

Alessandra Battisti¹, <https://orcid.org/0000-0002-3288-9321>

Antonella Violano², <https://orcid.org/0000-0002-5313-3988>

¹ Dipartimento di Pianificazione, Design, Tecnologia dell'Architettura, La Sapienza Università di Roma, Italia

² Dipartimento di Architettura e Disegno Industriale, Università degli Studi della Campania "L. Vanvitelli", Italia

alessandra.battisti@uniroma1.it

antonella.violano@unicampania.it

Abstract. L'urgenza di contrastare i cambiamenti climatici richiede una revisione dei modelli di progettazione e rigenerazione urbana orientati alla neutralità climatica. Questo implica non solo la riduzione delle emissioni operative, ma anche la gestione del carbonio incorporato attraverso strategie integrate di adattamento e mitigazione. Approcci come la "resilienza trasformativa" e il "pensiero basato sulla natura" favoriscono una governance coesa, mentre il modello del *Positive Energy District* (PED) promuove quartieri autosufficienti dal punto di vista energetico. La co-creazione con le comunità locali e l'uso di strumenti digitali avanzati permettono di ottimizzare la transizione climatica, supportata anche da nuove normative europee che incentivano le tecnologie a zero emissioni. L'adozione di infrastrutture verdi e la pianificazione urbana sostenibile migliorano la qualità della vita, evidenziando il ruolo della progettazione resiliente come leva strategica per la decarbonizzazione e la sostenibilità urbana.

Parole chiave: Progetto urbano; *Carbon neutral*; Processi di co-creazione; Distretti Energetici Positivi.

Introduzione

L'urgenza di contrastare i cambiamenti climatici, dettata dagli obiettivi UE al 2050, richiede una revisione dei modelli di progettazione e rigenerazione urbana che guardino all'obiettivo della decarbonizzazione non solo in termini di riduzione del consumo energetico diretto e operativo e delle emissioni (carbonio basato sul consumo), ma anche di una rapida individuazione, misurazione e riduzione del carbonio incorporato (Ness and Xing, 2021), per adottare pratiche integrate di adattamento e mitigazione climatica costruite sull'evidenza (Yin, 2022). Approcci come la "resilienza trasformativa" e il "pensiero basato sulla natura" mirano a superare la frammentazione delle attuazioni, promuovendo una governance coesa e *focus-oriented*. In quest'ottica le città devono disegnare spazi pubblici e infrastrutture pensando a una gestione sostenibile delle risorse, creando

ambienti resilienti e climaticamente neutrali. Di conseguenza, sorgono due quesiti: quali sono le misure di maggiore efficacia adottate nel settore delle costruzioni? Qual è il loro rapporto costi/efficacia? Il processo da mettere in atto implica non solo interventi strutturali, ma anche un'ampia trasformazione sociale e partecipativa secondo un approccio olistico alla rigenerazione urbana che sostiene l'integrazione di pratiche resilienti, come la co-creazione, la *deep energy retrofit* e il *bio-climatic design*.

Neutralità climatica: processi di co-creazione e uso strategico di procedure d'appalto

Nella progressione verso la neutralità climatica, in particolare nell'attivazione di *smart environment* legati agli edifici, ma anche agli spazi di prossimità, l'attenzione dei ricercatori del settore si concentra maggiormente sulle aree urbanizzate per capire come attivare al meglio le tecnologie abilitanti al fine di promuovere innovazione tecnologica, sociale e culturale finalizzate alla decarbonizzazione ed efficienza energetica. Il concetto di *NetZero Energy Building* (NZEB) si evolve in *NetZero Emission Building* (NZE_{MB}) e viene esteso al modello *Positive Energy District* (PED) ovvero quartieri urbani autosufficienti dal punto di vista energetico e a emissioni zero di CO₂, in grado di produrre energia da fonti rinnovabili in quantità tale da immetterla in rete (Kozłowska *et al.*, 2024). Questi modelli di distretti energetici positivi replicati nel corso degli anni aumenteranno la qualità della vita nelle città europee e saranno in grado di influenzare i modelli comportamentali e di consumo della vita quotidiana

INTEGRATED STRATEGIES FOR CLIMATE NEUTRALITY: URBAN RESILIENCE, CO-CREATION, AND INNOVATION

Abstract. The urgency of combatting climate change requires revising urban regeneration and planning models oriented towards climate neutrality. This means not only reducing operational emissions, but also using integrated adaptation and mitigation strategies to manage embodied carbon. Approaches like "transformative resilience" and "nature-based thinking" foster cohesive governance, while the Positive Energy District (PED) model promotes energy self-sufficient neighbourhoods. Co-creation with local communities and the use of advanced digital tools allow the climate transition to be optimised, also with the support of new European regulations incentivising zero emission technologies. The adoption of green infrastructures and sustainable urban planning improve quality of life, underscoring the role of resilient design as a strategic lever for decarbonisation and urban sustainability.

