

a cura di / edited by

**Mario Losasso**  
**Maria Teresa Lucarelli**  
**Marina Rigillo**  
**Renata Valente**

**Adattarsi al clima che cambia. Innovare la conoscenza per il progetto ambientale**  
**Adapting to the Changing Climate. Knowledge Innovation for Environmental Design**  
 a cura di / edited by Mario Losasso, Maria Teresa Lucarelli, Marina Rigillo, Renata Valente

**Adattarsi al clima che cambia**  
**Innovare la conoscenza per il progetto ambientale**

**Adapting to the Changing Climate**  
**Knowledge Innovation for Environmental Design**

978-88-916-4318-6



9 788891 643186

€ 38,00

TECNOLOGIA  
STUDI E PROGETTI  
49

ARCHITETTURA  
INGEGNERIA  
SCIENZE



politecnica

MAGGIOLI  
EDITORE

**Book series STUDI E PROGETTI**

**Adattarsi al clima che cambia**  
**Innovare la conoscenza per il progetto ambientale**

**Adapting to the Changing Climate**  
**Knowledge Innovation for Environmental Design**

a cura di / edited by

Mario Losasso  
Maria Teresa Lucarelli  
Marina Rigillo  
Renata Valente

  
MAGGIOLI  
EDITORE

## Indice / Summary

### 9 Processi innovativi per l'adattamento climatico nella rigenerazione dei distretti urbani / Innovating Processes for Climate Adaptation in Urban District Regeneration

*Mario Losasso*

### 15 Progetto ambientale e sfida climatica / Environmental Design and Climate Challenge

*Maria Teresa Lucarelli, Marina Rigillo, Renata Valente*

### Le parole della ricerca / The Research Terms

a cura di / editor *Martino Milardi*

### 24 Costruire un glossario per l'adattamento climatico / Editing a Glossary for Climate Adaptation

*Martino Milardi*

### 31 Cambiamento climatico / Climate Change, *Paola Mercogliano*

### 41 Hazard, *Rossella Rossi, Maria Vittoria Arnetoli*

### 47 Onda di calore / Heat Wave, *Rossella Rossi, Maria Vittoria Arnetoli*

### 51 Pluvial Flooding, *Rossella Rossi, Maria Vittoria Arnetoli*

### 55 Disaster Risk, *Rossella Rossi, Maria Vittoria Arnetoli*

### 61 Climate Sensitivity, *Carlo Donadio, Alberto Fortelli*

### 71 Indicatori di impatto / Impact Indicators, *Mariateresa Mandaglio, Caterina Claudia Musarella*

### 77 Vulnerabilità ai rischi naturali / Vulnerability to Natural Hazards, *Mattia Federico Leone*

### 83 Adattamento climatico e gestione del rischio / Climate Adaptation and Risk Governance, *Mattia Federico Leone*

### 89 Mitigazione climatica / Climate Mitigation, *Mariateresa Mandaglio, Caterina Claudia Musarella*

### 95 Resilienza / Resilience, *Rossella Rossi, Maria Vittoria Arnetoli*

### 99 Resilienza urbana / Urban Resilience, *Rossella Rossi, Maria Vittoria Arnetoli*

### 103 Resilience Management, *Rossella Rossi, Maria Vittoria Arnetoli*

### 107 Rigenerazione urbana / Urban Regeneration, *Alessandra Battisti, Gaia Turchetti*

### 113 Eco-Distretto / Eco-District, *Fabrizio Tucci, Serena Baiani*

### 123 Infrastrutture verdi / Green Infrastructure, *Elena Mussinelli, Matteo Gambaro, Raffaella Riva, Davide Cerati, Andrea Tartaglia*

### 127 Nature-Based Solution, *Elena Mussinelli, Matteo Gambaro, Raffaella Riva, Davide Cerati, Andrea Tartaglia*

### 131 Servizi ecosistemici / Ecosystem Services, *Elena Mussinelli, Matteo Gambaro, Raffaella Riva, Davide Cerati, Andrea Tartaglia*

### 135 Approccio bioclimatico / Bioclimatic Approach, *Valeria Cecafosso, Domenico D'Olimpio*

### 141 Efficienza energetica / Energy Efficiency, *Giuseppe Piras, Elisa Pennacchia*

### 145 Involucro/ Envelope, *Martino Milardi, Mariateresa Mandaglio, Caterina Claudia Musarella*

### 151 Climate Responsive Design, *Enza Tersigni*

### 157 Design Complexity, *Francesca La Rocca*

### Dialogo / Dialogue

### 167 Riflessione intorno ai saperi per l'adattamento al clima / About the Climate Adaptation Knowledges

*Martino Milardi, Rosario Giuffré*

## **Misurare l'adattamento climatico / Estimating Climate Adaptation**

a cura di / editor *Valeria D'Ambrosio*

- 172 Progetto *climate proof*: indicatori, controllo e monitoring / Climate Proof Project: Indicators, Control and Monitoring  
*Valeria D'Ambrosio*
- 179 Biotope Area Factor (BAF), *Anita Bianco*
- 183 Riduzione Impatto Edilizio (RIE), *Eduardo Bassolino*
- 187 Digital Terrain Model (DTM), *Francesco Alberti, Giulia Guerri*
- 191 Sky View Factor (SVF), *Francesco Alberti, Giulia Guerri*
- 195 Urban Aspect Ratio, *Francesco Alberti, Giulia Guerri*
- 199 Albedo, *Eduardo Bassolino*
- 203 Indice di permeabilità / Permeability Index, *Roberto Bosco, Salvatore Cozzolino, Carlo Donadio*
- 207 Trasmittanza termica dinamica / Dynamic Thermal Transmittance,  
*Martino Milardi, Mariateresa Mandaglio, Caterina Claudia Musarella*
- 211 Rapporto superficie opaca /trasparente / Opaque/Transparent Surface Ratio,  
*Martino Milardi, Mariateresa Mandaglio, Caterina Claudia Musarella*
- 215 Interfaccia edificio - spazio aperto / Building - Open Space Interface,  
*Martino Milardi, Mariateresa Mandaglio, Caterina Claudia Musarella*
- 219 Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), *Romeo Di Pietro, Duilio Iamónico, Sandro Strumia*
- 223 Air Pollutant, *Elena Mussinelli, Roberto Bolici, Daniele Fanzini, Giovanni Castaldo, Andrea Tartaglia*
- 229 Indicatore di riduzione di CO<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub>eq / Indicator of CO<sub>2</sub> and CO<sub>2</sub>eq Reduction,  
*Elena Mussinelli, Roberto Bolici, Daniele Fanzini, Giovanni Castaldo, Andrea Tartaglia*
- 235 Greenhouse Gases, *Elena Mussinelli, Roberto Bolici, Daniele Fanzini, Giovanni Castaldo, Andrea Tartaglia*
- 241 Temperatura Media Radiante (TMR) / Mean Radiant Temperature (MRT), *Valeria Cecafosso*
- 245 Physiological Equivalent Temperature (PET), *Marco Cimillo*
- 249 Predicted Mean Vote (PMV), *Marco Cimillo*
- 253 Velocità del vento / Wind Speed, *Marco Cimillo*
- Dialogo / Dialogue
- 257 L'uso degli indicatori nel progetto ambientale / Use of Indicators in the Environmental Project  
*Federica Dell'Acqua, Norbert Kühn*

## **Casi studio per l'adattamento agli effetti del cambiamento climatico / Case Studies for Climate Change Adaptation**

a cura di/ editor *Renata Valente*

- 262 Esperienze di progetti ambientali multiscalari / Multi-scale Environmental Design Experiences,  
*Renata Valente*
- 267 Il Piano di Adattamento Climatico di Barcellona 2018-2030 / Pla Clima de Barcelona 2018-2030, *Enza Tersigni*
- 273 La scelta green di Amburgo: “das Hamburger Klimaschutzkonzept 2011” / The Hamburg Green Option: “das Hamburger Klimaschutzkonzept 2011”, *Federica Dell'Acqua*
- 281 Approccio ecosistemico e soluzioni Nature-Based a Berlino: “StEP Klima 2016” / Ecosystem Approach and Nature-Based Solutions in Berlin: the “StEP Klima 2016”, *Federica Dell'Acqua*

