

Infrastrutture verdi e servizi eco-sistemici in area urbana: prospettive di ricerca per la progettazione ambientale

SAGGI E
PUNTI DI VISTA/
ESSAYS AND
POINTS OF VIEW

Marina Rigillo,
Dipartimento di Architettura, Università degli Studi di Napoli «Federico II», Italia

marina.rigillo@unina.it

Abstract. L'articolo è un saggio critico sull'importanza delle infrastrutture verdi per la riduzione della vulnerabilità urbana rispetto ai fenomeni del climate change. Il contributo ha l'obiettivo di mettere in relazione il progetto di infrastrutture verdi con i servizi eco-sistemici erogati, prendendo a riferimento il gradiente di naturalità espresso dalle diverse tipologie di aree verdi urbane, in queste includendo le superfici artificiali (tetti e facciate verdi), i suoli nudi, i siti dismessi. Lo studio delinea una prospettiva di ricerca nella sistematizzazione dei requisiti tecnologico-ambientali dell'intervento, derivanti dalla scomposizione, catalogazione e gerarchizzazione dei servizi eco-sistemici erogati e dalla specificità delle tecniche e dei materiali vegetali impiegati nel progetto.

Parole chiave: Infrastrutture verdi, Servizi ecologici, Prestazioni ambientali, Resilienza dello spazio urbano

Aree verdi e progetto adattivo dell'ambiente urbano

L'acquisizione del paradigma della resilienza nella cultura del progetto ambientale ha determinato un importante sviluppo

del dibattito disciplinare, spostando l'attenzione della comunità scientifica da obiettivi di ricerca tendenzialmente orientati alla conservazione delle risorse (il patto inter/ intra generazionale per la tutela del capitale naturale attraverso usi sostenibili) verso studi più focalizzati sulla natura dei sistemi antropizzati e sui vantaggi che la ri-progettazione degli stessi in chiave ecologica potrebbe comportare.

A partire dalla definizione di resilienza come la capacità di un sistema di rigenerarsi e riorganizzarsi a seguito di un evento avverso mantenendo inalterato il proprio scopo (Holling, 1973, 2001; Walker et al., 2004; Folke et al. 2010), l'interesse verte sulla nozione di 'scopo' che, per i luoghi urbani, viene ampliata rispetto alle tradizionali funzioni dell'abitare includendo «the ability of a system, community or society exposed to hazards to resist, absorb, accommodate to and recover from the effects of a hazard

in a timely and efficient manner, including through the preservation and restoration of its essential basic structures and functions» (UNISDR, 2010).

In termini progettuali, il riposizionamento delle priorità dell'abitare un quadro orientato al potenziamento della resilienza urbana, porta a ripensare la forma della città, i suoi materiali e i suoi usi, secondo criteri e tecnologie volte a ridurre la vulnerabilità fisica, implementando la gestione pro-attiva del rischio. Si definisce così un filone di studio per la progettazione ambientale, dove l'obiettivo di aumentare la resilienza dei sistemi antropizzati si declina attraverso la ricerca di specifiche prestazioni in grado di garantire la capacità del sistema stesso (alle diverse scale di intervento) di mantenere/ recuperare la propria efficienza in condizioni di crisi. Questa posizione, che trova le sue radici culturali nella metafora lynchiana della città come '*learning ecology*' (Lynch, 1981), evidenzia un atteggiamento laico e pragmatico nei confronti del progetto, dando vita a ricerche sulle funzioni ecologiche dello spazio urbano focalizzate sull'interazione tra i cicli naturali e le peculiarità dell'ambiente costruito (pattern, materiali, tecnologie, processi costruttivi, Niemela et al. 2011).

Pur nell'estrema sintesi del quadro proposto, è possibile affermare che il principale elemento di originalità introdotto dalla nozione di resilienza in architettura è proprio nel rapporto di reciprocità che si stabilisce tra la vulnerabilità del sistema urbano, il livello del rischio atteso e la capacità di dare risposta attraverso la ri-progettazione *ad hoc* degli assetti spaziali e delle soluzioni tecnologiche¹. In tale accezione, il concetto di resilienza applicato alla specificità dell'ambiente costruito esprime, in una forma pragmatica ed ecologica, una posizione decisamente antropocentrica che fa della città – e dello spazio abitato nel suo complesso – il luogo

Green Infrastructures and Ecosystem Services in urban areas: research perspectives in environmental design

Abstract. This article critically reviews the significance of green infrastructure for the reduction of climate change-related vulnerability. It does so by linking green infrastructures to ecosystem services and by analysing the degree of ecological functions of different urban green areas. The latter include man-made surfaces (such as rooftops and green facades), bare soils, and drosscapes. The study outlines potential research perspectives aimed at systematising environmental services through the breakdown, classification, and ranking of the environmental services provided in different urban areas, according to their former use, the redevelopment techniques and the vegetation employed in each project.