Keywords: Urban design; Carbon neutral; Co-creation processes; Positive Energy Districts.

Introduction

Dictated by the EU's 2050 targets, the urgency of combatting climate change requires revising urban regeneration and planning models that look to the goal of decarbonisation in terms not only of reducing direct and operational energy consumption and emissions (consumption-based carbon), but also of quickly identifying, measuring, and reducing embodied carbon (Ness and Xing, 2021). The purpose is to adopt integrated and evidence-based climate adaptation and mitigation practices (Yin, 2022). Approaches like "transformative resilience" and "nature-based thinking" aim to overcome fragmented implementation by promoting cohesive and focus-oriented governance.

In this perspective, cities must design public spaces and infrastructures while thinking about sustainable resource management and creating resilient, climate-neutral environments. Consequently, two questions arise: What are the most effective measures adopted in the construction sector? What is their cost-effectiveness? The process to be implemented entails both structural interventions as well as a broad social and participatory transformation following a holistic approach to urban regeneration that supports the integration of resilient practices like co-creation, deep energy retrofit, and bio-climatic design. It is becoming rather clear that the path towards climate neutrality will follow two distinct patterns in constant dialogue with one another, precisely co-creation processes and strategic use of contracting procedures on the one

dei cittadini, fattori che ricoprono un ruolo fondamentale in direzione del raggiungimento degli obiettivi di neutralità climatica (Tucci *et al.*, 2023). Importanti opportunità in quest'ottica derivano appunto dalla comprensione del ruolo degli abitanti e da come si possono co-creare con loro piani di innovazione sociale nel contesto locale con una mentalità glocale. Emergono con chiarezza direzioni di ricerca d'azione partecipativa basata sulla comunità coinvolta attraverso progetti che adottano strumenti e metodi di predizione, simulazione e monitoraggio, supportati con tecnologie digitali che vengono introdotte nella vita di tutti i giorni. Si assiste alla comparsa di protocolli di *gamestorming* partecipativo per il *brainstorming* dell'innovazione sociale, come quelli descritti tra i fattori scatenanti dell'innovazione nel manuale *Good Life Goals* (Futerra and WCBSD, 2019) e di soluzioni progettuali *end-to-end* che vanno dalla consulenza relativa alle pratiche di mitigazione fino alle soluzioni ingegneristiche e progettuali che si avvalgono della partecipazione della comunità insediata (EC, 2024).

Il bisogno che emerge con sempre più chiarezza, e che necessita di una risposta urgente, è quello di sperimentare un modo innovativo di fare educazione e coinvolgimento diffuso dei cittadini sul campo di azione per rafforzare consapevolezza e conoscenza non solo legate ai rischi del cambiamento climatico, ma per riscoprire e potenziare il ruolo dello *smart environment* e anche della *mixité* funzionale e prossimità in ambito urbano come elementi di inclusione sociale e accesso a beni e servizi culturali ed economici per realizzare una vera partecipazione e coesione. Inoltre, queste strategie consentono la riduzione di consumi ingenti di risorse e limitano le emissioni climalteranti dovute ai trasporti di persone e merci che vengono ridefiniti ed

evitati grazie alle nuove funzioni insediate e agli orari pianificati nei progetti di rigenerazione e rifunzionalizzazione.

Il PNRR ha dimostrato in questi anni come, a volte, le misure politiche e gli incentivi possono essere considerati quali perturbazioni della traiettoria dello sviluppo economico dei luoghi interessati, se non accettati e metabolizzati dalla comunità locale (Ministero Affari Europei, 2024). Per poter prevedere e intervenire in modo efficace, è necessario comprendere la forma architettonica e urbana e la struttura sociale dei contesti di intervento, il modo in cui questi possono essere influenzati dalle funzioni, infrastrutture e mobilità e i probabili effetti degli interventi politici. A tal fine, oggi più che mai, numerosi set di dati sono disponibili per informare i processi di rigenerazione urbana e pianificazione territoriale finalizzati alla riduzione di gas climalteranti nelle città, e in questa pratica emerge l'urgenza di una ricerca attenta a sviluppare strumenti analitici finalizzati ad un'estrazione "profonda" dei dati e alla costruzione e uso di modelli di simulazione predittivi.

La nuova normativa europea, inoltre, sta creando delle condizioni regolamentari favorevoli necessarie per attrarre e sostenere gli investimenti nelle tecnologie e nei progetti che contribuiranno in misura significativa alla decarbonizzazione. Le disposizioni concordate concorreranno in particolare alla costruzione, in tempi più rapidi, di un maggior numero di impianti di produzione di tecnologie a zero emissioni nette, agevolando l'accesso ai mercati dei prodotti che soddisfano i criteri europei di sostenibilità e resilienza e che contribuiscono alla diversificazione delle fonti di approvvigionamento.

