

CONTENT

CESARE SPOSTO (EDITORIAL)	<i>Strategie ecosistemiche e infrastrutture verdi in simbiosi con il costruito</i> Ecosystem strategies and green infrastructures in symbiosis with the built form	3
MANUEL GAUSA	<i>Topologie verdi e paesaggi oltre il paesaggio. 30 anni di ricerche avanzate sulla ibridizzazione del verde</i> Green topologies and landscapes beyond the land. A 30-years research on green hybridization	14
FRANCESCA SCALISI, DAVID NESS	<i>Simbiosi tra vegetazione e costruito. Un approccio olistico, sistemico e multilivello</i> Symbiosis of greenery with built form. A holistic, systems, multi-level approach	26
FRANCESCA OLIVIERI	<i>Progettazione simbiotica per un ecosistema urbano resiliente</i> Symbiotic design for a resilient urban ecosystem	40
SIEVIA BARBERO, CAROLINA GIRALDO NOHRA CRISTIAN CAMPAGNARO	<i>Soluzioni sistemiche per un benessere olistico delle città. Processi, risultati e riflessioni</i> Systemic solutions for the holistic well-being of cities. Processes, results and reflections	50
EMANUELA COPPOLA, LEONARDO ZAFFI MICHELE D'OSTUNI	<i>Dalle Superillas al tactical greenery. Sperimentazioni e strategie transcalari di rigenerazione vegetale dello spazio urbano</i> From Superillas to tactical greenery. Experiments and transcalar strategies of vegetal regeneration of urban space	62
KEVIN SANTUS, ISABELLA SPAGNOLO DANIELE ROCCARO, MAICOL NEGRELLO	<i>Progettare l'adattamento. Resilienze di agricoltura urbana nel contesto europeo</i> The Resilience of urban agriculture in the European context	74
BEATRICE BALDUCCI, FRANCESCO CAMILLI	<i>Progettare l'ecologia. Il vegetale come paradigma possibile di un'architettura sostenibile e resiliente</i> Designing ecology. The organic as a possible paradigm of a sustainable and resilient architecture	84
SIMONA TALENTI, ANNARITA TEODOSIO	<i>Grattacieli e vegetazione. Una simbiosi inedita</i> Skyscrapers and greenery. An unprecedented symbiosis	94
ANTONELLA FALZETTI, INA MACAIONE VERA AUTILIO	<i>Ordine, complessità, misura. Il progetto tra architettura e natura</i> Order, complexity, measure. The project between architecture and nature	104
ALBERTO BOLOGNA, ADRIANA GHERSI STEFANO MELLI	<i>Letture integrate per il verde pensile urbano. Codici espressivi e forme di natura</i> Integrated readings for the urban green roof. Expressive codes and forms of nature	114
OSCAR E. BELLINI, GIUSEPPE RUSCICA VITTORIO PARIS	<i>Verso una nuova ecologia dell'abitare condiviso. Verde tecnologico e Internet of Nature</i> Towards a new ecology of shared living. Technological greenery and the Internet of Nature	124
DANIEL IBÁÑEZ, VICENTE GUALLART MICHAEL SALKA	<i>La prototipizzazione pedagogica di edifici ecologici avanzati e biocittà presso il Valldaura Labs</i> On pedagogical prototyping of advanced ecological buildings and biocities at Valldaura Labs	136
EMANUELE SOMMARIVA, NICOLA V. CANESSA GIORGIA TUCCI	<i>Azioni verdi per città innovative. Il nuovo paesaggio agroalimentare</i> Green actions for innovative cities. The new agri-food landscape	150
VALERIA D'AMBROSIO, FERDINANDO DI MARTINO MARINA RIGILLO	<i>Tecnologie geocomputazionali digitali per il metaprogetto di infrastrutture verdi urbane</i> Digital geocomputational technologies for the metaproject of urban green infrastructures	162
ROBERTA COCCI GRIFONI, TIMOTHY D. BROWNLEE GRAZIANO E. MARCHESANI, MARIA F. OTTONE	<i>La micro-forestazione urbana per l'adattamento climatico nei porti minori del medio Adriatico</i> Urban micro-forestry for climate adaptation in the smaller ports of the mid-Adriatic sea	172
CAROLA CLEMENTE, MASSIMO PALME, ANNA MANGIARDI DANIELE LA ROSA, RICCARDO PRIVITERA	<i>Il verde urbano nella riduzione dei carichi di raffrescamento. Simulazioni nel clima Mediterraneo</i> Urban green areas in the reduction of cooling loads. Simulations in the Mediterranean climate	182
RENATA VALENTE, ROBERTO BOSCO SAVINO GIACOBBI, SALVATORE LOSCO	<i>Il progetto di infrastrutture verdi per le acque piovane. Note di metodo da un caso studio</i> Green stormwater infrastructures research through design. Method notes from a case study	192
FABRIZIO TUCCI, MARCO GIAMPAOLETTI	<i>Soluzioni green per la sottrazione e lo stoccaggio di carbonio nei distretti urbani</i> Green solutions for removing and storing carbon in urban districts	202
MAURIZIO M. BOCCONCINO, MARIAPAOLA VOZZOLA	<i>Repertori aperti per istruire sistemi urbani ecologici. Strumenti grafici e transizione verde</i> Open repertoires for instructing ecological urban systems. Graphic tools and green transition	214
JULIA NERANTZIA TZORTZI, MARIA STELLA LUX	<i>Rinverdire i centri storici. Il ruolo dello spazio pubblico nell'infrastruttura verde di Milano</i> Renaturing historical centres. The role of private space in Milan's green infrastructures	226
MARIA CANEPA, FRANCESCA MOSCA ENRICA ROCCOJIELLO, ALEXANDRE CHANGENET ET ALII	<i>Ecologies, oltre l'inverdimento. Un approccio multi-specie per lo spazio urbano</i> Ecologies, beyond greening. A multi-species approach for urban design	238
CHIARA CATALANO, ANDREA BALDUCCI	<i>Analisi ambientale e progettazione ecosistemica. Sondaggi, criticità e soluzioni applicative</i> Environmental analysis and ecosystemic design. Survey, critical issues and application solutions	246
BRENDA CHAVES COELHO LEITE, LUCAS GOBATTI ISABELA GAMBÁ HÜTTENLOCHER	<i>Tetti verdi subtropicali a bassa manutenzione. Verde spontaneo e profondità del substrato</i> Low-maintenance subtropical green roofs. Spontaneous vegetation and substrate depth	258
LUCAS BÜSCHER, ROMAN POLSTER HEIKE KLUSMANN	<i>Botanical concrete. Sperimentazione su substrati di calcestruzzo per l'inverdimento verticale</i> Botanical concrete. Experimentation on concrete substrates for vertical greening	266
FEDERICA DAL FALCO, ROSANNA VENEZIANO MICHELA CARLOMAGNO	<i>Collaborazione tra natura e artificio. Processi simbiotici tra scienze, arti e design</i> Natural and artificial interaction. Symbiotic processes between science, art and design	274
MARINELLA FERRARA, ALESSANDRO SQUATRITO	<i>L'innovazione design-driven dei materiali circolari a base biologica. Strategie e competenze per la progettazione</i> Design-driven innovation of bio-based circular materials. Design strategies and skills	288

11

International Journal of Architecture Art and Design

11 | 2022

VEGETAZIONE – LA SUA SIMBIOSI CON IL COSTRUITO | GREENERY – ITS SYMBIOSIS WITH THE BUILT ENVIRONMENT

AGATHÓN

VEGETAZIONE
LA SUA SIMBIOSI
CON IL COSTRUITO

GREENERY
ITS SYMBIOSIS WITH
THE BUILT ENVIRONMENT

DEMETRA
Ce.Ri.Med.
CENTRO DOCUMENTAZIONE E
RICERCA EURO-MEDITERRANEA



PALERMO
UNIVERSITY
PRESS

ISSN online
2532-683X



ISSN print 2464-9309

70006

9 772464 930001

11
2022

AGATHÓN
International Journal
of Architecture, Art and Design

ISSN print: 2464-9309 – ISSN online: 2532-683X

Scientific Directors

GIUSEPPE DE GIOVANNI, CESARE SPOSITO (University of Palermo, Italy)

Managing Director

MICAELA MARIA SPOSITO

International Scientific Committee

ALFONSO ACOCCELLA (University of Ferrara, Italy), **JOSE BALLESTEROS** (Polytechnic University of Madrid, Spain), **ROBERTO BOLOGNA** (University of Firenze, Italy), **TAREK BRIK** (University of Tunis, Tunisia), **TOR BROSTRÖM** (Uppsala University, Sweden), **JOSEP BURCH I RIUS** (University of Girona, Spain), **ALICIA CASTILLO MENA** (Complutense University of Madrid, Spain), **JORGE CRUZ PINTO** (University of Lisbon, Portugal), **MARIA ANTONIETTA ESPOSITO** (University of Firenze, Italy), **EMILIO FAROLDI** (Polytechnic University of Milano, Italy), **GIOVANNI FATTA** (University of Palermo, Italy), **FRANCISCO JAVIER GALLEGO ROCA** (University of Granada, Spain), **PIERFRANCO GALLIANI** (Polytechnic University of Milano, Italy), **JAVIER GARCÍA-GUTIÉRREZ MOSTEIRO** (Polytechnic University of Madrid, Spain), **MOTOMI KAWAKAMI** (Tama Art University, Japan), **WALTER KLASZ** (University of Art and Design Linz, Austria), **INHEE LEE** (Pusan National University, South Korea), **MARIO LOSASSO** ('Federico II' University of Napoli, Italy), **MARIA TERESA LUCARELLI** (Mediterranea University of Reggio Calabria, Italy), **RENATO TEOFILO GIUSEPPE MORGANTI** (University of L'Aquila, Italy), **OLIMPIA NIGLIO** (Hokkaido University, Japan), **MARCO ROSARIO NOBILE** (University of Palermo, Italy), **ROBERTO PIETROFORTE** (Worcester Polytechnic Institute, USA), **CARMINE PISCOPO** ('Federico II' University of Napoli, Italy), **PAOLO PORTOGHESI** ('Sapienza' University of Roma, Italy), **PATRIZIA RANZO** ('Luigi Vanvitelli' University of Napoli, Italy), **DOMINIQUE ROUILLARD** (National School of Architecture Paris Malaquais, France), **LUIGI SANSONE** (Art Reviewer, Milano, Italy), **ANDREA SCIASCIA** (University of Palermo, Italy), **FEDERICO SORIANO PELAEZ** (Polytechnic University of Madrid, Spain), **BENEDETTA SPADOLINI** (University of Genova, Italy), **CONRAD THAKE** (University of Malta), **FRANCESCO TOMASELLI** (University of Palermo, Italy), **MARIA CHIARA TORRICELLI** (University of Firenze, Italy)

Editor-in-Chief

FRANCESCA SCALISI (DEMETRA Ce.Ri.Med., Italy)

Editorial Board

MARIO BISSON (Polytechnic University of Milano, Italy), **TIZIANA CAMPISI** (University of Palermo, Italy), **CLICE DE TOLEDO SANJAR MAZZILLI** (University of São Paulo, Brazil), **GIUSEPPE DI BENEDETTO** (University of Palermo, Italy), **ANA ESTEBAN-MALUENDA** (Polytechnic University of Madrid, Spain), **RAFFAELLA FAGNONI** (IUAV, Italy), **ANTONELLA FALZETTI** ('Tor Vergata' University of Roma, Italy), **RUBÉN GARCÍA RUBIO** (Tulane University, USA), **MANUEL GAUSA** (University of Genova, Italy), **PILAR CRISTINA IZQUIERDO GRACIA** (Polytechnic University of Madrid, Spain), **PEDRO ANTÓNIO JANEIRO** (University of Lisbon, Portugal), **MASSIMO LAURIA** (Mediterranea University of Reggio Calabria, Italy), **INA MACAIONE** (University of Basilicata, Italy), **FRANCESCO MAGGIO** (University of Palermo, Italy), **ELODIE NOURRIGAT** (Ecole Nationale Supérieure d'Architecture Montpellier, France), **ELISABETTA PALUMBO** (University of Bergamo, Italy), **FRIDA PASHAKO** (Epoka University of Tirana, Albania), **JULIO CESAR PEREZ HERNANDEZ** (University of Notre Dame du Lac, USA), **PIER PAOLO PERRUCCIO** (Polytechnic University of Torino, Italy), **ROSA ROMANO** (University of Firenze, Italy), **MONICA ROSSI-SCHWARZENBECK** (Leipzig University of Applied Sciences, Germany), **DARIO RUSSO** (University of Palermo, Italy), **MARCO SOSA** (Zayed University, United Arab Emirates), **ZEILA TESORIERE** (University of Palermo, Italy), **ANTONELLA TROMBADORE** (World Renewable Energy Network, UK), **ANTONELLA VIOLANO** ('Luigi Vanvitelli' University of Campania, Italy), **GASPARE MASSIMO VENTIMIGLIA** (University of Palermo, Italy), **ALESSANDRA ZANELLI** (Polytechnic University of Milano, Italy)

Assistant Editor

SANTINA DI SALVO (DEMETRA Ce.Ri.Med.)

Graphic Designer

MICHELE BOSCARINO

Executive Graphic Designer

ANTONELLA CHIAZZA, PAOLA LA SCALA

Web Editor

PIETRO ARTALE

Il Journal è stampato con il contributo degli Autori che mantengono i diritti sull'opera originale senza restrizioni.

The Journal is published with fund of the Authors whom retain all rights to the original work without any restrictions.

AGATHÓN adotta il sistema di revisione del double-blind peer review con due Revisori che, in forma anonima, valutano l'articolo di uno o più Autori. I saggi nella sezione 'Focus' invece non sono soggetti al suddetto processo di revisione in quanto a firma di Autori invitati dal Direttore Scientifico nella qualità di esperti sul tema.

The AGATHÓN Journal adopts a double-blind peer review by two Referees under anonymous shape of the paper sent by one or more Authors. The essays on 'Focus' section are not subjected to double-blind peer review process because the Authors are invited by the Scientific Director as renowned experts in the subject.

AGATHÓN è stata inclusa nella lista ANVUR delle riviste di classe A per l'area 08 e i settori 08C1, 08D1, 08E1 e 08E2 a partire dal volume 1 del 2017.

AGATHÓN has been included in the Italian ANVUR list of A Class journals for area 08 and sectors 08C1, 08D1, 08E1 and 08E2 starting from January 2017.

AGATHÓN | International Journal of Architecture Art and Design

Issues for year: 2 | ISSN print: 2464-9309 | ISSN online: 2532-683X

Registrazione n. 12/2017 del 13/07/2017 presso la Cancelleria del Tribunale di Palermo

Registration number 12/2017 dated 13/07/2017, registered at the Palermo Court Registry

Editorial Office

c/o DEMETRA Ce.Ri.Med. | Via Alloro n. 3 | 90133 Palermo (ITA) | E-mail: redazione@agathon.it

Promoter

DEMETRA Ce.Ri.Med.

Centro Documentazione e Ricerca Euro-Mediterranea | Euro-Mediterranean Documentation and Research Center

Publisher

Palermo University Press | Via Serradifalco n. 78 | 90145 Palermo (ITA) | E-mail: info@newdigitalfrontiers.com

Finito di stampare nel Giugno 2022 da

Printed in June 2022 by

FOTOGRAF s.r.l. | viale delle Alpi n. 59 | 90144 Palermo (ITA)



AGATHÓN è un marchio di proprietà di Cesare Sposito
AGATHÓN is a trademark owned by Cesare Sposito

Per le attività svolte nel 2021 relative al double-blind peer review process, si ringraziano i seguenti Revisori:

As concern the double-blind peer review process done in 2021, we would thanks the following Referees:

EMANUELE WALTER ANGELICO (University of Palermo), LAURA ANSELMI (Polytechnic University of Milano), ERNESTO ANTONINI (University of Bologna), EUGENIO ARBIZZANI ('Sapienza' University of Roma), VENANZIO ARQUILLA (Polytechnic University of Milano), LAURA BALDUCCO ('Iuav' University of Venezia), GINEVRA BALLETO (University of Cagliari), ADOLFO BARATTA (University of Roma Tre), ANTONINO BENINCASA (University of Bolzano), STEFANO BRUSAPORCI (University of L'Aquila), RICCARDO BUTINI (University of Firenze), DANIELA CALABI (Polytechnic University of Milano), ELIANA CANGELLII ('Sapienza' University of Roma), MARIA RITA CANINA (Polytechnic University of Milano), RENATO CAPOZZI ('Federico II' University of Napoli), ANNA CATANIA (University of Palermo), GIOVANNI CONTI (Polytechnic University of Milano), VINCENZO CRISTALLO ('Sapienza' University of Roma), PIETRO MARIA DAVOLI (University of Ferrara), VALERIA D'AMBROSIO ('Federico II' University of Napoli), VERONICA DAL BUONO (University of Ferrara), ALBERTO DE CAPUA ('Mediterranea' University of Reggio Calabria), PAOLA DE JOANNA ('Federico II' University of Napoli), BARBARA DEL CURTO (Polytechnic University of Milano), GIUSEPPE FALLACARA (Polytechnic University of Bari), CINZIA FERRARA (University of Palermo), VITTORIO FIORE (University of Catania), MARIA LUISA GERMANÀ (University of Palermo), MATTEO LEVA (Polytechnic University of Bari), LORENZO IMBESI ('Sapienza' University of Roma), MATTEO INGARAMO (Polytechnic University of Milano), ANTONINO LABALESTRA (Polytechnic University of Bari), RENZO LECARDANE (University of Palermo), ROBERTO LIBERTI ('Luigi Vanvitelli' University of Campania), LUCIANA MACALUSO (University of Palermo), CARLO MARTINO ('Sapienza' University of Roma), MARTINO MILARDI ('Mediterranea' University of Reggio Calabria), LUIGI MOLLO ('Luigi Vanvitelli' University of Campania), MASSIMO MUSIO-SALE (University of Genova), ELENA MUSSINELLI (Polytechnic University of Milano), INGRID PAOLETTI (Polytechnic University of Milano), SILVIA PERICU (University of Genova), CLAUDIO PIFERI (University of Firenze), MATTEO POLI (Polytechnic University of Milano), RICCARDO POLLO (Polytechnic University of Torino), FABIO QUICI ('Sapienza' University of Roma), GIUSEPPE RIDOLFI (University of Firenze), MARCO SALA (University of Firenze), PAOLA SCALA ('Federico II' University of Napoli), DARIO SCODELLER (University of Ferrara), ANTONELLO MONSÙ SCOLARO (University of Sassari), PAOLO TAMBORRINI (Polytechnic University of Torino), ENZA TERSIGNI ('Federico II' University of Napoli), FRANCESCA THIEBAT (Polytechnic University of Torino), DAVIDE TURRINI (University of Ferrara), ALBERTO ULISSE ('Gabriele D'Annunzio' University of Chieti-Pescara), CALOGERO VINCI (University of Palermo), THEO ZAFFAGNINI (University of Ferrara), IVAN ZIGNEGO (University of Genova).

Strategie ecosistemiche e infrastrutture verdi in simbiosi con il costruito
Ecosystem strategies and green infrastructures in symbiosis with the built environment

Il numero 11 di AGATHÓN raccoglie saggi, studi, ricerche e progetti sul tema Vegetazione | La sua Simbiosi con il Costruito richiamando il ruolo che la Natura in generale e la Vegetazione in particolare possono svolgere nel breve periodo per affrontare l'attuale sfida del surriscaldamento globale e dei cambiamenti climatici causati da deforestazioni e incendi boschivi, urbanizzazioni selvagge, uso indiscriminato di materie prime non rinnovabili e incremento delle emissioni di anidride carbonica, tutti fattori che determinano un impatto devastante sul nostro ormai fragile ecosistema, sulla società e sull'economia. Se Simon aveva intuito già nel 1969 il potenziale di una 'nuova ecologia' in cui componenti animati e inanimati dell'ambiente costruito concorrono a caratterizzare un paesaggio 'unificato', gli studi di Beynus (2002) costituiscono un patrimonio di conoscenze utile alla rigenerazione consapevole e responsabile dell'ambiente costruito: nel corso dei millenni la Natura ha infatti perfezionato strategie e soluzioni, processi e meccanismi per adattarsi alle diverse condizioni climatiche e fisiche attraverso la razionalizzazione dell'utilizzo di materia e di energia ottimizzando gli scambi metabolici di tipo materiale e immateriale.

Mentre il Movimento Moderno ha considerato paesaggio, urbanistica, architettura e design come discipline separate, nel nuovo millennio si rileva uno 'spostamento scalare' in cui esse sono assunte come parti di un sistema territoriale unificato nel quale si è chiamati a superare l'antropocentrismo e a progettare per l'uomo e per le altre forme viventi, in un rapporto di profonda conoscenza e comprensione delle traiettorie e dei bisogni reciproci degli esseri umani e non umani (Tesoriere, 2020). La relazione tra le parti del sistema assume un'importanza nevralgica quando adottiamo una visione più ampia e sistemica, supportata da un approccio olistico e partecipativo (Otto, 2008); le tecnologie digitali possono supportare questa 'doppia convergenza' verso una 'ecologia cibernetica', consentendoci di vedere il mondo naturale e quello artificiale come un unicum (Ratti and Belleri, 2020).

