

ARTICLE INFO

Received	25 March 2023
Revised	05 May 2023
Accepted	16 May 2023
Published	30 June 2023

IL PROGETTO TRANSCALARE DELLE NATURE-BASED SOLUTIONS PER L'AGENDA 2030

Innovazioni e interconnessioni

TRANSCALAR PROJECT OF NATURE-BASED SOLUTIONS FOR THE 2030 AGENDA

Innovations and interconnections

Roberta Ingaramo, Maicol Negrello,
Loudineh Khachatourian Saradehi, Arin Khachatourian Saradhi

ABSTRACT

Il saggio propone una rilettura delle soluzioni basate sulla natura (NbS) come dispositivi per il progetto architettonico dello spazio urbano e come soluzioni efficaci ed economicamente convenienti, concorrenti al raggiungimento degli obiettivi di sviluppo sostenibile, promossi dall'Agenda 2030. Viene riportato il dibattito sulla necessità di affrontare il progetto NbS alle diverse scale, in modo olistico, considerando il tessuto urbano come potenzialmente ricco di spazi adattivi, in cui si possono applicare soluzioni puntuali legate al contesto. Casi studio internazionali dimostrano come, grazie a progettualità che integrano NbS alle diverse scale, si possa raggiungere un miglior livello di resilienza urbana incentrato sulla tutela della biosfera, applicando prioritariamente il modello di sostenibilità forte, su cui si fonda anche la EU Biodiversity Strategy for 2030. La discussione evidenzia, oltre che le potenzialità di queste soluzioni, anche i limiti e le barriere che pregiudicano la loro applicazione diffusa, proponendo possibili scenari di ricerca.

The essay offers a reinterpretation of nature-based solutions (NbS), viewing them not only as devices for the architectural design of urban space but also as highly efficient and cost-effective solutions capable of competing with other strategies for achieving the Sustainable Development Goals promoted by the 2030 Agenda. The authors emphasise the importance of holistically approaching the NbS project at different scales, seeing the urban fabric as a fertile ground that can accommodate adaptive solutions designed strategically and on a site-specific basis. Moreover, international case studies in this field demonstrate the potential of integrating NbS across various scales for enhancing urban resilience and promoting the preservation of the biosphere, following the Strong Sustainability Model, on which the EU Biodiversity Strategy for 2030 is also based. The discussion highlights the limitations and barriers currently slowing down the widespread application of NbS and proposes innovative solutions to overcome these issues, along with possible research scenarios.

KEYWORDS

progettazione urbana resiliente, soluzioni basate sulla natura, obiettivi di sviluppo sostenibile, architettura verde, cambiamenti climatici

resilient urban design, nature-based solutions, sustainable development goals, green architecture, climate change

Roberta Ingaramo, Architect and PhD, is an Associate Professor of Architectural and Urban Composition at the Polytechnic of Turin (Italy). She conducts research ranging from urban regeneration to design through nature-based solutions, reuse, and the role of architectural design in the landscape. E-mail: roberta.ingaramo@polito.it

Maicol Negrello, Architect and PhD, is a post-doctorate Researcher and contract Lecturer at the Department of Architecture and Design, Polytechnic of Turin (Italy). He researches in sustainable transition, focusing on integrating nature-based solutions and the built environment in urban and rural contexts. E-mail: maicol.negrello@polito.it

Lousineh Khachatourian Saradehi, Architect, is a Former Lecturer at the National University of Architecture and Construction of Armenia. E-mail: lousinehks@gmail.com

Arin Khachatourian Saradehi, Architect, is a Former Lecturer at the Franco-German Engineering Institute in Armenia. E-mail: arin.khachatourian@gmail.com



La rapida espansione delle città europee nell'ultimo secolo – soprattutto nel secondo dopoguerra – ha generato spazi pubblici scarsamente verdi in cui la natura è stata spesso ridotta a dotazione funzionale normata. Cortesi (2020) individua la causa nella perdita di una visione culturale capace di conciliare crescita economica, benessere umano e degli ecosistemi. L'esito formale di questi processi si è concretizzato generalmente in spazi urbani con ridotte aree verdi, spesso di limitata qualità, e vaste impermeabilizzazioni dei suoli che incrementano i valori di UTCI – Universal Thermal Climate Index (Perini et alii, 2021) con conseguenti impatti negativi, quali la riduzione della biodiversità (EEA, 2019), della qualità della vita e del benessere psicofisico dei cittadini (Beatley, 2011), l'incremento delle disparità sociali e della mortalità prematura (Ellena et alii, 2020). Ne consegue che l'insostenibilità della forma e della materia di questa urbanità moderna esacerba globalmente gli effetti dei cambiamenti climatici come le isole di calore o i fenomeni alluvionali estremi; in particolare si stima che le aree urbane del Mediterraneo saranno le più colpite da gravi criticità climatiche dovute al notevole aumento delle temperature (Martínez-Solanas et alii, 2021). Oltre ai fattori climatici Coppola et alii (2022) individuano nella recente emergenza pandemica lo stimolo per una più attenta riflessione sul concetto di città sana basato sulla qualità dell'abitare urbano, del benessere dei cittadini e della conseguente necessità di adattamento.

Per far fronte a questa situazione di criticità cronica e incrementare la resilienza e l'adattamento dei tessuti urbani, l'Unione Europea ha attivato politiche e progetti di transizione ecologica attraverso piani di sviluppo e finanziamento a livello nazionale (come, i PNRR in Italia), specifiche policy (come la Biodiversity Strategy 2030¹) e iniziative trasversali, legate al New European Bauhaus² e al Green Deal going Local³. Queste linee di intervento convergono nell'European Green Deal (European Commission, 2019), potenziale motore di innovazione tecnologica e progettuale che definisce target e strategie di mitigazione e adattamento atte a superare anche la crescente fragilità di tutti i sistemi biologici e tecnici (Antonini, 2019).

In questo processo di transizione il ruolo delle città è decisivo per il raggiungimento di almeno 7 dei 17 degli Obiettivi di Sviluppo Sostenibile – SDG (Vukmirovic, Gavrilovic and Stojanovic, 2019), di circa il 60% dei 169 target dell'Agenda 2030 (United Nations, 2015) e di oltre un terzo dei target previsti dall'European Green Deal in ambito energetico, ambientale e sociale (OECD, 2020). Dallo stato dell'arte delle politiche sopra citate emerge, quindi, l'importanza strategica delle città come 'promotrici' (Ferreira, 2023) della transizione ecologica per sperimentare e disseminare soluzioni e tecnologie green abilitanti che propongano l'innovazione dei processi attraverso una visione olistica dirompente. Infatti, come sottolinea Antonini (2019, p. 7), per poter sopravvivere e adattarsi alle nuove condizioni di emergenza, ostili, imposte dalle diverse crisi bisogna «[...] adottare risposte dinamiche alle azioni perturbative», imitando i sistemi biologici in modo reattivo, attraverso approcci e tecnologie radicalmente diversi da quelli in atto (Scalisi and Ness 2022), anche per una maggior consapevolezza della scarsità delle risorse (Del'Acqua, 2020).

Alla luce di queste affermazioni il saggio iden-

tifica nelle soluzioni basate sulla natura (NbS) gli strumenti progettuali necessari per affrontare le principali criticità urbane derivanti dal breakdown climatico (Pörtner et alii, 2022). In particolare, in accordo con la definizione di NbS fornita dalla Commissione Europea⁴ e dall'Unione Internazionale per la Conservazione della Natura (IUCN) e sulla base della letteratura scientifica contemporanea che considera i diversi benefici in termini di sostenibilità nella sua triplice declinazione ambientale, sociale ed economica (Scalisi and Ness, 2022), il presente contributo interpreta originalmente le NbS come strumenti olistici progettuali, innovativi e interscalari direttamente connessi al raggiungimento di molti dei target dell'Agenda 2030 e dall'European Green Deal.

Il saggio si compone di quattro paragrafi. Nel primo viene introdotta la cornice teorica che sottolinea l'importanza del ruolo della natura, intesa come biosfera all'interno del modello di sostenibilità forte, e vengono presentati gli strumenti normativi a supporto di tali indirizzi. Il secondo paragrafo è dedicato all'approccio integrativo della natura in diverse scale di progetto, tenendo conto del concetto di 'exaptation' interpretato come dimostrazione delle ricadute interscalari delle NbS. Nel terzo paragrafo vengono analizzati tre casi studio a scale differenti, esemplificando le diverse componenti progettuali delle NbS e dimostrando la correlazione diretta tra gli elementi del progetto e il raggiungimento degli SDG, in relazione al modello di sviluppo sostenibile forte. Infine nell'ultimo paragrafo lo studio illustra i risultati, i limiti e le barriere dell'applicazione delle NbS nel progetto architettonico urbano e suggerisce possibili soluzioni e sviluppi futuri.

