

Marco Migliore, <https://orcid.org/0000-0001-8230-5032>
Matteo Clementi, <https://orcid.org/0000-0001-7315-5212>

marco.migliore@polimi.it
matteo.clementi@polimi.it

Dipartimento di Architettura e Studi Urbani, Politecnico di Milano, Italia

Abstract. Il *paper* presenta alcuni esiti del progetto Bioloop, vincitore del bando *Polisocial* 2023, e più nello specifico descrive lo sviluppo di alcuni prototipi per la coltivazione su superfici impermeabili nelle aree urbane. L'obiettivo della ricerca è quello di favorire la neutralità carbonica, attraverso l'uso di tecnologie suggerite nel PGT di Milano (rinaturalizzazione; materiali sostenibili; ridotto consumo idrico e superfici con un alto coefficiente di riflettanza solare) e in linea con le indicazioni OCSE. I prototipi sono stati progettati a partire da risorse di prossimità (scarti da scenari di economia circolare iper-locale), prodotti attraverso l'avvio di micro-filiere locali (sostegno ai quartieri fragili) e attraverso esperienze di autocostruzione (coesione sociale di quartiere).

Parole chiave: *Circular economy; Carbon neutrality; Urban farming; Sustainable materials; Renaturalization.*

Introduzione: il contesto di riferimento e la necessità di innovazione alla scala urbana

Le città coprono circa il 3% del territorio mondiale e producono circa il 72% di tutte le emissioni globali di gas serra (EC, 2020a). Nelle città contemporanee si concentra il 55,3% della popolazione globale (UN, 2018) pari a circa 4,2 miliardi di abitanti, dati che secondo le previsioni delle Nazioni Unite cresceranno fino al 60% entro il 2030 e fino al 68% entro il 2050, raggiungendo quota 6,6 miliardi di abitanti, stime specifiche del contesto europeo salgono fino all'85% (EC, 2020a). Di questo passo, una persona su tre vivrà in una città con almeno mezzo milione di abitanti, con il conseguente spopolamento delle aree rurali e un ulteriore incremento del carico ambientale nelle città. Le ricadute negative di questa situazione si percepiscono in modo evidente anche attraverso altri studi (C3S, 2024; HEI, 2024) che hanno messo in evidenza il progredire del riscaldamento globale e di temperature

anomale su tutta l'area geografica europea. Ciò non può essere trascurato e necessita di strategie (IPCC, 2023; UN Habitat, 2024) per la ridefinizione degli insediamenti urbani, che siano rapide e comprensive anche di altre esigenze umane (migliorare la salute e i mezzi di sussistenza; ridurre la povertà e la fame; energia, acqua e aria pulite). Sulla base di queste premesse e sulle evidenze di uno studio europeo (EC, 2020b), il progetto presentato assume la scala urbana come dimensione per la sperimentazione, poiché i cambiamenti attuati nel perimetro urbano hanno maggiori ricadute sia per la densità abitativa, sia per l'approccio strategico adottato, sia perché esistono molteplici target e obiettivi comuni tra i diversi operatori locali. A conferma di quanto detto, e con l'impegno di sostenere le trasformazioni a scala urbana sono stati istituiti degli organismi cooperanti di città sostenibili (*Covenant of Mayors for Climate & Energy*, la *Carbon Neutral Cities Alliance*, le *C40 Cities* e ICLEI); associazioni che hanno aderito al *Climate Ambition Alliance* per favorire la riduzione delle emissioni in atmosfera entro il 2030. Il progetto presentato trova applicazione nel comune di Milano, che aderisce ad alcuni dei raggruppamenti citati, e nel 2020, con l'attuazione delle proposte di compensazione del Piano di Governo del Territorio – PGT (Comune di Milano, 2020a), ha delineato delle strategie che potrebbero portare a vantaggi ambientali diffusi.

Il progetto *Bioloop*, accertato il vantaggio della scala urbana e delle strategie già messe in atto dal Comune di Milano, supporta la neutralità carbonica attraverso la progettazione di sistemi innovativi di coltivazione urbana, su superfici verticali e all'interno di contenitori su superfici impermeabili. Nel primo caso

studies (C3S, 2024; HEI, 2024), which have highlighted the progress of global warming and anomalous temperatures across the entire European geographical area. This cannot be overlooked and requires strategies (IPCC, 2023; UN Habitat, 2024) for the redefinition of urban settlements, which are rapid and also comprehensive of other human needs (improving health and livelihoods; reducing poverty and hunger; clean energy, water and air). Based on these premises and the evidence of a European study (EC, 2020b), the project presented assumes the urban scale as a dimension for experimentation, since the changes implemented in the urban perimeter have greater repercussions both for population density and for the strategic approach adopted, and because there are multiple targets and common objectives between the different local operators. Cooperative

Innovative urban farming systems as strategies for carbon neutrality

Abstract. The paper presents some results of the Bioloop project, winner of the Polisocial 2023 call, and specifically describes the development of some prototypes for cultivation on impervious surfaces in urban areas. The research aims to promote carbon neutrality, using technologies suggested in the PGT of Milan (renaturalisation; sustainable materials; reduced water consumption, and surfaces with a high solar reflectance coefficient), and in line with the OECD indications. The prototypes were designed based on local resources (waste from hyperlocal circular economy scenarios) and produced through the start of local micro-supply chains (support for fragile neighbourhoods) and self-construction experiences (neighbourhood social cohesion).

Keywords: *Circular economy; Carbon neutrality; Urban farming; Sustainable materials; Renaturalisation.*

Introduction: the reference context, the need for innovation at the urban scale

Cities cover approximately 3% of the world's land area and produce approximately 72% of all global greenhouse gas emissions (EC, 2020a). Contemporary cities are home to 55.3% of the worldwide population (UN, 2018), with approximately 4.2 billion inhabitants. According to United Nations forecasts, this percentage will grow to 60% by 2030 and to 68% by 2050, reaching 6.6 billion inhabitants. Specific estimates for the European context rise to 85% (EC, 2020a). At this rate, one in three people will live in a city with at least half a million inhabitants, with the consequent depopulation of rural areas and a further increase in the environmental burden in cities. The negative consequences of this situation are also found in other

studies (C3S, 2024; HEI, 2024), which have highlighted the progress of global warming and anomalous temperatures across the entire European geographical area. This cannot be overlooked and requires strategies (IPCC, 2023; UN Habitat, 2024) for the redefinition of urban settlements, which are rapid and also comprehensive of other human needs (improving health and livelihoods; reducing poverty and hunger; clean energy, water and air). Based on these premises and the evidence of a European study (EC, 2020b), the project presented assumes the urban scale as a dimension for experimentation, since the changes implemented in the urban perimeter have greater repercussions both for population density and for the strategic approach adopted, and because there are multiple targets and common objectives between the different local operators. Cooperative