I nuovi metabolismi urbani, soprattutto quelli delle grandi città che le Nazioni Unite definiscono 'centrali della crescita economica' (UN, 2022), sono individuati dalla letteratura scientifica come una delle principali cause del cambiamento climatico e dell'emergenza ambientale e al tempo stesso il luogo principe in cui impiegare soluzioni basate sulla natura, come se queste ultime da sole siano in grado di generare città più sane e più vivibili e risolvere la condizione di emergenza che investe il nostro Pianeta. È opinione consolidata (Pao and Chen, 2019) che la soluzione al problema ambientale è rappresentata da un nuovo paradigma fondato sul disaccoppiamento di crescita economica, impatto ambientale e consumo delle risorse, secondo un nuovo modello economico circolare capace di garantire uno stesso livello di produttività economica con una sensibile riduzione dello sfruttamento delle risorse primarie non rinnovabili. Nell'attesa, una delle soluzioni più promettenti è offerta da una nuova visione eco-sistemica capace di integrare natura e città, eco-struttura e infra-struttura, tecnologia, topografia e topologia, 're-naturalizzando' le preesistenze, il connettivo, gli spazi di risulta, i vuoti urbani e le aree di margine attraverso nuovi repertori spaziali e architettonici ibridi, tessuti urbani, maglie e geometrie più permeabili, flessibili, fluidi e organici legati alle dinamiche proprie di un ambiente in continua mutazione e alle sue manifestazioni multi-scalari (Gausa, 2022) attraverso una vegetazione declinata in tutte le sue differenti sfumature, valenze o gradienti forestali, arbustivi, agricoli ma anche vegetali e minerali, con un approccio olistico, multiscale e trasversale. In questo modo si potrà favorire il passaggio da un'ecologia difensiva a un'ecologia proattiva e tecnoperformativa, come nel caso del Deep Green di Guatemala City con il quale ecoLogicStudio sviluppa un Masterplan ecologico che, in un'ottica di metabolismo urbano integrato e simbiotico e attraverso intelligenza artificiale e algoritmi, consente di definire scenari e strategie per potenziare le infrastrutture biologiche, metabolizzare l'inquinamento atmosferico, gestire rifiuti, sistema idrico e carbon trading e produrre energia rinnovabile (Scalisi and Ness, 2022), tutti servizi ecosistemici capaci di produrre vantaggi e servizi per l'uomo e l'ecosistema.

In Europa nell'ultimo ventennio la vegetazione è divenuta un elemento essenziale della pianificazione a scala metropolitana e comunale – come dimostrato dai noti All London Green Grid (Greater London Authority, 2012) e Pla Director di Barcellona del 2019 (Àrea Metropolitana de Barcelona, 2020) e dai Piani di Valencia, Madrid, Amsterdam e Parigi – con azioni che prevedono la valorizzazione di foreste urbane e grandi parchi periferici da collegare con le aree centrali attraverso un sistema di corridoi verdi con mobilità sostenibile e vegetazione folta e stratificata, caratterizzata da specie diverse piantumate su lingue verdi permeabili e attrezzate come zone di sosta, ristoro e socializzazione; su questo sistema arterioso principale solitamente se ne innesta uno secondario con aree verdi macro-medie-piccole-micro le cui funzioni sono prevalentemente ricreative (pocket-park, aree attrezzate, ecc.) o ecologiche (orti urbani e comunitari, aree di forestazione, ecc.). Parallelamente, da un lato si promuovono iniziative di urbanistica tattica che mirano a superare il limite di disponibilità economica dell'intervento pubblico attraverso contesti di sperimentazione partecipata (quali i Living Labs di Torino) con soluzioni co-progettate e adattate alle esigenze della città e dei suoi cittadini (Barbero, Giraldo Nohra and Campagnaro, 2022) o come nel caso della Municipalità di Parigi e de Le Permis de Végétaliser (Ville de Paris, 2021), uno strumento che dal 2015 consente ai cittadini, previa autorizzazione e ricezione di un toolkit iniziale, di rimuovere la pavimentazione per fare giardinaggio o posizionare fioriere su aree pubbliche e comuni, dall'altro prendono campo studi sui centri storici, come quello di Milano, nei quali i limiti imposti da densità, vincoli di tutela e complessità morfologiche spostano le azioni di inverdimento dalle aree pubbliche agli spazi privati e in particolare a corti, cortili e facciate cieche.

Negli ultimi anni si sono consolidate le discipline dell'Urban Health e dell'Healthy Urban Planning che mettono in relazione la salute delle popolazioni con gli ambienti urbani in cui vivono (Moscatò and Poscia, 2015) e hanno visto la luce anche importanti manifesti culturali: 'the self-sufficient city' (Guallart, 2014) che promuove tecnologie localizzate per la produzione di energia da fonti rinnovabili e da rifiuti, la gestione e il riciclo dell'acqua piovana, la trasformazione delle materie prime in oggetti utili e la coltivazione di cibo tramite serre sulle coperture piane. Il tutto gestito collettivamente dall'IoT attraverso sensori, attivatori, sistemi informatici e interfacce user-friendly all'interno di una rete con omologhi di prossimità per dar vita a una infrastruttura urbana resiliente, interconnessa, multilivello e flessibile; il Manifesto per una Pianificazione Ecosistemica di Città e Metropoli di Salvador Rueda (Rueda-Palenzuela, 2019), proposto per il nuovo Piano della Mobilità Urbana di Barcellona, con i suoi 'super blocchi' o 'macro-isolati' (Superilles) che limitano al loro perimetro la maggior parte del traffico veicolare privato e pubblico e garantiscono all'interno una viabilità sostenibile, aree di sosta per i pedoni, piazze e consistenti aree a verde (incrementate del 91%) in cui valorizzare la biodiversità; la 'ville du quart d'heure' di Carlos Moreno (2020) che rielabora il concetto di prossimità per il quartiere nel quale devono essere garantite sei funzioni indispensabili (vivere, lavorare, fornire, prendersi cura, apprendere e divertirsi); infine il 'wood urbanism' (Ibañez, Hutton and Moe, 2019) per il quale il legno ingegnerizzato, con le sue proprietà fisiche e meccaniche, le caratteristiche affini ai principi della bioeconomia circolare e le potenzialità per sequestrare il carbonio è assunto come materiale primario per gli edifici e le città del futuro.

Le aree verdi urbane costituiscono un importante strumento per mettere in pratica i principi di 'resilience management' della città contemporanea e quindi per contrastare gli effetti del cambiamento che agiscono in combinato con i fattori di vulnerabilità specifici del territorio e determinano impatti e rischi per persone e cose, attività economiche ed ecosistemi, strutture e trasporti; tuttavia la capacità di fornire benefici di tipo 'ambientale' è funzione sia del loro potenziale ecologico sia del loro corretto inserimento all'interno di una rete infrastrutturale verde più ampia. Questo è il focus delle ricerche pubblicate sul volume, alcune delle quali si indirizzano verso il metaprogetto con la messa a punto di strumenti GIS capaci di strutturare modelli gerarchici utili a mappare l'efficienza ecologica delle aree verdi esistenti e a configurare gli elementi portanti di una potenziale rete di elementi naturali in relazione alla tipologia di servizi ecosistemici richiesti, per valutare ad esempio gli scenari di impatto all'ondata di calore nel medio e lungo termine sulla popolazione più fragile (D'Ambrosio, Di Martino and Rigillo, 2022). Altre ricerche indagano il potenziale di risparmio energetico e di riduzione dei consumi indoor nel clima Mediterraneo (Clemente et alii, 2022) per indirizzare pratiche sostenibili di rigenerazione urbana attraverso la messa a dimora di vegetazione negli spazi aperti disponibili intorno agli edifici con effetti ombreggianti in relazione alla tipologia e alle caratteristiche tecniche degli edifici, alla morfologia e densità dei tessuti urbani e degli spazi all'aperto e alle specie arboree inserite (valutandone gli aspetti dimensionali, di crescita, di manutenzione, la necessità di acqua e la permeabilità solare).

Altre ricerche ancora indagano sulla forestazione urbana e sulla capitalizzazione dello stock di risorse naturali con l'obiettivo primario di contribuire al dimezzamento delle emissioni di carbonio entro il 2030 e pervenire alla neutralità carbonica entro il 2050. È il caso di una ricerca (Tucci and Giampaoletti, 2022) che con l'introduzione di indici tassonomici specifici di stoccaggio del carbonio mette a fuoco strategie rilevanti nel campo delle soluzioni green per incrementare il benessere ambientale nei quartieri di edilizia residenziale pubblica della Città metropolitana di Roma Capitale, illustrando una proposta progettuale di riforestazione urbana integrata con quella complessiva di rigenerazione di quell'area della Capitale attraverso il potenziamento di specie autoctone e ad alta capacità di mitigazione ambientale, incremento delle aree umide e valorizzazione degli spazi aperti. Il volume mette poi in luce le potenzialità della micro-forestazione rispetto a interventi più strutturati come la forestazione, definibile una 'NbS agile' capace di agevolare i processi di transizione verso la sostenibilità urbana (Frantzeskaki and Rok, 2018) poiché più agevole da attuare grazie a tempi più rapidi, spazi più circoscritti, minore manutenzione e costi di esercizio ridotti. Tali interventi possono essere particolarmente indicati per la rigenerazione del sistema costiero che può avvalersi delle aree portuali per limitare gli effetti del calore urbano in regime estivo, reinserire le infrastrutture portuali all'interno del sistema urbano come aree attrattive per cittadini e turisti e aumentare comfort e sicurezza in aree urbane che nella stagione invernale sono trascurate e poco vissute. Tramite strumenti di simulazione si prevede l'implementazione di una piattaforma parametrica che, generando algoritmi proprietari, consente di avere un controllo ricorsivo su ogni aspetto del processo e di valutare gli effetti di azioni che prevedono, da un lato una sostanziale riduzione delle superfici impermeabili, dall'altro sistemi di inverdimento di tipo lineare (filari di essenze, siepi, pareti verdi, pergole, ecc.), di superficie (prato, tetti verdi, micro-aree boschive, orti, ecc.), puntuali (piccoli giardini, balconi verdi, green corner, ecc.) e con funzione di cuscinetto/filtro attraverso superfici verdi schermanti in grado di configurare spazi aperti in modalità 'protetta' per le attività temporanee stagionali.

In luogo della pianificazione urbanistica tradizionale che tende a frammentare gli ecosistemi si richiamano i valori aggiunti dell'Eco-Planning, disciplina che mira alla bio-integrazione di sottosistemi antropici e naturali per progettare quattro infrastrutture – quella verde della natura, quella blu dell'acqua, quella grigia ingegneristica e quella rossa dell'uomo (Yeang, 2009) – e del Water Sensitive Urban Design (Hoyer et alii, 2011), un approccio metodologico per integrare le interazioni tra il costruito e il ciclo idrico che restituisce soluzioni tecniche valide per drenare e gestire in modo sostenibile l'acqua piovana in città. In quest'ottica è da leggersi la sperimentazione sull'implementazione tra una rete di infrastrutture verdi per l'acqua piovana e una limitata porzione del reticolo idrografico in un tessuto urbano di un'area a nord di Napoli, il cui fine è mettere a punto un metodo di valuta-

zione dei benefici indotti e confrontare le performance degli interventi simulati (Valente et alii, 2022); nello specifico, la dinamica inter-scalare della sperimentazione ha consentito di individuare, attraverso l'analisi delle linee di deflusso delle acque, le aree in cui collocare le Green Stormwater Infrastructures (utili alla bio-integrazione/interazione tra le infrastrutture verdi e blu con interconnessioni anche con quelle rosse) per aumentare la permeabilità del suolo e la vegetazione, componente attiva di tali infrastrutture poiché svolge un'azione disinquinante, ma anche per migliorare la percezione sensoriale e il comfort degli utenti e favorire l'assorbimento degli inquinanti aerei.

Tra le infrastrutture verdi sono da annoverare i 'tetti verdi' che di certo non rappresentano una novità tra le soluzioni basate sulla natura che il panorama architettonico ci ha offerto nell'ultimo secolo. Tuttavia ad oggi non risultano sufficientemente indagate quelle coperture verdi che impiegano piante spontanee e ruderali, in aree climatiche subtropicali umide, capaci di fornire a basso costo e con ridotta manutenzione una vasta gamma di Servizi Ecosistemici, sopravvivere in contesti fortemente antropizzati e resistere a condizioni avverse con scarsità d'acqua e substrato poco profondo. Un contributo sul tema ce lo fornisce un gruppo di ricercatori dell'Università di San Paolo (Chaves Coelho Leite, Gobatti and Gamba Huttenlocher, 2022) i quali, attraverso una sperimentazione in banchi di prova, hanno caratterizzato con rigore scientifico i primi mesi di crescita della vegetazione spontanea e ruderale nei tetti fino al raggiungimento della copertura vegetale totale, fase ritenuta cruciale per comprendere appieno le dinamiche di colonizzazione e la sua resilienza ai fini di un successivo più ampio utilizzo. Attraverso l'analisi di dati quantitativi e qualitativi la ricerca, da un lato ha individuato il miglior compromesso tra colonizzazione delle specie analizzate, spessore del substrato e leggerezza della copertura, dall'altro ha messo in luce le valenze paesaggistiche ed estetiche di queste specie che concorrono a realizzare un ecosistema più resiliente e a consolidare le relazioni culturali e storiche tra la popolazione e la vegetazione urbana.

Tra i parametri di valutazione delle infrastrutture verdi e dei processi di rinaturalizzazione finalizzati a contrastare gli effetti del cambiamento climatico o a promuovere la resilienza e la biodiversità sono da tenere in considerazione anche servizi ecosistemici quali l'agricoltura urbana e gli orti comunitari poiché forniscono numerosi benefici socio-ecologici su base locale e promuovono l'accesso a fonti alimentari sane e a chilometro zero. Le esperienze maturate nell'ultimo ventennio dimostrano come il fenomeno di riappropriazione degli spazi 'tra città e campagna' sia un fenomeno in crescita soprattutto grazie agli under 35 che hanno dato vita a processi agroalimentari innovativi e a una transizione agricola della città tutt'altro che bucolica (Negrello et alii, 2022): superando la loro funzione primaria gli spazi agricoli assolvono a funzioni differenti (scenari produttivi innovativi, ospitalità agrituristica, infrastrutture verdi, corridoi ecologici, paesaggi del benessere e del tempo libero, ecc.) proiettandosi verso sistemi più integrati tra uomo, ambiente e tecnologia (tradizionale e avanzata) nelle diverse scale del progetto. È il caso dei progetti e delle sperimentazioni (BIO.tech HUT, Bio-Bombola, PhotoSynthetica Curtains e BioFactory, solo per citarne alcuni) di ecoLogicStudio che, attraverso il supporto della microbiologia e della biotecnologia, impiegano specie vegetali (ma anche animali), e in particolare le alghe, come infrastrutture naturali, interconnessioni biologiche, biosensori o metabolizzatori degli inquinanti urbani ed elementi nutrizionali dall'elevato apporto proteico (Scalisi and Ness, 2022).

In questo contesto 'iper-funzionale', oltre a promuovere forme di alimentazione più sane e sostenibili, l'agricoltura può determinare nuove opportunità economiche, sociali e qualitative per il nostro habitat urbano, creando catene di valore che migliorino la gestione delle risposte ambientali e rendano i contesti urbanizzati meno vulnerabili a dinamiche di trasformazione erosiva, agendo anche sui processi di rigenerazione urbana con temi fondanti della circolarità, quali il riuso e il riciclo che divengono strumenti multiscalari, rispetto all'approvvigionamento delle risorse, incrementando il riutilizzo delle acque meteoriche o il riuso di rifiuti organici urbani come fertilizzanti (Ferreira et alii, 2018); con gli scarti della produzione agricola possono prendere vita anche nuovi materiali (Ferrara and Squatrito, 2022), come testimoniato da una realtà emergente e produttivamente diversificata fatta di aziende dinamiche che hanno raggiunto stadi di sviluppo diversi anche rilevanti in termini di produzione, commercializzazione e distribuzione di materiali e prodotti circolari innovativi e a base biologica.

Diversi sono gli esempi degni di nota il cui comune denominatore è rintracciabile nella capacità aziendale di narrare i prodotti a partire dai materiali, nel legame con il territorio e le comunità locali e nella varietà del livello di artigianalità e industrializzazione: Miyuca, (Italia) progetta e produce artigianalmente oggetti con un nuovo materiale composito (LAAB), a base di foglie caduche e di una resina di origine naturale per la produzione di basi per tavoli e lampade; KeepLife (Italia) produce un materiale composito di natura lignea, plasmabile e auto-indurente, che utilizza gusci di frutta secca e lignina senza cariche o riempitivi, solventi o formaldeide, con differenti colorazioni utilizzando pigmenti derivati da terre locali; Ottan (Turchia) commercializza semilavorati in pannelli da 0,2 a 2 cm di spessore per rivestimenti di interni a partire da scarti alimentari, agricoli o da sfalci e potature con leganti di origine naturale; Mogu (Italia) produce e commercializza un pannello fonoassorbente composto da scarti della produzione agro-industriale, fibre di cotone e paglia, colonizzati dalle spore del micelio; Coffeefrom (Italia) è un materiale privo di bisfenolo composto da scarti di caffè locale impiegato nella produzione di oggetti come tazze, bicchieri e packaging certificati per il contatto con il cibo. In questa direzione si muove anche il progetto di cooperazione internazionale Creative Food Cycles (Sommariva, Canessa and Tucci, 2022) che realizza con gli scarti del caffè ceramiche e vasi compostabili, con quelli del latte recupera un'antica lavorazione per produrre finte madreperle e con altri materiali di scarto (lische di pesce, gusci delle uova, buccia di frutti e gusci della frutta secca) realizza bio-materiali complementari alla prototipazione di prodotti, sempre in un'ottica di replicabilità e riproducibilità domestica dei processi.

Superato il classico dualismo artificiale/naturale alla scala architettonica si prefigurano nuovi scenari progettuali capaci di incidere anche profondamente sul linguaggio e sull'espressività del costruito, da un lato con la rivalutazione di pratiche e tecniche indigene e vernacolari che riscoprono i materiali tradizionali, dall'altro sfruttando le potenzialità delle computer sciences, della bio-ingegneria, delle tecnologie digitali, del disegno parametrico e della stampa 3D. Si creano nuove mediazioni e forme di intelligenza mutate da una molteplicità di specie viventi per configurare soluzioni di bio-design e bio-architettura ma anche nuove opportunità di sostenibilità circolare, di biodiversità, salute, benessere e qualità della vita. Inizia a prendere corpo una progettualità ispirata alla natura, fondata su una dimensione concettuale tutt'altro che dogmatica a dimostrazione che è possibile superare la cattiva pratica del greenwashing e dar vita a una 'nuova ecologia' in cui uomo e natura concorrono a caratterizzare un inedito paesaggio 'unificato' in un rapporto di profonda conoscenza e comprensione reciproca per costruire un rapporto di simbiosi, integrazione e adattamento.

L'integrazione della componente vegetale nel progetto con il recupero di tecniche costruttive vernacolari ed ecologiche come quelle dei Khasis, degli Uros e dei Maasai (Balducci and Camilli, 2022), che integrano la dimensione organica e mutevole del materiale vegetale nello spazio costruito, o indigene come quelle valorizzate dallo studio canadese Brook McLroy (Falzetti, Macaione and Autilio, 2022), che con il supporto degli architetti nativi indaga sulla natura disomogenea del legno per integrarla nel processo costruttivo e nel progetto – finalità perseguita anche dalle sperimentazioni avanzate dell'Institute for Computational Design and Construction e dall'Architectural Association – restituiscono una visione dell'artefatto che non è più 'inerte' ma diviene un nuovo tassello di una più ampia e complessa ecologia; con strumenti differenti ma stesso fine e capacità di minimizzare l'impatto ambientale del costruito, i casi citati dimostrano che l'integrazione della dimensione vegetale nel progetto di architettura non può ridursi a una mera questione tecnica o materiale ma deve diventare un nuovo paradigma fondato su approccio conoscitivo e culturale nei confronti dell'ambiente costruito e della sua dimensione ecologica.

È il caso anche dell'Oasi High-Tech (Falzetti, Macaione and Autilio, 2022), esempio di micro-architettura urbana scalabile che nasce come oasi per il raffrescamento di utenti e cittadini, con spazi minimi ergonomicamente progettati e arredati, tecnologie digitali di controllo e dispositivi integrati di produzione di energia; la micro-architettura incorpora processi biologici, ne governa i benefici sia sul piano estetico che funzionale e produce un microclima controllato e, attraverso una visione sistemica supportata da un approccio olistico e interdisciplinare e un suo uso creativo e strategico, riconduce l'artefatto naturalistico-vegetazionale nel dominio dei dati valutabili e misurabili del progetto: i modelli di indagine vengono strutturati come processo che crea le premesse per una progettualità innovativa e sperimentale, il cui dato di base è la modularità intesa come principio genetico di future mutazioni scalabili alle quali la stessa architettura si sottomette e la cui somma determina il linguaggio architettonico. Alla micro-architettura sperimentale dello Spin-off DoT5-Lab dell'Università 'Tor Vergata' di Roma fanno da contraltare le costruzioni che si sviluppano in altezza, una tipologia quella dei grattacieli storicamente in contrapposizione con la naturalità dei luoghi, nelle quali tetti giardino, pareti vegetali e orti verticali testimoniano la ricerca di una sostenibilità non più legata esclusivamente all'utilizzo di materiali innovativi o alla riduzione dei consumi energetici da fonti fossili, ma caratterizzata dall'impiego del verde per ridefinire una nuova ecologia urbana della quale esempi mirabili sono due progetti frutto della collaborazione tra Patrick Blanc e Jean Nouvel, le torri del One Central Park (2010) di Sydney e de Le Nouvel KLCC (2016) di Kuala Lumpur (Talenti and Teodosio, 2022). Tuttavia, se il più delle volte è dichiarata come elemento strategico per ridurre l'inquinamento e migliorare il microclima delle unità abitative, la vegetazione nei grattacieli sembra prevalentemente assolvere a funzioni estetiche, con pratiche di greenwashing che possono ridurre la biodiversità.