- 289 Strumenti di pianificazione resiliente a Rotterdam / Resilient Planning Tools in Rotterdam,  
*Mariateresa Mandaglio, Caterina Claudia Musarella*
- 295 La collaborazione istituzionale per il piano di adattamento di Padova / The Institutional Collaboration for the Padua Adaptation Plan,  
*Mariateresa Mandaglio, Caterina Claudia Musarella*
- 301 Il progetto di rigenerazione integrata di Clichy-Batignolles a Parigi / The Clichy-Batignolles Integrated Regeneration Project in Paris,  
*Valeria Cecafosso*
- 307 Euromediterrané-Smartseille Recovery, *Gaia Turchetti*
- 313 Ginko: un eco-quartiere sul lago di Bordeaux / Ginko: an Eco-neighborhood on the Lake Bordeaux, *Valeria Cecafosso*
- 319 Caserne De Bonne: il nuovo centro di Grenoble / Caserne De Bonne: the New Grenoble Center, *Valeria Cecafosso*
- 325 La riconversione ambientale di Ekostaden Augustenborg a Malmö / The Environmental Reconversion of Ekostaden Augustenborg in Malmö,  
*Elena Mussinelli, Raffaella Riva, Matteo Gambaro, Andrea Tartaglia*
- 331 Hammarby Sjostad: rigenerazione urbana a Stoccolma / Hammarby Sjostad: Urban Regeneration in Stockholm,  
*Mariateresa Mandaglio, Caterina Claudia Musarella*
- 337 Uno spazio verde sospeso a Dallas: Klyde Warren Park / A Suspended Green Space in Dallas: the Klyde Warren Park,  
*Elena Mussinelli, Raffaella Riva, Matteo Gambaro, Andrea Tartaglia*
- 341 Forestazione urbana a Bologna: il Progetto Gaia / Urban Forestry in Bologna: the Gaia's Project, *Roberto Bologna, Giulio Hasanaj*
- 349 Il programma per le green streets a Portland / Green Streets Program in Portland, *Roberto Bosco, Pietro Ferrara*
- 355 Philadelphia Green Stormwater Infrastructures, *Roberto Bosco, Pietro Ferrara*
- 361 La gestione adattiva delle acque meteoriche a Seattle / Adaptive Stormwater Management in Seattle, *Roberto Bosco, Pietro Ferrara*
- 367 Bagby Street Reconstruction: un'infrastruttura adattiva a Houston / Bagby Street Reconstruction: an Adaptive Infrastructure in Houston,  
*Elena Mussinelli, Raffaella Riva, Matteo Gambaro, Andrea Tartaglia*
- 375 Il corridoio ecologico del Passeig Sant Joan a Barcellona / The Ecological Corridor of the Passeig Sant Joan in Barcelona,  
*Roberto Bologna, Giulio Hasanaj*
- 383 Water Square Benthemplein: spazi urbani multifunzionali a Rotterdam / Water Square Benthemplein: Multifunctional Urban Spaces in Rotterdam, *Roberto Bologna, Giulio Hasanaj*
- 391 Blue Infrastructures a Copenhagen. Il progetto di Tåsinge Square / Blue Infrastructures in Copenhagen. The Project of Tåsinge Square,  
*Roberto Bologna, Giulio Hasanaj*
- Dialogo / Dialogue
- 399 Replicabilità e direzioni per il progetto ambientale appropriato / Replicability and Directions for Appropriate Environmental Design  
*Renata Valente, Louise A. Mazingo*

## Final Remarks

- 406 Sul confine. Assetti plurali per il progetto di adattamento climatico / On the Border. Plural Assets for the Climate Adaptation Project  
*Marina Rigillo*

## Infrastrutture verdi Green Infrastructure

Elena Mussinelli, *Politecnico di Milano*  
Matteo Gambaro, *Politecnico di Milano*  
Raffaella Riva, *Politecnico di Milano*  
Davide Cerati, *Politecnico di Milano*  
Andrea Tartaglia, *Politecnico di Milano*

### Definizione

La Commissione Europea definisce le “infrastrutture verdi” come «una rete di aree naturali e seminaturali pianificata a livello strategico con altri elementi ambientali, progettata e gestita in maniera da fornire un ampio spettro di servizi ecosistemici. Ne fanno parte gli spazi verdi (o blu, nel caso degli ecosistemi acquatici) e altri elementi fisici in aree sulla terraferma (incluse le aree costiere) e marine. Sulla terraferma, le infrastrutture verdi sono presenti in un contesto rurale e urbano» (European Commission, 2013b). Questa definizione del 2013 evidenzia alcuni elementi chiave utili per comprendere e progettare correttamente le infrastrutture verdi. In primo luogo pone l'accento sulla necessità di inquadrarle in un contesto ambientale ampio, e nell'ambito di progetti strategici di vasta scala, in grado di superare meri confini amministrativi. In secondo luogo, ne individua l'obiettivo, ossia produrre benefici e servizi ecosistemici per il sistema locale (MEA, 2005), in termini sia di tutela della biodiversità, sia di implementazione del capitale naturale, in particolare nei contesti antropizzati.

Le infrastrutture verdi sono infatti sostanzialmente «il risultato della combinazione di due categorie di azioni. Da un lato il mantenimento attivo di unità ambientali esistenti che costituiscono capitale naturale e sono capaci di produrre servizi ecosistemici. Dall'altro la realizzazione ex-novo di unità ecosistemiche naturali uniformi con caratteristiche e performance confrontabili alle precedenti» (Malcevschi & Bisogni, 2016: 35). Alla base del concetto di infrastruttura verde è il principio che la tutela e la valorizzazione della natura e dei processi naturali debbano essere consapevolmente integrati nella pianificazione e nello sviluppo dei territori. Rispetto alle infrastrutture tradizionali, le cosiddette “infrastrutture grigie”, generalmente progettate per rispondere a un singolo specifico obiettivo funzionale, le infrastrutture verdi si connotano per la loro multifunzionalità, avendo come obiettivo quello di implementare i servizi alla collettività, sotto forma di qualità dell'ambiente, adattamento e contrasto ai cambiamenti climatici, prevenzione dei rischi ambientali, fruibilità delle aree, produzione di cibo e materie prime. In sostanza l'infrastruttura verde offre contemporaneamente risposte a questioni ambientali, sociali ed economiche. Per fare questo occorre che la loro pianificazione, progettazione e gestione siano pienamente integrate nelle diverse politiche di settore.

In particolare, alle infrastrutture verdi è riconosciuto un ruolo centrale per l'attuazione degli obiettivi di sviluppo europei in materia di adattamento e contrasto ai cambiamenti climatici, tutela della biodiversità, programmazione dei fondi strutturali<sup>1</sup> (European Commission, 2013a). Questo perché il loro essere multifun-

<sup>1</sup> Si fa riferimento in particolare al Libro Bianco della Commissione Europea sull'adat-

### Definition

*The European Commission defines “green infrastructure” 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. It incorporates green spaces (or blue if aquatic ecosystems are concerned) and other physical features in terrestrial (including coastal) and marine areas. On land, GI is present in rural and urban settings» (European Commission, 2013b). This definition of 2013 highlights some key elements to understand and correctly design green infrastructures. First of all, it emphasizes the need to place GIs in a broad environmental context and in the context of large-scale strategic projects, able to overcome mere administrative boundaries. Secondly, it identifies the objective to produce ecosystem benefits and services for the local systems (MEA, 2005), in terms of both protection of the biodiversity and implementation of the natural capital, particularly in anthropized contexts.*

*GIs are substantially «the result of two different categories of action. On one side the active maintenance of already existing environmental units that build a natural capital and can produce ecosystem services. On the other the realization, from scratch, of nature-like ecosystem units with characteristics and performances comparable to the natural ones» (Malcevschi & Bisogni, 2016: 35). At the base of this concept of GI there is the principle that the protection and enhancement of nature and natural processes must be consciously integrated in the planning and the development of territories. Compared to traditional infrastructures, the so-called “grey infrastructures”, generally designed to respond to a single functional objective, GIs are characterized by multi-functionality, with the aim of implementing services to the community, in the form of environmental quality, adaptation and contrast to climate change, prevention of environmental risks, usability of areas, production of food and raw materials. The GI simultaneously offers answers to environmental, social and economic issues. To do this, their planning, design and management must be fully integrated into the different sectorial policies. In particular, GIs are recognized as playing a central role in the implementation of European*

development goals in terms of adapting and combating climate change, protecting biodiversity and planning the structural funds<sup>1</sup> (European Commission, 2013a). This is because their being multifunctional and their ability to produce adaptive solutions in response to global changes, makes them effective tools for a successful ecological redevelopment in particular in urban and periurban contexts. Acting on these anthropized contexts is particularly significant because the majority of the population is here concentrated; they are areas in continuous expansion and their development presents numerous elements of fragility, due to the strong settlement pressures to which they are subjected and the difficulty of reconciling the need for protection and the need for development (European Union, 2011).

Basically, the GIs are characterized by: establishing a critical mass, or framing themselves in a broad environmental context; being physically and functionally integrated with the wider urban infrastructure system; being multi-functional; being alternatives and substitutes for grey infrastructure; physically and functionally connecting green spaces at different scales; being multiscale; being multi-object (Naumann et al., 2011; Hansen & Pauleit, 2014). Thus, GIs are essential drivers for the sustainable development of the territories (Malcevski & Bisogni, 2016).

### **Evolution of the term**

In 2001, the introduction of the text *Green Infrastructure: Smart Conservation for the 21st Century* showed that the term “green infrastructure” had multiple meanings depending on the context of use and the users themselves. In that text the authors defined GIs as “an interconnected network of green spaces that preserves the values and functions of the natural ecosystem and offers advantages associated with human populations” (Benedict & McMahon, 2001: 5). The importance of this systemic vision with respect to green systems also in the urban area is rapidly transferred, at least from a theoretical point of view, also within the disciplines of planning and design. We refer for example to the text *Green Infrastructure Planning in Urban Sweden* (Sandström, 2002).

