

# **Compendio di soluzioni nature-based e “grigie” per affrontare i problemi climatici e idrici nelle città europee**

## **Introduzione**

Questo compendio illustra soluzioni nature-based (NBS) e “grigie” volte ad affrontare le questioni climatiche e idriche nelle città europee. È incentrato sulle sei sfide più comuni in tutte le città Europee e che possono essere affrontate adottando strategie NBS, ovvero: stress termico, inondazioni fluviali, inondazioni da acque superficiali (o piovane), inondazioni costiere, carenza idrica e scarsa qualità dell’acqua.

Le soluzioni sono state individuate attraverso un esame dei database e delle raccolte esistenti, quali il catalogo delle misure di ritenzione naturale delle acque (NWRM, Natural Water Retention Measures)<sup>1</sup>, Climate-ADAPT<sup>2</sup>, il portale danese sull’adattamento ai cambiamenti climatici<sup>3</sup>, e la bozza della libreria di opzioni di adattamento RESIN<sup>4</sup>, come anche varie relazioni e pubblicazioni scientifiche.

## Soluzioni nature-based

### 1. Tetti verdi

#### Descrizione

I tetti verdi si suddividono in due categorie: intensivi ed estensivi. I tetti verdi intensivi (detti anche tetti giardino o terrazze) sono costituiti da vegetazione lussureggiante e si sviluppano su un substrato relativamente ricco e profondo (Greater London Authority, 2008). Possono ospitare grandi piante e anche prati convenzionali. Perciò, i tetti verdi intensivi richiedono generalmente livelli relativamente elevati di manutenzione, irrigazione regolare e somministrazione di fertilizzanti, oltre ad essere potenzialmente di un peso considerevole (Greater London Authority, 2008)



I tetti verdi estensivi sono in genere caratterizzati da un substrato di crescita poco profondo e autosostentante, con piantumazione a bassa manutenzione che copre l'intera area del tetto (Greater London Authority, 2008; NWRM, 2015). Solitamente assicurano benefici connessi a una maggiore biodiversità rispetto ai tetti verdi intensivi e, in termini generali, non necessitano di irrigazione e fertilizzazione, sebbene inizialmente possano essere necessarie fino all'attecchimento delle piante (Greater London Authority, 2008). Dato il loro peso contenuto rispetto ai tetti verdi intensivi, i tetti verdi estensivi possono essere realizzati successivamente su edifici esistenti (Block et al., 2012). Talvolta sono denominati tetti di sedum. Nel Regno Unito esistono principalmente due tipi di tetti verdi estensivi: 1) sistemi basati su stuoia che sono caratterizzati da suolo assai poco profondo (in genere 20-40 mm) e che vengono pre-coltivati per fornire immediatamente il 100% di copertura; 2) sistemi basati su substrato che hanno in genere una profondità di 75-150 mm e sono costituiti da un substrato poroso o inerti simili riutilizzati (Greater London Authority, 2008).

I **tetti verdi estensivi** sono in genere caratterizzati da un substrato di crescita poco profondo e autosostentante, con piantumazione a bassa manutenzione che copre l'intera area del tetto (Greater London Authority, 2008; NWRM, 2015). Solitamente assicurano benefici connessi a una maggiore biodiversità rispetto ai tetti verdi intensivi e, in termini generali, non necessitano di irrigazione e fertilizzazione, sebbene inizialmente possano essere necessarie fino all'attecchimento delle piante (Greater London Authority, 2008). Dato il loro peso contenuto rispetto ai tetti verdi intensivi, i tetti verdi estensivi possono essere realizzati successivamente su edifici esistenti (Block et al., 2012). Talvolta sono denominati **tetti di sedum**. Nel Regno Unito esistono principalmente due tipi di tetti verdi estensivi: 1) sistemi basati su stuoia che sono caratterizzati da suolo assai poco profondo (in genere 20-40 mm) e che vengono pre-coltivati per fornire immediatamente il 100% di copertura; 2) sistemi basati su substrato che hanno in genere una profondità di 75-150 mm e sono costituiti da un substrato poroso o inerti simili riutilizzati (Greater London Authority, 2008).

Tra i tetti verdi intensivi e quelli estensivi vi sono svariate tipologie intermedie generalmente denominate **semi-intensive o semplici**.

Un'altra categoria è quella dei **tetti verdi a ritenzione**, che combinano elementi dei tetti d'acqua (si veda la scheda tecnica 34 nel seguito) e uno strato di vegetazione. L'elemento blu (ritenzione idrica) irriga lo strato di tetto verde (Grant and Gedge, 2019).

**Tipo di intervento:** creazione di un nuovo spazio verde

**Prodotti e servizi coperti:** tetti verdi, produttori e fornitori di componenti per tetti verdi, installazione di tetti verdi, manutenzione di tetti verdi, progettazione paesaggistica, costruzione di edifici, architettura paesaggistica

### **Efficacia**

Mentre le superfici scure dei tetti convenzionali esacerbano il fenomeno dell'isola di calore urbana (UHIE, Urban Heat Island Effect) assorbendo il calore durante il giorno e irradiandolo durante la notte, i tetti verdi svolgono una funzione di raffrescamento dell'aria mantenendo all'ombra i materiali che assorbono calore, aumentando il coefficiente di albedo ed eseguendo processi di evaporazione ed evapotraspirazione (Greater London Authority, 2008; Block et al., 2012). I tetti verdi fungono anche da isolanti termici degli edifici e riducono la necessità di aria condizionata, contribuendo così al risparmio energetico (Greater London Authority, 2008).

Hanno inoltre la funzione di regolare il deflusso che entra nel sistema fognario, poiché consentono all'acqua di infiltrarsi nel substrato e negli strati di drenaggio, per poi essere assorbita dalle piante (Greater London Authority, 2008). Gli effetti di raffrescamento specifico e di attenuazione del deflusso dei tetti verdi variano a seconda delle caratteristiche delle piante e degli elementi costitutivi del substrato e degli strati di drenaggio (Block et al., 2012). I tetti verdi intensivi hanno generalmente la più alta capacità di raffrescamento e ritenzione delle piogge, seguiti da quelli estensivi basati su substrato (Greater London Authority, 2008).

### **Riduzione del calore**

Gli studi effettuati su una vasta gamma di climi dimostrano gli effetti di raffrescamento dei tetti verdi a livello di edificio (per informazioni si veda Block et al., 2012 e Greater London Authority, 2008), sebbene i risultati siano difficilmente comparabili per via delle differenze tra parametri misurati, tipi di edifici, climi locali e microclimi, tipo di isolamento e progettazione dei tetti verdi di questi studi (Block et al., 2012). Questa misura può ridurre significativamente la dipendenza dai sistemi di condizionamento dell'aria (Block et al., 2012). Per esempio, alcune misurazioni effettuate a Singapore dimostrano che il trasferimento del calore attraverso un tetto verde intensivo è inferiore del 10% rispetto a quello registrato per un tetto convenzionale (Wong et al., 2003, citato in Block et al., 2012). Uno studio di modellazione effettuato a Madrid ha messo in luce che, in estate, la temperatura superficiale di un tetto verde con un substrato di

90 mm era inferiore di 30 °C rispetto a quella di un tetto nudo (Saiz et al., 2006). Il carico di raffrescamento estivo risulta ridotto di oltre il 6%, mentre le riduzioni di tale carico nelle ore di picco ai piani superiori hanno raggiunto il 25% (Saiz et al., 2006). Alcune simulazioni effettuate ad Atene hanno riscontrato che l'installazione di un tetto verde in un edificio di uffici a due piani ha ridotto il carico di raffrescamento fino al 58% (Spala et al., 2008, citato in Block et al., 2012). Uno studio realizzato a Melbourne riporta che la temperatura dell'aria in un locale con un tetto verde

era inferiore di 1 °C in estate e superiore di 0,2 °C in inverno rispetto a una sala di controllo con tetto convenzionale (Chen and Williams, 2009, citato in Block et al., 2012). Un altro studio su un tetto verde intensivo a Manchester (Speak et al., 2013) ha dimostrato

riduzioni della temperatura media dell'aria sovrastante a 300 m sopra il tetto fino a 1,06 °C su base mensile rispetto a un tetto adiacente con copertura convenzionale. È stato inoltre riscontrato che l'effetto di raffrescamento è maggiore durante la notte. Tuttavia, questo studio dimostra anche l'importanza di una manutenzione adeguata, dal momento che l'effetto di raffrescamento è risultato essere inferiore (raffrescamento medio massimo di 0,78 °C) in una sezione del tetto verde che era stata danneggiata a causa della siccità e di una cattiva gestione (Speak et al., 2013).

Gli impatti maggiori in termini di riduzione della domanda di raffrescamento si ottengono negli edifici con rapporti elevati tra tetto e muri e con scarsa coibentazione (Block et al., 2012).

Gli effetti di raffrescamento a livello di quartiere e città sono stati esaminati da un numero minore di studi. Un'analisi sistematica di Fjendbo Møller Francis e Bergen Jensen (2017) ha evidenziato che 14 studi hanno rilevato un raffrescamento a livello di strada che va da 0,03 a 1 °C, mentre altri tre studi di modellazione riportano una riduzione di 1,7-3 °C (con un valore massimo di riduzione di 3 °C indicato in uno studio che presupponeva la copertura completa con tetti in tutta la città di Chicago). Uno studio di modellazione compiuto dalla New York Heat Island Initiative ha mostrato che con una copertura di tetti verdi pari al 50% all'interno dell'area metropolitana di New York si otterrebbe una riduzione media della temperatura superficiale di 0,1-0,8 °C (Greater London Authority, 2008). È stato stimato che ogni grado di riduzione dell'UHI corrisponde a risparmi energetici di circa 495 milioni di kWh (Greater London Authority, 2008). È stato inoltre calcolato che l'installazione di tetti verdi estensivi sul 75% degli edifici di Toronto (equivalente a 5.000 ettari) ridurrebbe le temperature dell'aria ambiente da 0,5 a 2 °C, a seconda della stagione (Banting et al., 2005, citato in Block et al., 2012).

### Mitigazione del deflusso

I tetti verdi trattengono l'acqua durante le piogge, posticipando il deflusso successivamente al picco e restituendo l'acqua all'atmosfera attraverso l'evapotraspirazione (Oberndorfer et al., 2007). Le linee guida tedesche per i tetti verdi indicano che questa tipologia di tetti può trattenere una quantità di pioggia dal 40 a oltre il 90%, a seconda della profondità e del tipo di vegetazione (Livingroofs, 2018).

### Co-benefici tipici

Ambientali	Regolazione del ciclo idrico
	Miglioramento della qualità dell'aria
	Mitigazione dei rumori
	Biodiversità (per i tetti verdi estensivi)
	Impollinazione (per i tetti verdi estensivi)
	Stoccaggio di carbonio
Sociali/Culturali	Salute e qualità della vita
	Svago, educazione ambientale, maggiore spazio per l'aggregazione sociale
	Incremento della pubblica utilità
	Incremento dell'occupazione
Economici	Consumo energetico ridotto
	Aumento del valore di terreni e immobili

*Riferimenti:* Greater London Authority, 2008; Enzi et al., 2017; Fjendbo Møller Francis and Bergen Jensen, 2017

### Informazioni sui costi

I costi di installazione e manutenzione dei tetti verdi estensivi sono generalmente più bassi di quelli per i tetti intensivi (Greater London Authority, 2008). Questi ultimi necessitano generalmente di strutture altamente ingegneristiche che possano supportare carichi strutturali di 290-970 kg/m<sup>2</sup>, come anche di manutenzione costante (Block et al., 2012). Inoltre, i tetti verdi estensivi richiedono un'irrigazione minima o nulla e, pertanto, i costi di manutenzione sono inferiori rispetto a quelli intensivi. Oberndorfer et al. (2007) indicano costi compresi tra 100 e 300 USD al m<sup>2</sup> per i tetti verdi estensivi, e 200 USD al m<sup>2</sup> per quelli intensivi (inclusi i costi di manutenzione). Il Renewable Energy Hub UK stima che i costi si aggirino intorno a 100 e 150 GBP al m<sup>2</sup> rispettivamente per i tetti verdi estensivi e intensivi.

### Potenziati svantaggi, impatti negativi e compromessi

Ascione et al. (2013) hanno dimostrato che nelle città con precipitazioni piovose scarse il costo di irrigazione dei tetti verdi può superare i risparmi generati dalla riduzione dei consumi energetici per il condizionamento dell'aria.

### Sfide e requisiti per la realizzazione

- Di semplice realizzazione tecnica sui tetti con un'inclinazione fino a 30 gradi; per pendenze superiori sono necessarie tecniche diverse (Tecnalia, 2017)
- La vegetazione scelta deve essere adatta alle condizioni climatiche locali (Tecnalia, 2017)
- Possibili limitazioni relative all'installazione su determinati tipi di edifici
- Dato il peso generalmente elevato dei tetti verdi intensivi, può essere necessario rinforzare in maniera significativa la struttura esistente o inserire supporti strutturali aggiuntivi (Greater London Authority, 2008)
- Le proprietà di raffrescamento dipendono dall'adeguata manutenzione della vegetazione (Speak et al., 2013).

### Riferimenti

Ascione, F.; Bianco, N.; de' Rossi, F.; Turni, G.; & Vanoli, G.P. (2013). Green roofs in European climates. Are effective solutions for the energy savings in air-conditioning? *Applied Energy*, 104, 845–859.

Banting, D.; Doshi, H.; Li, J.; Missios, P.; Au, A.; Currie, B.A. & Verrati, M. (2005). Report on the environmental benefits and costs of green roof technology for the City of Toronto, Canada.

Block, A.H.; Livesley, S.J.; & Williams, N.S.G. (2012). Responding to the Urban Heat Island: A Review of the Potential of Green Infrastructure. Victorian Centre for Climate Change Adaptation Research.

Chen, D. & Williams, N.S.G. (2009). Green roofs as an adaptation to climate change: modelling the green roof at the Burnley campus, the University of Melbourne, research report to the CSIRO Climate Change Adaptation Flagship, Melbourne.

Enzi, V.; Cameron, B.; Dezsényi, P.; Gedge, D.; Mann, G.; & Pitha, U. (2012). Nature-Based Solutions and Buildings – The Power of Surfaces to Help Cities Adapt to Climate Change and to Deliver Biodiversity. In: N. Kabisch et al. (eds.), *Nature-based Solutions to Climate Change Adaptation in Urban Areas*. Theory and Practice of Urban Sustainability Transitions. Springer.

Fjendbo Møller Francis, L. & Bergen Jensen, M. (2017). Benefits of green roofs: A systematic review of the evidence for three ecosystem services. *Urban Forestry and Urban Greening*, 28, 167-176.

Grant, G. and Gedge, D. (2019). Living Roofs and Walls from policy to practice. Disponibile all'indirizzo: <https://livingroofs.org/wp-content/uploads/2019/04/LONDON-LIVING-ROOFS-WALLS-REPORT-2019.pdf> [Accesso eseguito il 19 aprile 2019].

Greater London Authority (2008). Living Roofs and Walls. Technical Report: Supporting London Plan Policy. Disponibile all'indirizzo: <https://www.london.gov.uk/sites/default/files/living-roofs.pdf> [Accesso eseguito il 31 luglio 2018].

Livingroofs (2018). Storm Water Run Off – Green infrastructure stemming the flow in cities. Disponibile all'indirizzo: <https://livingroofs.org/storm-water-run-off/> [Accesso eseguito il 31 luglio 2018].

NWRM (2015). Green roofs. Disponibile all'indirizzo: <http://nwrn.eu/measure/green-roofs> [Accesso eseguito il 7 maggio 2018].

Oberndorfer, E.; Lundholm, J.; Bass, B.; Coffman, R.R.; Doshi, H.; Dunnett, N.; Gaffin, S.; Kohler, M.; Liu, K.K.Y.; & Rowe, B. (2007). Green roofs as urban ecosystems: ecological structures, functions, and services. *BioScience*, 57(10), 823-33.

Renewable Energy Hub UK (senza data). The cost of green roofs. Disponibile all'indirizzo: <https://www.renewableenergyhub.co.uk/green-roof-information/how-much-do-green-roofs-cost.html> [Accesso eseguito il 31 luglio 2018].

Saiz, S.; Kennedy, C.; Bass, B. & Pressnail, K. (2006) Comparative life cycle assessment of standard and green roofs. *Environmental Science & Technology*, 40(13) 4312-6.

Spala, A.; Bagiorgas, H.S.; Assimakopoulos, M.N.; Kalavrouziotis, J.; Matthopoulos, D.; & Mihalakakou, G. (2008). On the green roof system. Selection, state of the art and energy potential investigation of a system installed in an office building in Athens, Greece. *Renewable Energy*, 33(1), 173-7.

Speak, A.F.; Rothwell, J.J.; Lindley, S.J.; & Smith, C.L. (2013). Reduction of the urban cooling effects of an intensive green roof due to vegetation damage. *Urban Climate*, 3, 40-55.

Tecnalía (2017). Nature-based solutions for local climate adaptation in the Basque Country. Bilbao: Iñobe, Environmental Management Agency.

Wong, N.H.; Tay, S.F.; Wong, R.; Ong, C.L.; & Sia, A. (2003). Life cycle cost analysis of rooftop gardens in Singapore. *Building and Environment*, 38(3), 499-509.

**Fonte fotografica:** <https://www.flickr.com/photos/centerforneighborhoodtechnology/3272597172/>;

Licenza: CC BY-SA 2.0.

#### **Altre fonti pertinenti:**

Elenco degli installatori di tetti verdi nel Regno Unito: <https://www.renewableenergyhub.co.uk/green-roof-information/green-roof-designers-and-installers.html>

UK Green Roof Market Report 2017: <https://livingroofs.org/uk-green-roof-market-2017/>

## 2. Sistemi di inverdimento verticale

### Descrizione

I **sistemi di inverdimento verticale** (VGS), detti anche **tecnologie dei muri verdi, giardini verticali o biomuri**, sono strutture verticali coperte di vegetazione. I sistemi di inverdimento verticale si suddividono in tre categorie di massima, a seconda del tipo di vegetazione e delle strutture di supporto usate:

**Facciate verdi tradizionali:** realizzate con piante rampicanti erbacee o da fusto, in genere piantate alla base del muro.

**Facciate verdi a doppia pelle:** includono strutture di supporto ingegnerizzate per l'arrampicamento della vegetazione e uno strato isolante di aria tra il fogliame e il muro dell'edificio.

**Muri verdi o viventi:** generalmente più complessi delle facciate e basati su una struttura di supporto con metodi di fissaggio diversi, come pannelli, vasche o un supporto di vegetazione realizzato con tessuti (feltro) in cui la vegetazione può crescere; necessitano di un impianto di irrigazione (Pérez-Urrestarazu et al., 2016; Block et al., 2012).

**Tipo di intervento:** creazione di un nuovo spazio verde

**Prodotti e servizi coperti:** sistemi di inverdimento verticale, muri verdi/viventi, produttori e fornitori di componenti di sistemi di inverdimento verticale, installazione di sistemi di inverdimento verticale, manutenzione di sistemi di inverdimento verticale, progettazione paesaggistica, costruzione di edifici, architettura paesaggistica



Foto di: Schlemmer B., M./flickr.com

### Efficacia

I sistemi di inverdimento verticale forniscono raffrescamento intercettando la radiazione solare, fungono da isolamento termico, favoriscono l'evapotraspirazione e modificano il movimento dell'aria all'interno dell'involucro dell'edificio (Block et al., 2012; Pérez-Urrestarazu et al., 2016). Forniscono anche un ombreggiamento che riduce le temperature superficiali esterne e quindi il trasferimento di calore all'edificio (Block et al., 2012). Esistono svariati studi che attestano un effetto positivo dei sistemi di inverdimento verticale sulle prestazioni termiche degli edifici (per informazioni si vedano Block et al., 2012, Pérez-Urrestarazu et al., 2016). Per esempio, un modello di simulazione ha previsto che una facciata verde diretta di un edificio in un clima mediterraneo ridurrebbe le temperature del muro esterno di 10,79 °C (Kontoleon and Eumorfopoulou, 2010, citato in Block et al., 2012). Alcuni studi tedeschi hanno riscontrato che l'aria estiva e le temperature superficiali del muro esterno dietro una facciata verde diretta sono inferiori di 2-

6 °C rispetto a quelle di un muro nudo (Bartfelder and Kohler, 1987, citato in Block et al., 2012), oltre al fatto che la facciata verde blocca la perdita di calore fino a 3 °C in inverno (Kohler et al., 1993, citato in Block et al., 2012).

In Spagna, Perez et al. (2011) hanno rilevato che le temperature superficiali dei muri degli edifici in primavera e in estate sono in media inferiori di 5,5 °C nelle aree ombreggiate da una facciata verde a doppia pelle rispetto alle aree soleggiate (Block et al., 2012). Una comparazione tra le facciate verdi a doppia pelle e le veneziane (con valori di trasmissività equivalenti) ha riscontrato che la temperatura della superficie del muro dell'edificio e dello spazio d'aria intermedio dietro la facciata verde è inferiore rispettivamente del 20% e del 20-35% rispetto a quella misurata dietro le veneziane (Stec et al., 2005, citato in Block et al., 2012). Alcune simulazioni hanno rilevato che una facciata verde a doppia pelle ridurrebbe il consumo energetico annuale per riscaldamento, ventilazione e condizionamento dell'aria di circa il 19% rispetto all'uso delle veneziane (Block et al., 2012). Analogamente, una modellazione realizzata per la città di Toronto ha mostrato che i sistemi di inverdimento verticale riducono il

consumo energetico per il raffrescamento di circa il 20% (Bass e Baskaran, 2001, citato in Pérez-Urrestarazu et al., 2016).

Uno studio sperimentale a Singapore ha riscontrato che le temperature in corrispondenza della superficie del muro dietro otto diversi muri verdi erano di 4-12 °C inferiori durante il giorno e di 3-6 °C durante la notte rispetto a un muro di calcestruzzo nudo (Wong et al., 2010, citato in Block et al., 2012).

Per quanto riguarda le temperature ambiente dell'aria, l'analisi di Block et al. (2012) conclude che le prove empiriche sono limitate e che i sistemi di inverdimento verticale potrebbero essere più efficienti in termini di riduzione delle temperature dell'aria interna e dei carichi di raffrescamento di picco in estate piuttosto che in termini di effetti significativi sull'isola di calore urbana.

Anche Archer (2011, citato in Pérez-Urrestarazu et al., 2016) conclude che i benefici termici dei muri viventi possono essere ridotti se confrontati con il muro di un edificio ben coibentato. D'altro canto, un sistema di inverdimento verticale offre svariati co-benefici che non si riscontrano con i muri convenzionali.

#### Co-benefici tipici

Ambientali	Miglioramento della qualità dell'aria
	Mitigazione dei rumori
	Biodiversità
	Impollinazione
Sociali/Culturali	Salute e qualità della vita
	Incremento della pubblica utilità
	Incremento dell'occupazione
Economici	Consumo energetico ridotto
	Aumento del valore di terreni e immobili



### Informazioni sui costi

Secondo Pérez-Urrestarazu et al. (2016), il costo di una facciata verde finita può variare da 100 a 300 EUR/m<sup>2</sup>. I costi di muri viventi con un substrato in feltro variano tra 400 e 650 EUR/m<sup>2</sup> mentre i sistemi modulari costano tra 500 e 800 EUR/m<sup>2</sup>. I costi dei muri viventi attivi arrivano a 850-1200 EUR/m<sup>2</sup>, ma anche alcuni dei benefici che li caratterizzano (più precisamente quelli connessi all'efficienza energetica e alla qualità dell'aria interna) sono superiori (Pérez-Urrestarazu et al., 2016).

I costi annuali di gestione e manutenzione sono in larga misura variabili a seconda di fattori quali il grado di complessità del sistema, la sua altezza e il tipo di vegetazione o il numero di interventi inclusi nel servizio di manutenzione (Pérez-Urrestarazu et al., 2016). Perini e Rosasco (2013) hanno utilizzato i valori annuali seguenti: 2-5 EUR/m<sup>2</sup> per un sistema semplice che utilizza rampicanti attaccati direttamente alla facciata (che richiedono una manutenzione minima e poco frequente) e 40-100 EUR/m<sup>2</sup> per sistemi più complessi che richiedono lavori come potatura, sostituzione delle piante, trattamenti e manutenzione dell'impianto di irrigazione (Pérez-Urrestarazu et al., 2016). In effetti, l'analisi costi-benefici effettuata da Perini e Rosasco (2013) indica che i costi di installazione e manutenzione dei muri viventi sono attualmente superiori ai benefici, ma va sottolineato che non sono stati quantificati tutti i possibili co-benefici, come ad esempio la mitigazione dell'isola di calore urbana e la creazione di habitat.

### Potenziali svantaggi, impatti negativi e compromessi

- Rischio di diffusione di specie invasive se si utilizzano specie non autoctone (Block et al., 2012) - richiede un'attenta selezione delle piante;
- Rischio di impatti negativi sulla qualità dell'acqua di deflusso se si utilizzano ad esempio fertilizzanti e pesticidi (Pérez-Urrestarazu et al., 2016).

### Sfide e requisiti per la realizzazione

- Per poter installare e supportare gli elementi della vegetazione, le facciate degli edifici devono essere adeguate dal punto di vista strutturale (Tecnalia, 2017).
- La scelta di uno specifico sistema di inverdimento verticale (specie incluse) deve considerare fattori quali le limitazioni costruttive e climatiche (Pérez-Urrestarazu et al., 2016). Le caratteristiche dei diversi muri verdi e i loro rispettivi benefici e svantaggi sono analizzati da Manso e Castro Gomes (2015).
- Ai fini della riduzione dei costi di gestione, è necessario operare un'attenta selezione delle specie (Tecnalia, 2017). Nelle zone soggette a siccità, le specie devono essere scelte in modo da ridurre al minimo la necessità di irrigazione. Questa soluzione nature-based può essere combinata con vasche di accumulo dell'acqua per catturare le piogge o con il riciclaggio dell'acqua per l'irrigazione, ma questo approccio può aumentare l'investimento iniziale necessario (Pérez-Urrestarazu et al., 2016).
- Negli edifici alti, le piante e le strutture di supporto di questi sistemi devono essere in grado di resistere a forti venti; la progettazione di un sistema di inverdimento verticale efficace richiede quindi la comprensione del comportamento del vento attorno agli edifici a più piani (Greater London Authority, 2008).
- Possibili limitazioni relative all'installazione su determinati tipi di edifici.
- Richiedono un investimento iniziale significativo, soprattutto se le facciate verdi non vengono integrate nella progettazione dell'edificio sin dalla fase iniziale (Tecnalia, 2017).
- Costi di manutenzione potenzialmente elevati (per preservare la salute delle specie, sostituire le piante secondo necessità, pulire e riparare possibili danni imprevisti alla struttura dell'edificio (Tecnalia, 2017).

- Rischio di rifiuto sociale della misura (ad es. se il muro verde perde la sua attrattiva estetica in alcune stagioni); è perciò necessario che la popolazione comprenda che l'aspetto delle facciate verdi cambia a seconda delle stagioni (Tecnalia, 2017).

## Riferimenti

Archer, S. (2011) Green Walls: Thermal and Hydrological Costs and Benefits. E-Futures Mini Project 2 Summary Report. Disponibile all'indirizzo:

[http://e-futures.group.shef.ac.uk/publications/pdf/118\\_3.%20Stuart%20Archer%20Summary.pdf](http://e-futures.group.shef.ac.uk/publications/pdf/118_3.%20Stuart%20Archer%20Summary.pdf)

Bass, B. & Baskaran, B. (2001) Evaluating Rooftop and Vertical Gardens as an Adaptation Strategy for Urban Areas. Institute for Research and Construction NRCC-46737, Project number A020.

Block, A.H.; Livesley, S.J.; & Williams, N.S.G. (2012). Responding to the Urban Heat Island: A Review of the Potential of Green Infrastructure. Victorian Centre for Climate Change Adaptation Research.

Greater London Authority (2008). Living Roofs and Walls. Technical Report: Supporting London Plan Policy.

Disponibile all'indirizzo: <https://www.london.gov.uk/sites/default/files/living-roofs.pdf> [Accesso eseguito il 31 luglio 2018].

Kontoleon, K.J. & Eumorfopoulou, E.A. (2010). The effect of the orientation and proportion of a plant-covered wall layer on the thermal performance of a building zone. *Building and Environment*, 45(5), 1287-303.

Manso, M. & Castro Gomes, G. (2015). GreenWall Systems: A Review of their Characteristics. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 41, 863–871.

Pérez, G.; Rincon, L.; Vila, A.; Gonzalez, J.M.; & Cabeza, L.F. (2011) Green Vertical Systems for Buildings as Passive Systems for Energy Savings. *Applied Energy*, 88, 4854–4859.