La Natura come obiettivo e strumento fondamentale per lo sviluppo sostenibile dell'Agenda 2030

Le strategie europee, come l'Urban Greening Plan e la EU Biodiversity Strategy for 2030⁵, tracciano la strada per la riconversione delle città proponendo modelli di sviluppo sostenibili, circolari e resilienti che valorizzino il capitale naturale da cui dipende oltre il 50% del PIL mondiale⁶. L'indirizzo di questi Piani è considerare la natura elemento imprescindibile alla base della progettazione ecologica, come evidenziato nello Strong Sustainable Model – S3 (Fig. 1), modello basato sulla consapevolezza che l'umanità dipenda dalle risorse naturali e dai servizi a lungo termine forniti dagli ecosistemi a supporto della vita e al contrasto della crisi ambientale (Dell'Acqua, 2020). Il modello mira a integrare l'uso delle risorse naturali con le esigenze delle comunità umane, garantendo che le attività economiche siano svolte in modo sostenibile e che il benessere sociale sia preservato; di conseguenza gli Obiettivi di Sviluppo Sostenibile sono organizzati e correlati a partire da quelli riferiti alla biosfera.

Nell'ultima decade si è assistito a una crescita costante degli studi e delle applicazioni di NbS (Fig. 2) grazie a una maggior disseminazione e conoscenza dei benefici per la realizzazione di spazi resilienti ai cambiamenti climatici (Cohen-Shacham et alii, 2016) che incrementano la qualità, la biodiversità, l'efficienza e la salubrità del tessuto urbano (Marando et alii, 2022), oltre a contribuire al benessere dei cittadini (Negrello and Ingaramo, 2021). La letteratura ad oggi ha prodotto una discreta manualistica che analizza le diverse tipo-

logie di soluzioni basate sulla natura, oltre ad atlanti che illustrano casi studio di applicazioni, come Urban Nature Atlas promosso dall'Unione Europea; anche le principali città italiane stanno sviluppando i propri Piani Strategici e specifiche catalogazioni degli strumenti progettuali basati sulla natura. In Italia sono un esempio il Piano di Resilienza del Comune di Torino del 2020⁷, che individua anche strumenti progettuali e casi studio torinesi, e il Life Metro Adapt, lanciato nel 2018⁸ grazie al cofinanziamento dalla Comunità Europea per il Comune di Milano, le cui finalità principali sono integrare misure di adattamento al cambiamento climatico nei Piani, promuovere le NbS, sensibilizzare i cittadini e rendere disponibili i dati per l'analisi di vulnerabilità.

Il progetto transcalare | La transizione ecologica si concretizza attraverso progettualità di scala variabile che al tempo stesso concorrono indirettamente a formare una rete interconnessa di servizi ecosistemici. Il ventaglio di azioni spazia dalla scala di sistema dei piani strategici, passando per il dominio del paesaggio e del progetto urbano, attraverso gli elementi più minuti, sperimentali, incrementali, economici e temporanei (Zaffi, 2017; Coppola et alii, 2022), fino a quella del dettaglio. Soluzioni architettoniche semi-artificiali (Perini, Mosca and Giachetta, 2021), ibridate con la natura, si fondono nel tessuto edilizio dando luogo a interventi di camouflage, mimetismi, approcci biofilici, strategie puntuali. Ogni progetto NbS, seppure puntuale, deve essere sempre considerato parte di un sistema vivente più complesso, fatto di nodi interconnessi che creano reti biologiche (Langemeyer and Barò, 2021). Questo spinge a ragionare secondo un'ottica sistemica, in cui l'obiettivo finale definisce sia la soluzione NbS puntuale, sia la strategia progettuale a scala vasta. Quindi il progetto di ogni singolo spazio o architettura che adotta NbS diventa un potenziale nodo di una rete interconnessa che si traduce in Infrastrutture Verdi, incrementando in modo esponenziale benefici e raggiungendo anche gli SDG correlati a quello principale (biosfera).

Una tale visione olistica si riconduce anche al concetto di 'exaptation', quel fenomeno introdotto dal biologo Gould (Gould and Vrba, 1982) e successivamente sviluppato da Melis, Lara-Hernandez and Melis (2022), che si riferisce alla capacità di un organismo di utilizzare una struttura biologica precedentemente evoluta per una funzione diversa da quella originariamente prevista. In questo caso il progetto site-specific di uno spazio urbano che applica le NBS, concorre – eventualmente anche in modo imprevisto – al raggiungimento di altri obiettivi (Pearlmutter et alii, 2020) quando si interrelaziona con una scala più vasta.

Metodologia, casi studio e scale del progetto NbS

Al fine di dimostrare la relazione tra le NbS e i progetti architettonici e urbani per il raggiungimento degli SDG sono stati individuati tre casi esemplificativi e analizzati attraverso una metodologia analitico-deduttiva. I tre casi sono divisi per scala di progetto: architettonica (edificio residenziale/multifunzionale), dell'isolato (agopuntura, hot-spot) e urbana (aree pubbliche, transetti, corridoi). La scelta dei casi è determinata dai seguenti criteri: a) il caso si colloca in un contesto

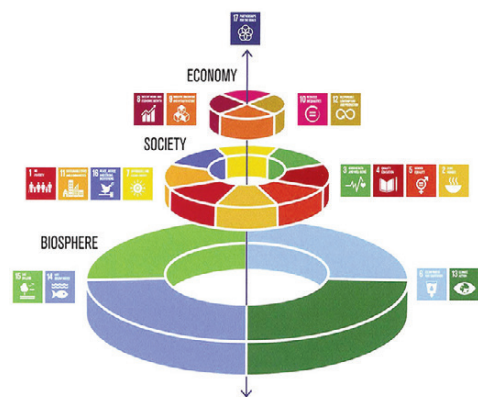


Fig. 1 | Strong Sustainability model, Azote Images for Stockholm Resilience Centre (credit: Azote for Stockholm Resilience Centre, Stockholm University, 2016).

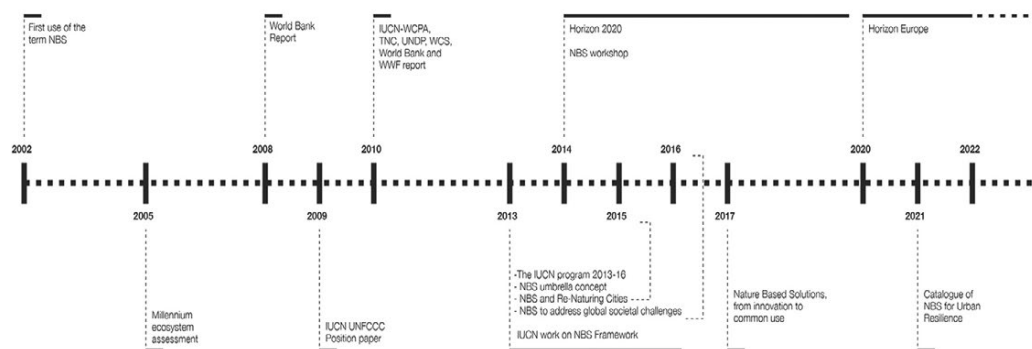


Fig. 2 | Chronological interpretation of the diffusion of the NbS (credit: the Authors, 2023).

urbano europeo; b) gli obiettivi primari sono relativi alla biosfera (SDG 6, 13, 14 e 15); c) è di recente realizzazione; d) rappresenta i valori del New European Bauhaus; e) è replicabile (declinato in modo site-specific rispetto le condizioni di contesto), f) sono presentate interventi di natura economica variabile (da basso costo a interventi più strutturati e dispendiosi).

I casi vengono analizzati individuando le specifiche caratteristiche architettoniche delle integrazioni NbS e valutando in che misura ogni strategia/elemento selezionato concorre al raggiungimento primario di uno o più obiettivi relativi alla biosfera. L'analisi individua, in una seconda fase, come – riproponendo il concetto di exaptation – il raggiungimento di un obiettivo concorra indirettamente a generare altri benefici a livello sociale ed economico, secondo il modello S3. L'indagine si è limitata a considerare aspetti formali/architettonici, escludendo i caratteri economici e normativi degli interventi.

Les 5 Ponts – Village Solidaire a Nantes di Ttract Architects (2023; Figg. 3-5) si inserisce in un tassello urbano dismesso proponendo un innovativo insediamento inclusivo multifunzionale. Promosso dall'Unione Europea attraverso l'iniziativa Urban Innovative Actions, il progetto porta alla realizzazione di modello di 'villaggio solidale' basato sui principi del New European Bauhaus, prevedendo architetture e servizi volti all'inclusività sociale (soprattutto per condizioni di elevata marginalità) e dal grande valore estetico. Il complesso vede l'intersezione di funzioni quali residenza per studenti, social housing, serre e tetti verdi, mercato agricolo locale, caffetteria e ristorazione solidale, spazi per associazioni e imprese sociali, spazi esterni resilienti ai cambiamenti climatici per incrementare la vivibilità e la socialità dei luoghi pubblici.

In particolare le NbS impiegate, quali gli orti, le serre sui tetti, la vegetazione circostante oltre le scelte di materiali ad alto albedo, diventano elementi fondamentali per incrementare i servizi ecosistemici, la biodiversità, attivare economie locali (anche attraverso nuovi posti di lavoro) e migliorare l'efficienza energetica degli edifici riducendone le dispersioni; inoltre hanno funzione di termoregolatore, riducendo il surriscaldamento degli spazi esterni e interni (Tab. 1), caratteristica indispensabile per il raggiungimento di alcuni degli SDG.

