



**Interreg**



**MARITTIMO-IT FR-MARITIME**

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



# INFRASTRUTTURE VERDI

**PER L'ADATTAMENTO AI CAMBIAMENTI CLIMATICI**

Strategie e indicazioni progettuali per la gestione sostenibile delle acque meteoriche urbane nell'area mediterranea nord-occidentale

# INFRASTRUCTURES ÉCOLOGIQUES

**POUR L'ADAPTATION AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES**

Stratégies et indications de projets pour la gestion durable des eaux pluviales urbaines dans le nord-ouest du bassin méditerranéen



Città Metropolitana  
di Genova



Università degli Studi di Genova  
Dipartimento Architettura e Design  
Scuola Politecnica

La cooperazione al cuore del Mediterraneo  
La coopération au coeur de la Méditerranée

# **INFRASTRUTTURE VERDI**

## **PER L'ADATTAMENTO AI CAMBIAMENTI CLIMATICI**

**Strategie e indicazioni progettuali per la gestione sostenibile delle acque meteoriche urbane nell'area mediterranea nord-occidentale**

---

# **INFRASTRUCTURES ÉCOLOGIQUES**

## **POUR L'ADAPTATION AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES**

**Stratégies et indications de projets pour la gestion durable des eaux pluviales urbaines dans le nord-ouest du bassin méditerranée**

---

---

La presente pubblicazione è stata elaborata grazie ad una ricerca svolta presso il Dipartimento Architettura e Design – Università degli Studi di Genova nell’ambito del progetto Interreg Marittimo - Italia Francia PROTERINA-3Èvolution.

Cette publication a été élaborée grâce à une recherche réalisée par la Faculté d’Architecture et de Design de l’Université de Gênes dans le cadre du programme Interreg Italie France Maritime PROTERINA-3Èvolution.

**Edito da**

ModusOperandi Editore

© Città Metropolitana di Genova e Università degli Studi di Genova – Dipartimento Architettura e Design – Scuola Politecnica

*Finito di stampare nel mese di febbraio 2020*

ISBN 9788898102075

**Indice**

<b>Premessa Città Metropolitana di Genova</b>	<b>7</b>
<b>Introduzione</b>	<b>9</b>
<b>1. Cambiamento climatico e ambiente urbano</b>	<b>11</b>
1.1 Cambiamento climatico e squilibri nelle aree urbane <i>Katia Perini</i>	12
1.2 Acque meteoriche e relative criticità in ambito urbano <i>Paola Sabbion</i>	21
1.3 Caratteristiche meteorologiche del Territorio Marittimo <i>Adriano Magliocco</i>	25
<b>2. Infrastrutture verdi</b>	<b>35</b>
2.1 Infrastrutture verdi: benefici e servizi ecosistemici <i>Katia Perini</i>	36
2.2 Politiche comunitarie ed esempi internazionali e nazionali di linee guida <i>Paola Sabbion</i>	43
2.3 Componenti di controllo e treatment train <i>Katia Perini</i>	53
2.4 Sistemi e componenti per la gestione delle acque meteoriche in ambiente urbano <i>Katia Perini, Paola Sabbion</i>	57
2.5 La vegetazione per le infrastrutture verdi <i>Paola Sabbion</i>	65

**Index**

<b>Prémisse Ville métropolitaine de Gênes</b>	<b>7</b>
<b>Introduction</b>	<b>9</b>
<b>1. Changement climatique et environnement urbain</b>	<b>11</b>
1.1 Changement climatique et déséquilibres dans les zones urbaines <i>Katia Perini</i>	12
1.2 L'eau de pluie et ses aspects critiques en milieu urbain <i>Paola Sabbion</i>	21
1.3 Caractéristiques météorologiques du Territoire Maritime <i>Adriano Magliocco</i>	25
<b>2. Infrastructures vertes</b>	<b>35</b>
2.1 Infrastructures vertes: avantages et services écosystémiques <i>Katia Perini</i>	36
2.2 Politiques communautaires et exemples internationaux et nationaux de lignes directrices <i>Paola Sabbion</i>	43
2.3 Éléments de contrôle treatment train <i>Katia Perini</i>	53
2.4 Systèmes et éléments de gestion des eaux pluviales en milieu urbain <i>Katia Perini, Paola Sabbion</i>	57
2.5 La végétation pour les infrastructures écologiques <i>Paola Sabbion</i>	65

<b>3. Schede per la progettazione di sistemi per la gestione delle acque meteoriche</b>	<b>79</b>	<b>3. Conseils pour la conception de systèmes de gestion des eaux pluviales</b>	<b>79</b>
3.1 Premessa	80	3.1 Introduction	80
<i>Adriano Magliocco</i>		<i>Adriano Magliocco</i>	
<b>3.2 Rain garden</b>	<b>84</b>	<b>3.2 Rain garden</b>	<b>91</b>
<i>Paola Sabbion</i>		<i>Paola Sabbion</i>	
<b>3.3 Infiltration basin</b>	<b>98</b>	<b>3.3 Infiltration basin</b>	<b>107</b>
<i>Katia Perini</i>		<i>Katia Perini</i>	
<b>3.4 Vegetative swale</b>	<b>116</b>	<b>3.4 Vegetative swale</b>	<b>124</b>
<i>Paola Sabbion</i>		<i>Paola Sabbion</i>	
<b>3.5 Green roof</b>	<b>132</b>	<b>3.5 Green roof</b>	<b>140</b>
<i>Katia Perini</i>		<i>Katia Perini</i>	
<b>4. Un caso studio: il rain garden di Campomorone, Genova</b>	<b>149</b>	<b>4. Un cas d'étude: le rain garden de Campomorone, Gênes</b>	<b>149</b>
4.1 Descrizione dell'intervento	150	4.1 Description de l'intervention	150
<i>Adriano Magliocco</i>		<i>Adriano Magliocco</i>	
4.2 Le specie vegetali	156	4.2 Les espèces végétales	156
<i>Paola Sabbion</i>		<i>Paola Sabbion</i>	
4.3 Monitorare le prestazioni del sistema	164	4.3 Suivi des performances du système	164
<i>Katia Perini</i>		<i>Katia Perini</i>	

per trattare l'acqua proveniente da altri siti e convogliata tramite appositi sistemi. Questo processo può essere utilizzato a condizione che non vi sia rischio di contaminazione delle falde acquifere, per ricaricare le sorgenti idriche sotterranee e alimentare il deflusso (baseflow) dei corsi d'acqua, ripristinando i processi idrologici naturali. L'efficacia dei sistemi, aree vegetate e non di dimensione variabile come bacini o trincee infiltranti o rain garden ed anche pavimentazioni permeabili, dipende dalle caratteristiche del terreno in termini di permeabilità e dalla profondità della falda.

- Sistemi di detenzione/laminazione: si tratta di aree di una certa dimensione, anche vegetate, per uno stoccaggio temporaneo e un successivo rilascio controllato (es. detention pond).
- Sistemi di sedimentazione; stagni e aree umide (pond e wetland) permettono un controllo quantitativo e qualitativo delle acque meteoriche. Si tratta di aree sempre piene che favoriscono la sedimentazione gravitazionale e l'assorbimento biologico.