Si stanno al contempo creando le condizioni per un contesto normativo semplificato e favorevole alle tecnologie pulite, che

hand, and resilient design, carbon sequestration and urban green space on the other.

Climate neutrality: co-creation processes and strategic use of contracting procedures

In the progression towards climate neutrality, and particularly in the activation of smart environments connected to buildings but also to proximity spaces, sectoral researchers' attention has focused mostly on urbanised areas. This choice aims at understanding how best to activate enabling technologies for promoting technological, social, and cultural innovation favouring decarbonisation and energy efficiency. The concept of NetZero Energy Building (NZEB) evolves into NetZero Emission Building (NZEemB). It extends to the Positive Energy District (PED) model –ur-

ban neighbourhoods that are energy self-sufficient and with zero CO₂ emissions, capable of producing energy from renewable sources in a quantity sufficient to bring it onto the grid (Kozłowska *et al.*, 2024). Replicated over the years, these models of positive energy districts will increase quality of life in European cities, and will be able to influence the behavioural and consumption patterns of the citizens' daily life – factors that play an essential role in achieving climate neutrality targets (Tucci *et al.*, 2023). Important opportunities in this perspective derive from understanding the residents' role, and from the way in which social innovation plans can be co-created with residents in the local setting and with a glocal mentality. Research directions of community-based participatory action clearly emerge through projects adopting tools and methods of predic-

tion, simulation, and monitoring, supported with digital technologies that are introduced into everyday life. We are witnessing the appearance of participatory "gamestorming" protocols for brainstorming social innovation – like those described among the innovation-triggering factors in the Good Life Goals manual (Futerra and WCBSD, 2019) – and of end-to-end design solutions ranging from consultancy on mitigation practices to engineering and design solutions, which rely on the settled community's participation (EC, 2024).

The need that emerges with increasing clarity, and that requires an urgent response, is to try an innovative way of educating citizens and of obtaining their widespread involvement in the field of action. The purpose is to reinforce awareness and knowledge connected to the risk of climate change,

besides discovering and strengthening the role of the smart environment and of functional *mixité* and proximity in the urban setting. These are elements of social inclusion and access to cultural and economic goods and services for achieving real participation and cohesion. Moreover, these strategies make it possible to reduce resource consumption and limit greenhouse emissions from passenger and freight transport, which is redefined and avoided by the new established functions, and to schedule regeneration projects studied to revive functions.

In recent years, the national recovery plan (PNRR) has demonstrated that, at times, political measures and incentives may be considered disturbances to the trajectory of the affected areas' economic development, if they are not accepted and metabolised by the local community (Ministry for Euro-

ridurrà gli oneri amministrativi e semplificherà il rilascio delle autorizzazioni per le tecnologie a zero emissioni, introducendo il concetto di distretti di accelerazione per questo tipo di tecnologie, che possono essere istituiti dagli Stati membri per agevolare la creazione di *cluster* di attività industriali a zero emissioni e razionalizzare ulteriormente le procedure amministrative. Sono anche in atto nell'UE delle linee finalizzate a favorire condizioni in grado di accelerare la cattura e lo stoccaggio di CO₂ e agevolare l'accesso al mercato dei prodotti a zero emissioni, azioni tutte queste in linea con gli obiettivi della comunicazione sulla gestione industriale del carbonio, che rimuovono un ostacolo importante allo sviluppo della cattura e dello stoccaggio di CO₂ quale soluzione climatica economicamente praticabile, in particolare per le emissioni difficili da abbattere delle industrie ad alta intensità energetica (Net Zero Industry Act, 2023). Infine, nei prossimi anni le autorità pubbliche dovranno tener conto dei criteri di sostenibilità e resilienza per determinate tecnologie senza emissioni di anidride carbonica e di gas serra nell'ambito delle procedure di appalto e delle aste per la diffusione delle energie rinnovabili. Nelle procedure di appalto pubblico deve essere previsto almeno un criterio aggiuntivo che potrà essere la sostenibilità sociale, la cibersicurezza e l'obbligo di realizzazione nei tempi previsti.

**Neutralità Climatica:
progettazione resiliente,
carbon sequestration e
verde urbano**

stem-of-systems" (TSoS) (Bataleblu *et al.*, 2024), che si rivela

Un quadro concettuale avanzato per la valutazione della sostenibilità resiliente deve necessariamente utilizzare una prospettiva "*transdisciplinary system-of-systems*" (TSoS) (Bataleblu *et al.*, 2024), che si rivela

pean Affairs, 2024). To be able to effectively foresee events and intervene, the architectural and urban form and the social structure of the intervention settings must be understood, so they can be influenced by the functions, infrastructures and mobility, and by the likely effects of political interventions. To this end, now more than ever, numerous data sets are available to inform the urban regeneration and territorial planning processes aimed at reducing greenhouse gases in cities. This practice raises the urgency of research attentive to developing analytical tools aimed at "deep" data extraction and at building and using predictive simulation models. Moreover, the new European rules are creating favourable regulatory conditions needed to attract and support investment in technologies and designs that will make a significant contribu-