I Lausanne Jardins a Losanna (2014/19), nell'attuale contesto di un paesaggio urbano in mu-

tamento, si pongono l'obiettivo di sensibilizzare l'opinione pubblica sui temi legati al cambiamento climatico e al collasso della biodiversità al fine di proporre soluzioni innovative per rendere la città adattiva a scenari futuri. L'evento sperimenta, attraverso installazioni architettoniche temporali di media durata, soluzioni progettuali di rinverdimento urbano che possono innescare processi di progressiva trasformazione strategica flessibile. I progetti selezionati per essere realizzati rappresentano approcci di adattamento temporaneo, in previsione di una più strutturata trasformazione. Terreau Incognito (Figg. 6, 7), realizzato nel 2019, è il progetto che propone di riattivare spazi urbani carenti di verde attraverso semplici rinverdimenti, sfruttando materiali naturali comuni per creare hot-spot 'selvatici' di grade valore ecosistemico. L'intervento è particolarmente interessante per la sua elevata replicabilità, limitati costi di realizzazione e facilità di manutenzione.

Un altro caso è Swiss Hill (Fig. 8), un luogo di incontro e socialità coperto da una tettoia verde, ricca di biodiversità, che funge da device ecosistemico per offrire refrigerio durante le ondate di calore (Tab. 2); il caso studio rappresenta un brillante esempio di replicabilità site-specific in contesti urbani densi che fornisce accesso visivo e fisico a spazi verdi urbani pubblici oltre ad essere un elemento capace di stoccare CO₂ e immagazzinare acqua meteorica.

Il Passeig de Sant Joan a Barcellona, progettato da Lola Domènech è un esempio dell'approccio NbS applicato a interventi di medie dimensioni nel contesto urbano mediterraneo. Il corridoio, lungo 1,2 km (Fig. 9), connette il quartiere di Gràcia al Parco della Ciutadella, creando nuovi spazi comuni e di condivisione immersi tra doppi filari di alberi, protetti dalla strada (Fig. 10). Il progetto, finanziato con fondi pubblici e completato nel 2015, mira a promuovere l'urbanizzazione sostenibile, la resilienza e l'adattamento ai fenomeni climatici estremi. Le scelte architettoniche, tra cui la depauperazione, l'utilizzo di superfici ad alto albedo drenanti, gli spazi verdi ricchi di biodiversità (SDG 15; Fig. 11), mitigano e adattano lo spazio agli effetti dei cambiamenti climatici e favoriscono l'incremento dei servizi ecosistemici che contribuiscono al benessere psicofisico di tutti i cittadini. Inoltre l'incremento di alberi è una strategia cruciale nel raffrescamento urbano (Augusto et alii, 2020), nel sequestro del carbonio e nell'innalzamento della qualità dell'aria (Korczak et alii, 2021),

formando un habitat favorevole per la biodiversità urbana (Tab. 3), oltre che creare spazi che contribuiscono alla riduzione degli stress e promuovono l'interazione sociale.

Riflessioni conclusive, limiti e sviluppi futuri |

L'analisi dei casi studio attraverso la metodologia esposta ha evidenziato come le soluzioni basate sulla natura nella progettazione architettonica e urbana, a varie scale, siano direttamente connesse ai SDG intersettoriali di ampio raggio (Tab. 4). I casi studio e le strategie delineate nel presente saggio richiamano il concetto di 'exaptation', interpretato dagli autori secondo la visione che ogni singolo dispositivo NbS contribuisce direttamente ai benefici per la biosfera e indirettamente agli obiettivi sociali ed economici. Losasso (2016), infatti, individua nelle componenti delle infrastrutture verdi, di cui le NbS fanno parte, un legame diretto tra sistemi ambientali, insediativi, produttivi e capacità di supportare la dimensione sociale; ne emerge l'enorme potenziale delle scelte architettoniche e il ruolo centrale dell'Architetto nel contribuire al raggiungimento degli obiettivi promossi dall'European Green Deal e dall'Agenda 2030 in ambito urbano.

Dallo studio dei casi si evince che singole azioni progettuali flessibili, temporanee (come il progetto Gata Grønland di SLA a Oslo o i casi studio di Losanna), economiche e realizzate in tempi brevi possono generare un risultato incrementale su una scala più ampia, rispondendo a esigenze che superano la contingenza attuale. Ne sono esempio i progetti tattici di Superillas a Barcellona, successivamente evoluti in sostanziali trasformazioni urbane in chiave ecologica; da questa analisi emerge il valore degli interventi alla piccola scala che dimostrano un elevato potenziale sperimentale e incrementale (Zaffi, 2017). Un tale approccio può fare eco al pragmatismo tipico dei primi moti di riappropriazione dello spazio pubblico degli anni '70 (come i Guerrilla Gardening a New York), ma con una rinnovata attenzione all'emergenza climatica e agli aspetti di creazione di comunità, elemento fondamentale anche per le progettualità più strutturate, come nel caso del 300 Climate Resilient Project⁹ del Piano di resilienza di Copenhagen.

Analizzando invece la sfera architettonica il caso di 5 Ponts è dimostrativo di una serie di interventi che propongono nuovi modelli architettonici ibridi (Negrello et alii, 2022), in cui vengono previsti soluzioni progettuali con funzioni produt-

tive e ambientali (come la serra sul tetto), ma anche più tradizionali (residenziale, commerciale, ecc). Tuttavia sebbene le soluzioni progettuali considerate siano state attuate con successo, appurandone la fattibilità tecnica, sussistono alcuni limiti relativi alla loro riproducibilità in altri contesti dovuti alle circostanze economiche, socio-culturali (Biasin et alii, 2023) e ambientali specifiche che devono essere considerate in ogni intervento progettuale.

Secondo il Rapporto dell'IPPC¹⁰ (Climate Change 2022 – Impacts, Adaptation and Vulnerability) oggi i progressi realizzati in questo settore sono scarsamente significativi e le azioni intraprese non sufficienti (Scalisi and Ness, 2022): l'integrazione delle NbS stenta a decollare a partire dalle prime fasi di processo di progettazione fino a quella di manutenzione e valutazione.

Dalla letteratura scientifica emergono le principali problematiche che possono essere così riassunte: a) scelte politiche o di governance che non incentivano questi approcci o strumenti di governo obsoleti lontani dalle esigenze contemporanee (ad esempio i PRG locali); b) risorse finanziarie limitate; c) difficoltà di intervento sull'esistente; d) scarso know-how anche in fase di valutazione; e) ridotta attivazione e co-partecipazione dei cittadini; f) fenomeno del greenwashing; g) manutenzione. Proprio la manutenzione risulta essere una delle maggiori criticità; ad esempio nella scelta sempre più popolare di piantare alberi nelle città, nota come forestazione urbana o rinverdimento, non viene previsto un adeguato piano di manutenzione, compromettendo la salute degli alberi stessi e la sicurezza a livello di fruibilità urbana senza d'altro canto produrre effetti efficaci dal punto di vista ambientale (Nowak and alii, 2014); la pratica della forestazione, dai propositi più elevati, rischia quindi di diventare un'azione greenwashing.

Un altro aspetto critico durante la progettazione è la compatibilità (o incompatibilità) tecnica delle soluzioni basate sulla natura con gli edifici e le infrastrutture esistenti; le principali criticità riguardano capacità di carico dei solai e resistenza delle facciate, difficoltà nell'integrare i sistemi di irrigazione e vincoli normativi. Nel caso di edifici storici, l'applicazione di nuove NbS potrebbe essere limitata da vincoli storico-paesaggistici (Santi and Battini, 2019). Infine dati scarsamente accurati, influenzati da database lacunosi o di bassa qualità, e mancanza di una politica di accesso libero e gratuito a dati (European Commission, 2020, 2021), possono negativamente influire sul monitoraggio, sulla valutazione degli interventi e delle loro ricadute, con una difficile affermazione di molte strategie progettuali NbS.

Tuttavia la ricerca suggerisce anche alcune soluzioni per superare le principali criticità individuate, specie quelle di natura finanziaria. La proposta prevede il coinvolgimento di stakeholders privati che, supportati dalle pubbliche amministrazioni che incentivano la cooperazione pubblico-privata (SDG n. 17; López Portillo, Gómez and Rodríguez, 2022), promuovano azioni virtuose e durevoli con sponsorizzazioni a lungo termine. Un esempio virtuoso di partenariato pubblico-privato è la collaborazione tra municipalità e fondazioni bancarie, come Compagnia di San Paolo e Fondazione CRT a Torino. Infatti la Compagnia promuove gli obiettivi dell'Agenda attraverso bandi per progetti di rigenerazione basati su modelli di

co-progettazione e co-gestione delle NbS, con ricadute concrete su società e ambiente, come nel progetto BTOLIUM (coordinato dal Politecnico di Torino; Figg. 12, 13) per la rigenerazione di Bioglio grazie a NbS e agricoltura urbana. Inoltre allargando la collaborazione anche ai cittadini e alle organizzazioni non-profit attraverso patti di collaborazione si aumenta il coinvolgimento della comunità (Ingaramo and Negrello, 2023), che può prendersi cura della manutenzione delle NbS, come è stato riscontrato a Torino con il progetto Precollinear Park e Corso Farini ad opera dell'Associazione del terzo settore Stratosferica.