## 2.4 Sistemi e componenti per la gestione delle acque meteoriche in ambiente urbano

*Katia Perini e Paola Sabbion*

Come affermato nel capitolo precedente, sono numerosi i sistemi utilizzati per provvedere a convogliamento, filtrazione, detenzione, sedimentazione, infiltrazione delle acque meteoriche. Di seguito si dà una breve descrizione dei principali sistemi e componenti che vengono comunemente utilizzati in ambiente urbano.

de l'eau qui tombe directement sur la surface ou pour traiter l'eau provenant d'autres sites et acheminée par des systèmes appropriés. Ce procédé peut être utilisé à condition qu'il n'y ait pas de risque de contamination des eaux souterraines, pour recharger les sources d'eau souterraines et alimenter l'écoulement (baseflow) des cours d'eau, restaurant ainsi les processus hydrologiques naturels. L'efficacité des systèmes, des zones végétalisées et non de taille variable comme les bassins, les tranchées d'infiltration ou les jardins pluviaux et aussi les sols perméables, dépend des caractéristiques du sol en termes de perméabilité et de la profondeur de la nappe phréatique.

- Systèmes de rétention/absorption: il s'agit de zones d'une certaine taille, y compris des zones végétalisées, pour le stockage temporaire et la libération contrôlée successive (p. ex., bassin de rétention).
- Les systèmes de sédimentation; étangs et zones humides (pond et wetland) permettent un contrôle quantitatif et qualitatif de l'eau de pluie. Il s'agit toujours de zones pleines qui favorisent la sédimentation gravitationnelle et l'absorption biologique.

## 2.4 Systèmes et éléments de gestion des eaux pluviales en milieu urbain

*Katia Perini et Paola Sabbion*

Comme indiqué dans le chapitre précédent, il existe de nombreux systèmes utilisés pour assurer l'acheminement, la filtration, la rétention, la sédimentation et l'infiltration des eaux de pluie. Une brève description des principaux systèmes et composants couramment utilisés en milieu urbain est présentée ci-après.

### **Bioretention Systems (Rain garden)**

Si tratta di aree verdi atte a ricevere acqua piovana – raccolta da superfici adiacenti – e facilitarne l'infiltrazione nel suolo (se possibile) o l'immissione nella rete di smaltimento. I sistemi di bioritenzione (fra cui i rain garden) utilizzano suolo, arbusti e/o piante erbacee per rimuovere gli inquinanti dal deflusso delle acque piovane. Incorporano depressioni superficiali del suolo per facilitare temporaneamente il deflusso e l'infiltrazione del runoff (EPA, 1999). Il rain garden, a seconda della precipitazione cumulata per singolo evento meteorico, può restare allagato per alcune ore, assorbendo l'acqua in eccesso dopo la fine dell'evento, in funzione della sua intensità e della sua durata.

Le specie vegetali più indicate sono quelle resistenti alle fluttuazioni dell'umidità del terreno in grado di provvedere ad un maggiore assorbimento delle acque e degli inquinanti. Si raccomandano piante autoctone con radici profonde per assicurare buone percentuali di infiltrazione e condizioni aerobiche necessarie all'attività microbica per il trattamento delle sostanze inquinanti. Questo sistema può essere applicato sia in condizioni non edificate che urbane, utile in particolare nelle aree urbane per gestire la quantità e la qualità del volume di deflusso dell'acqua da siti residenziali, commerciali o industriali. È adatto per aree altamente impermeabili, come parcheggi, strade, marciapiedi (DNR, 2009).

### **Copertura verde/green roof**

Le coperture verdi, che consentono la crescita di specie vegetali diverse su edifici, parcheggi, strade interrato, etc., possono essere soluzioni interessanti che offrono molti dei benefici tipici delle infrastrutture verdi, in particolare per quanto riguarda la progettazione del paesaggio urbano. Le coperture verdi possono diminuire il deflusso delle acque piovane, raggiungendo una riduzione

### **Bioretention Systems (Rain garden) (Systèmes de biorétention - Jardins pluviaux)**

Il s'agit d'espaces verts en mesure de recevoir les eaux pluviales, collectées sur les surfaces adjacentes, et de faciliter leur infiltration dans le sol (si possible) ou leur entrée dans le réseau d'évacuation. Les systèmes de biorétention (dont les jardins pluviaux) utilisent le sol, les arbustes et/ou les plantes herbacées pour éliminer les polluants de l'écoulement des eaux de pluie. Ils intègrent des dépressions superficielles du sol pour faciliter temporairement l'écoulement et l'infiltration du ruissellement (EPA, 1999). Le jardin pluvial, en fonction des précipitations cumulées pour chaque événement météorique, peut rester inondé pendant quelques heures, absorbant l'excès d'eau après la fin de l'événement, en fonction de son intensité et sa durée.

Les espèces végétales les plus appropriées sont celles qui résistent aux fluctuations de l'humidité du terrain et sont capables d'assurer une meilleure absorption de l'eau et des polluants. Il est recommandé d'utiliser des plantes indigènes à racines profondes pour assurer de bons pourcentages d'infiltration et les conditions aérobies nécessaires à l'activité microbienne pour le traitement des polluants. Ce système peut être appliqué aussi bien en milieu urbain qu'en milieu non bâti; il est particulièrement utile en milieu urbain pour la gestion de la quantité et de la qualité du volume d'eau de ruissellement des sites résidentiels, commerciaux ou industriels. Il convient aux zones très imperméables telles que les parkings, les routes, les trottoirs, etc. (DNR, 2009).

### **Toiture végétalisée/green roof**

Les toitures végétalisées qui permettent la croissance de différentes espèces végétales sur les bâtiments, les parkings, les routes souterraines, etc., peuvent être des solutions intéressantes qui offrent de nombreux avantages typiques des infrastructures vertes, notamment en ce qui concerne

ne dal 60% all'85% a seconda del tipo di tetto verde e vegetazione (Kosareo and Ries, 2007; Scholz-Barth, 2001), migliorando anche la qualità dell'acqua, sebbene alcuni materiali utilizzati possano aggiungere sostanze chimiche o composti metallici all'acqua di scarico (Bianchini and Hewage, 2012).

I numerosi prodotti disponibili sul mercato offrono diverse soluzioni integrate per il corretto drenaggio, impermeabilizzazione e protezione della struttura sottostante. Questi sono comunemente classificati in soluzioni intensive, semi-intensive e estensive e si differenziano per stratigrafia (spessore del substrato), usi e specie vegetali utilizzabili (ad esempio prato, arbusti, piccoli alberi; Norma UNI 11235, 2015). Per ogni tipologia, la manutenzione necessaria, il peso del sistema, i benefici microclimatici ottenibili, l'estetica, i costi sono diversi (Dunnett and Kingsbury, 2008; Perini, 2013): i sistemi intensivi possono creare giardini a diverse altezze, con un substrato di spessore dai 30 ai 100 cm (o più); i sistemi estensivi, non calpestabili, sono più leggeri, versatili e richiedono poca manutenzione.

l'aménagement du paysage urbain. Les toitures végétalisées peuvent réduire l'écoulement de l'eau de pluie de 60 % à 85 % en fonction du type de toit végétal et de la végétation (Kosareo and Ries, 2007; Scholz-Barth, 2001), ce qui améliore également la qualité de l'eau, bien que certains matériaux utilisés puissent ajouter des produits chimiques ou des composés métalliques aux eaux usées (Bianchini and Hewage, 2012).

