

CONTENT

CESARE SPOSITO, FRANCESCA SCALISI (EDITORIAL)	<i>Riflessioni e traiettorie di ricerca interdisciplinari sulla transizione ecologica</i> Reflections and trajectories for interdisciplinary research on the ecological transition	3
ALESSANDRO VALENTI ANDREA TRIMARCHI, SIMONE FARRRESIN	<i>Design e pensiero ecologico. Le nuove narrative del progetto contemporaneo che mettono la Terra in primo piano</i> Design and ecological thinking. The new narratives of contemporary design placing Earth on centre stage	19
JAVIER GONZÁLEZ-CAMPAÑA, NOEMIE LAFABRIE-DEBANY MARTA RABAZO MARTIN	<i>Realizzare paesaggi innovativi. Balmori Associates ridefinisce il rapporto uomo-natura per le città del futuro</i> Making innovative landscapes. Balmori Associates redefining the human-nature relationship for the cities of the future	31
ANDREA SCIASCIA	<i>Riscaldamento globale e città. L'incremento della vegetazione e la progettazione urbana tra non finito e paesaggio urbano</i> Global warming and cities. Increasing vegetation and urban planning between the unfinished and the urban landscape	43
CHIARA CATALANO, THOMAS E. HAUCK SUSANN AHN, SALVATORE PASTA	<i>Paesaggi senza architetti del paesaggio. La bellezza ecologica dei paesaggi urbani informali</i> Landscapes without landscape architects. On the ecological beauty of informal urban landscapes	57
ANDRÉS CANOVAS, JAVIER DE ANDRÉS	<i>Soluzioni locali per sfide globali. L'edilizia residenziale come catalizzatore della transizione ecologica</i> Solving global challenges locally. Collective housing as a catalyst for ecological transition	67
MONICA MOSCATELLI, ALESSANDRO RAFFA	<i>Infrastrutture verdi in contesti aridi urbani. Ecologie in transizione oltre il Green Riyadh</i> Green infrastructure in arid urban contexts. Transitioning ecologies beyond Green Riyadh	75
ZEILA TESORIERE	<i>Architettura, custode della natura. Il progetto di suolo nella trasformazione delle autostrade urbane, 1962-2018</i> Architecture, the guardian of nature. The project of the ground within the transformation of urban highways, 1962-2018	87
ROBERTA INGARAMO, MAICOL NEGRELLO L. KHACHATOURIAN SARADEHI, A. KHACHATOURIAN SARADHI	<i>Il progetto transcalare delle nature-based solutions per l'Agenda 2030. Innovazioni e interconnessioni</i> Transcalar project of nature-based solutions for the 2030 Agenda. Innovations and interconnections	97
ANTONELLA FALZETTI, GIULIO MINUTO	<i>L'anima sostenibile del passato. Imparare dal presente per rigenerare spazi urbani inattuali</i> The sustainable soul of the past. Learning from the present to regenerate outdated urban spaces	109
RENZO LECARDANE	<i>Natura Capitale. Transizione ecologica e fenomeni di trasformazione dello spazio aperto</i> Nature Capital. An ecological transition and open space transformation phenomena	119
ADRIANO DESSI	<i>Camminare nel selvatico. Per una transizione verso un paesaggio coevolutivo</i> Walking into the wild. A transition to a co-evolutionary landscape	131
SARA BASSO, THOMAS BISIANI PIERLUIGI MARTORANA, ADRIANO VENUDO	<i>Vertical farm. Dalle forme dell'agricoltura nuove architetture e città</i> Vertical farm. New architectures and cities from the forms of agriculture	141
HISHAM EL-HITAMI, MONA MAHALL ASLI SERBEST	<i>Ecologia dello spazio. Progetto architettonico e relazioni transfrontaliere</i> An ecology of space. Architectural design for transboundary relationships	153
MARIE DAVIDOVÁ, SHANY BARATH SUSANNAH DICKINSON	<i>Ambienti culturali con prospettive non solo umane. Prototipazione attraverso ricerca e formazione</i> Cultural environments with more-than-human perspectives. Prototyping through research and training	165
ROBERTO BOLOGNA, GIULIO HASANAJ	<i>Modelli evoluti per la costruzione di un catalogo NbS per la resilienza e la biodiversità</i> Advanced models for the construction of an NbS catalogue for resilience and biodiversity	179
TIZIANA FERRANTE, FEDERICA ROMAGNOLI TERESA VILLANI	<i>Sviluppo urbano sostenibile. Organizzazione di contenuti informativi per la transizione verso i Distretti a Energia Positiva</i> Sustainable urban development. Organizing information content for the transition to Positive Energy Districts	191
GIAMPIERO LOMBARDINI, ANGELA PILOGALLO GIORGIA TUCCI	<i>Innovazione rurale, servizi eco-sistemici e processi di urbanizzazione in Liguria, tra costa ed entroterra</i> Rural innovation, ecosystem services and urbanisation processes in Liguria, between coastal and inner areas	205
SPARTACO PARIS, ELISA PENNACCHIA CARLO VANNINI	<i>Architettura delle pavimentazioni. Metodi multiscalari e digitali per una transizione ecologica</i> Architecture of urban pavements. Multi-scale and digital methods for an ecological transition	217
ADOLFO F. L. BARATTA, JACOPO ANDREOTTI LUCA TRULLI, LAURA CALCAGNINI	<i>L'innovazione di prodotto per la transizione ecologica. Il riciclo del laterizio e del vetro</i> Product innovation for the ecological transition. Brick and glass recycling	227
RAFFAELLA AVERSA, ROSSELLA FRANCHINO CATERINA FRETTOLOSO, NICOLA PISACANE, LAURA RICCIOTTI	<i>Geopolimeri per l'Eco-Architettura. Approcci integrati per l'attivazione di strategie green</i> Geopolymers for Eco-Architecture. Integrated approaches for green strategies activation	237
MARINA RIGILLO, GIULIANO GALLUCCIO FEDERICA PARAGLIOLA	<i>Digitale e circolarità in edilizia. Le KETs per la gestione degli scarti in UE</i> Digital and circularity in building. KETs for waste management in the European Union	247
VENANZIO ARQUILLA, ALICE PARACOLLI	<i>Design sull'esperienza dell'utente e sostenibilità degli oggetti con intelligenza artificiale</i> User experience design and sustainability of AI-infused objects	259
SILVIA BARBERO, ELIANA FERRULLI	<i>Transizione ecologica e digitale. Il Design Sistemico nei processi di innovazione aperta delle PMI</i> Ecological and digital transition. Systemic Design in SMEs open innovation processes	269
MASSIMO BRIGNONI, GIORGIO DALL'OSSE SILVIA GASPAROTTO, RICCARDO VARINI	<i>Mappatura dei processi design-driven per la rigenerazione delle piccole città fortificate in aree interne</i> Mapping design-driven processes for the regeneration of small fortified towns in inland areas	281
C. SANTOS MALAGUTI DE SOUSA, T. QUEIROZ FERREIRA BARATA CAIO DUTRA PROFÍRIO DE SOUZ, FELIPE GUSTAVO DE MELO	<i>Gestione delle foreste urbane. Percorsi tecnologici design-driven per la valorizzazione dei rifiuti da potatura</i> Urban forests management. Design-driven technological routes for wood waste valuing	291

13

International Journal of Architecture Art and Design

13 | 2023

AGATHÓN | INNOVABILITY | TRANSIZIONE ECOLOGICA | INNOVABILITY | ECOLOGICAL TRANSITION

INNOVABILITY
TRANSIZIONE ECOLOGICA

INNOVABILITY
ECOLOGICAL TRANSITION

AGATHÓN

ARTICLE INFO

Received 20 March 2023
Revised 27 April 2023
Accepted 02 May 2023
Published 30 June 2023

MODELLI EVOLUTI PER LA COSTRUZIONE DI UN CATALOGO NBS PER LA RESILIENZA E LA BIODIVERSITÀ

ADVANCED MODELS FOR THE CONSTRUCTION OF AN NBS CATALOGUE FOR RESILIENCE AND BIODIVERSITY

Roberto Bologna, Giulio Hasanaj

ABSTRACT

L'articolo illustra i risultati di un'indagine ricognitiva, operata dagli autori nell'ambito delle attività di ricerca del Centro Nazionale Biodiversità costituito in base agli obiettivi del PNRR, sulle principali piattaforme di catalogazione di Nature-based Solutions (NbS) per la biodiversità urbana finalizzata al ripristino delle risorse naturali, alla creazione di ecosistemi resilienti e alla promozione di benefici ecosistemici nelle città. L'analisi e comparazione dei modelli di cataloghi di casi di studio incentrati sulle NbS ha portato alla messa a punto di una struttura organizzativa di metadati per la loro catalogazione da adottare nel contesto mediterraneo per i processi di forestazione urbana, rigenerazione basate sulla natura e miglioramento della connettività ecologica tra le aree urbane, periurbane e rurali.

The article illustrates the results of a survey undertaken by the authors within the research activities of the National Biodiversity Center established according to the PNRR objectives, regarding the main cataloguing platforms of Nature-based Solutions (NbS) for urban biodiversity aimed at restoring natural resources, creating resilient ecosystems, and promoting ecosystem benefits in cities. The analysis and comparison of case study catalogue models focused on NbS has led to the development of an organisational structure of metadata for their cataloguing, to be adopted in the Mediterranean context for the processes of urban forestation, nature-based regeneration, and improvement of ecological connectivity between urban, peri-urban, and rural areas.

KEYWORDS

biodiversità urbana, soluzioni basate sulla natura, modelli di catalogazione, metadati, piattaforme digitali online

urban biodiversity, nature-based solutions, cataloguing models, metadata, online digital platforms

Roberto Bologna, Architect and PhD, is a Full Professor of Architecture Technology, Deputy Director of the Department of Architecture of the University of Florence (Italy) and Director of the Interuniversity Research Center TESIS 'Systems and Technologies for Social, Health and Education Structures' (University of Florence, 'Sapienza' University of Rome, Politecnico di Torino), Scientific Manager for the Department of Architecture for the Spoke5 in the National Biodiversity Center, where he focuses on environmental and technological design for mitigation and adaptation to the effects of climate change in the urban environment. Mob. +39 335/62.34.621 | E-mail: roberto.bologna@unifi.it

Giulio Hasanaj, Architect and PhD, is a Researcher at the Department of Architecture of the University of Florence (Italy) related to the National Biodiversity Center. His research focuses on environmental design related to increasing the resilience and biodiversity of urban systems vulnerable to climate change and on collective housing systems and models related to housing interventions and residences for university students. Mob. +39 320/76.15.572 | E-mail: giulio.hasanaj@unifi.it



Nel suo ultimo saggio sul cambiamento climatico Ghosh (2022) individua nella visione utilitaristica delle terre conquistate dai colonizzatori occidentali nel XVII secolo la causa scatenante della rottura degli equilibri tra gli esseri umani e la natura, vista solo come risorsa da sfruttare e non come entità di un ecosistema di cui fanno parte tutti gli esseri viventi. Non a caso Lewis e Maslin (2019), sulla base di precisi riscontri geofisici, proprio agli inizi del 1600 collocano la data di avvio dell'epoca geologica dell'Antropocene, simbolo del controllo superlativo e dominio sull'ambiente da parte degli esseri umani. In maniera analoga, Capra e Luisi (2020) rilevano che gli attuali squilibri sociali ed economici stanno avendo esiti drammatici poiché generati da uno scompenso ecologico planetario, le cui conseguenze hanno portato, tra gli altri aspetti, all'esplosione della pandemia del Covid-19.