Le attività antropiche legate all'urbanizzazione, destinate a crescere nei prossimi decenni, determinano una sempre maggiore pressione sull'ambiente e sugli habitat naturali e di conseguenza sulla diversità biologica e sul funzionamento degli ecosistemi; svariate ricerche hanno dimostrato che le correnti strategie di pianificazione e governance, a scala urbana e architettonica, mirano all'integrazione di sistemi e infrastrutture 'verdi' per ridurre l'impatto determinato dall'uomo e realizzare principalmente potenziali benefici per la specie umana, mentre trascurano altre specie viventi (fauna) e ignorano le funzioni ecologiche (intese come insieme di ruoli ecologici svolti da ciascuna specie nel proprio ecosistema) delle altre componenti biotiche che invece possono svolgere un ruolo centrale per la biodiversità locale in termini di qualità, quantità e densità (Schrieke et alii, 2021). Poiché la varietà dei servizi ecosistemici (cioè i benefici che tutti gli esseri animati traggono dagli ecosistemi) in una città dipende dalla dimensione, dal numero e dalla qualità dei suoi spazi verdi (McPhearson et alii, 2015), appare evidente la necessità di sfruttare tutti gli spazi e le superfici disponibili e tra questi quelli dell'involucro dell'edificio che, con i suoi piani verticali, orizzontali e/o inclinati, fornisce una superficie maggiore di quella di suolo occupata per ospitare molte più specie viventi rispetto ai tradizionali sistemi di inverdimento. Condividendo la visione del 'net-positive design' (Birkeland, 2008, 2009), l'ambiente costruito dovrebbe restituire all'ambiente naturale più di quanto consuma e in particolare gli edifici dovrebbero diventare 'eco-produttivi' e compensare l'impatto ambientale legato allo sviluppo precedente, dando spazio agli ecosistemi indigeni e aumentando così i servizi ecosistemici in termini assoluti. Diversi sono gli approcci metodologici che fanno delle conoscenze ecologiche uno strumento progettuale; si fa riferimento all'Animal Aided Design di Weisser e Hauck (2017), una metodologia per la progettazione di spazi aperti urbani che tiene conto dei cicli di vita di alcune specie target e degli obiettivi di conservazione della biodiversità, e al Biodiversity Sensitive Urban Design di Garrard e Bekessy (2015), un approccio che valorizza la biodiversità attraverso la creazione di nuovi habitat per favorire lo spostamento degli organismi attraverso diverse tipologie e

densità di sviluppo urbano (Garrard et alii, 2018); in aggiunta è di notevole utilità per i progettisti la guida tecnica *Designing for Biodiversity* (Gunnell, Murphy and Williams, 2019) che illustra come integrare nelle costruzioni (del Regno Unito) le specie che solitamente nidificano sugli edifici sulla base delle loro esigenze vitali.

In quest'ottica appaiono di estremo interesse alcune ricerche presentate nel volume. La prima riguarda il progetto ECOLOPES (Canessa et alii, 2022) che propone un approccio progettuale sistemico e multidisciplinare in una prospettiva multi-specie i cui bisogni (rappresentati dagli ecologi) diventano una parte intrinseca del progetto per creare ecosistemi urbani rigenerativi: attraverso strategie decisionali multi-criteria e indicatori di performance, dati, modelli e applicazioni si interfacciano per fornire al progettista le informazioni rilevanti e utili a elaborare il Modello Informativo con il quale si può simulare la dinamica temporale e spaziale di animali, piante e sviluppo del suolo in funzione di condizioni abiotiche (tipi di suolo o la disponibilità di luce per le piante o di cibo per gli animali, ecc.); le simulazioni prendono in considerazione anche interazioni biotiche come la gestione umana, la predazione degli animali, la dispersione delle piante o l'approvvigionamento dell'habitat. La seconda riguarda il progetto DeMo – Design and Modelling of Urban Ecosystems – A Spatial-based Approach to Integrate Habitats in Built Ecosystems (Catalano and Balducci, 2022) che ha l'obiettivo specifico di ottimizzare gli strumenti e le modalità di cooperazione tra ecologi e progettisti integrando nei metodi di progettazione mappe di idoneità degli habitat e requisiti di nidificazione e adottando procedure parametriche che automatizzino l'integrazione di elementi BIM nell'involucro edilizio a supporto di specifiche specie selvatiche. La terza ricerca sul Botanical Concrete (Büscher, Polster and Klusmann, 2022) si fonda sull'assunto originale secondo il quale, attraverso un approccio innovativo e interdisciplinare basato sul design thinking, il calcestruzzo con funzione strutturale può essere modificato per ospitare l'insediamento mirato (non dannoso) e la crescita delle crittogame e tracheofite, specie che presentano diverse esigenze di substrato. La sperimentazione condotta dagli autori mette a punto, sulla superficie del calcestruzzo strutturale, un primo substrato con aggregati e un microrilievo tridimensionale che favoriscono la bioricettività per i muschi e un substrato secondario a base di materiali riciclati e con una particolare geometria per creare le condizioni favorevoli per l'insediamento e la germinazione delle tracheofite. La sperimentazione, pur con i limiti di una necessaria verifica degli effetti sul calcestruzzo sul medio e lungo termine, offre una promettente soluzione per integrare in simbiosi architettura e vegetazione, migliorare i microclimi locali, aumentare la biodiversità urbana, creare nuovi biotopi, con potenziali vantaggi tecnologici, estetici ed ecologici e bilanciare l'elevata impronta di carbonio del calcestruzzo.

Oltre al GeoBIM (Moretti et alii, 2021) anche l'Internet of Things, il digitale e il deep learning possono svolgere un importante ruolo nel traghettare una nuova ecologia e soprattutto nel gestire gli spazi inverditi grazie all'innovativo sistema Internet of Nature (IoN). Tramite piccoli dispositivi informatici, tecnologicamente sempre più intuitivi, con consumo e costo contenuti, è possibile passare dalla semplice messa a dimora del verde all'attivazione di forme dirette di controllo dell'habitat in termini di Smart Urban Nature, coinvolgendo i residenti nella presa in carico e gestione dell'ambiente urbano, nel controllo sul processo di crescita e mantenimento della vegetazione, nella tutela fisica e salute ecologica della propria residenza e nella promozione della biodiversità ambientale. Applicazioni tutt'altro che sperimentali (Bellini, Ruscica and Paris, 2022), come Treemania e ApisProtect che consentono rispettivamente di tracciare gli uccelli, monitorare gli alberi e contare le api o la cosiddetta infrastruttura Smart Urban Garden che, attraverso una piattaforma e un piccolo radiotrasmettitore bluetooth, permette la condivisione di una pluralità di dati e informazioni in tempo reale sulla biodiversità, sullo stato di salute delle specie animali e vegetali, sulla qualità dell'aria urbana e sulle condizioni, dimostrano che portando la natura online si aprono inedite possibilità per migliorare il nostro rapporto con la natura e pianificare una gestione condivisa e consapevole di città sempre più verdi e intelligenti.

In conclusione, il quadro teorico e sperimentale presentato dal volume 11 di AGATHÓN, seppur non esaustivo delle potenzialità delle soluzioni basate sulla natura e della vegetazione, dimostra come la loro essenza multifunzionale possa contribuire in maniera rilevante, sia con tecniche tradizionali e vernacolari sia facendo ricorso all'IoT e alle tecnologie digitali, da un lato a contrastare gli effetti derivati dai cambiamenti climatici realizzando un costruito più resiliente e meno vulnerabile a dinamiche di trasformazione erosiva, dall'altro a creare ambienti più sani, valorizzare la biodiversità, fornire servizi ecosistemici, migliorare la qualità della vita, favorire nuove opportunità economiche e sociali e creare catene di valore, agendo contemporaneamente sui processi di rigenerazione urbana con i temi fondativi della circolarità e gli strumenti multiscalari. Per raggiungere nel minor tempo possibile tali obiettivi e superare la cattiva pratica del greenwashing è però necessario dare avvio a un nuovo paradigma fondato sul 'passaggio da un'economia di crescita a un'economia di appartenenza' e su una 'nuova ecologia' con la consapevolezza dell'uomo a instaurare un rapporto di simbiosi, integrazione e adattamento alle diverse scale del progetto, magari incentivando iniziative di formazione come quelle del Valldaura Labs dell'IAAC di Barcellona (Ibañez, Guallart and Salka, 2022) che mira a diffondere pratiche per realizzare paesaggi ecologici e tecnologici olisticamente integrati.

an increase in carbon dioxide emissions. These elements cause a devastating impact on our fragile ecosystem, society and the economy. In 1969, Simon had already guessed the potential of a 'new ecology' whose animate and inanimate elements of the built environment characterise a 'unified' landscape. Beynus' studies (2002) are a knowledge heritage useful for the informed and responsible re-generation of the built environment. Over the millennia, Nature has perfected strategies and solutions, processes and mechanisms to adapt to different climates and physical conditions through the rationalisation of the use of matter and energy by optimising material and immaterial metabolic exchanges.

While the Modern Movement has considered landscape, urbanism, architecture and design as separate disciplines, in the new millennium there is a 'scalar shift' in which they are considered part of a unified territorial system, in which we are called to overcome anthropocentrism and to design for man and living beings, in a connection made of profound knowledge and understanding of the trajectories and reciprocal needs of human and non-human beings (Tesoriere, 2020). The relationship between the parts of the system takes on crucial importance when we adopt a broader and more systemic vision, supported by a holistic and participatory approach (Otto, 2008). Digital technologies can support this 'double convergence' in their shift towards a 'cybernetic ecology' allowing us to see the natural and artificial world as a unicum (Ratti and Belleri, 2020).

The new urban metabolisms, especially in big cities, defined by the United Nations as 'fundamental for economic growth' (UN, 2022), in the scientific literature are considered some of the main causes of climate change and environmental emergency. At the same time, they are considered the main places where to use nature-based solutions, as if they were able to create healthier and liveable cities and to solve the emergency condition of our Planet on their own. A well-established opinion (Pao and Chen, 2019) is that the solution to the environmental problem is a new paradigm based on the decoupling of economic growth, environmental impact, and resource consumption, according to a new circular economic model capable of ensuring the same level of economic productivity with a significant reduction in the use of non-renewable primary resources. In the meantime, one of the most promising solutions is provided by a new eco-systemic vision. It is capable of integrating nature and city, eco-structure and infrastructure, technology, topography and topology, 're-naturalising' – through vegetation in all its forms and values, whether forest, shrub, agriculture but also vegetable and mineral aspects – with a holistic, multi-scalar and cross-cutting approach, existent elements, the connection, the resulting spaces, the urban voids and the marginal areas through new hybrid spatial and architectural repertoires, more permeable, flexible, fluid and organic urban fabrics, meshes and geometries linked to the dynamics of a changing environment and its multi-scalar manifestations (Gausa, 2022). This is the method to favour the shift from a defensive ecology to a proactive and techno-performative one. It was the case of Deep Green in Guatemala City, in which EcoLogicStudio developed an ecological Masterplan that, following an integrated and symbiotic urban metabolism, uses artificial intelligence and algorithms to define scenarios and strategies aimed at enhancing biological infrastructure, metabolising air pollution, managing waste, the water system and carbon trading, and to produce renewable energy (Scalisi and Ness, 2022). These ecosystem services can provide advantages and services for man and the ecosystem.

Over the last twenty years, in Europe, greenery has become a fundamental element at municipal and metropolitan levels – as demonstrated by the renowned All London Green Grid (Greater London Authority, 2012), Pla Director of Barcelona, in 2019 (Àrea Metropolitana de Barcelona, 2020), and the Plans of Valencia, Madrid, Amsterdam and Paris. With actions envisaging the enhancement of urban forests and big peripheral parks to be connected with central areas through a system of green corridors with sustainable mobility and dense and stratified vegetation. The latter is characterised by different species planted on vegetative filter strips, furnished as rest, refreshments and socializing areas. This main system is usually connected with a secondary one with macro-medium-small-micro green areas with mainly recreational (pocket-parks, park areas, etc.) or ecological (urban and community gardens, forestation areas, etc.) functions. At the same time, tactical urban planning initiatives are promoted. They are aimed to overcome the economic availability limit of public works through participatory experimentation contexts (such as the Living Labs in Turin) with co-designed solutions, adapted to the needs of the city and its citizens (Barbero, Giraldo Nohra and Campagnaro, 2022). Another example is the City of Paris and its Le Permis de Végétaliser (Ville de Paris, 2021). Since 2015, this tool allows citizens – after having received authorisation and the initial toolkit – to eliminate the paving for gardening or placing planters on public and communal areas. Further studies are being developed on old towns, such as in Milan, in which the limits imposed by density, protection constraints and morphological complexity shift greening actions from public areas to private spaces and in particular to courtyards, yards and blind façades.

In recent years, the disciplines of Urban Health and Healthy Urban Planning consolidated. They link the populations' health with the urban environments in which they live (Moscato and Poscia, 2015). However, other important cultural landmarks have been created, such as 'the self-sufficient city' (Gualart, 2014). It promotes localised technologies for the production of energy from renewable and waste sources, rainwater management and reuse, the transformation of raw materials into useful objects, and the cultivation of food through greenhouses on flat roofs. It is all managed by IoT through sensors, activators, information systems and user-friendly interfaces within a network with nearby counterparts to create resilient, interconnected, multi-level and flexible urban infrastructures. Another example is the Manifesto for Ecosystemic Planning of Cities and Metropolises by Salvador Rueda (Rueda-Palenzuela, 2019), proposed for the new Barcelona's Urban Mobility Plan. Its 'super-blocks' or 'macro-blocks' (Superilles) limit the majority of private and public traffic flow to their perimeter and guarantee a sustainable road network, rest areas for pedestrians, squares and large green areas (in-

creased by 91%) in which to enhance biodiversity. The 'Ville du quart d'heure' by Carlos Moreno (2020) is another example: it elaborates the concept of proximity for the neighbourhood in which six fundamental functions (living, working, providing, caring, learning and entertainment) must be ensured. Finally, 'wood urbanism' (Ibañez, Hutton and Moe, 2019) in which engineered wood, with its physical and mechanical properties, characteristics linked to the principles of the circular biobased economy and the potential to store carbon is considered as a basic material for the buildings and cities of the future.

Urban green areas are an important tool to implement the 'resilience management' of the contemporary city and therefore to counteract the effects of change acting together with territory-specific vulnerability factors and determine impacts and risks to people and things, businesses and ecosystems, structures and transport. However, the ability to provide 'environmental' benefits is the purpose both of their ecological potential and their proper integration within a wider green infrastructure network. This is the aim of the research papers published on this issue. Some of them are focused on the metaproject and on the set-up of GIS tools capable of structuring hierarchical models to map ecological efficiency of existing green areas and to configure load-bearing elements of a potential network of natural elements linked to the type of required ecosystem services, for example, to evaluate the heat wave impact scenarios in the medium and long term on the most fragile population (D'Ambrosio, Di Martino and Rigillo, 2022). Other research papers investigate the energy-saving and indoor consumption reduction potential in the Mediterranean climate (Clemente et alii, 2022) focusing on sustainable practices of urban regeneration by planting greenery in outdoor spaces around the buildings with shading effects according to the type and technical characteristics of the buildings, the morphology and density of urban fabrics and open spaces, and the tree species included (assessing their size, growth, maintenance, water requirements and solar permeability).

Other research papers investigate urban forestation and the capitalization of natural resources stock with the main objective of contributing to halving carbon emissions by 2030 and reaching total carbon neutrality by 2050. This is the case for the research (Tucci and Giampaolletti, 2022) introducing specific carbon storage taxonomic indices. It focuses on important strategies in the field of green solutions to increase the environmental well-being in public housing districts in the Metropolitan City of Rome. It deals with a design proposal for urban reforestation integrated with the overall regeneration of a specific area of Rome by enhancing native species with high environmental mitigation capacity, the increase of wetlands and the enhancement of open spaces. Moreover, the issue highlights the potential of micro-forestation compared to more structured works such as forestation, which is defined as a 'smart NbS' able to ease the transition processes towards urban sustainability (Frantzeskaki and Rok, 2018) because of its easier implementation, in fact, it requires less time, smaller spaces, less maintenance and reduced running costs. These projects can be especially suitable for the regeneration of the coast system that can benefit from the port areas to limit the effects of urban heat in the summer, reintegrate port infrastructures within the urban system as attractions for citizens and tourists and increase comfort and safety in urban areas that during winter are neglected and empty. By using simulation tools, the implementation of a parametric platform is envisaged. By generating proprietary algorithms, it allows to have a recursive control on every aspect of the process and to evaluate the effects of actions envisaging both a substantial reduction of impermeable surfaces and linear greening systems (rows of plants, hedges, green walls, pergolas, etc.), surface systems (lawns, green roofs, micro-wooded areas, vegetable gardens, etc.), punctual systems (small gardens, green balconies, green corners, etc.) and with a buffer/filter function through green screening surfaces capable of configuring open spaces in 'protected' mode for temporary seasonal activities.

Instead of traditional urban planning that tends to fragment ecosystems, the added values of Eco-Planning are highlighted. This discipline aims at the bio-integration of human and natural subsystems to design four infrastructures – green for nature, blue for water, grey for engineering and red for the man (Yeang, 2009) – and the Water Sensitive Urban Design (Hoyer et alii, 2011), a methodological approach to integrate the interactions between the built environment and the water cycle that provides viable technical solutions for draining and sustainably managing rainwater in the cities. The experimentation on the implementation of a green infrastructure network for rainwater and a limited section of the hydrographic network in an urban fabric of an area north of Naples falls within this framework. It aims to create an assessment method for the induced benefits and compare the performance of simulated interventions (Valente et alii, 2022). In particular, the inter-scalar dynamics of the experimentation made it possible to identify – by analysing the water runoff flow – the areas where to place the Green Stormwater Infrastructures, useful for bio-integration/interaction between green and blue infrastructures with interconnections also with red ones. It aims at increasing the permeability of the soil and vegetation, which is an active component of these infrastructures as it has a depolluting action, but also at improving the sensory perception and comfort of users and at favouring the absorption of air pollutants.

Some green infrastructures are 'green roofs', definitely not a new nature-based solution among the ones proposed by the architectural landscape over the last century. However, to this day, there are not enough studies on green surfaces using wild and ruderal plants, humid subtropical climate areas, capable of providing a wide range of Ecosystem Services at low cost and with low maintenance, surviving in heavily man-made environments and resisting to adverse conditions with water scarcity and shallow substrate. A group of researchers from the University of San Paolo (Chaves Coelho Leite, Gobatti and Gamba Huttenlocher, 2022) provided a paper on the subject. With experimentation made on test benches, they have marked out with scientific precision the first months of growth of wild and ruderal plants on roofs up to reaching full green coverage. This stage is considered fundamental to

fully understanding the dynamics of colonisation and the resilience for subsequent wider use. Through the quantitative and qualitative data analysed for research, it was possible to find the best compromise between the colonisation of the analysed species, the thickness of the substrate and the lightness of the roofing and to highlight the landscape and aesthetic values of these species that contribute to create a more resilient ecosystem and consolidate cultural and historical relations between population and urban vegetation.

Among the assessment parameters of green infrastructures and re-naturalisation processes aimed at tackling the effects of climate change or promoting resilience and biodiversity the ecosystem services, such as urban farming and community gardens, should also be noted as they provide numerous social-ecological benefits to a local scale and promote access to healthy, local food sources. The experience of the last twenty years shows that the reappropriation of public spaces 'between city and countryside' is a growing phenomenon, especially thanks to people under 35 who have created innovative agri-food processes and an agricultural transition in the city that is anything but bucolic (Negrello et alii, 2022). Going beyond their main function, agricultural spaces fulfil different functions (innovative production scenarios, agritourism hospitality, green infrastructures, ecologic corridors, well-being and leisure landscapes, etc.) projecting towards systems integrating better men, environment and (traditional and advanced) technology at the different scales of the project. This is the case for the projects and experimentations (BIO.tech HUT, BioBombola, PhotoSynthetica Curtains and BioFactory, just to name a few) made by ecoLogicStudio. With the support of microbiology and biotechnology, they use plants (but also animal) species, and in particular algae, as natural infrastructures, biological interconnections, biosensors or metabolisers of urban pollutants, and nutrients with a high protein content (Scalisi and Ness, 2022).

In this 'hyper-functional' context, in addition to promoting healthier and more sustainable food sources – thus implementing functional processes necessary for everyday life – agriculture can determine new economic, social and quality opportunities for our urban habitat. It can create chain values to improve the handling of environmental resources and make urbanised contexts less vulnerable to erosive transformation dynamics. However, it can work on urban regeneration processes with key subjects of circularity, such as re-use and recycling that become multi-scalar tools, for example on resource supply, by increasing the re-use of stormwater runoff or the re-use of municipal organic waste as fertilisers (Ferreira et alii, 2018). Agricultural production waste can create new materials (Ferrara and Squatrito, 2022), as shown by an emerging and productively diverse organisation of dynamic companies that have made different but important progress in terms of production, marketing and distribution of innovative and bio-based circular materials and products.

There are many examples worth mentioning whose common thread is the company's ability to narrate the products starting from the materials, their bond with the territory and local communities and the range of craftsmanship and industrialisation levels. Miyuca (Italy) designs and manufactures artisanal objects with a new composite material (LAAB), based on deciduous leaves and a resin of natural origin, to produce table tops and lamps. KeepLife (Italy) produces a composite material with a wood base, mouldable and self-hardening, using dried fruit shells and lignin without loads or fillers, solvents or formaldehyde, with different colourings made of pigments taken from local soils. Ottaan (Turkey) sells semi-finished products with 0.2 to 2 cm thick panels for indoor cladding made from food and agricultural waste or clippings and pruning and binders of natural origin. Mogu (Italy) creates and sells sound-absorbing panels made of waste from agro-industrial production, cotton fibres and straw, colonised by mycelium spores. Coffeefrom (Italy) is a bisphenol-free material made from local coffee waste used in the production of cups, glasses and packaging certified for food contact. Also, the international project Creative Food Cycles (Sommariva, Canessa and Tucci, 2022) goes in this direction. They create compostable pottery and vases from coffee waste, with milk waste they restore the ancient process of fake mother-of-pearl production and with other waste materials (fish bones, egg shells, fruit peelings and dried nutshells) create bio-materials complementary to prototyping products, always considering domestic replicability and reproducibility of processes.

Once the classic artificial/natural dualism is eliminated, at the architectural scale new design scenarios emerge, also capable of profoundly affecting the language and expressiveness of the built environment, on the one hand by re-evaluating indigenous and vernacular practices and techniques that re-discover traditional materials, and on the other by exploiting the potential of computer sciences, bio-engineering, digital technologies, parametric design and 3D printing. They open up to new mediations and intelligence forms borrowed from a multiplicity of living species, to configure bio-design and bio-architecture solutions, but also new opportunities for circular sustainability, biodiversity, health, well-being and quality of life. A design inspired by nature begins to take shape. It is based on a conceptual dimension that is anything but dogmatic. It shows that is possible to overcome the greenwashing bad practice and to create a 'new ecology' in which man and nature characterize an unprecedented 'unified' landscape in a profound bond made of mutual knowledge and understanding to build a relationship based on symbiosis, inclusion and adaptation.