On the other hand, with reference to European policy, in 2009 the *White Paper on adaptation to climate change COM(2009) 147* stated that «Available data show that exploiting the ability of nature to absorb or control impacts in urban and natural areas it can be a more efficient adaptation solution than just dealing with the aspect of physical infrastructure. Green infra-

strutturali e la loro capacità di produrre soluzioni adattive in risposta ai cambiamenti globali in atto, le rende strumenti efficaci per una effettiva riqualificazione ecologica in particolare dei contesti urbani e periurbani. Agire sui contesti maggiormente antropizzati risulta peraltro particolarmente significativo in ragione del fatto che qui si concentra una quota elevata - e crescente - della popolazione; inoltre lo sviluppo degli ambiti periurbani presenta numerosi elementi di fragilità, a causa delle forti pressioni insediative cui sono sottoposti e della difficoltà di conciliare esigenze di tutela e opportunità di valorizzazione (European Union, 2011).

Le infrastrutture verdi si caratterizzano per i seguenti aspetti: sono in grado di costituire una massa critica, ovvero di inquadarsi in un contesto ambientale ampio; sono integrate fisicamente e funzionalmente con il più ampio sistema infrastrutturale urbano; rappresentano una alternativa alle infrastrutture grigie; connettono fisicamente, funzionalmente ed ecologicamente spazi verdi a diverse scale; sono multifunzionali, multiscalari e multi-oggetto (Naumann et al., 2011; Hansen & Pauleit, 2014). Così concepite le infrastrutture verdi costituiscono un *driver* essenziale per lo sviluppo sostenibile dei territori (Malcevski & Bisogni, 2016).

### **Evoluzione del termine**

Nel 2001 nell'introduzione del testo *Green Infrastructure: Smart Conservation for the 21st Century* si evidenziava come il termine “green infrastructure” avesse molteplici significati a seconda del contesto di utilizzo e degli utilizzatori stessi. In quel testo gli autori definivano le GI come “una rete interconnessa di spazi verdi che conserva i valori e le funzioni dell'ecosistema naturale e offre vantaggi associati alle popolazioni umane” (Benedict & McMahon, 2001:5). L'importanza di tale visione sistemica rispetto ai sistemi verdi anche in ambito urbano si trasferisce rapidamente, almeno dal punto di vista teorico, anche all'interno delle discipline della pianificazione e del progetto. Ci si riferisce ad esempio al testo *Green Infrastructure Planning in Urban Sweden* (Sandström, 2002).

Con riferimento invece all'ambito delle politiche europee, nel 2009 il Libro Bianco sull'adattamento ai cambiamenti climatici COM(2009)147 affermava che «Dai dati disponibili risulta che sfruttare la capacità della natura di assorbire o controllare gli impatti nelle zone urbane e naturali può essere una soluzione di adattamento più efficiente rispetto al fatto di trattare unicamente l'aspetto delle infrastrutture fisiche. L'infrastruttura verde può svolgere un ruolo di primo piano in termini di adattamento perché può fornire risorse essenziali a fini socioeconomici in condizioni climatiche estreme» (European Commission, 2009, p. 6). Il Libro Bianco riconosce quindi come l'approccio ecosistemico al progetto urbano - entro cui si collocano le infrastrutture verdi - sia in grado di portare risultati e benefici tangibili rispetto al miglioramento della resilienza dei sistemi insediativi (Elmqvist et al., 2013; van Timmeren, 2013).

In Europa questo approccio, introdotto sostanzialmente nell'ultimo decennio, è tuttora in crescita, con ricadute nella pianificazione territoriale e nella progettazione (ISPRA, 2010; TEEB, 2011). Una prima loro significativa formalizzazione è stata curata nel 2011 dall'Agenzia Europea dell'Ambiente con il rapporto *Green Infrastructure and territorial cohesion* che propone una articolazione e declinazione delle infrastrutture verdi basata sulla scala di intervento - urbana e di pa-

---

tamento ai cambiamenti climatici COM (2009)147, alla Strategia europea per la Biodiversità del 2011 e al Quadro Strategico Comune (QSC) per la programmazione 2014-2020 dei Fondi SIE (Strutturali e di Investimento).

---

<sup>1</sup> The reference is in particular to the European Commission's *White Paper on adaptation to climate change COM(2009)147*, to the 2011 EU Biodiversity Strategy and to the Common Strategic Framework (CSF) for the 2014-2020 programming of the European structural and investment funds (ESIF).



esaggio -, analizzando le caratteristiche e i benefici derivati dal loro impiego e proponendo una rassegna di buone pratiche (EEA, 2011).

Lo sviluppo del concetto di infrastruttura verde ha portato a un notevole avanzamento teorico e tecnico nel campo dell'ingegneria naturalistica e della progettazione tecnologica e ambientale. In particolare, ha favorito un diverso approccio al progetto di rinaturazione, superando la logica strutturale di mera ricostruzione del capitale naturale, in favore di una logica polifunzionale di produzione di servizi ecosistemici in risposta alle pressioni e alle richieste del territorio. Questa nuova ottica si riscontra sia nell'inquadramento degli interventi puntuali di ingegneria naturalistica già attuati in logiche funzionali più complesse e articolate, sia in un vero e proprio ripensamento del progetto ambientale, ad esempio con la realizzazione di ecosistemi-filtro (ovvero nuove unità ambientali che, oltre a raggiungere obiettivi progettuali di disinquinamento, producono *performance* ecologiche complessive) e di interventi di *préverdissement* (ovvero l'anteposizione della realizzazione degli interventi ambientali a quella delle opere edili) (Regione Lombardia, 2013). Nella realtà applicativa, la scelta della tipologia di infrastruttura verde più efficace è chiaramente legata alle caratteristiche del contesto eco-territoriale di riferimento, e spesso porta alla realizzazione di un vero e proprio "mosaico" di infrastrutture verdi tra loro interconnesse.

Se a livello progettuale il tema delle infrastrutture verdi ha prodotto degli avanzamenti, c'è ancora molta strada da fare rispetto alla sua integrazione nella pianificazione locale, declinandolo in particolare a livello urbano e periurbano. A tal fine è necessario mettere a punto strumenti programmatici specificatamente riferiti alle reti ecologiche, che operino in una logica di "Riequilibrio Ecologico Bilanciato - REB": da un lato contabilizzando il capitale naturale e i servizi ecosistemici consumati dagli interventi di sviluppo urbano e, dall'altro, mettendo in campo opere compensative per la produzione di nuovi valori ambientali. Strumenti che sarebbero peraltro utili anche alla diffusione di una maggiore consapevolezza sul tema, e quindi funzionali a una maggior assunzione di responsabilità da parte della cittadinanza (Malcevski & Bisogni, 2016).

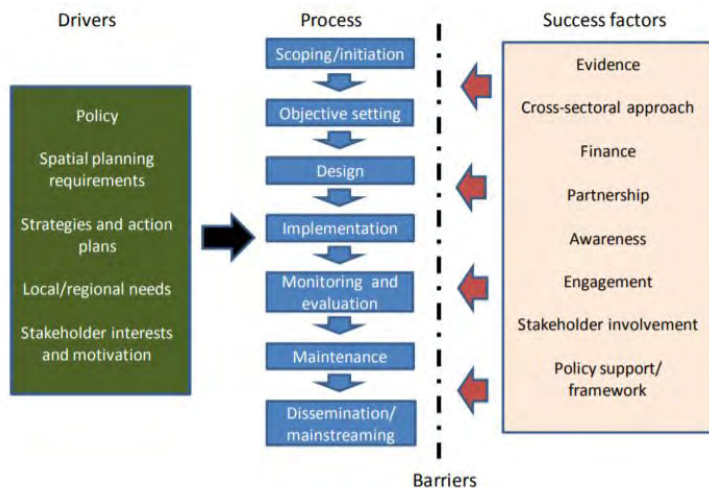


Fig. 1 - Elementi del progetto, realizzazione e sviluppo delle green infrastructure / Elements of green infrastructure project design and implementation (Source: Naumann et al., 2011: 28).

structure can play a leading role in terms of adaptation because it can provide essential resources for socio-economic purposes in extreme weather conditions» (European Commission, 2009, p. 6). The White Paper recognizes how the ecosystem approach to urban design - where green infrastructures are located - is able to bring tangible benefits with respect to the improvement of the resilience of settlement systems (Elmqvist et al., 2013; van Timmeren, 2013).

In Europe this approach, introduced substantially in the last decade, is still growing, with repercussions in territorial planning and design (ISPRA, 2010; TEEB, 2011). A first significant formalization was carried out in 2011 by the European Environment Agency with the Green Infrastructure and territorial cohesion report which proposes an articulation and declination of green infrastructures based on the scale of intervention - urban and landscape -, analyzing the characteristics and benefits derived from their use and by proposing a review of good practices (EEA, 2011).

The development of the GI concept has led to considerable theoretical and technical progress in the field of naturalistic engineering. In particular, it favoured a different approach to the renaturation project, overcoming the structural logic of a mere reconstruction of natural capital, in favour of a multifunctional logic of production of ecosystem services in response to the pressures and demands of the territory. This new perspective is found both in the framing of naturalistic engineering interventions already implemented in more complex and articulated functional logics, and in a real rethinking of the environmental project, for example with the creation of filter-ecosystems (i.e. new environmental units that in addition to achieving clean-up design goals, they produce overall ecological performance) or *préverdissement* interventions (i.e. the implementation of environmental interventions as an alternative to building works) (Regione Lombardia, 2013). In the application, the choice of the most effective type of GI is clearly linked to the characteristics of the eco-territorial context of reference, and often leads to the creation of a real "mosaic" of inter-connected GIs.