tion to decarbonisation. The provisions agreed-upon will particularly contribute towards quickly building a larger number of production plants of net-zero emissions technologies, thus facilitating access to the markets for products that meet European sustainability and resilience criteria, and go towards diversifying the sources of procurement. At the same time, the conditions for a simplified regulatory context favourable to clean technologies are being created. This will reduce red tape and simplify the authorisation process for zero emission technologies, introducing the concept of acceleration districts for such technologies. These districts may be instituted by Member States to facilitate the creation of zero emission industry clusters, and to further streamline administrative procedures. Lines aimed at fostering conditions

particolarmente utile per affrontare le problematiche legate al cambiamento climatico (IPCC Report, 2024), mettendo in luce i limiti della frammentazione disciplinare e delle metriche di sostenibilità generiche di prima generazione, basate su indicatori statici o estrapolazioni lineari, che risultano spesso inadeguate a causa di applicazioni poco specifiche e concrete, che non riescono a trarre beneficio diretto dalle esperienze (positive o negative) già condotte.

Nel contesto della progettazione ambientale a scala urbana, il pensiero sistemico e la transdisciplinarietà sembrano fornire strumenti estremamente utili per comprendere e gestire le intricate interconnessioni tra ambiente, società ed economia. Tuttavia, l'applicazione pratica di questi concetti a livello urbano porta alla luce una serie di contraddizioni fondamentali che ne ostacolano l'efficacia. Una di esse risiede nella complessità e nella frammentazione della conoscenza e l'approccio TSoS incoraggia una decomposizione sistematica dei problemi di sostenibilità, considerando le esigenze di vari *stakeholder*, del mercato e delle condizioni climatiche. Un'ulteriore difficoltà risiede nelle limitazioni delle metriche imposte a livello normativo, che risultano carenti di obiettivi chiari e misurabili. Questo problema si amplifica a livello urbano, dove l'applicazione di standard universali risulta limitativa e può portare a decisioni superficiali o inadeguate rispetto alle specificità dei contesti, dove una pluralità di interessi e di priorità rende difficile integrare in modo coerente tutte le esigenze, senza sacrificare la specificità dei singoli ambiti di intervento. Le città, infatti, presentano caratteristiche uniche e complesse, che mal si prestano a una gestione unificata e che rischiano di essere maltrattate da un approccio standardizzato. Tuttavia, l'approccio basato sulla

capable of speeding up carbon capture and storage, and facilitating access to the market for zero emission products are also underway in the EU. All these actions are in line with the goals of communication on industrial carbon management, thus removing a major obstacle to the development of carbon capture and storage as an economically viable climate solution that is specific for the hard-to-eliminate emissions produced by energy intensive industries (Net Zero Industry Act, 2023). Lastly, in coming years the public authorities will have to take account of sustainability and resilience criteria for certain zero greenhouse gas and CO₂ emission technologies in contracting procedures and tenders to spread renewable energies. Public contracting procedures will have to include at least one additional criterion, which can be social sustainability, cybersecurity, and

mandatory achievement by the established deadlines.

**Climate neutrality: resilient design,
carbon sequestration and urban
green space**

An advanced conceptual picture for assessing resilient sustainability must necessarily use a transdisciplinary system-of-systems (TSoS) perspective (Bataleblu *et al.*, 2024). Particularly useful for dealing with climate change-related problems (IPCC Report, 2024), this perspective casts light on the limitations of disciplinary fragmentation and of generic, first-generation sustainability metrics based on either static indicators or on linear extrapolations. The latter are often inadequate because of unspecific, non-concrete applications, which are unable to draw direct benefit from prior (positive or negative) experiences.

valutazione “caso per caso”, che si discosta da soluzioni standardizzate e protocolli predefiniti, presenta un limite intrinseco alla sua prevedibilità e misurabilità *ex ante*. L'urgenza imposta dall'attuale contingenza climatica e ambientale riduce sensibilmente il margine temporale disponibile per sperimentare e perfezionare strategie progettuali efficaci, il che determina un inevitabile *trade-off* tra la necessità di interventi tempestivi e il rischio di una limitata contestualizzazione, compromettendo la capacità di preservare l'identità specifica dei luoghi e dei sistemi in cui tali strategie vengono implementate.