An artefact that is no longer 'inert' is provided by the integration of the greenery into the project with the recovery of vernacular and ecological construction techniques such as Khasis, Uros and Maasai's techniques (Balducci and Camilli, 2022) – which integrate the organic and changing dimension of greenery into the built space – or indigenous' techniques, such as those enhanced by the Canadian studio Brook McIlroy (Falzetti, Macaione and Autilio, 2022). With the support of native architects, they investigate the uneven nature of wood in order to integrate it into the construction process and design – the same aim pursued by the Institute for Computational Design and Construction, and

by the Architectural Association. Hence, the artefact becomes a new part of a wider and more complex ecology. With different tools but the same aim and ability to minimise the environmental impact of the built environment, the mentioned cases show that integrating greenery in the project is not just a technical or material problem but should become a new paradigm based on a cognitive and cultural approach to the built environment and its ecological dimension.

This is the case of Oasi High-Tech (Falzetti, Macaione and Autilio, 2022). It is an example of scalable urban micro-architecture created as an oasis for users and citizens, with ergonomically minimal spaces designed and furnished, digital control technologies and integrated power generation devices. Microarchitecture incorporates biological processes, manages its benefits on an aesthetic and functional level and creates a controlled microclimate. Through a systemic vision supported by a holistic and cross-disciplinary approach and with a creative and strategic use, it brings the naturalistic-vegetation background back into the domain of assessable and measurable project data. The investigation models are structured as a process that creates the premises for an innovative and experimental design, where modularity is its pillar intended as a genetic principle of future scalable changes to which architecture is submitted and whose sum determines the architectural language. The experimental micro-architecture of Spin-off DoT5-Lab at the 'Tor Vergata' University of Rome is counterbalanced by high-rise buildings. Skyscrapers are historically opposed to the nature of places, where roof gardens, green walls and vertical green gardens show the search for sustainability no longer exclusively linked to the use of innovative materials or the reduction of energy consumption from fossil sources but are characterised by the use of greenery to redefine a new urban ecology. Two admirable projects originating from the collaboration between Patrick Blanc and Jean Nouvel are the One Central Park (2010) towers in Sydney and the Le Nouvel KLCC (2016) in Kuala Lumpur (Talenti and Teodosio, 2022). However, even if most times it is considered the fundamental element to reduce pollution and improve the microclimate of house units, skyscrapers' greenery seems mostly used to fulfil aesthetic functions, with greenwashing practices that, with a contemporary surface and an expensive 'dress', can reduce biodiversity.

Human activities linked to urbanisation, destined to grow over the next decades, always determine a higher pressure on the natural environment and habitats and, consequently, on biodiversity and the ecosystem's functioning. Many research studies have shown that current planning and governance strategies, at urban and architectural scales, aim at the integration of 'green' systems and infrastructures to reduce human impact and mainly create benefits for humans, while neglecting other living beings (fauna) and ignoring the ecological functions (the set of ecological roles played by each species in its ecosystem) of the other biotic components that could have a key role in local biodiversity for quality, quantity and density (Schrieke et alii, 2021). Since the variety of ecosystem services (the benefits all living beings get from ecosystems) in a city depends on the size, number and quantity of green spaces (McPhearson et alii, 2015), it is clear the need to use all the available spaces and surfaces. These include the building envelope spaces, which, with their vertical, horizontal and/or inclined planes, provide a greater surface area than the floor area to locate many more living species than traditional greening systems. Sharing the 'net-positive design' (Birkeland, 2008, 2009) vision, the built environment should give back more to the natural environment than it consumes and, in particular, buildings should become 'eco-productive' and compensate for the environmental impact linked to the previous development, giving space to indigenous ecosystems and increasing ecosystem services in general. Several methodological approaches make ecological knowledge a design tool. We refer to Animal Aided Design by Weisser and Hauck (2017), a method to design urban outdoor spaces considering the life cycles of some target species and the objectives of biodiversity conservation, and the Biodiversity Sensitive Urban Design by Garrard and Bekessy (2015), an approach that enhances biodiversity by creating new habitats to encourage the movement of organisms through different types and densities of urban development (Garrard et alii, 2018). Another useful technical guide for designers is Designing for Biodiversity (Gunnell, Murphy and Williams, 2019); it shows how to integrate species that usually nest on constructions into (UK) buildings based on their vital needs.

In this framework, some research papers presented in the issue are extremely interesting. The first one concerns the ECOLOPES (Canessa et alii, 2022) project, it proposes a systemic and cross-disciplinary design approach in a multi-species perspective whose needs (represented by ecologists) become an intrinsic part of the project to create urban regenerative ecosystems. Multi-criteria decision-making strategies and performance indicators, data, models and applications confront to provide the designer with relevant and useful information to elaborate the Information Model needed to simulate the temporal and spatial dynamics of animals, plants and soil development, depending on abiotic conditions that may concern soil types or the availability of light for plants or food for animals. The simulations also consider biotic interactions such as human management, animal predation, plant dispersal or habitat provision. The second concerns the DeMo – Design and Modelling of Urban Ecosystems – A Spatial-based Approach to Integrate Habitats in Built Ecosystems (Catalano and Balducci, 2022). It aims specifically at improving the tools and modes of cooperation between ecologists and designers by integrating into design methods habitat suitability maps and nesting requirements and adopting parametric procedures that automate the integration of BIM elements into the building envelope to support specific wildlife species. The third research on Botanical Concrete (Büscher, Polster and Klussmann, 2022) is based on the original idea that, through an innovative and cross-disciplinary approach based on design thinking, concrete with a functional structure can be modified to locate the targeted (non-damaging) establishment and growth of cryptogams and tracheophytes, species with different substrate requirements. The experimentation carried out by the authors sets up, on the surface of structural concrete, the first substrate with aggregates and a three-dimensional microrelief that

promote bio-receptivity for mosses and a secondary substrate based on recycled materials and with special geometry to create favourable conditions for the establishment and germination of tracheophytes. The experimentation, although limited by a necessary verification of the effects of concrete in the medium and long run, provides a promising solution to symbiotically integrate architecture and vegetation, improve local microclimates, increase urban biodiversity, and create new biotopes, with potential technological, aesthetic and ecological advantages and compensate for the high carbon footprint of concrete.

Together with GeoBIM (Moretti et alii, 2021), the Internet of Things, digital and deep learning can have an important role in the implementation of a new ecology and especially in the management of greener spaces thanks to the innovative Internet of Nature (IoN) system. Employing small, increasingly technologically intuitive, low-consumption and low-cost computing devices, it is possible to shift from simply planting greenery to activating direct forms of habitat control in terms of Smart Urban Nature, involving residents in taking care of the urban environment, controlling the growth and maintenance process of greenery, protecting the physical and ecological health of their location and promoting environmental biodiversity. Treemania and ApisProtect, far from being experimental apps (Bellini, Ruscica and Paris, 2022), allow respectively to track birds, monitor trees and count bees, or the so-called Smart Urban Garden infrastructure. Through a platform and a small Bluetooth radio transmitter, the latter enables to share data and information in real-time on biodiversity, the health status of animal and plant species, urban air quality and conditions, demonstrating that bringing nature online opens up unprecedented possibilities for improving our relationship with nature and planning shared and conscious management of ever greener and smarter cities.

In conclusion, the theoretical and experimental framework presented by AGATHÓN issue number 11, although not exhaustive of the potential of nature-based solutions, shows that their cross-disciplinary essence can relevantly help – both with traditional and vernacular techniques and using IoT and digital technologies – to counteract the effects of climate change by creating a more resilient built environment, less vulnerable to erosive transformation dynamics, and to create healthier environments, enhance biodiversity, provide ecosystem services, improve quality of life, foster new economic and social opportunities and create value chains, while acting on urban regeneration processes with the circularity and multi-scalar tools as pillars. To achieve these goals in the shortest possible time and overcome the greenwashing bad practice in design, it is necessary to start a new paradigm based on the ‘shift from an economics of growth to an economics of belonging’ and on a ‘new ecology’ in which man and nature characterize an unprecedented ‘unified’ landscape in a profound bond made of mutual knowledge and understanding to build a relationship based on symbiosis, inclusion and adaptation at the different scales of the project. For example, by stimulating training initiatives such as those of the Valldaura Labs of the IAAC in Barcelona (Ibañez, Guallart and Salka, 2022), which aim to disseminate practices for holistically integrated ecological and technological landscapes.

Cesare Sposito
Co-Scientific Director
Associate Professor of Architectural Tehcnology
University of Palermo

VEGETAZIONE
LA SUA SIMBIOSI
CON IL COSTRUITO

GREENERY
ITS SYMBIOSIS WITH
THE BUILT ENVIRONMENT

SIMBIOSI TRA VEGETAZIONE E COSTRUITO

Un approccio olistico, sistemico e multilivello

SYMBIOSIS OF GREENERY WITH BUILT FORM

A holistic, systems, multi-level approach

Francesca Scalisi, David Ness

ABSTRACT

Il cambiamento climatico è un effetto dell'azione antropica la quale incide sull'equilibrio del Pianeta prevalentemente con la crescita continua delle città e con l'aumento dei consumi che a loro volta determinano un uso indiscriminato di risorse non rinnovabili. Una soluzione a questo problema è spesso individuata nell'impiego di 'soluzioni basate sulla natura', capaci di offrire numerosi vantaggi e servizi per l'uomo e per l'ecosistema purché il verde, di per sé ecologico, non venga mercificato riducendo di fatto biodiversità e aumentando livelli di inquinamento. Il presente contributo mette in discussione un modello di crescita 'illimitato' e alcuni usi della vegetazione nel costruito in favore di un approccio basato sulla 'sufficienza' e di buone pratiche e sperimentazioni olistiche e illuminanti improntate al design biofilico, supportate da tecnologie di frontiera, fondate su pratiche vernacolari e sviluppate con le comunità locali, capaci di allargare l'obiettivo e affrontare la sfida climatica in un contesto più ampio e a diverse scale.

Climate change is an effect of human action. It affects the balance of the planet mainly because of the ongoing growth of cities and increased consumption, which leads to the indiscriminate use of non-renewable resources. One solution for this problem is often the use of 'nature-based solutions'. They can offer many advantages and services for humans and the ecosystem, as long as greenery – ecological per se – is not commoditised, effectively reducing biodiversity and increasing pollution levels. This paper questions the 'unlimited' growth model and some uses of greenery in the built form in favour of an approach based on 'sufficiency'. Holistic and illuminating good practices and experiments in biophilic design, supported by frontier technologies, based on vernacular practices and in collaboration with local communities, are capable of looking at the big picture and tackling the climate challenge in a wider context and at different scales.

KEYWORDS

soluzioni basate sulla natura, infrastrutture verdi, mitigazione, resilienza, sufficienza

nature-based solutions, green infrastructure, mitigation, resilience, sufficiency

Francesca Scalisi, Architect and PhD, is the Research Manager at the Research Department of DEMETRA Ce.Ri.Med. (Euro-Mediterranean Documentation and Research Center), Palermo, Italy. Her research areas concern the sustainability of the built environment for energy conservation of buildings, green materials, and nanotechnologies. E-mail: demetracerimed.scalisi@gmail.com

David Ness, Architect and PhD, is an Adjunct Professor within UniSA STEM at the University of South Australia. He investigates ways of delivering more services with less resource consumption, carbon, and cost. David was awarded the ARUP Global Research Challenge 2017 to adapt the circular economy to the built environment. He has advised UN ESCAP and UN-Habitat on 'green growth' and eco-efficient and inclusive infrastructure. E-mail: david.ness@unisa.edu.au

Le Nazioni Unite (UN, 2022) hanno descritto gli ampi insediamenti urbani che contribuiscono per il 60% al PIL globale come 'centrali della crescita economica', nonostante siano causa del 75% delle emissioni di gas serra e di oltre il 60% dell'uso delle risorse non rinnovabili; il crescente fenomeno dell'inurbamento e l'aumento sfrenato dei consumi incidono profondamente sull'equilibrio dell'intero ecosistema: si prevede che il mondo richiederà 230 miliardi di metri quadrati di nuove costruzioni entro il 2060, il che equivarrebbe ad aggiungere al pianeta una città come New York ogni 34 giorni (UN Environment and IEA, 2017), una previsione allarmante questa che minaccia la biodiversità e incide profondamente su cambiamento climatico e disuguaglianze sociali ed economiche. Un altro dato deve farci riflettere: il sesto Report di valutazione dell'IPCC (2022a) evidenzia che la quota delle emissioni di gas a effetto serra prodotta dagli agglomerati urbani è salita del 6% dal 2000 al 2015 con un aumento pro capite dell'11,8%, fenomeno principalmente dovuto alla continua crescita delle città del Nord del mondo che producono emissioni di gas serra pro capite 7 volte maggiori rispetto a quelle del Sud.

Nonostante siano considerate tra le principali cause del cambiamento climatico e ambientale, le città sono ironicamente viste come la soluzione attraverso l'impiego della vegetazione in edifici e infrastrutture verdi come se fossero il toccasana per la rigenerazione urbana e per creare città più sane e vivibili. Secondo Xing et alii (2017, p. 14), «[...] there is an instinctive bond between human beings and other living systems, which offers a powerful force to re-green our cities». A questo proposito è opinione consolidata che le 'soluzioni basate sulla natura' offrano molteplici vantaggi per l'uomo e gli ecosistemi, promuovendo al contempo «[...] a more resource-efficient, inclusive and sustainable growth model» (Favre et alii, 2017, p. 510). Una tale visione impone alcune riflessioni: in primo luogo è da chiedersi se, su scala macro, è possibile mettere in atto un modello di crescita 'limitato' prevedendo al contempo la realizzazione di alloggi, infrastrutture e servizi seppur con un'impronta sul suolo e sull'ambiente ridotta; poi, su scala meso o micro, se la vegetazione possa entrare in simbiosi con il costruito o sia semplicemente un elemento estetico e un attrattore, poiché spesso attraverso 'alberi-grattacielo', 'fattorie-grattacielo' ed edifici ricoperti in superficie da vegetazione, grandi città dei '10 minuti'¹ e dei '15 minuti' sono promosse come sostenibili, ecologiche, verdi e inclusive (Kohlstedt, 2016; Moreno, 2020).

In risposta alle suddette criticità il presente contributo adotta un approccio diverso rispetto alla letteratura e alla pratica corrente che tendono a considerare l'integrazione degli ambienti naturali e artificiali in modo ristretto e mira a dimostrare, attraverso una serie di casi studio e di buone pratiche, che si possono trovare soluzioni più olistiche e illuminanti allargando l'obiettivo ed esaminando la sfida in un contesto più ampio e a diverse scale.

Stato dell'arte tra ricerca, programmi urbani e progetti sperimentali | La letteratura scientifica concorda nell'attribuire alle 'infrastrutture verdi'

un ruolo primario per attuare strategie resilienti finalizzate al contrasto degli effetti dei cambiamenti climatici, ma al contempo ne riconosce l'importanza come soluzione per il raggiungimento di obiettivi molteplici tra cui la salvaguardia e la valorizzazione della biodiversità, il miglioramento della qualità della vita e del benessere della popolazione residente in ambito urbano, il consolidamento delle relazioni sociali e lo sviluppo economico (European Commission, 2014, 2019a, 2021a). La definizione promossa dalla European Commission (2013, p. 3) per la quale le 'infrastrutture verdi' sono da intendersi come «[...] a strategically planned network of natural and semi-natural areas with other environmental features designed and managed to deliver a wide range of ecosystem services» riflette il crescente interesse che a partire dal 2006 ha attirato settori scientifici disciplinari diversi – anche tradizionalmente lontani, in maggior misura in contesti climatici temperati o con precipitazione nevose quali Stati Uniti, Cina, Regno Unito, Italia, Australia, Germania, Svezia, Canada e Paesi Bassi (Ying et alii, 2021) – che hanno indagato prevalentemente le tematiche 'ambiente/ecologia', 'pianificazione/politica', 'sociale', 'salute/benessere', 'economia', 'qualità/prestazioni delle infrastrutture verdi', 'acque meteoriche/drenaggio', 'clima' e 'spazio aperto pubblico' (Parker and Zingoni de Baro, 2019).

Anche le diverse scale indagate nella letteratura scientifica contribuiscono a sancire il ruolo strategico che le 'infrastrutture verdi' possono svolgere nel raggiungimento di obiettivi multipli, soprattutto in contesti altamente urbanizzati: alla microscala (relativa a uno specifico sito) si indagano prevalentemente misure di gestione multifunzionali e sostenibili del ciclo idrologico finalizzate al controllo e al riutilizzo delle acque meteoriche ma anche misure per aumentare le superfici permeabili in ambito urbano, tetti e pareti verdi, orti urbani, rain gardens, wetlands, ecc. (Zhang and Chui, 2019); alla meso-scala l'attenzione è rivolta ai contesti urbani (sia zone centrali sia periferiche) e agli spazi pubblici per i servizi ecosistemici che possono produrre in termini di salute umana e ambiente, contrastando l'effetto isola di calore e l'inquinamento dell'aria, ma soprattutto valorizzando la biodiversità (Savas, 2016); alla macroscale l'indagine si estende a tutto il territorio inteso come 'rete ecosistemica diffusa' per garantire la salvaguardia degli habitat naturali e la diversità delle specie che lo popolano (Sheng et alii, 2019).

Sebbene la letteratura scientifica sul tema delle 'infrastrutture verdi' sia stata alquanto prolifica, soprattutto nell'ultimo decennio, le strategie e le misure pubblicate per il loro impiego non hanno trovato ancora larga diffusione, come confermato dal recente Rapporto dell'IPCC (2022b) intitolato *Climate Change 2022 – Impacts, Adaptation and Vulnerability* che, analizzando tutti i settori produttivi, rileva come ad oggi i progressi realizzati siano poco rilevanti e le azioni intraprese non sufficienti. Eppure termini come 'green', 'sustainability', 'greenery' e 'greening' popolano le pagine del web (rispettivamente con 17,13 mld, 2 mld, 99,30 mln e 29,30 mln di pagine trovate tramite il browser Google nell'aprile del 2022) e sono ricorrenti nella nostra quotidianità. Se è anche possibile trovare buone pratiche, l'atten-

zione degli utenti verso il tema lo ha reso prevalentemente una mera strategia di marketing grazie alla quale i diversi settori produttivi mettono in atto quella pratica nota come 'greenwashing', ovvero fornendo informazioni false o incomplete per presentare il proprio brand o prodotto come 'ambientalmente responsabile' al fine di aumentare le vendite o la visibilità dell'azienda (de Freitas Netto et alii, 2020).

Anche il mondo delle costruzioni non è scervato da questa pratica 'irresponsabile' (Olson, 2021), così come i progetti di molte 'archistar' che spesso vengono assunti come modello e riferimento con la complicità di riviste e portali web, proponendo architetture audaci, futuristiche e con un'elegante 'vestito verde' per garantire il successo di un'opera, il cui design architettonico sembra essere la sola chiave per risolvere gli effetti del cambiamento climatico. Caso emblematico è l'Apple Park di Norman Foster, la nuova sede del colosso americano inaugurata a Cupertino nel 2017; la struttura ad anello, con un diametro di 1,6 Km, si sviluppa su sei livelli (due dei quali interrati destinati a parcheggio) e su una superficie di 260.000 metri quadrati calpestabili per accogliere circa 13.000 dipendenti. Apple e Foster non hanno mancato di promuovere la sostenibilità dell'insediamento mettendo in risalto l'impianto fotovoltaico di 17 MW, che garantisce l'autosufficienza energetica, e un parco interno con 9.000 alberi, elementi questi tuttavia non sufficienti a compensare (nonostante i 5 mld di euro spesi) l'impatto e l'occupazione di suolo generato dalle imponenti opere di urbanizzazione realizzate, prime fra tutte la nuova viabilità e i parcheggi esterni a raso, ma anche dalla urbanizzazione che si sta sviluppando attorno al 'disco volante'.

Ciononostante sono anche da segnalare non pochi progetti-azioni che, sia a scala urbana sia architettonica, dimostrano un'acquisita consapevolezza sull'importanza che la vegetazione può avere per la sostenibilità (nella sua triplice declinazione sociale, economica e ambientale) del costruito, permettendoci di immaginare ancora che il futuro del nostro pianeta possa essere più 'verde'. In ambito europeo, possono rappresentare delle buone pratiche i Piani del Verde² redatti da città come Valencia, Madrid, Amsterdam, Parigi ma quello di Barcellona può essere considerato emblematico per varietà di azioni e per estensione del territorio.

Il Barcelona Green Infrastructure and Biodiversity Plan 2020 è stato varato nel 2013 per contrastare la densificazione edilizia (e la relativa perdita di aree verdi nei quartieri), l'intenso traffico veicolare, l'inquinamento atmosferico, gli effetti dell'isola di calore e dei cambiamenti climatici. Con l'obiettivo di incrementare lo spazio verde di un metro quadro per abitante entro il 2030, il Piano contempla oltre 70 progetti e azioni finalizzate a fornire servizi ambientali e sociali, a introdurre la natura nella città, ad aumentare la biodiversità e la connettività tra le infrastrutture verdi frammentate e a rendere la città più resiliente (Ajuntament de Barcelona, 2013; IEEP, 2016), sperimentando una nuova politica per promuovere la creazione di spazi verdi urbani e di orti urbani nelle aree libere, attraverso il coinvolgimento della società civile. Il Piano indica come essenziale la creazione di corridoi verdi



Fig. 1 | Green corridor in Passeig de Sant Joan in Barcelona, part of ENABLE project (credit: ThinkNature Platform).

attrezzati che possano connettere le diverse aree verdi ma anche orti urbani e il verde privato che sono riconosciuti come un'importate componente dell'infrastruttura urbana; particolare attenzione è poi riservata alla zona costiera delle dune e alla foresta periurbana di Collserola per i delicati ecosistemi che ospitano, ma anche per l'impatto positivo che generano sul turismo e sull'economia locale.