Pérez-Urrestarazu, L.; Fernández-Cañero, R.; Franco-Salas, A.; & Egea, G. (2016). Vertical Greening Systems and Sustainable Cities. *Journal of Urban Technology*, 61, 65-85.

Perini, K. & Rosasco, P. (2013) Cost-benefit Analysis for Green Facades and Living Wall Systems. *Building and Environment*, 70, 110–121.

Stec, W.J.; van Paassen, A.H.C. & Maziarz, A. (2005). Modelling the double skin façade with plants. *Energy and Buildings*, 37(5), 419-27.

Tecnalia (2017). Nature-based solutions for local climate adaptation in the Basque Country. Bilbao: Ihobe, Environmental Management Agency.

Wong, N.H.; Tan, A.Y.K.; Chen, Y.; Sekar, K.; Tan, P.Y.; Chan, D.; Chiang, K. & Wong, N.C. (2010). Thermal evaluation of vertical greenery systems for building walls. *Building and Environment*, 45 (3), 663-72.

**Fonte fotografica:** <https://www.flickr.com/photos/mbschlemmer/6176734912/>; **Licenza:** CC BY 2.0

### 3. Bosco verticale

#### Descrizione

Progettato dall'architetto Stefano Boeri, il bosco verticale è un modello di progettazione edilizia sostenibile che integra vari alberi, arbusti e piante nella struttura dell'edificio. Tra i vari benefici che apporta, mitiga il fenomeno dell'isola di calore urbana (Giacomello e Valagussa, 2015). Può essere considerato come una tipologia secondaria di facciata verde, ma è stato inserito in una scheda tecnica separata per via delle sue caratteristiche di progettazione specifiche e per altre proprietà.

Un esempio concreto di questa soluzione nature-based è il "Bosco Verticale" realizzato nel 2014 a Milano. Si tratta di due torri



Foto di: Romero,  
F./flickr.com

residenziali rispettivamente di 27 e 18 piani con una fitta vegetazione lungo l'involucro esterno (Giacomello e Valagussa, 2015). Le due torri ospitano 90 diverse specie di piante, da quelle tappezzanti, ai cespugli e agli alberi, disposte in vasche di calcestruzzo su terrazzi a sbalzo. Nel complesso conta 700 alberi, alcuni dei quali sono alti 6 metri. La copertura verde delle due torri è pari a 10.142 m<sup>2</sup> (Giacomello e Valagussa, 2015). Le piante vengono irrigate utilizzando le acque grigie prodotte dal complesso residenziale (Design & Build Network, senza data). L'obiettivo del progetto era quello di riprodurre l'equivalente verticale di un ettaro di foresta, offrendo ai residenti i relativi benefici in termini di miglioramento della qualità dell'aria, riduzione dei rumori e ombreggiamento per potenziare il raffrescamento e l'estetica (Giacomello e Valagussa, 2015). Progetti simili sono stati commissionati a Losanna (Svizzera), Utrecht (Paesi Bassi) e nelle città di Nanjing e Liuzhou (Cina) (World Economic Forum, 2017).

**Tipo di intervento:** creazione di un nuovo spazio verde

**Prodotti e servizi coperti:** progettazione architettonica, costruzione di edifici, progettazione paesaggistica, manutenzione del verde, architettura paesaggistica

#### Problemi affrontati (rischi climatici)

##### Efficacia

La valutazione delle prestazioni energetiche del Bosco Verticale di Milano ha riscontrato che le terrazze e la vegetazione riducono il consumo annuale di elettricità di circa il 7,5%. È stata riscontrata una diminuzione dell'energia necessaria per il raffrescamento in estate, quando la vegetazione fornisce ombra, mentre quella necessaria per il riscaldamento aumenta in inverno, dal momento che la vegetazione riduce la quantità di radiazione solare assorbita (Giacomello e Valagussa, 2015).

### Co-benefici tipici

Ambientali	Miglioramento della qualità dell'aria
	Mitigazione dei rumori
	Biodiversità
	Impollinazione
	Stoccaggio di carbonio
Sociali	Salute e qualità della vita
	Svago, educazione ambientale, maggiore spazio per l'aggregazione sociale
	Incremento della pubblica utilità
	Valori spirituali, religiosi e artistici
	Incremento dell'occupazione
Economici	Consumo energetico ridotto
	Aumento del valore di terreni e immobili

Riferimenti: Giacomello e Valagussa, 2015

### Informazioni sui costi

La costruzione del complesso Bosco Verticale è costata 65 milioni di euro, una cifra che supera soltanto del 5% il costo di un grattacielo tradizionale (Design & Build Network, senza data). Non è stato possibile reperire informazioni sui costi di manutenzione.

### Potenziali svantaggi, impatti negativi e compromessi

- Necessità di irrigazione che impone quindi potenziali compromessi con soluzioni per mitigare la carenza idrica; allo stesso tempo possono essere valutate specie vegetali adeguate ai climi più secchi.

### Sfide e requisiti per la realizzazione

- Richiede un'attenta selezione delle specie.

- Applicabile a nuovi insediamenti progettati sin dalla fase iniziale per includere un "bosco verticale", ma la misura non è idonea per gli edifici esistenti, dato che la struttura deve essere progettata tenendo conto del carico aggiuntivo degli alberi, delle esigenze di irrigazione, ecc.

### Riferimenti

Design & Build Network (senza data). Bosco Verticale (Vertical Forest), Milan. Disponibile all'indirizzo: <https://www.designbuild-network.com/projects/bosco-verticale-vertical-forest-milan/> [Accesso eseguito l'8 agosto 2018].

Giacomello, E. & Valagussa, M. (2015). Vertical Greenery: Evaluating the High-Rise Vegetation of the Bosco Verticale, Milan. Chicago: Council on Tall Buildings and Urban Habitat.

World Economic Forum (2017). Milan is growing trees on skyscrapers. Disponibile all'indirizzo: <https://www.weforum.org/agenda/2017/10/milan-s-tree-covered-skyscrapers-are-inspiring-the-world/> [Accesso eseguito l'8 agosto 2018].

**Fonte fotografica:** <https://www.flickr.com/photos/129231073@N06/19819235140/in/album-72157652916329083/>; **Licenza:** CC BY 2.0

#### 4. Parchi (peri)urbani, boschi, corridoi verdi e altri spazi verdi in aree urbane

##### Descrizione

Parchi (peri)urbani, boschi, corridoi verdi e altri spazi verdi nelle città possono abbassare le temperature fornendo ombra e potenziando l'evapotraspirazione. Oltre a ciò, i corridoi verdi correttamente progettati possono migliorare la ventilazione urbana, permettendo l'ingresso di aria più fresca dall'esterno nelle aree più densamente edificate e riducendo quindi il fenomeno dell'isola di calore urbana (Climate-ADAPT, 2015). Inoltre, parchi o boschi (peri)urbani e altri spazi verdi forniscono un ampio ventaglio di co-benefici, come il sequestro del carbonio (in particolare a opera degli alberi), l'attenuazione del deflusso superficiale e quindi la riduzione del rischio di inondazione, la regolazione della qualità dell'aria e la creazione di opportunità ricreative e di contatto con la natura le quali, a loro volta, hanno effetti positivi sulla salute. Contribuiscono anche a preservare la biodiversità fornendo habitat e risorse foraggiere.



Foto di: Laura Baroni

**Tipo di intervento:** creazione di un nuovo spazio verde

**Prodotti e servizi coperti:** progettazione paesaggistica, architettura paesaggistica, piantumazione di alberi, manutenzione degli spazi verdi

##### Problemi affrontati (rischi climatici)

##### Efficacia

##### Regolazione della temperatura:

Una meta-analisi di Bowler et al. (2010) ha rilevato che i parchi urbani sono in media più freschi di 1 °C durante il giorno rispetto alle aree prive di verde. Armson et al. (2012) segnalano che questa differenza di piccola entità è probabilmente dovuta al fatto che l'aria calda può facilmente spostarsi orizzontalmente verso i parchi, mentre quella fredda dei parchi viene spostata orizzontalmente verso le strade vicine. Questi movimenti avvengono in misura variabile principalmente a causa delle velocità dei venti.

Quattro degli studi esaminati hanno valutato gli effetti di raffrescamento in parchi di dimensioni diverse (Barradas, 1991; Uppmanis et al., 1998; Bacci et al., 2003; Chang et al., 2007; citati in Bowler et al., 2010) e rilevato una maggiore probabilità di riduzione della temperatura o un maggiore effetto di raffrescamento per i parchi più grandi (Bowler et al., 2010). Oltre alle dimensioni, le proprietà di raffrescamento dei parchi dipendono dalla composizione della vegetazione del parco stesso, ad esempio la quantità di copertura di alberi ed erba (Bowler et al., 2010).

#### Gestione delle acque meteoriche:

Parchi e boschi contribuiscono anche alla gestione delle acque meteoriche, dal momento che hanno una minore quantità di superfici impermeabili rispetto ad altri sfruttamenti del terreno (Konijnendijk et al, 2013). Gli alberi, l'erba e l'altra vegetazione dei parchi urbani possono intercettare, trattare e far infiltrare le acque meteoriche di ruscellamento, contribuendo così a mitigare il rischio di inondazioni da acque superficiali nelle città. I parchi e i boschi urbani possono inoltre incorporare elementi come stagni di ritenzione e superfici permeabili (descritti in schede tecniche separate nel seguito) che migliorano ulteriormente la capacità complessiva di ritenzione del deflusso dei parchi. Per esempio, si stima che gli alberi nei parchi urbani di Phoenix in Arizona (circa 517.000 in totale) contribuiscano a ridurre il ruscellamento di quasi 53.000 metri cubi all'anno (Kim e Coseo, 2018). A seconda della posizione e della topografia, i boschi periurbani (ubicati nelle cinture cittadine, nel punto di incontro con le aree rurali) possono anche mitigare il rischio di inondazione a valle, se catturano e trattano il deflusso che altrimenti finirebbe nelle aree urbane.

Uno studio sperimentale condotto a Manchester nel Regno Unito (Armson et al., 2013) ha misurato il ruscellamento delle acque superficiali urbane da appezzamenti di 9 m<sup>2</sup> coperti di erba, asfalto e asfalto con alberi piantati al centro. Gli autori hanno dimostrato che l'erba assorbe quasi tutto il deflusso superficiale e che il deflusso medio è inferiore all'1% delle precipitazioni piovose totali, mentre il deflusso dagli appezzamenti con alberi è pari solo al 26% e al 20% delle precipitazioni piovose totali rispettivamente in inverno ed estate (intorno al 60% in meno di quello degli appezzamenti di solo asfalto). Gli autori attribuiscono questi valori non solo all'intercettazione del ruscellamento ad opera della chioma, ma anche all'intercettazione nella buca degli alberi. Analogamente, uno studio di modellazione (Gill et al., 2007) ha mostrato che aumentando del 10% la copertura alberata a Manchester si ridurrebbe del 5,7% il ruscellamento urbano nelle aree residenziali.

#### **Co-benefici tipici**

##### Ambientali

- Regolazione del ciclo idrico
- Miglioramento della qualità dell'acqua
- Miglioramento della qualità e della stabilità del suolo, prevenzione dell'erosione
- Miglioramento della qualità dell'aria
- Mitigazione dei rumori
- Riduzione della temperatura di picco
- Biodiversità

	Impollinazione
	Stoccaggio di carbonio
	Ricarica delle falde acquifere
Sociali	Salute e qualità della vita
	Svago, educazione ambientale, maggiore spazio per l'aggregazione sociale
	Rigenerazione di aree degradate
	Valori spirituali, religiosi e artistici
	Incremento dell'occupazione
	Incremento della pubblica utilità
Economici	Consumo energetico ridotto
	Generazione di reddito
	Aumento del valore di terreni e immobili
	Aumento del turismo

*Riferimenti:* TecNALIA (2017); NWRM (2015); Konijnendijk et al. (2013)

### Informazioni sui costi

Sono numerose le valutazioni effettuate sui parchi pubblici negli Stati Uniti e nel Regno Unito (esaminate in Vivid Economics, 2017). Uno studio sui parchi di Philadelphia negli USA (Philadelphia Parks Alliance, 2008) ha rilevato che per ogni dollaro speso in manutenzione i parchi hanno generato un valore economico di quasi 100 dollari (considerando una vasta gamma di benefici, inclusi quelli relativi a svago e salute). A Sheffield, nel Regno Unito, è stato riscontrato che i parchi urbani generano benefici pari a 34 sterline per ogni sterlina spesa in manutenzione (Vivid Economics, 2016). I risparmi correlati alla salute fisica e mentale rappresentano rispettivamente il 46 e il 12% del valore economico totale dei parchi. A Londra, i benefici sono stati stimati essere pari a 27 sterline per ogni sterlina di costo di manutenzione (Vivid Economics, 2017). Il "ritorno sociale dell'investimento" per i parchi di Edimburgo è stato stimato essere di 12 sterline per ogni sterlina spesa in manutenzione (City of Edinburgh Council, 2014).

### Potenziati svantaggi, impatti negativi e compromessi

A seconda della posizione e della progettazione, i parchi urbani e gli spazi verdi possono essere percepiti come disservizi, ad esempio perché possono essere aree non sicure durante la notte.

Trattandosi di una misura che richiede terreni relativamente estesi, la realizzazione di parchi urbani può implicare costi di opportunità, ad es. a fronte degli evidenti benefici derivanti da altri sfruttamenti del terreno.

### Sfide e requisiti per la realizzazione

È di fondamentale importanza selezionare specie adatte all'ambiente e alle condizioni climatiche locali, nonché evitare possibili effetti collaterali come l'introduzione di specie esotiche che possono avere impatti negativi sulla biodiversità a livello locale (Climate-ADAPT, 2015).



La creazione di nuovi parchi dipende dalla disponibilità di terreni e può generare conflitti con gli utilizzi preferiti dai soggetti interessati, ad es. la creazione di parcheggi, di edifici, di strade, ecc.

I parchi urbani e altri spazi verdi pubblici richiedono una manutenzione regolare.

## Riferimenti

Armson, D.; Stringer, P.; & Ennos, A.R. (2013). The effect of street trees and amenity grass on urban surface water runoff in Manchester, UK. *Urban Forestry & Urban Greening* 12, pp. 282-286.

Armson, D.; Stringer, P.; & Ennos, A.R. (2012). The effect of tree shade and grass on surface and globe temperatures in an urban area. *Urban Forestry & Urban Greening* 11(3), pp. 245-255.

Bacci, L.; Morabito, M.; Raschi, A.; & Ugolini, F. (2003). Thermohygrometric conditions of some urban parks of Florence (Italy) and their effects on human well-being. Paper presented at the Fifth International Conference on Urban Climate, Lodz, Poland.

Barradas, V.L. (1991). Air temperature and humidity and human comfort index of some city parks of Mexico City. *International Journal of Biometeorology* 35, pp. 24-28.

Chang, C.R.; Li, M.H.; Chang, S.D. (2007). A preliminary study on the local cool-island intensity of Taipei city parks. *Landscape and Urban Planning* 80, pp. 386-395.

City of Edinburgh Council (2014). Calculating the value of Edinburgh's Parks Social Return on Investment Analysis 2014 Technical report. City of Edinburgh Council, Parks & Greenspace.

Climate-ADAPT (2015). Green spaces and corridors in urban areas. Disponibile all'indirizzo: <https://climate-adapt.eea.europa.eu/metadata/adaptation-options/green-spaces-and-corridors-in-urban-areas> [Accesso eseguito il 28 agosto 2018]

Gill, S.; Handley, J.; Ennos, A.; & Pauleit, S. (2007). Adapting cities for climate change: the role of green infrastructure. *Built Environment* 33 (1), pp. 115-133.

Kim, G. and Coseo, P. (2018). Urban Park Systems to Support Sustainability: The Role of Urban Park Systems in Hot Arid Urban Climates. *Forests* 9(7).

Konijnendijk, C.; Annerstedt, M.; Nielsen, A. B.; & Marauthaveeran, S. (2013). Benefits of urban parks: A systematic review. Copenhagen & Alnarp: International Federation of Parks and Recreation Administration.

NWRM (2015). Urban Forest Parks. Disponibile all'indirizzo: <http://nwrm.eu/measure/urban-forest-parks> [Accesso eseguito il 27 agosto 2018]

Philadelphia Parks Alliance (2008). How much does the City of Philadelphia receive from its park and recreation system? Disponibile all'indirizzo: [http://cloud.tpl.org/pubs/ccpe\\_PhilParkValueReport.pdf](http://cloud.tpl.org/pubs/ccpe_PhilParkValueReport.pdf) [Accesso eseguito il 28 agosto 2018]

TecNALIA (2017). Nature-based solutions for local climate adaptation in the Basque Country. Bilbao: Iñobe, Environmental Management Agency.

Upmanis, H.; Eliasson, I.; & Linqvist, S. (1998). The influence of green areas on nocturnal temperatures in a high latitude city (Goteborg, Sweden). *International Journal of Climatology* 18, pp. 681-700.

Vivid Economics (2017). Natural Capital Accounts for Public Green Spaces in London. Report prepared for Greater London Authority, National Trust and Heritage Lottery Fund. Vivid Economics.

## 5. Arredi urbani verdi

### Descrizione

Questa soluzione nature-based prevede l'impiego di biomateriali per panchine e altri arredi urbani pubblici da esterno. Può fornire ombreggiamento, mitigare l'effetto del calore estremo e anche contribuire a migliorare il deflusso superficiale. A seconda della progettazione, gli arredi possono anche assicurare benefici aggiuntivi come il miglioramento della qualità dell'aria. Una scelta appropriata della vegetazione, come specie perenni che forniscono ombra, può rappresentare un'opzione molto efficace e a basso costo per migliorare il comfort negli spazi pubblici (Tecnalia, 2017).

Un esempio specifico di questa soluzione nature-based è il "CityTree", raffigurato sopra, ideato dalla start-up tedesca Green City Solutions.

Si tratta di un filtro vegetale verticale che utilizza diversi tipi di muschio per intrappolare le tossine presenti nell'aria ambientale, come il particolato e gli ossidi di azoto (Green City Solutions, senza data). Un sistema di ventilazione regola il flusso d'aria per massimizzare gli effetti depurativi. Il muschio aumenta anche l'evaporazione, creando un effetto di raffreddamento nell'area circostante. L'installazione si auto-alimenta mediante pannelli solari, mentre l'impianto d'irrigazione integrato ridistribuisce automaticamente l'acqua piovana raccolta dal CityTree (The Crown Estate, 2018).



[CityTree. Foto di: Brown, M./flickr.com](#)



Station by Fonatsch con tetto verde; Foto di: Green4Cities Sta/  
<http://www.green4cities.com/?p=1900>

Fra gli altri esempi si ricordano le pensiline per autobus sostenibili con tetto verde. Progettate dall'azienda Green4Cities queste pensiline

combinano quelle con pannelli fotovoltaici di "Station by Fonatsch" con un tetto verde estensivo di sedum (Green4Cities, 2017). Alcune pensiline per autobus con tetti verdi sono già state installate a Parigi (JCDecaux, 2016).

**Tipo di intervento:** creazione di un nuovo spazio verde

**Prodotti e servizi coperti:** CityTree, arredi urbani verdi, architettura paesaggistica

### Problemi affrontati (minacce climatiche)

#### Efficacia

Non è stato possibile reperire studi specifici che quantifichino le proprietà di raffreddamento degli arredi urbani verdi.

In termini di depurazione dell'aria, la capacità di CityTree è, secondo quanto dichiarato, 275 volte superiore a quella di un singolo albero (The Crown Estate, 2018).

#### Co-benefici tipici

Ambientali	Miglioramento della qualità dell'aria
	Biodiversità

	Impollinazione
Sociali	Salute e qualità della vita
	Incremento dell'occupazione
	Incremento della pubblica utilità

Riferimenti: Tecnia (2017)

### Informazioni sui costi

Un CityTree costa 22.000 EUR (Scott e Priday, 2018).

### Potenziati svantaggi, impatti negativi e compromessi

#### Sfide e requisiti per la realizzazione

È necessaria un'attenta selezione delle specie che tenga conto del clima e delle condizioni ambientali locali.

Gli arredi devono essere collocati in posizioni ottimali, ad esempio quelli che forniscono ombra devono essere installati nelle aree soleggiate degli edifici (Tecnia, 2017), mentre quelli con sedute come il CityTree devono essere posizionati in aree dove sono necessari posti a sedere (per esempio in prossimità delle fermate degli autobus).

Questa soluzione nature-based in genere richiede manutenzione. Come per gli altri arredi urbani, anche gli arredi verdi sono soggetti a vandalismo e distruzione (Tecnia, 2017).

La soluzione richiede un investimento iniziale connesso alla sostituzione degli arredi esistenti (Tecnia, 2017).

### Riferimenti

Green City Solutions (senza data). The world's first bio-tech filter to quantifiably improve air quality. Disponibile all'indirizzo: <https://greencitysolutions.de/en/solutions/#section2> [Accesso eseguito il 31 agosto 2018]

Scott, K & Priday, R (2018). This London bench absorbs as much pollution as 275 trees. The Wired, 18 March 2018. Disponibile all'indirizzo: <https://www.wired.co.uk/article/citytree-air-pollution-uk-piccadilly> [Accesso eseguito il 31 agosto 2018]

Tecnia (2017). Nature-based solutions for local climate adaptation in the Basque Country. Bilbao: Ihobe, Environmental Management Agency.

The Crown Estate (2018). London welcomes its first CityTree – a pollution absorbing innovation with the power of 275 trees. Disponibile all'indirizzo: <https://www.thecrownestate.co.uk/en-gb/media-and-insights/news/2018-london-welcomes-its-first-citytree-a-pollution-absorbing-innovation-with-the-power-of-275-trees/> [Accesso eseguito il 31 agosto 2018]

JCDecaux (2016). The multi-faceted bus shelters of Paris. Disponibile all'indirizzo: <https://www.jcdecaux.com/blog/multi-faceted-bus-shelters-paris> [Accesso eseguito il 2 aprile 2019]

Green4Cities (2014). Station by Fonatsch meets Green4Cities – ready for a smart future. Disponibile all'indirizzo: <http://www.green4cities.com/?p=1900> [Accesso eseguito il 2 aprile 2019]

**Fonti fotografiche:** <https://www.flickr.com/photos/londonmatt/27643001768>, **Licenza:** CC BY 2.0 e <http://www.green4cities.com/?p=1900>

## 6. Giardini urbani (inclusi orti-giardini in concessione e cortili comunali)

### Descrizione

I giardini urbani forniscono un insieme di servizi ecosistemici, dalla fornitura di cibo alla regolazione del microclima, attraverso la traspirazione delle piante e l'ombreggiamento, e svolgono una funzione di regolazione idrica grazie alla pervietà del suolo (Cabral et al., 2017). Possono anche fungere da spazi ricreativi e promuovere la coesione sociale, come anche fornire habitat per la fauna selvatica e la diversità genetica (Cabral et al., 2017).



Foto di: Malcolm, G./flickr.com

In linea generale, questi giardini urbani vengono realizzati e gestiti dai residenti piuttosto che da professionisti.

**Tipo di intervento:** creazione di un nuovo spazio verde

**Prodotti e servizi coperti:** progettazione paesaggistica, architettura paesaggistica, manutenzione degli spazi verdi

### Scala

### Efficacia

Analogamente ad altre NBS, il potenziale di raffrescamento dei giardini urbani dipende dal tipo (specie) e dalla qualità della copertura vegetale.

Per quanto riguarda la mitigazione delle inondazioni da acque superficiali, i giardini urbani sono superfici permeabili (a condizione che non siano pavimentati) e come tali possono intercettare le precipitazioni intense, trattenere temporaneamente l'acqua e quindi ridurre la portata di picco, oltre ad aumentare l'infiltrazione nel suolo riducendo così il flusso superficiale (Cameron et al., 2012). Per esempio, Pauleit e Duhme (2000, citati in Cameron et al., 2012) hanno riscontrato che la densità abitativa ridotta delle aree con giardini ha un ruscellamento meteorico tre volte inferiore a quello delle aree con densità superiore. L'efficacia dei giardini nell'ottica di questi servizi ecosistemici dipende dal tipo di terreno e dalla vegetazione.

### Co-benefici tipici

Ambientali	Regolazione del ciclo idrico
	Miglioramento della qualità e della stabilità del suolo, prevenzione dell'erosione
	Miglioramento della qualità dell'aria
	Biodiversità
	Impollinazione
	Stoccaggio di carbonio
Sociali	Salute e qualità della vita
	Svago, educazione ambientale, maggiore spazio per l'aggregazione sociale
	Rigenerazione di aree degradate
	Pubblica utilità
	Incremento dell'occupazione
Economici	Apporto alimentare
	Aumento del valore di terreni e immobili
	Generazione di reddito

Riferimenti: Cabral et al. (2017); TecNALIA (2017)

I costi da valutare per questa misura includono acquisto del terreno, studi di pianificazione e spese capitali. Si tratta di costi specifici che variano a seconda del contesto e non è possibile realizzare un'estrapolazione generica.

### Potenziati svantaggi, impatti negativi e compromessi

Queste misure non sembrano comportare compromessi significativi, tuttavia, poiché le protezioni delle sponde rendono più sicura la navigazione, la rimozione può potenzialmente incidere negativamente sulla navigabilità. La rinaturalizzazione dei fiumi può anche aumentare la presenza di insetti infestanti, in particolare le zanzare, che potrebbero generare un costo extra per la disinfestazione.

### Sfide e requisiti per la realizzazione

Le misure di ripristino dei fiumi richiedono conoscenze tecniche; in particolare il ripristino e la riconnessione dei corsi d'acqua stagionali e la rimozione delle protezioni delle sponde sono considerati interventi di alta competenza tecnica. Oltre a ciò, il ripristino dei fiumi richiede particolare attenzione alla sicurezza della cittadinanza (TecNALIA, 2017). In aggiunta, la realizzazione di questi progetti richiede un livello elevato di coordinamento interistituzionale.

### Riferimenti

Gallacher, D. (2017). River Revitalisation for the Triple Bottom Line: International Best Practice and Applications in Hong Kong. Presentation, Hong Kong. Disponibile all'indirizzo: [http://www.socsc.hku.hk/jcwise/wp-content/uploads/2017/11/Dr.-David-Gallacher\\_River-Revitalization-for-the-Triple-Bottom-line.pdf](http://www.socsc.hku.hk/jcwise/wp-content/uploads/2017/11/Dr.-David-Gallacher_River-Revitalization-for-the-Triple-Bottom-line.pdf)

Liébault, F., Gomez, B., Page, M., Marden, M., Peacock, D., Richard, D., & Trotter, C. M. (2005). Land-use change, sediment production and channel response in upland regions. *River Research and Applications*, 21(7), 739-756.

NWRM (2015a). Stream bed re-naturalization Disponibile all'indirizzo: <http://nwrn.eu/measure/stream-bed-re-naturalization> [Accesso eseguito il 7 maggio 2018]

NWRM (2015b). Riverbed material renaturalization. Disponibile all'indirizzo: <http://nwrn.eu/measure/riverbed-material-renaturalization> [Accesso eseguito il 7 maggio 2018]

NWRM (2015c). Elimination of riverbank protection. Disponibile all'indirizzo: <http://nwrn.eu/measure/elimination-riverbank-protection> [Accesso eseguito il 7 maggio 2018]

Tecnia (2017). Nature-based solutions for local climate adaptation in the Basque Country. Bilbao: Iñobe, Environmental Management Agency.

**Fonte fotografica:**

[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Boneyard\\_Creek\\_Second\\_Street\\_Basin\\_Champaign\\_Illinois\\_looking\\_to\\_east.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Boneyard_Creek_Second_Street_Basin_Champaign_Illinois_looking_to_east.jpg); Licenza: CC BY-SA 4.0.

## 7. Ripristino e riconnessione dei corsi d'acqua stagionali

### Descrizione

I corsi d'acqua stagionali sono fiumi che si seccano in un certo periodo o in determinati punti. Questi corsi d'acqua regolano le piene e svolgono un ruolo importante nella ricarica delle falde acquifere e nell'infiltrazione, ma la loro abbondanza, la distribuzione e i regimi di flusso sono alterati dall'estrazione dell'acqua, dal cambiamento climatico e dai trasferimenti interbacino (NWRM, 2015). La protezione del loro valore ecologico richiede una gestione rigorosa, capace di ripristinarli

e ricollegarli al fiume. Questa gestione deve essere incentrata sul ripristino della connettività laterale, la diversificazione dei flussi e una migliore ritenzione delle acque durante le piene (NWRM, 2015).