Cambiamento climatico, perdita di biodiversità, collasso degli ecosistemi e diffusione di pandemie devastanti rappresentano le principali minacce che l'umanità dovrà affrontare nel prossimo decennio (WEF, 2020) e costituiscono le sfide globali su cui si basa la Strategia Europea sulla Biodiversità per il 2030 (European Commission, 2020). Quest'ultima infatti ribadisce l'urgenza di ricostruire il rapporto perso con la natura asserendo la necessità di riportarla all'interno dei nostri ambienti di vita, non soltanto per il nostro benessere fisico e mentale (EEA, 2021) ma anche e soprattutto per la sua capacità di far fronte ai cambiamenti climatici (European Commission, 2020; IPCC, 2022), alle minacce per la salute (IIEP, 2016; European Commission, 2020) e alle catastrofi causate dagli eventi estremi¹ (European Commission, 2020; UNDRR, 2021).

La pandemia Covid-19 ha mostrato quanto sia importante intervenire per proteggere e ripristinare la natura dando priorità alle relazioni che esistono tra la salute dell'uomo e quella degli ecosistemi urbani (EEA, 2021) e adottando sistemi di approvvigionamento e metodi di consumo sostenibili che non forzano i limiti del pianeta (UN-Habitat, 2020). Il rischio di insorgenza e diffusione di malattie infettive e l'incremento della vulnerabilità da eventi climatici estremi aumenta all'aumentare del depauperamento dei sistemi naturali (IPBES, 2019). Per incrementare la resilienza al cambiamento climatico e prevenire la diffusione di malattie future è perciò fondamentale proteggere e ripristinare la biodiversità e il buon funzionamento degli ecosistemi tanto in ambito urbano e periurbano quanto in quello rurale (European Commission, 2020).

Nonostante le indicazioni delle comunità scientifiche siano chiare, gli ecosistemi globali versano in condizioni critiche e le principali cause della perdita di biodiversità sono riconducibili alle modifiche dell'uso del suolo, allo sfruttamento eccessivo delle risorse, ai cambiamenti climatici, all'inquinamento e alle specie esotiche invasive (IPBES, 2019; European Commission, 2020). Secondo le Nazioni Unite le città, oltre ad essere causa del 75% delle emissioni di gas serra in atmosfera e di oltre il 60% dell'uso delle risorse non rinnovabili, stanno relegando gli spazi naturali nei limiti di superfici sempre più ridotte² (Scalisi and Ness, 2022). Gli spazi verdi nelle aree urbane coprono mediamente meno del 10% della superficie antropizzata (UN-Habitat, 2020), negli ultimi 40 anni

la fauna selvatica del pianeta si è ridotta del 60% a causa delle attività umane (WWF, 2018; IPBES, 2019) e un quinto della superficie terrestre (più di 2 miliardi di ettari) è in avanzato stato di degrado e minaccia il benessere di circa 3,2 miliardi di persone¹. Molte città del mondo stanno attuando politiche e programmi per preservare e incrementare la biodiversità urbana attraverso l'impiego di NbS e infrastrutture verdi e blu (EEA, 2021; Scalisi and Ness, 2022), attribuendo a queste ultime un ruolo cruciale e integrandole nella pianificazione urbana degli spazi pubblici e degli edifici (European Commission, 2020).

La International Union for Conservation of Nature (IUCN, 2016) riconosce alle NbS un ruolo fondamentale per il miglioramento della qualità dell'aria e dell'acqua, la riduzione dell'inquinamento, la formazione di habitat per la fauna selvatica e la creazione di spazi verdi sicuri per il benessere della popolazione, il consolidamento delle relazioni sociali e lo sviluppo economico. In virtù dei loro servizi ecosistemici, le NbS contribuiscono a mitigare il cambiamento climatico e a incrementare la resilienza delle città in risposta agli eventi estremi, ripristinando e/o potenziando gli ecosistemi verdi urbani e periurbani. Per ristabilire un nuovo rapporto di equilibrio con la natura è necessaria una visione ecosistemica capace di integrare natura e città attraverso l'uso di nuovi repertori spaziali e architettonici ibridi con l'impiego della vegetazione (Gausa, 2022); in altre parole, disporre di un catalogo di NbS a cui attingere per orientare gli interventi di trasformazione e riqualificazione. Si tratta, in sostanza, di applicare ai processi di rigenerazione urbana i principi regolativi esistenti in natura, concentrandosi paritariamente su tutti gli esseri viventi, umani, piante, animali e organismi microbici (Canepa et alii, 2022).

L'obiettivo del contributo è descrivere l'esito di una prima fase della ricerca sull'analisi delle principali piattaforme digitali di casi di studio di NbS e la proposta di un modello di catalogazione delle NbS finalizzato all'applicazione progettuale. La ricerca si sviluppa nell'ambito del National Biodiversity Future Center (NBFC) finanziato in base al PNRR e vede il coinvolgimento dei Dipartimenti di Architettura, Scienze Agrarie e Forestale e Ingegneria Civile e Ambientale dell'Università di Firenze in una formazione multidisciplinare.

L'articolo è strutturato in una prima parte di ricognizione della letteratura scientifica e di progetti di ricerca sulle piattaforme di casi di studio cui sono state applicate le NbS; una seconda parte di modellizzazione e comparazione di una selezione di repertori; una terza parte di descrizione del modello di un'architettura di metadati per la realizzazione di un catalogo di soluzioni NbS informatizzato e interrogabile che possa orientare le trasformazioni urbane coerentemente con i principi di resilienza climatica e incremento della biodiversità. L'originalità del contributo risiede nel censimento delle piattaforme di casi studio di NbS, nella rappresentazione del modello della struttura di dati di alcuni repertori secondo un principio di input / output e nella proposta di un modello di catalogo di NbS quale strumento multidisciplinare che interseca gli ambiti di architettura-urbanistica, paesaggio, agronomia, botanica e biologia.

Ricognizione di repertori di casi di studio e applicazione di NbS | Attraverso un'operazione di

ricognizione della letteratura e delle piattaforme online è stato ricostruito un quadro complessivo di repertori ad oggi disponibili. Numerosi sono i progetti di ricerca europei in corso³ (tra cui Progi-Reg, ReGreen, Conexus, Operandum) e conclusi⁴ (tra cui Connecting Nature, Nature4city, Eclipse, Greeninurbs) che trattano di NbS per i contesti urbani. Su questo tema sono presenti importanti report nazionali (SOS4Life, 2020; Dessì et alii, 2018; Life Metro Adapt, 2020), internazionali (EEA, 2021; World Bank, 2021) e piattaforme di catalogazione informatiche. In merito a queste ultime una prima selezione viene fornita dal report EEA (2021) che identifica 12 piattaforme che si occupano di NbS per l'adattamento ai cambiamenti climatici e la riduzione del rischio catastrofi a livello europeo, tra cui: BISE, Climatescan, Climate ADAPT, DRMKC, Natural Hazards-NbS platform, NbS Initiative, Urban Nature Atlas, NWRM, Panorama, ThinkNature, Oppla, weADAPT.⁵

Per le finalità specifiche della ricerca del Centro Nazionale Biodiversità sono state prese in considerazione anche le piattaforme NatureNetwork⁶, Climate Adaptation app e GeoIKP. Un quadro complessivo delle potenzialità offerte dai nuovi strumenti digitali della conoscenza è sinteticamente rappresentato nella Tabella 1 dove si descrivono gli obiettivi delle piattaforme e si estrapolano le NbS utili ai fini della ricerca.

Una fase più approfondita dell'indagine sulle piattaforme, operata attraverso l'individuazione degli obiettivi specifici e la verifica della presenza di casi di studio e soluzioni inerenti la biodiversità urbana in Europa e, nello specifico, nell'area mediterranea, ha permesso di selezionare alcuni repertori tenendo conto del criterio di maggiore corrispondenza con gli obiettivi di costruzione del catalogo di NbS. Le analisi dei modelli di catalogazione e la successiva comparazione è stata effettuata, pertanto, su un numero ristretto di piattaforme che sono state ritenute maggiormente significative per portata del progetto di ricerca che le ha generate e autorialità riconducibile alle istituzioni partecipanti al Centro Nazionale Biodiversità: tra queste Oppla, GeoIKP, Urban Nature Atlas e Climate Adaptation.

Modellizzazione e comparazione dei repertori di casi di NbS | L'indagine circoscritta alle piattaforme digitali per la catalogazione di NbS ha

condotto, da un lato, a una ricognizione dei principali portali web di repertori di NbS e, dall'altro, a una lettura dei principali modelli di catalogazione e dei metadati⁷ impiegati per le classificazioni. L'analisi e il confronto di cataloghi di NbS hanno permesso di definire i principali metadati, sia strutturali che di contenuto, impiegati per le classificazioni di soluzioni e casi di studio. La raccolta dei metadati è stata sviluppata a partire dalla selezione delle informazioni presenti nelle homepage delle piattaforme, nella quale l'utente inserisce i dati di input applicando gli opportuni filtri di ricerca. Una seconda fase di raccolta di metadati è stata operata nella sezione degli output di ricerca, selezionando un caso studio o soluzione campione e analizzando le informazioni presenti sia in forma descrittiva che sintetica.