If at the design level the theme of GI has produced progress, there is still a long way to go compared to its integration into local planning, in particular at the urban and periurban level. To do this, it is necessary to set up general programmatic tools specifically referred to ecological networks that operate in a logic of "Ecological Rebalancing Balance - ERB" which on the one hand accounts for the natural capital and ecosystem services consumed by urban development interventions, and by another field of compensatory works for the production of new environmental values. Tools that would also be useful for spreading greater awareness and responsibility on the subject involving the citizenship (Malcevski & Bisogni, 2016).

The European context - and the Italian in particular - must also refine the research on the economic repercussions derived

from the use of green infrastructures, looking at what has been developed for example in the United States. In North America, the studies developed by the US Environmental Protection Agency clearly highlight not only the benefits of GIs in terms of ecosystem services provided, but also, and above all, the long-term economic advantages, with particular regard to the reduction of costs for the management of public spaces and services (WBCSD, 2014).

Finally, it is useful to make a reflection on the management of GIs as well as on its implications on the planning and the design. From a governance point of view, GI is required to maintain a certain degree of flexibility to respond to changes over time, but at the same time, it must guarantee durability to offer long-term benefits. The continuous implementation of protection, restoration, improvement and maintenance actions is necessary for their effective exercise, as well as the inclusive involvement of communities, the collaboration between local authorities and stakeholders and the multidisciplinary technical support in the fields of landscape ecology, urban and territorial planning, environmental design and landscape are as well fundamental (Mussinelli et al., 2018). Towards the integration of these fields, future research on GIs needs to be oriented.

## References

- Benedict, M. & McMahon, E. (2001), *Green Infrastructure: Smart Conservation for the 21st Century*, Sprawl Watch Clearinghouse Monograph Series, Washington, DC.
- EEA - European Environment Agency (2011), *Green infrastructure and territorial cohesion The concept of green infrastructure and its integration into policies using monitoring systems*, Technical report n. 18.
- Elmqvist, T.; Fragkias, M.; Goodness, J.; Güneralp, B.; Marcotullio, P.J.; McDonald, R.I.; Parnell, S.; Schewenius, M.; Sendstad, M.; Seto, K.C. & Wilkinson, C. (eds) (2013), *Urbanization, Biodiversity and Ecosystem Services: Challenges and Opportunities: A Global Assessment*, Springer.
- European Commission (2009), *Libro bianco L'adattamento ai cambiamenti climatici: verso un quadro d'azione europeo*, COM (2009) 147 def.
- European Commission (2013a), *Building a green infrastructure for Europe*, Publications Office of the European Union, Luxembourg.
- European Commission (2013b), *Infrastrutture verdi - Rafforzare il capitale naturale in Europa / Green Infrastructure - Enhancing Europe's Natural Capital*, COM(2013) 249 final.
- European Union (2011), *Cities of tomorrow - Challenges, visions, ways forward*, European Commission, Directorate General for Regional Policy.
- Hansen, R. & Pauleit, S. (2014), "From Multifunctionality to Multiple Ecosystem Services? A Conceptual Framework for Multifunctionality in Green Infrastructure Planning for Urban Areas", *Ambio*, vol. 43, n. 4, pp 516-529.
- ISPRA (2010), *Verso una gestione ecosistemica delle aree verdi urbane e periurbane. Analisi e proposte*, rapporto n.118.
- Malcevschi, S. & Bisogni, G.L. (2016), "Infrastrutture verdi e ricostruzione ecologica in ambito urbano e periurbano / Green Infrastructures and ecological-reconstruction in urban and peri-urban areas", *Techne. Journal of Technology for Architecture and Environment*, n. 11, FUP, Firenze University Press, Firenze. pp. 33-39.
- Mussinelli, E.; Tartaglia, A.; Bisogni, L. & Malcevschi, S. (2018), "The role of Nature-Based Solutions in architectural and urban design", *Techne. Journal of Technology for Architecture and Environment*, n. 15, FUP, Firenze University Press, Firenze, pp. 116-123.
- Naumann, S.; McKenna, D.; Timo, K.; Mav, P. & Matt, R. (2011), *Design, implementation and cost elements of Green Infrastructure projects, final report to the European Commission*, DG Environment, Ecologic institute and GHK Consulting.
- Regione Lombardia (2013), *Tecniche e metodi per la realizzazione della Rete Ecologica Regionale*.
- Sandström U.G. (2002), "Green Infrastructure Planning in Urban Sweden", *Planning Practice and Research*, 17:4, pp. 373-385.
- TEEB - The Economics of Ecosystems and Biodiversity (2011), *TEEB Manual for Cities: Ecosystem Services in Urban Management*.
- Timmeren, A. van & Henriquez, L. (2013), *ReciproCities: A dynamic equilibrium*, Delft University Press, Delft.
- WBCSD - World Business Council for Sustainable Development (2014), *Investing in Natural Infrastructure*.

## Nature-Based Solution

Elena Mussinelli, *Politecnico di Milano*  
Matteo Gambaro, *Politecnico di Milano*  
Raffaella Riva, *Politecnico di Milano*  
Davide Cerati, *Politecnico di Milano*  
Andrea Tartaglia, *Politecnico di Milano*

### Definizione

Con il termine *Nature-Based Solution* (NBS) l'Unione Europea identifica soluzioni che mirano: «ad aiutare la società ad affrontare una varietà di sfide ambientali, sociali ed economiche in modo sostenibile. Sono azioni ispirate, supportate o copiate dalla natura; sia utilizzando che migliorando le soluzioni esistenti alle sfide, nonché esplorando soluzioni più innovative, ad esempio, imitando il modo in cui gli organismi e le comunità non umane affrontano gli estremi ambientali. Le soluzioni basate sulla natura utilizzano le caratteristiche e i complessi processi della natura, come la sua capacità di immagazzinare carbonio e regolare i flussi d'acqua, al fine di ottenere i risultati desiderati, come la riduzione del rischio di catastrofi e un ambiente che migliora il benessere umano e una crescita verde socialmente inclusiva» (European Commission, 2015, p. 5).

Le diverse declinazioni formulate nei documenti dell'Unione Europea sono in ogni caso concordi nel qualificare le NBS come soluzioni tecniche basate sulla natura, alternative a quelle tradizionali, che prendono spunto, appunto, dalle caratteristiche funzionali e dai complessi comportamenti degli organismi naturali per dare risposta a problematiche di tipo ambientale, ma anche sociale ed economico, concorrendo all'incremento della resilienza delle città, dei territori e delle comunità che li abitano. Inoltre, le NBS costituiscono una sorta di alternativa all'impiego delle risorse non rinnovabili, con approcci incentrati sui sistemi ecologici e connessi a idee quali: *Natural Systems Agriculture*, *Natural Solutions*, *Ecosystem-Based Approaches*, *Green Infrastructures* (GI) e *Ecological Engineering* (Eggermont et al., 2015).

Poiché quindi il termine NBS ha un significato molto ampio (*umbrella concept*), va evidenziato come esso assuma valenze e declinazioni diversificate in ragione dei differenti contesti e scale di utilizzo, soprattutto con riferimento a specifici ambiti scientifici e disciplinari. Ed è pertanto utile individuare alcuni elementi guida - obiettivi e caratteristiche di impiego - che orientano le diverse alternative o interpretazioni delle NBS.

In questa logica la Commissione Europea ha costituito un gruppo di lavoro di esperti che ha prodotto nel 2015 il rapporto intitolato *Towards an EU Research and Innovation policy agenda for Nature-Based Solutions and Re-Naturing Cities*. Si tratta di un documento che si è posto l'obiettivo di sistematizzare le opportunità derivanti dall'utilizzo di nuove modalità di progettazione, realizzazione e gestione che vedono nell'utilizzo della componente naturale uno strumento fondamentale a supporto di processi di rigenerazione urbana in un'ottica di resilienza e di sviluppo della *green economy*. Con riferimento alle valenze applicative esplicitate nelle principali strategie e politiche che vedono nel capitale naturale e nei servizi

### Definition

*With the term Nature-Based Solution (NBS), the European Union identifies solutions that aim to: «help society to face a variety of environmental, social and economic challenges in a sustainable way. They are actions inspired, supported or copied by nature; both by using and improving existing solutions to challenges, as well as by exploring more innovative solutions, for example, by imitating how organisms and non-human communities deal with environmental extremes. Nature-based solutions use nature's complex characteristics and processes, such as its ability to store carbon and regulate water flows, in order to achieve the desired results, such as reducing the risk of disasters and an environment that improves the human well-being and socially inclusive green growth» (European Commission, 2015, p. 5).*

*The different definitions expressed in the European Union documents in any case qualify the NBS as technical solutions based on nature, alternatives to the traditional ones, which are inspired, in fact, by the functional characteristics and complex behaviors of natural organisms to face environmental, social and economic problems, increasing the resilience of cities, territories and communities. Furthermore, NBS are a sort of alternative to the use of non-renewable resources, with approaches focused on ecological systems and connected to ideas such as: *Natural Systems Agriculture*, *Natural Solutions*, *Ecosystem-Based Approaches*, *Green Infrastructures* (GI) and *Ecological Engineering* (Eggermont et al., 2015).*

*Since the term NBS has a very broad meaning (umbrella concept), it should be highlighted how it takes on different values and declinations due to the different contexts and scales of use, especially with reference to specific scientific and disciplinary fields. It is therefore useful to identify some guidelines - objectives and characteristics of use - that guide the different alternatives or interpretations of the NBS.*

*In this perspective, the European Commission has set up a working group of experts who produced in 2015 the report *Towards an EU Research and Innovation policy agenda for Nature-Based Solutions and Re-Naturing Cities*. It is a document*

that has set the objective of systematising the opportunities deriving from the use of new design, implementation and management methods which see the use of the natural component as a fundamental tool to support urban regeneration processes in a perspective of resilience and development of the green economy. With reference to the application values explained in the main strategies and policies that see natural capital and ecosystem services as the founding elements of new urban development models, NBS are identified as solutions that can contribute significantly to the recovery of degraded ecosystems, to mitigation climate change and improving risk management and resilience (European Commission, 2015).