Les nombreux produits disponibles sur le marché offrent différentes solutions intégrées pour le drainage, l'imperméabilisation et la protection correcte de la structure sous-jacente. Ceux-ci sont généralement classés en solutions intensives, semi-intensives et extensives et diffèrent par la stratigraphie (épaisseur de la couche), les utilisations et les espèces végétales qui peuvent être utilisées (par exemple, pelouse, arbustes, petits arbres; UNI 11235, 2015). Pour chaque type, l'entretien nécessaire, le poids du système, les avantages microclimatiques réalisables, l'esthétique, les coûts sont différents (Dunnett and Kingsbury, 2008; Perini, 2013): les systèmes intensifs peuvent créer des jardins à différentes hauteurs, avec une couche d'épaisseur de 30 à 100 cm (ou plus); les systèmes extensifs, non circulables, sont plus légers, polyvalents et nécessitent peu d'entretien..



**Figura 2.5.** Coperture verdi estensive, Amburgo (Germania)

**Figure 2.5.** Toitures végétalisées, systèmes extensifs, Hambourg (Allemagne).



**Figura 2.6.** Copertura verde intensiva, High Line (New York City, USA).

**Figure 2.6.** Toiture végétalisée, système extensif, High Line (New York City, USA).



## Infiltration Basins

Si tratta di depressioni del terreno progettate per consentire l'infiltrazione. La pioggia raccolta deve essere smaltita entro le 48 e le 72 ore al massimo.

La vegetazione gioca un ruolo chiave, aumentando la capacità di infiltrazione del bacino e impedendo l'erosione delle sponde e del fondo. Appaiono come delle aree totalmente inerbite, ma in alcuni casi si può prevedere vegetazione aggiuntiva che, oltre a migliorare l'aspetto estetico del bacino, può contribuire ad incrementare la porosità del terreno grazie all'apparato radicale, a sostenere le pendenze delle pareti laterali limitando il pericolo di erosione, trattenere i sedimenti più grossolani o i rifiuti trasportati dal runoff ed infine può incrementare il processo di infiltrazione rallentando le velocità dei flussi.

Gli stagni o bacini di infiltrazione contribuiscono alla ricarica delle acque sotterranee e alla conservazione del bilancio idrico naturale del sito. Essi possono eliminare efficacemente sedimenti fini, tracce di metalli, sostanze nutritive e batteri. Gli stagni di infiltrazione, inoltre, possono non solo ridurre il rischio di alluvione, ma anche limitare gli impatti termici sui flussi (EPA, 1999). I bacini di infiltrazione sono tipicamente utilizzati in bacini urbanizzati, ma non sono raccomandati nelle aree carsiche, nei parchi industriali, nelle aree ad alta densità e nelle aree inquinate. Non sono adatti per il trattamento di carichi pesanti di sedimenti e inquinanti a causa del potenziale intasamento del fondo di infiltrazione del bacino. Il successo di uno stagno di infiltrazione dipende dal pretrattamento del deflusso nella progettazione generale e dalla manutenzione efficace.

## Infiltration Basins (Bassins d'infiltration)

Il s'agit de dépressions dans le sol conçues pour permettre l'infiltration. La pluie récupérée doit être éliminée entre 48 et 72 heures au maximum.

La végétation joue un rôle clé dans l'augmentation de la capacité d'infiltration du bassin et dans la prévention de l'érosion des berges et du fond. Il s'agit de zones totalement enherbées, mais dans certains cas il est possible de prévoir une végétation supplémentaire qui, en plus d'améliorer l'aspect esthétique du bassin, peut contribuer à augmenter la porosité du terrain grâce au système racinaire, à soutenir les pentes des parois latérales limitant le danger d'érosion, à retenir les sédiments plus grossiers ou les déchets transportés par le ruissellement et enfin à accélérer le processus d'infiltration en ralentissant la vitesse des flux.

Les étangs ou bassins d'infiltration contribuent à la restauration des nappes phréatiques et à la préservation de l'équilibre hydrique naturel du site. Ceux-ci peuvent éliminer efficacement les sédiments fins, des traces de métaux, des nutriments et des bactéries. De plus, les bassins d'infiltration peuvent non seulement réduire le risque d'inondation, mais aussi limiter les impacts thermiques sur les flux (EPA, 1999). Les bassins d'infiltration sont généralement utilisés dans les bassins urbanisés, mais ne sont pas recommandés dans les zones karstiques, les parcs industriels, les zones à haute densité et les zones polluées. Ils ne sont pas adaptés au traitement des charges lourdes de sédiments et de polluants en raison du risque de colmatage du fond d'infiltration du bassin. Le succès d'un bassin d'infiltration dépend du traitement préliminaire de l'écoulement dans la conception générale et d'un entretien efficace.



**Figura 2.7.**  
Infiltration basin,  
Avignone (Francia)

**Figure 2.7.**  
Bassins d'infiltration,  
Avignon (France)

### Pavimentazioni permeabili e porose

Le pavimentazioni permeabili permettono l'infiltrazione dell'acqua piovana che può essere anche temporaneamente trattenuta in un sottofondo di ghiaia o pietrisco, in attesa di infiltrarsi nel terreno o di essere convogliata all'impianto fognario.

Sebbene ci si riferisca genericamente ai sistemi di pavimentazioni drenanti, è necessario distinguere tra pavimentazioni porose, in cui l'acqua si infiltra attraverso tutta la superficie del materiale (ad esempio: sistemi inerbiti rinforzati, ghiaia o superfici sterrate, conglomerato bituminoso e cemento drenante) e pavimentazioni permeabili, costituite da elementi di per sé impenetrabili all'acqua, ma disposti in modo che tra gli spazi vuoti sulla superficie sia possibile il passaggio dell'acqua (ad esempio i sistemi modulari in calcestruzzo inerbiti, Figura 2.8).

Una pavimentazione porosa può trattenerne gli inquinanti (vicino alla fonte) riducendo il deflusso, diminuendo i picchi e aumentando l'ingresso di acqua nelle falde. Alcuni svantaggi, tuttavia, possono limitare l'utilizzo di questi sistemi, fra questi: il ridotto carico di traffico che possono supportare, occasionali prestazioni insoddisfacenti e rischio di contaminazione delle acque sotterranee a causa di possibili intasamenti della pavimentazione stessa. Inoltre, questi sistemi sono adatti solo a siti con pendenza moderata (Melbourne Water, 2016).

### Revêtements perméables et poreux

Les revêtements perméables permettent l'infiltration des eaux pluviales, qui peuvent aussi être retenues temporairement dans un fond de gravillons ou de gros graviers, en attendant de s'infiltrer dans le terrain ou d'être acheminées dans le réseau d'égout.