Una seconda proposta che apre anche a scenari futuri si sviluppa a partire dalla mancanza di una visione sistemica di una rete di NbS, interconnessa alle diverse scale, capace di stimolare riflessioni su una più profonda rilettura e mappatura degli spazi urbani dal potenziale ecosistemico (dalle aree interstiziali impermeabili ai cordoli stradali, dai tetti verdi agli spazi verdi abbandonati e alle aree ex industriali, ecc.). La creazione di un sistema integrato di questi tasselli permetterebbe di realizzare mappe urbane conoscitive e strategiche che individuano le aree e gli elementi architettonici potenzialmente trasformabili e attivabili mediante l'implementazione di soluzioni basate sulla natura, replicabili e site-specific. In questo modo, potenziali investitori, finanziatori o la Municipalità stessa avrebbero conoscenza diretta e sistemica delle aree in attesa di una transizione ecologica applicando le NbS.

Ad oggi alcune città come Torino hanno compiuto un primo passo nella creazione di mappe che rappresentano lo stato dell'arte del territorio urbano da diverse prospettive, tra cui quella ambientale. Torino Atlas¹¹, che analizza e illustra le varie forme di natura urbana ad oggi esistenti, rappresenta solo il primo passo per lo sviluppo di successive azioni meta-progettuali. Tali azioni includono la creazione di mappe strategiche che individuino le potenziali spazialità idonee all'integrazione e alla localizzazione di elementi naturali, con un'analisi approfondita delle loro specifiche caratteristiche. È noto che, al fine di ottenere il massimo beneficio da queste soluzioni, la conoscenza del contesto (morfologia, clima, usi, cultura, ecc.) è imprescindibile. Il modello proposto segue il concetto di progettazione site-specific già promosso da McHarg (1969) il quale enfatizza l'importanza di considerare le specifiche caratteristiche di un'area prima di intraprendere un'azione progettuale, in particolare in ambiente naturale.

Infine l'ultima proposta individua nella comunicazione visiva e virtuale dei dati, lo strumento di educazione ambientale capace di illustrare, attraverso un linguaggio comprensibile e contemporaneo, le valutazioni dei benefici delle NbS applicate in uno spazio urbano, come avvenuto nel progetto sperimentale del Natural Capital, progettato da Carlo Ratti nel 2021 presso l'Orto Botanico di Milano. Lo sviluppo di questa tipologia di architettura attrattiva e onirica, ma connessa alle NbS e alla visualizzazione diretta degli impatti, può rappresentare un possibile scenario di ricerca da investigare per supportare l'adozione sem-

pre più condivisa – perchè compresa – delle NbS nello spazio urbano.

The rapid expansion of European cities in the last century, especially in the post-War period, has resulted in a dearth of green public spaces, with nature often being reduced to regulated functional provision. Cortesi (2020) identifies the cause of this issue as the loss of a cultural vision capable of reconciling economic growth, human well-being, and ecosystem health. The formal outcome of these processes has generally materialised in urban spaces with limited green areas, often of reduced quality, and extensive soil sealing, which increases the values of the Universal Thermal Climate Index – UTCI (Perini et alii, 2021). This has consequent negative impacts on biodiversity loss (EEA, 2019), reducing the quality of life and psychophysical well-being of citizens (Beatley, 2011) and increasing social inequalities and premature

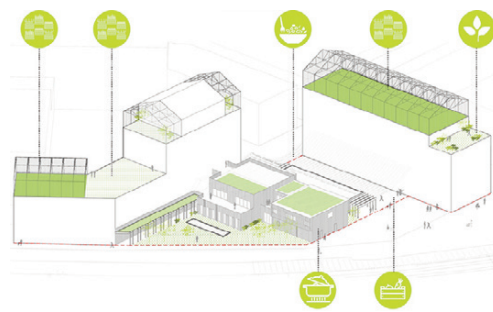
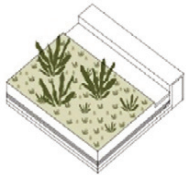

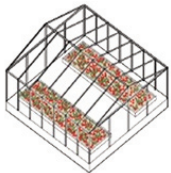
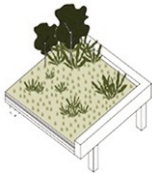
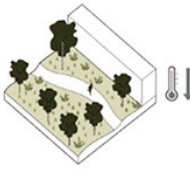
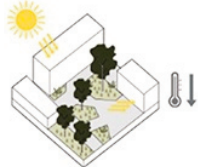


Fig. 3-5 | Les 5 Ponts – Village Solidaire in Nantes (2023), designed by Tetract Architects (credits: Tetrarc, G. Sevin and S. Vargiu, 2022).

N°	Strategy / Architectural element	Description	SDGs to which the NbS are directly connected	SDGs related to society	SDGs related to economy	Cost	Replicability
1		Intensive green roof for agricultural production and biodiversity	6, 13, 15	1, 2, 3, 7, 11	8, 9, 10, 12	moderate	moderate
2		Flat roof with agricultural productions in outdoor box	6, 13, 15	1, 2, 3, 7, 11	8, 9, 10, 12	low	high
3		Greenhouse for the production indoor farming	6, 13, 15	1, 2, 3, 7, 11	8, 9, 10, 12	moderate	low
4		Green roof	6, 13, 15	3, 11	10	high	high
5		Green corridors	3, 15	3, 11	10	moderate	high
6		Square 'cool material'	13, 15	3, 11	10	moderate	high

Tab. 1 | The NbS applied to Les 5 Ponts and their contribution to the achievement of various levels of SDGs (credit: the Authors, 2023).

mortality (Ellena et alii, 2020). It follows that the unsustainability of the form and substance of this modern urbanity exacerbates the global effects of climate change, such as heat islands or extreme flooding events. In particular, it is estimated that urban areas in the Mediterranean will be most affected by severe climate-related issues due to the significant rise in temperatures (Martínez-Solanas et alii, 2021). In addition to climatic factors, Coppola et alii (2022) identify the recent pandemic emergency as a stimulus for a more contemporary reflection on the concept of a healthy city based on the quality of urban living, citizen well-being, and the resulting need for adaptation.

To address this situation of chronic criticality and to increase the resilience and adaptation of urban fabrics, the European Union has activated ecological transition policies and projects through national development and financing plans (such as the National Recovery and Resilience Plan – PNRR, Italy), specific policies (such as the Biodi-

versity Strategy for 2030¹), and transversal initiatives, linked to the New European Bauhaus² and the Green Deal Going Local³. These action lines converge in the European Green Deal (European Commission, 2019), a potential driver of technological and design innovation which defines the mitigation and adaptation targets and strategies that may also assist in overcoming the increasing fragility of all biological and technical systems (Antonini, 2019).

In this transition process, the role of cities is decisive for the achievement of at least 7 out of 17 of the Sustainable Development Goals – SDGs (Vukmirovic, Gavrilovic and Stojanovic, 2019), about 60 per cent of the 169 targets of the 2030 Agenda (United Nations, 2015), and more than one-third of the European Green Deal targets in the energy, environmental and social spheres (OECD, 2020). The current status of the cited policies reveals the strategic importance of cities as ‘promoters’ (Ferreira, 2023) of ecological transi-

tion for testing and disseminating green enabling solutions and technologies that propose process innovation through a disruptive holistic vision. As emphasised by Antonini (2019, p. 7), to survive and adapt to the new emergency and hostile conditions imposed by various crises, we must «[...] to adopt dynamic responses to disruptive actions», reactively imitating biological systems through radically different approaches and technologies (Scalisi and Ness, 2022); these also constitute the outcomes of our increased awareness of the scarcity of resources (Dell’Acqua, 2020).

In light of these claims, the essay identifies Nature-based Solutions (NbS) as crucial design tools for addressing the main urban criticalities resulting from climate breakdown (Pörtner et alii, 2022). In particular, following the definition of NbS provided by the European Commission⁴ and the International Union for Conservation of Nature (IUCN) and based on contemporary scientific literature – which considers various benefits in terms

of sustainability in its different aspects (environmental, social and economic) (Scalisi and Ness, 2022) – this paper unconventionally interprets NbS as holistic, innovative and inter-scalar design tools for achieving many of the targets of the 2030 Agenda and the European Green Deal.

The essay consists of four sections. The first section introduces the theoretical framework, emphasising the importance of the role of nature (as a biosphere) in the Strong Sustainability Model and presenting the regulatory instruments to support these actions. The second section focuses on the integrative approach of nature in different project scales, considering the concept of ‘exaptation’ as a demonstration of the interscalar spillovers of NbS. The third section analyses three case studies of various sizes, exemplifying the different design components of NbS and demonstrating the direct correlation between the design elements and the achievement of SDGs concerning the Strong Sustainability Model. Finally, in the last section, the study illustrates the results, limitations and barriers of NbS application in urban architectural design and suggests possible solutions and future developments.

Nature as a fundamental goal and tool for sustainable development in the 2030 Agenda |

European strategies, such as the Urban Greening Plan and the EU Biodiversity Strategy for 2030⁵, chart the way for the reconversion of cities by proposing sustainable, circular and resilient development models to enhance natural capital, which is crucial to over 50% of the world’s GDP⁶. These plans consider nature as an indispensable element at the basis of ecological design, as highlighted in the Strong Sustainable Model - S3 (Fig. 1), a model based on the awareness that humanity depends on natural resources and on the long-term services provided by ecosystems to sustain life and to combat environmental crises (Dell’Acqua, 2020). The model aims to integrate the use of natural resources with the needs of human communities, ensuring that economic activities are carried out sustainably while preserving social welfare; consequently, the Sustainable Development Goals are organised and correlated with those referring to the biosphere.