La messa a punto di metodologie e strumenti informatici, come la costruzione di un catalogo di NbS orientate all'incremento della biodiversità e alla mitigazione e adattamento climatico delle

N°	Platform	Contents description	Useful case study for the research
1	BISE	Portal providing data and information and developing knowledge for the implementation of the European Biodiversity Strategy and the Aichi Convention	-
2	Climatescan	Interactive web mapping application based on the international knowledge exchange of "green and blue" projects focusing mainly on the themes of urban resilience and climate adaptation	1 case study of NbS
3	Climate ADAPT	European Climate Adaptation Platform aiming to promote informed decision-making processes, providing the appropriate knowledge and facilitating information sharing at all levels and all stages of adaptation policy implementation;	5 case studies of NbS
4	DRMKC (Disaster Risk Management Knowledge Centre)	Providing scientific knowledge and evidence at all levels and stages of disaster risk management (prevention, mitigation, preparedness, response, and recovery), including climate-associated disasters	-
5	Natural Hazards-NbS platform (developed by the World Bank)	Platform of NbS projects addressing the challenges of disaster risk management and water resources to mitigate or adapt to the effects of climate change or natural hazards	-
6	NbS Initiative	Interdisciplinary research, policy advice and training platform based at the University of Oxford (UK) focusing on NbS to address global challenges and increase its sustainable application	-
7	Urban Nature Atlas platform (developed by Horizon 2020's Naturvation research project, 2017-2020)	Containing 1,000 illustrative examples of NbS from about 100 European cities	37 case studies of NbS
8	NWRM (Natural Water Retention Measures)	Platform collecting Europe-wide information on NbS and Green Infrastructures (GI) applied to the water sector to achieve the objectives of the EU Green Infrastructure Strategy and in accordance with the Water and Flood Directives	2 case studies of NbS
9	Panorama	Web portal documenting over 600 case studies (of projects or project aspects/phases/activities) successfully applied and replicable, to conserve or enhance biodiversity and ecosystems	2 case studies of NbS
10	ThinkNature (Horizon 2020 research project, 2016-2019)	Developing multi-stakeholder dialogue platform and think tank to support the understanding and promotion of NbS at local, regional, European, and international levels	27 case studies of NbS
11	Oppla	European NbS repository collecting the most up-to-date knowledge on natural capital and ecosystem services, whose purpose is to simplify the way in which knowledge on NbS is shared, accessed, and created	57 case studies of NbS
12	weADAPT	Platform focusing on ecosystem-based climate adaptation and disaster risk reduction and contains descriptions and links to digital resources	-
13	NatureNetwork	Project developed to create opportunities for local, regional and international cooperation and maximize the impact and dissemination of NbS solutions for the benefit of different actor and stakeholder communities	57 case studies of NbS
14	Climate Adaptation app	Platform providing designers (architects, urban planners, engineers, etc.) the opportunity to identify feasible measures for a project according to a specific climate adaptation goal	12 solutions NbS
15	GeoIKP	Platform focusing on NbS as a strategy for hydrometeorological risk reduction and mitigation (floods, landslides, coastal erosion, etc.) in both urban and suburban settings	30 case studies of NbS

Tab. 1 | Framework of the main NbS platform (credit: the Authors, 2023).

Platform	Metadata's structure	Metadata's content
Oppla	Scale	global, continental, sub-continental, national, sub-national, local
	Type	NbS projects case study, natural capital and ecosystem services case study, NbS city overview case study
	Focus Point	NBS in cities case study, existing ecosystem-based initiatives at the EU level, NbS in Brazil
GeoIKP	Hazard	agricultural drought, coastal erosion, coastal, flood, cold wave, drought, eutrophication, flash flood, flood, forest fire, etc.
	Approach	implementation, protection, restoration, sustainable management
	Ecosystem	coastal, cropland, grassland, heathland and shrub, marine inlets and transitional waters, pen ocean, urban, etc.
	Target	air quality, biodiversity, climate change adaptation and resilience, etc.
	Policy level	EU, global, international, local, national, regional
	Intervention type	afforestation, agroforestry, bioswales, green roof, etc.
Urban Nature Atlas	Challenges	climate action, environmental quality, green space, habitat, regeneration, land use, and urban development, etc.
	NbS	blue infrastructures, community gardens, nature in buildings, parks and urban forest, green areas for water management, etc.
	Location	global, geographical region, national, city
	Focus	creation of new green areas, creation of semi-natural blue areas, maintenance and management of urban nature, etc.
	Management set-up	government-led, co-governance with government and non-government actors, led by non-government actors, etc.
	Initiating organization	national government, regional government, local municipality, public sector institution, civil society
	Cost	less than €10,000 more than € 4,000,000
	Founding	creation earmarked public budget, etc.
Climate Adaptation app	Impact	climate, energy and emissions, social justice and cohesion, increase in gdp, increase of jobs, etc.
	Monitoring system	yes, no, no information
	Adaptation target	costal and fluvial flooding, pluvial flooding, groundwater flooding, heat, drought
	Land use	city center, industrial area, suburban area, rural area, park
	Dominant soil type	send, peat, clay, bed rock
	Surface level and slope	sloaping area, flat area on high ground, flat area on low ground
	Scale	city, neighbourhood, street, building
Project type	new development, redevelopment, improving existing situation	

Tab. 2 | Overview of analysed platforms metadata's input (credit: the Authors, 2023).

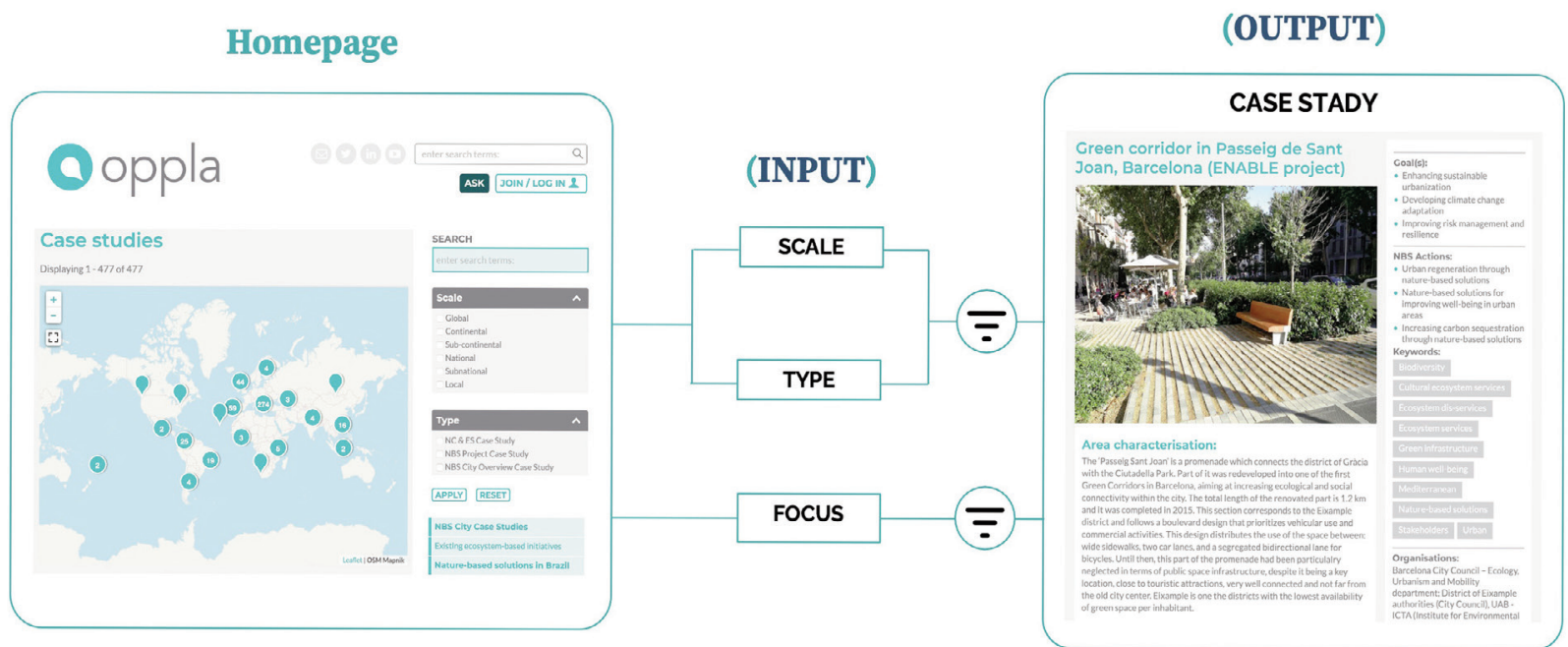


Fig. 1 | Oppla platform structure metadata cataloguing model | credit: the Authors, 2023).

aree urbane, periurbane e rurali rappresenta, da un lato, un aggiornamento delle conoscenze scientifiche sull'argomento e, dall'altro, un primo passaggio fondamentale per la creazione di uno strumento informatico a supporto della progettazione per la realizzazione di ecosistemi urbani resilienti capaci di promuovere la riqualificazione ambientale, la salute e il benessere della popolazione.

Il primo modello di catalogazione analizzato è la piattaforma Oppla⁸. Il portale rappresenta l'archivio europeo delle soluzioni basate sulla natura in cui confluiscono le conoscenze più aggiornate sul capitale naturale, sui servizi ecosistemici e sulle soluzioni basate sulla natura. Lo scopo di Oppla è quello di semplificare il modo di condivisione, accesso e creazione della conoscenza sulle NbS ed è pensata per utenti con esigenze e interessi diversi, provenienti dal mondo della ricerca, dalla politica e dalla pratica professionale. La piattaforma raccoglie 467 casi di studio che coprono settori come la gestione delle acque, la silvicoltura, l'agricoltura, la città e le aree costiere.

Dalla homepage della piattaforma è possibile inserire uno o più filtri (input utente) in relazione alla scala, al tipo di caso studio ricercato o accedere ad una sezione di approfondimento su focus tematici specifici (Tab. 2). Dall'inserimento degli opportuni filtri, ovvero fornendo al programma gli input di ricerca, la piattaforma restituisce dei casi di studio di progetti di NbS a livello internazionale (Fig. 1) in cui le informazioni sono raccolte in due sezioni: una descrittiva in forma estesa e una sintetica in cui sono raccolti i caratteri distintivi del caso studio (Tab. 3). Per gli obiettivi specifici della ricerca è stato possibile individuare in Oppla, nel contesto mediterraneo, 53 casi di studio di NbS.

La piattaforma GeolKP⁹ consente di visualizzare ed esplorare i dati sulle NbS per la riduzione del rischio idrometeorologico, di utilizzare strumenti di mappatura avanzati, di sfogliare casi di studio sulle NbS e di trovare le politiche maggiormente rilevanti sull'argomento. La piattaforma è

progettata per essere facilmente utilizzata da utenti con diversi livelli di esperienza, offrendo un'interfaccia intuitiva e una vasta gamma di strumenti di analisi e visualizzazione. Tra i filtri della piattaforma (Fig. 2) sono presenti: hazard, ecosistemi, approcci, obiettivi connessi agli SDGs, livello di governance, tipi di intervento (Tab. 2). L'output a cui si perviene attraverso la scelta degli opportuni input dell'utente (che variano in relazione esigenze dell'utente) sono casi di studio geolocalizzati in Europa e descritti attraverso l'uso di cinque sezioni di approfondimento: panoramica generale del caso di studio, fonti, NbS correlate, policy correlate, dataset correlati (Tab. 3). Dall'applicazione dei filtri specifici, in relazione alla ricerca sulla biodiversità urbana è stato possibile individuare 30 casi studio di NbS.