Bien qu'il soit généralement fait référence aux systèmes de revêtement drainants, il convient de faire la distinction entre les revêtements poreux, où l'eau s'infilte sur toute la surface du matériau (par exemple, systèmes d'herbe renforcés, gravier ou surfaces en terre battue, conglomerat bitumineux et ciment drainant) et les revêtements perméables, constitués d'éléments imperméables à l'eau en raison de leur nature, mais disposés de telle sorte qu'il puisse y avoir un écoulement entre les espaces de surface (par exemple, les systèmes modulaires en béton, enherbés, Figure 2.8).

Les revêtements poreux peuvent retenir les polluants (près de la source) réduisant, ainsi, le ruissellement, et permettant de diminuer les pics et d'augmenter l'entrée d'eau dans les nappes d'eau. Toutefois, certains inconvénients peuvent limiter l'utilisation de ces systèmes, notamment: la charge de circulation réduite qu'ils peuvent supporter, des performances parfois insuffisantes et le risque de contamination des eaux souterraines en raison du colmatage possible de la chaussée elle-même. De plus, ces systèmes ne conviennent qu'aux sites ayant une pente modérée (Melbourne Water, 2016).


**Figura 2.8.**

Un esempio di pavimentazione permeabile che utilizza sistemi modulari in calcestruzzo inerbiti

**Figure 2.8.**

Un exemple de revêtement perméable utilisant des systèmes modulaires en béton enherbés

## Ponds

Detti anche wet retention basins, sono stagni che contengono uno specchio d'acqua permanente con vegetazione tipica delle aree umide e sono progettati per rimuovere gli inquinanti dall'acqua piovana. I processi di sedimentazione rimuovono particolato, materia organica e metalli. I nutrienti disciolti vengono rimossi attraverso l'assorbimento biologico (EPA, 1999).

Inoltre, negli stagni può essere predisposto lo stoccaggio temporaneo dell'acqua. I ponds sono poco adatti alle aree urbane ad alta densità. I vantaggi dei ponds includono una rimozione da moderata ad alta degli inquinanti urbani e provvedono all'habitat della fauna oltre ad offrire un valore estetico/ricreativo. I limiti di utilizzo dei ponds includono la necessità di un flusso continuo di base o supplementare (non dovrebbero essere costruiti in aree dove non vi sono precipitazioni sufficienti o su terreni altamente permeabili); la necessità di terreni pianeggianti o pendenze stabili; i potenziali impatti termici nell'acqua a valle e il rischio di riproduzione delle zanzare (IOWA Department of Natural Resources, 2009). Aree densamente urbanizzate possono precludere l'installazione di un pond e il clima locale (soprattutto la temperatura) può influenzare lo stato della vegetazione e quindi l'assorbimento biologico. Infine, gli stagni richiedono una manutenzione regolare. La pulizia e il mantenimento della vasca permanente è particolarmente importante: l'accumulo

## Ponds

Appelés aussi wet retention basins, sont des étangs qui contiennent un plan d'eau permanent avec une végétation typique des zones humides et qui sont conçus pour éliminer les polluants de l'eau de pluie. Les processus de sédimentation éliminent les particules, les matières organiques et les métaux. Les nutriments dissous sont éliminés par absorption biologique (EPA, 1999).

En outre, un stockage temporaire de l'eau peut être prévu dans des étangs. Les ponds ou étangs ne conviennent pas aux zones urbaines à haute densité. Parmi les avantages des étangs, mentionnons l'élimination modérée à élevée des polluants urbains et l'habitat faunique ainsi que la valeur esthétique/récréative des étangs. Les limites de l'utilisation des ponds comprennent la nécessité d'un flux continu de base ou supplémentaire (ils ne devraient pas être construits dans des zones où les précipitations sont insuffisantes ou sur des terrains très perméables), le besoin de terrains plats ou avec des pentes stables, les éventuels impacts thermiques potentiels dans les eaux en aval et le risque de reproduction de moustiques (IOWA Department of Natural Resources, 2009). Les zones densément urbanisées peuvent empêcher la réalisation d'un étang et le climat local (en particulier la température) peut influencer l'état de la végétation et donc l'absorption biologique. Enfin, les étangs nécessitent un entretien régulier. Le nettoyage et l'entretien du bassin permanent sont particulièrement importants: l'accumulation de sédiments dans l'étang

di sedimenti nello stagno riduce la sua capacità di stoccaggio e le sue prestazioni ragion per cui il limo di fondo nelle vasche permanenti dovrebbe essere rimosso almeno ogni 2 - 5 anni (Clar et al., 2004).

### **Vegetative buffer/filter strips**

Le Buffer strips sono elementi lineari costituiti da ghiaia o pavimentazione permeabile in grado di trattare l'acqua piovana nelle aree urbane e di convogliarla verso altri sistemi per la detenzione o l'infiltrazione. Hanno un maggiore appeal estetico se integrati con marciapiedi, cordoli e altri elementi. Le Buffer strips vegetate sono strisce di terreno con una copertura vegetale progettate per captare il deflusso superficiale e per facilitare l'attenuazione del sedimento e la rimozione degli inquinanti.

Le Buffer strips sono una tecnologia a basso costo utilizzata come strumento di convogliamento delle acque piovane, specialmente nei contesti residenziali di densità medio-bassa. Sono particolarmente efficaci per il trasporto dell'acqua piovana da un'area drenata verso un'altra fase del treatment train, ma possono anche essere progettati come strumenti di filtrazione o detenzione. Sono usate per trattare il deflusso da superfici impermeabili come strade, autostrade, tetti e piccoli parcheggi e come sistema per il pretrattamento prima del convogliamento in bacini di infiltrazione o in altri sistemi. Le piante più adatte per le strisce filtranti sono specie erbacee a bassa manutenzione che devono essere in grado di tollerare inondazioni periodiche e inquinanti (New York (N.Y.) et al., 2005).

### **Vegetative swales**

Sono trincee poco profonde, canali aperti o pendii erbosi che possono sostituire i sistemi a condotti nel trasporto dell'acqua piovana. Le swales hanno di-

réduit sa capacité de stockage et ses performances et, par conséquent, le limon de fond dans les bassins permanents doit être éliminé au moins tous les 2 à 5 ans (Clar et al., 2004).

### **Vegetative buffer/filter strips**

Les buffer strips (en français: bandes tampon) sont des éléments linéaires en gravier ou de revêtement perméable capables de traiter les eaux de pluie en milieu urbain et de les acheminer vers d'autres systèmes de rétention ou d'infiltration. Elles ont un plus grand attrait esthétique lorsqu'elles sont intégrées aux trottoirs, bordures et autres éléments. Les buffer strips végétalisées sont des bandes de terrain recouvertes d'une couverture végétale conçues pour capter l'écoulement superficiel et pour faciliter l'atténuation des sédiments et l'élimination des polluants.

Les buffer strips sont une technologie peu coûteuse utilisée comme moyen d'acheminement des eaux de pluie, en particulier dans les contextes résidentiels à densité moyenne-faible. Elles sont particulièrement efficaces pour acheminer l'eau de pluie d'une zone drainée à une autre étape de la chaîne de traitement, mais elles peuvent également être conçues comme des dispositifs de filtration ou de rétention. Elles sont utilisées pour le traitement des eaux de ruissellement provenant de surfaces imperméables comme les routes, les autoroutes, les toits et les petits parkings et comme système de prétraitement avant l'acheminement dans les bassins d'infiltration ou autres systèmes. Les plantes les plus adaptées aux bandes filtrantes sont les espèces herbacées à faible entretien qui doivent être capables de supporter des inondations périodiques et polluantes (New York (N.Y.) et al., 2005).