la sperimentazione mira a rigenerare le superfici verticali opache urbane trasformandole in aree verdi coltivabili, favorendo produzione agricola, riduzione dell'inquinamento atmosferico e rinaturalizzazione della città, nel secondo caso mira a rigenerare e rendere produttive alcune superfici urbane che non possono esserlo (terreni potenzialmente contaminati, piazze, aree tutelate, ecc.). Bioloop mira quindi a sfruttare l'agricoltura urbana come strumento per lo sviluppo della sostenibilità delle città (Lovell, 2010), sia perché contribuirà al sostentamento della popolazione, sia perché è uno strumento di naturalizzazione delle città. Le sperimentazioni agricole urbane condotte nel mondo hanno evidenziato (de Oliveira Alves *et al.*, 2024) vantaggi ambientali (valorizzazione dei rifiuti, riduzione del consumo di acqua, efficienza energetica e riduzione delle emissioni) e vantaggi economici (avvio di nuove imprenditorialità), condizione che oltre a favorire la neutralità carbonica potrebbe rappresentare un nuovo motore per l'economia delle città.

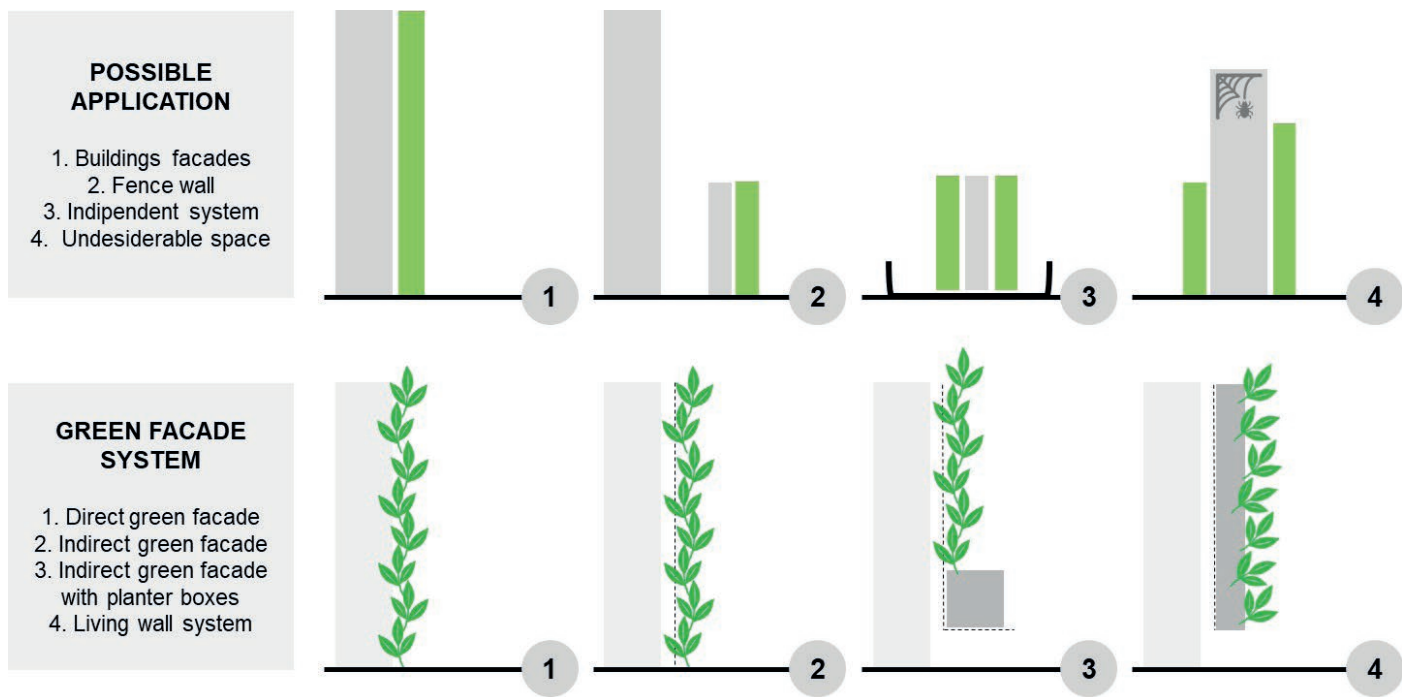
Metodo di ricerca

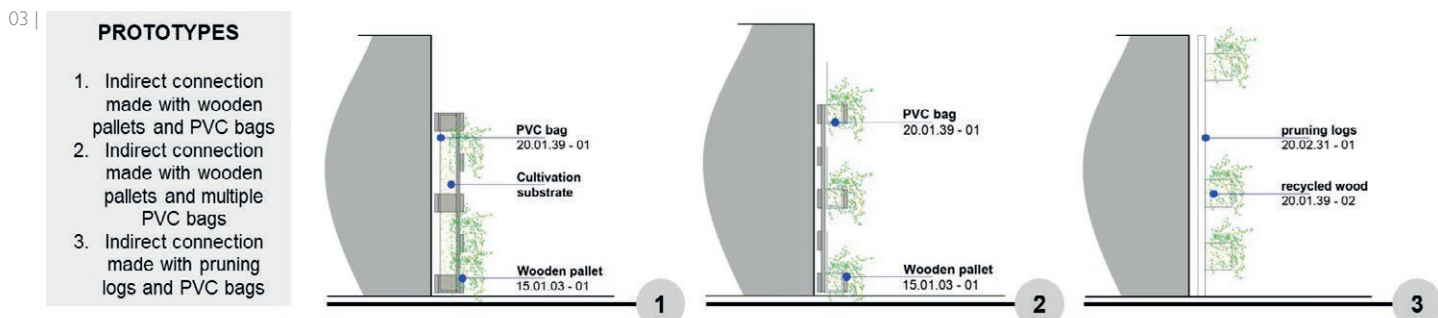
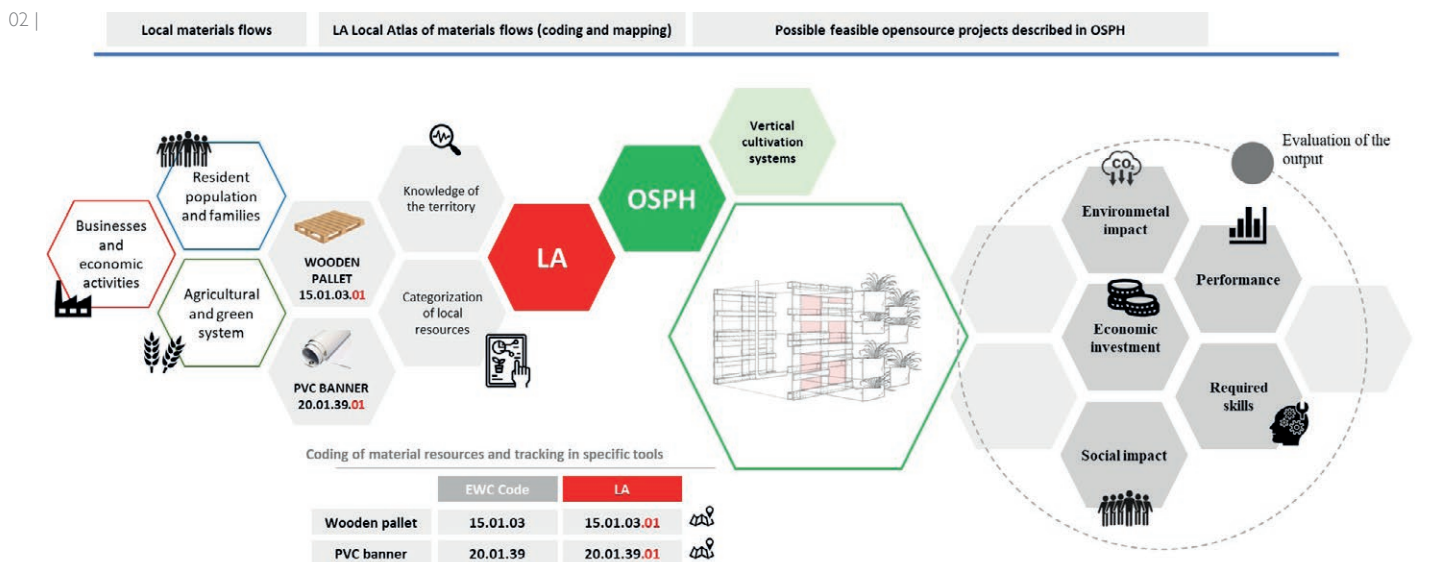
Lo studio presentato nel paper si articola in tre fasi.