In the Italian context, a significant contribution emerges in the document *Towards the implementation of the Green Economy Manifesto for architecture and urban planning*, developed by the Architecture Policy for Green Economy in Cities Working Group and presented on the occasion of the General States of the Green Economy 2017 (Antonini & Tucci, 2017). The NBS are considered priorities for the experimentation of innovative models capable of combining environmental needs with social and economic ones. In fact, through the use of NBS, both punctually, systemically and aggregately (to establish green and blue infrastructures), it is possible to provide concrete contributions «to cross-sectoral and multiscale strategies that take on environmental and landscape resources and components such as levers of socio-economic development, and the strengthening of governance tools of natural capital as the engine for an effective recomposition of the relationships between economic activities and the environment, also within innovative production chains» (Antonini and Tucci, 2017, p. 89).

The implications at the architectural scale, both the building artifacts and the non-built open spaces, can be very concrete and reach levels of performance not comparable with those achievable with the more traditional technical options. In addition to the brownfields, NBS can be applied for the redevelopment of public spaces, residual urban areas, unfinished building works, blind fronts of buildings, abandoned buildings and more generally for all the contexts where processes of urban regeneration are required. It is important to point out that the NBS are by their nature place-based, having to guarantee an adequate balance between the environmental performances offered and the weather-climatic and environmental characteristics of the intervention site. Therefore, by referring to the genesis of Italian “environmental design”, they must guarantee a high level of “appropriateness”, conceived above all as a design quality.

In the Italian context, environmental design, in its evolution, is based on a culture of sustainability aimed at safeguarding ecosystems and the environment. «However, the current inter-

ecosistemici gli elementi fondativi di nuovi modelli urbani di sviluppo, le NBS vengono individuate quali soluzioni che possono contribuire in modo significativo al recupero degli ecosistemi degradati, alla mitigazione del *climate change* e al miglioramento della gestione del rischio e della resilienza (European Commission, 2015).

Nel contesto italiano un contributo significativo emerge nel documento *Verso l’attuazione del Manifesto della Green Economy per l’architettura e l’urbanistica*, elaborato dal Gruppo di lavoro *Policy dell’Architettura per la Green Economy nelle Città* e presentato in occasione degli Stati Generali della *Green Economy* 2017 (Antonini & Tucci, 2017). Qui le NBS sono considerate prioritarie per la sperimentazione di modelli operati innovativi in grado di coniugare le esigenze ambientali con quelle sociali ed economiche. Infatti, attraverso l’uso delle NBS, in modo sia puntuale, sia sistemico, sia aggregato (a formare infrastrutture verdi e blu), è possibile fornire contributi concreti «a strategie intersettoriali e multiscalarali che assumano le risorse e le componenti ambientali e paesaggistiche quali leve dello sviluppo socio-economico, e il potenziamento degli strumenti di *governance* del capitale naturale quale motore di una efficace ricomposizione delle relazioni tra attività economiche e ambiente, anche entro filiere produttive innovative» (An-

Goals	Research & Innovation Actions
Enhancing sustainable urbanisation	 Urban regeneration through nature-based solutions
	 Nature-based solutions for improving well-being in urban areas
Restoring degraded ecosystems	 Establishing nature-based solutions for coastal resilience
	 Multi-functional nature-based watershed management and ecosystem restoration
Developing climate change adaptation and mitigation	 Nature-based solutions for increasing the sustainable use of matter and energy
	 Nature-based solutions for enhancing the insurance value of ecosystems
Improving risk management and resilience	 Increasing carbon sequestration through nature-based solutions

Fig. 1 - Agenda di Ricerca e Innovazione in materia di Nature-Based Solutions e Rinaturazione delle città / *Research & Innovation Agenda on Nature-Based Solutions and Re-Naturing Cities* (Source: European Commission, 2015: 7).

tonini & Tucci, 2017, p. 89).

Le ricadute alla scala architettonica per quanto concerne sia i manufatti edilizi che gli spazi aperti non costruiti possono essere molto concrete e raggiungere livelli di *performance* non paragonabili con quelli realizzabili con opzioni tecniche più tradizionali. Oltre che nei *brownfield*, le NBS si possono applicare per la riqualificazione degli spazi pubblici, delle aree urbane residuali, delle opere edilizie incompiute, dei fronti ciechi degli edifici, degli immobili abbandonati e più in generale in tutti i contesti per i quali siano necessari processi di rigenerazione urbana. È importante evidenziare che le NBS sono per loro natura *place based*, dovendo garantire un adeguato equilibrio tra prestazioni ambientali offerte e caratteristiche meteo-climatiche e ambientali del sito di intervento. Devono quindi, rimandando alla genesi della progettazione ambientale italiana, garantire un alto livello di “appropriatezza”, intesa soprattutto come qualità progettuale.

In ambito italiano la progettazione ambientale, nella sua evoluzione, si è attestata su una cultura della sostenibilità orientata alla salvaguardia degli ecosistemi e dell’ambiente, «tuttavia l’attuale modello di intervento che si riferisce alle NBS supera gli approcci tradizionali [...] per proporre soluzioni proattive che puntano al ripristino e alla rigenerazione degli equilibri ambientali in un’ottica di resilienza» (Mussinelli et al. 2018, p. 119).

### **Evoluzione del termine**

L’origine del termine *Nature-Based Solutions* - definito come l’insieme di soluzioni naturali capaci di esprimere contemporaneamente mitigazione e adattamento al cambiamento climatico e simultaneamente proteggere la biodiversità e migliorare in maniera sostenibile, le condizioni di vita (MacKinnon et al., 2008) - risale all’inizio degli anni Duemila per descrivere soluzioni tecniche atte a risolvere e attenuare criticità ambientali in ambito agronomico. In particolare nella gestione delle inondazioni nelle aree agricole, per la promozione e il potenziamento dell’agricoltura biologica e per interventi di rinaturalizzazione a seguito dell’utilizzo i pesticidi (Blesh & Barrett, 2006). Nello stesso periodo le NBS sono associate per la prima volta alla disciplina urbanistica come misure per la gestione del rischio idrico e la purificazione delle acque reflue (O’Hogain & McCarton, 2018).

Si tratta comunque di alcuni specifici casi, e non ancora di una prassi condita e consolidata, per la quale bisogna attendere la pubblicazione del documento programmatico predisposto dall’*International Union for Conservation of Nature* IUCN nel 2012, nel quale si chiarisce che le NBS possono essere utilizzate per far fronte alle sfide derivanti dal *climate change*, per incrementare la produzione di energia pulita nonché, in generale, per contribuire allo sviluppo sostenibile della società. In particolare per la IUCN le NBS sono «azioni che affrontano le sfide della società in modo efficace e adattivo per proteggere, gestire in modo sostenibile e ripristinare ecosistemi naturali o modificati, fornendo allo stesso tempo benefici per la salute umana e la biodiversità».

Molto importante, nella letteratura, è la guida *The value of green infrastructure. A Guide to Recognizing Its Economic, Environmental and Social Benefits*, redatta dal *Center for Neighborhood Technology* (CNT, 2010), nella quale si dimostrano le correlazioni tra l’utilizzo delle NBS e le ricadute positive da esse determinate nei territori nei quali sono attuate.

A partire dal 2015 l’Unione Europea assume le NBS come strumenti ineludibili

*vention model referring to NBS surpasses the traditional approaches [...] proposing proactive solutions for restoring and regenerating environmental balances in a view of resilience»* (Mussinelli et al. 2018, p. 119).

### **Evolution of the term**

*The origin of the term Nature-Based Solutions - defined as the set of natural solutions able of at the same time expressing mitigation and adaptation to climate change, protecting biodiversity and improving living conditions in a sustainable manner* (MacKinnon et al. 2008) - dates back to the early 2000s and it is used to describe technical solutions to solve and mitigate environmental criticalities in the agronomic field. In particular, in the management of floods in agricultural areas, for the promotion and strengthening of organic farming and for re-naturalization interventions following the use of pesticides (Blesh & Barrett, 2006).