Tra i punti di forza del Piano si segnalano il Master Plan degli Alberi da attuare con un budget di 9,4 milioni di euro all'anno e i Corridoi Verdi con una folta vegetazione (caratterizzata da specie diverse e posizionamento stratificato) piantumata parallelamente alle strade su lingue verdi permeabili, sufficientemente larghe e ombreggiate per poter essere attrezzate come zone di sosta, ristoro e socializzazione soprattutto nei mesi più caldi (Fig. 1). Una prima valutazione sulla qualità delle azioni proposta dal Piano, è fornita da uno studio (Camps-Calvet et alii, 2016) condotto dai ricercatori dell'Institute of Environmental and Technology (ICTA) di Barcellona e del Norwegian Institute for Nature Research (NINA) di Trondheim i quali individuano 20 servizi ecosistemici che spaziano dalla produzione di cibo all'impollinazione, dalla coesione sociale all'educazione ambientale.

Attraverso un sondaggio che ha interessato un campione di 245 utenti il gruppo di ricerca evidenzia che i servizi ecosistemici culturali (benefici non materiali derivanti dall'interazione dei cittadini con la natura) spiccano come i più ampiamente percepiti e apprezzati, mentre i principali beneficiari dei servizi ecosistemici degli orti urbani sono gli anziani, le persone a reddito medio-basso e gli immigrati. I risultati dell'indagine sono stati considerati rilevanti anche dall'Amministrazione e utili per valutare e potenziare le attività previste dal Piano. Tra le criticità del Piano

sono da segnalare l'assenza di un monitoraggio sulle azioni messe in atto e la riduzione della varietà delle specie messe a dimora per ottimizzare le attività e i costi di manutenzione del verde.

Anche alla scala architettonica esistono buone pratiche che prevedono prevalentemente l'impiego di tecniche e tecnologie consolidate per facciate verdi e tetti giardino, non sempre con effetti misurati in termini di impatto ambientale e microambientale. Esistono poi alcuni progetti che riescono a esprimere appieno il concetto di 'infrastruttura verde' valorizzandone le caratteristiche ambientali e la vasta gamma di potenziali servizi ecosistemici, come ad esempio le sperimentazioni di ecoLogicStudio e di PNAT, selezionate tra quelle che possono avere un'immediata applicazione e commercializzazione con costi accessibili, nel nostro quotidiano.

ecoLogicStudio è uno studio di architettura e design specializzato in biotecnologie per l'ambiente costruito, fondato a Londra nel 2005 da Claudia Pasquero e Marco Poletto, che ha costruito la propria reputazione in ambito internazionale grazie a una serie di progetti dal carattere sperimentale e innovativo capaci di integrare pensiero sistemico, design computazionale, biotecnologia e prototipazione digitale con un approccio che va oltre le scale del costruito per indagare i futuri modelli dell'abitare nell'Urban-sphere, definita dallo stesso Poletto (2018, p. 11) come «[...] what we may call the global apparatus of contemporary urbanity, a stack of dense informational, material and energetic networks supporting our society's increasingly demanding metabolism [...] which calls for architects to design it and to curate spatial knowledge across its scientific, artistic and technological domains», intendendo così affermare il superamento della separazione concettuale tra città e natura in favore di un nuovo paradigma in cui i flussi mate-

riali, informativi ed energetici generano trasformazioni morfologiche nel paesaggio urbano, nei suoi confini e nelle sue disposizioni spaziali.

Fin dalla sua costituzione ecoLogicStudio ha indagato soluzioni basate sulla natura – per affrontare le numerose sfide con cui le città contemporanee devono confrontarsi per raggiungere la neutralità del carbonio e compensare gli effetti del cambiamento climatico – con sperimentazioni che, attraverso il supporto della microbiologia e della biotecnologia, impiegano specie vegetali (ma anche animali) come infrastrutture naturali, interconnessioni biologiche, biosensori o metabolizzatori degli inquinanti urbani, a partire dalla scala delle installazioni e delle piccole architetture fino a quella della pianificazione urbana, passando per l'edilizia residenziale e gli edifici pubblici. In particolare le alghe assumono un ruolo centrale nei loro progetti per la dimostrata capacità di rimetabolizzare alcuni degli inquinanti prodotti dalle città ma anche in quanto elemento nutrizionale dall'elevato apporto proteico. A queste finalità rispondono le sperimentazioni di BIO.tech HUT, BioBombola, Photo-Synthetica Curtains e BioFactory.

Presentato all'Astana EXPO 2017 (Kazakistan) BIO.tech HUT è un padiglione che propone un prototipo per la coltura di alghe nella città contemporanea, con il quale lo studio londinese indaga il rapporto tra esseri umani e ambiente naturale (Fig. 2). Grazie alla collaborazione di biologi marini e coltivatori di alghe, nuove specie di microrganismi sono state impiegate per colture artificiali, modelli di crescita e materiali assemblati e si è potuto sviluppare un rivestimento foto-bio-reattivo a partire da un primo sistema rivoluzionario che utilizza il flusso d'aria ad alta velocità per sollevare la materia vivente in tubi di vetro; esso genera anche un effetto centrifugo che catalizza lo scambio di O_2 e CO_2 e produce un fluido che si deposita per gravità completando il ciclo. I tubi divengono elementi architettonici sorretti da una serie di telai con sezione a nido d'ape, in polycarbonato ad alte prestazioni, conformando una struttura leggera completamente riciclabile che permette l'ingresso della radiazione solare all'interno della cellula abitativa.

Un secondo ambiente del padiglione, il Living Hut, è suddiviso in due sale: la sala Bio.light è illuminata dalla sola bioluminescenza dei batteri che si attivano quando vengono ossigenati dal sistema di trattamento dell'aria; la sala H.O.R.T.U.S. (Hydro Organisms Responsive to Urban Stimuli) è un'installazione con colonie fotosintetiche di cianobatteri, che i visitatori sono incoraggiati a nutrire con la propria anidride carbonica per generare ossigeno. Completa il percorso del padiglione il Garden Hut, un ambiente aperto per il processo e la trasformazione della biomassa in elettricità e cibo. Nella sua configurazione i servizi ecosistemici prodotti dal padiglione sono altamente performanti: giornalmente viene trasformata una quantità di anidride carbonica in ossigeno equivalente a quella di trentadue alberi che produce 1 kg di biocarburante, sufficiente per alimentare una casa media, e una quantità di proteine tale da alimentare dodici adulti.

Stesse finalità, ma con dimensioni più ridotte e ottimizzate per la commercializzazione è quella di un altro progetto, la BioBombola (2020), pensato per la coltivazione di spirulina in contesti ur-

bani e in particolare nelle abitazioni (Fig. 3). Il kit è composto da un fotobioreattore, un contenitore in vetro da laboratorio che contiene un ceppo di spirulina, un terreno di coltura ricco di sostanze nutritive e una piccola pompa dell'aria che agita costantemente il fluido. In termini di purificazione dell'aria, la bioBombola assorbe l'equivalente in CO₂ di due giovani alberi, produce ossigeno come sette piante d'appartamento e fino a sette grammi di spirulina al giorno.

La prima applicazione delle proprietà delle alghe in un edificio sono le PhotoSynthEtica Curtains, una sorta di 'tenda urbana' collocata sulla facciata dell'Irish Revenue and Custom a Dublino nel 2019, un'installazione composta da 16 moduli di 2 x 7 metri (Fig. 4). Ogni modulo funziona come un fotobioreattore, un contenitore di bioplastica, progettato digitalmente su misura che utilizza la luce naturale per alimentare le colture di microalghe viventi e rilasciare sfumature luminescenti di notte. L'aria urbana non filtrata viene introdotta nella parte inferiore dei moduli; risalendo naturalmente attraverso il liquido dei fotobioreattori di bioplastica, le bolle d'aria entrano in contatto con i microbi voraci che ne catturano le molecole di anidride carbonica e le sostanze inquinanti permettendo alle alghe di crescere in biomassa. Quest'ultima può essere raccolta e impiegata nella produzione di materia prima bioplastica che costituisce il principale materiale da costruzione dei fotobioreattori; a completamento del processo biologico, l'ossigeno fotosintetizzato viene rilasciato nel microclima urbano dalla parte superiore di ogni modulo di PhotoSynthEtica.

Una variante applicativa è la BioFactory, progetto pilota realizzato nel 2021 nella sede centrale di Nestlé a Lisbona (Fig. 5) in base al quale le microalghe alimentari si nutrono delle emissioni di CO₂ della stessa fabbrica mentre sono coltivate all'interno dei fotobioreattori. La biomassa appena raccolta entra nella catena di approvvigionamento della fabbrica per diventare una materia prima rinnovabile e sostenibile per prodotti alimentari e imballaggi a zero emissioni, attivando così un processo circolare che, con la crescita delle colture, nel tempo realizza un impianto più resiliente e con livelli più alti di produttività. Tutti i progetti di ecoLogicStudio si caratterizzano quindi per rendere evidenti biotecnologie, sistemi di coltivazione, di produzione e consumo nel progetto architettonico, superando così sia il dualismo tra natura e artificio in favore di una visione armonica tra esseri sia le cattive pratiche nelle quali l'elemento naturale ha una valenza puramente estetica o decorativa (Valenti and Pasquero, 2021).

Un'altra sperimentazione di 'infrastruttura verde' capace di valorizzarne le caratteristiche ambientali e al contempo fornire una vasta gamma di servizi ecosistemici è La Fabbrica dell'Aria ideata da PNAT (Project NATure), uno spin-off universitario fondato nel 2004 e un 'think tank' composto da un team multidisciplinare di botanici, agronomi, architetti e designer che si occupa di mettere in pratica una parte delle ricerche condotte dal Laboratorio Internazionale di Neurobiologia Vegetale (LINV); il suo Direttore, Stefano Mancuso (Professore Ordinario dell'Università di Firenze) e circa un centinaio di ricercatori studiano le piante nelle loro caratteristiche me-



Fig. 2 | BIOTech-HUT (2017), designed by ecoLogicStudio (source: ecologicstudio.com).

no conosciute, soprattutto per le loro capacità cognitive, cioè come le piante riescono a risolvere i problemi nell'ambiente costruito. PNAT elabora soluzioni tecnologiche innovative ispirate al modello vegetale per integrare le piante nelle città, nelle abitazioni, nei luoghi di lavoro e nello stile di vita delle persone, strutturando relazioni sinergiche tra l'ambiente naturale e artificiale, tema centrale del design biofilico e sostenibile.

La qualità dell'aria indoor è spesso sottovalutata rispetto a quella esterna; l'inquinamento interno può raggiungere valori fino a 3 volte superiori, mentre nel caso specifico dei composti organici volatili (gas contenenti una varietà di sostanze chimiche emesse da liquidi o solidi) tipo la formaldeide, le concentrazioni possono essere 10 volte superiori a quelle esterne, indipendentemente dal contesto in cui è collocato l'edificio (Tran, Park and Lee, 2020). Uno dei progetti più significativi di PNAT è La Fabbrica dell'Aria che nasce da una serie di studi sulla qualità dell'aria indoor ma anche dalla capacità delle piante di disinquinarla. Tuttavia, per poter ottenere effetti significativi se ne dovrebbe collocare una grande quantità così PNAT ha studiato un sistema che renda più efficiente la depurazione dell'aria, senza trascurare gli aspetti scenografici e di design.

Nel quotidiano, per migliorare l'aria interna si arieggiano i locali immettendo grandi volumi di aria dall'esterno che poi occorre climatizzare; La Fabbrica dell'Aria è un grande polmone verde, una serra da interni dotata di un sistema di filtrazione botanica (Stomata™) brevettato da PNAT che preleva l'aria dagli ambienti (quindi a temperatura ideale) e, dopo un passaggio forzato all'interno del volume di vetro, la reimmette nei locali, sfruttando la naturale capacità delle piante di trattenere e degradare le molecole inquinanti sia inorganiche (biossido di carbonio, composti dell'azoto, polveri sottili, ecc.) sia organi-

che (VOCs) incorporandole nella propria biomassa e costituendo così un filtro vegetale dalla durata illimitata, che non necessita di sostituzioni e molto più efficiente dei tradizionali filtri meccanici.

Per la Manifattura Tabacchi di Firenze (Fig. 6), PNAT ha sviluppato il primo prototipo de La Fabbrica dell'Aria, contribuendo alla rigenerazione dell'ex area industriale; la serra, installata nell'edificio B9, è pensata per essere una grande struttura vetrata a cavallo tra esterno e interno e ospita diverse specie di piante (Banano, Ficus, Kentia, Chamadorea, Aspidistra, Filodendrum, Microsorium, Fittonia, Dieffenbachia, Strelizia e Asplenium) con una particolare disposizione: le piante sono sistemate in modo tale da comporre diversi livelli di superficie fogliare in una sorta di percorso a ostacoli per l'aria da depurare. La serra è dotata di un impianto di irrigazione automatizzato e di un impianto di illuminazione artificiale con lampade Artemide dal design moderno che producono una luce d'ambiente, una luce con le frequenze che giovano alla fotosintesi delle piante e luci a led colorate in relazione alla fase di crescita delle piante.

La Fabbrica dell'Aria porta le piante negli spazi confinati con una veste nuova: non più come soli elementi decorativi, ma come base tecnologica di un dispositivo di bio-filtrazione botanica dell'aria all'avanguardia in grado di rispondere efficientemente, in maniera sostenibile e con costi di manutenzione molto contenuti, all'esigenza della depurazione dell'aria negli ambienti indoor: è quindi un dispositivo unico nel suo genere, nel quale le piante non sono solo elementi decorativi ma funzionano come core tecnologico. L'idea a cui sta attualmente lavorando PNAT è rendere l'installazione scalabile: a scala ridotta, creando delle mini fabbriche con la funzione di depurare in tempi rapidi l'interno di apparta-

menti di medie dimensioni tramite un piccolo volume della grandezza di mezzo metro cubo pieno di piante; a scala urbana, con grandi fabbriche che recuperano edifici inutilizzati per depurare aree della città particolarmente inquinate, in contrapposizione a quanto realizzato in Cina con alte torri, energivore ed economicamente insostenibili, che purificano l'aria attraverso particolari procedimenti chimici e fisici.

Oltre agli approcci a livello micro e meso, ecoLogicStudio ha anche messo in discussione i tradizionali approcci di pianificazione urbana attraverso il Deep Green, le cui prime sperimentazioni hanno visto coinvolte Guatemala City, Mogadiscio (Somalia) e Vranje (Serbia). Quello di Guatemala City è un Masterplan ecologico che, in un'ottica di metabolismo urbano integrato e simbiotico, utilizza l'intelligenza artificiale e gli algoritmi per definire scenari e strategie finalizzati a potenziare le infrastrutture biologiche, a metabolizzare l'inquinamento atmosferico, a gestire i rifiuti, il sistema idrico (Fig. 7) e il carbon trading e a produrre energia rinnovabile. Il 'toolkit' messo a disposizione è scalare e consente di creare città resilienti sfruttando le potenzialità del design e dell'architettura per superare lo stallo dell'attuale crisi ecologica che secondo Claudia Pasquero è legata al fatto che se si è ottenuto molto in termini di 'innovation' poco è stato fatto in termini di 'design innovation' (Valenti and Pasquero, 2021).

I casi studio riportati dimostrano che è possibile superare la cattiva pratica del greenwashing e dar vita a 'nuova ecologia' fondata sul superamento del dualismo artificiale/naturale e in cui tutti gli attori (animati e inanimati) dell'ambiente costruito concorrono a caratterizzare un inedito paesaggio 'unificato' in un rapporto di profonda conoscenza e comprensione dei bisogni reciproci. I progetti discussi dimostrano una visione sistemica supportata da un approccio olistico e in-



Fig. 3 | BioBambola (2017), designed by ecoLogicStudio (source: ecollogicstudio.com).

terdisciplinare in cui l'uso creativo e strategico della vegetazione diviene determinante per avviare la tanto auspicata transizione ecologica da una 'città cementificata' a una più 'viva' e 'adattiva', realizzando servizi ecosistemici differenti con effetti e benefici alle diverse scale, da quelle territoriali a quelle delle unità ambientali.

Il loro punto di forza è l'approccio olistico e interdisciplinare che al contempo diviene una importante barriera per una sua diffusione come prassi, da parte di architetti e ingegneri, poiché fondato su azioni di ricerca e sperimentazione quotidiana non facilmente compatibili con le esigenze e i ritmi della professione. A tal proposito, per valutare come e in che misura nella pratica professionale la vegetazione assuma un ruolo centrale e determinante per risolvere le cogenti questioni ambientali e produrre i necessari servizi ecosistemici, si riportano di seguito gli esiti del recente New European Bauhaus Prizes 2021.

Il New European Bauhaus Prizes 2021 | Per rilanciare l'European Green Deal (European Commission, 2019b) e per comprendere gli indirizzi progettuali del prossimo futuro in termini di sostenibilità la Commissione Europea ha promosso il New European Bauhaus (European Commission, 2021b) che si propone come un 'ponte' tra il mondo della scienza e della tecnologia e quello dell'arte e della cultura per avviare un progetto culturale e formativo con un impianto programmatico in divenire nel settennio 2021-2028.

I temi affrontati riguardano il cambiamento climatico attraverso l'impiego di tecniche di costruzione tradizionali e il riutilizzo dei materiali in ottica di economia circolare, soluzioni per la coevoluzione dell'ambiente costruito e per la protezione della biodiversità, processi di rigenerazione degli spazi e per l'inclusione sociale (intesa come accessibilità fisica, sociale ed economica), prodotti e processi che possono contribuire a uno stile di vita sostenibile, conservazione e trasformazione del Patrimonio Culturale per la vita della comunità, mobilitazione della cultura per la costruzione di una comunità sostenibile, soluzioni innovative di alloggio e modelli educativi che integrano i valori di sostenibilità, inclusione ed estetica sia nei contenuti che nei processi di apprendimento, il tutto attraverso la messa in rete e la condivisione di saperi complessi e diffusi come appunto quelli dell'architettura, dell'ingegneria, del design, dell'artigianato, delle nuove tecnologie e delle energie rinnovabili.

Il Concept Paper (New European Bauhaus High-Level Round Table, 2021) spiega ulteriormente la visione di una transizione 'guidata dalla cultura e dal design' verso una 'società a basse emissioni di carbonio, giusta e rigenerativa', con un 'passaggio da un'economia di crescita a un'economia di appartenenza', promuovendo una 'progettazione per il riallacciamento' con la natura ed evidenziando che gli edifici sono 'materialmente ricavati da risorse naturali limitate', pur essendo situati all'interno di ecosistemi connessi. Il New European Bauhaus è quindi lo strumento per tradurre l'European Green Deal in un'esperienza tangibile e positiva, un movimento 'aperto' per facilitare e guidare la trasformazione della nostra società verso tre valori inseparabili: a) Sostenibilità (dagli obiettivi climatici, alla circolarità, all'inquinamento zero e alla bio-

diversità); b) Estetica (qualità dell'esperienza e dello stile e funzionalità); c) Inclusione (dalla valorizzazione della diversità, alla garanzia dell'accessibilità anche economica). L'approccio dell'iniziativa è dichiarato come multilivello (da globale a locale), partecipativo e transdisciplinare e si confronta con quattro assi tematici: 1) riconnettersi con la natura; 2) ritrovare il senso di appartenenza; 3) dare priorità ai luoghi e alle persone che ne hanno più bisogno; 4) promuovere il lungo termine, il ciclo di vita e il pensiero integrato nell'ecosistema industriale.

Uno degli strumenti individuati dalla Commissione Europea è stato la call for projects lanciata per la prima edizione del New European Bauhaus Prizes (2021): più di 2.000 progetti e idee hanno contribuito a plasmare lo spirito dell'iniziativa. Per l'eccellenza e la creatività sono stati selezionati 60 finalisti³ e poi assegnati un totale di 20 premi, 10 per gli New European Bauhaus Awards (NEBA) e 10 per le New European Bauhaus Rising Stars (NEBRS) per ciascuno delle 10 categorie individuate: 'Techniques, materials and processes for construction and design'; 'Buildings renovated in a spirit of circularity'; 'Solutions for the co-evolution of built environment and nature'; 'Regenerated urban and rural spaces'; 'Products and life style'; 'Preserved and transformed cultural heritage'; 'Reinvented places to meet and share'; 'Mobilisation of culture, arts and communities'; 'Modular, adaptable and mobile living solutions'; 'Interdisciplinary education models'.

Dei 60 finalisti la maggior parte provenivano dalla Spagna e dall'Italia⁴, così come tra i 20 premiati si riscontra una prevalenza della Spagna con n. 9 premi (45%), seguita dall'Italia con n. 5 premi (25%), dalla Germania con n. 2 premi (10%) e infine da Austria, Slovenia, Portogallo e Danimarca con un premio (5%) ciascuno. I progetti finalisti del New European Bauhaus Prizes 2021 sono stati analizzati, per le finalità del presente articolo, in base all'impiego di Nature-based Solutions per comprendere quanto e in che misura la vegetazione possa assumere un ruolo centrale e 'sostanziale' nei progetti del prossimo futuro. Tredici sono i progetti che presentano un uso del greenery come 'parte integrante del progetto', sotto forma di 'elemento vegetale' o di 'materiale da costruzione'; essi interessano ambiti urbani ed extraurbani diversamente densificati, scale d'intervento differenti, fabbricati nuovi ed esistenti recuperati (pubblici o privati) di dimensione varia, impiegano le diverse forme del greenery all'interno o all'esterno, su superfici orizzontali o verticali, con tecnologie tradizionali o innovative, con un approccio circolare e per valorizzare la biodiversità.

Dei tredici tre sono i progetti più innovativi che meglio esprimono il concetto di 'infrastrutture verdi' e valorizzano le sue potenzialità in termini di realizzazione di servizi ecosistemici: The Fantastic Forest Phenomenon, Gardens in the Air e Nest si distinguono per il carattere innovativo e creativo, avendo saputo da un lato cogliere le criticità dei rispettivi contesti locali e le esigenze degli abitanti, dall'altro fornire risposte concrete attraverso l'integrazione della natura – e della vegetazione in particolare – con il costruito alle diverse scale urbane (di quartiere) e dell'edificio.