Over the last decade, there has been a significant increase in NbS studies and applications (Fig. 2) driven by the growing dissemination and awareness of the benefits of creating climate change resilient spaces (Cohen-Shacham et alii, 2016). These solutions enhance the quality, biodiversity, efficiency, and salubrity of urban environments (Marando et alii, 2022) while improving the well-being of citizens (Negrello and Ingaramo, 2021). To date, a vast amount of literature has produced various manuals analysing different types of nature-based solutions and atlases illustrating application case studies. For instance, the European Union promotes the Urban Nature Atlas, while the major Italian cities are developing strategic plans and specific catalogues of nature-based design tools. For example, the Municipality of Turin’s 2020 Resilience Plan⁷ showcases planning tools and case studies from Turin, and the Life Metro Adapt launched in 2018⁸ in the Municipality of Milan aims to integrate climate change adaptation measures into plans, promote NbS, raise awareness, and

provide vulnerability analysis data, with co-financing from the European Community.

The transcscalar project | Ecological transition is achieved through projects of various scales that contribute indirectly to forming an interconnected network of ecosystem services. These actions span from systemic strategic plans and landscape and urban design to the minutiae of experimental, incremental, economic, and temporary elements (Zaffi, 2017; Coppola et alii, 2022), down to the finest details. Semi-artificial architectural solutions (Perini, Mosca and Giachetta, 2021), hybridised with nature, blend into the building fabric, resulting in camouflaging, biophilic approaches, and precise strategies. Although each NbS project is a specific solution, it should always be considered part of a more complex living system consisting of interconnected nodes that create biological networks (Langemeyer and Barò, 2021). This systemic perspective leads to the realisation that the ultimate goal defines the precise NbS solution and the design strategy on a larger scale. As such, the design of each space or architecture that adopts NbS becomes a potential node in an interconnected network resulting in Green Infrastructure, exponentially increasing the related benefits and achieving the SDGs connected to the primary one (biosphere).

This holistic view also relates to the concept of ‘exaptation’, a phenomenon introduced by the biologist Gould (Gould and Vrba, 1982) and later developed by Melis, Lara-Hernandez and Melis (2022), referring to the ability of an organism to utilise a previously evolved biological structure for a function other than the one originally intended. In this case, the site-specific design of an urban space that applies NbS contributes – possibly even unintentionally – to achieving other goals (Pearlmuttera et alii, 2020) when it interrelates with a larger scale.

Methodology, case studies and scales of the NbS project |

To demonstrate the relationship between NbS and the achievement of SDGs through architectural and urban projects, three exemplary cases were identified and analysed, employing an analytical-deductive methodology. The three cases can be distinguished by project scale: architectural (residential / multifunctional building), block (acupuncture, hot-spot) and urban (public areas, transepts, corridors). The cases were chosen using the following criteria: a) located in a European urban context; b) primary objectives related to the biosphere (SDG 6, 13, 14 and 15); c) of recent construction; d) represents the values of the New European Bauhaus; e) replicable (expressed in a site-specific way relative to the surrounding conditions), f) presents interventions of variable economic natures (from low cost to more structured and costly interventions).

The cases were analysed to identify the distinct architectural features of NbS integrations

and to assess the extent to which each chosen strategy or element contributes to achieving one or more objectives relating to the biosphere. In the subsequent analysis phase, the study explores how, by reintroducing the notion of exaptation, achieving a specific goal indirectly generates additional social and economic benefits, in line with the S3 model. The investigation focuses solely on formal and architectural aspects, omitting the economic and regulatory attributes of the interventions.

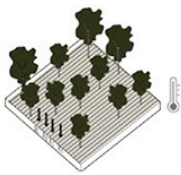
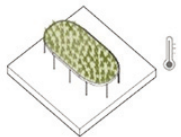
Les 5 Ponts – Village Solidaire in Nantes, by Tetract Architects (2023; Figg. 3-5), fits into a disused urban wedge, proposing an innovative multifunctional inclusive settlement. Promoted by the European Union through the Urban Innovative Actions initiative, the project involves creating a ‘solidarity village’ model based on the principles of the New European Bauhaus, providing architecture



Fig. 6 | Incognito Earth for Lausanne Jardins, 2019 (source: espazium.s3.eu-central-1.amazonaws.com, 2019).

Fig. 7 | Incognito Earth for Lausanne Jardins 2019 (source: cdn.unitycms.io, 2019).

Fig. 8 | Swiss Hill by Johannes Norlander for Lausanne Jardins 2014 (credit: M. Keller, 2014).

N°	Strategy / Architectural element	Description	SDGs to which the NbS are directly connected	SDGs related to society	SDGs related to economy	Cost	Replicability
1		Green spot with draining materials, trees, perennials and seasonal plants	13 , 15	3 , 11	10	moderate	high
2		Green cover	13 , 15	3 , 11	10	low	high

Tab. 2 | The NbS applied to Lausanne Jardins and their contribution to the achievement of various levels of SDGs (credit: the Authors, 2023).

and services focused on social inclusiveness (especially for those in conditions of severe marginality) and of great aesthetic value. The complex encompasses a combination of functions, including student housing, social housing, greenhouses and green roofs, a local agricultural market, a café and solidarity restaurant, spaces for associations and social enterprises, and outdoor areas resilient to climate change to enhance the liveability and social aspect of public spaces.

In particular, the NbS used, such as vegetable gardens, rooftop greenhouses, and surrounding vegetation, as well as the choices of high-albedo materials, are fundamental elements for increasing ecosystem services and biodiversity, activating local economies (also through new jobs) and improving the energy efficiency of buildings by reducing losses; moreover, they act as a thermoregulator, reducing the overheating of external and internal spaces (Tab. 1), an essential feature for achieving some of the SDGs.

Lausanne Jardins in Lausanne (2014/19) is an example within a dynamic urban context, aiming to raise public awareness about climate change and biodiversity decline. Its primary objective is to propose innovative solutions to enhance the city's adaptability to future scenarios. The event employs temporal architectural installations of medium duration to experiment with urban greening design solutions capable of initiating gradual and flexible strategic transformation processes. The selected projects implemented during the event represent temporary adaptive approaches, anticipating a more comprehensive transformation. An exemplary project, *Terreau Incognito* (Figg. 6, 7), was created in 2019. It revitalises urban spaces with limited greenery by implementing simple greening techniques that utilise natural materials, creating 'wild' hotspots with great ecosystem value. This intervention stands out due to its high potential for replication, cost-effectiveness, and ease of maintenance.

Another case is *Swiss Hill* (Fig. 8), a meeting and socialising area covered by a green canopy, rich in biodiversity, which acts as an ecosystem device to offer refreshment during heat waves (Tab. 2); this case study represents a fine example of site-specific replicability in dense urban contexts, providing visual and physical access to pub-

lic urban green spaces as well as being an element capable of storing CO₂ and collecting rainwater.

The *Passeig de Sant Joan* in Barcelona exemplifies the Nature-based Solutions (NbS) approach implemented within a Mediterranean urban setting. Designed by Lola Domènech, this corridor spans a length of 1.2 km (Fig. 9), establishing connections between the Gràcia district and Ciutadella Park. It introduces new communal spaces nestled amidst double rows of trees, providing a shield against the bustling road (Fig. 10). Completed in 2015 and funded by public resources, the project aims to foster sustainable urbanisation, resilience, and adaptation to extreme climatic events. Architectural choices, such as the removal of pavements, the use of permeable high-albedo surfaces, and the incorporation of biodiverse green areas (SDG 15; Fig. 11), mitigate and adapt the space to the impacts of climate change while enhancing the provision of ecosystem services that contribute to the psychophysical well-being of all inhabitants. Furthermore, the augmentation of tree cover serves as a key strategy for urban cooling (Augusto et alii, 2020), carbon sequestration, and enhancement of air quality (Kočczak et alii, 2021), thereby fostering a conducive habitat for urban biodiversity (Tab. 3) and creating environments that alleviate stress and facilitate social interaction.

Concluding reflections, limitations and future developments

The analysis of the case studies through the described methodology has highlighted how nature-based solutions in architectural and urban design, at various scales, are directly linked to the wide-ranging intersectoral SDGs (Tab. 4). The case studies and strategies outlined in this essay recall the concept of 'exaptation', interpreted by the authors according to the view that every single NbS device contributes directly to providing benefits for the biosphere and indirectly to achieving social and economic objectives. Losasso (2016) identifies in the components of green infrastructures, of which NbS are part, a direct link between environment, settlement, and production systems and the ability to support the social dimension; there is enormous potential for architectural choices and the central role of the architect to contribute to achieving the objectives

promoted by the European Green Deal and the 2030 Agenda in urban areas.

The case studies demonstrate that a single flexible, temporary (such as the *Gata Grønland* project by SLA in Oslo or the Lausanne case studies), and cost-effective project, implemented in a short time, can generate an incremental result on a larger scale, responding to specific needs that go beyond the current contingency. An example of this is the tactical project of *Superillas* in Barcelona, which subsequently evolved into substantial urban transformations in an ecological key.