Il ripristino e la riconnessione ai fiumi dei corsi d'acqua stagionali mira a ripristinare la connettività laterale e a diversificare i flussi, il che favorisce la funzionalità complessiva del fiume. Questi interventi fanno sì che la soluzione abbia un potenziale elevato di mitigazione delle piene dei fiumi e di incremento della ricarica delle falde acquifere (NWRM, 2015). Tuttavia, poiché i corsi d'acqua stagionali hanno un ventaglio molto ampio di funzioni idrogeologiche, le misure di ripristino devono essere attuate con cautela, individuando quelle che potrebbero non essere adeguate alle condizioni specifiche di ciascun bacino idrico. Pertanto, questa soluzione richiede uno studio accurato delle variabili idrogeologiche prima della sua implementazione.

**Tipo di intervento:** intervento in un ecosistema esistente

**Prodotti e servizi coperti:** ripristino ecologico, pianificazione del paesaggio, architettura paesaggistica, ingegneria ambientale

### Efficacia

I corsi d'acqua stagionali allungano i fiumi a cui sono collegati, incrementando così la quantità di ruscellamento e acqua fluviale che essi possono accumulare. Inoltre, grazie all'accumulo aggiuntivo, i corsi d'acqua stagionali possono anche rallentare l'acqua fluviale e di deflusso meteorico (NWRM, 2015). La loro efficacia dipende dalla lunghezza del sistema fluviale e dalla posizione dei corsi d'acqua stagionali. L'efficacia della soluzione in termini di ricarica delle falde acquifere dipende in larga misura dal livello di precipitazione, il quale ha effetti sul flusso del ruscellamento e l'intensità delle piene. Tuttavia, quando le precipitazioni sono intense, la ricarica delle falde acquifere può essere significativa (NWRM, 2015).

### Co-benefici tipici

Nella tabella seguente sono riportati esempi di co-benefici.

Ambientali	Regolazione del ciclo idrico
	Miglioramento della qualità dell'acqua
	Miglioramento della qualità e della stabilità del suolo, prevenzione dell'erosione
	Biodiversità
Sociali/Culturali	Svago, educazione ambientale, maggiore spazio per l'aggregazione sociale
	Rigenerazione di aree degradate

	Valori spirituali, religiosi e artistici
	Incremento della pubblica utilità
	Incremento dell'occupazione
Economici	Apporto alimentare
	Apporto idrico

Fonte: NWRM (2015)

### Informazioni sui costi

Il costo del ripristino e della riconnessione dei corsi d'acqua stagionali varia significativamente da sito a sito. Comprende i costi di acquisto del terreno, degli studi idrogeologici e di altro tipo e le spese capitali. Tutti questi dipendono dalla lunghezza desiderata dei corsi d'acqua secondari, dallo sfruttamento attuale del sito (ad es. urbano, terreno agricolo, area disabitata, ecc.) e dalle condizioni geologiche e topografiche della zona.

### Potenziati svantaggi, impatti negativi e compromessi

Questa soluzione richiede l'acquisto di terreno che potrebbe già essere sfruttato in altro modo, come per esempio un'area urbana o agricola. Per il ripristino dei corsi d'acqua stagionali, edifici, infrastrutture e terreni agricoli di queste zone potrebbero dover essere parzialmente o completamente eliminati. Oltre al ritorno economico, questo fattore potrebbe innescare conflitti tra i diversi soggetti interessati. In aggiunta, le strutture ingegneristiche che sono solitamente necessarie potrebbero turbare l'ecologia del fiume, che raggiungerebbe la stabilizzazione solo dopo alcuni anni (Burek et al., 2012).

### Sfide e requisiti per la realizzazione

Per progettare e realizzare in modo efficace questa misura è necessario coinvolgere e consultare i soggetti interessati e i responsabili della gestione delle acque a livello locale (NWRM, 2015).

### Riferimenti

NWRM (2015). Restoration and reconnection of seasonal streams. Disponibile all'indirizzo: <http://nwrn.eu/measure/restoration-and-reconnection-seasonal-streams> [Accesso eseguito il 7 maggio 2018]

Burek, P.; Mubareka, S.; Rojas, R.; De Roo, A.; Bianchi, A.; Baranzelli, C.; Lavalley, C. & Vandecasteele, I. (2012). Evaluation of effectiveness of natural water retention measures. JRC Report.

l'area era precedentemente una zona di pesca. I cambiamenti possono essere sia negativi che positivi (se lo stato ecologico del lago era compromesso).

### Sfide e requisiti per la realizzazione

Questa misura deve essere valutata nell'ambito di una gestione più ampia del rischio di inondazione, dal momento che un singolo intervento risulta spesso insufficiente per avere un effetto significativo su tale rischio. Richiede quindi la collaborazione tra soggetti diversi e a livello regionale.

Le ulteriori sfide connesse alla realizzazione di questo intervento dipendono in larga misura dalle specificità del sito e dalla struttura della misura. Per esempio, è necessario informare i proprietari e gli utenti dei terreni che devono essere riaperti e quelli del lago stesso, coordinare gli interventi ed erogare indennizzi secondo necessità. La morfologia e le condizioni del terreno possono costituire una sfida per la costruzione di canali e l'integrazione di misure grigie. Se l'alveo di un fiume è diventato sensibilmente più profondo a causa dell'erosione, la connessione non è possibile ai livelli normali dell'acqua. Diventa necessario costruire una diga di ritenzione o far affluire acqua



degli affluenti laterali per innalzare il livello. Se la misura rende necessario il taglio di un argine o un terrapieno, è importante valutare correttamente aspetti quali i requisiti di gestione delle piene, inclusa la possibile protezione dalle inondazioni per le aree circostanti (NWRM, 2015).

### Riferimenti

NWRM (2015). Reconnection of oxbow lakes and similar features. Disponibile all'indirizzo:

[http://nwrn.eu/sites/default/files/nwrn\\_ressources/n7\\_-\\_reconnection\\_of\\_oxbow\\_lakes\\_and\\_similar\\_features\\_0.pdf](http://nwrn.eu/sites/default/files/nwrn_ressources/n7_-_reconnection_of_oxbow_lakes_and_similar_features_0.pdf) [Accesso eseguito il 2 agosto 2018]

## 8. Rinaturalizzazione delle aree dei polder

### Descrizione

Un polder è un terreno pianeggiante che è stato racchiuso tra terrapieni (argini) e forma un'entità idrogeologica artificiale (NWRM, 2015). Non ha alcun collegamento con le acque esterne a parte quello fornito da dispositivi azionati manualmente (dighe di ritenuta). Vengono costruite in aree adiacenti a corpi idrici come fiumi, delta e coste. Nei Paesi Bassi i polder vengono costruiti sin dal XXII secolo per ottenere terreno agricolo. Con un complesso sistema di pompe, mulini a vento e pratiche agricole appositamente adattate, gli agricoltori li mantengono asciutti pompando l'acqua nel mare o in un fiume e gestiscono le piene occasionali (NWRM, 2015).



Le aree dei polder sono presenti in tutta Europa lungo i fiumi Elba, Oder, Po, Danubio e altri.

I polder sono tipici delle foci dei grandi fiumi e delle aree costiere. A differenza delle aree di ritenzione, le inondazioni dei polder sono controllabili. La rinaturalizzazione delle aree dei polder, che implica il cambio di destinazione d'uso dei terreni agricoli da intensivi a estensivi, la rimozione di edifici e infrastrutture, e l'abbassamento degli argini verso il fiume, consente di inondare temporaneamente i polder e fornire uno spazio aggiuntivo al fiume nel caso in cui sia necessario per ridurre il rischio di inondazione in altre aree. È tipicamente efficace in caso di area di bacino di 100-1000 km<sup>2</sup> (NWRM, 2015). Oltre ad accumulare l'acqua di piena, i polder possono anche ricaricare le falde.

**Tipo di intervento:** intervento in un ecosistema esistente, gestione e manutenzione di ecosistemi

**Prodotti e servizi coperti:** ripristino ecologico, progettazione paesaggistica, architettura paesaggistica

### Efficacia

Le aree dei polder possono essere molto efficaci nel mitigare il rischio di inondazione in quanto, a seconda delle loro dimensioni, possono accumulare grandi quantità di acqua da vaste aree di bacino (NWRM, 2015).

Possono limitare efficacemente il picco di piena, che rimane così approssimativamente allo stesso livello lungo il fiume a valle. Strobl et al. (2006) hanno riscontrato in simulazioni lungo il Danubio che la captazione del picco di piena da parte dei polder può essere ancora più efficace di quella delle aree di ritenzione non

controllate. L'effetto dipende tuttavia dal modo in cui i polder vengono creati e gestiti durante le inondazioni (Huang et al., 2009; Nijssen et al., 2009).

#### Co-benefici tipici

Ambientali	Regolazione del ciclo idrico
	Ricarica delle falde acquifere
	Miglioramento della qualità e della stabilità del suolo, prevenzione dell'erosione
	Biodiversità
Sociali	Svago
	Incremento della pubblica utilità
	Incremento dell'occupazione
Economici	Generazione di reddito

Riferimenti: NWRM (2015)

#### Informazioni sui costi

A titolo esemplificativo, la realizzazione dell'area di inondazione controllata KBR (Kruibeke Bazel Rupelmonde) in Belgio come elemento chiave del piano belga Sigma Plan per l'estuario dello Schelda è costato circa 100 milioni di euro per 600 ettari di polder rinaturalizzati da tre aree precedentemente separate (Climate-ADAPT, 2014).

#### Potenziati svantaggi, impatti negativi e compromessi

La rinaturalizzazione delle aree dei polder implica il cambiamento di destinazione d'uso dei terreni. Per l'agricoltura ciò comporta una limitazione di alcune prassi, con la sostituzione di quelle intensive a favore di modelli estensivi e una potenziale riduzione degli introiti. L'allagamento dell'area implica uno sforzo aggiuntivo per spostare il bestiame su altri terreni, dà luogo ad aree temporaneamente inutilizzabili con interruzioni della produzione e possibili ricostruzioni necessarie dopo gli eventi di piena. Le aree dei polder sono una misura di protezione dalle inondazioni relativamente costosa.

Se non correttamente pianificati in funzione dei diversi tipi di eventi di piena e non ben gestiti, i polder potrebbero riempirsi velocemente ed eccessivamente dando luogo a un possibile riflusso o un superamento degli argini che potrebbero comportare danni alluvionali superiori (Nijssen et al., 2009).

#### Sfide e requisiti per la realizzazione

La creazione di aree dei polder necessita di spazio. Essendo una combinazione di soluzioni nature-based e tecniche, richiedono anche una manutenzione continua e una gestione oculata durante gli eventi di piena.

L'effetto dipende tuttavia dal modo in cui i polder vengono realizzati e gestiti durante le inondazioni. Quando il polder viene aperto per ridurre lo scarico di picco, la temporizzazione assume un ruolo importante (Huang et al., 2009). La complessità delle diverse possibili condizioni di allagamento ha un impatto considerevole sul potenziale di mitigazione delle inondazioni delle aree dei polder. Quando si pianifica un'area di questo tipo è importante considerare una vasta gamma di scenari di allagamento e non solo il caso peggiore, così da migliorare l'efficacia ed evitare effetti negativi. È necessario progettare, collocare e gestire con cautela le dighe di ritenzione e la combinazione con altre misure (Nijssen et al., 2009).

Oltre a ciò, questa misura deve essere valutata insieme ad altre che rientrano nell'ambito di un sistema più ampio di gestione del rischio di inondazione. Al fine di individuare le modalità di realizzazione e gestione più appropriate dei polder affinché siano efficaci, in fase di pianificazione è necessario simulare una vasta gamma di eventi di piena.

### Riferimenti

Climate-ADAPT (2014). Kruibeke Bazel Rupelmonde (Belgium): a controlled flood area for flood safety and nature protection. <https://climate-adapt.eea.europa.eu/metadata/case-studies/kruibeke-bazel-rupelmonde-belgium-a-controlled-flood-area-for-flood-safety-and-nature-protection> [Accesso eseguito il 5 agosto 2018]

Huang, S., Rauberg, J., Apel, H., Disse, M., Lindenschmidt, K.-E. (2009). The effectiveness of polder systems on peak discharge capping of floods along the middle reaches of the Elbe River in Germany <https://www.hydrol-earth-syst-sci.net/11/1391/2007/hess-11-1391-2007.pdf> [Accesso eseguito il 5 agosto 2018]

Nijssen, D., Schumann, A., Pahlow, M. and Klein, B (2009). Planning of technical flood retention measures in large river basins under consideration of imprecise probabilities of multivariate hydrological loads <https://www.nat-hazards-earth-syst-sci.net/9/1349/2009/nhess-9-1349-2009.pdf> [Accesso eseguito il 5 agosto 2018]

NWRM (2015). Re-naturalization of polder areas [online]. Disponibile all'indirizzo: <http://nwrn.eu/measure/re-naturalisation-polder-areas> [Accesso eseguito il 5 agosto 2018].

Strobl, T., Zunic, F., Fischer, M. and Schindler, M., (2006). Flood protection by large dams and flood polders. Chances and limits., in: Dams and Reservoirs, Societies and Environment in the 21<sup>st</sup> Century, [https://books.google.de/books?id=95XSBQAAQBAJ&pg=PA183&lpg=PA183&dq=polders+effective&source=bl&ots=VamSS8gaYF&sig=zt8BMLw\\_eo4473knprqYp\\_PIOXA&hl=de&sa=X&ved=2ahUKEwivx8K-gNjicAhXSJVAKHXIOCPU4ChDoATAHeqQIAxAB#v=onepage&q=polders%20effective&f=false](https://books.google.de/books?id=95XSBQAAQBAJ&pg=PA183&lpg=PA183&dq=polders+effective&source=bl&ots=VamSS8gaYF&sig=zt8BMLw_eo4473knprqYp_PIOXA&hl=de&sa=X&ved=2ahUKEwivx8K-gNjicAhXSJVAKHXIOCPU4ChDoATAHeqQIAxAB#v=onepage&q=polders%20effective&f=false) [Accesso eseguito il 5 agosto 2018]

**Fonte fotografica:** <https://pixabay.com/en/tree-meadow-rural-country-farmland-3008519/>

## 9. Creazione di boschi paludosi e ripariali

### Descrizione

I boschi o foreste ripariali sono ubicati in corrispondenza delle interfacce tra ecosistemi terrestri ed acquatici, incluse le piane alluvionali e le terrazze adiacenti (Naiman et al., 1998). La creazione e la conservazione di un bosco paludoso e ripariale può assicurare benefici significativi correlati alla qualità dell'acqua e al controllo delle inondazioni. Può fungere da sink di potenziali fonti di inquinamento diffuso e può avere un ruolo nella riqualificazione di terreni degradati e/o contaminati, come anche rallentare il ruscellamento e ridurre



Foto di: sconosciuto/pixabay.com

le inondazioni a valle (Nisbet et al., 2011). Nonostante i progressi compiuti dal punto di vista della comprensione dei legami tra foreste e risorse idriche, la funzione dei boschi nella gestione di tali risorse non è stata ancora sfruttata a pieno (Stella Consulting, 2012).

Secondo Nisbet et al. (2011), i meccanismi principali attraverso i quali i boschi possono contribuire a mitigare le inondazioni sono tre. In primo luogo gli alberi utilizzano una quantità d'acqua superiore rispetto alla vegetazione più bassa, principalmente perché intercettano l'acqua piovana mediante le loro chiome più ruvide. In secondo luogo, i terreni coperti da foreste possono trattenere e ritardare il rilascio dell'acqua piovana in corsi d'acqua e fiumi, per via della loro struttura più aperta che dà come risultato tassi di infiltrazione superiori. In terzo luogo, il potenziale maggiore che boschi paludosi e ripariali hanno nel ritardare la progressione dei flussi di piena deriva dalla scabrezza idraulica creata da alberi, arbusti e legno morto nei fiumi o nei corsi d'acqua e sulle piane alluvionali.

**Tipo di intervento:** intervento in un ecosistema esistente e creazione di un nuovo spazio verde

**Prodotti e servizi coperti:** pianificazione paesaggistica, architettura paesaggistica, piantumazione di alberi, gestione e manutenzione di ecosistemi

### Efficacia

Secondo Nisbet et al. (2011), il tasso di infiltrazione di una cintura boschiva può essere 60 volte superiore a quello di un pascolo e piantumare una cintura boschiva lungo le parti più basse dei terreni erbosi può ridurre le portate di picco dal 13 al 48%. Oltre a ciò, Nisbet e Thomas (2006) hanno creato un modello degli effetti della piantumazione di boschi paludosi autoctoni lungo 2,2 km di terreno prativo, coprendo meno del 2% del bacino totale del fiume e, secondo la loro analisi la velocità dell'acqua può diminuire del 50% e la ritenzione aumentare del 71% come conseguenza della maggiore ruvidità del terreno. Un bosco ripariale tampone, ovvero fasce lineari parallele al corso del fiume, può avere effetti simili, anche se su scala minore, per via dei grandi sbarramenti di detriti legnosi dentro i corsi d'acqua, dei flussi oltre le sponde e del maggiore accumulo delle piene, fattori che si sommano alla scabrezza superiore della zona ripariale (Nisbet et al. 2011).

Uno dei principali elementi che influiscono sull'efficacia dei boschi ripariali su sedimenti, nutrienti, patogeni, pesticidi e tossine è la loro ampiezza. Secondo un'analisi della letteratura sulle fasce tampone ripariali, le aree forestate con una larghezza media da 38 a 50 m possono ridurre le concentrazioni di nitrati tra il 78 e il 99% (Mayer et al., 2005).

### Co-benefici tipici

Ambientali	Regolazione del ciclo idrico
	Miglioramento della qualità dell'acqua
	Miglioramento della qualità e della stabilità del suolo, prevenzione

	dell'erosione
	Biodiversità
	Impollinazione
	Stoccaggio di carbonio
Sociali/Culturali	Salute e qualità della vita
	Svago, educazione ambientale, maggiore spazio per l'aggregazione sociale
	Rigenerazione di aree degradate
	Valori spirituali, religiosi e artistici
	Incremento della pubblica utilità
	Incremento dell'occupazione
Economici	Apporto alimentare
	Aumento del valore di terreni e immobili

Riferimenti: Soman et al. (2007)

### Informazioni sui costi

Kohler ed Heinrichs (2011) hanno stimato un costo relativamente basso per la creazione dei boschi ripariali, tra 1.000 e 10.000 EUR. Non fanno riferimento a estensioni specifiche, tuttavia indicano che il costo finale dipende dalla scala della misura. Stella Consulting (2012) presuppone, sulla base di un caso di studio, che il costo medio di creazione di un bosco ripariale in Europa si aggiri attorno a 7,500 EUR/ha per cinque anni e stima inoltre costi annuali di gestione e manutenzione di circa 500 EUR/ha.

### Potenziati svantaggi, impatti negativi e compromessi

Oltre ai numerosi (co-)benefici che i boschi paludosi e ripariali possono offrire, vi sono anche compromessi in relazione all'ambiente acquatico. Sebbene i boschi vicini ai corpi idrici possano aiutare a ridurre la temperatura estrema delle acque e quindi proteggere la vita d'acqua dolce grazie all'ombra che generano, un ombreggiamento eccessivo può ridurre significativamente la temperatura dell'acqua e ostacolare la crescita dei pesci (Forest Research, senza data). Oltre a ciò, alcune specie di alberi assorbono molta acqua, riducendo i livelli di corrente e di apporto idrico durante l'estate (Forest Research, senza data). Secondo Stella Consulting (2012), i boschi ripariali possono ricoprire il corpo idrico con i residui legnosi che cadono nei corsi d'acqua, i quali possono deviare le acque bloccando i passaggi e trattenendo l'acqua. In aggiunta, tronchi, rami e foglie possono ostruire il drenaggio durante le piene e fungere da dighe naturali, il che aumenta a sua volta il ristagno e può aggravare gli eventi di piena. Infine, tronchi e rami possono causare danni alle infrastrutture quando vengono trascinati a valle dalle correnti forti (Stella Consulting, 2012).

### Sfide e requisiti per la realizzazione

Nella progettazione di boschi paludosi ripariali va tenuto conto di numerose considerazioni specifiche, in relazione al consumo di acqua da parte degli alberi e l'asperità del terreno oltre che, in misura minore, la capacità di ritenzione delle piogge (Nesbit e Thomas, 2006). Secondo Nesbit e Thomas (2006), specie, diversità strutturale ed equilibrio tra copertura forestale e spazio aperto sono decisioni di grande importanza durante la progettazione di queste misure, dal momento che possono ridurre l'efficacia degli alberi nel controllo dei flussi di piena. In aggiunta, gli autori sostengono che le fasce ripariali tampone possono avere un effetto sensibilmente inferiore nell'attenuazione

delle inondazioni rispetto ai boschi paludosi, principalmente per via della larghezza limitata della fascia. Segnalano inoltre che la gestione del sito può determinare l'efficacia di questa soluzione in termini di rischio di inondazione. L'abbattimento, per esempio, può avere effetti catastrofici sugli impatti delle inondazioni, in quanto riduce al minimo il consumo di acqua da parte degli alberi e aumenta il ruscellamento, oltre al fatto che la raccolta e la rimozione del legno possono avere un impatto maggiore sulle inondazioni (Nesbit and Thomas, 2006). Pertanto, è necessario adeguare con attenzione le misure di gestione affinché sia possibile adattarle a tutti gli usi di questi ecosistemi, inclusa l'attenuazione delle inondazioni e la depurazione dell'acqua.

## Riferimenti

Forest Research (senza data). Riparian woodland and water protection [online]. Disponibile all'indirizzo: <https://www.forestresearch.gov.uk/research/forest-hydrology/riparian-woodland-and-water-protection/> [Accesso eseguito il 6 agosto 2018]

Mayer, P.; Reynolds, S. K.; Canfield, T.J. (2005). Riparian Buffer Width, Vegetative Cover, and Nitrogen Removal Effectiveness: A Review of Current Science and Regulations. U.S. Environmental Protection Agency.

Naiman, R. J.; Fetherston, K. L.; McKay, S. J.; & Chen, J. (1998). Riparian forests. River ecology and management: lessons from the Pacific Coastal Ecoregion, 289-323.

Nisbet, T. R. & Thomas, H. (2006). The role of woodland in flood control: a landscape perspective.

Nisbet, T. R.; Silgram, M.; Shah, N.; Morrow, K.; & Broadmeadow, S. (2011). Woodland for Water: Woodland measures for meeting Water Framework Directive objectives. Report for the Environment Agency and the Forestry Commission, Forest Research Monograph, 4, 156

Soman, S.; Beyeler, S.; Kraft, S.; Thomas, D.; & Winstanley, D., (2007). Ecosystem Services from Riparian Areas: A Brief Summary of the Literature.

Stella Consulting (2012). Costs, benefits and climate proofing of natural water retention measures (NWRM), Final Report to DG Environment, Contract 070307/2010/581332/SER/D1, European Commission, Brussels.

**Fonte fotografica:** <https://pixabay.com/en/germany-landscape-scenic-mountains-1933558/>.

## 10. Sistemi di drenaggio sostenibili (SuDS)

### Descrizione

I sistemi di drenaggio sostenibili (SuDS) sono un insieme di misure che fanno ricorso a funzioni e processi naturali per rallentare e ridurre il volume di ruscellamento delle acque superficiali, al fine di gestire il rischio di inondazioni a valle e ridurre il rischio di inquinamento causato dal ruscellamento (Woods Ballard et al., 2015). Ecco perché questi sistemi contribuiscono contemporaneamente a fronteggiare le



foto di: PWD/flickr.com

inondazioni da acque superficiali e i problemi di qualità dell'acqua, oltre a incrementare potenzialmente la disponibilità idrica catturando e immagazzinando l'acqua piovana. Possono essere realizzati ex-novo oppure come rinnovamento di strutture esistenti (Davis e Naumann, 2017). Oltre ad assicurare un drenaggio di alta qualità, questi sistemi offrono anche una vasta gamma di co-benefici (a seconda della progettazione e del sito), quali il miglioramento degli apporti alle falde, l'incremento del valore estetico e di pubblica utilità degli insediamenti urbani, la riduzione del rumore e la creazione di opportunità per svago ed educazione (Woods Ballard et al., 2015). Vista la loro multifunzionalità, i SuDS utilizzano lo spazio in modo efficiente e sono solitamente meno costosi dei sistemi di drenaggio sotterranei convenzionali.

I SuDS sono sistemi interconnessi costituiti da varie componenti (spesso definite complessivamente "filiera di trattamento SuDS") che operano congiuntamente per gestire, trattare e utilizzare al meglio le acque superficiali, dal sito in cui cadono sotto forma di pioggia fino al punto in cui vengono scaricate nell'ambiente ricevente (Woods Ballard et al., 2015). Uno schema SuDS può includere diverse combinazioni di componenti a seconda del sito e degli obiettivi specifici. Le componenti del SuDS possono essere suddivise in cinque categorie a seconda delle loro funzioni, che non sono però indipendenti e una componente può svolgere due o più funzioni (Woods Ballard et al., 2015; susDrain, 2018):

**Controllo delle fonti:** elementi che catturano l'acqua piovana e ne facilitano l'uso per gli edifici e l'ambiente locale, come ad esempio **raccolta della pioggia, tetti verdi e superfici permeabili**;

**Sistemi di infiltrazione:** componenti che facilitano l'infiltrazione dell'acqua nel terreno e spesso includono l'immagazzinamento temporaneo del deflusso prima che venga lentamente rilasciato nel terreno. Si tratta di **bacini di infiltrazione, trincee di infiltrazione, pozzi drenanti e giardini pluviali**.

**Sistemi di convogliamento:** componenti che convogliano i flussi a sistemi di accumulo a valle e, in alcuni casi, svolgono anche una funzione di controllo e trattamento del flusso e del volume di ruscellamento. Includono **canali piantumati, canali vegetati e rill**.

**Sistemi di accumulo:** componenti che controllano i flussi e, in alcuni casi, i volumi di deflusso scaricato dal sito, accumulando l'acqua e rilasciandola lentamente. Questi sistemi possono anche effettuare un ulteriore trattamento del deflusso per impedire l'inquinamento. Includono **bacini di detenzione, stagni di ritenzione, sistemi di drenaggio geocellulari, zone umide**.

**Sistemi di trattamento (o filtrazione),** come le **fasce filtro**: componenti che rimuovono o facilitano la decomposizione dei contaminanti del deflusso.

Questi componenti sono oggetto di schede tecniche separate, dal momento che le loro caratteristiche specifiche in termini di efficacia, co-benefici e prerequisiti variano. In questa scheda tecnica i SuDS vengono

anche trattati complessivamente, dato che le varie componenti sono solitamente utilizzate nell'ambito di un sistema e non come interventi a sé stanti.

**Tipo di intervento:** creazione di un nuovo spazio verde

**Prodotti e servizi coperti:** SuDS, gestione delle acque meteoriche, progettazione paesaggistica, architettura paesaggistica, produzione di componenti SuDS, manutenzione dei SuDS, costruzione di edifici, costruzione di infrastrutture di trasporto, gestione delle acque, costruzione di sistemi di drenaggio e fognari

### **Efficacia**

Gli schemi SuDS possono attenuare il ruscellamento prima che entri in un corso d'acqua, forniscono aree per l'accumulo di acqua e consentono alla stessa di infiltrarsi nel terreno, evaporare dalle acque superficiali e/o essere traspirata dalla vegetazione (susDrain, 2018b). A seconda delle tecniche di progettazione, convogliamento e accumulo usate, i SuDS possono ridurre la frequenza e/o la gravità delle inondazioni da acque superficiali, se l'entità e le dimensioni di queste misure sono in grado di far fronte a piogge intense (susDrain, 2018b).

Per quanto riguarda la qualità dell'acqua, alcune componenti dei SuDS possono ridurre i sedimenti e i contaminanti del deflusso, consentendone la deposizione o la scissione biologica degli inquinanti (susDrain, 2018c). Questo processo può migliorare la qualità dei corpi idrici a valle, nei quali il deflusso viene scaricato. Oltre a ciò, nei casi in cui i SuDS riducono il volume del ruscellamento che entra nelle fognature miste, è possibile ridurre gli scarichi di sfioro delle stesse e quindi migliorare la qualità dell'acqua dei corpi idrici riceventi (susDrain, 2018c). Le informazioni relative all'efficacia delle singole componenti sono riportate nelle rispettive schede tecniche.

Lo strumento Benefits of SuDS Tool (BEST) basato su Excel e sviluppato da CIRIA consente di quantificare e monetizzare ciascun beneficio degli schemi SuDS.<sup>5</sup>

### **Co-benefici tipici**

Ambientali	Regolazione del ciclo idrico
	Ricarica delle falde acquifere
	Regolazione della temperatura

---

<sup>5</sup> <https://www.susdrain.org/resources/best.html>



	Miglioramento della qualità dell'aria
	Biodiversità
	Stoccaggio di carbonio
Sociali	Salute e qualità della vita
	Svago, educazione ambientale, maggiore spazio per l'aggregazione sociale
	Incremento della pubblica utilità
	Rigenerazione di aree degradate
	Incremento dell'occupazione
Economici	Consumo energetico ridotto
	Generazione di reddito
	Aumento del valore di terreni e immobili

*Riferimenti:* Woods and Ballard et al., 2015; Davis e Naumann, 2017.