The Fantastic Forest Phenomenon è un pro-

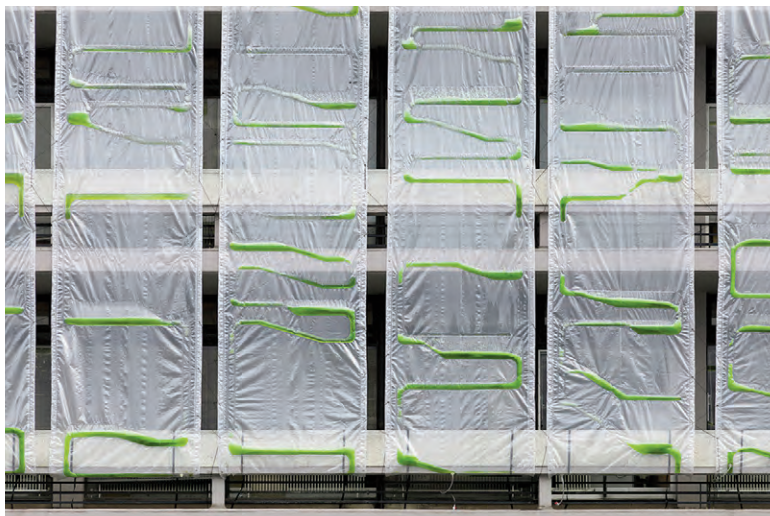


Fig. 4 | PhotoSynthEtica Curtains (2019) in Dublin, designed by ecoLogicStudio (source: ecologicstudio.com).

Fig. 5 | Biofactory, Nestlé Headquarters in Lisbona (2021), designed by ecoLogicStudio (credit: A. Cepeda).

Fig. 6 | La Fabbrica dell'Aria designed by PNAT (source: pnat.net).

getto per la rigenerazione del quartiere di Lušćić a Karlovac (Croazia), risultato già vincitore del concorso internazionale European 15 – Productive Cities nel 2019, con l'obiettivo di ripensare le strategie territoriali poiché 'le promesse di crescita infinita hanno portato a compromessi territoriali sbagliati e a uno spreco di risorse': i nuovi corridoi verdi e grigi favoriscono il flusso dinamico di persone, energia e acqua attraverso tutta la città, generando un mix di naturale e artificiale in cui le risorse locali scorrono in maniera circolare, consolidando le relazioni sociali tra gli abitanti, creando nuove opportunità di lavoro e di sviluppo economico ed eliminando gli scarti del processo produttivo (Figg. 8, 9). Ortaggi, erbe aromatiche e fiori vengono coltivati in serre idroponiche verticali (per lasciare spazio alle infrastrutture sociali del quartiere) che utilizzano sia l'acqua raccolta dalle superfici pavimentate limitrofe sia quella prodotta dalla condensa della nebbia sulle superfici vetrate, per poi essere in parte commercializzati e in parte utilizzati nella produzione di cosmetici naturali o di una tra le birre artigianali più popolari della Croazia, la Karlovačko. Anche i sottoprodotti sono reimmessi nel ciclo produttivo per la produzione di energia elettrica attraverso piccoli impianti di cogenerazione o come fertilizzante.

Gardens in the Air è un progetto per la rinaturalizzazione del quartiere di Tres Barrios-Amate a Siviglia, uno dei più poveri della Spagna i cui

abitanti, in prevalenza anziani e immigrati, vivono in appartamenti di circa 50 metri quadri e un'altezza media di 2,30 metri, fortemente provati dalle temperature estive che raggiungono i 45 °C per diverse ore del giorno; l'unico ristoro è offerto dalla climatizzazione, le cui unità esterne hanno finito per caratterizzare il paesaggio urbano. Su questi presupposti e con l'obiettivo di esplorare le risorse e le specie del quartiere e di generare nuove relazioni con e tra gli abitanti del quartiere in una chiave di sostenibilità ed equilibrio ecosistemico, è stato elaborato un progetto 'creativo' (con tre opere interconnesse) che ha visto la partecipazione di artisti, agronomi, architetti, residenti e giovani dell'organizzazione locale A.E.S. Candelaria.

La prima opera è un giardino verticale realizzato con 19 scatole di legno microforate (con trame che richiamano la natura multietnica degli abitanti), ciascuna a copertura di un'unità di climatizzazione utile a contenere un vaso di terracotta con piante irrigate dall'acqua di condensa dell'impianto meccanico (1,5 litri al giorno; Figg. 10, 11); la seconda è la produzione di profumo e oli essenziali estratti dagli scarti di potatura delle piante per generare economie circolari che valorizzino le risorse locali, promuovano la cura della natura nelle periferie e divulgano i suoi benefici ecosistemici; infine la polifonia Synergies con i suoni del quartiere e interviste ai locali per partecipare i loro potenziali legami emotivi.

NEST (Natural Eco-System Tiles) è un sistema ecologico e sostenibile che si propone come soluzione in carenza di spazi in cui valorizzare la biodiversità in ambito urbano (Barcellona) sfruttandone le superfici verticali inutilizzate; a questa funzione primaria se ne aggiungono altre, tra cui il contrasto all'inquinamento atmosferico e il miglioramento delle prestazioni termiche e acustiche delle chiusure verticali. Ma non solo: i pannelli modulari dal design parametrico sono pensati per rispondere alle specifiche esigenze dell'ecosistema locale, da un lato agevolando la crescita passiva e a bassa manutenzione della flora, dall'altro fornendo alla fauna i necessari spazi per 'nidificare', grazie alla possibilità di variarne le dimensioni, la porosità, la struttura e la consistenza (Figg. 12-15). Realizzati in argilla locale (priva di componenti tossici) tramite un processo di fabbricazione digitale additiva che si caratterizza per flessibilità nella modellazione, facile customizzazione, creazione di prototipi rapidi ed eliminazione degli scarti di produzione, i pannelli possono essere impiegati sia nelle nuove costruzioni sia in interventi di retrofitting energetico su edifici esistenti.

Discussione | Le 'soluzioni basate sulla natura' e sulle infrastrutture 'verdi' offrono un grande potenziale per fornire beni e servizi ecosistemici, favorire una migliore qualità della vita, migliorare la biodiversità, mitigare i cambiamenti climatici e

stoccare il carbonio, con molteplici benefici indiretti legati a una maggiore resilienza e adattamento degli agglomerati urbani (IPCC 2022a, chapter 8, p. 6), «[...] a smarter and more integrated approach to development, with limited space utilised in an efficient coherent way» (European Commission, 2014, p. 7). Tuttavia, come ha sottolineato Celine Baumann (Block, 2019), «[...] Greenery is unfortunately too often used as an alibi for new developments, by wrapping buildings in green as sole legitimisation of an otherwise unsustainable project»; molti progetti impiegano foreste verticali, tetti verdi, fattorie urbane e pareti viventi che apportano pochi benefici all'ambiente e talvolta sono addirittura dannosi se non utilizzati in modo corretto e 'consapevole' poiché il «[...] Greenery is not per se ecological, and the commodification of nature can lead in fact to reduced biodiversity and higher pollution levels» (Block, 2019), come nel caso dell'Apple Park e dei suoi dintorni il cui 'vestito green' (fotovoltaico e parco interno) non è sufficiente a compensare l'immenso impatto ambientale del costruito.

In quest'ottica per meglio sfruttare il potenziale del 'verde' e raggiungere un nuovo equilibrio ecosistemico è necessario, da un lato comprendere meglio i sistemi naturali e il loro funzionamento con il supporto di architetti del paesaggio, biologi ed ecologi senza i quali non è possibile promuovere una cultura progettuale olistica, inclusiva e 'meno antropocentrica', dall'altro coinvolgere le comunità locali attraverso «[...] awareness and empathy for the rich worlds of other species and entities [...] with deep respect for the complex narratives of places [...] their histories and futures» (New European Bauhaus, 2021, pp. 4-5), attribuendo, secondo la visione del 'connecting to country' delle comunità indigene, la stessa importanza a uomini, animali, risorse e piante all'interno dei sistemi naturali⁵. Pertanto se la necessità di un cambio di paradigma ci consente di afferire che la realizzazione di nuove costruzioni nuoce agli ecosistemi e alle culture locali e l'estrazione di risorse compromette la biodiversità, allora la rigenerazione in chiave sostenibile dell'habitat dovrebbe essere sempre preferita alla realizzazione di nuove città cosiddette 'verdi'.

I progetti 'avanguardisti' di ecoLogicStudio dimostrano come il design biofilico riesca a instaurare una relazione cibernetica molto promettente tra l'architettura e l'ambiente costruito attraverso la crescita di microalghe in grado di servire scopi molteplici e fornire servizi ecosistemici diversi, 'veri e propri materiali di progetto' per varie scale di intervento con elevate qualità prestazionali, per creare 'un concetto adattivo e vivente' e metabolizzare gli inquinanti prodotti dalla città. Se le sperimentazioni di ecoLogicStudio ci suggeriscono nuovi approcci altamente sofisticati per affrontare le sfide dell'urbanizzazione, gli altri casi studio illustrati dimostrano che la simbiosi tra verde e costruito può essere raggiunta a scale diverse soprattutto se sviluppata in sinergia con le comunità locali e con le pratiche vernacolari.

Nello specifico Nest e Gardens in the Air, vincitori del New European Bauhaus Prize 2021, promuovono con successo la simbiosi tra natura e costruito alla microscala, così come i progetti Bio-

tech HUT, BioBombola e PhotoSynthEtica di ecoLogicStudio, sperimentazioni del tipo bottom-up che possono essere trasferite in applicazioni di più ampia scala; la BioFactory di ecoLogicStudio consente di estendere l'uso delle alghe come forma di costruzione a scala urbana, mentre la Fabbrica dell'Aria di PNAT pone l'obiettivo di purificare l'aria delle città che sono in costante crescita; il Fantastic Forest Phenomenon e il Piano per le Infrastrutture Verdi e la Biodiversità di Barcellona hanno una visione ampia delle opportunità simbiotiche che si traduce nella integrazione di infrastrutture verdi e grigie, mentre il Deep Green, frutto della collaborazione tra ecoLogicStudio, United Nations Development Programme e partner accademici iniziata nel 2019, trasferisce questo approccio a una scala più grande, fornendo una visione del futuro nella quale intelligenza artificiale, algoritmi e dati ad alta risoluzione possono consentire di prefigurare e simulare scenari di sviluppo urbano sostenibile attraverso «[...] an interface between bottom-up processes of self-organisation such as recycling activities [...] and the strategic decision-making that occurs at municipal, national and international level».⁶

Riflessioni conclusive | Per affrontare la portata e l'urgenza delle attuali sfide globali, come il cambiamento climatico, la perdita di biodiversità e la crescita incontrollata delle città, sono necessari approcci radicalmente diversi da quelli in atto. Secondo l'IPCC (2022a, chapter 8, p. 91), «[...] the demand that new and emerging cities will place on natural resource use, materials, and emissions can be minimised and avoided only if urban settlements are planned and built much differently than today [...]». Non possiamo pretendere di proteggere la biodiversità attraverso le cosiddette soluzioni basate sulla natura e le infrastrutture verdi e allo stesso tempo pianificare la costruzione di un'altra New York ogni 34 giorni fino al 2060: le due strategie sono chiaramente in contraddizione.

È quindi imperativo il richiamo al senso di responsabilità del genere umano e alla consapevolezza che viviamo in un mondo con risorse finite nel quale, pur soddisfacendo le nostre esigenze, dobbiamo costruire e consumare meno per ridurre al minimo l'impronta antropica sugli ecosistemi a scala micro, meso e macro. A tal proposito, il recente Rapporto dell'IPCC (2022a) sulla mitigazione dei cambiamenti climatici ha introdotto il concetto di 'sufficienza' all'interno del Chapter 9 e del Summary for Policy Makers, che prevede di limitare la domanda di energia, materiali, terra e acqua, garantendo al contempo il benessere per tutti entro i confini del pianeta. Tale concetto di 'sufficienza', esplicitato nel nuovo Chapter 5 – Demand, Services, and Social Aspects of Innovation, suggerisce la necessità di mettere in discussione la domanda di nuove costruzioni fin dalla fase ideativa e di considerare soluzioni alternative basate sui servizi digitali che richiedono meno superficie costruita, sulla riduzione della superficie pro capite, sulla multifunzionalità degli spazi e sul riuso del patrimonio esistente. Con questo nuovo paradigma le 'soluzioni basate sulla sufficienza' e sull'analisi della domanda possono contribuire in modo determinante ai temi del cambiamento climatico,

della perdita di biodiversità, del cambiamento dei sistemi territoriali e delle disuguaglianze globali, favorendo il raggiungimento di diversi SDGs.

Contestualmente, le soluzioni basate sulla natura e le infrastrutture verdi non dovrebbero essere considerate separatamente dall'ambiente costruito poiché sono tutti elementi strettamente interconnessi nei sistemi locali, urbani e globali che possono generare importanti sinergie, così come dimostrato attraverso un approccio olistico, abilitato da tecnologie di frontiera, da ecoLogicStudio con il Deep Green e con altri casi studio a scale diverse. Infine è importante riconoscere e superare le barriere che ostacolano la diffusione dei casi studio e delle lungimiranti sperimentazioni citate, prevalentemente riconducibili a una mentalità diffusa antropocentrica che vede l'umanità come superiore agli altri esseri viventi e alla natura e a una falsa aspettativa per la quale le sfide climatiche e ambientali possano essere affrontate perseguendo una crescita economica illimitata anche a discapito dell'ecosistema. Nonostante ciò la strada verso la transizione ecologica è tracciata: i recenti Rapporti dell'IPCC (2022a, b) evidenziano infatti che le politiche degli Stati si stanno indirizzando verso cambiamenti 'aggressive and immediate' che, se rafforzati e attuati, fanno ben sperare per il futuro del nostro Pianeta.

The United Nations has described expansive urban settlements that contribute 60 per cent of global GDP as 'powerhouses of economic growth', notwithstanding that they account for 75 per cent of GHG emissions and over 60 per cent of non-renewable resource use (UN, 2022). The rapidly increasing urban agglomeration, in response to urbanisation and unparalleled consumption, tramples on the natural environment: the world is expected to require 230 billion square meters of new construction by 2060, the equivalent of adding another New York City to the planet every 34 days (UN Environment and IEA, 2017), an extraordinary prediction which threatens to exacerbate biodiversity loss, climate change, and global disparity. Another fact should give us pause for thought: the recent IPCC 6th assessment Report highlights that the urban share of GHG emissions increased by 6 per cent from 2000 to 2015, with a per capita increase of 11.8 per cent; this is mainly due to continuing growth in cities of the Global North, which produce 7 times more GHG emissions per capita than the lowest emitting region of the South (IPCC, 2022a). Despite being viewed as the main causes of climate and environmental change, cities are ironically seen as the solution; using greenery in green buildings and green infrastructures is considered the remedy for urban regeneration and for ensuring more healthy and liveable cities.

According to Xing et alii (2017, p. 14), «[...] there is an instinctive bond between human beings and other living systems, which offers a powerful force to re-green our cities». In this regard, 'nature-based solutions' are viewed as delivering multiple benefits for humans and ecosystems while promoting «[...] a more resource-efficient, inclusive and sustainable growth model» (Favre et alii, 2017, p. 510). This vision requires

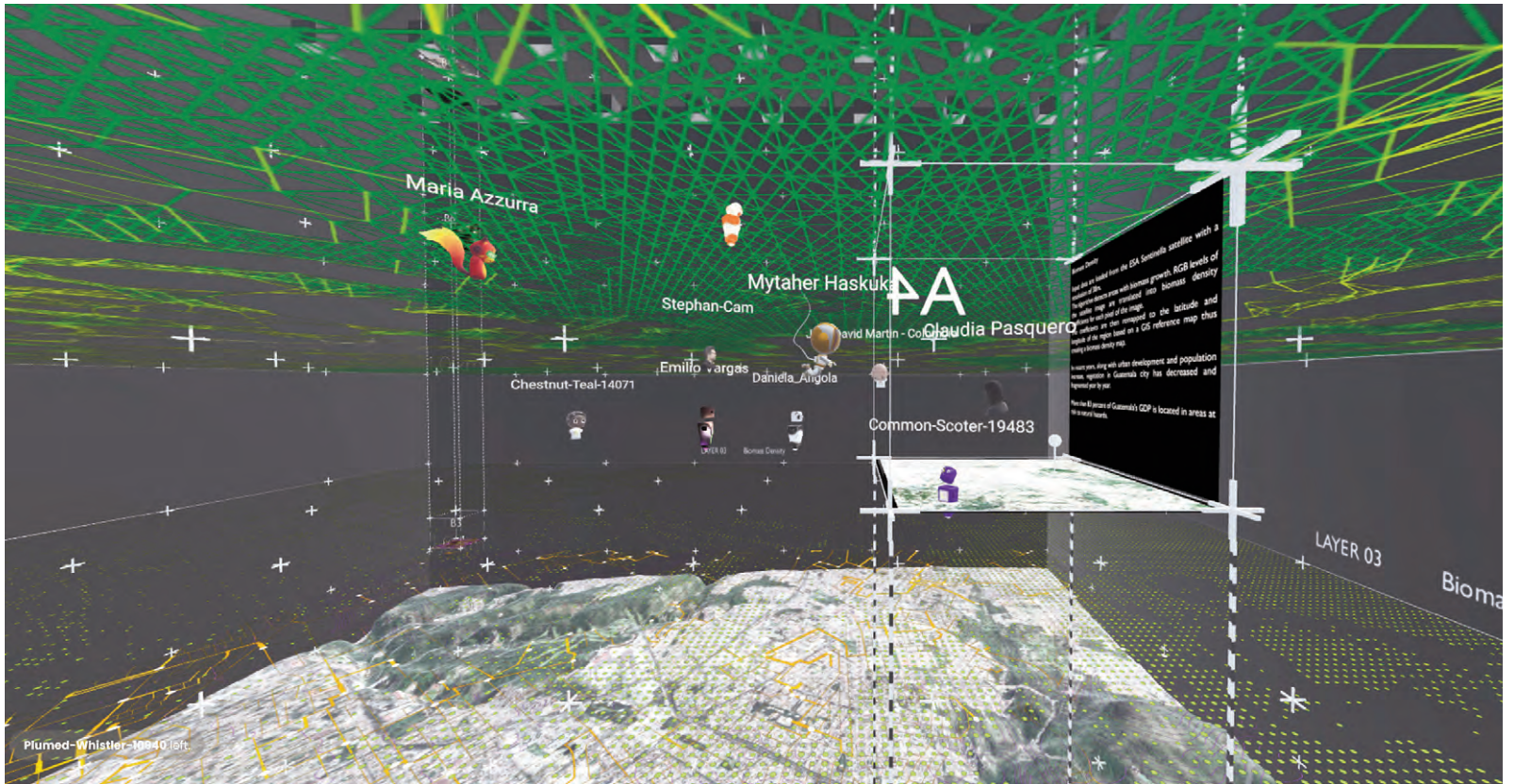


Fig. 7 | Deep Green (2021), designed by ecoLogicStudio (source: msd.unimelb.edu.au).

some considerations. Firstly, this raises the macro-scale question of whether the growth of the built environment may be 'constrained', enabling housing, infrastructure and services to be delivered with a reduced footprint on the land and the environment. Secondly, at a meso or microscale, whether greenery can enter into symbiosis with the built form, or whether it is merely window-dressing. Via 'tree-scrappers', 'farm-scrappers', and buildings superficially covered with greenery, towering '10 minute'¹ and '15 minute' cities are touted as being sustainable, eco-friendly, green, and inclusive (Kohlstedt, 2020; Moreno, 2020).

Analysing these critical issues, the article takes a different approach to current literature and practice, which tends to view the integration of the natural and artificial environments in a narrow way; it seeks to show that – through a series of case studies and good practices – more holistic and illuminating solutions may be found by zooming out our lens and examining the challenge within a wider system context at different scales.

State of the art of research, urban programmes and experimental projects | The scientific literature agrees on the primary role of 'green infrastructures' in the implementation of resilient strategies aimed at contrasting climate change effects and at the same time, they are recognized as an important solution to reach many objectives, including the protection and enhancement of biodiversity, the improvement of the quality of life and wellbeing of the residents in urban areas, the consolidation of social relations, and the economic development (European Commission, 2014, 2019a, 2021a). The European Commission (2013, p. 3) defined 'green infrastructures' as «[...] a

strategically planned network of natural and semi-natural areas with other environmental features designed and managed to deliver a wide range of ecosystem services»; this showed the growing interest that, since 2006, has attracted many disciplinary scientific sectors – even traditionally diverse, mostly in temperate or snow climates such as the United States, China, the United Kingdom, Italy, Australia, Germany, Sweden, Canada and the Netherlands (Ying et alii, 2021). They mainly investigated the topics 'environment/ecology', 'planning/politics', 'social', 'health/wellbeing', 'economy', 'quality/performance of green infrastructures', 'stormwater/drainage', 'climate' and 'public outdoor space' (Parker and Zingoni de Baro, 2019).

The different scales investigated in the scientific literature also contribute to establishing the strategic role 'green infrastructures' can have in reaching multiple objectives, mostly in highly urbanized contexts. On the microscale (concerning a specific site), multifunctional and sustainable management measures of the hydrological cycle are mainly investigated – aimed to control and reuse stormwater runoff – but also measures to increase permeable surfaces in the urban area – green roofs and walls, urban gardens, rain gardens, wetlands, etc. (Zhang and Chui, 2019). On the mesoscale the attention is focused on urban contexts (both in the centre and in the outskirts) and on the public spaces for ecosystem services that they can produce in terms of human and environmental health, contrasting the heat island effect and the air pollution, but most of all by enhancing the biodiversity (Savas, 2016). On the macro-scale, the investigation expands on all the territory, intended as a 'diffused ecosystemic network', to ensure the

protection of natural habitats and the diversity of their species (Sheng et alii, 2019).

Although the scientific literature on 'green infrastructures' is very prolific, especially in the last ten years, the strategies and measures published for their use are not yet widespread, as confirmed by the recent IPCC Report (2022b) entitled *Climate Change 2022 – Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Analyzing all the productive sectors points out that the progress made to date is not very relevant and the actions undertaken are not enough. Nevertheless, words such as 'green', 'sustainability', 'greenery' and 'greening' are on every website (respectively 17.13 bn, 2 bn, 99.30 m and 29.30 m pages found on Google in April 2022) and are frequently used in our daily life. It is possible to find good practices, but the attention paid by the users to the subject has made it mostly a marketing strategy for the different productive sectors that use the practice called 'greenwashing'. The companies provide false or incomplete information to present their brand or product as environmentally conscious to increase their sales or visibility (de Freitas Netto et alii, 2020).