Le strategie integrate per il conseguimento della neutralità climatica si configurano come una risposta potenzialmente risolutiva alle sfide poste dalla riduzione delle emissioni di gas serra (Huo *et al.*, 2022). Infatti, il concetto di neutralità climatica non si limita alla semplice riduzione delle emissioni, ma include la capacità di compensarle attraverso approcci come quello della “neghentropia” (Leff, 2021) in armonia con la natura autopoietica dei sistemi ambientali, o della “sufficienza” (Ness, 2023) per ridurre la domanda di risorse fornendo benessere a tutti entro i limiti del pianeta. Tali sistemi non possono più essere concepiti come meri depositi di risorse da sfruttare, bensì come matrici rigenerative, in grado di auto-sostenersi nella loro intrinseca circolarità. La sfida, dunque, risiede non solo nella mitigazione degli impatti antropici, ma nella promozione di un equilibrio dinamico che consenta all'ambiente di autoregolarsi e di mantenere la propria capacità di rinnovamento, anche in condizioni di stress.

In tale prospettiva, si riconosce il valore della flessibilità e adattabilità delle tecnologie, affinché la loro efficacia non sia vincolata a parametri rigidi, ma possa evolvere in funzione delle mutazioni ambientali e sociali. Poiché la repentinità dei cam-

biamenti accresce il fattore sorpresa, diventa imprescindibile alimentare un'intelligenza resiliente, capace di combinare dati ed esperienze con una coscienza adattiva e fluida, in grado di anticipare il futuro. Tale paradigma si fonda su tre principi cardine: ottimizzazione, contingenza e innovazione (Miller *et al.*, 2013), imprescindibili per una transizione climatica realmente efficace e per un sistema di governance ambientale capace di operare in modo proattivo, ovvero non solo rispondendo alle emergenze, ma prevenendole e trasformandole in opportunità di rigenerazione e crescita sostenibile.

Soluzioni come la *carbon storage and sequestration* (Habib *et al.*, 2023), la promozione di infrastrutture verdi e blu (UN Decade on Ecosystem Restoration 2021-2030 – UNEP, 2021), intese come dispositivi ecologici capaci di mitigare gli impatti climatici e favorire la biodiversità (Nature Positive Goal, COP25 del 2022), e il miglioramento della resilienza urbana, attraverso strategie di adattamento dinamico e governance partecipativa basate su scenari che riflettano le tendenze sociali future (Pedde *et al.*, 2024), rappresentano gli strumenti per consolidare la capacità auto-rigenerativa dei sistemi ambientali e ridurre la vulnerabilità socio-ecologica, contribuendo alla costruzione di città più adattabili, circolari e climaticamente neutre.

Secondo studi recenti (Christidis *et al.*, 2024; Tucci *et al.*, 2023; Huovila *et al.*, 2022; Riley and Gardiner, 2020), le infrastrutture verdi nei piani di sviluppo delle città, forti consumatrici di capitale naturale, possono contribuire in modo significativo alla neutralità climatica, soprattutto quando combinate con strategie di efficienza energetica e mobilità sostenibile. La progettazione tecnologica resiliente, che si basa su principi di flessibilità, efficienza e inclusività, mira a creare sistemi urbani capaci di

In environmental design on an urban scale, systemic thinking and transdisciplinarity appear to provide extremely useful tools for understanding and managing the intricate interconnections between environment, society, and economics. However, practical application of these concepts on an urban level raises a set of fundamental contradictions that hamper their effectiveness. One of these lies in complex, fragmented knowledge. The TSoS approach encourages a systematic breakdown of sustainability problems, taking into account the needs of the various stakeholders, the market, and climate conditions. Another difficulty lies in the limitations of the metrics imposed at the regulatory level, which lack clear, measurable objectives. This problem is amplified on the urban level, where the application of universal standards is limitative, and can lead to

decisions that are superficial or inadequate for the settings' characteristics. In such a context, a multitude of interests and priorities makes it hard to coherently integrate all the needs without sacrificing the specific features of the individual intervention contexts. Cities have, in fact, unique and complex features that do not lend themselves to unified management, and risk being ill-treated by a standardised approach. However, an approach based on a case-by-case assessment that distances itself from standardised solutions and predefined protocols has an intrinsic limit to its ex-ante predictability and measurability. The urgency imposed by the current climate and environmental juncture considerably reduces the time available for trialling and perfecting effective design strategies. This creates an inevitable trade-off between the need for prompt interventions and

the risk of a limited contextualisation, thus compromising the ability to preserve the specific identity of the places and systems where these strategies are implemented.

Integrated strategies for achieving climate neutrality are a potential solution for responding to the challenges raised by the reduction of greenhouse gas emissions (Huo *et al.*, 2022). Indeed, the concept of climate neutrality is not limited merely to reducing emissions, but includes the ability to offset them through approaches like “negentropy” (Leff, 2021), consistently with the autopoietic nature of environmental systems, or “sufficiency” (Ness, 2023), to reduce the demand for resources while providing well-being to all within the planet's limits. These systems can no longer be conceived as mere deposits of resources to be exploited, but as regenerative matrices capable of sus-

taining themselves in their intrinsic circularity. The challenge lies not only in mitigating manmade impacts, but in promoting a dynamic balance that allows the environment to regulate itself and maintain its capacity for renewal even under stress conditions.