### **Vegetative swales**

Les vegetative swales (en français: rigoles végétalisées) sont des tranchées peu profondes, des canaux ouverts ou de pentes her-

versi vantaggi rispetto alle pratiche convenzionali di gestione delle acque piovane, in particolare per la loro capacità di ridurre i picchi di flusso, rimuovere gli inquinanti e ridurre i costi: promuovendo l'infiltrazione del ruscellamento superficiale riducono il tasso e la quantità di acqua piovana che entra nei sistemi fognari e, di conseguenza, possono moderare il carico sulle fognature. Si tratta di una tecnologia tradizionalmente utilizzata come strumento di convogliamento delle acque piovane a basso costo, specialmente nei contesti residenziali di densità medio-bassa. Sono particolarmente efficaci per il trasporto dell'acqua piovana da un'area drenata verso un'altra fase del treatment train, ma possono anche essere progettati come strumenti di filtrazione o detenzione, a seconda dei livelli di vincoli del deflusso e delle profondità di ristagno appropriate al contesto. Tuttavia, le vegetated swales sono in genere inefficaci con alti volumi / alta velocità di flusso che possono erodere la copertura vegetata. Alcune altre limitazioni nell'uso delle swales possono verificarsi in aree con topografia molto piana o ripida, su terreni non drenati o erosivi e dove è difficile mantenere una copertura vegetativa densa. Gli impatti ambientali negativi delle swales vegetate possono includere il rischio di infiltrazione di inquinanti nelle falde acquifere locali (EPA, 1999).

### **Water squares**

Le water squares uniscono la funzione di accumulo di acqua con la creazione di spazi pubblici fruibili. Entrambe le funzioni sono importanti soprattutto in aree urbane densamente urbanizzate. Questi sistemi non vegetati consistono in uno o più bacini pavimentati, solitamente asciutti, accessibili per usi ricreativi, ovvero utilizzabili come campi da basket o skatepark.

beuses qui peuvent remplacer les systèmes de canalisations pour le transport de l'eau de pluie. Les rigoles présentent plusieurs avantages par rapport aux pratiques conventionnelles de gestion des eaux pluviales, notamment leur capacité à réduire les pointes de flux, à éliminer les polluants et à réduire les coûts: en favorisant l'infiltration du ruissellement de surface, elles réduisent le taux et la quantité d'eau de pluie entrant dans les systèmes d'égout et, par conséquent, elles peuvent réduire la charge sur les installations d'évacuation des eaux d'égout. Il s'agit d'une technologie traditionnellement utilisée comme moyen d'acheminement des eaux de pluie, peu coûteux, en particulier dans les contextes résidentiels à densité moyenne-faible. Elles sont particulièrement efficaces pour acheminer l'eau de pluie d'une zone drainée à une autre étape de la chaîne de traitement, mais elles peuvent également être conçues comme des dispositifs de filtration ou de rétention, en fonction des niveaux de contraintes d'écoulement et des profondeurs de stagnation appropriés au contexte. Cependant, les rigoles végétalisées sont généralement inefficaces avec des volumes/vitesse de débit élevés qui peuvent éroder la couverture végétale. D'autres limitations dans l'utilisation des rigoles peuvent se produire dans des zones à topographie très plate ou abrupte, sur des terrains non drainés ou érosifs et où il est difficile de maintenir une couverture végétale dense. Les impacts environnementaux négatifs des rigoles végétalisées peuvent inclure le risque d'infiltration de polluants dans les nappes souterraines locales (EPA, 1999).

### **Water squares**

Les water squares (en français: espaces publics inondables) combinent la fonction de stockage de l'eau avec la création d'espaces publics utilisables. Ces deux fonctions sont importantes, en particulier dans les zones fortement urbanisées. Ces systèmes non végétalisés consistent en un ou plusieurs bassins pavés, généralement secs, accessibles à des fins récréatives, c'est-à-dire

I bacini, nel caso di eventi intensi, raccolgono l'acqua per cederla in un secondo tempo al sistema di smaltimento, riducendo in questo modo il rischio di sovraccarico. L'acqua raccolta viene filtrata prima di essere convogliata nei bacini e viene conservata meno di 32 ore per motivi igienici (European Commission, 2016; Longo et al., 2016). La duplice funzione delle water squares offre l'opportunità di investire denaro per le strutture di stoccaggio dell'acqua, fornendo allo stesso tempo spazi pubblici e aree ricreative nei quartieri più densi. Alcuni interessanti esempi di water squares sono stati recentemente realizzate a Rotterdam (Figure 2.9, 2.10) (De Urbanisten, 2016) e a Barcellona (<http://www.coll-leclerc.com>).

utilisés comme terrains de basket-ball ou comme skateparks.

En cas d'événements intenses, les bassins recueillent l'eau et l'acheminement ensuite au système d'évacuation, réduisant ainsi le risque de surcharge. L'eau ainsi récupérée est filtrée avant d'être acheminée vers les bassins et stockée pendant moins de 32 heures pour des raisons d'hygiène (European Commission, 2016; Longo et al., 2016). La double fonction des water squares offre la possibilité d'investir de l'argent dans des installations de stockage d'eau, tout en offrant des espaces publics et des espaces de loisirs dans des quartiers plus denses. Quelques exemples intéressants de water squares ont été réalisés récemment à Rotterdam (Figures 2.9, 2.10) (De Urbanisten, 2016) et à Barcelone (<http://www.coll-leclerc.com>).



**Figure 2.9, 2.10.** Watersquare a Rotterdam.



**Figure 2.9, 2.10.** Watersquare à Rotterdam.

## 2.5 La vegetazione per le infrastrutture verdi

*Paola Sabbion*

Considerando che piante prospere ed in salute hanno un ruolo fondamentale nel mantenerne la funzionalità, ma anche le caratteristiche estetiche, il successo di un sistema dipende dalla scelta appropriata delle specie. La selezione della vegetazione utilizzata per le infrastrutture verdi si basa sull'adeguatezza delle specie in base alle condizioni del

## 2.5 La végétation pour les infrastructures écologiques

*Paola Sabbion*

Etant donné que les plantes prospères et saines jouent un rôle fondamental dans le maintien du bon fonctionnement, mais aussi des caractéristiques esthétiques, le succès d'un système dépend du choix approprié de l'espèce. La sélection de la végétation utilisée pour les infrastructures vertes est basée sur l'adéquation des espèces en fonction des conditions du site