Even the construction world is not immune from this 'irresponsible' practice (Olson, 2021), as well as the projects made by many 'architects', often considered as references, with the aid of magazines and websites, proposing bold, futuristic architectures with an elegant 'green dress' to ensure the success of a project, whose architectural design seems to be the only key to solving the climate change effects. A case in point is the new Apple Park by Norman Foster, the new headquarters of the American giant inaugurated in Cupertino in 2017. Its ring structure, with a diameter of 1.6 km, has six floors (two

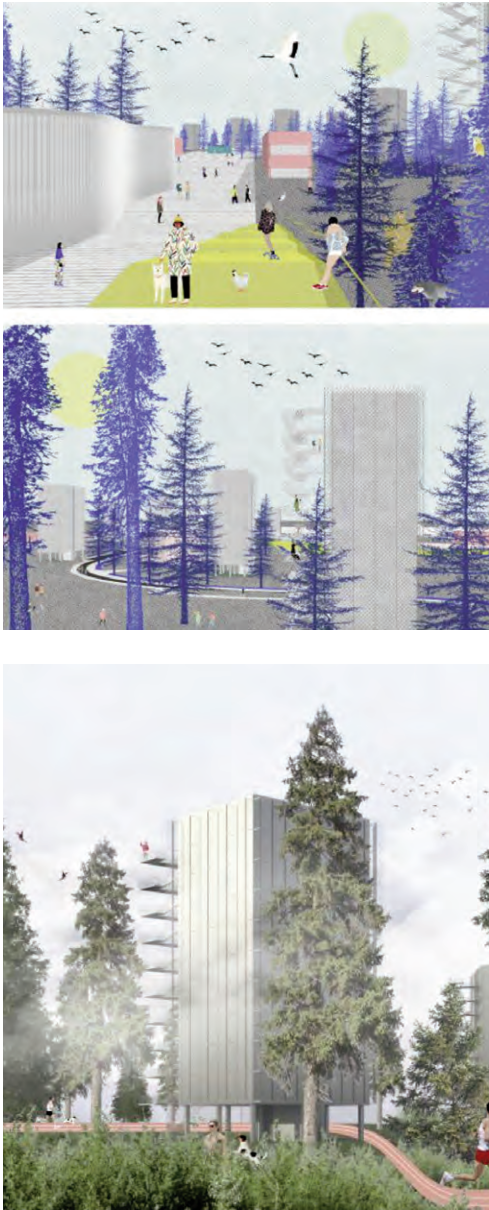


Fig. 8, 9 | The Fantastic Forest Phenomenon (source: 2021.prizes.new-european-bauhaus.eu).

are underground for parking lots) and a floor area of 260,000 square meters to accommodate about 13,000 employees. Apple and Foster have not failed to advertise the sustainability of the building by highlighting the photovoltaic system of 17 MW that provides energy self-sufficiency and the internal park with 9,000 trees. These elements, however, are not enough to compensate (despite the expense of 5 bn euros) for the impact and soil occupation generated by the massive construction works, including the new road network, the ground level external parking lots, and urbanisation that is developing around the 'spaceship'.

However, there are many projects-actions, both on an urban and architectonic scale, showing a new awareness of the importance that vegetation can have for sustainability (in its three-fold social, economic and environmental aspects) of buildings, allowing us to imagine that the future of our planet may be 'greener'. In Europe, some good practices can be the Green Plans² created by Valencia, Madrid, Amsterdam, and Paris. However, Barcelona's Plan can be

considered representative for its variety of actions and the extension of the territory.

The Barcelona Green Infrastructure and Biodiversity Plan 2020 was approved in 2013 to counteract building densification (and the loss of green areas in the districts), intense vehicular traffic, air pollution, and heat island and climate change effects. Intending to increase the green area by 1 square meter per citizen before 2030, the Plan contains more than 70 projects and actions aimed at providing social and environmental services, adding nature to the city, increasing biodiversity, and the connectivity between fragmented green infrastructures, and making the city more resilient (Ajuntament de Barcelona, 2013; IEEP, 2016). It experiments with a new policy to promote the creation of urban green spaces and urban gardens in free areas, by involving the citizens. The Plan considers essential the creation of equipped green corridors that can connect the different green areas but also urban gardens and private greenery which are seen as an important component of the urban infrastructure. The coastal dunes area and the peri-urban park of Collserola receive special attention for their delicate ecosystems, but also for the positive impact they generate on tourism and the local economy.

Some of the strengths of the Plan are: the Tree Master Plan – to be implemented with a 9.4 million euros budget per year – and the Green Corridors with thick vegetation (characterized by different species and stratified placement) parallel to the roads on permeable vegetative filter strips, sufficiently large and shaded to become rest, refreshments and socializing areas especially in the warmer months (Fig. 1). A first assessment of the quality of the actions proposed by the Plan is provided by a study (Camps-Calvet et alii, 2016) carried out by the Institute of Environmental and Technology (ICTA) of Barcelona and the Norwegian Institute for Nature Research (NINA) of Trondheim researchers. They identified 20 ecosystem services ranging from food production to pollination, from social cohesion to environmental education.

Through a survey involving 245 users, the research group highlighted that cultural ecosystem services (non-material benefits deriving from the interaction of citizens with nature) stood out as the most widely understood and appreciated, while the main recipients of ecosystem services of urban gardens were the elderly, low-middle income people and immigrants. The Government considered the results of the investigation relevant and useful to evaluate and enhance the activities envisaged by the Plan. Some problems of the Plan are the absence of control on the actions implemented and the reduction of the variety of species planted in order to optimize the activities and maintenance costs of the greenery.

Also on the architectural scale, there are good practices that mostly envisage the use of well-established techniques and technologies for green facades and roof gardens, not always with measured effects on environmental and microenvironmental impact. Some projects fully express the concept of 'green infrastructure' enhancing its environmental characteristics and the wide range of potential ecosystem services, such

as ecoLogicStudio and PNAT's experiments, selected from those that can have an immediate application, with affordable costs, in our daily life.

EcoLogicStudio is an architecture and design firm specialising in biotechnology for the built environment. Co-founded in London in 2005 by Claudia Pasquero and Marco Poletto, the studio has built its reputation internationally with its experimental and innovative projects, capable of integrating systemic thought, computational design, biotechnology and digital prototyping with an approach that goes beyond the built scale to investigate future models of urban living in the Urbansphere. It was defined by Poletto (2018, p. 11) as «[...] what we may call the global apparatus of contemporary urbanity, a stack of dense informational, material and energetic networks supporting our society's increasingly demanding metabolism [...] which calls for architects to design it and to curate spatial knowledge across its scientific, artistic and technological domains». He wanted to state that the conceptual separation between city and nature has been overcome in favour of a new paradigm in which material, information and energy flows generate morphological transformations in the urban landscape, its boundaries and its layouts.

Since its creation, ecoLogicStudio has investigated nature-based solutions – to take on the many challenges contemporary cities are faced with to reach carbon neutrality and compensate for the effects of climate change – with experiments that, with the support of microbiology and biotechnology, use plant species (but also animals) as natural infrastructures, biological interconnections, biosensors or metabolisers of urban pollutants, starting from installations and small architectures, to urban planning, residential construction and public buildings. In particular, the algae have a key role in their projects, for their demonstrated ability to remetabolise some of the pollutants produced by cities but also because they are a nutritional element with a high protein intake; BIO.tech HUT, BioBombola, PhotoSynthetica Curtains and BioFactory's experiments respond to these aims.

At the Astana EXPO 2017 (Kazakhstan) BIO.tech HUT was presented. The pavilion proposed a prototype of algae farming in contemporary cities. The London-based studio explored with it the anthropological relationship between humans and the natural environment (Fig. 2). Designed in collaboration with marine biologists and algae farmers, new species of micro-organisms were used in artificial cultivation environments, growth patterns and material assemblies. The photo-bioreactive cladding was developed from a first-of-its-kind revolutionary system that uses high-speed airflow to lift the living medium into lab grade glass tubes in which the air stream creates eddies and generates a stirring effect that catalyzes the O₂/CO₂ exchange. The fluid then descends by gravity to complete the loop. The tubes become architectural elements supported by a series of sectional frames in high-performance honeycombed polycarbonate. The resulting structure is lightweight, fully recyclable and allows the penetration of solar radiation deep into the hut.

Then there was the Living Hut divided into two rooms. The Bio.light Room, is a space light-

ed only by bioluminescent bacteria activated when shaken and oxygenated by the air handling system. The H.O.R.T.U.S. (Hydro Organisms Responsive to Urban Stimuli) room, was an installation inhabited by photosynthetic colonies of cyanobacteria, which visitors were encouraged to nurture with carbon dioxide in order to generate oxygen. To finish the pavilion exhibition, there was the Garden Hut, an open space for the processing and transformation of biomass into food and electricity. The ecosystem services of the pavilion were highly performing: daily, it transformed an amount of carbon dioxide into oxygen equivalent to that of thirty-two trees and produced 1 kg of biofuel, enough to power an average home, and an amount of protein enough to feed twelve adults.

The BioBombola project (2020), with the same aim but with a smaller size and optimized to be marketed, was devised to cultivate spirulina in urban contexts and in particular in homes (Fig. 3). The kit is composed of a photobioreactor, a lab grade glass container, filled with one Spirulina strain, a culture medium with nutrients and a small air pump that constantly stirs the medium. Regarding air purification, the BioBombola absorbed the equivalent of two young trees in CO₂ while producing the same amount of oxygen as seven indoor plants and up to seven grams of Spirulina per day.

The first implementation of the properties of algae in a building was the PhotoSynthEtica Curtains, a sort of 'urban curtain' installed on the facade of the Irish Revenue and Custom in Dublin in 2019, composed of 16 modules of 2 x 7 meters (Fig. 4). Each module functions as a photobioreactor, a digitally designed and custom made bioplastic container – using daylight to feed the living micro-algal cultures and releasing luminescent shades at night. Unfiltered urban air is

introduced at the bottom of each module and naturally rises through the liquid within the bioplastic photobioreactors. The air bubbles capture the CO₂ molecules and air pollutants and allow algae to grow into biomass. The latter can be collected and used in the production of bioplastic raw material, which is the main building material of photobioreactors. At the end of the biological process, the photosynthesized oxygen is then released from the top of each PhotoSynthEtica module back into the urban microclimate.

A different application is the BioFactory, a pilot project made in 2021 in the main headquarters of Neslé in Lisbon (Fig. 5). Food micro-algae are grown inside the photobioreactors while feeding on the CO₂ emissions of the factory itself. Freshly harvested biomass enters the factory supply chain to become a renewable and sustainable raw material for carbon-neutral food products and packaging. It activates a circular process that, thanks to the growth of crops, over time, becomes a more resilient facility with higher levels of productivity. Each project by ecoLogicStudio is distinguished by the way of highlighting biotechnologies, cultivation, production and consumption systems in the architectural project, thus overcoming the nature/artifice dualism between beings and bad practices in which the natural element has an aesthetic purpose or a decorative function, in favour of a harmonious vision (Valenti and Pasquero, 2021).

Another 'green infrastructure' experimentation capable of enhancing environmental characteristics while providing a wide range of ecosystem services is the Fabbrica dell'Aria created by PNAT (Project NATURE). PNAT is a university spin-off founded in 2004, a 'think tank' made from a multidisciplinary group of botanists, agronomists, architects and designers in charge of implement-

ing part of the research carried out by the International Laboratory of Plant Neurobiology (LINV). Stefano Mancuso (the Director of LINV and a Full Professor of the University of Florence) and about a hundred researchers study the less-known characteristics of plants, especially their cognitive abilities, that is, how plants manage to solve problems in the built environment. PNAT creates innovative technological solutions inspired by the plant model to integrate plants into cities, homes, workplaces and the lifestyle of citizens, creating synergic relations between the natural and artificial environments, the core subject of the biophilic sustainable design.

The indoor air quality is often less considered than the outdoor air. Indoor pollution can reach values 3 times higher than outdoor pollution, and in the specific case of volatile organic compounds (gases containing a variety of chemical substances emitted by liquids or solids) such as formaldehyde, concentrations can be 10 times higher than external ones, regardless of the context where the building is located (Tran, Park and Lee, 2020). One of the most important projects by PNAT is the Fabbrica dell'Aria, originating from a series of studies on indoor air quality and the plant's ability to remove pollutants from the air. However, to get more significant effects a large number of plants should be placed. Therefore, PNAT has studied a system to make air pollution removal more efficient, without leaving out design and scenography aspects.

Daily, to improve the indoor air, the room is aerated with large volumes of air from the outside and then is air-conditioned. The Fabbrica dell'Aria is a big green space, an indoor greenhouse equipped with a botanical filtration system (Stomata™) patented by PNAT. It takes the air from the room (therefore at an ideal temperature) and after a forced passage inside the glass



Fig. 10, 11 | Garden in the Air (source: 2021.prizes.new-european-bauhaus.eu).

container, it puts it back into the room, using the plants' natural ability to retain and degrade both inorganic (carbon dioxide, nitrogen compounds, fine dust, etc.) and organic polluting molecules (VOCs), incorporating them into their biomass. Therefore, it constitutes a green filter of unlimited duration, which does not need to be replaced and is much more efficient than traditional mechanical filters.

For Manifattura Tabacchi in Florence (Fig. 6), PNAT has developed the first Fabbrica dell'Aria prototype, contributing to the regeneration of the former industrial area. The greenhouse is installed in the B9 building and is conceived as a big glass half-in-half-out structure containing many plant species (Banana tree, Ficus, Kentia, Chamadorea, Aspidistra, Philodendrons, Microsorium, Fittonia, Dieffenbachia, Strelitzia, Asplenium) with a specific layout. The plants are arranged to compose different levels of leaf areas, a sort of obstacle course for the air to be purified. The greenhouse has an automated irrigation system and an artificial lighting system with Artemide lamps with a modern design that creates ambient light, with frequencies that help plant photosynthesis and coloured LED lights changing according to the plant growth stage.

The Fabbrica dell'Aria brings plants to confined spaces in a new way: no longer as just decor elements but as the technological basis of a cutting-edge botanical air bio-filtration device capable of efficiently responding, in a sustainable way and with very low maintenance costs, to the need for indoor air pollution removal. It is a unique device, where plants are not only decor but provide a technological purpose. Currently, PNAT is working on making the installation scalable: on a small scale, to create mini factories with the function of quickly purifying medium-sized apartments through a small container of half a cubic meter full of plants; on an urban scale, to create big factories by repurposing unused buildings for purifying particularly polluted areas of the city – as opposed to highly energy-intensive and economically unsustainable towers built in China that purify the air through particular chemical and physical procedures.

In addition to approaches at a micro or meso level, ecoLogicStudio has also questioned traditional urban planning concepts via the Deep Green, whose first experiments involved Guatemala City, Mogadishu (Somalia) and Vranje (Serbia). Guatemala City has an ecological Masterplan that, following an integrated and symbiotic urban metabolism, uses artificial intelligence and algorithms to define scenarios and strategies aimed at enhancing biological infrastructure, metabolising air pollution, managing waste, the water system (Fig. 7) and carbon trading, and to produce renewable energy. The available scalable 'toolkit' enables the creation of resilient cities via the potential of design and architecture to overcome the stalemate of the current ecological crisis which, according to Claudia Pasquero, is linked to the achievements in 'innovation' and few developments in 'design innovation' (Valenti and Pasquero, 2021).

The above case studies show that it is possible to overcome the greenwashing bad practice and to create a 'new ecology' based on overcoming the artificial/natural dualism and in which

all the actors (animate and inanimate) of the built environment combine to characterize an unprecedented 'unified' landscape in a profound bond made of knowledge and understanding of mutual needs. The discussed projects show a systemic vision supported by a holistic and cross-disciplinary approach in which the creative and strategic use of vegetation becomes decisive to start the much-desired ecological transition, shifting from a 'concrete city' to a more 'lively' and 'adaptive' one, creating different ecosystem services with effects and benefits from territorial to environmental units scales.

Their strength is the holistic and cross-disciplinary approach. At the same time, it is a barrier to its dissemination as a practice, for architects and engineers, because it is based on daily research and experimentation actions not easily compatible with the needs and rhythms of the job. Moreover, to evaluate how and to what extent in the professional work the greenery takes a central and crucial role, and to solve the imperative environmental problem and produce the necessary ecosystem services, the results of the New European Bauhaus Prizes 2021 are discussed below.

The New European Bauhaus Prizes 2021 | To boost the European Green Deal (European Commission, 2019b) and to inform design guidelines of the near future on sustainability, the European Commission has promoted the New European Bauhaus (European Commission, 2021b). This aims to be a 'bridge' between science, technology, art and culture worlds, with an evolving cultural educational program from 2021-2028. The subjects addressed concern climate change, the use of traditional building techniques, the reuse of materials within a circular economy, solutions for the co-evolution of the built environment and protection of biodiversity, and processes for the regeneration of spaces and social inclusion.

The Concept Paper (New European Bauhaus High-Level Round Table, 2021) further explains the vision for 'a culture and design-led' transition to a 'low-carbon, just and regenerative society', with 'a shift from an economy of growth to an economy of belonging'. It recognises that buildings are 'materially drawn from limited natural resources', while being situated within connected eco-systems, and promotes 'design for re-entanglement' with nature. The New European Bauhaus is the tool to transform the European Green Deal into a tangible and positive experience, an 'open' movement to facilitate and guide the transformation of our society towards three inseparable values: a) Sustainability (from climate goals to circularity, zero pollution, and biodiversity); b) Aesthetics (quality of experience and style, beyond functionality); c) Inclusion (valorising diversity, equality for all, accessibility and affordability). The approach of the initiative has been declared as multilevel (from global to local), participative and transdisciplinary, and is compared with four thematic axes: 1) reconnecting with nature; 2) regaining belongingness; 3) prioritising the places and people that need it the most; 4) promoting long term, life cycle and integrative thinking in the industrial ecosystem.

One of the tools selected by the European Commission was the call for projects launched

for the first New European Bauhaus Prizes (2021): more than 2,000 projects and ideas helped shape the soul of the event. For excellence and creativity, 60 finalists were selected³ and 20 prizes allocated, 10 for the New European Bauhaus Awards (NEBA) and 10 for the New European Bauhaus Rising Stars (NEBRs) for each of the 10 categories identified: 'Techniques, materials and processes for construction and design'; 'Buildings renovated in a spirit of circularity'; 'Solutions for the co-evolution of built environment and nature'; 'Regenerated urban and rural spaces'; 'Products and life style'; 'Preserved and transformed cultural heritage'; 'Reinvented places to meet and share'; 'Mobilisation of culture, arts and communities'; 'Modular, adaptable and mobile living solutions'; 'Interdisciplinary education models'.

The majority of the 60 finalists were from Spain and Italy⁴, and the 20 most awarded were mostly from Spain with 9 awards (45%), followed by Italy (25%) with 5 awards, Germany with 2 awards (10%) and finally Austria, Slovenia, Portugal and Denmark with one prize (5%) each. For the purposes of this paper, the finalist projects of the New European Bauhaus Prizes 2021 were analyzed according to the use of Nature-based Solutions to understand how and to what extent the greenery can take a central and 'important' role in future projects. Thirteen projects present the use of greenery as 'part and parcel of the project' as 'plant element' or 'construction material'. They concern urban and suburban areas differently densified, different intervention scales, new and existing restored buildings (public or private) of various sizes, use the different forms of greenery indoors and outdoors, on horizontal or vertical surfaces, with traditional or innovative technologies, with a circular approach to enhance biodiversity.

Three projects out of thirteen were found to be the most innovative in articulating the concept of 'green infrastructure' and enhancing its potential to create ecosystem services. The Fantastic Forest Phenomenon, Gardens in the Air and Nest stand out for their innovative and creative characteristics, having been able both to grasp the problems of the respective local contexts and the citizens' needs and to give concrete answers through the integration of nature – and plants in particular – with the built environment at the different urban scales (of the district) and of the building.

The Fantastic Forest Phenomenon is a project for the regeneration of the Lušćić district in Karlovac (Croatia), already the winner of the international competition European 15 – Productive Cities in 2019; it aims to rethink spatial strategies, as 'promises of endless growth have resulted in bad spatial compromises and wasted resources', and affects all the urban territory: the new green and grey corridors favour the dynamic flow of people, energy and water throughout the city, generating a mix of natural-artificial elements in which local resources flow circularly, consolidating social relations between the citizens, creating new opportunities for work and economic development, and eliminating waste from the production process (Figg. 8, 9). Vegetables, herbs and flowers are grown in vertical hydroponic greenhouses (to leave space for the dis-

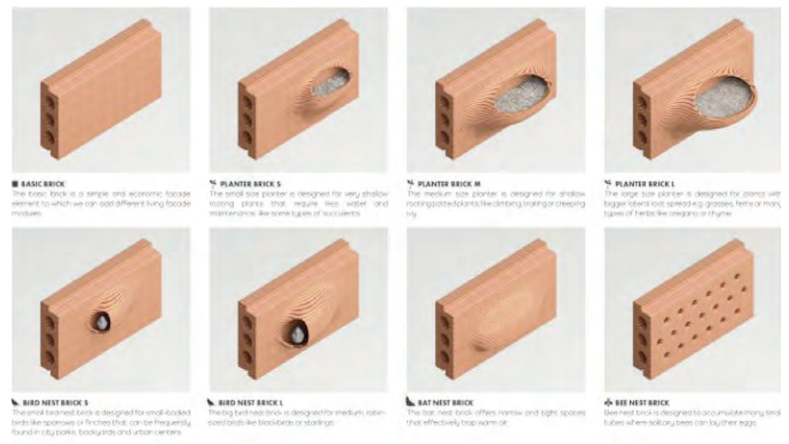
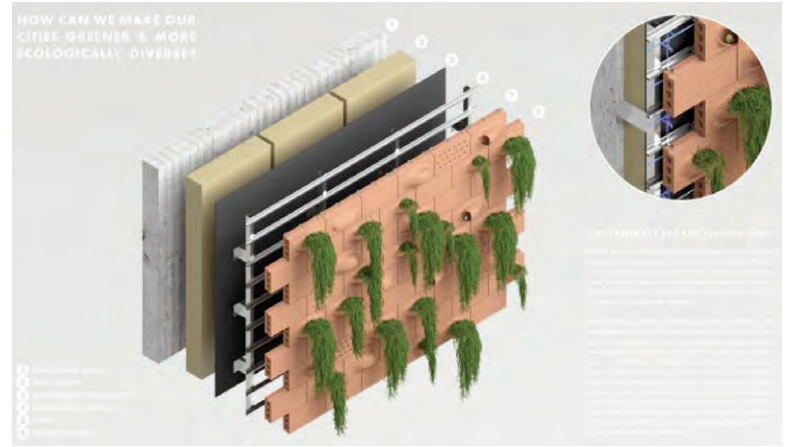
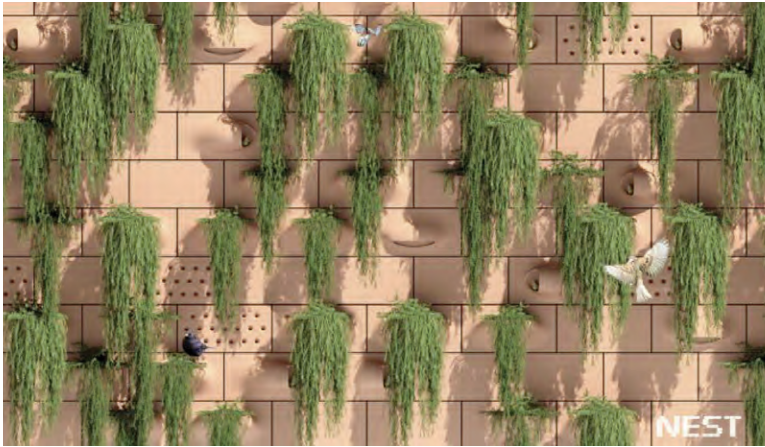


Fig. 12-15 | NEST (source: 2021.prizes.new-european-bauhaus.eu).

tract social infrastructures) using both water collected from nearby paved surfaces and that from the condensation of fog on the glass surfaces, to then be partly marketed and partly used in the production of natural cosmetics or one of the most popular craft beers in Croatia, Karlovačko. The subproducts too are reintroduced in the productive cycle to generate electric energy through small cogeneration plants or as fertilizers.