La piattaforma Urban Nature Atlas¹⁰ (UNA) nasce con l'obiettivo di raccogliere dati sulle NbS a supporto delle sfide della sostenibilità urbana e per valutare la loro applicazione nella città. UNA lavora con le comunità e le parti interessate e utilizza le conoscenze acquisite per informare i decisori politici e i professionisti. Le città presenti nell'atlante raccolgono diverse condizioni urbane, ambientali e climatiche; degli oltre 1.000 casi di studio in tutto il mondo se ne possono identificare 47 in area mediterranea.

Nei filtri della piattaforma (Fig. 3) l'utente può scegliere tra sfide-obiettivi, soluzioni NbS, localizzazione geografica, focus dell'intervento, governance, organizzazione promotrice, costo del progetto, tipo di finanziamento, impatti ambientali, sociali e economici, sistema di monitoraggio (Tab. 2). La scelta dei filtri di input consente di ottenere come output il caso di studio articolato in due sezioni: una descrittiva e una sintetica. La sezione descrittiva raccoglie informazioni in merito a panoramica del caso studio, governance, finanziamento, impatti e monitoraggio e riferimenti, nonché le informazioni anagrafiche del caso studio (Tab. 3).

La piattaforma Climate Adaptation¹¹ app fornisce una selezione di misure per l'adattamento

climatico in relazione al target di adattamento, inteso come criticità a cui la soluzione risponde, all'ambito di applicazione, al tipo di suolo, alla scala dell'intervento, alla quota e all'inclinazione della superficie dell'area e, infine, in relazione al tipo di progetto (Tab. 2). A titolo esemplificativo la piattaforma fornisce un determinato numero di soluzioni di adattamento in relazione agli input progettuali che di volta in volta possono caratterizzare la progettazione di uno spazio urbano per rispondere agli effetti del cambiamento climatico (Fig. 4). L'output che si ottiene a seguito del processo di attribuzione dei filtri è una scheda tecnica della soluzione di adattamento che, seppur con un certo grado di approssimazione, fornisce una descrizione di massima della soluzione e dei benchmark prestazionali raggiungibili rispetto alle differenti sfide climatiche (Tab. 3). Anche se la soluzione non esplicita la metodologia di calcolo per la valutazione prestazionale e non riporta l'indicatore adottato, il tentativo di individuare il grado di incisività specifico della soluzione tecnica per ciascuna sfida climatica è finalizzato a definire strumenti innovativi in grado di fornire un supporto decisionale nelle diverse fasi del processo edilizio alle diverse categorie di attori coinvolti.

Quest'ultimo approccio metodologico consente di collegare in maniera diretta le metodologie proprie della progettazione tecnologica e ambientale all'interno di campi con forti connotazioni specialistiche e interdisciplinari (Bentz and Franzato, 2017) e di avvicinarsi ai principi definiti nella piattaforma Climate-Adapt¹² della EEA per la realizzazione di cataloghi di soluzioni tecniche coerenti con il framework operativo alla base dei processi di standardizzazione avviato nel 2017 con la redazione della norma ISO 14092 per l'adattamento climatico dal titolo Requirements and Guidance on Adaptation Planning for Local Governments and Communities (Ambrosino and Leone, 2017).

Proposta di metadati per un catalogo NbS finalizzato all'incremento della resilienza e della

biodiversità urbana in ambito mediterraneo |

Dall'analisi delle piattaforme e dalla schematizzazione dei loro modelli di catalogazione e accesso alle informazioni digitali è emersa una metodologia comune di strutturazione dei database incentrato su un approccio 'circolare' (Fig. 5). I differenti cataloghi esplorati presentano informazioni che descrivono un determinato oggetto (casi di studio di NbS o soluzione di adattamento). Il catalogo digitale raccoglie tutte le informazioni in merito agli oggetti descritti e, attraverso dei filtri scelti dall'organizzatore della piattaforma, consente di pervenire all'individuazione di un dato specifico richiesto dall'utente in relazione alle sue esigenze o finalità.

È utile ricordare che i filtri applicati nelle piattaforme digitali analizzate vengono scelti in relazione alle informazioni contenute nel database, consentendo ai processi di ricerca informatica di poterli successivamente rintracciare attraverso l'utilizzo di tag¹³; non è pertanto possibile applicare dei filtri che non siano stati precedentemente inseriti come informazione all'interno del database. Questo approccio metodologico viene descritto attraverso la definizione dei termini di informazione, conoscenza e pensiero in cui «[...] l'informazione, consiste nel semplice 'accumulo' di dati, la 'conoscenza' riguarda l'organizzazione di quei dati accumulati e il 'pensiero' è invece la 'relazione' tra i dati che nasce dall'organizzazione attuata dalla 'conoscenza'» (Colamedici and Gancitano, 2021, p. 53).

Gli output a cui si perviene dall'interrogazione delle diverse piattaforme analizzate sono differenti (Fig. 6): le piattaforme Oppla, GeoIKP e Urban Nature Atlas offrono all'utente come risultato di ricerca informazioni diversificate relative a casi di studio di NbS, mentre la piattaforma Climate Adaptation app è l'unica che consente di giungere all'identificazione della soluzione (anche se circoscritta all'adattamento climatico).

Per le finalità di intervento progettuale emerge la necessità di una piattaforma di catalogazione digitale che, attraverso gli opportuni filtri di ricerca, consenta di pervenire all'individuazione della idonea soluzione NbS per l'incremento della biodiversità urbana e della resilienza in ambito mediterraneo. Pertanto, a tale scopo, un possibile modello di proposta di metadati per un catalogo di NbS dovrebbe contenere le seguenti informazioni per le soluzioni (Fig. 7): contesto (urbano, suburbano, rurale), hazard, fasce climatiche secondo la struttura climatica nazionale delle Province Eco-regionali adottata dal PNRR (Ministero della Transizione Ecologica, 2021), ambito urbano di intervento (in relazione allo specifico contesto geografico-territoriale o urbano), categorie di spazi urbani di applicazione (riferita agli elementi dello spazio urbano come strada, piazza, parcheggio, corte, edificio, etc.), obiettivi / sfide / target climatici, ambientali e sociali (correlati con gli SDGs dell'Agenda 2030) e co-benefici (Tab. 4).

Il risultato a cui si giunge attraverso l'interrogazione della piattaforma, inserendo gli opportuni filtri (input utente), è la schedatura sistematica delle soluzioni NbS, la loro puntuale descrizione e parametrizzazione e l'indicazione del livello della loro efficacia prestazionale raggiungibile rispetto a indicatori quali-quantitativi per le differenti sfide (Tab. 4).

Un approccio analogo è stato impiegato nella ricerca PRIN dal titolo Adaptive Design e Innovazioni Tecnologiche per la Rigenerazione Resiliente dei Distretti Urbani Degradati in Regime di Cambiamento climatico (2017-2020) in cui è stata proposta una struttura di repertorio di NbS articolata in base alla tipologia (verde, grigia e blu), all'ambito urbano di applicazione (strada, piazza, parcheggio, corte, edificio), alle pericolosità climatiche affrontate (isole di calore, allagamenti pluviali, siccità, tempeste di vento) e al loro funzionamen-

to, individuando indicatori prestazionali, aspetti progettuali e costruttivi e parametri caratteristici per il progetto (Bologna et alii, 2021).

Conclusioni e prospettive della ricerca | La ricerca ha selezionato le principali piattaforme digitali di catalogazione di casi di studio nei quali sono state applicate le NbS evidenziando l'importanza a livello internazionale, nella letteratura scientifica e nelle politiche, della questione della crisi climatica e della perdita di biodiversità. L'analisi dei modelli di catalogazione nelle piattaforme online ha evidenziato la necessità di integrare e/o reimpostare la strutturazione dei metadati ai fini della costruzione di uno strumento informatizzato in grado di pervenire, attraverso un'opportuna azione di interrogazione, a una classificazione e dettagliata descrizione delle principali soluzioni NbS per l'incremento della resilienza e della biodiversità nei contesti urbani, periurbani e extraurbani. Tale approccio risulta il presupposto fondamentale per la messa in pratica degli interventi di trasformazione e riqualificazione dei territori atti a garantire il perseguimento degli obiettivi della transizione ecologica previsti dal PNRR italiano (Ministero dello Sviluppo Economico, 2021).

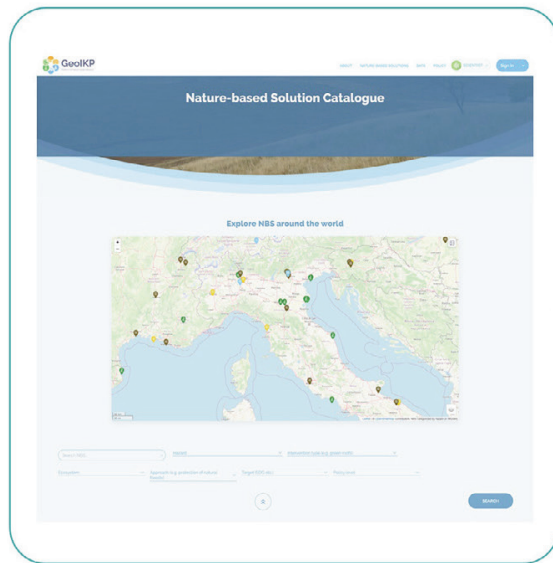
Il modello di catalogazione è stato validato sulla base di un confronto tra le Istituzioni rappresentate nel NBFC e al momento deve ancora essere testato tramite una simulazione applicativa il cui esito dovrà condurre a una integrazione degli indicatori pertinenti alle sfide / target che le NbS si propongono di affrontare.