Keywords: Green infrastructure, Environmental services, Environmental performance; Urban resilience

Green areas and adaptation of the urban environment

The rise of resilience as a paradigm in environmental design led to an important development in the academic debate. It has, firstly, shifted the focus away from techniques of resource conservation (such as inter- and intra-generational sustainability pacts) and towards the analysis of man-made systems and of the advantages that their ecologic restructuring might entail. We start from a definition of resilience as the capacity of a system to regenerate and re-organise itself in the aftermath of an adverse event, while preserving its aim (Golling, 1973, 2001; Walker et al., 2004; Folke et al., 2010). Central to this definition, the notion of "purpose" conveys a broader meaning than its traditional understanding as dwelling, in that it includes «the ability of a system, community or society exposed to

hazards to resist, absorb, accommodate and recover from the effects of a hazard in a timely and efficient manner, including through the preservation and restoration of its essential basic structures and functions» (UNISDR, 2010). As a project, the reshuffling of dwelling priorities, aimed at prioritising urban resilience, invites us to re-think the shape of the city, its materials and their usages, according to criteria and technologies that aim at reducing its physical vulnerability and at promoting a proactive risk prevention. This defines a new field for the study and practice of environmental planning. Here, the goal of increasing urban resilience is modulated through the research of performances that can guarantee the system's ability to preserve or regain its efficiency when in crisis. This point of view, inspired by Lynch's metaphor of the city as a «learning ecology»

di eccellenza dove sperimentare nuove forme di progettualità finalizzate a realizzare condizioni di maggiore efficienza per il governo degli impatti ambientali. Una prospettiva, questa, che fa del progetto ambientale uno strumento indispensabile per prevedere e controllare la complessità delle variabili in gioco e dei processi decisionali (Losasso, 2012), motore di innovazione (concettuale e tecnologica) attraverso cui regolare la vulnerabilità dei sistemi urbani, ri-posizionando gli obiettivi e le priorità di sviluppo (EU Cohesion Policy 2011 e 2014-2020; EU Territorial Agenda 2020, UNISDR, 2005; 2015).

Resilienza, vulnerabilità, adattività, mitigazione e rischio diventano così le parole chiave di una nuova stagione della progettazione ambientale chiamata a rispondere, culturalmente ed operativamente, delle grandi sfide contemporanee: «resilient cities define a comprehensive 'urban resilience' concept and policy agenda with implications in the fields of urban governance, infrastructure, finance, design, social and economic development, and environmental/ resource management» (IPCC 2007; ICLEI 2015).

Si guarda in particolare alle possibilità connesse alle strategie di *adaptive design*, intese come opportunità collettiva per rispondere in modo creativo ed appropriato alla richiesta di efficienza e di qualità dell'abitare che il paradigma della resilienza impone, privilegiando criteri di riduzione/ inclusione delle componenti del rischio rispetto ai principi di previsione/ resistenza già consolidati nella letteratura e nelle prassi.

In questo scenario, le aree verdi urbane giocano un ruolo molto importante per sviluppare azioni progettuali finalizzate a ridurre la vulnerabilità della città. La maggiore consapevolezza del ruolo delle risorse naturali nella realizzazione della resilienza urbana indirizza politiche e interventi di riconfigurazione dello spazio,

secondo un approccio adattivo che equipara, in termini prestazionali, il valore delle funzioni eco-sistemiche, proprie degli spazi a verde, a quello degli apparati tecnologici tradizionalmente preposti al governo dei cicli ambientali (Fig.1). Il ruolo sussidiario, storicamente riconosciuto alle aree di natura, quali generatrici di benefici connessi al benessere fisico e psicologico della popolazione si amplia, in una logica di *problem solving*, ad una nuova serie di funzioni per la messa in sicurezza del territorio e per la qualità dell'ambiente urbano, che risponde alla richiesta di maggiore efficienza dei sistemi antropizzati.

Il progetto delle aree verdi urbane si conferma così come parte integrante del processo 'costruttivo' dell'habitat umano (Vittoria e Caterina 1976, citati da Angelucci et al. 2013), contribuendo «non in senso naturalistico o estetico», ma perché riferito ad un apparato logico-cognitivo preposto a governare, attraverso l'esplicitazione di un set di prestazioni ambientali specifiche, l'interazione dinamica tra media naturali (aria, acqua, suolo), spazio costruito e contesto socio-economico: in natura, come in architettura, forma e funzione coincidono.

Infrastrutture verdi, servizi eco sistemici e prestazioni ambientali in aree urbane

Le prime definizioni di 'Infrastruttura verde' risalgono al 2002, ad opera di Benedict e McMahon, negli Stati Uniti, e di Sandstrom, in Europa. Nel