### Informazioni sui costi

I costi delle componenti SuDS e degli schemi SuDS complessivi dipendono da svariati fattori specifici del sito, inclusi tipo di terreno, vulnerabilità all'inquinamento delle falde, criteri di progettazione, problematiche di accesso e requisiti di spazio, posizione, installazione ex-novo dei SuDS o intervento di rinnovamento (Royal Haskoning, 2012). Pertanto, i dati generalizzati sui costi devono essere interpretati con cautela. Defra (2011, citato in Royal Haskoning, 2012) conclude che i costi di costruzione dei SuDS, in base a esempi di casi di studio, possono essere inferiori fino al 30% rispetto ai sistemi di drenaggio tradizionali; tuttavia per i siti più complessi possono essere superiori del 5%. Analogamente, Royal Haskoning (2012) conclude, sulla base delle evidenze di alcuni casi di studio, che i SuDS sono generalmente meno costosi da installare e mantenere di un sistema di drenaggio tradizionale, anche se vi sono delle eccezioni. Anche i costi di manutenzione variano in base al sito e alle componenti utilizzate. Le schede tecniche seguenti riguardanti le componenti specifiche forniscono stime delle fasce di costo. Le componenti che richiedono vaste estensioni di terreno, come i bacini di detenzione e infiltrazione e gli stagni, hanno anche implicazioni connesse al costo del terreno (Royal Haskoning, 2012) e vengono trattate nel contesto delle rispettive componenti. Tuttavia, in molti casi i SuDS possono essere basati sull'impiego multifunzionale dello spazio (come un'area di parcheggio permeabile).

Sul sito Web inglese Sustainable Drainage è disponibile un calcolatore per i costi di costruzione e manutenzione dei SuDS: <http://geoservergisweb2.hrwallingford.co.uk/uksd/costintro.aspx>

### Potenziati svantaggi, impatti negativi e compromessi

#### Sfide e requisiti per la realizzazione

L'efficacia dei SuDS nel fronteggiare il rischio di inondazione e le problematiche connesse alla qualità dell'acqua è superiore se vengono adottati lungo tutta l'infrastruttura urbana (Tecnalia, 2017).

La loro adozione richiede in genere un coordinamento tra i vari dipartimenti delle autorità locali, come quelli di ambiente, pianificazione urbana e spazi pubblici (Tecnalia, 2017).

## Riferimenti

Davis, M. & Naumann, S. (2015). Making the Case for Sustainable Urban Drainage Systems as a Nature-Based Solution to Urban Flooding. In: Kabisch et al. (eds.), *Nature-based Solutions to Climate Change Adaptation in Urban Areas*. Theory and Practice of Urban Sustainability Transitions. Springer.

Royal Haskoning (2012). Costs and Benefits of Sustainable Drainage Systems. Final report to the Committee on Climate Change.

susDrain (2018a). Components. Disponibile all'indirizzo: <https://www.susdrain.org/delivering-suds/using-suds/suds-components/suds-components.html> [Accesso eseguito il 7 agosto 2018].

susDrain (2018b). Flood risk management benefits. Disponibile all'indirizzo: <https://www.susdrain.org/delivering-suds/using-suds/benefits-of-suds/flood-risk-management.html> [Accesso eseguito il 7 agosto 2018].

susDrain (2018c). Water quality management benefits. Disponibile all'indirizzo: <https://www.susdrain.org/delivering-suds/using-suds/benefits-of-suds/water-quality-management.html> [Accesso eseguito il 7 agosto 2018].

TecNALIA (2017). Nature-based solutions for local climate adaptation in the Basque Country. Bilbao: Iñobe, Environmental Management Agency.

Woods Ballard, S.; Wilson, S; Udale-Clarke, H.; Illman, S.; Scott, T.; Ashley, R.; & Kellagher, R. (2015). The SuDS Manual. London: CIRIA

**Fonte fotografica:** <https://www.flickr.com/photos/philadelphiawater/9087958202/>; **Licenza:** CC BY 2.0.

## 11. Raccolta della pioggia

### Descrizione

La raccolta della pioggia consiste nel raccogliere e immagazzinare l'acqua piovana per utilizzarla successivamente. Tradizionalmente viene raccolta dai tetti, ma può anche essere trattenuta da altre superfici impermeabili, come edifici industriali e parcheggi (NWRM, 2015). Viene immagazzinata in serbatoi idrici, cisterne sotterranee o vasche di grandi dimensioni. Lo scopo principale è quello di ridurre i consumi di acqua del rubinetto e far fronte alle carenze durante le stagioni secche. I sistemi di raccolta della pioggia ben progettati possono anche essere un elemento di controllo delle fonti nei sistemi di drenaggio sostenibili (SuDS), con la funzione di ridurre i volumi di ruscellamento e mitigare gli impatti delle acque meteoriche di eventi particolarmente intensi (Woods Ballard et al., 2015).



Foto di: Mommaerts,  
R./flickr.com

L'acqua raccolta può essere accumulata e usata successivamente per svariati impieghi non potabili, come l'irrigazione di spazi verdi e giardini oppure, se trattata, come acqua grigia per le abitazioni o le industrie (Woods Ballard et al., 2015). In alcune località, come ad esempio a Fuerteventura, e in particolare nelle aree rurali, la raccolta della pioggia era una fonte d'acqua ampiamente utilizzata già in passato.

Questa misura può essere adottata praticamente ovunque vi siano tetti o altre superfici rigide appropriate per la raccolta ed è quindi particolarmente adatta per gli insediamenti urbani densamente abitati. L'area che contribuisce a un sistema di raccolta della pioggia è solitamente inferiore a 0,1 km<sup>2</sup> (NWRM, 2015).

Secondo il manuale CIRIA SuDS (Woods Ballard et al., 2015), i sistemi di raccolta della pioggia si suddividono in tre categorie a seconda degli obiettivi:

- Sistemi di solo accumulo (fornitura): si tratta di sistemi progettati per la fornitura idrica agli edifici che servono, con una capacità dimensionata per raccogliere e trattenere il volume di ruscellamento corrispondente alla domanda prevista. Sebbene questi sistemi raccolgano in genere una parte del ruscellamento in caso di gravi eventi, non possono essere considerati affidabili in caso di eventi estremi.
- Sistemi passivi per l'accumulo (fornitura) e la gestione delle acque superficiali: sono sistemi con serbatoi progettati per immagazzinare il volume necessario per la fornitura idrica, come anche quello necessario a gestire una profondità di pioggia specifica durante un grave evento. Il livello d'acqua nel serbatoio non viene gestito attivamente.
- Sistemi attivi per l'accumulo (fornitura) e la gestione delle acque superficiali: si tratta di sistemi nei quali il livello dell'acqua nei serbatoi viene gestito attivamente per garantire che durante le precipitazioni estreme il volume disponibile sia sufficiente. Questo fattore implica la previsione degli eventi di precipitazione intensa e il pompaggio dell'acqua accumulata, oppure il pompaggio fino a un livello prestabilito quando vengono raggiunte determinate soglie (Woods Ballard et al., 2015).

Per quanto riguarda la configurazione, i sistemi di raccolta della pioggia possono essere del tipo a gravità (la raccolta avviene per gravità e l'acqua viene immagazzinata a quote che ne permettano anche la fornitura per gravità), a pompaggio (l'acqua viene immagazzinata sotto terra o a livello del suolo e la fornitura avviene tramite pompaggio) e combinati (Woods Ballard et al., 2015).

I sistemi di raccolta della pioggia possono essere considerati verosimilmente interventi grigi o tecnici nella misura in cui implicano sistemi realizzati dall'uomo. Tuttavia, essendo una componente SuDS, sono stati trattati come NBS in questa relazione.

**Tipo di intervento:** intervento in un ecosistema esistente

**Prodotti e servizi coperti:** gestione delle acque meteoriche, sistemi di drenaggio urbano sostenibili, gestione delle acque, costruzione di sistemi di drenaggio e fognari

### **Efficacia**

Le tradizionali cisterne sono una soluzione su scala piuttosto ridotta e forniscono acqua aggiuntiva per l'irrigazione dei giardini. Secondo Woods Ballard et al. (2015), non sono disponibili prove certe in merito all'efficacia di queste cisterne ai fini del controllo del ruscellamento in caso di precipitazioni intense. Le cisterne e i serbatoi di dimensioni maggiori possono avere un impatto superiore dal punto di vista dell'immagazzinamento dell'acqua e, se appositamente progettati per questo scopo, possono ridurre il ruscellamento (NWRM, 2015).

Secondo susDrain (2018), i sistemi di raccolta della pioggia possono avere "prestazioni elevate" (a seconda della configurazione) in termini di riduzione della portata di picco e dei volumi.

### **Co-benefici tipici**

Sociali                      Incremento dell'occupazione

Riferimento:

### **Informazioni sui costi**

I costi della raccolta della pioggia possono variare enormemente in base a dimensioni, situazione specifica e uso previsto. NWRM (2015) indica, sulla base di fonti britanniche, le seguenti fasce di costo per soluzioni su scala ridotta:

Indagini e studi:	0-10.000 EUR
Spese capitali:	5-60 EUR per m <sup>2</sup> di area di tetti
Costi di manutenzione:	0,25-1,00 EUR per m <sup>2</sup> di area di tetti

Campling et al. (2008) hanno riscontrato in alcuni casi di studio che la raccolta della pioggia per le abitazioni private ha un costo da 1,8 a 4 EUR/m<sup>3</sup> di pioggia usata in Belgio, e di 5-11 EUR/m<sup>3</sup> a Malta per via dell'uso di cisterne molto più grandi.

Sul sito Web inglese Sustainable Drainage è disponibile un calcolatore per i costi di costruzione e manutenzione dei SuDS: <http://geoservergisweb2.hrwallingford.co.uk/uksd/costintro.aspx>

### **Potenziati svantaggi, impatti negativi e compromessi**

L'acqua piovana varia a seconda delle stagioni e delle condizioni climatiche. Questa fonte idrica è controllabile solo parzialmente e l'utenza deve sempre fare i conti con l'incertezza di avere acqua a sufficienza (NWRM, 2015; Campling et al., 2008).

L'uso dell'acqua piovana nelle case potrebbe incontrare resistenze da parte degli utenti per ragioni igieniche o di disponibilità. In effetti, prassi inappropriate di gestione e manutenzione dei sistemi di raccolta e trattamento possono compromettere la qualità dell'acqua (Campling et al., 2008).

Per l'uso nelle abitazioni come acqua non potabile e a seconda della località, i costi di investimento possono essere superiori a quelli di altre fonti di approvvigionamento. È necessario un doppio sistema di distribuzione. I nuclei familiari con un reddito basso non possono sostenere i costi di investimento e i proprietari che affittano gli appartamenti potrebbero non voler investire, dal momento che non trarrebbero alcun vantaggio dalla riduzione delle bollette dell'acqua (Campling et al., 2008).

### Sfide e requisiti per la realizzazione

La raccolta e l'uso su larga scala dell'acqua piovana nelle città richiedono un investimento significativo nelle infrastrutture di raccolta, collegamento, accumulo, trattamento e infine convogliamento nella rete idrica. Se utilizzata per scopi diversi dall'irrigazione di aree verdi, l'acqua deve essere trattata. È inoltre necessario installare un doppio sistema di distribuzione dell'acqua (Campling et al., 2008). Il manuale CIRIA SuDS sottolinea che, ai fini della sostenibilità della raccolta è necessario considerare attentamente i contaminanti potenzialmente presenti nel ruscellamento. Per esempio, il deflusso da tetti realizzati con materiali contenenti rame o zinco, oppure trattati con fungicidi o erbicidi potrebbe non essere idoneo, a seconda dell'uso previsto dell'acqua raccolta (Woods Ballard et al., 2015).

Negli insediamenti urbani densamente popolati potrebbe essere difficoltoso trovare lo spazio necessario per grandi cisterne. Le soluzioni su larga scala rendono necessaria la stretta collaborazione di attori diversi, come i proprietari di edifici e terreni, gli utenti, gli architetti e i costruttori, le amministrazioni cittadine, le aziende dell'acqua, ecc. (NWRM, 2015).

Il controllo limitato sulla disponibilità di acqua impone il ricorso a un approvvigionamento alternativo in caso di necessità. Tuttavia, i costi di investimento elevati tipici della raccolta della pioggia possono scoraggiare la scelta di questa opzione quando è disponibile una fonte di approvvigionamento centralizzata. Sono quindi necessari incentivi che incoraggino la diffusione di questa misura, come quelli adottati nella città di Berlino (Campling et al, 2008).

Indicazioni dettagliate per la progettazione, la costruzione, la gestione e la manutenzione dei sistemi di raccolta della pioggia sono riportate nel manuale CIRIA SuDS (Woods Ballard et al., 2015).

### Riferimenti

NWRM (2015). Rain water harvesting. Disponibile all'indirizzo: <http://nwrn.eu/measure/rainwater-harvesting> [Accesso eseguito il 6 agosto 2018]

Campling, P., De Nocker, L., Schiettecatte, W., Iacovides, A.I., Dworak, T., Kampa, E., Álvarez Arenas, M., Cuevas Pozo, C., Le Mat, O., Matthei, V., Kervarec, F. (2008). Assessment of alternative water supply options. Disponibile all'indirizzo:

[http://ec.europa.eu/environment/water/quantity/pdf/Summary%20Report\\_extended%20version.pdf](http://ec.europa.eu/environment/water/quantity/pdf/Summary%20Report_extended%20version.pdf)

[Accesso eseguito il 6 agosto 2018]

susDrain (2018). Component: Rainwater harvesting. Disponibile all'indirizzo: <https://www.susdrain.org/delivering-suds/using-suds/suds-components/source-control/rainwater-harvesting.html> [Accesso eseguito il 21 agosto 2018]

Woods Ballard, S.; Wilson, S; Udale-Clarke, H.; Illman, S.; Scott, T.; Ashley, R.; & Kellagher, R. (2015). The SuDS Manual. London: CIRIA.

**Fonte fotografica:** <https://www.flickr.com/photos/rmommaerts/3619535165/>; **Licenza:** CC BY-SA 2.0.

## 12. Superfici permeabili

### Descrizione

Le superfici o pavimentazioni permeabili consentono all'acqua piovana di infiltrarsi attraverso la superficie e penetrare negli strati sottostanti (susDrain, 2018). Alcuni tipi di superfici permeabili consentono l'infiltrazione nelle falde acquifere sottostanti, contribuendo in tal modo ad aumentarne i livelli e/o i flussi, mentre altre non interagiscono con le falde ma regolano il tasso di deflusso accumulando l'acqua piovana e rilasciandola a una velocità controllata (NWRM, 2015).



Foto di: sconosciuto/wikipedia.org

Le **superfici permeabili** consentono l'infiltrazione dell'acqua su tutta la loro superficie (ad es. erba o ghiaia costipata, oppure calcestruzzo poroso e selciato), mentre le **pavimentazioni permeabili** sono costituite di per sé da materiale impermeabile all'acqua ma includono spazi vuoti su tutta la loro superficie per consentire l'infiltrazione (NWRM, 2015; susDrain, 2018).

**Tipo di intervento:** creazione di un nuovo spazio verde

**Prodotti e servizi coperti:** pavimentazioni permeabili/pervie, SuDS, progettazione paesaggistica, architettura paesaggistica, gestione delle acque meteoriche, costruzione di infrastrutture di trasporto, gestione delle acque, costruzione di sistemi di drenaggio e fognari

### Problemi affrontati (rischi climatici)

#### Scala

#### Efficacia

Secondo susDrain (2018), le prestazioni in termini di riduzione della portata di picco, riduzione dei volumi e trattamento della qualità dell'acqua sono "buone". Un'analisi dell'efficacia delle pavimentazioni permeabili per la riduzione del deflusso (Blanc et al., 2012, citato in NWRM, 2015) ha riscontrato che i valori di riduzione del deflusso variano dal 10% al 100%, mentre le riduzioni della portata di picco vanno dal 12% al 90%. L'efficacia può diminuire significativamente con il passare del tempo in assenza di una gestione dei sedimenti (NWRM, 2015).

#### Co-benefici tipici

Ambientali	Regolazione del ciclo idrico
	Ricarica delle falde acquifere
Sociali	Rigenerazione di aree degradate
	Incremento dell'occupazione
Economici	Approvvigionamento idrico <i>(in caso di progettazione volta a consentire l'infiltrazione in terreni o falde sottostanti)</i>
	Aumento del valore di terreni e immobili

**Riferimenti:** TecNALIA, 2017; NWRM, 2015.

### Informazioni sui costi

NWRM (2015) riporta spese capitali di 40-90 EUR per m<sup>2</sup> di area di pavimentazione permeabile e costi di manutenzione di 1-5 EUR per m<sup>2</sup>. La spesa capitale di una pavimentazione permeabile supera generalmente del 10-15% quella per le pavimentazioni standard, senza però tenere conto dei benefici aggiuntivi in termini di gestione dell'acqua piovana (NWRM, 2015).

### Potenziati svantaggi, impatti negativi e compromessi

Le superfici permeabili non possono essere usate nei casi in cui grandi quantità di sedimenti potrebbero dilavare o essere trasportate sulla superficie (susDrain, 2018).

### Sfide e requisiti per la realizzazione

Le superfici permeabili non possono essere usate nei casi in cui grandi quantità di sedimenti potrebbero dilavare o essere trasportate sulla superficie (susDrain, 2018). Le superfici permeabili devono essere regolarmente pulite eliminando limo e altri sedimenti al fine di mantenere la capacità di infiltrazione (Wood Ballard et al., 2015) e per evitare il rischio di ostruzione prolungata e la crescita di erbacce in caso di scarsa manutenzione (susDrain, 2018).

Sono particolarmente idonee per i parcheggi in superficie, le strade pedonali, gli spazi tra gli edifici, le piazze e i parchi gioco, ma non devono essere utilizzate per gli spazi di pubblica utilità sotterranei, come i parcheggi (Tecnalia, 2017). Nel Regno Unito, le superfici permeabili sono ampiamente utilizzate sulle strade a traffico ridotto, con carichi bassi sugli assali e velocità inferiori a 30 miglia orarie (susDrain, 2018).

L'infiltrazione non è generalmente consigliabile per le aree in cui il terreno o la geologia ha una permeabilità ridotta, i livelli delle acque di falda sono elevati o il substrato sottostante è contaminato (NWRM, 2015).

Indicazioni dettagliate per la progettazione, la costruzione, la gestione e la manutenzione delle superfici permeabili sono riportate nel manuale CIRIA SuDS (Woods Ballard et al., 2015).

### Riferimenti

Blanc, J.; Arthur, S.; & Wright, G. (2012). Natural flood management (NFM) knowledge system: Part 1- Sustainable urban drainage systems (SUDS) and flood management in urban areas.

NWRM (2015). Permeable surfaces [online]. Disponibile all'indirizzo: <http://nwrn.eu/measure/permeable-surfaces> [Accesso eseguito il 7 maggio 2018].

susDrain (2018). Component: Pervious surfaces. Disponibile all'indirizzo: <https://www.susdrain.org/delivering-suds/using-suds/suds-components/source-control/pervious-surfaces/pervious-surfaces-overview.html> [Accesso eseguito il 7 agosto 2018].

Tecnalia (2017). Nature-based solutions for local climate adaptation in the Basque Country. Bilbao: Ithobe, Environmental Management Agency.

Woods Ballard, S.; Wilson, S.; Udale-Clarke, H.; Illman, S.; Scott, T.; Ashley, R.; & Kellagher, R. (2015). The SuDS Manual. London: CIRIA.

**Fonte fotografica:** [https://en.m.wikipedia.org/wiki/File:Rasenpflasterstein\\_1.jpg](https://en.m.wikipedia.org/wiki/File:Rasenpflasterstein_1.jpg).

### 13. Bacini di infiltrazione

#### Descrizione

I bacini di infiltrazione sono avvallamenti vegetati poco profondi, progettati per accumulare il ruscellamento sulla superficie e consentirne l'infiltrazione graduale nel terreno (susDrain, 2018). Di norma sono asciutti, fatta eccezione per i periodi di precipitazioni intense (susDrain, 2018). I bacini di infiltrazione esercitano anche un'azione di trattamento del deflusso attraverso processi di filtrazione fisica per la rimozione dei solidi, assorbimento sul materiale del terreno circostante o reazioni biochimiche che implicano la crescita di microorganismi sul riempimento o nel terreno (susDrain, 2018). Possono inoltre fornire benefici in termini di pubblica utilità (NWRM, 2015).



Foto di: Lance Cpl. Jason Jimenez

**Tipo di intervento:** creazione di un nuovo spazio verde

**Prodotti e servizi coperti:** SuDS, progettazione paesaggistica, architettura paesaggistica, gestione delle acque meteoriche, gestione delle acque, costruzione di sistemi di drenaggio e fognari

#### Efficacia

Le prestazioni di questi sistemi dipendono dalla capacità di infiltrazione del terreno e dalla profondità delle falde (Woods Ballard et al., 2015). Secondo susDrain (2018), i bacini di infiltrazione hanno complessivamente prestazioni "medie" in termini di riduzione della portata di picco e prestazioni "buone" per quanto riguarda la riduzione dei volumi.

I bacini di infiltrazione si utilizzano di norma per il trattamento del deflusso di un numero limitato di proprietà nelle aree residenziali e sono efficaci per accumulare il ruscellamento da aree di drenaggio di meno di 0,2 km<sup>2</sup> (NWRM, 2015). Secondo Barber et al. (2003, citati in NWRM, 2015), i bacini di infiltrazione possono ridurre il deflusso di picco del 65-87% (in caso di "piccole tempeste"), del 50-60% ("tempeste medie") e del 40% ("grandi tempeste"). Se progettati correttamente con una bocca di scarico appropriata, i bacini di infiltrazione possono anche rallentare il ruscellamento in caso di eventi che superano la capacità di accumulo del bacino stesso (NWRM, 2015).

#### Co-benefici tipici

Ambientali	Regolazione del ciclo idrico
	Ricarica delle falde acquifere
	Biodiversità
Sociali	Svago, educazione ambientale, maggiore spazio per l'aggregazione sociale
	Incremento della pubblica utilità
	Aumento del valore di terreni e immobili
	Incremento dell'occupazione

*Riferimenti:* NWRM, 2015.



### Informazioni sui costi

NWRM (2015) indica spese capitali tra i 15 e i 90 EUR per m<sup>3</sup> di volume di detenzione. I costi sono generalmente inferiori quando si utilizzano maggiormente le caratteristiche naturali o topografiche esistenti (NWRM, 2015). I costi di manutenzione annuali vanno da 0,15 a 5,5 EURO/m<sup>2</sup> di area del bacino, a seconda della conformazione e degli interventi di manutenzione necessari (NWRM, 2015).

### Potenziati svantaggi, impatti negativi e compromessi

Sussiste il rischio di ingresso di deflussi inquinanti nelle falde acquifere e in alcune aree potrebbe quindi essere necessario un pre-trattamento prima che il deflusso si infiltri nel bacino, per esempio attraverso fossi vegetati o bacini di detenzione per ridurre il carico di sedimenti e trattenere metalli pesanti e oli (NWRM, 2015).

### Sfide e requisiti per la realizzazione

I bacini di infiltrazione necessitano di un'area ampia e piatta e potrebbero non funzionare correttamente in caso di collocazione impropria, progettazione lacunosa e mancanza di manutenzione (susDrain, 2018).

Indicazioni dettagliate per la progettazione, la costruzione, la gestione e la manutenzione dei sistemi di infiltrazione sono riportate nel manuale CIRIA SuDS (Woods Ballard et al., 2015).

### Riferimenti

Barber, M. E.; King, S. G.; Yonge, D. R. & Hathhorn, W. E. (2003). Ecology Ditch: A best management practice for storm water runoff mitigation. *Journal of Hydraulic Engineering*, 8(3), 111-122.

NWRM (2015). Bacini di infiltrazione [online]. Disponibile all'indirizzo: <http://nwrn.eu/measure/infiltration-basins> [Accesso eseguito il 7 maggio 2018]

susDrain (2018). Component: Infiltration basins [online]. Disponibile all'indirizzo: <https://www.susdrain.org/delivering-suds/using-suds/suds-components/infiltration/infiltration-basin.html> [Accesso eseguito il 7 maggio 2018]

Woods Ballard, S.; Wilson, S.; Udale-Clarke, H.; Illman, S.; Scott, T.; Ashley, R.; & Kellagher, R. (2015). The SuDS Manual. London: CIRIA

Fonte fotografica: <https://www.cherrypoint.marines.mil/Photos/igphoto/2001272049/>.

## 14. Trincee di infiltrazione

### Descrizione

Le trincee di infiltrazione sono scavi poco profondi riempiti con ghiaia o ghiaietto che permettono all'acqua di infiltrarsi nei terreni circostanti dal fondo e dai lati della trincea (NWRM, 2015). La loro funzione è pertanto quella di potenziare la naturale capacità del terreno di accumulare e drenare l'acqua. Oltre a ridurre portate e volumi del ruscellamento, le trincee di infiltrazione rimuovono anche inquinanti e sedimenti attraverso la filtrazione fisica, l'assorbimento nel materiale della trincea o le reazioni biochimiche nel riempimento o nel terreno (NWRM, 2015). D'altro canto, non sono destinate a fungere da trappole per i sedimenti e devono necessariamente essere progettate con un sistema di pre-trattamento laddove il carico di sedimenti è elevato (NWRM, 2015). Le trincee di infiltrazione sono di facile realizzazione e rappresentano una soluzione ideale per circondare i campi da gioco, le aree ricreative o gli spazi pubblici all'aperto (susDrain, 2018). Inoltre, aumentano il tenore di umidità del terreno e contribuiscono alla ricarica delle falde acquifere (susDrain, 2018).



Foto di: sconosciuto/flickr.com

**Tipo di intervento:** creazione di un nuovo spazio verde

**Prodotti e servizi coperti:** SuDS, progettazione paesaggistica, architettura paesaggistica, gestione delle acque meteoriche, gestione delle acque, costruzione di sistemi di drenaggio e fognari

### Efficacia

Secondo susDrain (2018), le trincee di infiltrazione possono ridurre sensibilmente i tassi di deflusso (prestazioni "medie") e i volumi (prestazioni "alte"), come anche il carico di inquinanti scaricati nel corpo ricevente (prestazioni "alte"). Le trincee di infiltrazione vengono solitamente progettate per l'infiltrazione di tutta l'acqua dall'area di drenaggio corrispondente, fino a eventi con tempo di ritorno di 30 anni (NWRM, 2015).

### Co-benefici tipici

Ambientali	Regolazione del ciclo idrico
	Ricarica delle falde acquifere
Sociali	Incremento dell'occupazione

*Riferimenti:* NWRM, 2015

### **Informazioni sui costi**

NWRM (2015) riporta costi di costruzione di 70-90 EUR al m<sup>3</sup> di volume di accumulo, a seconda della profondità, della geometria e delle condizioni del terreno/geologiche sottostanti. I costi di manutenzione vanno da 0,25 a 4,00 EUR al m<sup>2</sup> di area superficiale (NWRM, 2015).

### **Potenziali svantaggi, impatti negativi e compromessi**

Il rischio è quello di introdurre inquinanti nelle falde acquifere, ma si tratta di un rischio contenuto in quanto le trincee di infiltrazione non vengono utilizzate per il drenaggio di siti particolarmente inquinati (NWRM, 2015).

### **Sfide e requisiti per la realizzazione**

Le trincee di infiltrazione si utilizzano generalmente in siti relativamente piani (NWRM, 2015). Non sono adeguate per i terreni con particelle fini (argilla/limo) nel bacino a monte e, in assenza di un pre-trattamento efficace, è molto probabile che si formino ostruzioni (susDrain, 2018).

Indicazioni dettagliate per la progettazione, la costruzione, la gestione e la manutenzione dei sistemi di infiltrazione sono riportate nel manuale CIRIA SuDS (Woods Ballard et al., 2015).

### **Riferimenti**

NWRM (2015). Infiltration Trenches. Disponibile all'indirizzo: <http://nwrm.eu/measure/infiltration-trenches> [Accesso eseguito il 7 maggio 2018]

susDrain (2018). Component: Infiltration trenches. Disponibile all'indirizzo: [https://www.susdrain.org/delivering-suds/using-suds/suds-components/infiltration/infiltration\\_trench.html](https://www.susdrain.org/delivering-suds/using-suds/suds-components/infiltration/infiltration_trench.html) [Accesso eseguito il 7 maggio 2018]

Woods Ballard, S.; Wilson, S; Udale-Clarke, H.; Illman, S.; Scott, T.; Ashley, R.; & Kellagher, R. (2015). The SuDS Manual. London: CIRIA.