This analysis reveals the value of small-scale interventions which prove to have high experimental and incremental potential (Zaffi, 2017). Such an approach can echo the pragmatism typical of the first public space reappropriation movements that took place in the 1970s (such as *Guerilla Gardening* in New York), but with renewed attention to the climate emergency and aspects of community creation, a fundamental element also for more structured projects, as in the case of the *300 Climate Resilient Project*⁹ of the Copenhagen Resilience Plan.

When examining architecture, the *5 Ponts* case study illustrates a collection of interventions that propose innovative hybrid architectural models (Negrello et alii, 2022). These interventions offer design solutions integrating productive and environmental functionalities, such as rooftop greenhouses, alongside more conventional elements like residential and commercial areas. Even with the successful implementation of these design solutions and their demonstrated technical feasibility, some constraints exist with regard to their applicability in different contexts. Each project intervention requires careful consideration of specific economic and socio-cultural factors (Biasin et alii, 2023) and site-specific environmental conditions to ensure its appropriate implementation.

According to the IPCC Report (Climate Change 2022 – Impacts, Adaptation, and Vulnerability)¹⁰, the progress made in this sector is considered to be insufficient, and the actions undertaken thus far have not had significant impacts (Scalisi and Ness, 2022). Integrating nature-based solutions faces challenges from the early stages of the design process to maintenance and evaluation.

The main issues that emerge from the scientific

literature can be summarised as follows: a) political or governance choices that fail to incentivise these approaches or rely on outdated governance tools which do not satisfy current needs (e.g. local urban planning regulations); b) limited financial resources; c) difficulties in intervening in existing structures; d) lack of know-how, particularly in the evaluation phase; e) limited citizen activation and co-participation; f) the greenwashing phenomenon; g) maintenance. The latter is one of the significant challenges; for instance, an adequate maintenance plan is often not included in the increasingly popular practice of planting trees in cities, known as urban afforestation or greening. This compromises the health of the trees and the safety of urban usability without producing effective environmental results (Nowak et alii, 2014). Despite its noble intentions, the practice of afforestation risks becoming an act of greenwashing.

Another critical aspect of the design process is the technical compatibility (or incompatibility) of nature-based solutions with existing buildings and infrastructures. The main challenges concern the load-bearing capacity of floors and the durability of facades, difficulties in integrating irrigation systems, and regulatory constraints. In the case of historic buildings, the application of new nature-based solutions may be limited by historical and landscape restrictions (Santi and Battini, 2019). Additionally, inaccurate data influenced by incomplete or low-quality databases, along with the absence of a policy for free and open access to data (European Commission, 2020, 2021), can negatively impact the monitoring and evaluation of interventions and their outcomes, making it difficult to implement many nature-based design strategies.

However, the research also suggests some solutions for overcoming the main criticalities identified, such as those of financial nature. The proposal includes the involvement of private stakeholders which, supported by public administrations that encourage public-private cooperation (SDG no. 17; López Portillo, Gómez and Rodríguez, 2022), promote virtuous and lasting actions with long-term sponsorships. One example of a public-private partnership is the collaboration between municipalities and banking foundations, such as the Compagnia di San Paolo and the CRT Foundation in Turin. In fact, Compagnia promotes the objectives of the Agenda through tenders for regeneration projects based on co-planning and co-management models of NbS, having substantial effects on society and the environment, as in the BTOLIUM project (coordinated by the Polytechnic of Turin; Figg. 12, 13) for the regeneration of Bioglio through NbS and urban agriculture. Furthermore, when the collaboration is extended to citizens and non-profit organisations through collaboration agreements, this increases the involvement of the community (Ingaramo and Negrello, 2023), which can then take steps to maintain the NbS, as occurred in Turin with the Precollinear Park and Corso Farini project by Stratosferica, a Third Sector Association.

There is currently no systemic vision of a network of NbS, interconnected at different scales, capable of stimulating reflections on a more profound reinterpretation and mapping of urban spaces with ecosystem potential (from impermeable interstitial areas to road curbs, from green roofs to abandoned green spaces and former in-

dustrial sites, etc.). Creating an integrated system of these elements would make it possible to develop cognitive and strategic urban maps to identify the areas and architectural elements that can be transformed and activated by implementing replicable and site-specific solutions based on nature. In this way, potential investors, lenders or the Municipality itself would have a direct and systematic knowledge of the areas awaiting ecological transition by applying NbS.

Some cities, such as Turin, have embarked on the initial stage of developing maps depicting the current state of the urban landscape from various perspectives, including the environmental aspect. The Torino Atlas¹¹ serves as an example, analysing and visualising the contemporary manifestations of urban nature. However, this is merely the first step towards subsequent meta-design initiatives. These endeavours encompass the creation of strategic maps that identify potential spaces suitable for integrating and establishing natural elements, accompanied by a thorough analysis of their distinctive attributes. It is widely recognised that in order to obtain optimal bene-

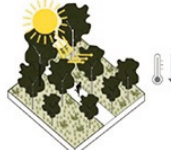
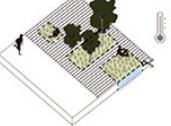

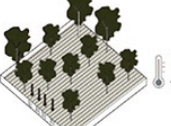
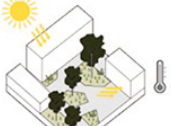
fits from these solutions, a comprehensive understanding of the context, encompassing factors such as morphology, climate, customs, culture, and other aspects, is required. The proposed model aligns with the notion of site-specific design, as McHarg (1969) advocated, emphasising the significance of considering the specific characteristics of an area before embarking on a design intervention, particularly within a natural environment.

Finally, the last proposal identifies in the visual and virtual communication of data, the environmental education tool capable of illustrating, through understandable and contemporary language, the evaluations of the benefits of NbS applied in an urban space, as occurred in the Natural Capital experimental project, designed by Carlo Ratti in 2021 at the Botanical Garden of Milan. The development of this attractive and dreamlike architecture, connected to the NbS and the direct visualisation of the impacts, represents a possible research scenario to be investigated to support the increasingly widespread adoption of NbS in urban spaces.



Fig. 9, 10 | Green corridor in Passeig de Sant Joan in Barcelona (credits: breinco, 2018; L. Domènech, 2012).

Fig. 11 | The implementation of draining surfaces in Sant Joan passage green corridor in Barcelona (credit: A. Goula, 2012).

N°	Strategy / Architectural element	Description	SDGs to which the NbS are directly connected	SDGs related to society	SDGs related to economy	Cost	Replicability
1		Double rows of trees	6, 13, 15	3, 11	10	low	high
2		Deflooring / Green areas	6, 13, 15	3, 11	10	moderate	high
3		Gardens of the biodiversity	6, 13, 15	3, 11	10	low	high
4		Permeable pavements	6, 13, 15	3, 11	10	moderate	high
5		High albedo pavements	3, 15	3, 11	10	moderate	high

Tab. 3 | The NbS applied to Sant Joan passage green corridor and their contribution to the achievement of various levels of SDGs (credit: the Authors, 2023).

Next page

Tab. 4 | The contribution of NbS in various architectural and urban design scales to achieving the SDGs (credit: the Authors, 2023).

Acknowledgements

The contribution is the result of the joint work of the Authors. The introductory paragraph is to be attributed to M. Negrello and R. Ingaramo, ‘Nature as a fundamental goal and tool for the sustainable development of the 2030 Agenda’ to M. Negrello, ‘The transcalar project’ and ‘Methodology, case studies and scales of the NbS project’ to R. Ingaramo and M. Negrello with the collaboration of L. Khachatourian Saradehi and A. Khachatourian Saradehi, and ‘Concluding reflections, limitations and future developments’ to M. Negrello and R. Ingaramo. The graphic representations are attributed to L. Khachatourian Saradehi and A. Khachatourian Saradehi in collaboration with M. Negrello. R. Ingaramo performed scientific supervision.

Notes

1) For more information, see the webpage: environment.ec.europa.eu/strategy/biodiversity-strategy-2030_en [Accessed 18 March 2023].

2) For more information, see the webpage: new-european-bauhaus.europa.eu/index_en [Accessed 15 May 2023].

3) For more information, see the webpage: cor.europa.eu/en/engage/Pages/green-deal.aspx?utm_source=SharedLink&utm_medium=ShortURL&utm_campaign=Green%20Deal%20Going%20Local [Accessed 15 May 2023].

4) For more information, see the webpage: research-and-innovation.ec.europa.eu/research-area/environment/nature-based-solutions_it [Accessed 15 May 2023].

5) For more information, see the webpage: environment.ec.europa.eu/strategy/biodiversity-strategy-2030_en [Accessed 15 May 2023].

6) For more information on the Task Force on Nature-related Financial Disclosures (TNFD) Report, see the webpage: tfnf.info [Accessed 15 May 2023].

7) For more information, see the webpage: comune.torino.it/ambiente/cambiamenti_climatici/piano-di-resilienza-della-citta-di-torino.shtml [Accessed 15 May 2023].

8) For more information, see the webpage: lifemetroadapt.eu/it [Accessed 15 May 2023].

9) For more information, see pp. 30-31 at: issuu.com/sla_architects/docs/bynatur_booklet_uk_small/116 [Accessed 15 May 2023].

10) For more information, see the webpage: ipcc.ch/report/ar6/wg2/ [Accessed 15 May 2023].