Gli ulteriori sviluppi della ricerca riguardano prioritariamente la costruzione del repertorio di soluzioni NbS, attraverso la costruzione della sua architettura digitale (metadati di struttura) e l'inserimento delle informazioni specifiche all'interno di un database interrogabile (metadati di contenuto). La realizzazione del database è parte integrante

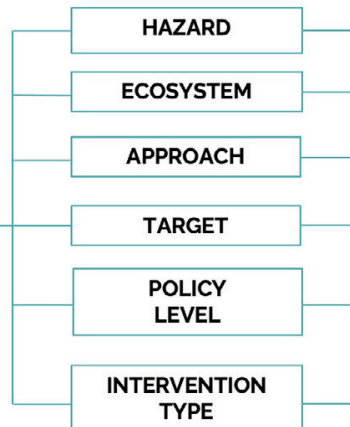
Platform	Brief section	Descriptive section
Oppla	objectives, key words, actions implemented, organizations involved, designers, awards, publications, and reports	objectives, actions implemented, challenges, impacts, benefits achieved, stakeholder participation, governance, success and limiting factors, case study drivers, monitoring and evaluations, transferability of results, lessons learned, type of funding, and references
GeoIKP	-	general overview of the case study (challenges, solutions, benefits, challenges, type of NbS, potential co-benefits, hazard, type of intervention, goal, ecosystem, approach, implementation status, start and end of intervention), sources, related NbS, related policies, related datasets
Urban Nature Atlas	location, catchment area, implementation timeline, status and scale of the intervention, type of urban setting in which the intervention fits	case study overview (NbS, key challenges, focus, project objectives activities implemented, climate actions, main beneficiaries), governance (sponsoring organization, participatory approaches, communities and organizations involved), financing (cost of intervention, type and source of funding), impacts and monitoring (environmental-economic-social impacts, presence of monitoring systems), references
Climate adaptation app	incidence/percentage/range of adaptation in relation to the five targets: rainfall flooding, drought, heat, coastal and riverine flooding, groundwater	definition of solution, primary function, co-benefits, details

Tab. 3 | Overview of analysed platforms metadata's output (credit: the Authors, 2023).

Homepage



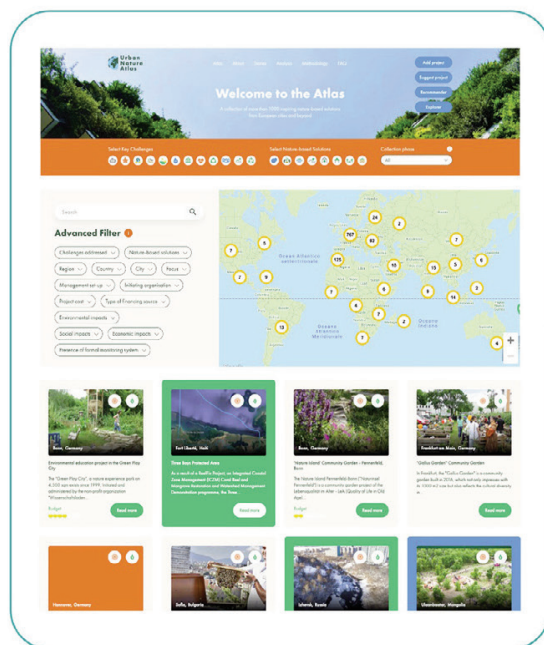
(INPUT)



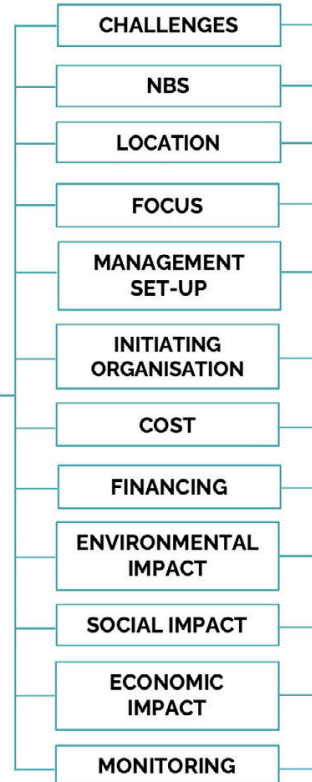
(OUTPUT)



Homepage



(INPUT)



(OUTPUT)



della ricerca in quanto consente di individuare le specifiche soluzioni in relazione alle query dell'utente. Un secondo step si riferisce allo studio degli indicatori di ciascuna NbS in ambito urbano per la risposta a obiettivi / sfide specifiche, mentre un ulteriore avanzamento della ricerca riguarda la valutazione dell'efficacia, singola o combinata delle NbS, all'interno di un banco di prova simulato o rispetto a misurazioni in loco di casi di studio effettivamente realizzati.

Infine un ultimo passaggio riguarda la predisposizione a livello nazionale di linee guida comuni a supporto di una pianificazione urbana integrata del verde per la realizzazione di infrastrutture basate sulle NbS resilienti, robuste e preparate. Tale strumento si rivolge a tutti gli stakeholders coinvolti nei processi di trasformazione del territorio,

dagli Enti di governo alle Pubbliche Amministrazioni, ai pianificatori e progettisti.

La crisi della biodiversità e quella climatica sono intrinsecamente legate e portano all'impoverimento dell'ambiente naturale; tuttavia tale interconnessione unisce non solamente i problemi ma anche le soluzioni e, in questo, le NbS rappresentano l'alleato principale da cui partire per una reale transizione ecologica finalizzata a dotare gli insediamenti urbani di un adeguato grado di resilienza per affrontare le sfide future.

In his latest essay on climate change, Ghosh (2022) identifies the utilitarian view of the lands conquered by Western colonisers in the 17th cen-

tury as the triggering cause of the breakdown in the balance between humans and nature, seen only as a resource to be exploited and not as an entity in an ecosystem that includes all living things. It is no coincidence that Lewis and Maslin (2019), on the basis of precise geophysical findings, squarely place the start date of the geological epoch of the Anthropocene, a symbol of mankind's superlative control and dominion over the environment, at the very beginning of the 1600s. Similarly, Capra and Luisi (2020) note that the current social and economic imbalances are producing dramatic outcomes as they are generated by a planetary ecological imbalance, the consequences of which have led to, among other aspects, the outbreak of the Covid-19 pandemic.

Climate change, biodiversity loss, ecosystem

collapse and the spread of devastating pandemics are the main threats humanity will face within the next decade (WEF, 2020) and represent the global challenges upon which the European Biodiversity Strategy for 2030 is based (European Commission, 2020). In fact, the latter reiterates the urgency of rebuilding the lost relationship with nature, asserting the need to bring it back into our living environments, not only for our physical and mental well-being (EEA, 2021) but also, and above all, for its ability to cope with climate change (European Commission, 2020; IPCC, 2022), health threats (IEEP, 2016; European Commission, 2020) and disasters caused by extreme events¹

(European Commission, 2020; UNDRR, 2021). The Covid-19 pandemic has exposed how important it is to take action to protect and restore nature by prioritising the relationships that exist between human health and that of urban ecosystems (EEA, 2021) and by adopting sustainable supply systems and methods of consumption that do not strain the planet's limits (UN-Habitat, 2020). Indeed, the risk of outbreaks and the spread of infectious diseases coupled with the increased vulnerability to extreme weather events increases with the depletion of natural systems (IPBES, 2019). To increase resilience to climate change and prevent the outbreak of future dis-

eases, it is crucial to protect and restore biodiversity and well-functioning ecosystems in urban and peri-urban areas, as well as in rural environments. (European Commission, 2020). Despite clear indications from the scientific communities, global ecosystems are in a critical condition, and the main causes of biodiversity loss can be traced to land use change, over-exploitation of resources, climate change, pollution, and invasive exotic species (IPBES, 2019; European Commission, 2020). According to the United Nations, cities, in addition to causing 75% of atmospheric greenhouse gas emissions and more than 60% of non-renewable resource use,

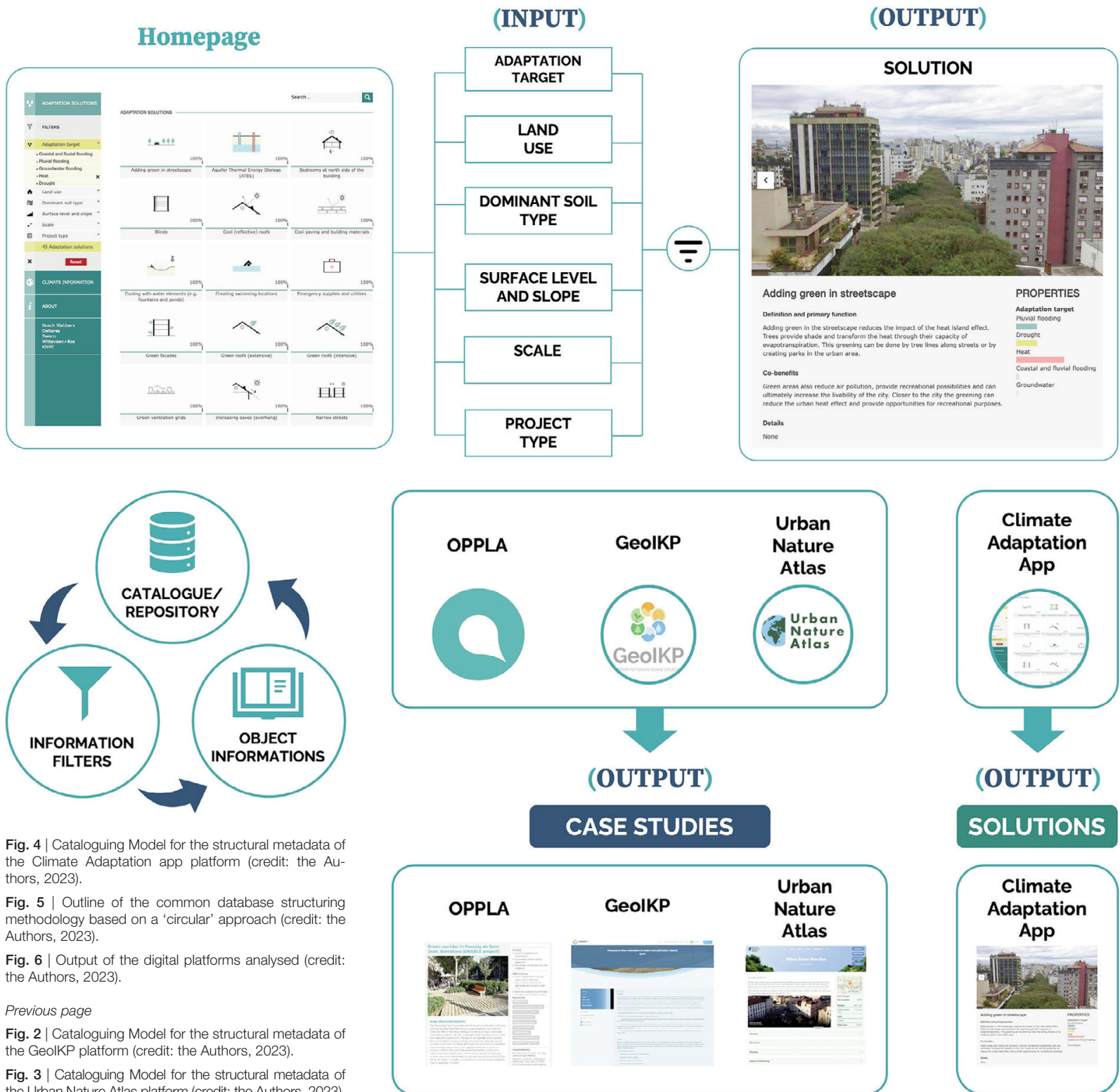


Fig. 4 | Cataloguing Model for the structural metadata of the Climate Adaptation app platform (credit: the Authors, 2023).