*In the same period the NBS are associated for the first time to the urban planning discipline as measures for the management of the water risk and the purification of the wastewater* (O’Hogain & McCarton, 2018).

*However, these are some specific cases, and not yet a conditional and consolidated practice, for which we must wait for the publication of the programmatic document prepared by the International Union for Conservation of Nature (IUCN) in 2012, in which it is clarified that NBS can be used to face the challenges deriving from the climate change to increase the production of clean energy as well as, in general, to contribute to the sustainable development of the society. In particular for the IUCN the NBS are «actions that address the challenges of society in an effective and adaptive way to protect, sustainably manage and restore natural or modified ecosystems, while providing benefits for human health and biodiversity».*

*In the literature, the guide The value of green infrastructure. A Guide to Recognizing Its Economic, Environmental and Social Benefits, prepared by the Center for Neighborhood Technology (CNT, 2010), is very important as well, demonstrating the correlations between the use of NBS and the positive effects that they determine in the territories in which they are implemented.*

*Since 2015, the European Union has been assuming the NBS as unavoidable tools for the definition of community policies aimed at sustainable enhancement of urban and metropolitan areas, restructuring of degraded eco-systems, combating climate change and improving risk management in resilience practices* (EC, 2015).

*At the urban and building scale, the use of NBS means, therefore, giving an operational and applicative value to the*

different strategies and policies that identify the “natural capital” and ecosystem services as the founding elements of the new urban models. In particular, NBS, if properly used, can contribute to pursuing objectives such as: increasing the sustainability of urban systems; the recovery of degraded ecosystems; mitigation with respect to climate change: the improvement of risk management and resilience (European Commission, 2015). With respect to these priority objectives, the aforementioned working group of the European Commission defines seven research and innovation actions based on the application of NBS: 1) urban regeneration; 2) improve well-being in urban contexts; 3) increase the resilience of coastal systems; 4) management of river basins and restoration of ecosystems; 5) increase the sustainability in the use of materials and energy; 6) enhance the “insurance value” of ecosystems; 7) increase carbon capture in the air.

Within the environmental technological design, the NBS are therefore an important opportunity, which also implies the adoption of natural elements, to pursue the objectives of sustainability and resilience of the projects. In particular, the NBS represent an enrichment of the instrumental equipment available for the regeneration and generation of building, urban and territorial systems.

per la definizione di politiche comunitarie orientate alla valorizzazione sostenibile degli ambiti urbani e metropolitani, alla ristrutturazione di eco-sistemi degradati, al contrasto del cambiamento climatico e al miglioramento della gestione del rischio nelle pratiche di resilienza (EC, 2015).

Alla scala urbana ed edilizia, utilizzare le NBS significa, quindi, dare una valenza operativa e applicativa alle diverse strategie e politiche che individuano nel “capitale naturale” e nei servizi ecosistemici gli elementi fondativi dei nuovi modelli urbani. In particolare, le NBS, se correttamente utilizzate, possono contribuire a perseguire obiettivi quali: l’incremento della sostenibilità dei sistemi urbani; il recupero degli ecosistemi degradati; la mitigazione rispetto al *climate change*: il miglioramento della gestione del rischio e della resilienza (European Commission, 2015). Rispetto a questi obiettivi prioritari, il già citato gruppo di lavoro della Commissione Europea definisce sette azioni di ricerca e innovazione basate sull’applicazione delle NBS: 1) rigenerazione urbana; 2) migliorare il benessere nei contesti urbani; 3) aumentare la resilienza dei sistemi costieri; 4) gestione dei bacini idrografici e ripristino degli ecosistemi; 5) aumento della sostenibilità nell’uso dei materiali e dell’energia; 6) valorizzare il “valore assicurativo” degli ecosistemi; 7) aumentare la cattura del carbonio nell’aria.

All’interno della progettazione tecnologica ambientale, le NBS sono quindi una importante opportunità, che presuppone anche l’adozione di elementi naturali, per perseguire obiettivi di sostenibilità e resilienza delle proposte progettuali. In particolare le NBS rappresentano un arricchimento dell’armamentario strumentale a disposizione per le azioni di rigenerazione e generazione dei sistemi edilizi, urbani e territoriali.

## References

- Antonini, E. & Tucci, F. (eds) (2017), *Architettura, città e territorio verso la Green Economy. La costruzione di un manifesto della Green economy per l’architettura e la città del futuro*, Edizioni Ambiente, Milano.
- Blesh, J.M. & Barrett, G.W. (2006), “Farmers’ Attitudes Regarding Agrolandscape Ecology: A Regional Comparison”, *Journal of Sustainable Agriculture*, n. 28(3), pp. 121-143.
- CNT (Center for Neighborhood Technology), (2010), *The value of green infrastructure. A Guide to Recognizing Its Economic, Environmental and Social Benefits*, Publications of the CNT.
- Eggermont, H. et al. (2015), “Nature-based Solutions: New Influence for Environmental Management and Research in Europe”, *GAI*A, 24/4, pp. 243-248.
- European Commission, (2015), *Nature-Based Solutions & Re-Naturing Cities*, Final Report of the Horizon 2020 Expert Group.
- European Environment Agency (2011), *Green Infrastructure and territorial cohesion*, Publications Office of the European Union.
- IUCN (International Union for Conservation of Nature), (2009), *No time to lose: Make full use of nature-based solutions in the post-2012 climate change regime*. Position paper on the Fifteenth session of the Conference of the Parties to the United Nations Framework Convention on Climate Change (COP 15). Gland, CH: IUCN.
- MacKinnon, K., C. Sobrevila, V., Hickey (2008), *Biodiversity, climate change and adaptation: Nature-based solutions from the World Bank portfolio*. Washington, D. C., World Bank.
- Mussinelli, E., Tartaglia, A., Bisogni, L. & Malcevski, S. (2018), “Il ruolo delle Nature-Based Solutions nel progetto architettonico e urbano / The role of Nature-Based Solutions in architectural and urban design”, *Techné. Journal of Technology for Architecture and Environment*, n. 15, FUP, Firenze University Press, Firenze, pp. 116-123.
- O’Hogain, S. & McCarton, L. (2018), *A technology Portfolio of Nature Based Solutions: innovations in water*; Springer International Publishing.

## Servizi ecosistemici Ecosystem Services

Elena Mussinelli, *Politecnico di Milano*  
Matteo Gambaro, *Politecnico di Milano*  
Raffaella Riva, *Politecnico di Milano*  
Davide Cerati, *Politecnico di Milano*  
Andrea Tartaglia, *Politecnico di Milano*

### Definizione

Con il termine *servizi ecosistemici* si intendono le azioni e i processi naturali che incidono direttamente o indirettamente sulla qualità della vita dell'uomo e più in generale di tutte le specie. Il *Millenium Ecosystem Assesment*, la sistematizzazione ad oggi più ampia e avanzata in materia di ecosistemi, elaborata da circa un migliaio di scienziati per conto delle Nazioni Unite, li definisce come «i benefici multipli forniti dagli ecosistemi al genere umano» (MEA, 2005). L'attività di ricerca che si è sviluppata tra il 2001 e il 2005 partiva dall'assunto che gli esseri umani siano parte integrante degli ecosistemi e che le interazioni con gli ecosistemi e i loro cambiamenti abbiano una diretta corrispondenza con lo stato di benessere della popolazione; tutto ciò pur riconoscendo con chiarezza che l'importanza dei sistemi ecologici non è solo da valutarsi rispetto al benessere della componente umana.

Funzioni ecosistemiche / <i>Ecosystem functions</i>	Servizi ecosistemici / <i>Ecosystem services</i>
<b>Supporto alla vita / <i>life support</i></b>	ciclo dei nutrienti / <i>nutrient cycle</i> formazione del suolo / <i>soil formation</i> creazione di ossigeno / <i>creation of oxygen</i> produzione di beni primari / <i>production of primary goods</i>
<b>Regolazione / <i>regulation</i></b>	regolazione dei gas / <i>gas regulation</i> regolazione del clima / <i>climate regulation</i> regolazione delle acque / <i>water regulation</i> regolazione dell'erosione / <i>erosion regulation</i> regolazione dei dissesti idrogeologici / <i>regulation of hydrogeological instability</i> regolazione dell'impollinazione / <i>pollination regulation</i> regolazione della biodiversità / <i>biodiversity regulation</i>
<b>Approvvigionamento / <i>supply</i></b>	cibo / <i>food</i> materie prime / <i>raw material</i> acqua dolce / <i>fresh water</i> variabilità biologica / <i>biological variability</i>
<b>Culturali / <i>Cultural</i></b>	ispirazione per cultura, arti, valori educativi e spirituali, senso di identità / <i>inspiration for culture, arts, educational and spiritual values, sense of identity</i> valori estetici / <i>aesthetic values</i> valori ricreativi / <i>recreational values</i>

Tab. 1 - Funzioni ecosistemiche e servizi ecosistemici / *Ecosystem functions and Ecosystem services* (Source: MEA, 2005).