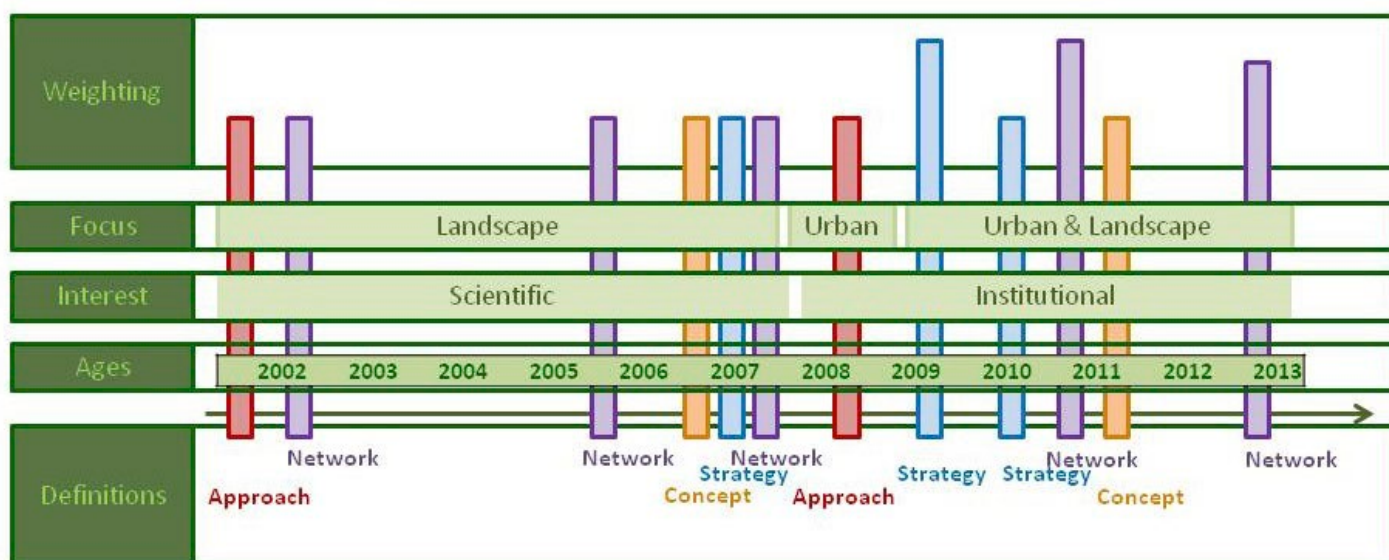
primo caso, il valore 'infrastrutturale' del capitale naturale viene riconosciuto nell'accezione anglosassone di bene comune, utilizzato per sostenere le ragioni della tutela attiva delle risorse: «Green Infrastructure is our nation's life support system – an interconnected network [...] that support native species, maintain

(Lynch, 1981), denotes a pragmatic approach to the city environment. This has spurred research on the ecologic function of the urban space, focussed on the interaction between natural cycles and the specificities of the built environment (e.g. patterns, materials, technologies, and building processes, cf. Niemela et al., 2011). The success of resilience in architectural thinking has emphasised the interconnectedness among urban vulnerability, expected levels of risk, and the ability to respond by amending spatial plans and technologies'. When applied to urban environments, the concept of resilience embodies a decidedly anthropocentric understanding of the city, and highlights urban dwellings as the ideal places to experiment with new forms of project-making aimed at an efficient management of environmental shocks. This renders

project-making an essential tool to forecast and control the complex interplay between multiple variables and the relevant decisions (Losasso, 2012) on the one hand, and a motor for conceptual and technological innovation that enables to manage urban vulnerability by re-positioning objectives and development priorities, on the other (EU Cohesion Policy 2011 e 2014-2020; EU Territorial Agenda 2020, UNISDR, 2005; 2015). Resilience, vulnerability, adaptability, mitigation, and risk become the key words of a new approach in environmental planning. This approach is expected to address, both culturally and operationally, the great challenges of our times: «resilient cities define a comprehensive "urban resilience" concept and policy agenda with implications in the fields of urban governance, infrastructure, finance, design,



01 |



02 | Definizione di infrastruttura verde 2002-2013
Green Infrastructure definitions (2002- 2013)

natural ecological process, sustain air and water and contribute to the health and quality of life for American's communities and people» (Benedict e McMahon, 2002). Sia nella descrizione delle componenti dell'infrastruttura verde, sia nelle funzioni ad esse attribuite, la definizione di Benedict e McMahon riprende la nozione di rete ecologica consolidata in letteratura, proiettandola in una logica di pianificazione sostenibile che, oltre alla conservazione *tout court*, valuta le aree naturali come risorsa essenziale per il benessere umano. L'approccio europeo, viceversa, punta sul termine 'infrastruttura' per evidenziare il valore multifunzionale delle aree verdi e sulla necessità del progetto per stabilire relazioni efficienti tra spazio urbano e risorse naturali: «in current efforts to achieve sustainable urban development, 'green infrastructure' has the same dignity as 'technological infrastructure' has had in traditional urban planning» (Sandstrom 2002)². Pur nella diversità dei punti di vista, le definizioni qui propo-

ste possono essere considerate una sorta di termine *a quo* della ricerca sul tema (Fig.2)³. Esse, infatti, stabiliscono i riferimenti essenziali per il progetto delle infrastrutture verdi in ragione della specificità dell'intervento (a scala vasta o in ambito urbano), definendo la quantità e qualità delle aree, la tipologia del sistema di connessione, i benefici erogati, e precisandone la valenza multifunzionale che varia in relazione alle caratteristiche morfologiche, ecologiche e di uso delle aree stesse. Inoltre, il termine infrastruttura presuppone non solo l'evidenza di un vantaggio sociale ma anche il riconoscimento del valore economico dei benefici derivati, così che l'infrastruttura verde viene descritta come: «strategically planned network of natural and semi-natural areas [...] designed and managed for deliver a wide range of ecosystem services» (EC, 2013).