## Riferimenti Références

- Abdrabo, M.A., Hassaan, M.A., 2015. An integrated framework for urban resilience to climate change – Case study: Sea level rise impacts on the Nile Delta coastal urban areas. *Urban Clim.* 14, Part 4, 554–565. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2015.09.005>
- Agence de l'eau Rhône-Méditerranée-Corse, 2012. Impacts du changement climatique dans le domaine de l'eau sur les bassins Rhône-Méditerranée et Corse: Bilan des Connaissances.
- Agenzia europea dell'ambiente, 2015. L'ambiente in Europa: Stato e prospettive nel 2015 – Relazione di sintesi.
- Agrillo, G., Bonati, V., 2013. Atlante climatico della Liguria.
- Arpas, 2017. Annuario statistico ambientale della Sardegna anno 2017, Agenzia regionale per la protezione dell'ambiente della Sardegna.
- Atlanta Regional Commission, 2014. Georgia Stormwater Management Manual [WWW Document]. URL <http://www.atlantaregional.com/environment/georgia-stormwater-manual> (accessed 6.6.16).
- Ballard, B.W., Kellagher, R., Martin, P., Jefferies, C., Bray, R., Shaffer, P., 2007. Site Handbook for the Construction of SUDS. CIRIA.
- Bellomo, A., 2003. Pareti verdi : linee guida alla progettazione / Antonella Bellomo. Es-selibri, Napoli.
- Benedict, M.A., McMahon, E.T., 2001. Green infrastructure: smart conservation for the 21st century.
- Benedict, M.A., McMahon, E.T., Conservation Fund, 2006. Green infrastructure: linking landscapes and communities. Island Press, Washington, DC.
- Benedict, M.A., McMahon, E.T., Fund, M.A.T.C., 2012. Green Infrastructure: Linking Landscapes and Communities. Island Press.
- Bianchini, F., Hewage, K., 2012. Probabilistic social cost-benefit analysis for green roofs: A lifecycle approach. *Build. Environ.*
- Chaouche, K., Neppel, L., Dieulin, C., Pujol, N., Ladouche, B., Martin, E., Salas, D., Caballero, Y., 2010. Analyses of precipitation, temperature and evapotranspiration in a French Mediterranean region in the context of climate change. *Comptes Rendus Geosci.* 342, 234–243. <https://doi.org/10.1016/j.crte.2010.02.001>
- Clar, M.L., Barfield, B.J., O'Connor, T.P., 2004. Stormwater Best Management Practice Design Guide.

Colville, R.N., Hutchinson, E.J., Mindell, J.S., Warren, R.F., 2001. The transport sector as a source of air pollution. *Atmos. Environ.* 35, 1537–1565. [https://doi.org/10.1016/S1352-2310\(00\)00551-3](https://doi.org/10.1016/S1352-2310(00)00551-3)

Commission of the European Communities, 2013. Communication From The Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. Green Infrastructure (GI) — Enhancing Europe's Natural Capital.

Commission of the European Communities, 2005. EUR-Lex - 52005DC0718 - EN.

Commissione Europea, 2012. Relazione della Commissione al Parlamento Europeo, al Consiglio, al Comitato Economico e Sociale Europeo e al Comitato delle regioni 2012. Attuazione della Strategia Tematica per la Protezione del Suolo e Attività in Corso.

Commissione Europea, 2011. Comunicazione della Commissione al Parlamento Europeo, al Consiglio, al Comitato Economico e Sociale Europeo e al Comitato delle Regioni - Tabella di marcia verso un'Europa efficiente nell'impiego delle risorse.

Comune di Firenze, 2008. Migliori pratiche per la gestione sostenibile delle acque in aree urbane.

Comune di Reggio Emilia, 2014. Linee guida per la gestione delle acque meteoriche.

Consorzio LaMMA, 2015. Recenti cambiamenti climatici in Toscana.

Costanza, R., Norton, B.G., Haskell, B.D., 1992. Ecosystem health: new goals for environmental management. Island Press, Washington, D.C.

Czemiel Berndtsson, J., 2010. Green roof performance towards management of runoff water quantity and quality: A review. *Ecol. Eng.* 36, 351–360. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2009.12.014>

De Urbanisten, 2016. Water squares.

Department of Environmental Resource, Department of Resources, Programs and Planning Division, 1999. Prince George's County, Maryland, Low Impact Development Design Strategies. An integrate design approach [WWW Document]. URL [http://www.lowimpactdevelopment.org/pubs/LID\\_National\\_Manual.pdf](http://www.lowimpactdevelopment.org/pubs/LID_National_Manual.pdf) (accessed 6.7.16).

Department of the Environment, 2009. Evaluating options for water sensitive urban design – a national guide [WWW Document]. URL <https://www.environment.gov.au/resource/evaluating-options-water-sensitive-urban-design-%E2%80%93-national-guide> (accessed 6.6.16).

Deque, M., 2007. Frequency of precipitation and temperature extremes over France in an anthropogenic scenario: Model results and statistical correction according to observed values. *Glob. Planet. Change* 57, 16–26. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2006.11.030>



Derkzen, M.L., van Teeffelen, A.J.A., Verburg, P.H., 2015. REVIEW: Quantifying urban ecosystem services based on high-resolution data of urban green space: an assessment for Rotterdam, the Netherlands. *J. Appl. Ecol.* 52, 1020–1032. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12469>

Dickie, S., McKay, G., Ions, L., Shaffer, P., 2010. Planning for SuDS - making it happen.

Dunnett, N., Kingsbury, N., 2008. Planting green roofs and living walls. Timber Press, Portland, Or.

Edenhofer, O., Pichs-Madruga, R., Sokona, Y., Farahani, E., Kadner, S., Seyboth, K., Adler, A., Baum, I., Brunner, S., Eickemeier, P., others, 2014. Climate change 2014: mitigation of climate change. *Contrib. Work. Group III Fifth Assess. Rep. Intergov. Panel Clim. Change* 511–597.

Elmqvist, T., Setälä, H., Handel, S., van der Ploeg, S., Aronson, J., Blignaut, J., Gómez-Baggethun, E., Nowak, D., Kronenberg, J., de Groot, R., 2015. Benefits of restoring ecosystem services in urban areas. *Curr. Opin. Environ. Sustain., Open Issue* 14, 101–108. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2015.05.001>

EPA, 2011. Land Revitalization Fact Sheet Green Infrastructure.

EPA, 1999. Storm Water Technology Fact Sheet Vegetated Swales.

EPA, U., 2016. US Environmental Protection Agency [WWW Document]. URL <http://www3.epa.gov/> (accessed 2.12.16).

European Commission, 2016. European Green Capital [WWW Document]. URL <http://ec.europa.eu/environment/europeangreencapital/rotterdam-water-square/> (accessed 5.3.16).

European Commission, 2015. Nature-Based Solutions | Environment - Research & Innovation [WWW Document]. URL <https://ec.europa.eu/research/environment/index.cfm?pg=nbs> (accessed 9.12.16).

European Commission (Ed.), 2013. Building a green infrastructure for Europe. Publ. Office of the European Union, Luxembourg.

European Commission, 2012. Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions - A Blueprint To Safeguard Europe's Water Resources.

European Commission, 2010. Green infrastructure.

European Environmental Agency, 2015. Exploring nature-based solutions. The role of green infrastructure in mitigating the impacts of weather- and climate change-related natural hazards.