**Fonte fotografica:** <https://www.flickr.com/photos/75012107@N05/14660267252/>; **Licenza:** CC BY-SA 2.0.

## 15. Pozzi perdenti

### Descrizione

I pozzi perdenti sono camere quadrate o circolari interrati, riempite di pietrisco o rivestite con mattoni o anelli di polietilene, che vengono usate per accumulare il ruscellamento superficiale e consentirgli di penetrare nel terreno (NWRM, 2015). Possono essere collegati l'uno all'altro in modo da fungere da drenaggio di grandi aree, incluse le strade (susDrain, 2018). Svolgono una funzione di attenuazione delle acque meteoriche, trattamento e ricarica delle falde acquifere. I pozzi perdenti occupano superfici ridotte, sono facili da costruire e gestire e possono essere realizzati in una fase successiva (susDrain, 2018). Sono particolarmente adatti per l'infiltrazione del ruscellamento da piccole aree come i tetti degli edifici residenziali (Woods Ballard et al., 2015). I pozzi perdenti possono essere integrati senza particolari difficoltà, ma hanno spesso un valore limitato in termini di pubblica utilità e biodiversità, in quanto sono sotterranei e l'acqua non è visibile in superficie (susDrain, 2015).



Foto di: Andras Kis/nwrm.eu

**Tipo di intervento:** creazione di un nuovo spazio verde

**Prodotti e servizi coperti:** pozzi perdenti, SuDS, gestione delle acque meteoriche, gestione delle acque, costruzione di sistemi di drenaggio e fognari

### Efficacia

Secondo susDrain (2018), le prestazioni in termini di riduzione della portata di picco, riduzione dei volumi e trattamento della qualità dell'acqua sono "buone". I pozzi perdenti vengono generalmente progettati per catturare e infiltrare il deflusso di eventi con tempo di ritorno di 30 anni (NWRM, 2015).

### Co-benefici tipici

Ambientali	Regolazione del ciclo idrico
	Ricarica delle falde acquifere
Sociali	Incremento dell'occupazione

**Riferimenti:** NWRM, 2015

### Informazioni sui costi

NWRM (2015) riporta costi di costruzione di 90-140 EUR al m<sup>3</sup> di volume di accumulo. I costi di manutenzione vanno da 0,25 a 1,25 EUR al m<sup>2</sup> di area superficiale, a seconda di configurazione, dimensioni e posizione (NWRM, 2015).

### Potenziali svantaggi, impatti negativi e compromessi

#### Sfide e requisiti per la realizzazione

Secondo susDrain (2018) i pozzi perdenti non sono adeguati per i terreni scarsamente drenanti, per le zone dove l'infiltrazione dell'acqua può mettere a rischio fondazioni strutturali o dove l'acqua di infiltrazione può avere effetti negativi sui modelli di drenaggio esistenti. Inoltre, non sono idonei per il drenaggio di deflussi inquinati. In alcune aree è necessario valutare il rischio di inquinamento delle falde (NWRM, 2015).

Il deflusso con concentrazioni significative di sedimento non deve essere scaricato direttamente nei pozzi perdenti, in quanto il deposito di sedimenti riduce le prestazioni di capacità con il passare del tempo (NWRM, 2015). Per ridurre il carico di sedimenti è opportuno effettuare il pre-trattamento, come ad esempio mediante un collettore di oli e sedimenti (NWRM, 2015).

Indicazioni dettagliate per la progettazione, la costruzione, la gestione e la manutenzione dei sistemi di infiltrazione sono riportate nel manuale CIRIA SuDS (Woods Ballard et al., 2015).

#### Riferimenti

NWRM (2015). Soakaways. Disponibile all'indirizzo: <http://nwrn.eu/measure/soakaways> [Accesso eseguito il 7 maggio 2018]

susDrain (2018). Component: Soakaways. Disponibile all'indirizzo: <https://www.susdrain.org/delivering-suds/using-suds/suds-components/infiltration/soakaways.html> [Accesso eseguito il 7 maggio 2018]

Woods Ballard, S.; Wilson, S; Udale-Clarke, H.; Illman, S.; Scott, T.; Ashley, R.; & Kellagher, R. (2015). The SuDS Manual. London: CIRIA.

**Fonte fotografica:** <http://nwrn.eu/measure/soakaways>

## 16. Giardini pluviali

### Descrizione

I giardini pluviali sono avvallamenti vegetati del terreno su piccola scala, che consentono d'intercettare il drenaggio dai tetti e altre acque superficiali "pulite", cioè con un tenore ridotto di contaminanti (susDrain, 2018). Il termine viene spesso utilizzato come sinonimo di "**area di bioritenzione**", sebbene quest'ultima possa riferirsi anche ad altre componenti SuDS, come le fasce filtro o i fossi vegetati (NWRM, 2015). I giardini pluviali si utilizzano di norma a livello di singola proprietà, in prossimità degli edifici (susDrain, 2018).

Possono essere realizzati in una fase successiva, occupano superfici ridotte, possono essere progettati come elementi paesaggistici e hanno una manutenzione agevole (susDrain, 2018).



I giardini pluviali sono costituiti da una vasta gamma di componenti, quali fasce erbose filtranti per ridurre le velocità di deflusso in entrata e filtrare il particolato, vasche per l'accumulo temporaneo delle acque superficiali (che favoriscono l'ulteriore sedimentazione del particolato), aree di compost/materiale organico per la filtrazione, terriccio (per la filtrazione e come supporto per la coltivazione), piante erbacee e da fusto per intercettare le piogge e favorire l'evaporazione e l'assorbimento vegetativo degli inquinanti, letti di sabbia per fornire un buon drenaggio e un trattamento finale per il deflusso attraverso l'infiltrazione (NWRM, 2015).

**Tipo di intervento:** creazione di un nuovo spazio verde

**Prodotti e servizi coperti:** progettazione paesaggistica, architettura paesaggistica, SuDS, gestione delle acque meteoriche, gestione delle acque, costruzione di sistemi di drenaggio e fognari

### Efficacia

Secondo susDrain (2018), i giardini pluviali sono efficaci ai fini della riduzione del tasso di deflusso (con prestazioni valutate come "buone" in termini di riduzione della portata di picco) e, in una certa misura, possono anche ridurre il volume di deflusso (prestazioni "medie" principalmente a causa delle loro dimensioni relativamente contenute). Per quanto riguarda la qualità dell'acqua, possono assorbire efficientemente gli idrocarburi e i metalli pesanti attraverso l'assorbimento vegetativo e l'inclusione di componenti argillosi nel terriccio (NWRM, 2015).

### Co-benefici tipici

Ambientali	Regolazione del ciclo idrico
	Ricarica delle falde acquifere
	Biodiversità
	Impollinazione
	Stoccaggio di carbonio
Sociali	Svago, educazione ambientale, maggiore spazio per l'aggregazione sociale
	Rigenerazione di aree degradate

	Incremento della pubblica utilità
	Incremento dell'occupazione
Economici	Aumento del valore di terreni e immobili

Riferimenti: NWRM, 2015.

### Informazioni sui costi

Non è stato possibile reperire informazioni specifiche sui costi. I costi di realizzazione variano a seconda della necessaria preparazione del sito e del tipo di piantumazione scelta (NWRM, Foto di: Hamby, C./flickr.com 2015). Per quanto riguarda i costi di manutenzione, NWRM (2015) rileva che un giardino pluviale semplice costruito a livello di singola proprietà richiede una manutenzione analoga a quella di un giardino e quindi alcuni costi aggiuntivi per il proprietario dell'abitazione. I giardini pluviali a livello stradale richiedono manutenzione da parte delle autorità municipali, ovvero interventi che possono essere inseriti nelle normali attività di pulizia e drenaggio delle strade (NWRM, 2015).

### Potenziati svantaggi, impatti negativi e compromessi

I rischi di inquinamento devono essere valutati a livello di sito specifico (NWRM, 2015).

### Sfide e requisiti per la realizzazione

I giardini pluviali non si prestano alle aree con pendenze accentuate (susDrain, 2018). In assenza di cura del paesaggio circostante, sono soggetti a intasamenti (susDrain, 2018).

Indicazioni dettagliate per la progettazione, la costruzione, la gestione e la manutenzione dei sistemi di bioritenzione, inclusi i giardini pluviali, sono riportate nel manuale CIRIA SuDS (Woods Ballard et al., 2015).

### Riferimenti

NWRM (2015). Rain Gardens [online]. Disponibile all'indirizzo: <http://nwrn.eu/measure/rain-gardens> [Accesso eseguito il 7 maggio 2018].

susDrain (2018). Component: Rain gardens. Disponibile all'indirizzo: <https://www.susdrain.org/delivering-suds/using-suds/suds-components/infiltration/rain-gardens.html> [Accesso eseguito il 7 agosto 2018].

Woods Ballard, S.; Wilson, S; Udale-Clarke, H.; Illman, S.; Scott, T.; Ashley, R.; & Kellagher, R. (2015). The SuDS Manual. London: CIRIA.

Fonte fotografica: <https://www.flickr.com/photos/usepagov/15455930908>

## 17. Fossi vegetati

### Descrizione

I fossi vegetati sono canali vegetati poco profondi e ampi che accumulano e/o convogliano il ruscellamento tra stadi diversi di una filiera di trattamento SuDS (susDrain, 2018; Woods Ballard et al., 2015). Possono inoltre rimuovere gli inquinanti tramite filtrazione. I fossi vegetati possono anche avere la funzione di favorire l'infiltrazione laddove le condizioni del terreno e delle falde lo consentono (susDrain, 2018). Di norma si utilizzano per il drenaggio di



strade, marciapiedi o parcheggi, oppure per convogliare il deflusso sulla superficie, come alternative alle condutture convenzionali (Woods Ballard et al., 2015). Lungo il percorso di flusso possono essere installati sbarramenti di ritenuta o berme, per favorire la sedimentazione e filtrazione del ruscellamento e ridurre ulteriormente la velocità di flusso (susDrain, 2018; Woods Ballard et al., 2015).

I fossi vegetati sono principalmente di tre tipi (NWRM, 2015):

Fossi vegetati di trasporto standard: usati per convogliare il deflusso dall'area di drenaggio verso uno stadio successivo di una filiera SuDS, possono essere rivestiti o non rivestiti.

Fossi vegetati secchi potenziati: includono un letto filtrante di terreno posto sopra il sistema di drenaggio per un ulteriore trattamento e una maggiore capacità di trasporto dell'acqua rispetto a un fosso standard. Il canale principale rimane secco, eccezion fatta per gli eventi di precipitazione intensa. Per evitare infiltrazioni nel terreno può essere aggiunto un rivestimento nel sistema di drenaggio.

Fossi vegetati umidi: si utilizzano quando è necessario un trattamento prolungato; si impiegano rivestimenti o vengono realizzati in aree con un piano di falda elevato in modo che l'acqua venga trattenuta per periodi più lunghi.

**Tipo di intervento:** creazione di un nuovo spazio verde

**Prodotti e servizi coperti:** sistemi di drenaggio sostenibili (SuDS), gestione delle acque meteoriche, progettazione paesaggistica, architettura paesaggistica, gestione delle acque, costruzione di sistemi di drenaggio e fognari

## Riferimenti

NWRM (2015). Rain Gardens [online]. Disponibile all'indirizzo: <http://nwrn.eu/measure/rain-gardens> [Accesso eseguito il 7 maggio 2018].

susDrain (2018). Component: Rain gardens. Disponibile all'indirizzo: <https://www.susdrain.org/delivering-suds/using-suds/suds-components/infiltration/rain-gardens.html> [Accesso eseguito il 7 agosto 2018].

Woods Ballard, S.; Wilson, S; Udale-Clarke, H.; Illman, S.; Scott, T.; Ashley, R.; & Kellagher, R. (2015). The SuDS Manual. London: CIRIA.

Fonte fotografica: <https://www.flickr.com/photos/usepagov/15455930908>

## Efficacia

Secondo susDrain (2018), le prestazioni in termini di riduzione della portata di picco e riduzione dei volumi sono "medie". Un'analisi dell'efficacia idrogeologica dei fossi vegetati ha riscontrato che essa dipende in larga misura dalle caratteristiche di buona progettazione e conformazione paesaggistica locale/di bacino (Blanc et al., 2012, citato in NWRM, 2015). La letteratura esaminata da Blanc et al. (2012) indica che i fossi vegetati raggiungono in genere livelli di riduzione media del ruscellamento di oltre il 50%, sebbene esistano variazioni significative (NWRM, 2015). SNIFFER (2004) riporta riduzioni della portata di picco del 52% e del 65% in due fossi vegetati scozzesi (citato in NWRM, 2015).

Per quanto concerne la qualità dell'acqua, sono efficaci ai fini della rimozione di inquinanti in sospensione attraverso la filtrazione e la sedimentazione (susDrain, 2018). La capacità di trattamento del deflusso è ancora superiore nel caso dei fossi vegetati umidi (NWRM, 2015).



### Co-benefici tipici

Ambientali	Regolazione del ciclo idrico
	Biodiversità
Sociali	Incremento della pubblica utilità
	Incremento dell'occupazione

Riferimenti: Woods Ballard et al., 2012; susDrain, 2018; Davis e Naumann, 2017.

### Informazioni sui costi

NWRM (2015) indica spese capitali di 15-80 EUR per m<sup>2</sup> di area dei fossi vegetati, variabili a seconda della configurazione (tipo di vegetazione, dimensioni, collegamenti con il drenaggio a monte e a valle). I costi più elevati sono quelli dei fossi vegetati "potenziati" con un letto filtrante sopra il sistema di drenaggio. Anche i costi di manutenzione variano a seconda della configurazione e vanno da 0,50 a 4 EUR per m<sup>2</sup>.

### Potenziali svantaggi, impatti negativi e compromessi

- In genere richiedono estensioni di terreno superiori a quelle delle soluzioni di drenaggio convenzionali (NWRM, 2015).
- Costituiscono una limitazione all'uso di alberi per la progettazione paesaggistica (susDrain, 2018).
- Esistono rischi di ostruzioni nelle tubazioni di collegamento (susDrain, 2018).

### Sfide e requisiti per la realizzazione

Limitazioni e prerequisiti principali evidenziati da Woods Ballard et al. (2015):

- Difficoltà di integrazione in insediamenti urbani densamente popolati in cui lo spazio è limitato.
- Da non collocare in aree ad alto rischio di applicazione eccessiva di fertilizzanti o pesticidi, che potrebbero inquinare il deflusso.
- I fossi vegetati non rivestiti non devono essere usati in aree industriali dismesse, a meno che il rischio di percolazione non sia gestito a livelli accettabili.
- I fossi vegetati non devono essere usati per il trattamento del deflusso da aree con carichi di inquinanti elevati, se esiste il rischio di grave inquinamento delle falde attraverso l'infiltrazione.
- Non sono adeguati per le aree in cui l'ombreggiamento limiterebbe la crescita della vegetazione.
- Devono essere conformi alle norme di pubblica sicurezza.
- Si devono di norma utilizzare specie autoctone.
- Necessitano di manutenzione regolare per continuare a operare secondo le prestazioni previste.

NWRM (2015) aggiunge che i fossi vegetati devono essere utilizzati in aree con pendenze ridotte lungo tutta la lunghezza e dove il ruscellamento da aree impermeabili può fluire nei fossi stessi.

Indicazioni dettagliate per la progettazione, la costruzione, la gestione e la manutenzione dei fossi vegetati sono riportate nel manuale CIRIA SuDS (Woods Ballard et al., 2015).

### Riferimenti

Blanc, J.; Arthur, S.; & Wright, G. (2012). Natural flood management (NFM) knowledge system: Part 1 - Sustainable urban drainage systems (SUDS) and flood management in urban areas.

Davis, M. & Naumann, S. (2015). Making the Case for Sustainable Urban Drainage Systems as a Nature-Based Solution to Urban Flooding. In: Kabisch et al. (eds.), *Nature-based Solutions to Climate Change Adaptation in Urban Areas*. Theory and Practice of Urban Sustainability Transitions. Springer.

NWRM (2015). Swales. Disponibile all'indirizzo: <http://nwrn.eu/measure/swales> [Accesso eseguito il 7 maggio 2018]

susDrain (2018). Component: Swales. Disponibile all'indirizzo: <https://www.susdrain.org/delivering-suds/using-suds/suds-components/swales-and-conveyance-channels/swales.html> [Accesso eseguito il 7 maggio 2018]

Woods Ballard, S.; Wilson, S; Udale-Clarke, H.; Illman, S.; Scott, T.; Ashley, R.; & Kellagher, R. (2015). The SuDS Manual. London: CIRIA.

**Fonte fotografica:** <https://www.flickr.com/photos/chrishamby/17102513879/in/photostream/>; **Licenza:** CC BY-SA 2.0.

## 18. Canali piantumati e rill

### Descrizione

I canali e i rill sono canali poco profondi che raccolgono il ruscellamento superficiale. Possono essere integrati all'inizio di una filiera SuDS. Sono in grado di rallentare il ruscellamento, catturare limo e oli e convogliare il deflusso a elementi SuDS a valle (NWRM, 2015; susDrain, 2018). Possono inoltre fungere da elementi di collegamento tra componenti SuDS. Canali e rill possono essere piantumati al fine di incrementare la pubblica utilità e la biodiversità. In quanto tali, possono essere considerati come NBS. Data la loro larghezza ridotta, canali e rill occupano una quantità minima di terreno e possono quindi essere incorporati in tutte le opere ex-novo così come essere integrati in fasi successive (NWRM, 2015).

**Tipo di intervento:** creazione di un nuovo spazio verde

**Prodotti e servizi coperti:** SuDS, progettazione paesaggistica, architettura paesaggistica, gestione delle acque meteoriche, gestione delle acque, costruzione di sistemi di drenaggio e fognari



Foto di: Peter Skynner

### Efficacia

Secondo susDrain (2018), le prestazioni di questa componente in relazione alla riduzione della portata di picco e del volume sono "medie". L'efficacia in termini di trattamento della qualità dell'acqua è medio-alta, a seconda della configurazione (susDrain, 2018).

### Co-benefici tipici

Ambientali	Regolazione del ciclo idrico
	Biodiversità
Sociali	Incremento della pubblica utilità
	Rigenerazione di aree degradate
	Incremento dell'occupazione

Riferimenti: NWRM (2015)

### Informazioni sui costi

NWRM (2015) rileva che non è appropriato assegnare dei costi a questa misura isolata, in quanto è parte integrante di schemi SuDS più ampi.

### Sfide e requisiti per la realizzazione

- Devono essere utilizzati solo per raccogliere il ruscellamento proveniente da piccole aree (NWRM, 2015).

### Riferimenti

NWRM (2015). Channels and rills. Disponibile all'indirizzo: <http://nwrn.eu/measure/channels-and-rills> [Accesso eseguito il 7 maggio 2018]

susDrain (2018). Component: Channels & rills. Disponibile all'indirizzo: <https://www.susdrain.org/delivering-suds/using-suds/suds-components/swales-and-conveyance-channels/channels-and-rills.html> [Accesso eseguito il 7 maggio 2018].

**Fonte fotografica:** <https://www.geograph.org.uk/reuse.php?id=3936441>.

## 19. Bacini di detenzione

### Descrizione

I bacini di detenzione sono avvallamenti vegetati destinati a immagazzinare l'acqua di deflusso e rallentarne il flusso (NWRM, 2015). I sedimenti e gli altri inquinanti contenuti nell'acqua immagazzinata possono essere filtrati, assorbiti dal terreno circostante o degradati biochimicamente, mentre l'acqua accumulata può essere drenata lentamente verso un corso d'acqua vicino usando una struttura che ne controlli la portata di uscita. I bacini di detenzione in genere non consentono

l'infiltrazione (NWRM, 2015). Di norma sono asciutti e si riempiono solo durante e immediatamente dopo le precipitazioni. Possono fungere da strutture ricreative o di svago (Woods Ballard et al., 2015). I bacini di detenzione vengono solitamente collocati verso la fine della filiera di trattamento SuDS e assolvono alla loro funzione quando è necessario un trattamento prolungato del ruscellamento, oppure per ragioni connesse al paesaggio o alla fauna selvatica (susDrain, 2018).



Foto di: Volkening, A./flickr.com

**Tipo di intervento:** creazione di un nuovo spazio verde

**Prodotti e servizi coperti:** SuDS, progettazione paesaggistica, architettura paesaggistica, gestione delle acque meteoriche, gestione delle acque, costruzione di sistemi di drenaggio e fognari

### Efficacia

Secondo susDrain (2018), le prestazioni dei bacini di detenzione sono “buone” in termini di riduzione della portata di picco, “scarse” per la riduzione dei volumi e “medie” per il trattamento della qualità dell'acqua. La capacità di accumulo del ruscellamento dipende dalla conformazione del bacino, che può essere dimensionato per eventi di precipitazione di qualsiasi entità (NWRM, 2015).

### Co-benefici tipici

Ambientali	Regolazione del ciclo idrico
	Riduzione della temperatura di picco
	Biodiversità
	Stoccaggio di carbonio
Sociali	Incremento della pubblica utilità
	Svago, educazione ambientale, maggiore spazio per l'aggregazione sociale
	Incremento dell'occupazione

*Riferimenti:* NWRM, 2015.

### Informazioni sui costi

I costi di acquisto del terreno (come anche i costi di opportunità derivanti dal mancato sfruttamento per insediamenti) possono essere elevati, dal momento che i bacini di detenzione sono misure che occupano una quantità elevata di suolo. Tuttavia, il costo dipende dal valore del terreno nel sito specifico (NWRM, 2015).

I costi di costruzione nel Regno Unito vanno tipicamente dai 20 ai 40 euro per m<sup>3</sup> di volume di accumulo fornito, ma altre fonti indicano che tali costi possono arrivare a 90-110 EUR per m<sup>3</sup> di volume di detenzione (NWRM, 2015). Secondo NWRM (2015), i costi annuali di manutenzione variano tra 0,5 e 5 EUR al m<sup>2</sup> di area del bacino.

### Sfide e requisiti per la realizzazione

I bacini di detenzione necessitano di una quantità relativamente estesa di terreno, ma consentono il doppio sfruttamento, ad es. come campi sportivi (NWRM, 2015).

Non devono essere collocati in aree in cui l'accumulo di acqua può rendere instabili le pendenze o causare problemi a livello di fondazioni, ad es. nelle aree soggette a smottamenti o sulla sommità di declivi (NWRM, 2015).

I bacini di detenzione non rivestiti non sono idonei per i siti in cui esiste il rischio di contaminazione delle falde (NWRM, 2015).

Indicazioni dettagliate per la progettazione, la costruzione, la gestione e la manutenzione dei bacini di detenzione sono riportate nel manuale CIRIA SuDS (Woods Ballard et al., 2015).

### Riferimenti

NWRM (2015). Detention Basins. Disponibile all'indirizzo: <http://nwrn.eu/measure/detention-basins> [Accesso eseguito il 7 maggio 2018]

susDrain (2018). Component: Detention basins. Disponibile all'indirizzo: [https://www.susdrain.org/delivering-suds/using-suds/suds-components/retention\\_and\\_detention/Detention\\_basins.html](https://www.susdrain.org/delivering-suds/using-suds/suds-components/retention_and_detention/Detention_basins.html) [Accesso eseguito il 7 maggio 2018]

Woods Ballard, S.; Wilson, S; Udale-Clarke, H.; Illman, S.; Scott, T.; Ashley, R.; & Kellagher, R. (2015). The SuDS Manual. London: CIRIA.

**Fonte fotografica:** <https://www.flickr.com/photos/87297882@N03/8027724588/in/photostream/>; **Licenza:** CC BY 2.0.

## 20. Stagni di ritenzione

### Descrizione

Gli stagni di ritenzione sono stagni o vasche progettati con capacità di accumulo aggiuntiva ai fini di un'attenuazione del ruscellamento durante le precipitazioni piovose (NWRM, 2015). Sono invasi permanenti con sponde e aree circostanti coperte di vegetazione (NWRM, 2015). Gli stagni di ritenzione possono essere realizzati utilizzando un avvallamento naturale preesistente, scavando un nuovo avvallamento o costruendo terrapieni (NWRM). Possono inoltre svolgere una funzione di trattamento delle acque, in quanto l'acqua piovana di deflusso viene trattenuta e trattata nell'invaso per sedimentazione e/o

assorbimento biologico che riduce le concentrazioni di nutrienti (susDrain, 2018). Oltre a ciò, gli stagni di ritenzione possono apportare numerosi benefici ecologici, estetici e di pubblica utilità e possono incrementare il valore degli immobili della zona (susDrain, 2018).

**Tipo di intervento:** creazione di un nuovo spazio verde

**Prodotti e servizi coperti:** SuDS, gestione delle acque meteoriche, progettazione paesaggistica, architettura paesaggistica, gestione delle acque, costruzione di sistemi di drenaggio e fognari



### Informazioni sui costi

I costi di acquisto del terreno (come anche i costi di opportunità derivanti dal mancato sfruttamento per insediamenti) possono essere elevati, dal momento che gli stagni di ritenzione sono misure che occupano una quantità elevata di suolo. Tuttavia, il costo dipende dal valore del terreno nel sito specifico (NWRM, 2015). Secondo NWRM (2015), le spese capitali vanno da 10 a 60 EUR/m<sup>3</sup> di volume di accumulo e possono aumentare in caso di necessità di rivestimento dello stagno o costruzione su pendenze più ripide o terreni meno stabili. I costi di manutenzione annuali vanno da 1 a 5 euro per metro quadro di stagno di ritenzione (NWRM, 2015).

### Potenziati svantaggi, impatti negativi e compromessi

Nei climi più caldi, le acque stagnanti possono creare un ecosistema idoneo per le zanzare, che possono favorire la trasmissione di alcune malattie (NWRM, 2015).

### Sfide e requisiti per la realizzazione

Gli stagni di ritenzione devono essere dimensionati adeguatamente a seconda dell'area di bacino e della profondità critica delle piogge (NWRM, 2015).

Il rivestimento può essere necessario nei siti in cui la contaminazione del terreno può incidere negativamente sulla qualità dell'acqua nello stagno (NWRM, 2015).

Indicazioni dettagliate per la progettazione, la costruzione, la gestione e la manutenzione degli stagni sono riportate nel manuale CIRIA SuDS (Woods Ballard et al., 2015).

### Riferimenti

NWRM (2015). Retention Ponds. Disponibile all'indirizzo: <http://nwrn.eu/measure/retention-ponds> [Accesso eseguito il 7 maggio 2018]

susDrain (2018). Component: Retention ponds. Disponibile all'indirizzo:

[https://www.susdrain.org/delivering-suds/using-suds/suds-](https://www.susdrain.org/delivering-suds/using-suds/suds-components/retention_and_detention/retention_ponds.html)

[components/retention\\_and\\_detention/retention\\_ponds.html](https://www.susdrain.org/delivering-suds/using-suds/suds-components/retention_and_detention/retention_ponds.html) [Accesso eseguito il 7 maggio 2018]

Woods Ballard, S.; Wilson, S; Udale-Clarke, H.; Illman, S.; Scott, T.; Ashley, R.; & Kellagher, R. (2015). The SuDS Manual. London: CIRIA.

**Fonte fotografica:** [https://www.flickr.com/photos/juggernautco/10651053243/in/album-](https://www.flickr.com/photos/juggernautco/10651053243/in/album-72157637268693884/)

[72157637268693884/](https://www.flickr.com/photos/juggernautco/10651053243/in/album-72157637268693884/); **Licenza:** CC BY 2.0

## 21. Sistemi geocellulari di accumulo

### Descrizione

I sistemi geocellulari di accumulo sono un tipo di componente SuDS per immagazzinare temporaneamente l'acqua sottoterra prima del rilascio controllato o il riuso (Woods Ballard et al., 2015). Si tratta di unità modulari in plastica ad alta porosità, che vengono assemblate in modo da formare una struttura di accumulo (Woods Ballard et al., 2015).

La struttura modulare o a nido d'ape consente di adattare i sistemi geocellulari ai requisiti specifici di qualunque sito

(susDrain, 2018). Sono leggeri e facili da installare senza dover ricorrere a macchinari pesanti, il che comporta risparmi di tempo e costi durante la costruzione rispetto a sistemi alternativi come le cisterne di calcestruzzo o le condutture (Woods Ballard et al., 2015).

Esistono diversi tipi di unità geocellulari, ciascuna con caratteristiche strutturali e capacità di carico differenti (Woods Ballard et al., 2015). Possono essere installate sotto aree trafficate o non trafficate, come anche sotto spazi pubblici aperti, come le aree di gioco (susDrain, 2018).

Queste tecniche possono essere considerate "grigie", in quanto implicano l'utilizzo di strutture realizzate dall'uomo. Tuttavia, ai fini di questa analisi sono state trattate come NBS insieme ad altre componenti SuDS, dal momento che non sono "in concorrenza" con altre soluzioni grigie ma contribuiscono a una filiera SuDS più ampia.