In this perspective, value is placed on technologies being flexible and adaptable so that their effectiveness might not be restricted to rigid parameters, but might evolve as a function of environmental and social changes. Since the suddenness of the changes increases the surprise factor, it is essential to nurture a resilient intelligence that can combine data and experiences with an adaptive, fluid consciousness, and anticipate the future. This paradigm is founded upon three key principles, namely optimisation, contingency, and innovation (Miller *et al.*, 2013), all of which are essential for a truly effective

adattarsi e rispondere alle pressioni antropiche, integrando misure che riducono il rischio climatico e aumentano la capacità di ripresa delle comunità. Un esempio concreto è rappresentato dall'uso di modelli predittivi e strumenti digitali, che consentono di simulare scenari di rischio e pianificare interventi mirati (EEA, 2024). Le infrastrutture verdi integrate, attuate con approccio resiliente, sono in grado di fornire servizi ecosistemici di supporto, approvvigionamento e regolazione per le città, se non si limitano alla piantumazione di alberi nei contesti urbanizzati, ma estendono all'inclusione attiva delle comunità locali, il coinvolgimento dei cittadini nella progettazione e gestione delle risorse naturali (Martino and Zani, 2024). Attraverso forestazione urbana, *urban farming* e valorizzazione della vegetazione anche nei centri storici, le città non solo migliorano il loro microclima e riducono le emissioni, ma creano spazi di interazione sociale e partecipazione diretta. Inoltre, i progetti di design bioclimatico e le soluzioni di retrofit profondo si affiancano al verde urbano per ottimizzare l'uso dell'energia e migliorare il comfort degli spazi.

La necessità di soluzioni resilienti, ma anche localmente specifiche e adattabili, diventa quindi un requisito essenziale per evitare che un approccio potenzialmente olistico si riduca a una somma di interventi parziali e disomogenei.

Visioni sistemiche per il futuro

multidisciplinare e multiscopo, capace di coniugare approcci e finalità eterogenee. Tale paradigma richiede l'intersezione tra le diverse forme di innovazione tecnologica (collaborativa, aperta,

L'efficacia e il successo di tutte le strategie è subordinata all'adozione di una visione sistemica,

climate transition and for an environmental governance system capable of working proactively. This means not just responding to emergencies, but preventing them and transforming them into opportunities for regeneration and sustainable growth.

Solutions like carbon storage and sequestration (Habib *et al.*, 2023), the promotion of green and blue infrastructures (UN Decade on Ecosystem Restoration 2021-2030 – UNEP, 2021) understood as ecological devices able to mitigate climate impacts and promote biodiversity (Nature Positive Goal, COP25, 2022), and the improvement of urban resilience with dynamic adaptation and participatory governance strategies based on scenarios reflecting future social trends (Pedde *et al.*, 2024) are the tools for consolidating the self-regenerative capacity of environmental systems. They can reduce socio-eco-

logical vulnerability, while contributing towards building more adaptable, circular, and climate-neutral cities.

According to recent studies (Christidis *et al.*, 2024; Tucci *et al.*, 2023; Huovila *et al.*, 2022; Riley and Gardiner, 2020), green infrastructures in the development plans of cities – which are major consumers of natural capital – can make a significant contribution towards climate neutrality, especially when combined with energy efficiency and sustainable mobility strategies. Based on principles of flexibility, efficiency, and inclusiveness, resilient technological design aims to create urban systems able to adapt and respond to manmade pressures, supplementing measures that reduce climate risk and increase communities' ability to recover. One concrete example is the use of predictive models and digital tools that allow risk scenarios to be simu-

co-innovativa, convergente – Losasso *et al.*, 2024), una pianificazione multiscalare consapevole, e una programmazione adattiva, in grado di calibrare le strategie rispetto alle specificità contestuali e alle evoluzioni ambientali. La competitività sostiene l'innovazione tecnologica, alimentando lo sviluppo del valore del processo, fissando non obiettivi da raggiungere ma risultati da ottenere e valutare. Non meno rilevante è il concetto di "cittadinarietà", inteso non solo come inclusione e partecipazione attiva delle comunità nei processi decisionali, ma anche come opportunità di crescita culturale e cognitiva. La co-creazione di soluzioni resilienti e sostenibili passa attraverso il coinvolgimento diretto dei cittadini, i quali non devono essere meri destinatari di politiche ambientali, bensì attori consapevoli di una transizione ecologica condivisa, in cui l'approccio ambientalmente consapevole sia attuato con una finalità che sia di "cura" dell'ambiente costruito. In questo scenario, il sapere diffuso e la costruzione di una coscienza collettiva ambientale rappresentano strumenti imprescindibili per l'effettiva implementazione di strategie efficaci e durature. Si dà, quindi, valore al rispetto dell'ambiente naturale, non per limitare i danni che l'uomo può infliggerle, ma per ridurre i danni che l'uomo potrebbe arrecare a sé stesso e al suo ambiente di vita nel momento in cui ne distrugge le qualità intrinseche ed estrinseche. Si sancisce, così, la trasmutazione culturale della società del consumo (*consumption-based footprint reduction targets*) in società della cura (*care-based footprint reduction targets*). Tutte queste operazioni saranno possibili anche attraverso delle misure di sostentamento dello sviluppo delle competenze e dell'innovazione in materia di decarbonizzazione, attraverso delle accademie per l'industria a zero emissioni nette, al fine di sostenere il miglioramento delle competen-