Nella fase 1 è stato condotto uno studio bibliografico sulle forme di integrazione del verde in ambito urbano (Fig. 1) rispetto ai possibili inserimenti nel tessuto edilizio (facciate opache, muri di recinzione, barricate ferroviarie, cavalcavia, etc.) e alla tipologia di integrazione, diretta o indiretta, con o senza relazioni con il terreno (Hoffmann *et al.*, 2023). Le tipologie descritte

rientrano nella classificazione delle "VGS – Vertical Greening Systems" (Irga *et al.*, 2023) e sono in linea con le definizioni più diffuse (EC, 2023a; IUCN, 2018; Cost Actions, 2022) che riconoscono le VGS come "NBS – Nature-based Solutions".

Nella fase 2, per preservare le superfici degli edifici e per rendere gli elementi sostituibili e quindi garantire una totale reversibilità, è stato definito che l'ambito di sperimentazione sarebbe stato quello dei sistemi indiretti dotati di vasche di coltivazione. La progettazione è stata supportata dagli strumenti operativi di Bioloop (Fig. 2), che consentono di recuperare risorse locali, mappate e codificate, (LA – Local Atlas of materials flows) e di utilizzarle/assemblarle seguendo progetti open-source (OSPH – Open-Source Project Hub). La scelta di usare risorse locali recuperate sostiene l'economia circolare a scala urbana (impatto zero e allungamento della vita utile) e conferma la circolarità della progettazione eseguita. Le caratteristiche citate sono al centro di uno studio (Hawes *et al.*, 2024) che mette in luce i vantaggi dell'agricoltura urbana rispetto a quella tradizionale, ma soprattutto evidenzia quali siano le colture più indicate in ambito urbano per guadagno nel sequestro di carbonio. Lo studio sottolinea inoltre che i grandi vantaggi dell'agricoltura urbana sono la riduzione degli impatti del trasporto, la riduzione nel consumo di materiali, la riduzione dell'uso di pesticidi, ecc. I prototipi studiati sono tre (Fig. 3): il primo prevede un attacco indiretto alla facciata, viene costruito sfruttando pallet in legno recuperati o rigenerati, il contenitore del terreno verrà realizzato





groups of sustainable cities have been established to confirm what has been said, and with the commitment to support transformations at the urban scale (Covenant of Mayors for Climate & Energy, the Carbon Neutral Cities Alliance, the C40 Cities and ICLEI), namely associations that have joined the Climate Ambition Alliance to promote the reduction of atmospheric emissions by 2030. The project presented is applied in the Municipality of Milan, which adheres to some of the groupings mentioned. In 2020, with the implementation of the compensation proposals of the Territorial Government Plan – PGT (Municipality of Milan, 2020a), it outlined strategies that could lead to widespread environmental benefits. The Bioloop project, starting from the advantage of the urban scale and the strategies already implemented by the

Municipality of Milan, supports carbon neutrality by designing innovative urban cultivation systems on vertical surfaces and inside containers on impervious surfaces. In the first case, the experimentation aims to regenerate opaque urban vertical surfaces by transforming them into cultivable green areas, promoting agricultural production, reducing air pollution, and renaturalisation of the city. In the second case, it aims to regenerate and make productive some urban surfaces that cannot be productive (potentially contaminated land, protected areas, etc.). Hence, Bioloop aims to exploit urban agriculture as a tool for the development of sustainability in cities (Lovell, 2010), both because it will contribute to the sustenance of the population and because it is a tool for the naturalisation of cities. Urban agricultural experiments conducted

around the world have highlighted (de Oliveira Alves *et al.*, 2024) environmental advantages (waste valorisation, reduction of water consumption, energy efficiency, and reduction of emissions) and economic advantages (start-up of new businesses), which in addition to promoting carbon neutrality could be a new driver for the economy of cities.

Research method

The study presented in this paper is divided into three phases. In phase 1, a bibliographic study was conducted on the forms of integration of greenery into urban areas (Fig. 1), considering its possible insertion in the building fabric (opaque façades, boundary walls, railway barricades, overpasses, etc.) and the type of integration, either direct or indirect, with or without relations with the ground