L'obiettivo degli interventi è rivolto, in via prioritaria, a ridurre gli impatti generati dal cambiamento climatico (heat island, heat

social and economic development, and environmental/ resource management» (IPCC 2007; ICLEI 2015). In particolare, «adaptive design» strategies are attracting increasing attention, as they seem able to meet, creatively but comprehensively, the demand for efficiency and quality stimulated by the resilience paradigm. This represents a collective opportunity to prioritise strategies aimed at the reduction and/or the inclusion of risk over the forecast/resistance paradigm that are consolidated in both scholarship and practice. In this scenario, green urban areas are vital to projects aimed at reducing urban vulnerability. The increased awareness of the importance of natural resources in urban resiliency are guiding policies and actions on urban space, which follow an adaptive approach. This approach equalises the values of ecosystem

functions, typical of green areas, to those of technical devices that are traditionally adopted for the management of environmental cycles. Against this background, the importance of green areas for physical and psychological health has broadened to embrace a set of safety measures aimed at the preservation of the territory and of the quality of the urban environment, thus addressing increasing demands for efficiency in humanised systems. The design of green areas remains a fundamental step in the «construction» of the human habitat (Vittoria, Caterina, 1976, quoted in Angelucci et al., 2013), in that it contributes «not [only] in a naturalist or aesthetic sense», but also by highlighting the logic/cognitive compound that can guide the government of the interaction between natural media (such as air, water, and soil), built environment, and the socio-eco-

nomie context. In nature, as in architecture, form and function coincide.

Green infrastructures, ecosystem services, and environmental performances in urban areas

The earliest definition of «green infrastructure» appeared in early 2000s in both the US (Benedict and McMahon, 2002) and Europe (Sandström, 2002). In the first case, natural capital was recognised as «infrastructure» within the Anglo-Saxon understanding of the common good or commons, a concept that has been mobilised to actively defend resources: «Green Infrastructure is our nation's life support system - an interconnected network [...] that supports native species, maintaining natural ecological process, sustaining air and water and contributing to the health and quality of life for American's communities and people» (Benedict

e McMahon, 2002). For both the description of the components of green infrastructures, and for the explanation of its functions, the definition of Benedict and McMahon draws on consolidated notions of «ecological network», but imbue it in the logic of sustainable planning, which, beyond *tout court* conservation, sees natural areas as essential for human well-being. The European approach focuses on the term «infrastructure» in order to highlight the multiple value of urban green areas, and on the necessity that the project wave efficient links between the urban space and natural resources: «in current efforts to achieve sustainable urban development, «green infrastructure» has the same dignity as «technological infrastructure» has had in traditional urban planning» (Sandström 2002)². Despite these differences, both defini-

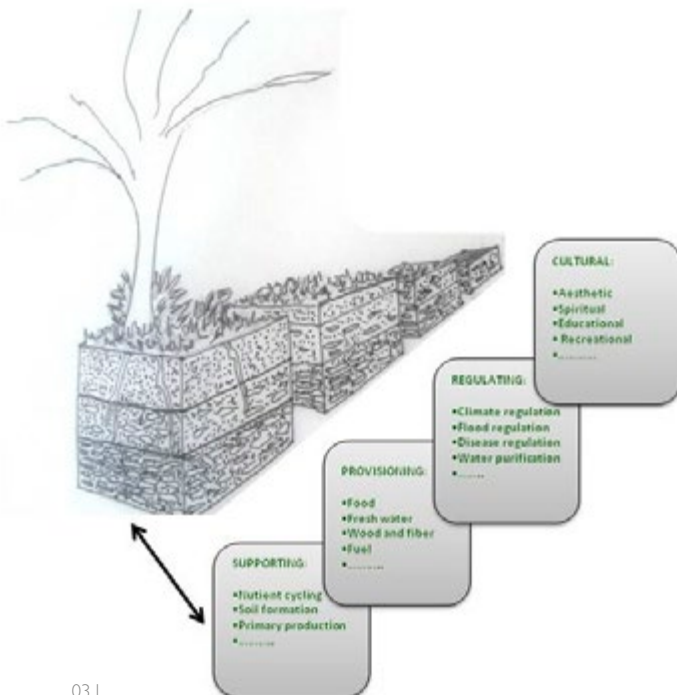
canyons, flooding and urban run-off), rispetto ai quali le aree urbane sono al tempo stesso generatrici di condizioni di pericolosità e bene esposto. Pur occupando, infatti, complessivamente una quota pari al 2% della superficie totale del pianeta, le città producono circa il 70% delle emissioni e consumano quote importanti di energia (Grimmond, 2011). Le città sono anche le aree più vulnerabili al climate change, sia a causa di fattori esogeni (l'aumento della popolazione urbana a scala globale, UNDP, 2011), sia per le caratteristiche fisiche dell'ambiente urbano (la struttura tridimensionale dello spazio costruito e la quantità di superfici impermeabili) che amplificano la pericolosità degli eventi atmosferici in termini di magnitudo e frequenza.

In questa prospettiva, il progetto di un nuovo tipo di infrastruttura *nature based* diventa un fattore strategico per ridurre la vulnerabilità del sistema abitato attraverso interventi di retrofit che permettono di valorizzare i suoli evapotraspiranti ancora ecologicamente efficienti e di rigenerare quelle aree, abbandonate e/o dismesse, che esprimono in potenza un capitale di servizi eco-sistemici artificialmente riproducibili. Nel mettere in relazione spazi differenti per uso e qualità eco-sistemiche (aree naturali, semi-naturali, artificiali) si evidenzia l'opportunità di sperimentare logiche di intervento essenzialmente mirate alla morfologia e al tipo di superficie oggetto dell'intervento, proporzionando le soluzioni tecnologiche alle caratteristiche delle aree interessate e alla classi di servizi eco-sistemici compatibili con la natura dei suoli. Il progetto di infrastrutture verdi urbane si organizza pertanto in una sequenza di passaggi logici e operativi che prevede:

- la ri-classificazione degli spazi urbani in funzione delle loro potenzialità eco-sistemiche (core areas, green corridors);
- la selezione di superfici aggiuntive potenzialmente riconducibili alle funzioni di infrastruttura verde;
- la definizione di soluzioni tecnologiche e di materiali (artificiali e naturali) per il recupero ambientale delle stesse (superfici impermeabili, orizzontali e verticali, suoli nudi);
- la previsione di pratiche di gestione degli spazi a verde (urban gardening, urban agricolture, urban farming) coerenti con l'obiettivo di produrre nuove, artificiali, condizioni di naturalità.