**Tipo di intervento:** N/D

**Prodotti e servizi coperti:** sistemi di drenaggio sostenibili, gestione delle acque meteoriche, produzione di unità geocellulari, installazione di sistemi geocellulari, gestione delle acque, costruzione di sistemi di drenaggio e fognari



### Efficacia

I sistemi geocellulari hanno percentuali elevate di vuoti (fino al 96%) e assicurano un'alta capacità di accumulo (susDrain, 2018). Secondo susDrain (2018), le prestazioni in termini di riduzione della portata di picco e riduzione dei volumi sono "buone" (quando consentono l'infiltrazione).

### Co-benefici tipici

Ambientali	Regolazione del ciclo idrico
Sociali	Incremento dell'occupazione

### Informazioni sui costi

Non sono state reperite informazioni sui costi.



### **Potenziali svantaggi, impatti negativi e compromessi**

I sistemi geocellulari possono risultare di difficile manutenzione e la misurazione delle prestazioni è difficoltosa (susDrain, 2018).

### **Sfide e requisiti per la realizzazione**

Indicazioni dettagliate per la progettazione, la costruzione, la gestione e la manutenzione dei sistemi geocellulari sono riportate nel manuale CIRIA SuDS (Woods Ballard et al., 2015).

### **Riferimenti**

susDrain (2018). Geocellular systems [online]. Disponibile all'indirizzo: [https://www.susdrain.org/delivering-suds/using-suds/suds-components/retention\\_and\\_detention/geocellular-storage-systems.html](https://www.susdrain.org/delivering-suds/using-suds/suds-components/retention_and_detention/geocellular-storage-systems.html) [Accesso eseguito il 27 agosto 2018]

Woods Ballard, S.; Wilson, S; Udale-Clarke, H.; Illman, S.; Scott, T.; Ashley, R.; & Kellagher, R. (2015). The SuDS Manual. London: CIRIA.

**Fonte fotografica:** susDrain (2018). Sistemi geocellulari [online]. Disponibile all'indirizzo: [https://www.susdrain.org/delivering-suds/using-suds/suds-components/retention\\_and\\_detention/geocellular-storage-systems.html](https://www.susdrain.org/delivering-suds/using-suds/suds-components/retention_and_detention/geocellular-storage-systems.html) [Accesso eseguito il 27 agosto 2018]

## 22. Fasce filtro

### Descrizione

Le fasce filtro sono strisce di terreno vegetate in leggera pendenza che favoriscono la sedimentazione e la filtrazione consentendo alle acque di deflusso provenienti da un'area impermeabile di fluire attraverso di esse e, dove appropriato, di infiltrarsi (susDrain, 2018; Woods Ballard et al., 2015).

Il deflusso fluisce lentamente in maniera laminale attraverso la fascia filtro in modo tale che i processi di trattamento avvengano in modo efficace (Woods Ballard et al., 2015).

Vengono spesso utilizzate come soluzione di pre-trattamento a monte di fossi vegetati, sistemi di bioritenzione e trincee al fine di prolungare la durata di queste componenti catturando i sedimenti, oppure per fungere da componenti di trattamento, laddove la superficie è di lunghezza sufficiente (Woods Ballard et al., 2015).

Le fasce filtro vengono solitamente collocate tra una superficie dura e un corpo ricevente, un sistema di raccolta, trattamento o smaltimento delle acque superficiali (susDrain, 2018).

Sono in genere di facile realizzazione, hanno costi di costruzione bassi e possono essere facilmente integrate nel paesaggio e progettate per offrire benefici di carattere estetico (susDrain, 2018).

**Tipo di intervento:** creazione di un nuovo spazio verde

**Prodotti e servizi coperti:** sistemi di drenaggio sostenibili, gestione delle acque meteoriche, progettazione paesaggistica, architettura paesaggistica, gestione delle acque, costruzione di sistemi di drenaggio e fognari



Foto di: sconosciuto/flickr.com

### Problemi affrontati (rischi climatici)

\*La funzione primaria delle fasce filtro è la rimozione di inquinanti (qualità dell'acqua), ma spesso vengono impiegate in combinazione con altre componenti SuDS per la gestione del deflusso e svolgono quindi una funzione anche nell'ambito delle inondazioni da acque superficiali.

### Efficacia

Secondo susDrain (2018), gli stagni di ritenzione sono efficaci ai fini della riduzione della portata di picco e del miglioramento della qualità dell'acqua (prestazioni "buone"), ma non assicurano riduzioni dei volumi. Attenuano il flusso delle acque meteoriche trattenendo e rilasciando il deflusso a un tasso controllato quando il rischio di inondazione non è più presente (NWRM, 2015). Gli stagni di ritenzione vengono solitamente progettati per attenuare il deflusso di eventi con tempo di ritorno fino a 30 anni per l'area di drenaggio (talvolta anche superfici maggiori), con il volume in eccesso che viene drenato in un arco di 24-72 ore (NWRM, 2015). Efficacia

Secondo susDrain (2018), le fasce filtro attenuano solo in misura ridotta il deflusso, ma possono essere utilizzate per ridurre l'area impermeabile drenata. Per quanto concerne la qualità dell'acqua, sono efficaci ai fini della rimozione di inquinanti solidi attraverso la filtrazione e la sedimentazione (susDrain, 2018).

### Co-benefici tipici

Ambientali	Regolazione del ciclo idrico
	Biodiversità
	Miglioramento della qualità e della stabilità del suolo, prevenzione dell'erosione
Sociali	Incremento della pubblica utilità

	Incremento dell'occupazione
--	-----------------------------

Riferimenti: NWRM (2015)

### Informazioni sui costi

I costi variano sensibilmente in funzione della conformazione delle fasce filtro, della densità e varietà della vegetazione e dell'impiego o meno di materiali di substrato come la ghiaia per incrementarne l'efficacia (NWRM, 2015). Le fonti esaminate da NWRM (2015) indicano che le spese capitali variano da 3 a 30 EUR per m<sup>2</sup> di area della fascia filtro. I costi di manutenzione vanno da 0,50 a 6,50 EUR al m<sup>2</sup> di area della fascia filtro, a seconda di conformazione e posizione (NWRM, 2015).

Per quanto riguarda i costi di acquisto del terreno, è solitamente più costoso realizzare le fasce filtro in aree già sfruttate piuttosto che costruirle in aree scarsamente sfruttate (NWRM, 2015).

### Potenziati svantaggi, impatti negativi e compromessi

Secondo susDrain (2018), le fasce filtro non sono adeguate per i siti in pendenza, per il drenaggio del deflusso in punti caldi o per ubicazioni in cui sussiste il rischio di contaminazione delle falde, a meno che non venga impedita l'infiltrazione. Oltre a ciò, non sono particolarmente efficaci per l'attenuazione o la riduzione dei flussi in caso di eventi estremi (susDrain, 2018).

Le fasce filtro sono misure che richiedono una quantità media di terreno nell'ambiente urbano e, pertanto, possono implicare costi di opportunità per la loro realizzazione (NWRM, 2015).

### Sfide e requisiti per la realizzazione

Affinché abbiano una buona efficacia in termini di trattamento degli inquinanti, è necessaria una progettazione adeguata che consideri pendenza, larghezza e tipo di vegetazione (NWRM, 2015). Le fasce filtro necessitano inoltre di ispezioni e manutenzione regolare per poter operare efficacemente (NWRM, 2015).

Indicazioni dettagliate per la progettazione, la costruzione, la gestione e la manutenzione delle fasce filtro sono riportate nel manuale CIRIA SuDS (Woods Ballard et al., 2015).

### Riferimenti

NWRM (2015). Filter strips. Disponibile all'indirizzo:

[http://nwrn.eu/sites/default/files/nwrn\\_ressources/u6\\_-\\_filter\\_strips.pdf](http://nwrn.eu/sites/default/files/nwrn_ressources/u6_-_filter_strips.pdf) [Accesso eseguito il 27 agosto 2018]

susDrain (2018). Component: Filter strips. Disponibile all'indirizzo: <https://www.susdrain.org/delivering-suds/using-suds/suds-components/filtration/filter-strips.html> [Accesso eseguito il 27 agosto 2018]

Woods Ballard, S.; Wilson, S.; Udale-Clarke, H.; Illman, S.; Scott, T.; Ashley, R.; & Kellagher, R. (2015). The SuDS Manual. London: CIRIA.

**Fonte fotografica:** <https://www.flickr.com/photos/34071056@N03/3173919823/in/album-72157612200711101/>; **Licenza:** CC BY-ND 2.0.

## 23. Tetti d'acqua

### Descrizione

I tetti d'acqua trattengono e rilasciano lentamente il ruscellamento usando vari tipi di dispositivi o strutture di regolazione del flusso (Foster et al., 2011; Sustainable Technologies Evaluation Program, senza data). Possono includere varie tecnologie, tra le quali sistemi di accumulo dei pluviali, cisterne, valvole, tubazioni e vasche che agiscono in maniera attiva o passiva per raccogliere e scaricare l'acqua piovana (Foster et al., 2011; Eagle, 2017).

I tetti attivi, denominati anche sistemi automatizzati di gestione del deflusso dei tetti, funzionano secondo un meccanismo

prestabilito che talvolta implica valvole programmabili regolabili idraulicamente, per controllare la ritenzione e il rilascio dell'acqua (Eagle, 2017). Possono basarsi su svariate tecniche, da quelle altamente sofisticate a meccanismi più limitati. Quelli più sofisticati possono includere l'impiego di strumenti di comunicazione e gestione dei dati come l'"integrazione di previsioni", che adotta sensori e feed di dati basati su Internet per prevedere le quantità di pioggia (Eagle, 2017). I tetti d'acqua passivi si limitano invece a raccogliere e trattenere l'acqua piovana e possono anche funzionare come serbatoi temporanei che successivamente rilasciano l'acqua per evaporazione (Eagle, 2017). Di norma richiedono una manutenzione minima o nulla, mentre quelli attivi necessitano di manutenzione regolare (Eagle, 2017).

L'acqua catturata da questi tetti può essere usata per applicazioni non potabili in loco o per l'irrigazione, la ricarica diretta delle falde acquifere (ad esempio tramite sezionamenti dei pluviali e sistemi di infiltrazione) o venire scaricata direttamente nei sistemi fognari a una portata ridotta o dopo il picco delle precipitazioni piovose (Foster et al., 2011). Può anche essere spruzzata direttamente sul tetto per aumentare l'effetto di raffreddamento generato dall'evaporazione (Foster et al., 2011).

I tetti d'acqua possono essere installati sulle coperture piane degli edifici che sono strutturalmente in grado di sostenere il carico aggiuntivo dei suoi componenti e delle acque meteoriche raccolte (Sustainable Technologies Evaluation Program, senza data). Per determinare l'idoneità di un tetto d'acqua e le possibili opzioni progettuali per un edificio vanno considerati svariati fattori come, per esempio, la capacità strutturale dell'edificio, il tipo e la pendenza del tetto, il clima locale e le normative locali (Sustainable Technologies Evaluation Program, senza data).

**Tipo di intervento:**

**Prodotti e servizi coperti:** tetti d'acqua, sistemi di drenaggio sostenibili, gestione delle acque meteoriche, costruzione di edifici, gestione delle acque, costruzione di sistemi di drenaggio e fognari



Foto di: The Urban Greening Company

## Efficacia

In generale, il volume di acqua che può trattenere un tetto di questo tipo dipende da numerosi fattori, in particolare le dimensioni del tetto, la quantità e la profondità delle vasche o dei contenitori impiegati e la configurazione complessiva del tetto d'acqua (Eagle, 2017).

Ad esempio, il monitoraggio di un progetto pilota a New York ha mostrato che l'installazione di un tetto d'acqua con vasche ha dato come risultato una riduzione del 45% del deflusso dal tetto durante le precipitazioni piovose (Roy et al., 2014).

## Co-benefici tipici

Ambientali	Regolazione della temperatura
Sociali	Incremento della pubblica utilità
	Incremento dell'occupazione
Economici	Consumo energetico ridotto
	Aumento del valore di terreni e immobili
	Apporto idrico

*Riferimenti:* Eagle (2017)

## Informazioni sui costi

I costi dei tetti d'acqua dipendono, fra le altre cose, dalla tipologia specifica (attivi o passivi) e dalle attrezzature usate, ma sono generalmente considerati una soluzione relativamente poco costosa per la gestione delle acque meteoriche (Eagle, 2017; Foster et al., 2011). Secondo Foster et al. (2011), sulla base di stime statunitensi, l'installazione di un tetto d'acqua incrementa il costo di meno di 1-4 USD per piede quadrato rispetto a un tetto piatto nuovo.

## Potenziati svantaggi, impatti negativi e compromessi

Se un tetto d'acqua non viene adeguatamente progettato e costruito, vi sono rischi di perdite che possono portare alla formazione di pozze, generare danni da acqua, infiltrazioni e persino cedimenti strutturali nel lungo termine (Eagle, 2017). Al fine di evitare questi rischi, gli standard edilizi di alcune aree impongono l'impiego di contenitori con una membrana secondaria, in grado di impedire che eventuali perdite della prima membrana provochino infiltrazioni e accumuli sul tetto (Eagle, 2017).

## Sfide e requisiti per la realizzazione

Questa tecnologia richiede pianificazione e progettazione attente, che tengano conto della struttura esistente e della capacità di carico. Laddove i tetti d'acqua vengono installati su coperture esistenti, la struttura preesistente deve essere controllata accuratamente per accertare che possa sostenere i nuovi carichi generati da acqua e attrezzature (Eagle, 2017). Il sistema deve essere in grado di sostenere il peso a pieno carico (Eagle, 2017). Va anche considerato il clima locale. In alcuni casi, per esempio, va valutata la scelta dei materiali considerando l'orientamento dell'edificio rispetto al sole (Eagle, 2017).

La progettazione dei tetti d'acqua deve valutare anche i batteri presenti nell'acqua, gli insetti e le piante che possono crescere nell'acqua stagnante (Eagle, 2017). Prima di utilizzare l'acqua trattenuta dalle strutture dei tetti d'acqua (anche nelle applicazioni non potabili) sono necessari controlli regolari (Eagle, 2017).

Data la relativa novità delle tecnologie dei tetti d'acqua, si riscontra una certa resistenza dei proprietari alla loro installazione. Per gli edifici con molteplici proprietari, potrebbero emergere grandi ostacoli da superare per poter investire in un tetto d'acqua, dato che è necessario il consenso di tutti i proprietari (Eagle, 2017).

### Riferimenti

Eagle, J. (2017). The rise of the blue roof. *Construction Specifier*. Disponibile all'indirizzo: <https://www.constructionspecifier.com/the-rise-of-the-blue-roof/> (Accesso eseguito l'8 febbraio 2019).

Foster, J.; Lowe, A.; Winkelman, S. (2011). The value of green infrastructure for urban climate adaptation. The Center for Clean Air Policy.

Roy, S.; Quigley, M.; and Raymond, C. (2014). From Green to Blue: Making Roof Systems Sustainable in Urban Environments. *Roofing*. Disponibile all'indirizzo: <http://www.roofingmagazine.com/green-blue-making-roof-systems-sustainable-urban-environments/> (Accesso eseguito l'8 febbraio 2019).

Sustainable Technologies Evaluation Program (senza data). Blue roofs. Disponibile all'indirizzo: <https://sustainabletechnologies.ca/home/urban-runoff-green-infrastructure/low-impact-development/blue-roofs/> (Accesso eseguito l'8 febbraio 2019).

**Fonte fotografica:** The Urban Greening Company, <http://tugc.co.uk/products/blue-roofs/>

## 24. Zone umide ricostruite

### Descrizione

Le zone umide ricostruite (dette anche zone umide artificiali) sono sistemi ingegneristici che replicano le funzioni delle zone umide naturali, ovvero il filtraggio degli inquinanti nell'acqua. Sono quindi "sistemi di trattamento che usano processi naturali a cui partecipano vegetazione, terreno e assemblaggi microbici delle zone umide per migliorare la qualità dell'acqua" (EPA, 2004). Queste zone possono impedire che gli inquinanti presenti nei deflussi meteorici raggiungano gli

ambienti a valle, quali laghi e corsi d'acqua, e possono anche mitigare il rischio di inondazione da acque superficiali

trattenendo l'acqua e rilasciandola lentamente, in modo analogo alle zone umide naturali.



foto di: NC

Le zone umide ricostruite vengono sempre più impiegate come soluzione per trattare gli sfiori da fognatura mista, cioè il flusso in eccesso delle reti fognarie miste e l'acqua piovana che non può essere trattata dagli impianti riceventi di trattamento dei reflui durante le precipitazioni intense (Liquete et al., 2016).

Esistono svariate configurazioni di queste zone umide, in genere classificate a seconda dello schema di flusso dell'effluente:

- **Zone umide ricostruite a flusso libero superficiale:** solitamente di profondità comprese tra 0,1 e 2 m, con una comunità vegetale che può essere costituita da alghe e macrofite sommerse, galleggianti o emergenti (Land et al., 2016).
- **Zone umide ricostruite a flusso sommerso orizzontale:** progettate tipicamente con un materiale permeabile filtrante ("medium") piantumato con piante macrofite emergenti. L'acqua viene alimentata in corrispondenza di un ingresso e fluisce orizzontalmente dentro e sotto la rizosfera vegetale, per poi uscire in un punto in cui viene raccolta attraverso una struttura di controllo del livello (Land et al, 2016; Vymazal, 2011). Nel Regno Unito sono anche chiamate "letti di canne" (Vymazal, 2011).
- **Zone umide ricostruite a flusso verticale:** simili a quelle di tipo orizzontale, in queste zone umide l'acqua viene alimentata sulla superficie del materiale filtrante e percola verticalmente attraverso la rizosfera (Land et al., 2016).

Le zone umide ricostruite sotterranee sono state ampiamente usate in Europa, mentre i sistemi superficiali a flusso libero predominano in Nord America e Australia (Vymazal, 2011). Di recente sono stati combinati diversi tipi di zone umide ricostruite con l'intento di aumentare l'efficienza di trattamento (Vymazal, 2011).

Le zone umide ricostruite a flusso libero vengono in genere usate per i trattamenti terziari dei reflui municipali, come anche per il deflusso meteorico e le acque di drenaggio minerarie, mentre quelle a flusso orizzontale sono comunemente impiegate per il trattamento secondario dei reflui municipali (sebbene siano state riportate anche altre applicazioni) (Vymazal, 2011).

Oltre alla loro funzione di depurazione e protezione dalle inondazioni, le zone umide ricostruite assicurano anche svariati vantaggi ambientali e socio-economici, come l'aumento della biodiversità (De Martis et al., 2016), le opportunità ricreative ed educative e il sequestro del carbonio (Liquete et al., 2016; Moore e Hunt, 2012).

**Tipo di intervento:** creazione di un nuovo spazio verde

**Prodotti e servizi coperti:** ingegneria ambientale, gestione delle acque, zone umide ricostruite, architettura paesaggistica

### **Efficacia**

Una meta-analisi di Land et al. (2016) giunge alla conclusione che le zone umide ricostruite riducono significativamente il trasporto di azoto e fosforo nei reflui trattati e nel deflusso urbano e agricolo, contribuendo così a contrastare l'eutrofizzazione. In generale, le zone umide ricostruite sono molto efficaci ai fini della rimozione di materia organica, solidi in sospensione e ammoniaca, mentre la rimozione di azoto varia a seconda di svariati fattori (Vymazal, 2011). Svolgono anche un'azione sostenibile di rimozione del fosforo, ma a tassi relativamente ridotti (Vymazal, 2011). Le zone umide a flusso sommerso orizzontale sono molto efficaci nella rimozione di carico organico, solidi in sospensione, inquinamento microbico e metalli pesanti, mentre la rimozione del fosforo è bassa, a meno che non vengano usati mezzi speciali (Vymazal, 2011). Le zone umide a flusso verticale rimuovono le sostanze organiche e i solidi in sospensione (Vymazal, 2011).

Un caso di studio di un sistema ibrido di zone umide ricostruite per trattare gli sfiori da fognatura mista a Gorla Maggiore (Liquete et al., 2016) ha dimostrato l'elevata efficacia di depurazione di questi sistemi raggiungendo rese del 72–96%.

Studi recenti dimostrano che le zone umide ricostruite possono essere efficaci anche nella rimozione di composti speciali come i solfonati di alchilbenzene lineari (spesso usati nei prodotti per la pulizia e i detergenti, ovvero sostanze comunemente presenti nei reflui municipali e industriali) e nei prodotti farmaceutici e per l'igiene personale (Vymazal, 2011).

Per quanto riguarda la prevenzione delle inondazioni, il sistema di Gorla Maggiore ha ridotto significativamente il flusso di picco e gli allagamenti a valle, rispettivamente dell'86% e dell'82,9% (Masi et al., 2016). Tuttavia, le evidenze di questa funzione delle zone umide ricostruite sono minori.



### Co-benefici tipici

Ambientali	Regolazione del ciclo idrico
	Prevenzione delle inondazioni da acque superficiali (in casi speciali)
	Biodiversità
	Stoccaggio di carbonio
Sociali	Salute e qualità della vita
	Svago, educazione ambientale, maggiore spazio per l'aggregazione sociale
	Rigenerazione di aree degradate
	Valori spirituali, religiosi e artistici
	Incremento della pubblica utilità
	Incremento dell'occupazione
Economici	Consumo energetico ridotto
	Apporto idrico
	Aumento del valore di terreni e immobili
	Generazione di reddito

Riferimenti: Liqueste et al. (2016); Moore e Hunt (2012)

### Informazioni sui costi

Secondo il Consiglio comunale di Dublino (2006), le zone umide ricostruite necessitano di una manutenzione minima, che “può essere pari a 1/20 di quella per un impianto di trattamento dei reflui convenzionale”. La fitodepurazione ha anche costi di gestione ridotti, dal momento che il più delle volte utilizza il flusso per gravità (Consiglio comunale di Dublino, 2006). Secondo la stessa fonte, i costi di costruzione sono pari a circa il 10-20% dei costi da sostenere per costruire un impianto di trattamento dei reflui convenzionale (Consiglio comunale di Dublino, 2006).

Il rapporto costi-benefici della soluzione sembra quindi essere ancora superiore quando si considerano altri vantaggi oltre a quelli della depurazione. Per esempio, un'analisi di una zona umida ricostruita che tratta il terzo lago della Florida per grandezza, mostra che la fitodepurazione fornisce servizi ecosistemici per

1,79 milioni di dollari all'anno (usando un approccio di trasferimento dei benefici), mentre i costi di gestione e manutenzione annuali sono in media di 455.000 USD (Dunne et al., 2015).

### Potenziali svantaggi, impatti negativi e compromessi

A seconda della loro conformazione, le zone umide ricostruite possono occupare estensioni di terreno relativamente grandi rispetto alle alternative grigie. Ciò può rappresentare un vincolo importante per le autorità locali, dal momento che i prezzi dei terreni possono essere alti. Tuttavia, affittando il terreno ed esternalizzando i relativi servizi è possibile ridurre il costo (Consiglio comunale di Dublino, 2006).

## Sfide e requisiti per la realizzazione

Sul sito Web dell'associazione britannica Constructed Wetland Association è disponibile una raccolta di linee guida per la progettazione provenienti da vari paesi.  
[https://www.constructedwetland.co.uk/resources/design\\_guides](https://www.constructedwetland.co.uk/resources/design_guides)

## Riferimenti

De Martis, G.; Mulas, B.; Malavasi, V. & Marignani, M. (2016). Can artificial Ecosystems enhance local Biodiversity? The case of a constructed Wetland in a Mediterranean urban context. *Environmental Management*. 57 (5): 1088–1097.

Dublin City Council (2006). Constructed Wetlands: Opportunities for Local Authorities. Disponibile all'indirizzo:  
[https://www.dublincity.ie/sites/default/files/content/WaterWasteEnvironment/WasteWater/Documents/Constructed%20Wetlands-%20opportunities%20for%20LA%27s%20%20\(Don%20McEntee%20Nov%202006\).pdf](https://www.dublincity.ie/sites/default/files/content/WaterWasteEnvironment/WasteWater/Documents/Constructed%20Wetlands-%20opportunities%20for%20LA%27s%20%20(Don%20McEntee%20Nov%202006).pdf)

Dunne, E.; Coveney, M.; Hoge, V.; Conrow, R.; Naleway, R.; Lowe, E.; Battoe, L. & Wang, Y. (2015). Phosphorus removal performance of a largescale constructed treatment wetland receiving eutrophic lake water. *Ecological Engineering* 79, pp.132-142.

EPA (2004). Constructed Treatment Wetlands. Disponibile all'indirizzo:  
<https://nepis.epa.gov/Exe/ZyPDF.cgi/30005UPS.PDF?Dockey=30005UPS.PDF> [Accesso eseguito il 29 agosto 2018]

Land, M. et al. (2016). How effective are created or restored freshwater wetlands for nitrogen and phosphorus removal? A systematic review. *Environmental Evidence* 5(1), p. 9.

Liquete, C. et al. (2016). Integrated valuation of a nature-based solution for water pollution control. Highlighting hidden benefits. *Ecosystem Services* 22, pp. 392-401.

Masi, F. et al. (2017). Constructed wetlands for combined sewer overflow treatment: Ecosystem services at Gorla Maggiore, Italy. *Ecological Engineering* 98, pp. 427-438.

Moore, T. L. C. & Hunt, W. F. (2012). Ecosystem service provision by stormwater wetlands and ponds – A means for evaluation? *Water Research* 46(20), pp. 6811-6823.

Oppla (senza data). Constructed wetlands as a multipurpose green infrastructure in Gorla Maggiore, Italy. Oppla case study. Disponibile all'indirizzo: <https://oppla.eu/casestudy/17252>

UN-HABITAT (2008). Constructed Wetlands Manual. UN-HABITAT Water for Asian Cities Programme Nepal, Kathmandu. Disponibile all'indirizzo: <https://unhabitat.org/books/constructed-wetlands-manual/>

Vymazal, J. (2011). Constructed Wetlands for Wastewater Treatment: Five Decades of Experience. *Environmental Science & Technology* 45(1), pp. 61-69.

**Fonte fotografica:** <https://www.flickr.com/photos/ncwetlands/38031714504/in/album-72157689066401191/>; **Licenza:** CC BY 2.0

## Soluzioni grigie

### a. Argini

#### Descrizione

Gli argini (noti anche come terrapieni o barriere di difesa dalle inondazioni) sono strutture di terra sulle coste o le sponde dei fiumi che hanno la funzione di proteggere le aree costiere e fluviali da alluvioni costiere o fluviali (CIRIA, 2013). Generalmente sono lunghe strutture lineari, solitamente integrate in sistemi di difesa dalle inondazioni che possono includere muri anti-inondazione, paratie, stazioni di pompaggio e altri elementi naturali o ingegneristici, la



Foto di sconosciuto/commons.wikimedia.org

maggior parte descritti in schede tecniche separate. Gli argini possono essere naturali, formati dall'accumulo di sedimenti, o artificiali, spesso costituiti da un nucleo rigido di muratura coperto da altro materiale impermeabile, come sassi o ghiaia (EEA, 2017).

Gli argini svolgono essenzialmente tre funzioni idrauliche (CIRIA, 2013):

- trattengono temporaneamente l'acqua lontano dall'area protetta fino a un livello prestabilito per ridurre il rischio di inondazioni;
- incanalano l'acqua di piena verso valle o un'area non protetta da argini;
- rilasciano in modo controllato l'acqua di piena in un'area specifica riducendo al minimo gli allagamenti a valle.

Questa infrastruttura è maggiormente efficace tanto più grande è l'area tra il fiume o il mare e l'argine, dato che la sua capacità di assorbimento aumenta e l'acqua di piena non esercita una pressione dannosa sulla struttura (EEA, 2017). Inoltre, gli argini possono essere collocati a distanza dai corpi idrici per consentire l'allagamento di piane alluvionali e zone umide, così da rendere questa soluzione più "verde", visto che gli habitat che dipendono dagli allagamenti non vengono disturbati (EEA, 2017).

**Prodotti e servizi coperti:** progettazione, costruzione e manutenzione di argini, ingegneria ambientale, ingegneria civile, costruzione di infrastrutture di controllo delle inondazioni

## Efficacia

Sono tre i fattori che incidono sull'efficacia di un argine secondo l'EEA (2017): la distanza dal fiume o dalla costa, l'altezza e la pressione che l'argine può sopportare in caso di esondazioni. Gli argini vengono normalmente costruiti per proteggere da inondazioni di intensità specifiche e, se ben progettati e mantenuti, possono essere molto efficienti dal punto di vista della riduzione dei danni da alluvione nell'area protetta, al di sotto e fino al livello di intensità previsto.