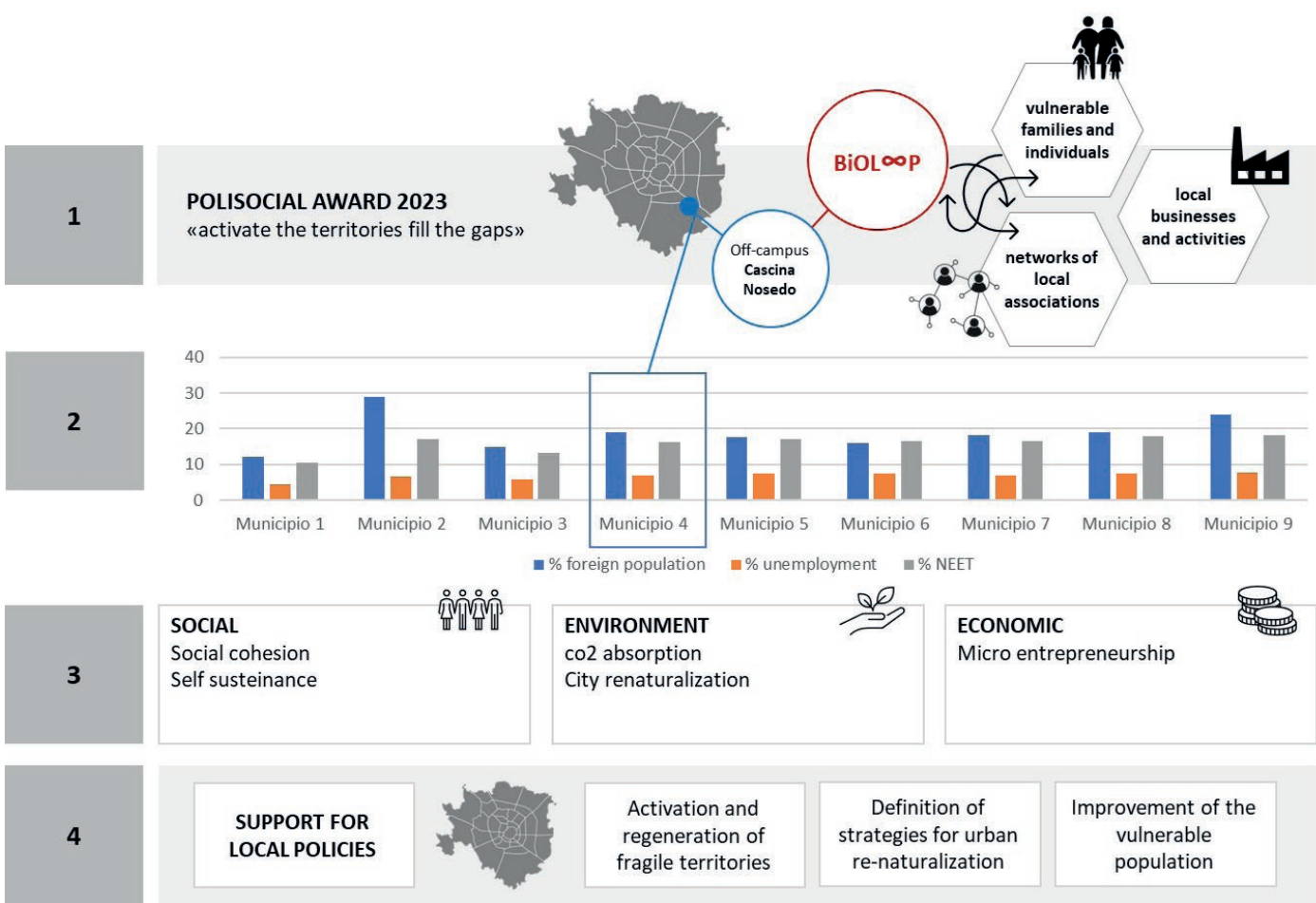
(Hoffmann *et al.*, 2023). The typologies described fall within the “VGS – Vertical Greening Systems” classification (Irga *et al.*, 2023), and are in line with the most widespread definitions (EC, 2023a; IUCN, 2018; Cost Actions, 2022), which recognise VGS as “NBS – Nature-based Solutions”. In phase 2, to preserve building surfaces and to make the elements replaceable and, therefore, to guarantee total reversibility, it was defined that the experimental scope would be that of indirect systems equipped with cultivation tanks. The design was supported by the operational tools of Bioloop (Fig. 2), which allow the recovery of local resources, mapped and codified (LA – Local Atlas of materials flows), and their use/assembly following open-source projects (OSPH – Open-Source Project Hub). The decision to use recovered local resources supports

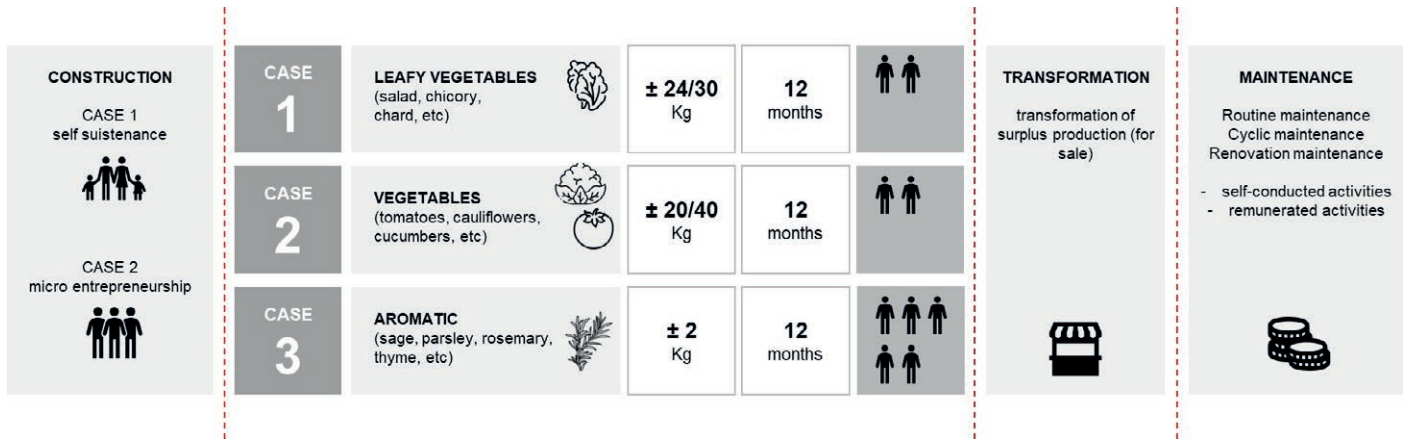
creando delle borse con i banner pubblicitari in PVC e il terriccio verrà ammendato con compost di qualità autoprodotta; il secondo prevede un attacco indiretto e sfrutta gli spazi residuali del pallet per inserire borse in PVC, in questo caso cresce lo spazio tra una pianta e l'altra offrendo la possibilità di coltivazione di piante anche più alte; il terzo prototipo prevede un attacco indiretto e l'uso di rami da potatura per la struttura di sostegno, i contenitori vengono realizzati con legno riciclato e il loro posizionamento è scandito secondo necessità produttiva (produzione orticola o di aromatiche) e quindi dall'esigenza di crescita delle piante. Nella fase 3 viene esaminata la relazione tra il progetto e il territorio, sia in termini di produzione a sostegno della popolazione vulnerabile, sia in termini di avvio di micro-filieri locali. Bioloop è uno dei progetti vincitori del *Polisocial Award 2023*, l'iniziativa del Politecnico che mira a connettere l'università con i quartieri della città, anche attraverso la presenza degli *off-campus* (centri di ricerca e sperimentazione fuori dal campus universitario). La sede operativa di *Bioloop* è l'*off-campus* cascina