### Definition

*The expression ecosystem services refers to natural actions and processes that directly or indirectly affect the quality of the human life and more in general of all the species.*

*The Millenium Ecosystem Assessment (MEA) is today the most extensive systematization in the field of ecosystems. It is developed by about a thousand scientists on behalf of the United Nations, and it defines ecosystem services as «the multiple benefits provided by ecosystems to the human kind» (MEA, 2005).*

*The research activity developed between 2001 and 2005 started from the assumption that human beings are an integral part of ecosystems, as well as that the interactions with ecosystems and their changes directly affect the well-being of the population. At the same time, recognizing that the importance of ecological systems cannot be assessed only with respect to the well-being of the human component.*

*The research activity, carried out through a detailed analysis of the scientific literature and of the databases and models developed in other researches, led to the macro-classification of the ecosystem functions, organized according to an interpretative scheme that is still a standard layout providing four categories: supporting services (services necessary for the production of other ecosystem services); regulating services (the services that determine direct and even indirect benefits for the humankind); provisioning services (services of supply of resources produced by natural and seed-natural ecosystems); cultural services (functions that contribute to good human health through cognitive, spiritual, recreational and aesthetic experiences).*

*The activity of the Millennium Ecosystem Assessment Board was not aimed at simple classification, but at developing a useful tool to support decision-making processes by identifying priorities, defining useful benchmarks to evaluate the results of choices and to guide research, planning and implementation processes. For this reason, the main forces capable of impacting ecosystem services and human wellbeing, both indirect and direct, have also been identified. Among these, one of the most*

significant elements is certainly the use of the land.

Confirming the interest of the scientific community in the development of tools addressed to political decision-makers and following the growing awareness of the direct relationship between economy and natural capital, the classification of ecosystem services has been also faced in the *TEEB* (2010) and in the *Common International Classification of Ecosystem Services* developed by the European Environmental Agency (Haines-Young & Potschin, 2013).

Another important scientific reference in the field of ecosystem services is certainly the work of Costanza (Costanza et al., 1997) which has also estimated in economic terms the total value of the services produced by ecosystems on the planet (Malcevschi & Bisogni, 2016). Studies also taken up in recent years, with further research and initiatives, oriented to the development and promotion of payment and remuneration mechanisms for these services (Wunder et al., 2008; Wunder, 2015; Santolini, 2018). Also the Italian legislator, with the Law 221/2015<sup>1</sup> article 70 "Delegation to the Government for the introduction of remuneration systems for ecosystem and environmental services", focuses on the issue of economic quantification of ecosystem and environmental services (PSEA)<sup>2</sup>. In particular, it defines some directive criteria to which the Government must comply in the formulation of the subsequent legislative decrees<sup>3</sup>. The payment of ecosystem services can therefore

1 Law 28th of December 2015, n. 221 "Environmental provisions to promote green economy measures and to contain the excessive use of natural resources".

2 Also referred to as PES (Payment for Ecosystem Services).

3 Principles and guiding criteria defined in article 70, paragraph 2 of Law 221/2015: a) provide that the PSEA system is defined as remuneration for a share of added value deriving, according to negotiating mechanisms, from the transformation of ecosystem and environmental services into market products, in the logic of the direct transaction between consumer and producer, without prejudice to the safeguard over time of the collective function of the good; b) provide for the PSEA system to be activated, in particular, in the presence of a public grant assignment of a naturalistic asset of common interest, which must maintain or increase its functions; c) provide that in the definition of the PSEA system the services subject to remuneration, their value, as well as the related contractual obligations and the payment methods are specifically identified; d) provide for the following services to be remunerated in any case: setting up of forest carbon and state-owned, collective and private wood arboriculture; water regulation in mountain

L'attività di ricerca, svolta attraverso una dettagliata analisi della letteratura scientifica e dei database e dei modelli sviluppati in altre ricerche, ha portato alla macro classificazione delle funzioni ecosistemiche, organizzate secondo uno schema interpretativo che è tuttora uno *standard* in materia e che prevede quattro categorie: *supporto alla vita*, ossia quei servizi necessari per la produzione degli altri servizi ecosistemici; *regolazione*, intesa come la funzione che raccoglie i servizi che determinano benefici diretti ed anche indiretti per l'uomo; *approvvigionamento*, la funzione che raccoglie i servizi di fornitura delle risorse prodotte dagli ecosistemi naturali e semi-naturali; *culturali*, ossia quelle funzioni che contribuiscono alla buona salute umana attraverso esperienze cognitive, spirituali, ricreative ed estetiche. L'attività del *Millennium Ecosystem Assessment Board* non era finalizzata alla semplice classificazione, ma a sviluppare uno strumento utile per supportare i processi decisionali identificando le priorità di azione, definendo dei benchmark utili per valutare gli esiti delle scelte e a guidare la ricerca, i processi pianificatori e quelli attuativi. Per tale ragione sono state identificate anche le principali forze in grado di impattare sui servizi ecosistemici e sul benessere umano, sia indirette che dirette. Tra queste sicuramente uno degli elementi maggiormente significativi è rappresentato dall'uso del suolo.

A conferma dell'interesse della comunità scientifica allo sviluppo di strumenti destinati ai decisori politici e della crescente consapevolezza del diretto rapporto dell'economia dal capitale naturale, la classificazione dei servizi ecosistemici è stata ripresa in epoca recente anche nel *TEEB* (2010) e nella *Common Interna-*

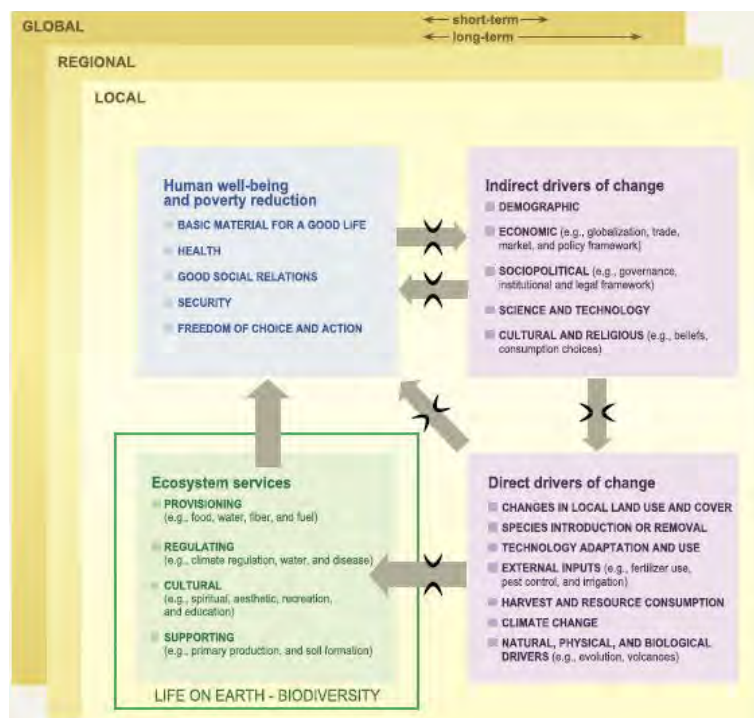


Fig. 1 - Relazioni tra benessere umano, servizi ecosistemici e driver del cambiamento / Relations between human well-being, ecosystem services and drivers of change (Source: MEA, 2005).



*tional Classification of Ecosystem Services* sviluppata dall’Agenzia Ambientale Europea (Haines-Young & Potschin, 2013).

Un ulteriore importante riferimento scientifico in materia di servizi ecosistemici è sicuramente il lavoro di Costanza (Costanza et al., 1997) che ha stimato anche in termini economici il valore totale dei servizi prodotti dagli ecosistemi sul pianeta (Malcevschi & Bisogni, 2016). Studi ripresi in anni recenti con ulteriori ricerche e iniziative, in particolare orientate allo sviluppo e alla promozione di meccanismi di pagamento e remunerazione di tali servizi (Wunder et al., 2008; Wunder, 2015; Santolini, 2018). Anche il legislatore italiano, con l’articolo 70 “Delega al Governo per l’introduzione di sistemi di remunerazione dei servizi ecosistemici e ambientali” della L. 221/2015<sup>1</sup> ha posto l’attenzione al tema della quantificazione economica dei servizi ecosistemici e ambientali (PSEA),<sup>2</sup> definendo alcuni criteri direttivi a cui il Governo deve attenersi nella formulazione dei successivi decreti legislativi<sup>3</sup>. Il pagamento dei servizi ecosistemici può quindi essere un efficace metodo per garantire contemporaneamente elevati livelli di salvaguardia delle risorse naturali e qualità del paesaggio, e adeguati ricavi per i fornitori di servizi.

1 Legge 28 dicembre 2015, n. 221 “Disposizioni in materia ambientale per promuovere misure di green economy e per il contenimento dell’uso eccessivo di risorse naturali”.