Il progetto equipara così elementi naturali e artefatti, cicli biologici e processi costruttivi, tradizione e innovazione, proponendo come discriminante della qualità attesa un nuovo set di prestazioni connesso all'efficienza tecnologica e eco-sistemica dell'intervento⁴.

In questo senso l'introduzione della nozione di servizio eco-sistemico, come specializzata dal Millenium Ecological Assessment (MEA) nel 2005, definisce un importante elemento di congiunzione logico tra le esigenze attese e la definizione dei requisiti ambientali del progetto. Il lavoro del MEA, infatti, rivisita le funzioni ecologiche degli habitat urbani e le classifica in quattro gruppi – di supporto; di approvvigionamento; di regolazione; culturali – legando insieme i cicli biofisici dell'ecosistema urbano e il benessere collettivo dei suoi abitanti. Per la prima volta, ed in modo esplicito, il valore dei servizi prodotti e i danni derivanti dalla loro perdita vengono riferiti in modo coerente a parametri di tipo sociale, culturale, eco-sistemico ed economico, confer-



tions are regarded as founding stones for research on green infrastructure⁵. Also, they are fundamental for: their design at different scales (both urban and regional); for the choice of the materials (dimension and quality of the areas, type of connecting systems, type of granted benefits); and for the definition of their multiple use according to the types of morphologic, ecologic, and destination of the interested areas. Furthermore, the term infrastructure presupposes not only the existence of a clear social benefit, but also of the economic value of the services provided, so that the EU defines green infrastructure as «strategically planned network of natural and semi-natural areas [...] designed and managed for deliver a wide range of ecosystem services» (EU, 2013). At the urban scale, actions are chiefly aimed at reducing the impact of phe-

nomena related to climate change (such as heat islands, heat canyons, flooding, and urban run-off), of which urban areas are both originators and victims. While cities occupy only 2% of the planet's surface, they produce about 70% of emissions, and consume important portions of the total energy supply (Grimmond, 2011). Cities are particularly affected by climate change, both for exogenous factors (such as the global increase in urban population, cf. UNDP, 2011) and for their physical characteristics (the three-dimensionality of the built environment and the quantity of impermeable surfaces), which magnify, in terms of both magnitude and frequency, the risks connected to atmospheric events. Against this background, the design of new, nature-based infrastructures, is a strategic factor to reduce the vulnerability of the lived

mando il progetto delle aree verdi urbane come espressione di un apparato valoriale razionale, intrinsecamente connesso all'uso ed alla copertura del suolo (Costanza et al., 1997; de Groot et al., 2010, Scolozzi et al., 2012, TEEB, 2010).

A partire dalla struttura proposta dal MEA è possibile identificare, per le aree dell'infrastruttura verde, un set di servizi erogati (o erogabili) in ragione della diversa consistenza delle superfici considerate e della differente naturalità del sistema suolo/ acqua/ vegetazione che le caratterizza (Fig. 3). Da questa considerazione si evidenzia la possibilità di misurare, per ognuna delle superfici oggetto dell'intervento, il numero e la qualità dei servizi eco-sistemici prodotti attraverso un set standardizzato di indicatori (Cervelli et al., 2015, Scolozzi et al., 2012, CICES, 2013), determinando un rapporto gerarchico tra le aree dell'infrastruttura verde: quelle naturali, per le quali il set di servizi eco sistemici comprende tutte le categorie del MEA, e le altre diverse superfici dell'ambiente urbano (tetti e facciate verdi, superfici dismesse, suoli nudi), il cui apporto è limitato dalla tipologia di intervento di recupero e dal 'gradiente' di naturalità compatibile con l'intervento effettuato.

In questa prospettiva, la scelta della soluzione tecnologico-progettuale definisce diversi, possibili obiettivi di trasformazione - commisurati ai servizi eco-sistemici che le superfici del progetto di infrastruttura verde sono chiamate ad erogare - e richiede scelte appropriate all'uso, alla morfologia degli spazi, al valore economico del progetto, nonché alla qualità dei suoli, al tipo di vegetazione possibile per quel particolare substrato, e all'esigenza di mantenimento dell'efficienza ecologica delle superfici stesse.