Nosedo, situato nella periferia sud di Milano, all'interno del quartiere Corvetto-Chiaravalle, che diviene ambito di sperimentazione (Fig. 4). La scelta di questo quartiere non è casuale, ma motivata dalla presenza di realtà sociali complesse, caratterizzate da eterogeneità culturale, disagio economico, alto indice di abbandono scolastico, ecc., caratteristiche che si intende colmare con l'avvio delle sperimentazioni proposte (Sacchi *et al.*, 2018). Nella fase 3 si tiene conto anche dell'interazione tra i territori, i loro amministratori e la produzione di cibo, in una logica di "*food system planning*" (Cabannes *et al.*, 2018), ovvero quella forma di innovazione sociale, attraverso cui pianificatori, architetti, urbanisti, ricercatori e attivisti si impegnano a progettare lo sviluppo delle città perseguendo gli obiettivi dei sistemi alimentari (Maye, 2019).

Risultati

I prototipi studiati contribuiscono alla diffusione di forme di agricoltura urbana nelle città, coinvolgono la popolazione cre-





ando nuove forme di coesione sociale e instaurano relazioni economiche di prossimità che supportano la fascia debole della popolazione. La diffusione di forme di agricolture urbana, tramite i prototipi proposti contribuisce all'*urban rewilding* e al rafforzamento della sicurezza alimentare (Russo *et al.*, 2025). L'intero sistema è invece una possibile strategia per la neutralità carbonica, sul tema sono presenti progetti Life e studi che ne evidenziano le connessioni e le implicazioni positive (Fig. 5), sia rispetto alle tecniche più efficaci che rispetto agli strumenti studiati per sostenere queste pratiche. La produzione di cibo in ambito urbano, oltre a contribuire all'inclusione sociale favorisce le relazioni economiche di prossimità. Questi risultati sono misurabili (Fig. 6) attraverso la produttività dei moduli e al numero di attività remunerabili necessarie al loro funzionamento. La costruzione dei moduli attinge a risorse locali rese disponibili secondo logiche di economia circolare, la forza lavoro viene messa a disposizione dai soggetti che beneficiano degli esiti dell'iniziativa, diversamente può essere monetizzata, creando una nuova filiera produttiva di iniziativa imprenditoriale. La produttività è stimata tra i 20 e i 40 kg di ortaggi e verdure all'anno, variabile rispet-

to alla tipologia di piante individuate (precoci o crescita lenta, verdure a foglia verde oppure ortaggi, semina o messa a dimora di piante derivanti da *nursery*). Il cibo prodotto può essere utilizzato dagli attuatori, o rimesso in circolo tramite vendita o trasformazione, nel quartiere sono presenti molte associazioni che si occupano della redistribuzione delle eccedenze alimentari. La manutenzione, così come la costruzione, rappresentano invece le fasi del progetto in cui le ore uomo necessarie possono essere remunerate dai profitti del progetto.

Relativamente alla questione ambientale, un dato di fatto relativo all'utilizzo di facciate verdi è quello legato ai benefici che queste hanno sul benessere microclimatico degli edifici, studi sul tema (Sharbafian *et al.*, 2024) hanno dimostrato che già solo un ombreggiamento con un coefficiente di schermatura pari al 20% può contribuire a migliorare la temperatura interna degli edifici, con un guadagno compreso tra $\pm 0,5$ e 4°C (Bakhshoodeh *et al.*, 2023) e una riduzione delle risorse (de Oliveira Santos *et al.*, 2024). L'80% in volume dei gas (Eurostat, 2024) ad effetto serra è rappresentato dalla CO_2eq ; pertanto, i due terzi del riscaldamento globale sono attribuibili all'aumento delle

the circular economy on an urban scale (zero impact and lengthening of useful life), and confirms the circularity of the design carried out. The characteristics mentioned are at the focus of a study (Hawes *et al.*, 2024) that highlights the advantages of urban agriculture compared to traditional agriculture, above all highlighting which crops are most suitable in an urban setting for gains in carbon sequestration. The study also highlights that the great advantages of urban agriculture are the reduction of transport impacts, the reduction in material consumption, the reduction in pesticide use, etc. Three prototypes have been studied (Fig. 3). Precisely, the first involves indirect attachment to the façade. It is built using recovered or regenerated wooden pallets, with a soil container created by forming bags with PVC advertising banners. The soil will be

amended with self-produced quality compost. The second involves an indirect attachment and uses the residual spaces of the pallet to insert PVC bags, in this case, the space between one plant and another increases, offering the possibility of growing even taller plants. The third prototype involves an indirect attachment and the use of pruning branches for the support structure. The containers are made of recycled wood, and their positions are dictated by production needs (horticultural or aromatic production) and, therefore, by the need for plant growth.

In phase 3, the relationship between the project and the territory is examined, both in terms of production to support the vulnerable population, and in terms of starting local micro-supply chains. Bioloop is one of the winning projects of the Polisocial

Award 2023, the initiative of the Polytechnic that aims to connect the university with the city's neighbourhoods, also through the off-campus presence (research and experimentation centres outside the university campus). The operational headquarters of Bioloop is the off-campus Cascina Nosedo, located on the southern outskirts of Milan, within the Corvetto-Chiaravalle neighbourhood, the experimentation area (Fig. 4). This neighbourhood is not chosen at random, but for the presence of complex social situations, featuring cultural heterogeneity, economic hardship, high rate of school dropout, etc., conditions we plan on solving with the start of the proposed experiments (Sacchi *et al.*, 2018). Phase 3 also considers the interaction between territories, their administrators, and food production, in a rationale of "food system plan-

ning" (Cabannes *et al.*, 2018), a form of social innovation through which planners, architects, urban planners, researchers, and activists committed to designing the development of cities by pursuing the objectives of food systems (Maye, 2019).