11) For more information, see the webpage: centrocinquante.it/altre-pubblicazioni/9389-torino-atlas-mappe-del-territorio-metropolitano.html [Accessed 15 May 2023].

References

Antonini, E. (2019), “Incertezza, fragilità, resilienza | Uncertainty, fragility, resilience”, in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 6, pp. 6-13. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/612019 [Accessed 18 May 2023].

Augusto, B., Roebeling, P., Rafael, S., Ferreira, J., Ascenso, A. and Bodilis, C. (2020), “Short and medium- to long-term impacts of nature-based solutions on urban heat”, in *Sustainable Cities and Society*, vol. 57, article 102122, pp. 1-10. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.scs.2020.102122 [Accessed 18 May 2023].

Beatley, T. (2011), *Biophilic Cities – Integrating Nature into Urban Design and Planning*, Island Press, Washington. [Online] Available at: doi.org/10.5822/978-1-59726-986-5 [Accessed 18 May 2023].

Biasin, A., Masiero, M., Amato, G. and Pettenella, D. (2023), “Nature-Based Solutions Modeling and Cost-Ben-

Sustainable Development Goals	Objectives	NbS benefits
 1. No Poverty	Saving on energy costs	Energy consumption costs reduction by insulating the buildings and mitigation of environmental impact by NbS
 2. Zero Hunger	Local food production (0KM)	Promoting food production in urban environment
 3. Good Health and Well-Being	Physical and psychological health Healthy environment	Positive psychological impression from nature based design Mitigation of environmental impact affecting the air quality and thermal comfort by creating green barriers, carbon sequestration and absorption of particulate matter. Creating green space for physical activities
 4. Quality Education	Providing related knowledge T48	Increasing public awareness
 5. Gender Equality	Equal consideration of genders in design	Incorporation of genders in design
 6. Clean Water and Sanitation	Flood control Efficient water use and recycling	Nature-based water management strategies including rain water harvesting, management of runoff water and urban flooding, grey water recycling, combination of grey
 7. Affordable and Clean Energy	Decreasing fossil fuel input per produced unit	Deducing energy consumption due to the insulating efficiency of NbS Passive building design / heat stress reduction Incorporating nature as a source of clean energy
 8. Decent Work and Economic Growth	Increasing labor input and jobs economic growth	Creating new work positions Enhancing labor productivity Production (food, plants, energy) Land and property value
 9. Industry, Innovation and Infrastructure	Building standards with nature-based approach Proper multidisciplinary evaluation technologies	Visual design improvement by incorporating NbS Innovative technologies Promoting economic incentives Promoting innovative grey-green hybrid infrastructure
 10. Reduced Inequalities	Accessible nature in urban areas	Equal public access to nature and urban blue-green spaces Social interaction Sharing the urban space with nature
 11. Sustainable Cities and Communities	Resilience Safety Accessibility Affordability Effectiveness	Enhancing life quality and livability in urban areas Providing conducive conditions for increasing urban density Nature as a source of energy, food Safety in urban environment Social interaction, recreation
 12. Responsible Consumption and Production	Urban biodiversity Buildings and infrastructure life cycle	Contribution to urban biodiversity Compatible adaptation of existing buildings and infrastructure Advantage of using local species and natural peculiarities
 13. Climate Action	Mitigation and adaptation to climate change	Energy saving Enhancing resilience in urban area
 14. Life Below Water	Water life management (protection and restoration of the ecosystem)	Water management (controlled flows and pollutions) Enhancing biodiversity
 15. Life on Land	Enhancing biodiversity (protection and restoration of the ecosystem)	Providing natural habitat in urban area Mitigation of water and soil pollution Flood risk reduction Drought regulation
 16. Peace, Justice and Strong Institutions	Resilience Safety Accessibility Affordability Effectiveness	Enhanced safety and livability Accessible green in urban area
 17. Partnerships for the Goals	Inclusiveness Goal-oriented strategies	Involving professionals and stakeholders to reach the NbS potentials

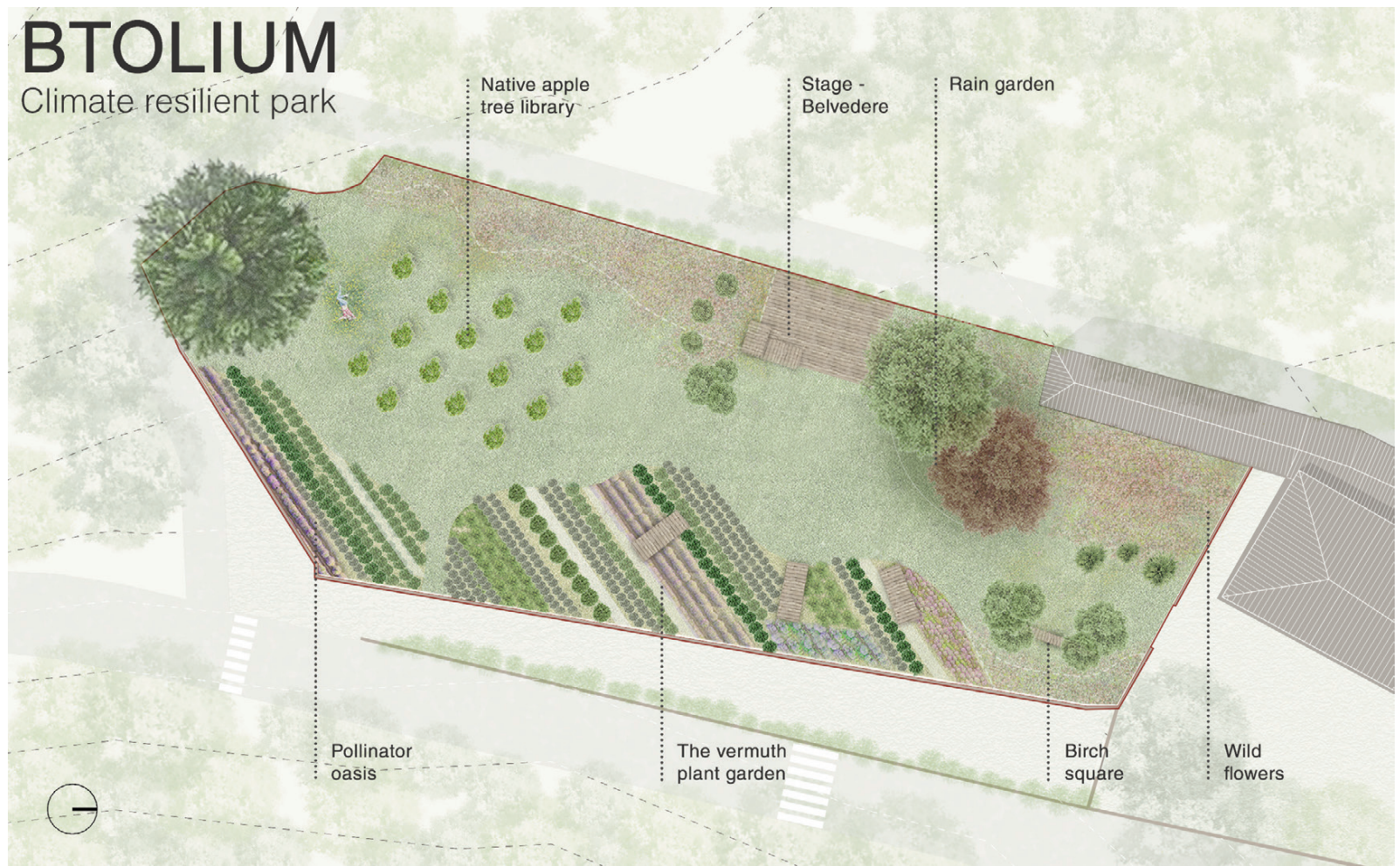


Fig. 12, 13 | Climate-resilient Park BTOLIUM in Bioglio: Masterplan; View on the 'pollinator oasis' (credits: M. Negrello and S. Marzio; M. Negrello 2022).

efit Analysis to Face Climate Change Risks in an Urban Area – The Case of Turin (Italy)”, in *Land*, vol. 12, issue 2, article 280, pp. 1-32. [Online] Available at: doi.org/10.3390/land12020280 [Accessed 18 May 2023].

Cohen-Shacham, E., Walters, G., Janzen, C. and Maginnis, S. (eds) (2016), *Nature-Based Solutions to Address Global Societal Challenges*, IUCN, Gland, Switzerland. [Online] Available at: doi.org/10.2305/IUCN.CH.2016.13.EN [Accessed 18 May 2023].

Coppola, E., Zaffi, L. and D’Ostuni, M. (2022), “Dalle Superillas al tactical greenery – Sperimentazioni e strategie transcalari di rigenerazione vegetale dello spazio urbano | From Superillas to tactical greenery – Experiments and transcalar strategies of vegetal regeneration of urban space”, in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 11, pp. 62-73. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/1152022 [Accessed 18 May 2023].

Cortesi, I. (2020), “La cura dei luoghi tra città e natura – Il progetto di paesaggio per la salute e il benessere degli ecosistemi e degli abitanti”, in Maiano, P. (ed.), *Healthscape – Nodi di salubrità, attrattori urbani, architetture per la cura*, Quodlibet, Macerata, pp. 97-109. [Online] Available at: doi.org/10.1400/279932 [Accessed 18 May 2023].