lated and targeted interventions to be planned (EEA, 2024). Implemented with a resilient approach, integrated green infrastructures can provide cities with ecosystem services for support, procurement, and regulation, if they are not limited to planting trees in urban settings but extend to actively include local communities by getting citizens involved in the planning and management of natural resources (Martino and Zani, 2024). Through urban forestation, urban farming, and underscoring the importance of vegetation in historic centres as well, cities improve their microclimate and reduce emissions, while also creating spaces for social interaction and direct participation. Moreover, bioclimatic design projects and deep retrofit solutions work alongside urban green space to optimise energy use and improve spatial comfort.

The need for resilient but also locally specific and adaptable solutions thus becomes an essential requirement to keep a potentially holistic approach from being reduced to a sum of partial, uneven interventions.

Systemic visions for the future

The effectiveness and success of all the described strategies depends upon the adoption of a systemic, multidisciplinary, and multi-purpose vision that brings together heterogeneous approaches and aims. This paradigm requires intersection among the various forms of technological innovation (collaborative, open, co-innovative, convergent – Losasso *et al.*, 2024), conscious multi-scale planning, and adaptive programming that calibrates strategies to the settings' specific features and to environmental development. Competitiveness supports

ze dei lavoratori necessarie per il potenziamento di questa tipologia di industrie nell'UE e per agevolare la mobilità di questi lavoratori all'interno del mercato unico europeo.

ATTRIBUZIONI

I contenuti del paper sono stati concepiti da entrambe le autrici, e in particolare A.B. ha scritto il paragrafo Neutralità Climatica: processi di co-creazione e uso strategico di procedure d'appalto, mentre A.V. ha scritto i paragrafi: Introduzione, Neutralità Climatica: progettazione resiliente, *carbon sequestration* e verde urbano e Visioni sistemiche per il futuro.

REFERENCES

Bataleblu, A.A., Rauch, E. and Cochran, D.S. (2024), "Resilient Sustainability Assessment Framework from a Transdisciplinary System-of-Systems Perspective", *Sustainability*, Vol. 16, p. 9400. Available at: <https://doi.org/10.3390/su16219400>.

COM(2023)161 *Proposal for a regulation of the European Parliament and of the Council on establishing a framework of measures for strengthening Europe's net-zero technology products manufacturing ecosystem (Net Zero Industry Act)*.

Christidis P., Ulpiani G., Stepniak M. and Vettters N. (2024), "Research and innovation paving the way for climate neutrality in urban transport: Analysis of 362 cities on their journey to zero emissions", *Transport Policy*, Vol. 148/2024, pp. 107-123. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2024.01.008>.

European Commission (2024), *Decision 2371 of 17 April 2024, Horizon Europe Work Programme 2023-2025 12. Missions and Cross-cutting Activities*.

European Environment Agency (2024), *European Climate Risk Assessment. EEA Report 01/2024*. Available at: <https://www.eea.europa.eu/en/analysis/publications/european-climate-risk-assessment> (Accessed on 09/01/2025).

technological innovation, fuelling development of the process' value and establishing results to be obtained and assessed, not goals to be achieved. No less important is the concept of "*citadinarietà*" (solidarity citizenship) understood not only as the communities' inclusion and active participation in decision-making processes, but also as an opportunity for cultural and cognitive growth. The co-creation of resilient and sustainable solutions passes through the direct involvement of citizens, who must not be mere recipients of environmental policies, but conscious players in a shared ecological transition in which the environmentally aware approach is implemented with a purpose that "cares" for the built environment. In this scenario, widespread knowledge and the building of collective environmental consciousness are essential tools for

the actual implementation of effective, lasting strategies. Value is, then, given to respect for the natural environment, not with a view to limit the damage humans may inflict upon it, but to reduce the damage humans might cause to themselves and their living environment when they destroy its intrinsic and extrinsic qualities. The cultural transmutation of the consumption society (consumption-based footprint reduction targets) into "care" societies (care-based footprint reduction targets) is thus enshrined. All these operations will also be possible through the use of measures in support of developing skills and innovation in the matter of decarbonisation, and through academies for net zero industry. This will help improve workers' skills needed to strengthen such industries in the EU, and to facilitate these workers' mobility within the single European market.