Results

The prototypes studied contribute to the diffusion of forms of urban agriculture in cities, involve the population by creating new forms of social cohesion, and establish economic relationships of proximity that support the vulnerable population. The diffusion of forms of urban agriculture, through the proposed prototypes, contributes to urban rewilding and to strengthening food security (Russo *et al.*, 2025). The entire system is, instead, a possible strategy for carbon neutrality. On the topic there are Life projects and studies that

CONSTRUCTION	CASE 1	LEAFY VEGETABLES	± 24/30	12	2	TRANSFORMATION	MAINTENANCE		
	CASE 1 self sustenance	(salad, chicory, chard, etc)	Kg	months	people			transformation of surplus production (for sale)	Routine maintenance Cyclic maintenance Renovation maintenance
	CASE 2 micro entrepreneurship	VEGETABLES	± 20/40	12	2			self-conducted activities remunerated activities	
CASE 3	AROMATIC	± 2	12	3					
		(tomatoes, cauliflowers, cucumbers, etc)	Kg	months	people				
		(sage, parsley, rosemary, thyme, etc)	Kg	months	people				

emissioni di CO₂eq. Rispetto alla produzione di CO₂eq (EDGAR, 2024) nel 2022 l'Europa è stata responsabile del 7,28% delle emissioni totali, l'Italia dello 0,84%, in termini quantitativi nel 2022 è stato stimato siano state emesse 322,95 Mton 5,48 ton CO₂/cap, in aumento rispetto alle 320,76 Mton del 2021. Uno dei principali fattori di produzione di CO₂eq è legato proprio al consumo di risorse per la climatizzazione estiva e invernale, è chiaro che intervenendo sulle superfici opache degli edifici, riducendo la dispersione termica con sistemi verdi, il guadagno termico si traduce in minori consumi e in una riduzione delle emissioni di CO₂eq.

I sistemi proposti possono concorrere al raggiungimento della neutralità carbonica entro il 2050 proposta con il green deal ed entro il 2030 con il pacchetto "fit for 55%" (EU, 2019; European Parliament, 2021) e rispetto alla produzione agricola concorrere alla roadmap verso il 2030 (Italy for climate, 2020) con filiere corte, miglioramento dei sistemi logistici (coltivando in città lo spostamento è ridotto) e la diffusione di pratiche agronomiche mirate al carbon farming.

Il Comune di Milano, per il raggiungimento della neutralità carbonica, ha previsto nel PGT interventi di rinaturalizzazione attraverso forme di verde integrato (Comune di Milano, 2020a).

Reference CeRTES - Centro Ricerche Tappeti Erbosi - Università Facoltà Agraria di Pisa	 1.000 m² Green surfaces	 Absorbes 6 tonCO ₂ eq/year
SDGs relations		
SDGs relations		
Reference MM Spa	1 m³ meteoric water 0,39 kWh	reduction 0,4332 tonCO ₂ eq/KWh

Modules	300
Surfaces	300 mq
Green surfaces	180/240 mq
tonCO ₂ eq /year	1,08/1,44
Evaluation	

Surface of the module = 1 mq
 Green surface = 0,60/0,80 mq

A tale scopo ha standardizzato i parametri di quantificazione e ad esempio, per ogni 1000 mq di superficie verde si stima un assorbimento di 6 ton di CO_{2eq} all'anno (Fig. 7). Per contestualizzare il progetto, viene usata come caso studio la facciata cieca al piano terra di un edificio destinato a studentato situato nel quartiere Corvetto-Chiaravalle, quantificando in 1,08/1,44 ton di CO_{2eq} il guadagno derivabile. Si tenga conto che il guadagno in termini di carbonio è più alto perché i sistemi di coltivazione proposti vengono supportati con l'utilizzo di acqua meteorica, stoccata e recuperata. Il PGT fornisce gli strumenti per quantificare anche questo contributo, ma in questo paper non viene considerato. Si precisa che la scelta di questo metodo di valutazione è motivato dalla presenza di regole comunali condivise, ma su questo tema esistono studi (Artman *et al.*, 2020) che offrono indicazioni sulle modalità di calcolo e sui vantaggi derivabili.

Conclusioni

Il progetto mira ad ottenere dei vantaggi ambientali e sociali alla scala iper-locale e si rivolge: agli amministratori locali come input alla predisposizione di strumenti per la pianificazione urbana; agli attori locali (associazioni, residenti) come forma di rinnovamento urbano condiviso e sostenibile, oltre che alle attività insediate sul territorio (fornitori delle materie prima seconde). Relativamente alla pianificazione, sostenere progetti di questo tipo da parte dei pianificatori rientra nella logica di green budgeting sostenuta a scala globale (OECD, 2022) ed europea (EC, 2021; EC, 2023b), ovvero riuscire ad ottenere benefici ambientali, sostenibili e climatici, attraverso la costruzione dei bilanci nazionali. La promozione dell'agricoltu-

highlight the connections and positive implications (Fig. 5), both concerning the most effective techniques and the tools studied to support these practices. The prototypes studied were designed to promote food production in urban areas and to contribute to social inclusion and local economic relations. These results are measurable (Fig. 6) through the productivity of the modules and the number of remunerative activities necessary for their operation. The construction of the modules draws on local resources made available according to a circular economy rationale. The workforce is provided by subjects who benefit from the outcomes of the initiative; it can, otherwise, be monetised, creating a new entrepreneurial production chain. Productivity is estimated between 20 kg and 40 kg of vegetables and greens per year, and can vary according to the

type of plants identified (early or slow growth, green leafy vegetables, sowing or planting of plants from nurseries). The food produced can be used by the implementers, or put back into circulation through sale or transformation. Many associations in the neighbourhood deal with the redistribution of excess food. Maintenance, like construction, is the phase of the project in which the necessary man-hours can be remunerated from project profits. Regarding the environmental issue, a fact related to the use of green façades is linked to the benefits that these have on the microclimatic well-being of buildings. Indeed, studies on the subject (Sharbafian *et al.*, 2024) have shown that just shading with a screening coefficient of 20% can contribute to improving the internal temperature of buildings, with a gain between ±0.5°C and 4°C (Bakhshoodeh *et al.*,

ra urbana è una sfida cruciale ed è stato dimostrato che la sua attuazione contribuisce all'aumento della sicurezza alimentare (Opitz *et al.*, 2016) e contribuirà all'attrazione di nuovi investitori (Sarker *et al.*, 2019). Per favorire questo nuovo fronte d'investimento sarà necessario un maggior sostegno da parte delle politiche territoriali locali e governative, che a partire da standard fissati per pratiche sostenibili possano erogare contributi per rendere l'agricoltura urbana una pratica sempre più diffusa, economicamente sostenibile e socialmente inclusiva.

Rispetto alla sua configurazione, il progetto si inserisce in due ambiti di sostenibilità, neutralità carbonica e produzione di cibo, il primo è quasi una conseguenza del secondo, e il secondo lavorando alla scala iper-locale si allinea con la *Food Policy* (Comune di Milano, 2015; 2020b) del Comune di Milano, sostenendo le categorie sociali più deboli anche a ricucitura del divario che si osserva nei quartieri più fragili della città. Il progetto è sicuramente ambizioso e necessita di tempo per poter essere integrato alla vasta scala, ma la sua attuazione anche a dimensione ridotta potrà diventare un dimostratore efficace.