Fig. 5 | Outline of the common database structuring methodology based on a 'circular' approach (credit: the Authors, 2023).

Fig. 6 | Output of the digital platforms analysed (credit: the Authors, 2023).

Previous page

Fig. 2 | Cataloguing Model for the structural metadata of the GeoIKP platform (credit: the Authors, 2023).

Fig. 3 | Cataloguing Model for the structural metadata of the Urban Nature Atlas platform (credit: the Authors, 2023).

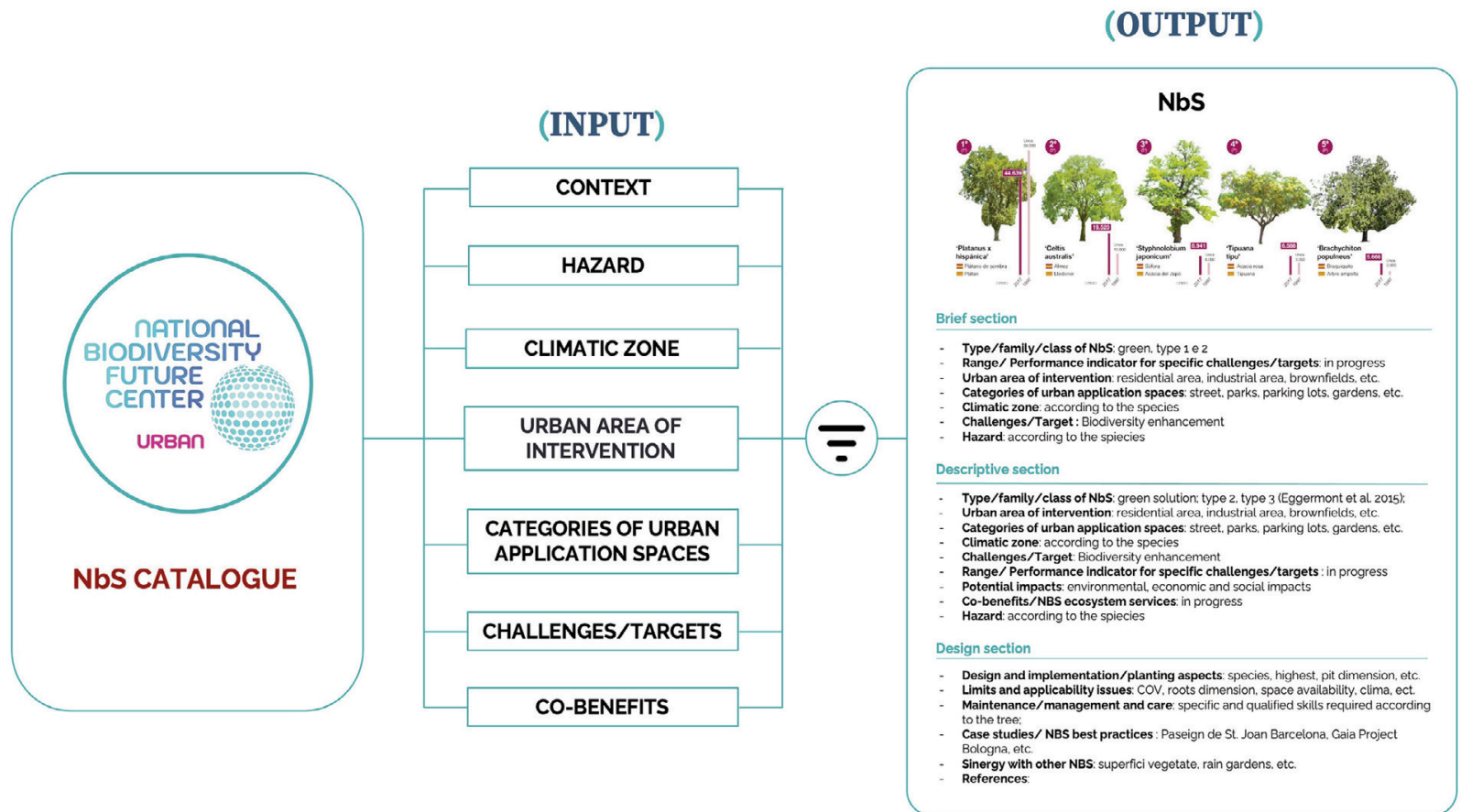


Fig. 7 | Proposed structure metadata model for the NBS catalogue for the National Biodiversity Center (credit: the Authors, 2023).

are banishing natural spaces to the confines of ever-shrinking areas² (Scalisi and Ness, 2022). On average, green spaces in urban areas cover less than 10% of the anthropised surface (UN-Habitat, 2020), planet wildlife has suffered a 60% reduction in the last 40 years due to human activities (WWF, 2018; IPBES, 2019) and a fifth of the earth's surface (more than 2 billion hectares) is in an advanced state of degradation and threatens the well-being of about 3.2 billion people¹. Many cities around the world are implementing policies and programs to preserve and increase urban biodiversity through the use of NbS and green and blue infrastructure (EEA, 2021; Scalisi and Ness, 2022), assigning them a crucial role and integrating them into the urban planning of public spaces and buildings (European Commission, 2020). The International Union for Conservation of Nature (IUCN, 2016) recognises NbS as a key player in improving air and water quality, reducing pollution, forming habitats for wildlife, and creating safe green spaces for people's well-being, strengthening social relations and economic development. By virtue of their ecosystem services, NbS contribute to mitigating climate change and increasing the resilience of cities in response to extreme events by restoring and / or enhancing urban and peri-urban green ecosystems.

Re-establishing a new balanced relationship with nature requires an ecosystemic vision capable of integrating nature and the city through the use of new hybrid spatial and architectural repertoires employing vegetation (Gausa, 2022); in other words, having a catalogue of NbS from which to draw to guide transformation and redevelopment interventions. In essence, the aim is to apply

regulatory principles existing in nature to urban regeneration processes, focusing equally on all living things, humans, plants, animals, and microbial organisms (Canepa et alii, 2022).

This paper aims to describe the outcome of a preliminary research phase regarding the analysis of the main digital platforms of NbS case studies and the proposal of an NbS cataloguing model for project application. The research is being developed within the framework of the National Biodiversity Future Center (NBFC), funded under the NRRP, and involves the Departments of Architecture, Agricultural and Forestry Sciences, and Civil and Environmental Engineering at the University of Florence under a multidisciplinary education program.

The first part of the paper comprises a survey of scientific literature and research projects on case study platforms where NbS have been applied; the second part models and compares a selection of repertoires; and the third part describes the model of a metadata architecture for building a computerised and queryable catalogue of NbS solutions that can guide urban transformations in a manner consistent with the principles of climate resilience and biodiversity increase.

The uniqueness of the contribution lies in the inventory of NbS case study platforms, in the representation of the data structure model of repertoires according to an input / output principle, and in the proposal of an NbS catalogue model as a multidisciplinary tool that transverses the fields of architecture-urbanism, landscape, agronomy, botany and biology.

A survey of case study repertoire and NbS ap-

plication | Through a survey of available literature and online platforms, it was possible to establish a comprehensive overview of repertoires to date. Numerous ongoing projects³ (including ProgiReg, ReGreen, Conexus, and Operandum) and completed projects⁴ (including Connecting Nature, Nature4city, Eklipse, and Greeninurbs) focus on NbS for urban contexts. Regarding this issue, numerous important national reports (SOS4Life, 2020; Dessi et alii, 2018; Life Metro Adapt, 2020), international Reports (EEA, 2021; World Bank, 2021) and IT cataloguing platforms are available. Regarding the latter, a preliminary selection is provided by the EEA (2021), which identifies 12 platforms addressing NbS for climate change adaptation and disaster risk reduction at the European level, including BISE, Climatescan, Climate ADAPT, DRMKC, Natural Hazards-NbS platform, NbS Initiative, Urban Nature Atlas, NWRM, Panorama, ThinkNature, Oppla, weADAPT.⁵

For the specific purposes of the National Biodiversity Center's research, NatureNetwork⁶, Climate Adaptation app and GeolKP platforms were also considered. Table 1 provides an overview of the potential offered by new digital knowledge tools, briefly describing the objectives of the platforms and extrapolating NbS useful for research purposes.

Through a more thorough investigation of the platforms, accomplished by identifying specific objectives and verifying the presence of case studies and solutions pertaining to urban biodiversity in Europe and, specifically, in the Mediterranean area, it was possible to select the repertoires which corresponded most closely with the construction objectives for the NbS catalogue.

Therefore, the analyses of cataloguing models and subsequent comparisons were carried out on a few platforms deemed most significant in terms of the scope of the research project that generated them and in terms of authorship attributable to the institutions participating in the National Biodiversity Center. Among these are Oppla, GeolKP, Urban Nature Atlas and Climate Adaptation.

Modelling and comparison of NbS case repertoires | The investigation, limited to digital platforms for NbS cataloguing, led, on the one hand, to a mapping of the main web portals for NbS repertorisation and, on the other hand, to a study of the main cataloguing models and metadata⁷ used for classification. By analysing and comparing NbS catalogues, it was possible to define the main structural and content metadata for categorising solutions and case studies. The collection of metadata was developed on the basis of the selection of information present in the homepages of the platforms, where the user enters the input data by applying the appropriate search filters. A second phase of metadata collection was carried out in the search output section by selecting a case study or a sample solution and analysing the information in descriptive and synthetic form.

The development of IT methodologies and tools, such as the construction of a catalogue of NbS aimed at increasing biodiversity, climate mitigation and adaptation in urban, peri-urban and rural areas, represents, on the one hand, an advancement of scientific knowledge on the subject and, on the other hand, a crucial first step in the creation of an IT tool to support the design of resilient urban ecosystems capable of promoting environmental redevelopment, health and well-being of the population.

The Oppla platform⁸ was the first cataloguing model to be analysed. This portal is the most updated European archive of nature-based solutions, bringing together the latest knowledge on natural capital, ecosystem services and nature-based solutions. Oppla's purpose is to simplify the way of sharing, accessing, and creating NbS-related knowledge; it is designed for users with different needs and interests, from the fields of research, politics, and professional practice. The platform collects 467 case studies covering water management, forestry, agriculture, city, and coastal areas.