In forma di conclusione: prospettive di ricerca e cultura tecnologica del progetto

Si evidenziano prospettive di ricerche di grande interesse. Si rinviene, in primo luogo, la necessità di una base di conoscenza che consenta di progettare l'infrastruttura verde urbana come somma di interventi, funzionali ad incorporare anche le superfici urbane impermeabili con l'obiettivo di recuperare quote di servizi eco-sistemici funzionali al rafforzamento della resilienza urbana. La comunità scientifica ha infatti maturato conoscenze importanti in merito ai vantaggi, diretti ed indiretti, derivanti dalla presenza di aree verdi ecologicamente efficienti, così che sul versante della sperimentazione esiste un'attesa di progetti finalizzati all'aumento della resilienza urbana attraverso il recupero dei suoli urbani. Manca, però, in questo scenario, un bagaglio di riferimenti metodologici ed operativi che, a partire dagli elementi di riconoscibilità semantica dell'oggetto - la connettività spaziale ed eco-sistemica delle aree e la multifunzionalità degli usi - si orienti a definire in modo sistematico la specificità degli elementi biotici e abiotici che compongono le reti (a scala urbana ed extra urbana), le funzioni erogate, il valore delle stesse, i requisiti tecnologo-ambientali del progetto di intervento, lavorando secondo classi di prestazioni oggettive e misurabili.

In questo senso, si delinea una linea di ricerca finalizzata a ricondurre le diverse classi di servizi eco-sistemici in un insieme codificato di prestazioni ambientali, sistematizzando, attraverso l'approccio esigenziale-prestazionale proprio della disciplina, la richiesta di nuove classi di esigenze, integrate e interdisciplinari,

Se da un punto di vista concettuale molto, o tutto, è stato detto sulle infrastrutture verdi, nel trasferimento dei costrutti teorici alla pratica del progetto

environment. This can be done by retrofitting those evapotranspirant surfaces that are still ecologically efficient, and by regenerating abandoned and neglected urban areas. When comparing spaces with different uses and ecosystems (natural, semi-natural, and artificial areas), it seems appropriate to experiment new ways of intervening, by matching technological solutions with the specific characteristics and with the types of ecosystem services that is possible to provide. Indeed, the design of urban green infrastructures envisages a rather complex sequence of logic and operational steps:

- the re-classification of urban spaces according to their ecosystem potential (core areas, green corridors);
- the selection of more potential surfaces fit to green infrastructure purpose (semi-natural areas, impervious areas)

- the definition of technological solutions for the environmental reclamation of impermeable surfaces (both horizontal and vertical);
- the planning of management of green areas (such as urban gardening, urban agriculture, urban farming) that be consistent with the goal of creating new, and therefore artificial, nature.

Similarly, the choice of the materials is to be re-discussed through the prism of resilience comparing: artificial and natural elements, biological cycles and construction, tradition and innovation. This is a system that defines quality according to a set of benchmarks that measure the technologic and ecosystem efficiency of the project⁴. In this sense, the introduction of the notion of ecosystem service, as articulated in the Millennium Ecological Assessment (MEA) of 2005,

established an important logical link between the sets of requirements in projects (amply discussed in the literature) and the definition of performance indicators. The work of MEA, indeed, re-discusses the ecological function of urban habitats, and classifies them in four groups (supporting services, provisioning services, regulating services, and cultural services) thus integrating the bio-physical cycles of the urban ecosystem and the common welfare of its inhabitants. For the first time the value of the provided services and the damages produced by their loss are expressed explicitly and coherently as social, cultural, ecosystem, and economic parameters (Fisher et al., 2010; TEEB, 2010), thus confirming the comprehensive value of the design of urban green areas (Costanza et al., 1997; de Groot et al., 2010; TEEB, 2010).

Starting from the input of MEA, it is possible to identify, for each typology of areas, the type of services that have been provided (or may be provided) to the different surfaces targeted by the intervention. Areas are classified according to the typology of the relevant surfaces and to the type of vegetation (if any). The quantity of ecosystem services is higher for areas where the surface/water/vegetation systems interact more intensely. Starting from this consideration, it is possible to measure, for each of the targeted surfaces, the ecosystem services provided by with a standardised set of indicators (CICES, 2013). This enables the hierarchizing among areas that belong to the green infrastructure, the natural areas, and other types of surfaces (rooftops, green facades, abandoned surfaces, bare soils). According to the "gradient" of natural cycles expected and to

in cui far convergere obiettivi ecologici, funzionali, sociali ed economici dello spazio verde urbano. Una nuova, originale, idea di ‘pacchetto eco-tecnologico’ per il sistema suolo potrebbe informare in termini costruttivi l’intervento infrastrutturale, implementando il progetto in una logica di qualità e innovazione (Angelucci et al. 2013).

Si conclude, pertanto che l’infrastruttura verde rappresenta un ambito di approfondimento adeguato per mettere a sistema interventi di rinaturalizzazione, recupero e riqualificazione delle superfici urbane, re-interpretando le tecniche di bonifica dei suoli (soil sealing e bio-remediation) e gli stessi materiali vegetali in una logica esigenziale-prestazionale finalizzata a garantire l’efficienza eco-sistemica e tecnologica dell’intervento. Una prospettiva che riprende ed attualizza la nozione di *tecnologia appropriata* (Gangemi, 1988) come indicatore della capacità adattiva del progetto e del livello di resilienza espresso, arricchendo il dibattito interdisciplinare dei valori e delle competenze del progetto ambientale.

NOTE

¹ Nel bando del concorso “Re-build by Design” per la città di New York si legge: «The goal of the competition is [...] to promote innovation by developing regionally-scalable but locally-contextual solutions that increase resilience in the region [...] Examples of design solutions are expected to range in scope and scale – from large-scale green infrastructure to small-scale residential resiliency retrofits».