Dell’Acqua, F. (2020), “Città ed emergenze ambientali – Le Infrastrutture Verdi per il progetto urbano | Cities and environmental emergencies – Green Infrastructures for the urban project”, in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 8, pp. 74-81. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/872020 [Accessed 18 May 2023].

EEA – European Environment Agency (2019), *The European Environment – State and outlook 2020 – Knowledge for transition to a sustainable Europe*, Publications Office of the European Union, Luxembourg. [Online] Available at: eea.europa.eu/publications/soer-2020 [Accessed 18 May 2023].

European Commission – Directorate-General for Research and Innovation (2021), *Evaluating the impact of nature-based solutions – A handbook for practitioners*. [Online] Available at: doi.org/10.2777/244577 [Accessed 18 May 2023].

European Commission (2020), *Addressing Finance And Capacity Barriers For Nature-based Solutions Implementation At City Level*. [Online] Available at: futurium.ec.europa.eu/en/urban-agenda/sustainable-land-use/library/addressing-finance-and-capacity-barriers-nature-based-solutions [Accessed 18 May 2023].

European Commission (2019), *Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions – The European Green Deal*, document 52019DC0640, 640 final. [Online] Available at: eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=COM%3A2019%3A640%3AFIN [Accessed 18 May 2023].

Ellena, M., Ballester, J., Mercogliano, P., Ferracin, E., Barbato, G., Costa, G. and Ingole, V. (2020), “Social inequalities in heat-attributable mortality in the city of Turin, northwest of Italy – A time series analysis from 1982 to 2018”, in *Environmental Health*, vol. 19, article 116, pp. 1-14. [Online] Available at: doi.org/10.1186/s12940-020-00667-x [Accessed 18 May 2023].

Ferreira, E. (2023), *Opening Speech by Commissioner Elisa Ferreira at the Cities Forum – Torino, 16 March 2023*. [Online] Available at: ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/SPEECH_23_1707 [Accessed 18 May 2023].

Gould, S. J. and Vrba, E. S. (1982), “Exaptation – A missing term in the science of form”, in *Paleobiology*, vol. 8, issue 1, pp. 4-15. [Online] Available at: jstor.org/stable/2400563?origin=JSTOR-pdf [Accessed 18 May 2023].

Ingaramo, R. and Negrello, M. (2023), “Surviving the City – Nature as an Architecture Design Strategy for a More Resilient Urban Ecosystem”, in Giudice, B., Novarina, G. and Voghera, A. (eds), *Green Infrastructure*, Springer, Cham, pp. 139-150. [Online] Available at: doi.org/10.1007/978-3-031-28772-5_12 [Accessed 18 May 2023].

Kończak, B., Cempa, M., Pierzchała, L. and Deska, M. (2021), “Assessment of the ability of roadside vegetation to

remove particulate matter from the urban air”, in *Environmental Pollution*, vol. 268, part B, article 115465, pp. 1-12. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.envpol.2020.115465 [Accessed 18 May 2023].

Langemeyer, J. and Baró, F. (2021), “Nature-based solutions as nodes of green-blue infrastructure networks – A cross-scale, co-creation approach”, in *Nature-Based Solutions*, vol. 1, article 100006, pp. 1-11. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.nbsj.2021.100006 [Accessed 18 May 2023].

Losasso, M. (2016), “Infrastrutture per la città, il territorio, l’ambiente | Infrastructures for the city, the territory, the environment”, in *Techne | Journal of Technology for Architecture and Environment*, vol. 15, pp. 4-5. [Online] Available at: doi.org/10.13128/Techne-18393 [Accessed 18 May 2023].

López Portillo, V., Gómez, S. and Rodríguez, S. E. (2022), “5 Barriers That Hinder Green Financing”, in *World Resources Institute*, 02/11/2022. [Online] Available at: wri.org/update/5-barriers-hinder-green-financing [Accessed 18 May 2023].

McHarg, I. L. (1969), *Design with nature*, American Museum of Natural History, New York.

Martínez-Solanas, E., Quijal-Zamorano, M., Achebak, H., Petrova, D., Robine, J.-M., Herrmann, F. R., Rodó, X. and Ballester, J. (2021), “Projections of temperature-attributable mortality in Europe – A time series analysis of 147 contiguous regions in 16 countries”, in *The Lancet planetary health*, vol. 5, issue 7, pp. 446-454. [Online] Available at: doi.org/10.1016/S2542-5196(21)00150-9 [Accessed 18 May 2023].

Marando, F., Heris, M. P., Zulian, G., Udías, A., Mentaschi, L., Chrysoulakis, N. and Maes, J. (2022), “Urban heat island mitigation by green infrastructure in European Functional Urban Areas”, in *Sustainable Cities and Society*, vol. 77, article 103564, pp. 1-15. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.scs.2021.103564 [Accessed 18 May 2023].

Melis, A., Lara-Hernandez, J. A. and Melis, B. (2022), “Learning from the biology of evolution – Exaptation as a design strategy for future cities”, in *Smart and Sustainable Built Environment*, vol. 11, issue 2, pp. 205-216. [Online] Available at: doi.org/10.1108/SASBE-08-2021-0141 [Accessed 18 March 2023].

Negrello, M. and Ingaramo, R. (2021), “Lo spazio del burn-out – Destruire per costruire forme alternative per l’abitare | The burn-out space – Deconstructing to build alternative living forms”, in *Ardeth*, vol. 8, pp. 131-147. [Online] Available at: doi.org/10.17454/ARDETH08.11 [Accessed 18 May 2023].

Negrello, M., Roccaro, D., Santus, K. and Spagnolo, I. (2022), “Progettare l’adattamento – Resilienze di agricoltura urbana nel contesto europeo | Designing the Adaptation – The Resilience of urban agriculture in the European context”, in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 11, pp. 74-83. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/1162022 [Accessed 18 May 2023].

Nowak, D. J., Hirabayashi, S., Bodine, A. and Greenfield, E. J. (2014), “Tree and forest effects on air quality and human health in the United States”, in *Environmental Pollution*, vol. 193, pp. 119-129. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.envpol.2014.05.028 [Accessed 18 May 2023].

OECD (2020), *A Territorial Approach to the Sustainable Development Goals – Synthesis Report*, OECD Urban Policy Reviews, OECD Publishing, Paris. [Online] Available at: oecd.org/cfe/a-territorial-approach-to-the-sustainable-development-goals-e86fa715-en.htm [Accessed 18 May 2023].

Pearlmuttera, D., Theocharib, D., Nehlsc, T., Pinho, P., Piro, P., Korolova, A., Papaefthimiou, S., Garcia Mateo, M. C., Calheiros, C., Zluwa, I., Pitha, U., Schosseler, P., Florentin, Y., Ouannou, S., Gal, E., Aicher, A., Arnold, K., Igondová, E. and Pucher, B. (2020), “Enhancing the circular economy with nature-based solutions in the built urban environment – Green building materials, systems and sites”, in *Blue-Green Systems*, vol. 2, issue 1, pp. 46-72. [Online] Available at: doi.org/10.2166/bgs.2019.928 [Accessed 18 May 2023].

Perini, K., Mosca, F. and Giachetta, A. (2021), “Rigenerazione urbana – Benefici delle nature-based solutions | Urban Regeneration – Benefits of nature-based solutions”, in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 9, pp. 166-173. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/9162021 [Accessed 18 May 2023].

Pörtner, H. O., Roberts, D. C., Poloczanska, E., Mintenbeck, K., Alegria, A., Craig, M., Langsdorf, S., Lösckhe, S., Möller, V., Okem, A. and Rama, B. (2022), *Climate change 2022 – Impacts, adaptation and vulnerability*, IPCC Sixth Assessment Report. [Online] Available at: ipcc.ch/report/ar6/wg2 [Accessed 18 May 2023].

Santi, G. and Battini, S. (2019), “Green roofs to improve the energy renovation resilience of historic buildings”, in Ozevin, D., Ataei, H., Modares, M., Gurgun, A., Yazdani, S. and Singh, A. (eds), *Interdependence between Structural Engineering and Construction Management*, vol. 6, issue 1, ISEC Press, pp. 1-6. [Online] Available at: doi.org/10.14455/ISEC.res.2019.84 [Accessed 18 May 2023].

Scalisi, F. and Ness, D. (2022), “Simbiosi tra vegetazione e costruito – Un approccio olistico, sistemico e multilivello | Symbiosis of greenery with built form – A holistic, systems, multi-level approach”, in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 11, pp. 26-39. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/112022 [Accessed 18 May 2023].

United Nations (2015), *Transforming our world – The 2030 Agenda for Sustainable Development*. [Online] Available at: sdgs.un.org/2030agenda [Accessed 18 May 2023].

Vukmirovic, M., Gavrilovic, S. and Stojanovic, D. (2019), “The Improvement of the Comfort of Public Spaces as a Local Initiative in Coping with Climate Change”, in *Sustainability*, vol. 11, issue 23, article 6546, pp. 1-20. [Online] Available at: doi.org/10.3390/su11236546 [Accessed 18 May 2023].

Zaffi, L. (2017), “Azioni e progetti per micro interventi sullo spazio pubblico della città”, in Lauria, A. (ed.), *Piccoli spazi urbani – Valorizzazione degli spazi residuali in contesti storici e qualità sociale*, Liguori, Napoli, pp. 141-177.