2 Anche definiti PES (*Payment for Ecosystem Services*).

3 Principi e criteri direttivi definiti all’articolo 70, comma 2 della L. 221/2015: a) prevedere che il sistema di PSEA sia definito quale remunerazione di una quota di valore aggiunto derivante, secondo meccanismi di carattere negoziale, dalla trasformazione dei servizi ecosistemici e ambientali in prodotti di mercato, nella logica della transazione diretta tra consumatore e produttore, ferma restando la salvaguardia nel tempo della funzione collettiva del bene; b) prevedere che il sistema di PSEA sia attivato, in particolare, in presenza di un intervento pubblico di assegnazione in concessione di un bene naturalistico di interesse comune, che deve mantenere intatte o incrementare le sue funzioni; c) prevedere che nella definizione del sistema di PSEA siano specificamente individuati i servizi oggetto di remunerazione, il loro valore, nonché i relativi obblighi contrattuali e le modalità di pagamento; d) prevedere che siano in ogni caso remunerati i seguenti servizi: fissazione del carbonio delle foreste e dell’arboricoltura da legno di proprietà demaniale, collettiva e privata; regimazione delle acque nei bacini montani; salvaguardia della biodiversità delle prestazioni ecosistemiche e delle qualità paesaggistiche; utilizzazione di proprietà demaniali e collettive per produzioni energetiche; e) prevedere che nel sistema di PSEA siano considerati interventi di pulizia e manutenzione dell’alveo dei fiumi e dei torrenti; f) prevedere che sia riconosciuto il ruolo svolto dall’agricoltura e dal territorio agroforestale nei confronti dei servizi ecosistemici, prevedendo meccanismi di incentivazione attraverso cui il pubblico operatore possa creare programmi con l’obiettivo di remunerare gli imprenditori agricoli che proteggono, tutelano o forniscono i servizi medesimi; g) coordinare e razionalizzare ogni altro analogo strumento e istituto già esistente in materia; h) prevedere che beneficiari finali del sistema di PSEA siano i comuni, le loro unioni, le aree protette, le fondazioni di bacino montano integrato e le organizzazioni di gestione collettiva dei beni comuni, comunque denominate; i) introdurre forme di premialità a beneficio dei comuni che utilizzano, in modo sistematico, sistemi di contabilità ambientale e urbanistica e forme innovative di rendicontazione dell’azione amministrativa; j) ritenere precluse le attività di stoccaggio di gas naturale in acquiferi profondi.

*be an effective method to simultaneously guarantee high levels of protection of natural resources and landscape quality, and adequate revenues for service providers.*

#### **Evolution of the term**

*The most important international institutions, such as the European Union and the United Nations, have been promoting and encouraging the use of ecosystem services for several years to foster the growth and the well-being of the society. Through the construction of policies, strategies and actions that identify ecosystem services as fundamental prerequisites for every economic and social activity carried out by the humankind.*

*Starting in 2013, the European Commission is providing direct support to Member States for the process of mapping and evaluating ecosystem services. Using the MAES tool (mapping and evaluation of ecosystems and their services), it proposes a classification in natural and semi-natural infrastructures (green and blue infrastructures) and quantifies the benefits with respect to the territorial scale of application (mesoscale and microscale) (EC, 2013).*

*As far as the project disciplines are concerned, the work prepared by a European group of experts aimed at defining a framework for evaluating the impacts of the use of NBS (Eklipse, 2017) in urban planning and projects is significant. Through the collaboration of the Directorate General for Research and*

*basins; safeguarding biodiversity of ecosystem performance and landscape quality; use of state and collective property for energy production; e) provide for the cleaning and maintenance of the riverbed of the rivers and streams to be considered in the PSEA system; f) to foresee that the role played by agriculture and the agroforestry territory with respect to ecosystem services is recognized, providing incentive mechanisms through which the public operator can create programs with the aim of remunerating farmers who protect, protect or provide same services; g) coordinate and rationalize any other similar instrument and institute already existing on the subject; h) to foresee that the final beneficiaries of the PSEA system are the municipalities, their unions, the protected areas, the integrated mountain basin foundations and the collective management organizations of the common assets, however named; i) to introduce forms of rewarding for the benefit of municipalities that systematically use environmental and urban accounting systems and innovative forms of administrative action reporting; j) consider natural gas storage activities in deep aquifers to be precluded.*

*Innovation (EC, 2016) and taking note of the recent revisions in the scientific literature (Kabisch et al., 2016), they defined ten “challenges” in which the contribution of the NBS is strategic. In summary, they refer to: adaptation and mitigation to the climate change; water management; coastal resilience; management of green spaces (with the inclusion of the enhancement / conservation of biodiversity in urban areas); air quality; urban regeneration; participatory planning and governance; social justice and social cohesion; public health and wellbeing; potentialities for the development of the green economy (businesses and workers).*

## **Evoluzione del termine**

Le più importanti istituzioni internazionali, come Unione Europea e Nazione Unite, da diversi anni stanno promuovendo e incentivando l'utilizzo dei servizi ecosistemici per favorire la crescita e il benessere della società. Attraverso la costruzione di politiche, strategie e azioni che individuano i servizi ecosistemici come prerequisiti fondamentali ad ogni attività economica e sociale svolta dall'uomo. A partire dal 2013 la Commissione Europea sta fornendo un supporto diretto agli Stati membri per il processo di mappatura e valutazione dei servizi ecosistemici. Utilizzando lo strumento MAES (mappatura e valutazione degli ecosistemi e dei loro servizi), viene proposta una classificazione in infrastrutture naturali e semi naturali (infrastrutture verdi e blu) e una quantificazione dei benefici apportati rispetto alla scala territoriale di applicazione (mesoscala e microscala) (EC, 2013).

Per quanto riguarda le discipline del progetto, è significativo il lavoro predisposto da un gruppo europeo di esperti orientato alla definizione di un quadro di valutazione degli impatti dell'utilizzo delle NBS (Eklipse, 2017) nella pianificazione e nei progetti urbani. Avvalendosi della collaborazione della Direzione generale ricerca e innovazione (EC, 2016) e prendendo atto delle recenti revisioni nella letteratura scientifica (Kabisch et al., 2016) sono state individuate dieci “sfide” nelle quali l'apporto delle NBS risulta strategico in chiave di servizi ecosistemici. Sinteticamente, tali sfide sono riferite all'adattamento e mitigazione ai cambiamenti climatici; alla gestione delle acque; alla resilienza costiera; alla gestione degli spazi verdi (con l'inclusione della valorizzazione / conservazione della biodiversità in ambito urbano); alla qualità dell'aria e degli ambienti; alla rigenerazione urbana; alla pianificazione e *governance* partecipate; alla giustizia sociale e coesione sociale; alla salute e benessere pubblici; e al potenziale per lo sviluppo della green economy (imprese e lavoratori).

## **References**

- Costanza, R., Darge, R., Degroot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., Limburg, K., Naeem, S., O'Neill, R.V., Paruelo, J., Robert G. Raskin, R.G., Sutton P. & van den Belt, M. (1997), “The value of the world's ecosystem services and natural capital”, *Nature*, vol. 387, issue 6630, pp. 253-260.
- Eklipse, (2017). *EU renewable energy policies, global biodiversity, and the UN SDGs*. A report of the EKLIPSE project, Published by Centre for Ecology & Hydrology, Wallingford, United Kingdom.
- European Commission, (2013), *Mapping and assessment of ecosystems and their services. An analytical framework for ecosystem assessments under action 5 of the EU biodiversity strategy to 2020*, Technical Report - 2013 - 067. Publications Office of the European Union, Luxembourg.
- European Commission, (2016). *Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services. An analytical framework for mapping and assessment of ecosystem condition in EU*, Technical Report - 2018 - 001, Publications Office of the European Union, Luxembourg.
- Haines-Young, R., & Potschin, M. (2013), *Common International Classification of Ecosystem Services (CICES)*, Report to the European Environment Agency.
- Kabisch, N., Frantzeskaki N., Pauleit S., Naumann S., Davis M., Artmann M., Haase D., Knapp S., Korn H., Stadler J., Zaunberger K., & Bonn A., (2016). “Nature-based solutions to climate change mitigation and adaptation in urban areas: perspectives on indicators, knowledge gaps, barriers, and opportunities for action”, *Ecology and Society*, 21(2):39, available at <http://dx.doi.org/10.5751/ES-08373-210239>
- Malcevski, S. & Bisogni, G.L. (2016), “Infrastrutture verdi e ricostruzione ecologica in ambito urbano e periurbano / Green Infrastructures and ecological reconstruction in urban and peri-urban areas”, *Techn. Journal of Technology for Architecture and Environment*, n. 11, FUP, Firenze University Press, Firenze, pp. 33-39.
- MEA - Millennium Ecosystem Assessment (2005), *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*, Island Press, Washington, DC.
- Santolini, R. (2018), “Resilienza e servizi ecosistemici nel quadro del cambiamento climatico”, *Le valutazioni ambientali*, n.1, Le Penseur, pp. 77-90.
- TEEB (2010), *The Economics of Ecosystems and Biodiversity: mainstreaming the economics of nature. A synthesis of the approach, conclusions and recommendations of TEEB*.
- Wunder, S. (2015), “Revisiting the concept of payments for environmental services”, *Ecological Economics*, n. 117, pp. 234-243.
- Wunder, S., Engel, S., & Pagiola, S. (2008), “Taking stock: a comparative analysis of payments for environmental services programs in developed and developing countries”, *Ecological Economics*, 65(4), pp. 834-852.