² Sandstrom riporta l’esperienza realizzata in Svezia per le infrastrutture verdi in sette città, utilizzando un panel di 47 indicatori (codificati dallo Swedish National Board of Housing, Building and Planning) finalizzato a «[to] provide a comprehensive picture of the importance of green infrastructure and its multi-form role in urban sustainable development» (Sandstrom 2002).

the typology of the ecosystem services provided, these areas are targeted by specific actions of restoration, reclamation, and requalification.

The definition of possible degrees of transformation - proportioned to the role and the functions of the different surfaces within the project - is reflected in the capacity of calibrating solutions that match the uses, the morphology, and the economic value of the project. On the other hand, and just as important, these solutions can be adjusted according to the quality of the soils, to the vegetation potential, for the specific characteristic of the soil profile, and to the requirements that are necessary to maintain the ecological efficiency of the targeted surfaces.

In form of conclusions: research perspectives and technologic culture of design

Whereas much, or perhaps all, has been said about green infrastructures *conceptually*, much research remains to be done, particularly for the diffusion of theoretical constructs to guide design. It seems necessary to build a knowledge basis to facilitate the design of reclamation and requalification projects for urban areas. This may be done by using a set of multi-disciplinary indicators to represent the ecosystem qualities of the intervention.

On the one hand, the scientific community has developed important understandings about the direct and indirect advantages that derive from ecologically efficient green areas. On the other hand, however, projects aimed at increasing urban resilience through the production of ecosystem services are hard to come by in the real world. What

³ Nel 2002, la pubblicazione dell’articolo: ‘Resilience and Sustainable Development: Building Adaptive Capacity in a World of Transformations’ (Folke et al, 2002) ri-definisce l’idea di sostenibilità con riferimento al governo adattivo dei sistemi complessi: « However, evidence [...] suggests that natural and social systems behave in nonlinear ways, exhibit marked thresholds in their dynamics, and that social-ecological systems act as strongly coupled, complex and evolving integrated systems».

⁴ Riferimento importante in questo senso è l’approccio metodologico ed operativo utilizzato per la realizzazione della parte botanica dell’edificio di Stefano Boeri, Bosco Verticale, Milano. La selezione delle specie, infatti, risponde ad un set di requisiti riferibili sia alla messa in opera, sia alla fase di esercizio sia a quella di manutenzione del materiale vegetale che viene progettato come elemento “tecnologico” dell’involucro dell’edificio.

REFERENCES

Angelucci F, Di Sivo M. and Ladiana D. (2013), “Reattività, adattività, trasformabilità, i nuovi requisiti dell’ambiente costruito”, *Techne*, No. 7, pp. 66-74.

APAT (2003), *Gestione delle aree di collegamento ecologico funzionale*, APAT, Manuali e linee guida 26/2003, available at: <http://www.isprambiente.gov.it>

Benedict, M. and McMahon, E. (2002), *Green Infrastructure: Smart Conservation for the 21st Century*, Sprawl Watch Clearinghouse Monograph Series, Washington, DC.

Cervelli, E., Pindozzi, S., Capolupo, A., Okello, C., Rigillo, M. and Boccia, L. (2016), “Ecosystem services and bioremediation of polluted areas”, in *Ecological Engineering*, Vol. 87 pp. 139-149

Costanza, R., d’Arge, R., de Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., Limburg, K., Naeem, S., O’Neill, R.V., Paruelo, J., Raskin, R.G., Sutton, P. and van den Belt, M. (1997), “The value of the world’s ecosystem services and natural capital”, in *Nature*, Vol. 387, 253-260.

EEA (2011), *Green infrastructure and territorial cohesion. The concept of green infrastructure and its integration into policies using monitoring systems*, Report No. 18, available <http://www.eea.europa.eu/publications/green-infrastructure-and-territorial-cohesion>

seems to be missing is a repertoire of methodological and operational tools that starting by the spatial and ecosystem connectivity of areas and their multiple uses may help to define, in a systematic fashion, the specificities of biotic and abiotic elements of networks (both at the urban and extra-urban scale), the provided functions, and their value according to objective and measurable performance levels.

Research might focus on the codification of different levels of ecosystem services and integrate them into a single framework of environmental performances. Such a system could be built by systematising the growing demand for new classes of requirements, both integrated and multi-disciplinary, in which the ecologic, functional, social, and economic objectives of urban green space converge. In terms of planning, a productive area for in-depth study

seems to be the organisation of projects combining recovery, reclamation, and redevelopment of urban areas. This would allow to consider the techniques of land reclamation (soil sealing and bio-remediation) and the vegetation itself in the light of the performance-efficiency approach, thus stressing the ecosystem and technological efficiency of the project.

A new and original idea might constructively inspire infrastructural projects to prioritise quality and innovation through new eco-technologic system for urban soil designing (Angelucci et al. 2013). This perspective draws on and updates the notion of appropriate technology (Gangemi, 1988) as the indicator to measure the adaptive capacity and the level of resilience of the project, thus enriching the disciplinary debate with the values and the competences of environmental planning.

EU-COM (2009), *Libro Bianco. L'adattamento ai cambiamenti climatici: verso un quadro d'azione europeo*, available at: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2009:0147:FIN:it:PDF>

EU-COM (2013), *Infrastrutture verdi – Rafforzare il capitale naturale in Europa*, COM/2013/0249 final. Available at: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52013DC0249>

Fisher, B., Costanza, R., Turner, K.R. and Morling, P. (2007), "Defining and Classifying Ecosystem Services for Decision Making", *CSERGE Working Paper EDM 07-04*.