From the platform homepage, it is possible to enter one or more filters (user input) in relation to the scale and type of case study sought, or access an in-depth section on specific thematic focuses (Tab. 2). Through the selection of the ap-

propriate filters, which provide the program with search inputs, the platform returns case studies of NbS projects at international level (Fig. 1) in which the information is collected in two sections: a descriptive one in extended form and a synthetic one which recaps the distinctive characters of the case study (Tab. 3). For the specific objectives of the research, 53 NbS case studies within the Mediterranean context were identified in Oppla.

The GeolKP platform⁹ allows users to view and explore data on NbS for hydrometeorological risk reduction, use advanced mapping tools, browse NbS case studies, and find the most relevant policies on the topic. The platform is designed to be easily accessed by users with different levels of experience, providing an intuitive interface and a wide range of analysis and visualisation tools. Among the platform filters (Fig. 2) are: hazards, ecosystems, approaches, SDG-related objectives, governance level, and types of intervention (Tab. 2). The output obtained through the selection of appropriate user inputs (which vary according to specific user needs) are case studies geolocated in Europe and described through the use of five in-depth sections: case study general overview, sources, related NbS, related policies, related datasets (Tab. 3). By applying specific filters, 30 case studies of NbS related to urban biodiversity research were identified.

Platform	Metadata's structure	Metadata's content
Metadata's input	Context of intervention	urban, suburban, rural
	Hazard	agricultural drought, coastal erosion, coastal flood, cold wave, drought, eutrophication, flash flood, flood, forest fire, heat wave, hydrological drought, landslide, meteorological drought, riverine flood, sea water intrusion, snow avalanche, soil erosion, storm surge, strong wind, tornado, tropical cyclone, pluvial flood, wildfire
	Climatic zone	temperate division (alpine regions, po valley region, apennines region, Italian portion of the Illyrian region) and mediterranean division (Italian portion of the Ligurian Provençal region, Tyrrhenian region, Adriatic region)
	Urban area of intervention	building-scale interventions, public and urban spaces interventions, interventions in water bodies and drainage systems, interventions in transport linear infrastructures, interventions in natural areas and management of rural land, coastline/coast interventions, interventions in ecological and habitat biodiversity
	Categories of urban spaces of application	street, parking lot, square, building (facade, roof), courtyard, neighborhood, city
	Challenges / Targets (environmental, economic and social)	habitats and biodiversity, green space, climate resilience action, environmental quality, regeneration, land-use and urban development, water management, cultural heritage and cultural diversity, health and well-being, inclusive and effective governance, social justice, cohesion and equity, economic development and employment, sustainable consumption and production
	Co-benefits	soil stabilization, soil health improvement, shoreline stabilization, ecosystem restoration, habitat restoration, floodplain restoration, biodiversity conservation, carbon sequestration, water quality improvement, heat reduction, air quality improvement, economic benefits, community resilience, social cohesion, job creation
Metadata's output	Brief section	type / family / class of NbS, range / performance indicator for specific challenges / targets, urban area of intervention, category of urban spaces of applicazion, climatic zone, challenges/target, hazard
	Descriptive section	type/family/class of NbS, urban area of intervention, category of urban spaces of applicazion, climate zone, challenges / target, range / performance indicator for specific challenges/targets, potential impacts (environmental, economic, social), co-benefits / NbS ecosystem services, hazards
	Design section	design and implementation/planting aspects, limitations and issues of applicability, maintenance / management and care, related case studies or best practices, sinergy with other NbS, references

Tab. 4 | Overview of metadata proposal for the NbS catalogue (credit: the Authors, 2023).

The Urban Nature Atlas platform¹⁰ (UNA) was created to collect data on NbS to support urban sustainability challenges and evaluate their application in the city. UNA works with communities and stakeholders, using the knowledge gained to inform policymakers and practitioners. The cities in the atlas encompass diverse urban, environmental, and climatic conditions. Out of over 1,000 case studies worldwide, 47 can be identified in the Mediterranean area.

Within the platform filters (Fig. 3), the user can choose between challenges-objectives, NbS solutions, geographical location, intervention focus, governance, sponsoring organisation, project cost, type of funding, environmental, social, and economic impacts, monitoring system (Tab. 2). The choice of input filters allows to obtain, as output, the case study divided into two sections: descriptive and synthetic. The descriptive section collects information about case study overview, governance, financing, impacts, monitoring, and references. The summary section contains the master data pertaining to the case study (Tab. 3).

The Climate Adaptation platform¹¹ app provides a selection of measures for climate adaptation in relation to the adaptation target, understood as the criticality to which the solution responds, the scope of application, the type of soil, the scale of the intervention, the altitude and inclination of the surface of the area and, finally, the type of project (Tab. 2). For example, the platform provides a certain number of adaptation solutions related to the design inputs that from time to time may characterise the design of urban space in response to the effects of climate change (Fig. 4). The output resulting from the filter attribution process is a datasheet of the adaptation solution that, albeit with a certain degree of approximation, provides a comparative description of the solution and achievable performance benchmarks with respect to different climate challenges (Tab. 3). Although the solution does not explicitly specify the calculation methodology for performance evaluation and does not report the adopted indicator, the attempt to identify the specific degree of incisiveness of the technical solution for each climate challenge is intended to define innovative tools that can provide decision support at different stages of the building process to the different categories of stakeholders.

This last methodological approach makes it possible to directly link the methodologies belonging to technological and environmental design within fields with strong specialised and interdisciplinary connotations (Bentz and Franzato, 2017) and to align with the principles defined in the EEA's Climate-Adapt¹² platform for the creation of catalogues of technical solutions consistent with the operational framework underlying the standardisation processes initiated in 2017 with the drafting of the ISO 14092 standard for climate adaptation entitled Requirements and Guidance on Adaptation Planning for Local Governments and Communities (Ambrosino and Leone, 2017).

Metadata proposal for an NbS catalogue aimed at increasing resilience and urban biodiversity in the Mediterranean | The analysis of the platforms and the schematisation of their models for cataloguing and accessing digital information revealed a common database structuring method-

ology centred on a 'circular' approach (Fig. 5). The different catalogues explored present information describing a particular object (NbS case study or adaptation solution). The digital catalogue collects all the information regarding the described objects and, through the filters chosen by the platform organiser, allows the user to identify specific data in relation to their needs or purposes.

It is helpful to note that the filters applied in the analysed digital platforms are chosen with regard to the information contained in the database, thus enabling computer search processes to track them using tags subsequently¹³. It is, therefore, only possible to apply filters previously entered as information in the database. This methodological approach is described through the definition of information, knowledge and thought, according to which information consists in the simple 'accumulation' of data, 'knowledge' concerns the organisation of that accumulated data, and 'thought', by contrast, is the 'relationship' between the data stemming from the organisation implemented by 'knowledge' (Colamedici and Gancitano, 2021).

The outputs that result from querying the various analysed platforms are different (Fig. 6). As a search result, the Oppla, GeolKP, and Urban Nature Atlas platforms provide the user with diversified information related to NbS case studies, while the Climate Adaptation app platform is the only one that allows the user to identify a solution (albeit limited to climate adaptation).

The need for a digital cataloguing platform emerges as a consequence of project intervention purposes; the platform, through appropriate search filters, enables the identification of a suitable NbS solution for increasing urban biodiversity and resilience in the Mediterranean area. Therefore, for this purpose, a possible metadata proposal template for an NbS catalogue should contain the following information for solutions (Fig. 7): context (urban, suburban, rural), hazard, climate bands according to the national climatic structure of the Ecoregional Provinces adopted by the NRRP (Ministero della Transizione Ecologica, 2021), urban area of intervention (in relation to the specific geographical-territorial or urban context), categories of urban spaces of application (referring to the elements of urban space such as street, square, parking, courtyard, building, etc.), climate, environmental and social goals / challenges / targets (correlated with the SDGs of the 2030 Agenda) and co-benefits (Tab. 4).

The result achieved through querying the platform by entering the appropriate filters (user input) is the systematic filing of NbS solutions, their timely description and parameterisation, and an indication of the level of their achievable performance effectiveness with respect to qualitative-quantitative indicators for different challenges (Tab. 4).

A similar approach was used in the PRIN research project 'Adaptive Design e Innovazioni Tecnologiche per la Rigenerazione Resiliente dei Distretti Urbani Degradati in Regime di Cambiamento Climatico' (2017-2020), which proposed a repertoire structure of NbS based on type (green, grey and blue), urban scope of application (street, square, parking, courtyard, building), climatic hazards faced (heat islands, rain floods, droughts, wind storms) and functioning, identifying performance indicators, design aspects and construc-

tion and characteristic parameters for the project (Bologna et alii, 2021).

Conclusions and research and perspectives |

This research selected major digital platforms for cataloguing case studies featuring the application of NbS, highlighting the importance on an international scale, in scientific literature and policy, of the issue of climate crisis and biodiversity loss. The analysis of cataloguing models in online platforms has highlighted the need to integrate and/or reset the structuring of metadata to build a computerised tool capable of obtaining, through appropriate querying, a classification and detailed description of the main NbS solutions for increasing resilience and biodiversity in urban, peri-urban, and suburban contexts. This approach proves to be the fundamental prerequisite for implementing transformation and redevelopment interventions of territories capable of ensuring the pursuit of the objectives of ecological transition envisaged by the Italian NRRP (Ministero dello Sviluppo Economico, 2021).

The cataloguing model was validated on the basis of a comparison between the institutions represented in the NBFC and, at the moment, still needs to be tested through an application simulation, the outcome of which should lead to an integration of indicators relevant to the challenges / targets that the NbS aims to address.

Further research developments are primarily concerned with constructing the NbS solution repertoire through its digital architecture (structure metadata) and including specific information within a queryable database (content metadata). Database implementation forms an integral part of the research as it enables the identification of specific solutions in relation to user queries. A second step relates to the study of the indicators of each NbS in urban settings in response to specific objectives / challenges; a further advancement of the research concerns the evaluation of the effectiveness, either single or combined, of the NbS, within a simulated testbed or with respect to on-site measurements of effectively implemented case studies.

Lastly, a final step involves the nationwide preparation of common guidelines to support integrated urban green planning for creating infrastructures based on resilient, robust, and prepared NbS. This tool is aimed at all stakeholders involved in land transformation processes: from governing bodies to Public Administrations, from planners to designers.

The biodiversity and climate crises are intrinsically linked and lead to the depletion of the natural environment. However, this interconnectedness unites problems and solutions; as such, NbS represent the main allies from which to build a viable ecological transition aimed at equipping urban settings with adequate resilience to meet future challenges.