Field, C.B., Barros, V.R., Mastrandrea, M.D., Mach, K.J., Abdrabo, M.-K., Adger, N., Anokhin, Y.A., Anisimov, O.A., Arent, D.J., Barnett, J., others, 2014. *Climate Change 2014: Summary for policymakers. Clim. Change 2014 Impacts Adapt. Vulnerability Part Glob. Sect. Asp. Contrib. Work. Group II Fifth Assess. Rep. Intergov. Panel Clim. Change 1–32.*

Field, C.B., Intergovernmental Panel on Climate Change (Eds.), 2012. *Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaption: special report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* Cambridge University Press, New York, NY.

Firehock, K., 2010. *A Short History of the Term Green Infrastructure and Selected Literature.*

Fisher, B.S., Nakicenovic, N., Alfsen, K., Morlot Corfee, J., de la Chesnaye, F., Hourcade, J.-C., Jiang, K., Kainuma, M., La Rovere, E., Matysek, A., Rana, A., Riahi, K., Richels, R., Rose, S., van Vuuren, D., Warren, R., 2007. *Issues related to mitigation in the long term context, In Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Inter-governmental Panel on Climate Change [B. Metz, O.R. Davidson, P.R. Bosch, R. Dave, L.A. Meyer (eds)].*

Fowler, D., 2002. *Pollutants deposition and uptake by vegetation, in: Bell, J.N.B., Treshow, M. (Eds.), Air Pollution and Plant Life.* John Wiley & Sons.

Getter, K.L., Rowe, D.B., 2006. *The role of extensive green roofs in sustainable development. HortScience 41, 1276–1285.*

Grimm, N.B., Faeth, S.H., Golubiewski, N.E., Redman, C.L., Wu, J., Bai, X., Briggs, J.M., 2008. *Global Change and the Ecology of Cities. Science 319, 756–760. <https://doi.org/10.1126/science.1150195>*

Hamin, E.M., Gurran, N., 2009. *Urban form and climate change: Balancing adaptation and mitigation in the U.S. and Australia. Habitat Int. 33, 238–245. <https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2008.10.005>*

Hoek, G., Brunekreef, B., Verhoeff, A., van Wijnen, J., Fischer, P., 2000. *Daily mortality and air pollution in The Netherlands. J. Air Waste Manag. Assoc. 1995 50, 1380–1389.*

International Energy Agency, 2008. *World energy outlook 2008.* International Energy Agency ; Turpin Distribution, Paris; New Milford, Conn.

IOWA Department of Natural Resources, 2009. *Iowa Stormwater Management Manual.*

Kazmierczak, A., Carter, J., 2010. *Adaptation to climate change using green and blue infrastructure. A database of case studies. Interreg IVC Green Blue Space Adapt. Urban Areas Eco Towns GRaBS Manch. UK Available <http://www.Grabs-Eu.Org> accessed 5 July 2012.*

Kosareo, L., Ries, R., 2007. *Comparative environmental life cycle assessment of green roofs. Build. Environ. 42, 2606–2613. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2006.06.019>*

Larondelle, N., Haase, D., 2013. Urban ecosystem services assessment along a rural-urban gradient: A cross-analysis of European cities. *Ecol. Indic.* 29, 179–190. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2012.12.022>

Lazzari, S., Perini, K., Roccotiello, E., 2018. Chapter 3.6 - Green Streets for Pollutants Reduction, in: Pérez, G., Perini, K. (Eds.), *Nature Based Strategies for Urban and Building Sustainability*. Butterworth-Heinemann, pp. 149–156. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-812150-4.00014-8>

Legambiente, 2012. *Mal'aria di città*.

Longo, G., Moretti, S., Nario, L., Papalia, I., 2016. Strategie alternative di gestione delle acque meteoriche. Caso studio Genova San Fruttuoso. Università degli Studi di Genova Scuola Politecnica: Dipartimento di Scienze per l'Architettura.

Luederitz, C., Lang, D.J., Von Wehrden, H., 2013. A systematic review of guiding principles for sustainable urban neighborhood development. *Landsc. Urban Plan.* 118, 40–52. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2013.06.002>

Mazzarello, M., Raimondo, M., 2015. Infrastrutture verdi: una gestione alternativa delle acque meteoriche. Genova, verso una "Water Sensitive City". Università degli Studi di Genova Scuola Politecnica: Dipartimento di Scienze per l'Architettura.

Melbourne Water, 2016. Porous paving [WWW Document]. URL [http://www.melbournewater.com.au/planning-and-building/stormwater-management/wsud\\_treatments/pages/porous-paving.aspx](http://www.melbournewater.com.au/planning-and-building/stormwater-management/wsud_treatments/pages/porous-paving.aspx) (accessed 5.11.16).

Metzger, M.J., Rounsevell, M.D.A., Acosta-Michlik, L., Leemans, R., Schröter, D., 2006. The vulnerability of ecosystem services to land use change. *Agric. Ecosyst. Environ.* 114, 69–85. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2005.11.025>

Ministero dell'Ambiente, 2014. *Strategia Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici*.

Nelson, E.J., Kareiva, P., Ruckelshaus, M., Arkema, K., Geller, G., Girvetz, E., Goodrich, D., Matzek, V., Pinsky, M., Reid, W., Saunders, M., Semmens, D., Tallis, H., 2013. Climate change's impact on key ecosystem services and the human well-being they support in the US. *Front. Ecol. Environ.* 11, 483–493. <https://doi.org/10.1890/120312>

New York City Department of Environmental Protection, 2010. *NYC Green Infrastructure Plan*.

New York (N.Y.), Department of Design and Construction, Design Trust for Public Space (Organization), 2005. *High performance infrastructure guidelines: best practices for the public right-of-way* : New York City, October 2005. New York City Department of Design + Construction : Design Trust for Public Space, New York.

Pachauri, R.K., Allen, M.R., Barros, V.R., Broome, J., Cramer, W., Christ, R., Church, J.A., Clarke, L., Dahe, Q., Dasgupta, P., others, 2014. Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.

Perini, K., 2013. Progettare il verde in città: una strategia per l'architettura sostenibile. F. Angeli, Milano.

Perini, K., Magliocco, A., 2014. Effects of vegetation, urban density, building height, and atmospheric conditions on local temperatures and thermal comfort. *Urban For. Urban Green*. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2014.03.003>

Perini, K., Ottelé, M., Giulini, S., Magliocco, A., Roccotiello, E., 2017. Quantification of fine dust deposition on different plant species in a vertical greening system. *Ecol. Eng.* 100, 268–276. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2016.12.032>

Perini, K., Roccotiello, E., 2018. Chapter 3.4 - Vertical Greening Systems for Pollutants Reduction, in: Pérez, G., Perini, K. (Eds.), *Nature Based Strategies for Urban and Building Sustainability*. Butterworth-Heinemann, pp. 131–140. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-812150-4.00012-4>

Perini, K., Sabbion, P., 2017. *Urban Sustainability and River Restoration: green and blue infrastructure, Construction Sustainability*. Wiley.

Plunz, R., 2008. The design equation, in: Sutto, M.P., Plunz, R. (Eds.), *Urban Climate Change Crossroads*. Urban Design Lab of the Earth Institute, Columbia University, New York.