The Gardens in the Air project aims to bring back nature to the Tres Barrios-Amate district in Seville. It is the poorest district of Spain and its citizens, mostly elders and immigrants, live in apartments of about 50 square meters and an average height of 2.30 meters, distressed by summer temperatures that reach 45 °C for many hours every day. The only relief is provided by the air conditioning, whose external units characterize the urban landscape. On these premises and with the aims to explore the resources and species of the district and to generate new relationships with and among the district's citizens in a perspective of sustainability and ecosystemic balance, a 'creative' project was established (with three works intertwined) with the participation of artists, agronomists, architects, residents and young people of the local A.E.S. Candelaria.

The first work is a vertical garden made with 19 microperforated wood boxes, with patterns recalling the multi-ethnic nature of the residents. Each box covers an air conditioning unit, and it is useful for containing a terracotta pot and plants irrigated with the condensation water produced by the mechanical system (about 1.5 litres per day;

Fig. 10, 11). The second one is the production of perfumes and essential oils extracted from the pruning scraps of plants, in order to generate circular economies that enhance local resources and promote the care for nature in the suburbs and disseminate its ecosystem benefits. Finally, Synergies' polyphony with the sounds of the district and interviews with locals in order to participate in their potential emotional bonds.

NEST (Natural Eco-System Tiles) is an ecological and sustainable system that aims to be the solution to the lack of spaces to enhance biodiversity in an urban (Barcelona) setting, taking advantage of unused vertical surfaces. Other functions join this primary one, including constraining atmospheric pollution and improving the thermal and acoustic performance of external walls. But not exclusively. The modular panels with a parametric design were created to meet the specific needs of the local ecosystem, facilitating the passive and low-maintenance growth of flora, and providing fauna with the necessary spaces to 'nest', thanks to the possibility of varying their size, porosity, structure and consistency (Fig. 12-15). Made with local clay (without toxic components) with an additive digital manufacturing process characterized by modelling flexibility, easy customization, creation of quick prototypes and elimination of production waste, the panels can be used in the new buildings and energy retrofitting interventions on existing buildings.

Discussion | 'Nature-based solutions' and 'green infrastructures' offer much potential to deliver eco-

system goods and services, foster a better quality life, improve biodiversity and mitigate climate change, both directly through sequestering and storing carbon and indirectly by inducing a cooling effect, with multiple co-benefits including increased resilience and adaptation (IPCC 2022a, chapter 8, p. 6); in addition, they offer «[...] a smarter and more integrated approach to development, with limited space utilised in an efficient coherent way» (European Commission, 2014, p. 7). However, as Celine Baumann pointed out, «[...] Greenery is unfortunately too often used as an alibi for new developments, by wrapping buildings in green as sole legitimisation of an otherwise unsustainable project» (Block, 2019): while many new projects are incorporating vertical forests, green roofs, urban farms and living walls, they give little benefit – or are even actively harmful – unless deployed properly and sensitively: «[...] Greenery is not per se ecological, and the commodification of nature can lead in fact to reduced biodiversity and higher pollution levels». We have seen how 'an elegant green dress', photovoltaics and an internal park are not enough to compensate for the immense footprint of Apple Park and its surrounds.

In this context, to better benefit from the strength of 'greenery' and get a new ecosystemic balance, we should understand natural systems and their operation more deeply, assisted by landscape architects, biologists and ecologists. Without them, it would be impossible to promote a holistic, inclusive, 'less human-centric' design culture while engaging with local communities. This requires «[...] awareness and empa-

thy for the rich worlds of other species and entities, with deep respect for the complex narratives of places [...] their histories and futures» (New European Bauhaus, 2021, pp. 4, 5). In this regard, the indigenous world view of 'connecting to country' accords equal importance to humans, animals, resources and plants within natural systems⁵. Such a change in mindsets will recognise that the creation of new built forms often tramples upon ecosystems and local cultures, with resource extraction also damaging biodiversity. Thus, the sustainable regeneration of existing habitats should always be preferred to the creation of the so-called 'green' cities.

As exemplified by ecoLogicStudio's 'avant-garde' projects, biophilic design exhibits a highly promising cybernetic relationship between architecture and the built environment via growth of micro-algae capable of serving multiple purposes; these include the use of 'fully-fledged design materials' with high-performance qualities to create 'an adaptive and living concept', even consuming CO₂. Such approaches are envisaged at various scales, from domestic interiors to offices, buildings – even at city scale, while metabolising pollutants produced by the city. EcoLogicStudio experiments offer new highly sophisticated advances to meet the challenges of urbanisation; the other case studies further explain how symbiosis of greenery and built form may be achieved at different scales, especially if in collaboration with local communities and vernacular practices.

The 2021 New European Bauhaus Prize winners, Nest and Gardens in the Air, successfully pursue symbiosis at microscale, as do ecoLogicStudio's Bio.tech HUT, BioBimbola, and PhotoSynthEtica curtains – with these bottom-up experiments expected to lead to wider applications. In addition, ecoLogicStudio's BioFactory seeks to extend the use of algae as a building form to an urban scale, while PNAT's Fabbrica dell'Aria seeks to purify the air in growing cities. We have also seen how the Fantastic Forest Phenomenon and Barcelona's Green Infrastructure and Biodiversity Plan take a wide view of symbiotic opportunities, by integrating various green and built infrastructures, while Deep Green (Guatemala City) takes this thinking to an even higher level. Involving the collaboration of eco-

LogicStudio with UNDP and academic partners, it opens up a view of the future that employs artificial intelligence, algorithms, and high-resolution data to produce simulated scenarios of sustainable urban development through «[...] an interface between bottom-up processes of self-organisation such as recycling activities [...] and the strategic decision-making that occurs at municipal, national and international level».⁶

Closing remarks | To meet the scale and urgency of current global challenges, such as climate change, biodiversity loss and urbanisation, radically different approaches are required. According to the IPCC (2022a, chapter 8, p. 91), «[...] the demand that new and emerging cities will place on natural resource use, materials, and emissions can be minimised and avoided only if urban settlements are planned and built much differently than today [...]». We cannot claim to protect biodiversity via so-called nature-based solutions and green infrastructure, while at the same time planning to build another New York City every 34 days until 2060: the two strategies are clearly contradictory. Therefore, it is imperative to appeal to our sense of responsibility and awareness, acknowledging that we live in a world with finite resources; hence, while meeting our needs, we must build and consume less in order to minimise the human footprint on ecosystems at the micro, meso and macro scales.

In this regard, the recent IPCC report on mitigation of climate change introduced the concept of 'sufficiency' – avoiding demand for energy, materials, land and water while delivering well-being for all within planetary boundaries – within Chapter 9 and the Summary for Policy Makers (IPCC, 2022a). Complemented by a new Chapter 5 on Demand, Services, and Social Aspects of Innovation, sufficiency presents an opportunity to question the demand for new structures at the outset, and to consider alternative solutions that may utilise digital services requiring less real estate, reducing floor area per capita in housing and other buildings, multi-functionality of space, and repurposing and refurbishing existing stock. Based on this new paradigm 'sufficiency and demand-side solutions' are critically important in arresting the steep upward trajectory of curves related to climate change, biodiversity loss, land sys-

tem change, in addition to global inequity and meeting the SDGs.

At the same time, nature-based solutions and green infrastructures should not be considered in isolation from the built environment. These should be viewed as connected elements in local, urban and global systems, from which synergies may be uncovered. Such holistic approaches, enabled by frontier technologies, were demonstrated by ecoLogic Studio with the Deep Green and in addition to other case studies at different scales. It is important to recognise and surmount barriers to such forward-looking approaches; these include widespread mindsets that view humanity as superior to other living beings and the environment, the false expectation that climate and other challenges may be met while pursuing endless economic growth, and the view of many in the construction and development fields that nature may be trampled upon to satisfy these ends. Nonetheless, the path towards the ecological transition is traced: the recent reports of the IPCC (2022a, b) highlight 'aggressive and immediate' policy changes which, if reinforced and implemented, offer a ray of hope for the future of our planet.

Acknowledgements

The contribution, resulting from a common reflection, is to be assigned in equal parts to both Authors.

Notes

1) For more information on Seoul, '10 minute' city, see the webpage: weforum.org/videos/24681-10-minute-city-planned-for-seoul-south-korea-in-2024#:~:text=The%20new%20125%2Dacre%20development,duer%20for%20completion%20in%202024 [Accessed 20 April 2022].

2) For an overview of the current green policies of cities see Opla website: opla.eu/casestudy/ [Accessed 20 April 2022]. Oppla is an archive with the latest consideration on natural capital, ecosystem services, and nature-based solutions. It is supported by the European Commission under the Environment (including climate change) – Theme

of the 7th Framework Programme for Research and Technical Development.

3) The winner and finalist projects of the New European Bauhaus Prize 2021 have been published on the webpage: prizes.new-european-bauhaus.eu/finalists [Accessed 20 April 2022].

4) In detail, of the 60 finalist projects, 21 were from Spain, 17 from Italy, 8 from Portugal, 4 from Germany, 2 from Poland and 1 each from Austria, France, Romania, Cyprus, Belgium, Slovenia, Croatia and Denmark. There are some projects worth mentioning. Ulia Garden, winner of the 'New European Bauhaus Awards' in the category 'Reinvented places to meet and share' and Socio-Environmental Inclusion, finalist of the 'New European Bauhaus Rising Stars' in the categories 'Regenerated urban and rural spaces' and 'Reinvented places to meet and share' where social inclusion is the core element of the project, via the cultivation of vegetable gardens and medicinal herbs.

Then, the project Via Appia – Heritage and nature for all, finalist of the 'New European Bauhaus Rising Stars' in the category 'Preserved and transformed cultural heritage', where nature and archaeology merge and the need for sustainable mobility is promoted both for better use and better preservation. The urban regeneration project The Fantastic Forest Phenomenon, finalist of the 'New European Bauhaus Rising Stars' in the category 'Solutions for the co-evolution of built environment and nature'. Moreover, roof gardens and vertical garden walls traditional and innovative solutions, with the projects Garden in the Air, winner of the 'New European Bauhaus Awards' in the category 'Buildings renovated in a spirit of circularity', Xifre Rooftop Floating Wild Garden, winner of the 'New European Bauhaus Awards' in the category 'Preserved and transformed cultural heritage' and also a finalist in the categories 'Buildings renovated in a spirit of circularity', 'Solutions for the co-evolution of built environment and

nature’, ‘Regenerated urban and rural spaces’ and ‘Reinvented places to meet and share’, and NEST, winner of ‘New European Bauhaus Rising Stars’ in the category ‘Solutions for the co-evolution of built environment and nature’. Moreover, the gardens between public and private projects Zero Waste House, winner of the ‘New European Bauhaus Rising Stars’ in the category ‘Buildings renovated in a spirit of circularity’ and The Garden House in the City, finalist of the ‘New European Bauhaus Awards’ in the category ‘Solutions for the co-evolution of built environment and nature’. And finally, the use of components and materials of natural origin, especially wood, as the projects: ROSANA, winner of the ‘New European Bauhaus Awards’ in the category ‘Solutions for the co-evolution of built environment and nature’, Inhabiting an Enclosed Landscape, finalist of the ‘New European Bauhaus Rising Stars’ in the categories ‘Techniques, materials and processes for construction and design’, ‘Buildings renovated in a spirit of circularity’, ‘Solutions for the co-evolution of built environment and nature’ and ‘Regenerated urban and rural spaces’ and Origami Pavilion, finalist of the ‘New European Bauhaus Rising Stars’ in the category ‘Modular, adaptable and mobile living solutions’.

5) For more information see the webpage: governmentarchitect.nsw.gov.au/projects/designing-with-country [Accessed 20 April 2022].

6) For more information see the webpage: msd.unimelb.edu.au/the-climate-imaginary/ecologicstudio/deep-green [Accessed 15 May 2022].

References

- Ajuntament de Barcelona (2013), *Barcelona Green Infrastructure and Biodiversity Plan 2020*. [Online] Available at: ajuntament.barcelona.cat/ecologiaurbana/sites/default/files/Barcelona%20green%20infrastructure%20and%20biodiversity%20plan%202020.pdf [Accessed 12 May 2022].
- Block, I. (2019), “Greenery is often ‘sole legitimisation’ for unsustainable buildings says Céline Baumann”, in *dezeen*, 31/10/2019. [Online] Available at: dezeen.com/2019/10/31/celine-baumann-landscape-architecture/ [Accessed 12 May 2022].
- Camps-Calvet, M., Langemeyer, J., Calvet-Mir, L. and Gómez-Baggethun, E. (2016), “Ecosystem services provided by urban gardens in Barcelona, Spain – Insights for policy and planning”, in *Environmental Science & Policy*, vol. 62, pp. 14-23. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.envsci.2016.01.007 [Accessed 12 May 2022].
- de Freitas Netto, S. V., Sobral, M. F. F., Ribeiro, A. R. B. and da Luz Soares, G. R. (2020), “Concepts and forms of greenwashing – A systematic review”, in *Environmental Science Europe*, vol. 32, article 19, pp. 1-12. [Online] Available at: doi.org/10.1186/s12302-020-0300-3 [Accessed 12 May 2022].
- European Commission (2021a), *Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions – Forging a Climate-Resilient Europe – The new EU Strategy on Adaptation to Climate Change*, document 52021DC0082, 82 final. [Online] Available at: eur-lex.europa.eu/legal-content/en/ALL/?uri=CELEX:52021DC0082 [Accessed 12 May 2022].
- European Commission (2021b), *New European Bauhaus – Beautiful, Sustainable, Together*. [Online] Available at: europa.eu/new-european-bauhaus/index_en [Accessed 12 May 2022].
- European Commission (2019a), *Report from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions – Review of progress on implementation of the EU Green Infrastructure Strategy*, document 52019DC0236, 236 final. [Online] Available at: eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=COM:2019:236:FIN [Accessed 12 May 2022].
- European Commission (2019b), *Communication from the Commission to the European Parliament, the European Council, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions – The European Green Deal*, document 52019DC0640, 640 final. [Online] Available at: eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=COM%3A2019%3A640%3AFIN [Accessed 12 May 2022].
- European Commission (2014), *Building a Green Infrastructure for Europe*, Publications Office. [Online] Available at: doi.org/10.2779/54125 [Accessed 12 May 2022].
- European Commission (2013), *Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions – Green Infrastructure (GI) – Enhancing Europe’s Natural Capital*, document 52013DC0249, 249 final. [Online] Available at: eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52013DC0249 [Accessed 12 May 2022].
- Faivre, N., Fritz, M., Freitas, T., Boissezon, B. and Vandewoestijne, S. (2017), “Nature-based solutions in the EU – Innovating with nature to address social, economic and environmental problems”, in *Environmental Research*, vol. 159, pp. 509-518. [Online] Available at: dx.doi.org/10.1016/j.envres.2017.08.032 [Accessed 12 May 2022].
- IEEP (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 12 May 2022].
- IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change (2022a), *Climate Change 2022 – Mitigation of Climate Change*, Switzerland. [Online] Available at: report.ipcc.ch/ar6wg3/pdf/IPCC_AR6_WGIII_FinalDraft_FullReport.pdf [Accessed 12 May 2022].
- IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change (2022b), *Climate Change 2022 – Impacts, Adaptation and Vulnerability – Summary for Policymakers*, Switzerland. [Online] Available at: ipcc.ch/report/ar6/wg2/downloads/report/IPCC_AR6_WGII_FinalDraft_FullReport.pdf [Accessed 12 May 2022].
- Kohlstedt, K. (2016), “Renderings vs reality – The improbable rise of tree-covered skyscrapers”, in *99% Invisible City*, 04/11/2016. [Online] Available at: 99percentinvisible.org/article/renderings-vs-reality-rise-tree-covered-skyscrapers/ [Accessed 12 May 2022].
- Moreno, C. (2020), *Projet Portes de Paris – Ville du Quart d’Heure Territoire de la Demi-Heure – Transitions Urbaines et Territoriales*, Livre Blanc. [Online] Available at: chaire-eti.org/wp-content/uploads/2019/12/Livre-Blanc-2019.pdf [Accessed 12 May 2022].
- New European Bauhaus High-Level Round Table (2021), *New European Bauhaus Concept Paper*, NEB High-Level Round Table, 30 June. [Online] Available at: europa.eu/new-european-bauhaus/high-level-round-table-visions_en [Accessed 12 May 2022].
- Olson, E. (2021), “Plants on Rooftops – Greenwashing in Architecture”, in *The Climate Change Review*, 08/02/2021. [Online] Available at: ucsclimatereview.org/post/plants-on-rooftops-greenwashing-in-architecture [Accessed 12 May 2022].
- Parker, J. and Zingoni de Baro M. E. (2019), “Green Infrastructure in the Urban Environment – A Systematic Quantitative Review”, in *Sustainability*, vol. 11, issue 11, 3182, pp. 1-20. [Online] Available at: doi.org/10.3390/su11113182 [Accessed 12 May 2022].
- Pawlowska K. and B. Jawecki (2021), “The determination of priority areas for the construction of green roofs with use of the urban valorisation method”, in *Sustainability*, vol. 13, 13227, pp. 1-24. [Online] Available at: doi.org/10.3390/su132313227 [Accessed 12 May 2022].
- Poletto, M. (2018), *The Urbansphere – Architecture in the age of ubiquitous computing*, Doctoral Thesis, RMTI University. [Online] Available at: researchrepository.rmit.edu.au/esploro/outputs/doctoral/The-Urbansphere-Architecture-in-the-age/9921861966101341 [Accessed 12 May 2022].
- Savas, W. (2016), “Green Infrastructure and Urban Biodiversity”, in *Landscape Architecture Frontiers*, vol. 4, issue 3, pp. 40-51. [Online] Available at: journal.hep.com.cn/laf/EN/Y2016/V4/I3/40 [Accessed 12 May 2022].
- Shen, Z., Li, Y., Yang, K. and Chen, L. (2019), “The emerging cross-disciplinary studies of landscape ecology and biodiversity in China”, in *Journal of Geographic Science*, vol. 29, issue 7, pp. 1063-1080. [Online] Available at: doi.org/10.1007/s11442-019-1645-7 [Accessed 12 May 2022].
- Tran, V. V., Park, D. and Lee, Y.-C. (2020), “Indoor Air Pollution, Related Human Diseases, and Recent Trends in the Control and Improvement of Indoor Air Quality”, in *International Journal of Environmental Research and Public Health*, vol. 17, issue 8, article 2927, pp. 1-27. [Online] Available at: doi.org/10.3390/ijerph17082927 [Accessed 12 May 2022].
- UN – United Nations (2022), *Goal 11 – Make cities inclusive, safe, resilient and sustainable*. [Online] Available at: unric.org/en/sdg-11/ [Accessed 12 May 2022].
- UN Environment and IEA – International Energy Agency (2017), *Global Status Report 2017 – Towards a zero-emission, efficient and resilient buildings and construction sector*. [Online] Available at: unep.org/news-and-stories/story/buildings-and-construction-sector-grows-time-running-out-cut-energy-use-and [Accessed 12 May 2022].
- Valenti, A. and Pasquero, C. (2021), “La seconda vita dei micro organismi – Il design bi-digitale per una nuova ecologia dello spazio e del comportamento | The second life of micro-organisms – Bio-digital design for a new ecology of space and behaviour”, in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 9, pp. 42-53. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/942021 [Accessed 12 May 2022].
- Xing, Y., Jones, P. and Donnison, I. (2017), “Characterisation of nature-based solutions for the built environment”, in *Sustainability*, vol. 9, issue 1, 149, pp. 1-20. [Online] Available at: doi.org/10.3390/su9010149 [Accessed 12 May 2022].
- Ying, J., Zhang, X., Zhang, Y. and Bilan, S. (2021), “Green infrastructure – Systematic literature review”, in *Economic Research – Ekonomska Istraživanja*, pp. 1-24. [Online] Available at: doi.org/10.1080/1893202.2021.1893202 [Accessed 12 May 2022].
- Zhang, K. and Chui, T. F. M. (2019), “Linking hydrological and bioecological benefits of green infrastructures across spatial scales – A literature review”, in *Science of the Total Environment*, vol. 646, pp. 1219-1231. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.07.355 [Accessed 12 May 2022].