## Informazioni sui costi

La costruzione di un argine non richiede grandi estensioni di terreno da acquistare e, perciò, il costo di questa voce rappresenta generalmente dallo 0 all'11% del costo totale del progetto, mentre la costruzione vera e propria costituisce dal 75 al 95% del totale (EEA, 2017). L'EEA (2017) ha raccolto informazioni riguardo il costo totale per la costruzione di un argine di un fiume, che va da 0,7 milioni di euro per km a 4 milioni di euro per km (quest'ultima stima si riferisce all'arretramento e ricostruzione di un argine). Climate Adapt (2015) fornisce stime provenienti dai Paesi Bassi, dove la costruzione degli argini costa da

Foto

3 milioni a 5 milioni EUR/km, a seconda dell'altezza, mentre la realizzazione di argini su <sup>lakec/commons.wikimedia</sup> estuari e coste ha un costo rispettivamente di 5 e 7,5 milioni EUR/km. Un risultato interessante citato da Climate Adapt (2015) è che la costruzione di argini con dune, utilizzando sabbia che preserva il carattere naturale della riva, può aumentare significativamente il costo, arrivando fino a più di 45 milioni di euro per chilometro.

Per rinforzare un argine il costo potrebbe essere ancora superiore. L'EEA (2017) indica che il costo di rinforzo nel fiume Elba è stato stimato tra i 4 e i 6 milioni di euro per chilometro. Jonkman et al. (2013) presentano stime di costi per l'innalzamento di argini costieri nei Paesi Bassi, differenziando le aree rurali da quelle urbane. Secondo tali stime, il costo unitario di innalzamento degli argini nelle aree urbane va da

15,5 a 22,4 milioni di euro/km per metro di innalzamento, mentre varia da 4,5 a 12,4 milioni di euro/km per metro di innalzamento nelle aree rurali. Infine, gli argini necessitano di manutenzione costante, interventi che costano da 400 a 100.000 euro/km all'anno (EEA, 2017; Jonkman, 2013).

## Potenziali svantaggi, impatti negativi e compromessi

La costruzione di argini, come tutte le difese costiere rigide, può avere effetti negativi sui sistemi costieri, dal momento che fissa la posizione della linea di costa, limitando la natura dinamica dell'ecosistema e ostacolando i processi costieri naturali, come l'apporto di sedimenti, le interazioni spiaggia/dune e le risposte all'innalzamento del livello del mare (Xianli et al., 2010). Inoltre, gli argini sono costruzioni imponenti che occupano grandi estensioni e possono quindi impedire l'uso dell'area per altri scopi (Xianli et al., 2010). Infine, gli argini rendono più difficile l'accesso a fiumi e coste, danneggiando il valore estetico e ricreativo di questi ecosistemi (EEA, 2017).

## Riferimenti

CIRIA (2013). The international levee handbook, CIRIA, London.

Climate-ADAPT (2015). Adaptation or improvement of dikes and dams [online]. Disponibile all'indirizzo: [https://climate-adapt.eea.europa.eu/metadata/adaptation-options/adaptation-or-improvement-of-dikes-and-dams/#costs\\_benefits](https://climate-adapt.eea.europa.eu/metadata/adaptation-options/adaptation-or-improvement-of-dikes-and-dams/#costs_benefits)

EEA (2017). EEA (2017). Green Infrastructure and Flood Management – Promoting cost-efficient flood risk reduction via green infrastructure solutions. EEA Report No 14/2017, European Environment Agency.

Jonkman, S.; Hillen, M.; Nicholls, R.; Kanning, W.; van Ledden, M. (2013). Costs of Adapting Coastal Defences to Sea-Level Rise— New Estimates and Their Implications, Journal of Coastal Research, 29(5):1212-1226

Xianli, Z.; Linham, M.; Nicholls, R. (2010). Technologies for Climate Change Adaptation - Coastal Erosion and Flooding. Roskilde: Danmarks Tekniske Universitet, Risø Nationallaboratoriet for Bæredygtig Energi. (TNA Guidebook Series)

## b. Muri anti-inondazione

### Descrizione

I muri anti-inondazione sono barriere verticali fisse poste vicino ai corpi idrici (principalmente i fiumi) nei quali l'acqua può fluttuare stagionalmente o per via di eventi meteorologici estremi. La loro funzione è quella di contenere temporaneamente l'acqua che fuoriesce dalle sponde del corpo idrico e quindi proteggere la zona circostante dalle inondazioni (CIRIA, 2013). Questa soluzione è preferibile nelle località in cui lo spazio è limitato e, perciò, non possono essere adottate altre misure come gli argini. Raggiunge però il suo massimo livello di efficienza quando usata in combinazione con altre difese rigide e strumenti, andando a formare un unico sistema (CIRIA, 2013).

I muri anti-inondazione sono costituiti da una barriera superficiale, una base che supporta la barriera, una compartimentazione sotto la base che blocca le

fuoriuscite e il sollevamento e giunzioni che collegano i pannelli (Ogunyoye, 2011). Possono essere realizzati in calcestruzzo, pietra con malta o mattoni e possono essere fissati su rocce, terra o accumuli (CIRIA, 2013). Le strutture in calcestruzzo gettate in sito possono avere una conformazione a gravità o a sbalzo, la prima delle quali si basa sul peso della struttura per garantire la stabilità mentre la seconda è più sottile e necessita di rinforzo (CIRIA, 2013).

**Prodotti e servizi coperti:** progettazione e costruzione di muri anti-inondazione, ingegneria ambientale, ingegneria civile, costruzione di infrastrutture di controllo delle inondazioni



L'efficacia di un muro anti-inondazione dipende dalla sua altezza e dalla pressione del carico idraulico a cui è in grado di resistere. Questi muri sono progettati in funzione di un tempo di ritorno specifico delle inondazioni, il quale determina sia l'altezza che la robustezza della struttura (CIRIA, 2013).

### Co-benefici tipici

Non è stato individuato alcun co-beneficio.

### Informazioni sui costi

I muri anti-inondazione sono generalmente più costosi degli argini, tuttavia vengono utilizzati per distanze più brevi, il che abbassa il prezzo totale (EEA, 2017). Sulla base di tre progetti tedeschi di protezione dalle inondazioni fluviali, l'EEA (2017) ha stimato un costo medio per 1 km di muro anti-inondazione tra i 3 e i 5 milioni di euro. Inoltre, un muro anti-inondazione ben progettato e costruito richiede una manutenzione minima e, quindi, i costi di manutenzione sono contenuti (CIRIA, 2013).

### Potenziali svantaggi, impatti negativi e compromessi

I muri anti-inondazione, come molte difese rigide, ostacolano i processi ecosistemici fluviali (e costieri) che dipendono da inondazioni periodiche, come la sedimentazione. Uno degli svantaggi principali dei muri anti-inondazione risiede nel fatto che compromettono l'attrattiva estetica dell'area e anche il suo valore ricreativo, dal momento che ostruiscono l'accesso al fiume o alla costa. Inoltre, i muri anti-inondazione a monte possono potenzialmente peggiorare le alluvioni a valle, dato che aumentano il volume e la velocità dell'acqua esercitando una maggiore sollecitazione su argini e muri anti-inondazione a valle (Zurich Insurance Company, senza data).

### **Sfide e requisiti per la realizzazione**

Questa misura non implica requisiti significativi per la sua realizzazione. Il più importante è dato dal fatto che il terreno sottostante deve avere caratteristiche specifiche per essere in grado di supportare la base del muro e resistere alle fuoriuscite di acqua sotto di esso (Rickard, 2009).

### **Riferimenti**

CIRIA (2013). The international levee handbook, CIRIA, London.

EEA (2017). Green Infrastructure and Flood Management – Promoting cost-efficient flood risk reduction via green infrastructure solutions. EEA Report No 14/2017, European Environment Agency.

Ogunyoye, F.; Stevens, R.; Underwood, S. (2011). Temporary and Demountable Flood Protection Guide. Environment Agency. Disponibile online all'indirizzo:  
<https://repository.tudelft.nl/islandora/object/uuid:5d387d19-11a3-4bbd-a7e8-ece0895342d3/datastream/OBJ>

Rickard, C. E. (2009). Flood walls and flood embankments. Fluvial Design Guide. Environment Agency, UK, London.

Zurich Insurance Company Ltd (senza data). European floods: using lessons learned to reduce risks. Zurich Insurance Group, Zurich, Switzerland.

**Fonte fotografica:** [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Floodwall\\_in\\_Sunbury,\\_Pennsylvania.JPG](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Floodwall_in_Sunbury,_Pennsylvania.JPG);

Licenza: CC-BY-SA-4.0

### c. Barriere anti-inondazione temporanee e smontabili

#### Descrizione

Nel corso degli ultimi decenni è aumentato il numero di prodotti tra cui scegliere per la protezione temporanea e smontabile dalle inondazioni (Ogunyoye et al., 2011). I sistemi di protezione temporanea implicano l'installazione di barriere durante un evento di inondazione e la loro successiva rimozione totale quando i livelli dell'acqua tornano normali (Ogunyoye et al., 2011). Le protezioni smontabili prevedono invece l'azionamento, durante un'inondazione, di barriere già completamente pre-installate o l'installazione parziale di questi prodotti su guide già montate all'interno di un basamento pre-costruito (Ogunyoye et al., 2011). Entrambe possono essere utilizzate in assenza di una difesa permanente o come misure complementari quando l'acqua di piena passa sopra, sotto o attorno a un sistema di difesa esistente. Queste due tipologie di barriere hanno forme, funzioni, strutture e modalità operative specifiche. Ogunyoye et al. (2011) hanno compilato un elenco completo delle principali barriere anti-inondazione temporanee e smontabili più usate negli eventi alluvionali costieri e fluviali e il riepilogo seguente su tali soluzioni si basa in larga misura su detta fonte, se non diversamente specificato.

#### Barriere anti-inondazione temporanee

##### *Barriere rigide con telaio*

Le barriere rigide con telaio sono costituite da membrane impermeabili che coprono un telaio metallico con pannelli rigidi che si estendono tra i vari telai. Sono modulari e si uniscono per formare una lunga barriera continua la cui stabilità è assicurata dal peso dell'acqua. Per via della loro struttura molto solida, queste barriere sono particolarmente utili nel caso in cui la loro funzione sia necessaria per periodi di tempo relativamente lunghi (Haaland & Walderhaug, 2016). I vantaggi di questa tipologia di barriera derivano dal fatto che

esse si adattano facilmente a vari tipi di terreni, la loro altezza può essere spesso aumentata mentre sono in uso e possono anche essere riparate in sito. Gli svantaggi includono le forti infiltrazioni a livelli bassi dell'acqua, la pressione elevata sul terreno, la voluminosità e il trasporto pesante, oltre al fatto che le membrane possono essere vulnerabili all'azione del vento.



Fonte fotografica: Ogunyoye et al., 2011

##### *Barriere flessibili con telaio*

Le barriere flessibili sono costituite da telai metallici e una membrana impermeabile flessibile che li unisce. La membrana deve essere rivolta verso monte in modo da formare una lunga striscia, mentre il peso dell'acqua che agisce su di essa ne stabilizza la struttura sigillandola alla superficie del terreno. I vantaggi sono connessi all'elevata adattabilità a vari tipi di terreni e la possibilità di riparazione in sito. Gli svantaggi che devono essere considerati sono le forti infiltrazioni a livelli bassi dell'acqua, la pressione elevata sul terreno, la

voluminosità e il trasporto pesante, oltre al fatto che le membrane possono essere vulnerabili all'azione del vento e alle forature.



Fonte fotografica: Ogunyoye et al., 2011

##### *Barriere rigide autoportanti*



Questa tipologia di barriere include prodotti diversi in termini di configurazione, ma la funzione e le modalità d'uso sono analoghe. Queste barriere sono elementi singoli autoportanti e rigidi, prefabbricati o sotto forma di pannelli incernierati con un supporto interno che vengono collegati in modo da formare una lunga barriera continua. Il sostegno deriva dal peso dell'acqua di piena, che preme in basso il bordo d'entrata anteriore sigillandolo sulla superficie del terreno. La modalità in cui i singoli elementi sono collegati consente di formare



Fonte fotografica: Ogunyoye et al., 2011

archi e angoli. I vantaggi di queste barriere derivano dalla loro installazione rapida e semplice, da requisiti minimi di mobilitazione e smobilitazione e dall'impiego che non richiede macchinari pesanti. Gli svantaggi sono legati alle infiltrazioni significative che possono verificarsi nei terreni accidentati a causa della loro rigidità, il trasporto pesante e la voluminosità, oltre alla pressione esercitata sul terreno.

#### *Barriere flessibili autoportanti*

Le barriere flessibili autoportanti sono costituite da sezioni autoportanti separate coperte da un materiale barriera flessibile e impermeabile (solitamente membrane). La barriera impermeabile deve essere rivolta verso monte in modo da formare una lunga striscia, mentre il peso dell'acqua sulla membrana ne stabilizza la struttura sigillandola alla superficie del terreno. I vantaggi derivano dall'installazione rapida e semplice, che non richiede l'uso di macchinari pesanti, dai requisiti minimi di stoccaggio e dalla facilità di trasporto, dalla



Fonte fotografica: Ogunyoye et al., 2011

mobilitazione e smobilitazione minima e dalla pressione ridotta sulla superficie. Gli svantaggi includono le forti infiltrazioni a livelli bassi dell'acqua e l'elevata vulnerabilità del materiale impermeabile all'azione del vento e alle forature.

#### *Contenitori impermeabili (riempiti)*

Questi contenitori sono barriere cellulari realizzate in materiale impermeabile, come polietilene, poliestere e plastica, riempite di inerti o acqua, e collegate tra loro per formare dighe a gravità stabilizzate dal peso del materiale di riempimento. I vantaggi includono il fatto che l'altezza di alcuni tipi di queste barriere può essere aumentata in uso, non dipendono dal materiale di riempimento per garantire l'impermeabilità e possono essere riempite con qualsiasi tipo di materiale, oltre al fatto che le piccole riparazioni possono



Fonte fotografica: Haaland & Walderhaug,

essere effettuate in sito. Gli svantaggi sono legati alle infiltrazioni significative che possono verificarsi nei terreni accidentati a causa della loro rigidità, la pressione elevata sul terreno, la voluminosità e la mobilitazione e smobilitazione significative.

#### *Contenitori permeabili (riempiti)*



I contenitori permeabili sono barriere cellulari realizzate con materiale permeabile, come tessuto geosintetico o geotessuto, riempite con inerti e collegate tra loro per formare dighe a gravità. I sacchi di sabbia, ovvero un tipo molto comune di barriera anti-inondazione temporanea, rientrano in questa categoria. Queste barriere vengono stabilizzate dal peso del materiale di riempimento, ma possono anche essere rinforzate e mantenute in posizione mediante reti a maglia, perni e telai. L'impermeabilità è garantita dalle proprietà e

dalla densità del materiale di riempimento. I vantaggi di queste barriere sono la loro flessibilità di adattamento ai terreni accidentati, il fatto che possano essere riempite con materiale prontamente disponibile, la facilità di installazione e i requisiti minimi di stoccaggio, oltre alla facilità di incremento dell'altezza mediante impilamento. Gli svantaggi includono il numero ridotto di riutilizzi, lo smaltimento del materiale di riempimento contaminato dopo l'uso, la quantità significativa di terreno necessaria per la loro installazione quando vengono impilate, e la pressione al suolo elevata.

#### *Tubi pieni d'aria*

Questi prodotti sono geo-membrane prefabbricate o tubi in PVC rinforzati e riempiti d'aria; sono particolarmente idonei per lunghe estensioni piuttosto che per piccoli spazi da riempire. Grazie al peso ridotto, i tubi si ancorano con dei perni o mediante una lunga fascia con dei pesi che ne assicura la stabilità e li sigilla sulla superficie. I vantaggi sono la pressione al suolo ridotta, i requisiti minimi di stoccaggio, la facile installazione e l'elevata versatilità, dal momento che possono essere usati per molte altre emergenze.

Gli svantaggi di questi prodotti derivano dalla loro vulnerabilità alle forature, il cedimento rapido di tutto il sistema in caso di foratura e la necessità di una superficie relativamente piatta.

#### *Tubi pieni d'acqua*

Queste barriere possono essere realizzate con lo stesso materiale dei tubi pieni d'aria, ma vengono riempite con acqua. Il peso dell'acqua evita di doverle ancorare per garantirne la stabilità. Possono anche essere impilate per aumentare l'altezza della difesa, ma questa operazione deve essere effettuata con attenzione, dal momento che i tubi non aderiscono l'uno all'altro come avviene in caso di contatto con il terreno. Fra i vantaggi si ricordano l'installazione rapida e semplice, i requisiti minimi di stoccaggio e il fatto che possono

essere riparati in sito. Gli svantaggi derivano dal rapporto larghezza-altezza elevato, dato che per raggiungere un'altezza di due metri è necessaria una larghezza di sette, la vulnerabilità alle forature, il rapido cedimento dell'intero sistema di difesa in caso di foratura, la necessità di superfici relativamente piatte e il rischio di congelamento dell'acqua all'interno del tubo.

#### **Barriere anti-inondazione smontabili**



Fonte fotografica: Ogunyoye et al., 2011



Fonte fotografica: Ogunyoye et al., 2011



Fonte fotografica: Ogunyoye et al., 2011

### *Barriere in sezioni*

Queste barriere sono costituite da molteplici sezioni di materiale rigido, come acciaio o fibra di vetro, che vengono unite o bloccate l'una all'altra per formare una barriera continua. Sono completamente pre-installate, normalmente nascoste in un vano o alloggiamento sotterraneo e, quando vengono sollevate durante un'emergenza, rimangono fissate a una struttura adiacente o una protezione permanente. Le barriere in sezioni possono essere automatiche o manuali. Quelle automatiche si attivano nella fase iniziale di

un'inondazione, mentre per quelle manuali è necessario rimuovere una copertura o sbloccarle e sollevarle. I vantaggi sono dati dalla semplicità di attivazione, che non richiede lavori di installazione o costruzione, dalla loro stabilità e dalla resistenza agli urti. Gli svantaggi includono l'altezza fissa della linea di difesa, che non può quindi essere aumentata, la possibilità di cedimento meccanico e il blocco della copertura o della struttura a causa di detriti, che impedisce il sollevamento.



Fonte fotografica: Ogunyoye et al., 2011

### *Barriere con telaio parzialmente pre-installate*

Queste barriere sono costituite da pannelli rigidi che sono disposti orizzontalmente tra sostegni supportati da basi fisse. Per assicurare la tenuta, i pannelli e i sostegni sono rivestiti con sigillanti, solitamente di alta qualità. I sostegni possono essere fissi o montabili sulle basi secondo necessità. I vantaggi sono dati dalla lunghissima durata della struttura, dalla stabilità e dall'elevata resistenza agli urti, dalle infiltrazioni minime e dalla possibilità di aumentare l'altezza aggiungendo ulteriori pannelli. Gli svantaggi derivano dallo spazio di

stoccaggio necessario, dalle difficoltà di trasporto per via del peso e dai tempi lunghi di installazione e mobilitazione.



Fonte fotografica: Ogunyoye et al., 2011

### *Barriere autoportanti flessibili smontabili*

Le barriere autoportanti flessibili smontabili sono simili a quelle analoghe ma non smontabili, con la differenza che il fissaggio e la stabilizzazione non dipende da lunghe fasce, ma si basa sul collegamento del bordo d'entrata a una base fissa. I vantaggi includono la disponibilità di unità di lunghezze diverse, i requisiti minimi di stoccaggio e la facilità di trasporto, oltre alla praticità di installazione. Lo svantaggio sta nel fatto che i sistemi esistenti sono disponibili solo in dimensioni fisse.



Fonte fotografica: Ogunyoye et al., 2011

### *Barriere autoportanti rigide smontabili*

Queste barriere sono simili a quelle analoghe non smontabili, eccezion fatta per il fissaggio e la stabilizzazione che avviene mediante attacchi pre-installati e non necessita del peso dell'acqua di piena. I vantaggi sono dati dalla facilità e rapidità di installazione, mentre gli svantaggi derivano dai requisiti di stoccaggio e dal fatto che hanno un'altezza fissa.



Fonte fotografica: Ogunyoye et al.,

### Paratoie

Le paratoie sono costituite da una o due sezioni rigide incernierate, che girano o si alzano in posizione per chiudere un varco di una difesa anti-inondazione. In genere sono pre-installate e vengono chiuse in caso di inondazione, mediante un sistema automatico, semi-automatico o manuale. I vantaggi derivano dal fatto che non sono necessarie opere di installazione o costruzione, si azionano facilmente e sono stabili e molto resistenti agli urti. Gli svantaggi sono dati da altezza fissa, possibilità di cedimento meccanico, che ne impedisce l'entrata in funzione, e la possibilità che i detriti ostruiscano la copertura o la struttura.



Fonte fotografica: Ogunyoye et al., 2011

**Prodotti e servizi coperti:** prodotti specifici di difesa dalle inondazioni, costruzione di infrastrutture di controllo delle inondazioni

### Efficacia

Le barriere anti-inondazione sia temporanee che smontabili sono molto efficaci nel limitare l'impatto di inondazioni fluviali e costiere. Nella maggior parte dei casi sono progettate per un livello prestabilito di protezione che può essere fisso o incrementabile in uso a seconda del livello di piena. Oltre a ciò, dato che vengono rimosse dopo l'uso, hanno un impatto ambientale trascurabile. Tuttavia, la loro lunghezza è limitata e perciò possono proteggere solo uno specifico spazio o edificio ma non grandi aree come un paese o una città.

### Co-benefici tipici

Nessuno applicabile.

### Informazioni sui costi

Keating et al. (2015) fornisce un elenco di costi indicativi di alcune barriere temporanee e smontabili disponibili nel Regno Unito, riportato nella tabella seguente.

Barriere rigide con telaio	200-520 GBP/m*
----------------------------	----------------

Barriere flessibili con telaio	-
Barriere rigide autoportanti	145-470 GBP/m
Barriere flessibili autoportanti	188-350 GBP/m
Contenitori impermeabili (riempiti)	150-1.000 GBP/m
Contenitori permeabili (riempiti)	40-110 GBP/m
Tubi pieni d'aria	318 GBP/m*
Tubi pieni d'acqua	290 GBP/m
Barriere in sezioni	Automatiche: 2.100 GBP/m* Manuali: 600-1.900 GBP/m*
Barriere con telaio parzialmente pre-installate	400-800 GBP/m*
Barriere autoportanti flessibili smontabili	600 GBP/m
Barriere autoportanti rigide smontabili	470-10.000 GBP/m
Paratoie (5 x 1 m)	Automatiche: 17.000 GBP* Manuali: 5.500 GBP*
Paratoie (12 x 1 m)	Automatiche: 50.000 GBP* Manuali: 21.000 GBP*

Nota: \*costi di formazione inclusi

### Potenziati svantaggi, impatti negativi e compromessi

Nessuno applicabile.

### Sfide e requisiti per la realizzazione

Queste due tipologie di barriere hanno forme, funzioni, strutture e modalità operative specifiche. Affinché svolgano efficientemente la loro funzione, è essenziale scegliere la soluzione adeguata per proteggere al meglio il sito specifico.

### Riferimenti

Haaland, K.V. and Walderhaug, Ø.B., 2016. Prototyping and testing of novel flood protection systems (Master's thesis, NTNU).

Keating, K.; May, P.; Pettit, A.; Pickering, R. (2015). Cost estimation for temporary and demountable defences – summary of evidence. Environment Agency

Ogunyoye, F.; Stevens, R.; Underwood, S. (2011). Delivering Benefits Through Evidence-Temporary and Demountable Flood Protection Guide. Bristol: Environment Agency.

#### d. Compartimentazione

##### Descrizione

La compartimentazione consiste nella suddivisione di grandi aree dei polder in piccole porzioni o sezioni al fine di ridurre l'area di inondazione e quindi i danni economici e il numero di persone esposte a causa del cedimento di un argine (Asselman and van Vilet, 2012). Questa soluzione divide in sezioni più piccole le grandi aree protette da argini attraverso la costruzione di terrapieni di altezze uguali, inferiori o variabili come difesa primaria (Klijn et al., 2010). La dimensione dei terrapieni varia a seconda dell'uso previsto, che può essere semplicemente quello di rallentare le acque di piena o guidarle verso aree meno suscettibili ad allagamento, caso in cui possono essere più bassi di quelli di difesa primaria (Klijn et al., 2010).

Secondo Klijn et al. (2010), che ha analizzato la letteratura esistente sul controllo dei processi e degli schemi di inondazione, la compartimentazione può essere usata per inondazioni sia fluviali che costiere e i suoi vantaggi includono la riduzione dell'area allagata, la formazione più lenta di rotture negli argini, il rallentamento dell'evoluzione della piena per adottare contromisure, la facilità e rapidità di evacuazione e la necessità di evacuare un minor numero di persone, come anche la riduzione della durata della piena.

**Prodotti e servizi coperti:** pianificazione paesaggistica, ingegneria civile, costruzione di infrastrutture di controllo delle inondazioni

##### Efficacia

La compartimentazione ha la funzione di ridurre le conseguenze degli eventi di piena. Il caso olandese dimostra che questa misura è efficace nel rallentare il processo di allagamento e nel limitarne l'estensione (Klijn et al., 2010). Tuttavia, la sua efficacia dipende dai vantaggi sociali che può fornire rispetto ai costi economici di costruzione degli argini o l'uso di altre misure, come il rinforzo degli argini stessi (Asselman and van Vilet, 2012). Perciò, il rapporto costi-efficacia di questa misura varia da sito a sito.

##### Co-benefici tipici

Non è stato individuato alcun co-beneficio.

##### Informazioni sui costi

Il costo della compartimentazione è stimato essere tra i 2 milioni di euro/km per l'innalzamento di argini esistenti su terreni non sfruttati o con poche strutture e 15 milioni di euro/km per innalzamenti significativi di argini esistenti o costruzione di nuovi argini su terreni sfruttati (Asselman and van Vilet, 2012).

##### Potenziati svantaggi, impatti negativi e compromessi

Gli svantaggi di questa misura includono l'aumento del rischio di perdita di vite umane per via del più rapido aumento del livello dell'acqua, la perdita di spazio dedicato alla costruzione degli argini, il costo elevato di realizzazione e manutenzione e la distruzione di paesaggi naturali e aree di valore culturale (Klijn et al., 2010).

##### Sfide e requisiti per la realizzazione

La costruzione di argini che potrebbero essere necessari per la compartimentazione di un'area necessita di grandi estensioni che, nel caso di aree sfruttate, potrebbero non essere disponibili o essere costose.

##### Riferimenti

Asselman, N., van Vilet, L. 2012. Reduce flood risks by compartmentalisation dikes. STOWA. Disponibile online all'indirizzo:

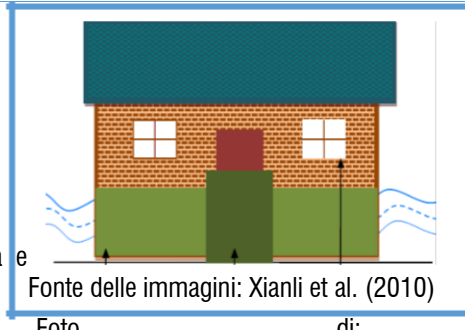
[http://www.deltaproof.nl/pdf/Reduce\\_flood\\_risks\\_by\\_compartmentalisation\\_dikes.aspx?rld=39](http://www.deltaproof.nl/pdf/Reduce_flood_risks_by_compartmentalisation_dikes.aspx?rld=39)

Klijn, F.; Asselman, N.; & Van der Most, H. (2010). Compartmentalisation: flood consequence reduction by splitting up large polder areas. *Journal of Flood Risk Management*, 3(1), 3-17.

## e. Impermeabilizzazione esterna

### Descrizione

Per impermeabilizzazione esterna si intendono tutti quegli interventi che rendono una struttura impermeabile al di sotto di un livello di inondazione previsto, impedendo quindi all'acqua di penetrare (Xianli et al., 2010). Implica quindi la sigillatura dei muri con rivestimenti impermeabilizzanti, l'installazione di membrane impermeabili, la realizzazione di uno strato aggiuntivo di muratura e



calcestruzzo, l'installazione di coperture impermeabili e misure complementari che

impediscono il riflusso fognario (Xianli et al., 2010),

analogamente a quanto illustrato nella figura a destra, dove le parti verdi indicano il materiale sigillante. Il vantaggio di questa soluzione risiede nel fatto che è più abbordabile di altri interventi di protezione più elaborati ed è anche economicamente più conveniente (Xianli et al., 2010). Inoltre, l'impermeabilizzazione esterna velocizza e facilita i lavori di pulizia e riparazione dei danni da inondazione a livello di edificio.

**Prodotti e servizi coperti:** misure di impermeabilizzazione esterna

### Efficacia

L'efficacia di questa soluzione dipende dalla profondità delle inondazioni e perciò aumenta in caso di aree in cui tale profondità è ridotta. Se il livello di inondazione è superiore a quello della protezione, l'effetto è uguale alla totale assenza di protezioni.