Powe, N.A., Willis, K.G., 2004. Mortality and morbidity benefits of air pollution (SO<sub>2</sub> and PM<sub>10</sub>) absorption attributable to woodland in Britain. *J. Environ. Manage.* 70, 119–128. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2003.11.003>

Publications Office of the European Union, 2015. *Towards an EU research and innovation policy agenda for nature-based solutions & re-naturing cities : final report of the Horizon 2020 expert group on 'Nature-based solutions and re-naturing cities' : (full version)*.

Rizwan, A.M., Dennis, L.Y., Liu, C., 2008. A review on the generation, determination and mitigation of Urban Heat Island. *J. Environ. Sci.* 20, 120–128.

Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, Å., Chapin, F.S., Lambin, E.F., Lenton, T.M., Scheffer, M., Folke, C., Schellnhuber, H.J., Nykvist, B., de Wit, C.A., Hughes, T., van der Leeuw, S., Rodhe, H., Sörlin, S., Snyder, P.K., Costanza, R., Svedin, U., Falkenmark, M., Karlberg, L., Corell, R.W., Fabry, V.J., Hansen, J., Walker, B., Liverman, D., Richardson, K., Crutzen, P., Foley, J.A., 2009. A safe operating space for humanity. *Nature* 461, 472–475. <https://doi.org/10.1038/461472a>

- Rogner, H.-H., Zhou, D., Bradley, R., Crabbé, P., Edenhofer, O., Hare, B., Kuijpers, L., Yamaguchi, M., 2007. Introduction. In *Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [B. Metz, O.R. Davidson, P.R. Bosch, R. Dave, L.A. Meyer (eds)].
- Rouse, D.C., 2013. *Green infrastructure: a landscape approach*. American Planning Association, Chicago, IL.
- Rowe, B., 2018. Chapter 3.5 - Green Roofs for Pollutants' Reduction, in: Pérez, G., Perini, K. (Eds.), *Nature Based Strategies for Urban and Building Sustainability*. Butterworth-Heinemann, pp. 141–148. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-812150-4.00013-6>
- Rozbicki, T., Golaszewski, D., 2003. Analysis of local climate changes in Ursynów in the period 1960–1991 as a result of housing estate development, in: *Proc. 5th Int. Conf. Urban Climate*. pp. 455–458.
- Santamouris, M., Papanikolaou, N., Livada, I., Koronakis, I., Georgakis, C., Argiriou, A., Assimakopoulos, D.N., 2001. On the impact of urban climate on the energy consumption of buildings. *Sol. Energy* 70, 201–216. [https://doi.org/10.1016/S0038-092X\(00\)00095-5](https://doi.org/10.1016/S0038-092X(00)00095-5)
- Scholz-Barth, K., 2001. *Green Roofs: Stormwater Management From the Top Down*. Environ. Des. Constr. Feature January/February 2001.
- Seto, K.C., Güneralp, B., Hutyra, L.R., 2012. Global forecasts of urban expansion to 2030 and direct impacts on biodiversity and carbon pools. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 109, 16083–16088. <https://doi.org/10.1073/pnas.1211658109>
- Susca, T., Gaffin, S.R., Dell'Osso, G.R., 2011. Positive effects of vegetation: Urban heat island and green roofs. *Environ. Pollut.* 159, 2119–2126. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2011.03.007>
- Taha, H., 1997. Urban climates and heat islands: albedo, evapotranspiration, and anthropogenic heat. *Energy Build.* 25, 99–103. [https://doi.org/10.1016/S0378-7788\(96\)00999-1](https://doi.org/10.1016/S0378-7788(96)00999-1)
- TEEB, 2011. *TEEB Manual for cities: ecosystem services in urban management*.
- Tereshchenko, I.E., Filonov, A.E., 2001. Air temperature fluctuations in Guadalajara, Mexico, from 1926 to 1994 in relation to urban growth. *Int. J. Climatol.* 21, 483–494. <https://doi.org/10.1002/joc.602>
- Toronto and Region Conservation Authority, Credit Valley Conservation Authority, Sustainable Technologies Evaluation Program, Aquafor Beech Limited, Schollen & Company, Dougan and Associates, Kidd Consulting, Center for Watershed Protection, Chesapeake Stormwater Network, 2010. *Low impact development stormwater management planning and design guide*. Version 1.0.
- Tzoulas, K., Korpela, K., Venn, S., Yli-Pelkonen, V., Kaźmierczak, A., Niemela, J., James, P., 2007. Promoting ecosystem and human health in urban areas using Green Infrastructure: A literature review. *Landsc. Urban Plan.* 81, 167–178. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2007.02.001>

UNISDR, 2015. Making Development Sustainable: The Future of Disaster Risk Management. Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction. Geneva, Switzerland: United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNISDR).

United Nations, 2012. World Urbanization Prospects. The 2011 Revision (United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division, New York).

United Nations, DESA Population Division, 2018. World Urbanization Prospects: The 2018 Revision.

United States Environmental Protection Agency, 2007. Reducing Stormwater Costs through Low Impact Development (LID) Strategies and Practices.

Vos, P.E.J., Maiheu, B., Vankerkom, J., Janssen, S., 2013. Improving local air quality in cities: To tree or not to tree? *Environ. Pollut.* 183, 113–122. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2012.10.021>

Wang, Y., Berardi, U., Akbari, H., 2016. Comparing the effects of urban heat island mitigation strategies for Toronto, Canada. *Energy Build.* 114, 2–19. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2015.06.046>

Weisz, H., Steinberger, J.K., 2010. Reducing energy and material flows in cities. *Curr. Opin. Environ. Sustain.* 2, 185–192. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2010.05.010>

Wilson, E.O., 1984. *Biophilia*. Harvard University Press, Cambridge, Mass.

Yin, S., Shen, Z., Zhou, P., Zou, X., Che, S., Wang, W., 2011. Quantifying air pollution attenuation within urban parks: An experimental approach in Shanghai, China. *Environ. Pollut.* 159, 2155–2163. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2011.03.009>

Yuan, J., Dunnett, N., 2018. Plant selection for rain gardens: Response to simulated cyclical flooding of 15 perennial species. *Urban For. Urban Green.* 35, 57–65. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2018.08.005>

**Il progetto PROTERINA-3Évolution** è cofinanziato da Interreg Italia-Francia Marittimo 2014-2020, l'obiettivo generale del progetto è rafforzare la capacità di risposta del territorio al rischio alluvioni attraverso la "costruzione" della consapevolezza delle istituzioni e delle comunità.

**Le projet PROTERINA-3Évolution** est cofinancé par le Interreg Italie- France Maritime 2014-2020, l'objectif global du projet est de renforcer a capacité de réponse du territoire face au risque d'inondation au travers du développement et du renforcement de la conscience du risque au sein des institutionset des communautés concernées.

### **Partenariato / Partenariat**

Fondazione CIMA, Regione Liguria, Città Metropolitana Genova, Office Environnement Corse, Mairie d' Ajaccio, Service Départemental d' Incendie et de Secours de la Haute-Corse, Région Provence-Alpes- Côte d'Azur, Département du Var, Ville de Nice, Regione Autonoma della Sardegna, Regione Toscana, Consorzio LaMMA, Associazione Nazionale Comuni Italiani Toscana, Autorità di Bacino Settentrionale