REFERENCES

- Bakhshoodeh, R., Ocampo, C. and Oldham, C. (2023), "Impact of ambient air temperature, orientation, and plant status on the thermal performance of green façades", *Energy and Buildings*, Vol. 296, 113389. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2023.113389> (Accessed on 17/07/2024).
- Cabannes, Y. and Marocchino, C. (eds). (2018), *Integrating Food into Urban Planning*. London, UCL Press; Rome, FAO. Available at: <https://doi.org/10.14324/111.9781787353763> (Accessed on 24/07/2024).
- Comune di Milano (2015), *Linee di indirizzo della Food Policy di Milano 2015-2020*. Available at: <https://www.comune.milano.it/docu->
- 2023), and a reduction in resources (de Oliveira Santos *et al.*, 2024). 80% of greenhouse gases (Eurostat, 2024) by volume are represented by CO_{2eq}; therefore, two-thirds of global warming is attributable to the increase in CO_{2eq} emissions. Concerning the production of CO_{2eq} (EDGAR, 2024) in 2022, Europe was responsible for 7.28% of total emissions, and Italy for 0.84%. In quantitative terms, in 2022 it was estimated that 322.95 Mton 5.48 tons CO₂/cap were emitted, an increase compared to the 320.76 Mton of 2021. One of the main factors of the production of CO_{2eq} is linked to the consumption of resources for summer and winter air conditioning. By intervening on the opaque surfaces of buildings, and reducing heat loss with green systems, the thermal gain translates into lower consumption and a reduction in CO_{2eq} emissions.
- The proposed systems can contribute to achieving carbon neutrality by 2050 as proposed by the Green Deal, and by 2030 with the "fit for 55%" package (EU, 2019; European Parliament, 2021). For agricultural production, it can contribute to the roadmap towards 2030 (Italy for climate, 2020) with short supply chains, improved logistics systems (growing in cities reduces travel), and the spread of agronomic practices aimed at carbon farming. To achieve carbon neutrality, the Municipality of Milan has included renaturalisation interventions through integrated green forms in the PGT (Comune di Milano, 2020a). For this purpose, it has standardised the quantification parameters; for example, absorption of 6 tons of CO_{2eq} per year is estimated for every 1000 sqm of green surface (Fig. 7). To contextualise the project, the blind façade on the ground

ments/20126/481928510/Linee+di+indirizzo_Food+Policy.pdf/faeb62c1-d7ea-2636-ee18-ec114843522b?t=1711707242649 (Accessed on 26/07/2024).

Comune di Milano (2020a), *Documento tecnico per l'attuazione della disciplina di cui all'Art. 10 "Sostenibilità ambientale e resilienza urbana"*. Available at: <https://www.comune.milano.it/aree-tematiche/rigenerazione-urbana-e-urbanistica/pgt-approvato-e-vigente-milano-2030/sostenibilita-ambientale-e-resilienza-urbana> (Accessed on 08/07/2024).

Comune di Milano (2020b), *Rural-urban linkages peri-urban agriculture and public procurement*. Available at: <https://www.comune.milano.it/documents/20126/481946383/policy-brief-rural-urban-linkages.pdf/4f224b74-e41a-c313-c7a8-7b119af175ca?t=1712053364110> (Accessed on 26/07/2024).

Cost Actions (2022), *CA17133 – Implementing nature based solutions for creating a resourceful circular city*. Available at: https://circular-city.eu/wp-content/uploads/2021/10/CA17133_Deliverable-3_Catalogue_complete.pdf (Accessed on 18/07/2024).

C3S – Copernicus Climate Change Service (2024), *European State of the Climate 2023. Report 2023*, (Accessed on 08/07/2024). <https://doi.org/10.24381/bs9v-8c66> (Accessed on 17/07/2024).

de Oliveira Santos, T.D., Leal Pacheco, F.A. and Sanches Fernandes, L.F., (2024), "A systematic analysis on the efficiency and sustainability of green facades and roofs", *Science of The Total Environment*, Vol. 932, 173107. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.173107> (Accessed on 17/07/2024).

de Oliveira Alves, D., de Oliveira, L., Durante Mühl, D. (2023), "Commercial urban agriculture for sustainable cities", *Cities*, Vol. 150, 05017. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.cities.2024.105017> (Accessed on 17/07/2024).

EDGAR – Emissions Database for Global Atmospheric Research (2024), *CO₂ total emission*. Available at: https://edgar.jrc.ec.europa.eu/report_2023?vis=co2tot#emissions_table (Accessed on 08/07/2024).

EC – European Commission (2019), *The European Green Deal – COM/2019/640 final*. Available at: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52019DC0640> (Accessed on 24/07/2024).

floor of a building intended for student housing located in the Corvetto-Chiaravalle district is used as a case study, quantifying the derivable gain at 1.08/1.44 tons of CO_{2eq}. It should be noted that the gain in terms of carbon is higher because the proposed cultivation systems are supported using stored and recovered rainwater. The PGT provides the tools to quantify this contribution as well, but it is not considered in this paper. It should be noted that the choice of this evaluation method is motivated by the presence of shared municipal rules. However, on this topic there are studies (Artman *et al.*, 2020) that offer indications on the calculation methods and the resulting advantages.

Conclusions

The project aims to achieve environmental and social benefits at the hyperlocal scale, and addresses local

administrators as input to the preparation of tools for urban planning; local actors (associations, residents) as a form of shared and sustainable urban renewal, as well as businesses located in the territory (suppliers of secondary raw materials). Concerning planning, encouraging planners to support such projects is part of the green budgeting rationale promoted at the global (OECD, 2022) and European (EC, 2021; EC, 2023b) scale, that is, being able to obtain environmental, sustainable and climate benefits through the construction of national budgets. The promotion of urban agriculture is a crucial challenge. There is evidence that its implementation contributes to increasing food security (Opitz *et al.*, 2016), and will contribute to attracting new investors (Sarker *et al.*, 2019). To foster this new investment front, greater support will be needed from both

EC – European Commission (2020a), *Developments and Forecasts on Continuing Urbanisation. We foster a strategic, future-oriented and anticipatory culture in the EU policymaking process*. Available at: https://knowledge4policy.ec.europa.eu/foresight/topic/continuing-urbanisation/developments-and-forecasts-on-continuing-urbanisation_en (Accessed on 08/08/2024).

EC – European Commission (2020b), *100 climate-neutral cities by 2030 – by and for the citizens – Report of the mission board for climate-neutral and smart cities*. Available at: <https://www.data.europa.eu/doi/10.2777/46063> (Accessed on 08/07/2024).

EC – European Commission (2021), *Green budgeting – Towards common principles, European Union*. Available at: <https://data.europa.eu/doi/10.2765/51675> (Accessed on 26/07/2024).

EC – European Commission (2023a), *Nature-based solutions – EU-funded nbs research projects tackle the climate and biodiversity crisis*. Available at: <https://data.europa.eu/doi/10.2848/879543> (Accessed on 18/07/2024).