Folke, C., Carpenter, S., Elmqvist, T., Gunderson, L., Holling, C.S. and Walker, B. (2002), "Resilience and Sustainable Development: Building Adaptive Capacity in a World of Transformations", *AMBIO*, Vol. 31, No. 5, pp. 437- 440, available at: <http://www.ima.kth.se/utb/mj2694/pdf/folke.pdf>

Folke, C., Carpenter, S. R., Walker, B. H., Scheffer, M., Chapin, F. S. and Rockstrom, J. (2010), "Resilience thinking: Integrating resilience, adaptability and transformability", *Ecology and Society*, Vol. 15, No. 4, art. 20, available at: <http://www.ecologyandsociety.org/vol15/iss4/art20/>

Gangemi, V. (1988) (Ed.), *Architettura e tecnologia appropriata*, Franco Angeli, Milano.

Grimm, N., Faeth, S., Golubiewski, N., Redman, C., Wu, J., Bai, X. and Briggs, J. M. (2008), "Global change and the ecology of cities", *Science*, Vol. 319 pp. 756-760, available at: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18258902>

Grimm, N., Grove, J.M., Pickett, S. and Redman, C. (2000), "Integrated Approach to Long-Term Studies of Ecological Urban Systems", *BioScience*, Vol. 50, n.7, pp. 571-584, available at: http://www.fs.fed.us/nrs/pubs/jrnl/2000/ne_2000_grimm_001.pdf

Grimmond, C.S.B. (2011), "Climate of Cities", in Douglas I., Goode D., Houck M.C., Wang R. (Eds.), *The Routledge Handbook of Urban Ecology*, pp. 103-119, Routledge, London.

Haines-Young, R. and Potschin, M. (2013), *Common International Classification of Ecosystem Services (CICES)*, EEA Framework. Contract N° EEA/IES/09/003.

Holling, C. (1973), "Resilience and stability of ecological systems", in *Annual review of ecology and systematics*, Vol. 4, pp. 1-23.

ICLEI (2015), *Resilient Cities Report 2015*, available at: http://resilientcities.iclei.org/fileadmin/sites/resilient-cities/files/Resilient_Cities_2016/Resilient_Cities_Report_2015_eng.pdf

IPCC (2007), *Fourth Assessment Report*, available at http://www.ipcc.ch/publications_and_data

Lynch, K. (1981), *The Good City Form*, MIT Press.

Losasso, M. (2012), "Il progetto come prodotto di ricerca scientifica", in *Techne*, n. 2, pp. 78-85.

Sandström, S. (2002), "Green infrastructure planning in urban Sweden", in *Planning Practice and Research*, Vol. 17, pp. 373-385.

Scolozzi, R., Morri, E. and Santolini, R. (2012), "Delphi-based change assessment in ecosystem values to support strategic planning in Italian landscapes", in *Ecological Indicators*, No. 21, pp. 134-144.

Smith, B. and Wandel, J. (2006), "Adaptation, adaptive capacity and vulnerability", in *Global Environmental Change*, Vol. 16, pp. 282-292.

TEEB (2010) *The Economics of ecosystem and biodiversity: mainstreaming the economics of nature: a synthesis of the approach, conclusion and recommendation of TEEB*, available at: <http://www.teebweb.org/publication/>

UN-ISDR (2005), *Hyogo Framework of Action 2005-2015*, available at: <http://www.unisdr.org/2005/wcdr/intergover/official-doc/L-docs/Hyogo-framework-for-action-english.pdf>

UN-ISDR (2015), *Sendai Framework of Action 2015-2025*, available at: <http://www.unisdr.org/we/coordinate/sendai-framework>

US-EPA (2008), *Managing Wet Weather with Green Infrastructure*, Action Strategy, available at http://www.epa.gov/npdes/pubs/gi_action_strategy.pdf

NOTES

¹ Cf. the call for projects "Re-build by Design" issued by the municipality of New York: «The goal of the competition is [...] to promote innovation by developing regionally-scalable but locally-contextual solutions that increase resilience in the region [...] Examples of design solutions are expected to range in scope and scale - from large-scale green infrastructure to small-scale residential resiliency retrofits».

² Sandström analyses the Swedish experience of green infrastructure made in seven Swedish cities by using a set of 47 parameters (codified by the

Swedish Board of Housing, Building and Planning) oriented to «provide a comprehensive picture of the importance of green infrastructure and its multi-form role in urban sustainable development» (Sandström, 2002).

³ Two events stand out in 2002. the conclusion drawn at the world Summit on Sustainable Development in Johannesburg, South Africa, and the publication of the article Resilience and Sustainable Development: Building Adaptive capacity in a World of Transformations' (Folke et al. 2002), which defines the principles of the adaptive design: «However evidence

[...] suggests that natural and social systems behave nonlinear ways, exhibit marked thresholds in their dynamics, and that social-ecological systems are strongly coupled, complex and evolving integrating system».

⁴ The skyscraper designed by Stefano Boeri in Milan, Italy in 2014, is a key reference for its design approach to vegetation as constructive part of the building envelope. Indeed the botanic project refers to a specific set of technological requirements for the phases of construction, use and maintenance of the green façade.