Acknowledgements

The ongoing research, whose first results are reported in this contribution, is funded by the European Union – NextGenerationEU – National Recovery and Resilience Plan (NRRP) – Mission 4 Component 2 Investment 1.4 – Notice n. 3138 of 16 December 2021, emended with D. D. n. 3175 of 18 December 2021 of the Ministry of University and Research; Project code CN_00000033, Directive Decree MUR n. 1034 of 17 June 2022 for grant of financing, CUP B83C22002910001, project title ‘National Biodiversity Future Center – NBFC’. This paper is the result of a joint reflection of the Authors that led to the collaborative writing of the text. Special thanks to E. Baglione and I. Aloisi of the Alma Mater Studiorum University of Bologna and C. Carbonari and L. Nofroni of the University of Florence for their specific research contributions.

Notes

- 1) For more information on Goal 15 – Life on Land of the 2030 Agenda, promoted by the United Nations, see the webpage: sdgs.un.org/goals/goal15 [Accessed 18 March 2023].
- 2) For more information on Goal 11 – Make Cities Inclusive, Safe, Resilient and Sustainable of the 2030 Agenda promoted by the United Nations, see the webpage: sdgs.un.org/goals/goal11 [Accessed 18 March 2023].
- 3) For more information on ProgiReg, ReGreen, Conexus, and Operandum, see the webpages: progiereg.eu; regreen-project.eu; conexusnbs.com; operandum-project.eu [Accessed 18 March 2023].
- 4) For more information on Connecting Nature, Nature4city, Eklipse, and Greeninurbs, see the webpages: connectingnature.oppla.eu; nature4cities.eu; eklipse-mechanism.eu; greeninurbs.com [Accessed 18 March 2023].
- 5) For more information on the platforms BISE, Climatescan, Climate ADAPT, DRMKC, Natural Hazards-NbS platform, NbS Initiative, Urban Nature Atlas, NWRM, Panorama, ThinkNature, Oppla, weADAPT see the webpages: biodiversity.europa.eu; climatescan.nl; climate-adapt.eea.europa.eu; drmkc.jrc.ec.europa.eu; naturebased-solutions.org; casestudies.naturebasedsolutionsinitiative.org; una.city; nwrn.eu; panorama.solutions/en; platform.think-nature.eu; oppla.eu; weadapt.org [Accessed 18 March 2023].
- 6) For more information on the NatureNetwork platform, see the webpage: networknature.eu [Accessed 18 March 2023].
- 7) The term ‘metadata’ means a set of information on data of various kinds, distinguishing between structure metadata, which defines the architecture of the data and their interrelationship, and content metadata, which classifies and describes the information. The definition is taken from the webpage: accademiadellacrusca.it/it/consulenza/metadati—metadata/347 [Accessed 18 March 2023].
- 8) For more information on the Oppla platform, see the webpage: oppla.eu [Accessed 18 March 2023].
- 9) For more information on the GeolKP platform, see the webpage: geoikp.operandum-project.eu [Accessed 18 March 2023].
- 10) For more information on the Urban Nature Atlas platform, see the webpage: una.city [Accessed 18 March 2023].
- 11) For more information on the Climate Adaptation app platform, see the webpage: climateapp.org [Accessed 18 March 2023].
- 12) For more information on the Climate-Adapt platform, see the webpage: climate-adapt.eea.europa.eu [Accessed 18 March 2023].
- 13) In Computer Science, a ‘tag’ is an elementary unit used to mark fields in a file (therefore also called a marker) in order to process them later. The definition is taken from the following webpage: emporium.treccani.it/it/treccani/cartoleria/poster-definizione.html?utm_source=Treccani-IT&utm_medium=banner&utm_campaign=poster_definizione [Accessed 18 March 2023].

References

- Ambrosino, C. F. and Leone, M. F. (2019), “Catalogue of technical alternatives for climate change adaptation”, in D’Ambrosio, V. and Leone, M. F. (eds), *Environmental Design for Climate Change adaptation 2 – Tools and Guidelines for Climate Risk Reduction*, CLEAN, Napoli, pp. 72-82. [Online] Available at: sitda.net/downloads/biblioteca/Environmental%20Design%20for%20Climate%20Change%20adaptation.%202.%20Tools%20and%20Guidelines%20for%20Climate%20Risk%20Reduction.pdf [Accessed 18 March 2023].
- Bentz, I. M. G. and Franzato, C. (2017), “The relationship between Strategic Design and Metadesign as defined by the levels of knowledge of design”, in *Strategic Design Research Journal*, vol. 10, issue 2, pp. 134-143. [Online] Available at: doi.org/10.4013/sdrj.2017.102.06 [Accessed 18 March 2023].
- Bologna, R., Losasso, M., Mussinelli, E. and Tucci, F. (eds) (2021), *From Urban Districts to Eco-districts Knowledge Methodologies, Strategic Programmes, Pilot Projects for Climate Adaptation*, Maggioli, Sant’Arcangelo di Romagna. [Online] Available at: sitda.net/downloads/biblioteca/Dai%20distretti%20urbani%20agli%20ecodistretti_PRIN%20vol%202%20ebook.pdf [Accessed 18 March 2023].
- Canepa, M., Mosca, F., Barath, S., Changenet, A., Hauck, T. E., Ludwig, F., Rocciotiello, E., Pianta, M., Selvan, S. U., Vogler, V. and Perini, K. (2022), “Ecolopes, oltre l’inverdimento – Un approccio multi-specie per lo spazio urbano | Ecolopes, beyond greening – A multi-species approach for urban design”, in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 11, pp. 238-245. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/11212022 [Accessed 2 May 2023].
- Capra, F. and Luisi, P. L. (2020), *Vita e natura – Una visione sistemica*, Aboca, Sansepolcro (AR).
- Colamedici, A. and Gancitano, M. (2021), *L'alba dei nuovi dei – Da Platone ai big data*, Mondadori, Milano.
- Dessi, V., Farnè, E., Ravanello, L. and Salomoni, M. T. (2018), *Rigenerare la città con la natura – Strumenti per la progettazione degli spazi pubblici tra mitigazione e adattamento ai cambiamenti climatici*, Maggioli Editore, Santarcangelo di Romagna. [Online] Available at: territorio.regione.emilia-romagna.it/paesaggio/formazione-lab-app-1/rigenerare_la_citta_con_la_natura_2_ed.pdf [Accessed 18 March 2023].
- EEA – European Environmental Agency (2021), *Nature-based solutions in Europe – Policy, knowledge and practice for climate change adaptation and disaster risk reduction*, Report no. 01/2021. [Online] Available at: eea.europa.eu/publications/nature-based-solutions-in-europe/ [Accessed 18 March 2023].
- European Commission (2020), *EU Biodiversity Strategy for 2030 – Bringing nature back into our lives*, 380 final. [Online] Available at: op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/a3c806a6-9ab3-11ea-9d2d-01aa75ed71a1/language-en/format-PDF/source-search [Accessed 18 March 2023].
- Gausa, M. (2022), “Topologie verdi e paesaggi oltre il paesaggio – 30 anni di ricerche avanzate sulla ibridizzazione del verde | Green topologies and landscapes beyond the land – A 30-year research on green hybridization”, in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 11, pp. 14-25. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/1112022 [Accessed 18 March 2023].
- Ghosh, A. (2022), *La maledizione della noce moscata – Parabole per un pianeta in crisi*, Neri Pozza, Vicenza.
- IEEP – Institute for European Environmental Policy (2016), *The Health and Social Benefits of Nature and Biodiversity Protection – Annex 1 – 20 Case Studies*. [Online] Available at: ec.europa.eu/environment/nature/knowledge/pdf/Health%20and%20Social%20Benefits%20of%20Nature%20-%20case%20studies.pdf [Accessed 18 March 2023].
- IPBES – Intergovernmental science-policy Platform for Biodiversity and Ecosystem Services (2019), *Summary for*

policy makers of the global assessment report on biodiversity and ecosystem services, IPBES secretariat, Bonn. [Online] Available at: doi.org/10.5281/zenodo.3553579 [Accessed 18 March 2023].

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change (2022), *Climate Change 2022 – Impacts, Adaptation and Vulnerability – Summary for Policymakers*, Switzerland. [Online] Available at: ipcc.ch/report/ar6/wg2/downloads/report/IPCC_AR6_WGII_SummaryVolume.pdf [Accessed 18 March 2023].

IUCN – International Union for Conservation of Nature (2016), *Nature-based Solutions to address global societal challenges*. [Online] Available at: portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/2016-036.pdf [Accessed 18 March 2023].

Lewis, S. and Maslin, M. (2019), *Il pianeta umano*, Einaudi, Torino.

Life Metro Adapt (2020), *Soluzioni Naturalistiche (NbS) per la città metropolitana di Milano*. [Online] Available at: cittametropolitana.mi.it/export/sites/default/Life_Metro_Adapt/documenti/Soluzioni-Naturalistiche_Schede-Tecniche_Verde-a-Suolo_pub.pdf [Accessed 18 March 2023].

Ministero della Transizione Ecologica (2021), *Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza – Piano di Forestazione Urbana ed Extraurbana*. [Online] Available at: mase.gov.it/sites/default/files/archivio/allegati/PNRR/PNRR_piano_for_estazione.pdf [Accessed 18 March 2023].

Ministero dello Sviluppo Economico (2021), *Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza*. [Online] Available at: governo.it/sites/governo.it/files/PNRR.pdf [Accessed 18 March 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/10.19229/2464-9309/11212022 [Accessed 18 March 2023].

SOS4LIFE – Safe of Soil for Live (2020), *Liberare il suolo – Linee guida per la resilienza urbana negli interventi di rigenerazione*, vol. I. [Online] Available at: sos4life.it/2020/05/publicate-le-linee-guida-sulla-rigenerazione-urbana [Accessed 18 March 2023].

UN-Habitat – United Nations Human Settlements Programme (2020), *World Cities Report 2020 – The Value of Sustainable Urbanization*. [Online] Available at: unhabitat.org/world-cities-report-2020-the-value-of-sustainable-urbanization [Accessed 18 March 2023].

UNDRR – United Nations Disaster Risk Reduction (2021), *World into action – Nature-based solutions for disaster risk reduction*. [Online] Available at: undrr.org/words-action-nature-based-solutions-disaster-risk-reduction [Accessed 18 March 2023].

WEF – World Economic Forum (2020), *The Global Risks Report 2020*. [Online] Available at: weforum.org/reports/the-global-risks-report-2020/ [Accessed 13 May 2023].

World Bank (2021), *A Catalogue of Nature-Based Solutions for Urban Resilience*. [Online] Available at: hdl.handle.net/10986/36507 [Accessed 18 March 2023].

WWF – World Wide Fund for Nature (2018), *Living Planet Report 2018 – Aiming Higher*. [Online] Available at: wwf.org.uk/sites/default/files/2018-10/wwfintl_livingplanet_full.pdf [Accessed 18 March 2023].