EC – European Commission (2023b), *Green budgeting in the EU. Key insights from the 2023 European Commission survey of green budgeting practices*. Available at: https://economy-finance.ec.europa.eu/document/download/40851e31-78eb-43fe-8e6d-a08fa4105638_en?filename=2023%20Green%20Budgeting%20survey%20key%20findings.pdf (Accessed on 18/07/2024).

European Parliament (2021), *Regulation (EU) 2021/1119 of the European Parliament establishing the framework for achieving climate neutrality and amending Regulations (EC) No 401/2009 and (EU) 2018/1999 ('European Climate Law')*. Available at: <http://data.europa.eu/eli/reg/2021/1119/oj> (Accessed on 25/07/2024).

Eurostat (2024), *Air emissions accounts by NACE Rev. 2 activity*. Available at: https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/ENV_AC_AINAH_R2__custom_5217930/default/table (Accessed on 17/07/2024).

Hawes, J.K., Goldstein, B.P., Newell, J.P., Dorr, E., Caputo, S., Fox-Kämper, R., Grard, B., Ilieva, R.T., Fargue-Lelièvre, A., Ponizy, L., Schoen, V., Specht, K., and Cohen, N. (2024), "Comparing the carbon footprints of urban and

local and government territorial policies, which, starting from standards set for sustainable practices, can provide contributions to make urban agriculture an increasingly widespread, economically sustainable, and socially inclusive practice.

In terms of its configuration, the project fits into two areas of sustainability, carbon neutrality and food production. The former is almost a consequence of the latter, which, working at the hyperlocal scale, aligns with the Food Policy (Municipality of Milan, 2015; 2020b) of the Municipality of Milan, supporting the weakest social categories, also to mend the gap observed in the most fragile neighbourhoods of the city. The project is certainly ambitious and needs time to be integrated on a large scale, but its implementation even at a small scale could become an effective demonstrator.

- conventional agriculture”, *Nature Cities*, Vol. 1, pp. 164-173. Available at: <https://doi.org/10.1038/s44284-023-00023-3> (Accessed 26/11/2024).
- HEI – Health Effects Institute (2024), *State of global air 2024: a special report on global exposure to air pollution and its health impacts, with a focus on children’s health*, Boston, MA:Health Effects Institute. Available at: <https://www.stateofglobalair.org/resources/report/state-global-air-report-2024> (Accessed on 08/07/2024).
- Hoffmann, K.A., Schröder, S., Nehls, T., Pitha, U., Pucher, B., Zluwa, I., Gantar, D., Šuklje Erjavec, I. and Kozamernik, J. (eds.) (2023), *Vertical Green 2.0. The Good, the Bad and the Science*. Available at: <https://doi.org/10.14279/depositonce-16619> (Accessed on 18/07/2024).
- IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change (2023), *AR6 Synthesis Report. Climate Change 2023*. Available at: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/> (Accessed on 08/07/2024).
- Irga, P.J., Torpy, F.R., Griffin, D., and Wilkinson, S.J. (2023), “Vertical Greening Systems: A Perspective on Existing Technologies and New Design Recommendation”, *Sustainability*, Vol. 15, no. 7, 6014. Available at: <https://doi.org/10.3390/su15076014> (Accessed on 18/07/2024).
- Italy for climate (2020), *Italy Climate Report 2020*. Available at: <https://italyforclimate.org/wp-content/uploads/Italy-Climate-Report-2020-web.pdf> (Accessed on 25/07/2024).
- IUCN – International Union for Conservation of Nature (2018), *Nature Based Solutions. Toward the implementation in mediterranean cities. Brainstorming summary*. Available at: https://www.iucn.org/sites/default/files/content/documents/2018/brainstorm_summary_experts_meeting_med_cities_feb18.pdf (Accessed on 18/07/2024).
- Lovell, S.T. (2010), “Multifunctional Urban Agriculture for Sustainable Land Use Planning in the United States”, *Sustainability*, Vol. 2, pp. 2499-2522. Available at: <https://doi.org/10.3390/su2082499> (Accessed on 24/07/2024).
- Maye, D. (2021), “‘Smart food city’: Conceptual relations between smart city planning, urban food systems and innovation theory City”, *Culture and Society*, Vol. 16, pp. 18-24 Available at: <https://doi.org/10.1016/j.ccs.2017.12.001> (Accessed on 24/07/2024).
- MM Spa (2017), *Bilancio di Sostenibilità 2017*. Available at: <https://mmspa.eu/wp-content/uploads/2024/04/MMBilanciosostenibilita2017-senza-firme>. (Accessed on 26/07/2024).
- OECD (2022), *Aligning Regional and Local Budgets with Green Objectives: Subnational Green Budgeting Practices and Guidelines*, OECD Multi-level Governance Studies, OECD Publishing, Paris, Available at: <https://doi.org/10.1787/93b4036f-en> (Accessed on 08/07/2024).
- Opitz, I., Berges, R., Piorr, A. and Krikser, T. (2016). “Contributing to food security in urban areas: differences between urban agriculture and peri-urban agriculture in the Global North”, *Agriculture and Human Values*, Vol. 33, n.2, pp. 341-358. Available at: <https://doi.org/10.1007/s10460-015-9610-2> (Accessed on 08/07/2024).
- Russo, A., Sardeshpande, M., Rupprecht, C.D.D. (2025), “Urban rewilding for sustainability and food security”, *Land Use Policy*, Vol. 149, 107410. Available at <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2024.107410> (Accessed on 26/11/2024).
- Sacchi, F. and Corsi, E. (2018), *Progetto Fondazione Milano. Atlante socio-economico: Adda Martesana, Sud Est, Sud Ovest, Milano. Fondazione di Comunità Milano*. Available at: https://www.fondazionecomunitamilano.org/wp-content/uploads/2019/02/04_cariplo-def-gennaio_19.pdf (Accessed on 26/11/2024).
- Sarker, A.H., Bornman, J.F. and Marinova, D. (2019), “A framework for integrating agriculture in urban sustainability in Australia”, *Urban Science*, Vol. 3, no. 2, 50. Available at: <https://doi.org/10.3390/urbansci3020050> (Accessed on 26/07/2024).
- Sharbafian, M., Yeganeh, M. and Baradaran Motie, M. (2024), “Evaluation of shading of green facades on visual comfort and thermal load of the buildings”, *Energy and Buildings*, Vol. 317, 114303. Available at <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2024.114303> (Accessed on 17/07/2024).
- UN, Department of Economic and Social Affairs, Population Division (2018), *The World’s Cities in 2018. Data Booklet (ST/ESA/ SER.A/417)*. Available at: www.unpopulation.org (Accessed on 02/07/2024).
- UN Habitat (2022), *World cities report 2022. Envisaging the Future of Cities*. Available at: <https://unhabitat.org/wcr/> (Accessed on 08/07/2024).