Futerra and World Business Council for Sustainable Development – WCBSD (2019), *The good life goals. For world-changing businesses. A guide to making the Sustainable Development Goals relevant to your employees and customers*. Available at: https://docs.wbcsd.org/2019/09/WBCSD_Good_Life_Goals-Business_Guide%202019.pdf (Accessed on 09/01/2025).

Habib, S., Tahir, F., Hussain, F., Macauley, N. and Al-Ghamdi, S.G. (2023), "Current and emerging technologies for carbon accounting in urban landscapes: Advantages and limitations", *Ecological Indicators*, Vol. 154, p. 110603. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2023.110603>.

Huo, D., Huang, X., Dou, X. *et al.* (2022), "Carbon Monitor Cities near-real-time daily estimates of CO₂ emissions from 1500 cities worldwide", *Sci Data*, Vol. 9, p. 533. Available at: <https://doi.org/10.1038/s41597-022-01657-z>.

Kozłowska, A., Guarino, F., Volpe, R., Bisello, A., Gabaldón, A., Rezaei, A., Albert-Seifried, V., Alpabut, B., Vandevyvere, H., Reda, F. *et al.* (2024), "Positive Energy Districts: Fundamentals, Assessment Methodologies, Modeling and Research Gaps", *Energies*, Vol. 17, p. 4425. Available at: <https://doi.org/10.3390/en17174425>.

IPCC (2023), *AR6 synthesis report, Climate change 2023: Summary for policy-makers (March)*. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC).

Huovila, A., Siikavirta, H., Rozado, C.A., Rökman, J., Tuominen, P., Paiho, S., Hedman, Å. and Ylén, P. (2022), "Carbon-neutral cities: Critical review of theory and practice", *Journal of Cleaner Production*, Vol. 341, p. 130912. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.130912>.

Leff, E. (2021), "Bioeconomics, Negentropic Productivity and Eco-social Sustainability", in *Political Ecology*, Palgrave Macmillan, Cham. Available at: https://doi.org/10.1007/978-3-030-63325-7_9.

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

Martino, V. and Zani, G.V. (2024), "Da bene pubblico a bene comune: le aree verdi come oggetto di un impegno congiunto", *Rivista di estetica*, Vol. 85, pp. 103-117. Available at: <https://doi.org/10.4000/12tqd>.

ACKNOWLEDGEMENTS

The paper was conceptualised by both authors, and in particular A.B. wrote the paragraph Climate neutrality: co-creation processes and strategic use of contracting procedures, while A.V. wrote the paragraphs: Introduction, Climate neutrality: resilient design, carbon sequestration and urban green space, and Systemic visions for the future.

Ministero per gli Affari Europei, il PNRR e le Politiche di Coesione (2024), *Quarta relazione sullo stato di attuazione del Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza*

Ness, D.A. and Xing, K. (2021), "Consumption-based and embodied carbon in the built environment: implications for APEC's low-carbon model town project", *Journal of Green Building*, Vol 15, n. 3, pp. 67-82. Available at: <https://doi.org/10.3992/jgb.15.3.67>.

Ness, D.A. (2023), "Technological efficiency limitations to climate mitigation: why sufficiency is necessary", *Buildings and Cities*, Vol. 4, n. 1, pp. 139-157. Available at: <https://doi.org/10.5334/bc.297>.

Pedde, S., Fronzek, S., Pirttioja, N., van Minnen, J., Carere, M., Marchegiani, S., Berckmans, J. and Photiadou, C. (2024), "Guidelines to quantify climate change exposure and vulnerability indicators for the future: an example for heat stress risk across scales", *European Topic Centre on Climate change adaptation and LULUCF (ETC-CA) Report*, Vol. 1, p. 36. Available at: <https://doi.org/10.25424/cmcc-n52a-ad48>.

Riley, C.B. and Gardiner, M.M. (2020), "Examining the distributional equity of urban tree canopy cover and ecosystem services across United States cities", *PLoS ONE*, Vol. 15, n. 2, p. e0228499. Available at: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0228499>.

Tucci, F., Cecafofso, V., Altamura, P. and Turchetti, G. (2023), *Verso la neutralità climatica di architettura e città Green. Approcci, indirizzi, strategie, azioni*, FrancoAngeli, Milano.

United Nations Environment Programme – UNEP (2021), *Becoming #GenerationRestoration: Ecosystem restoration for people, nature and climate. Nairobi*. Available at: <https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/36251/ERPNC.pdf> (Accessed on 09/01/2025).

Yin, L., Sharifi, A., Liqiao, H. and Jinyu, C. (2022), "Urban carbon accounting: An overview", *Urban Climate*, Vol. 44, p. 101195. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2022.101195>.