### Co-benefici tipici

Non è stato individuato alcun co-beneficio.

### Informazioni sui costi

Secondo Xianli et al. (2010), i costi delle misure di impermeabilizzazione esterna negli USA sono i seguenti:

- Cemento spruzzato sulla struttura: 55,10 USD per metro di muro coperto
- Membrana impermeabile: 18,70 USD per metro di muro coperto
- Asfalto: 39,36 USD per metro di muro coperto
- Fascia di drenaggio attorno al perimetro della casa: 101,68 USD al metro
- Valvola di ritegno dell'impianto idraulico: 1.060 USD ciascuna
- Pozzetto e relativa pompa: 1.710 USD complessivi
- Barriera di protezione in metallo: 1.230 USD per metro quadro di copertura
- Barriera di protezione in legno: 383,76 USD per metro quadro di copertura

I costi riportati si riferiscono all'impermeabilizzazione di circa 0,9 m e sono prezzi in USD del 2009.

### Potenziali svantaggi, impatti negativi e compromessi

Uno degli svantaggi di questa soluzione risiede nel fatto che le barriere devono essere sempre visibili e non sono esteticamente gradevoli, tanto che potrebbero ridurre il valore estetico dell'edificio (Xianli et al.,

2010). Oltre a ciò, è necessaria una manutenzione costante dei materiali anti-allagamento, il che aumenta il costo di realizzazione di questa soluzione (Xianli et al., 2010). In aggiunta, se l'acqua esercita pressione sulla struttura al di sopra dei carichi di progetto, i muri dell'edificio potrebbero crollare, i pavimenti potrebbero cedere e l'edificio potrebbe persino galleggiare, provocando così danni superiori a quelli di un eventuale allagamento (Xianli et al., 2010).



### Sfide e requisiti per la realizzazione

L'impermeabilizzazione esterna richiede studi preliminari di mappatura del rischio di inondazione e l'installazione di sistemi di allerta, affinché il rischio sia noto e la cittadinanza sia informata (Xianli et al., 2010). Queste informazioni lasciano ai residenti il tempo di chiudere le barriere dei loro edifici protetti e di evacuarli tempestivamente. Inoltre, dato che i residenti devono evacuare le abitazioni in caso di inondazione, è necessario predisporre strutture di ricovero e alloggio per queste persone (Xianli et al., 2010).

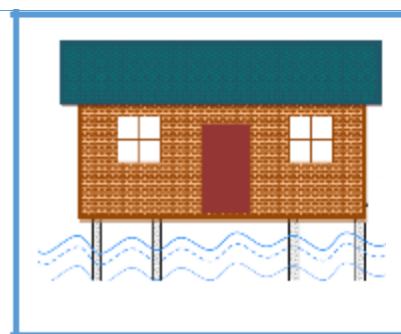
### Riferimenti

Xianli, Z., Linham, M. and Nicholls, R.J. (2010) Technologies for Climate Change Adaptation - Coastal erosion and flooding. TNA Guidebook Series. UNEP/GEF.

### f. Impermeabilizzazione interna

#### Descrizione

A differenza dell'impermeabilizzazione esterna degli edifici, l'impermeabilizzazione interna non mira a tenere l'acqua fuori dalla struttura, facilitandone invece l'ingresso e l'uscita. Per ottenere questo risultato le misure di impermeabilizzazione interna si basano sull'impiego di materiali impermeabili al di sotto del livello di inondazione previsto, la sopraelevazione di impianti importanti e l'ancoraggio delle strutture contro i flussi di piena, oltre che sull'uso di aperture e muri a scomparsa che consentono il passaggio dell'acqua.



(Xianli et al., 2010). Il vantaggio di questa soluzione risiede nel fatto che è molto meno costosa di altre soluzioni più elaborate.

**Prodotti e servizi coperti:** impermeabilizzazione interna

L'efficacia di questa soluzione dipende dalla profondità delle inondazioni e, perciò, aumenta in caso di aree in cui tale profondità è ridotta. Se il livello di inondazione è superiore a quello della protezione, l'effetto è uguale alla totale assenza di protezioni.

#### Co-benefici tipici

Non è stato individuato alcun co-beneficio.

#### Informazioni sui costi

I costi delle misure di impermeabilizzazione interna negli Stati Uniti sono stati raccolti da Xianli et al. (2010). Includono la sopraelevazione della struttura al di sopra del livello di inondazione, che vanno da 29 a 96 USD per piede quadrato di ingombro dell'immobile, e misure aggiuntive come le aperture sui muri per l'ingresso e l'uscita dell'acqua di allagamento, l'installazione di pompe, la ricollocazione degli impianti, lo spostamento degli elettrodomestici e il rivestimento delle superfici che può costare da 2,2 a 17 USD per piede quadrato di ingombro dell'immobile.

#### Potenziali svantaggi, impatti negativi e compromessi

Poiché l'acqua può entrare nella struttura in caso di inondazione, quando recede si rendono necessari interventi pesanti di pulizia (Xianli et al., 2010).

### Sfide e requisiti per la realizzazione

L'impermeabilizzazione interna richiede studi preliminari di mappatura del rischio di inondazione e l'installazione di sistemi di allerta, affinché il rischio sia noto e la cittadinanza sia informata (Xianli et al., 2010). Inoltre, dato che i residenti devono evacuare le abitazioni in caso di inondazione, è necessario predisporre strutture di ricovero e alloggio per queste persone (Xianli et al., 2010).

### Riferimenti

#### g. Miglioramento dei sistemi di drenaggio e aumento della capacità delle condutture

##### Descrizione

L'infrastruttura cittadina di condutture di drenaggio può essere ammodernata affinché possa gestire quantità superiori di acque meteoriche che entrano nella rete.

Prodotti e servizi coperti: costruzione di sistemi di drenaggio e fognari, gestione delle acque



Foto di: Castelazo, T./commons.wikimedia.org

Non sono state reperite informazioni specifiche ma, in linea di principio, l'efficacia dovrebbe essere elevata dal momento che i miglioramenti sono appositamente studiati per gestire afflussi di acqua superiori durante le piogge intense.

##### Co-benefici tipici

Non è stato individuato alcun co-beneficio.

##### Informazioni sui costi

I costi dipendono in larga misura dalla posizione e dall'entità degli interventi, ma sono generalmente molto alti, nell'ordine di milioni di euro.

##### Potenziali svantaggi, impatti negativi e compromessi

La sostituzione di condutture interrate è un'opera costosa e richiede significative interruzioni delle attività cittadine.

##### Sfide e requisiti per la realizzazione

Richiede interventi estesi che possono interrompere le attività economiche e di trasporto per lunghi periodi di tempo.

##### Riferimenti

EEA (2012). Urban adaptation to climate change in Europe: Challenges and opportunities for cities together with supportive national and European policies.

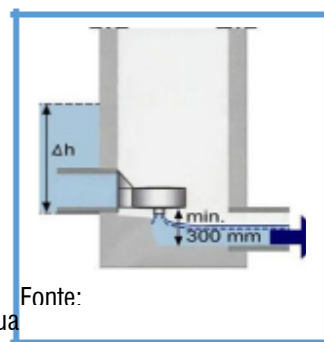
**Fonte fotografica:** [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Pipe\\_installation\\_2.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Pipe_installation_2.jpg) Licenza: CC BY-SA 3.



## h. Regolatori di flusso

### Descrizione

I regolatori di flusso si utilizzano per controllare il flusso verso le reti fognarie. L'acqua si accumula a monte del regolatore e viene rilasciata in modo controllato. Questi dispositivi possono essere utilizzati per controllare il flusso da tetti e aree pavimentate verso le fognature, come anche per regolare il flusso all'interno delle fogne stesse e anche il carico in uscita dagli impianti di trattamento (ClimateChangeAdaptation, 2014).



Per regolare il drenaggio nelle condutture, i regolatori di flusso trattengono l'acqua affinché sia possibile utilizzare i volumi disponibili nei tubi. Più

frequentemente, durante le piogge intense, le condutture sovraccariche sono quelle della parte più bassa della rete, dove l'acqua si concentra lasciando disponibile una capacità extra nella parte a monte (ClimateChangeAdaptation, 2014). I regolatori di flusso utilizzano queste parti del sistema immagazzinando l'acqua di deflusso al loro interno e rilasciandola gradualmente. Non necessitano di una fonte di energia per funzionare e non contengono organi mobili nel meccanismo (ClimateChangeAdaptation, 2014).

**Prodotti e servizi coperti:** regolatori di flusso, gestione delle acque, costruzione di sistemi di drenaggio e fognari

### Efficacia

Questa soluzione è disponibile in svariate versioni, ognuna delle quali è adatta a entità diverse di deflusso in funzione di numerosi fattori. L'installazione e l'uso corretti possono assicurare una distribuzione più bilanciata del deflusso nel sistema fognario, mitigando così lo sfioro.

### Co-benefici tipici

Non è stato individuato alcun co-beneficio.

### Informazioni sui costi

Secondo Carr et al. (2001), che hanno studiato la realizzazione di un progetto mirato a mitigare l'allagamento degli scantinati e gli sfioro delle fognature a Skokie nell'Illinois (USA), la stima del costo di installazione di 2900 regolatori di flusso insieme alle berme era di 6 milioni di dollari (prezzi del 2000).

### Potenziati svantaggi, impatti negativi e compromessi

Non è stato individuato alcun impatto negativo.

### Sfide e requisiti per la realizzazione

Dato che il deflusso viene trattenuto dai regolatori di flusso, potrebbe essere necessario installare serbatoi sotto la superficie per accumulare l'acqua trattenuta (Carr, et al., 2001).

### Riferimenti

ClimateChangeAdaptation (2014). Flow regulators. Disponibile all'indirizzo: <http://en.klimatilpasning.dk/technologies/normal-rainfall-and-cloudbursts/flow-regulators.aspx> [Accesso eseguito il 7 maggio 2018]

Carr, R. W., Esposito, C., & Walesh, S. G. (2001). Street-surface storage for control of combined sewer surcharge. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 127(3), 162-167.

**Fonte fotografica:** <http://en.klimatilpasning.dk/technologies/normal-rainfall-and-cloudbursts/flow-regulators.aspx>

## i. Canali di controllo delle inondazioni

### Descrizione

I canali di controllo delle inondazioni sono canali che convogliano l'acqua piovana verso un corpo idrico ricevente. Questi canali sono in genere di grandi dimensioni e rivestiti di terra o calcestruzzo; rimangono asciutti o con un basso livello di acqua e sono progettati per ricevere e convogliare le acque meteoriche al fine di diminuire il rischio di allagamento (Wong, 2014).

Sulla base di questo concetto, le infrastrutture esistenti, come strade e marciapiedi, possono essere modificate per fungere da canali di controllo delle inondazioni in caso di allagamento. Possono essere realizzati sotto forma di strade con profilo a V che non consentono alle acque meteoriche di fuoriuscire lateralmente, o strade con trincee o scarichi uniti a cordoli

rialzati, oppure strade con cordoli e pavimentazione cavi (ClimateChangeAdaptation, 2014). Il dimensionamento di profili e cordoli assicura che in caso di accumulo di acque meteoriche su tutta la strada, non vengano allagati gli interrati, le case e i negozi che costeggiano i canali di emergenza (ClimateChangeAdaptation, 2014). Oltre a ciò, i canali di emergenza per le inondazioni possono essere progettati affinché non si limitino a convogliare l'acqua durante le precipitazioni intense ma la raccolgano anche durante le normali precipitazioni, impedendole di entrare nella rete fognaria (ClimateChangeAdaptation, 2014). Inoltre, i canali di emergenza possono essere combinati a spazi per trattenere le acque meteoriche e ridurre le quantità che raggiungono i canali, come ad esempio bacini di infiltrazione, pavimentazioni permeabili o trincee con scarichi di troppo pieno (ClimateChangeAdaptation, 2014).



**Prodotti e servizi coperti:** architettura paesaggistica, ingegneria civile, costruzione di sistemi di drenaggio e fognari

### Efficacia

I canali di controllo delle inondazioni vengono realizzati con una capacità specifica di convogliamento delle acque meteoriche e fino al raggiungimento di questa soglia sono considerati una soluzione affidabile che contribuisce a mitigare le inondazioni da acque superficiali (Wong, 2014).

### Co-benefici tipici

Non è stato individuato alcun co-beneficio.

### Informazioni sui costi

Il costo di questa soluzione è direttamente legato alla lunghezza del canale e ai materiali impiegati per la sua costruzione. Il costo dei progetti include la progettazione del canale, la sua costruzione e la manutenzione, che può essere particolarmente importante dato che questi canali tendono a convogliare acque con un contenuto elevato di sedimenti che possono avere un grave impatto sul funzionamento dei canali stessi (Wong, 2014).

### Potenziati svantaggi, impatti negativi e compromessi

Gli svantaggi di questa soluzione sono correlati principalmente alla specificità dello scopo del canale e al suo impatto ecologico. I canali di controllo delle inondazioni sono solitamente strutture di grande lunghezza con l'unica funzione di convogliare le acque nel caso in cui si verifichi un allagamento, mentre non svolgono alcuna funzione per il resto del tempo. In altre parole, i canali di controllo delle inondazioni (esclusi quelli di emergenza) occupano spazio che per la gran parte del tempo rimane inutilizzato. Ancora più importante, i canali di controllo delle inondazioni hanno dimostrato di essere dannosi per la conservazione ecologica poiché la loro struttura non include modelli, processi e concetti ecosistemici (Greco & Larsen, 2014).

### Sfide e requisiti per la realizzazione

La realizzazione di canali di controllo delle inondazioni richiede il coinvolgimento di autorità governative o locali. Queste devono stabilire la posizione e le condizioni per la realizzazione di questa soluzione e presumibilmente coinvolgere nel processo i soggetti interessati, cittadini inclusi.

### Riferimenti

ClimateChangeAdaptation (2014). Emergency flood channels. Disponibile all'indirizzo: <http://en.klimatilpasning.dk/technologies/normal-rainfall-and-cloudbursts/emergency-flood-channels.aspx> [Accesso eseguito il 7 maggio 2018]

Wong, P. L. R. (2014). Federal Flood Control Channels in San Francisco Bay Region-A Baseline Study to Inform Management Options for Aging Infrastructure (Doctoral dissertation, UC Berkeley).

Greco, S. E., & Larsen, E. W. (2014). Ecological design of multifunctional open channels for flood control and conservation planning. *Landscape and Urban Planning*, 131, 14-26.

**Fonte fotografica:** [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Tujunga\\_Wash.JPG](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Tujunga_Wash.JPG); **Licenza:** CC BY-SA 3.0

## I. Accumulo superficiale di acqua

### Descrizione

I cambiamenti climatici porteranno a precipitazioni più frequenti e intense in molte zone d'Europa. Aumenterà quindi il rischio di danni causati da allagamenti da acque superficiali, soprattutto nelle aree urbane densamente edificate e pavimentate, dove è spesso difficile trovare lo spazio necessario per la ritenzione dell'acqua piovana. Le strutture per l'accumulo superficiale, come le piazze dell'acqua, possono immagazzinare l'acqua piovana. Durante le precipitazioni intense e quindi contribuire alla protezione dalle inondazioni da acque superficiali (Urban green-blue grids, senza data). Le piazze dell'acqua sono spazi pubblici che di norma vengono utilizzati come aree di gioco o campi sportivi e sono collegate al deflusso del quartiere circostante per raccogliere e immagazzinare l'acqua durante le piogge. In questo modo, la rete fognaria cittadina non viene sovraccaricata durante i picchi di pioggia.



Foto di: Foivos Petsinaris

Il vantaggio principale di queste soluzioni, oltre alla riduzione del rischio di allagamento superficiale, deriva dal fatto che esse riuniscono diverse funzioni creando spazi per svariati scopi che ne incrementano il valore. Tra gli altri benefici si ricordano la valorizzazione estetica derivante dal rendere visibili le dinamiche dell'acqua in città (Urban green-blue grids, senza data). Questa soluzione aiuta inoltre le municipalità a evitare i costi significativi di ammodernamento della rete fognaria (C40 Cities, 2014).

**Prodotti e servizi coperti:** gestione delle acque, accumulo delle acque

### Efficacia

L'efficacia di questa soluzione dipende unicamente dalla capacità di stoccaggio della struttura come anche dalla sua posizione. La piazza Benthemplein di Rotterdam, per esempio, progettata per essere utilizzata come campo da basket, pista da skateboard e arena artistica, è in grado di trattenere 1,7 milioni di litri di acqua piovana (C40 Cities, 2014). Questa piazza è anche strategicamente collocata in un'area urbana pavimentata e con numerose costruzioni.

### Co-benefici tipici

Sociali	Svago
	Incremento della pubblica utilità
	Maggiore spazio per l'aggregazione sociale

### Informazioni sui costi

I costi di questa soluzione includono la costruzione del serbatoio in superficie, l'installazione di tutte le apparecchiature necessarie per trasformare il serbatoio stesso in una piazza o qualsiasi altra struttura da utilizzare quando non è allagata, e i costi di manutenzione. È possibile che si debbano sostenere anche costi aggiuntivi che derivano dal distacco dei tubi delle acque reflue degli edifici circostanti dalla rete fognaria centralizzata della città. A titolo indicativo, i costi totali del progetto Benthemplein di Rotterdam sono stati di 4,5 milioni di euro.

### Potenziali svantaggi, impatti negativi e compromessi

Non sono stati individuati potenziali svantaggi.

### **Sfide e requisiti per la realizzazione**

Uno dei requisiti essenziali per attuare questa soluzione è il coinvolgimento di tutti i soggetti interessati. Tutta la cittadinanza di zona deve essere consultata e incoraggiata a partecipare attivamente alla pianificazione e alla progettazione della piazza, così da individuare i molteplici usi di questa struttura.

### **Riferimenti**

Urban green-blue grids (senza data). Water squares. Disponibile all'indirizzo:

<http://www.urbangreenbluegrids.com/measures/water-squares/#cite-0>

C40 Cities (2014). Benthemplein Water Square: An innovative way to prevent urban flooding in Rotterdam.

Case study. Disponibile all'indirizzo: [https://www.c40.org/case\\_studies/benthemplein-water-square-an-innovative-way-to-prevent-urban-flooding-in-rotterdam](https://www.c40.org/case_studies/benthemplein-water-square-an-innovative-way-to-prevent-urban-flooding-in-rotterdam)

**Fonte fotografica:** dell'autore stesso.

## m. Accumulo sotterraneo di acqua

### Descrizione

I cambiamenti climatici porteranno a precipitazioni più frequenti e intense in molte zone d'Europa. Aumenterà quindi il rischio di danni causati da allagamenti da acque superficiali, soprattutto nelle aree urbane densamente edificate e pavimentate, dove la capacità disponibile per immagazzinare l'acqua di pioggia è limitata. Allo stesso tempo, la raccolta della pioggia sarà un fattore chiave in alcuni paesi europei per ridurre la carenza idrica. Nelle zone con spazi aperti limitati, l'accumulo sotterraneo di acqua viene considerato una soluzione promettente. L'obiettivo di questa soluzione è quello di catturare e immagazzinare le piogge vicino a dove cadono e ritardare il drenaggio evitando di sovraccaricare la rete fognaria. Questa soluzione include varie modalità di accumulo all'interno e attorno agli edifici (negli interrati o anche in muri e recinzioni dei giardini). Un'applicazione su scala ridotta e tecnicamente diversa di questa soluzione è l'installazione sotterranea di grandi serbatoi idrici di volumi variabili da 300 a 10.000 litri. Questi serbatoi, oltre a ridurre l'esposizione agli allagamenti da acque superficiali degli edifici, offrono anche l'opportunità di utilizzare in un secondo momento l'acqua raccolta.

**Prodotti e servizi coperti:** gestione delle acque, accumulo delle acque

### Efficacia

L'efficacia di questa soluzione dipende dalla capacità di accumulo e anche dalla posizione del luogo di accumulo. La capacità degli spazi di accumulo idrico sotterranei può variare significativamente da alcuni metri cubi di un interrato privato a 10.000 m<sup>3</sup> per uno spazio pubblico. Un esempio è quello del parcheggio sotterraneo del Museum Park di Rotterdam, che è stato progettato per ricevere, trattenere e accumulare 10.000 m<sup>3</sup> di acqua in caso di precipitazioni particolarmente intense, così da scaricare l'acqua successivamente riducendo sostanzialmente i picchi di drenaggio (Oppla, senza data). Affinché questa soluzione risulti efficace, è inoltre importante che lo spazio di accumulo sia collocato strategicamente nelle aree in cui si verifica un ruscellamento eccessivo che il sistema di drenaggio non riesce a gestire.

### Co-benefici tipici

Non è stato individuato alcun co-beneficio.

### Informazioni sui costi

Poiché il costo di questa soluzione dipende principalmente dalla somma necessaria per costruire lo spazio di accumulo sotterraneo, non è possibile elaborare una stima accurata. I costi includono la pianificazione e la progettazione della soluzione, la costruzione dello spazio di accumulo e del sistema di condutture che deve trasportare l'acqua piovana al serbatoio. Sono da considerarsi anche i costi di manutenzione, in particolare per le condutture. Oltre a ciò, nel caso in cui sia previsto il riuso dell'acqua raccolta, vanno sommati ulteriori costi per la costruzione e la manutenzione del sistema che consente tale impiego. Va ricordato che parte dei costi di costruzione e manutenzione può essere recuperata quando lo spazio viene usato per altri scopi (cioè quando non accumula il ruscellamento), come nel caso del parcheggio del museo di Rotterdam sopra menzionato.

### Potenziali svantaggi, impatti negativi e compromessi

Non è stato individuato alcun impatto negativo.

### Sfide e requisiti per la realizzazione

Non sono previste sfide per la realizzazione.

### Riferimenti

Oppla (senza data). Rotterdam - NBS for building a waterproof city. Disponibile all'indirizzo:

<https://oppla.eu/rotterdam-nbs-building-waterproof-city>

## n. Intercettatori di riflusso

### Descrizione

Gli intercettatori di riflusso si utilizzano per impedire che l'acqua fognaria rifluisca nelle abitazioni attraverso gli scarichi in caso di precipitazioni piovose intense. Le valvole fungono da saracinesche che si aprono quando l'acqua fognaria fuoriesce dalle abitazioni e si chiudono quando invece viene spinta verso l'interno (ClimateChangeAdaptation, 2014).

Secondo ClimateChangeAdaptation (2014), esistono tre diversi tipi di intercettatori di riflusso:

- Integrati nello scarico a pavimento
- Installati sui tubi nella posizione in cui confluiscono due scarichi a pavimento
- Installati sui tubi di scarico dei WC

**Prodotti e servizi coperti:** intercettatore di riflusso, gestione delle acque



Fonte:  
ClimateChangeAdaptation  
(2014)

### Efficacia

Questa soluzione è utile per proteggere singoli edifici dal riflusso dei reflui causato da inondazioni da acque superficiali. Ai fini dello svolgimento di questa funzione sono considerati molto efficienti. Tuttavia, la soluzione non è in grado di impedire l'allagamento di edifici da altri punti di ingresso, come porte, finestre e altre aperture.

### Co-benefici tipici

Non è stato individuato alcun co-beneficio.

### Informazioni sui costi

Il prezzo degli intercettatori di riflusso, installazione inclusa, va da svariate centinaia a migliaia di euro (FEMA, 2010).

### Potenziati svantaggi, impatti negativi e compromessi

Lo svantaggio di questa soluzione deriva dal fatto che gli impianti di scarico, come quelli di WC, lavandini e sanitari simili non possono essere utilizzati fino a quando l'ostruzione del sistema fognario non è stata eliminata.

### Sfide e requisiti per la realizzazione

Non sono stati individuati requisiti specifici per la realizzazione.

### Riferimenti

ClimateChangeAdaptation (2014). Backflow blocker. Disponibile all'indirizzo: <http://en.klimatilpasning.dk/technologies/normal-rainfall-and-cloudbursts/backflow-blocker.aspx> [Accesso eseguito il 7 maggio 2018]

FEMA (2010). Two Solutions To Consider For Sewage Backflow Problems. Release number: 1895-040.

Disponibile all'indirizzo: <https://www.fema.gov/news-release/2010/05/07/two-solutions-consider-sewage-backflow-problems> [Accesso eseguito il 7 maggio 2018]

**Fonte fotografica:** ClimateChangeAdaptation (2014). Backflow blocker. Disponibile all'indirizzo: <http://en.klimatilpasning.dk/technologies/normal-rainfall-and-cloudbursts/backflow-blocker.aspx>

## o. Fognature separate

### Descrizione

Le fognature separate implicano una separazione di reflui e acque meteoriche in due diverse condotte. Riducono al minimo il rischio di allagamento degli interrati in caso di precipitazioni piovose intense per le abitazioni realizzate a quote ribassate. Nel caso in cui le precipitazioni piovose provochino allagamenti, l'acqua che allaga gli interrati è quella meteorica e non quella degli scarichi di bagni e cucine. La separazione comporta anche il fatto che i reflui vengono

convogliati a un impianto di trattamento mediante un sistema chiuso e quindi non vengono scaricati nell'ambiente, mentre l'acqua piovana può essere convogliata in bacini di detenzione e corsi d'acqua (ClimateChangeAdaptation, 2014).

Il deflusso superficiale e l'acqua piovana possono essere riutilizzati, ad esempio per l'irrigazione, una volta eseguito un trattamento semplificato (Stauffer and Spuhler, 2018).

Alcune classificazioni considerano questa misura come un ibrido o una soluzione nature-based, dal momento che può essere combinata con alcune componenti SuDS; noi tuttavia l'abbiamo inclusa nelle soluzioni grigie, dal momento che sviluppo e applicazione prevedono soltanto metodi ingegneristici.

**Tipo di intervento:** N/D

**Prodotti e servizi coperti:** gestione delle acque, ingegneria civile, ingegneria ambientale, costruzione di sistemi di drenaggio e fognari



Foto di: Castelazo,  
T./commons.wikimedia.org

### Efficacia

Non è stato possibile reperire informazioni quantitative sulle prestazioni, ma la soluzione dovrebbe essere efficace, in linea di principio, per fronteggiare il rischio di inondazioni da acque superficiali, dal momento che evita lo sfioro.

### Co-benefici tipici

Economici	Azzeramento dei costi di trattamento dei reflui fognari
	Approvvigionamento idrico (dal momento che l'acqua che entra nella fognatura separata può essere potenzialmente riutilizzata per scopi non potabili)

### Informazioni sui costi

Non sono state reperite informazioni specifiche sui costi, ma le spese capitali di questa soluzione sono generalmente elevate (Stauffer and Spuhler, 2018).

### Potenziali svantaggi, impatti negativi e compromessi

Una rete fognaria separata può portare a un aumento delle concentrazioni di inquinanti nei corpi idrici riceventi, per via dell'aumento degli scarichi di deflusso superficiale non trattati (Stauffer and Spuhler, 2018)..

### Sfide e requisiti per la realizzazione

È solitamente difficile modificare una rete fognaria cittadina esistente.



## Riferimenti

ClimateChangeAdaptation (2014). Separate sewers. Disponibile all'indirizzo: <https://en.klimatilpasning.dk/knowledge/technologies/normal-rainfall-and-cloudbursts/separate-sewers/> [Accesso eseguito il 7 febbraio 2019]

Stauffer, B. and Spuhler, D. (2018). Separate sewers. Disponibile all'indirizzo: <https://sswm.info/sswm-university-course/module-2-centralised-and-decentralised-systems-water-and-sanitation/further/separate-sewers> [Accesso eseguito l'8 febbraio 2019]

### Fonte fotografica:

[https://commons.wikimedia.org/wiki/Commons:Featured\\_picture\\_candidates/File:Large\\_diameter\\_pipe\\_in\\_stallation.jpg#/media/File:Large\\_diameter\\_pipe\\_installation.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/Commons:Featured_picture_candidates/File:Large_diameter_pipe_in_stallation.jpg#/media/File:Large_diameter_pipe_installation.jpg); Licenza: CC BY-SA 3.0

## p. Sistemi di riciclaggio delle acque grigie

### Descrizione

Nelle aree in cui l'acqua dolce è limitata, il riciclaggio delle acque grigie e il loro riuso può essere una misura di adattamento. Le acque grigie sono acque reflue di scarico delle docce, delle vasche da bagno, dei lavandini, delle cucine, delle lavastoviglie, delle asciugatrici e delle lavatrici, ma non includono le acque nere, cioè quelle dei WC (fbr, senza data). Queste acque possono essere riciclate in modo diretto, pompandole dopo il trattamento nelle condutture di mandata, oppure in modo indiretto mescolando quelle trattate con altra



Foto di: ErVeVe/pixabay.com

acqua delle condutture di mandata prima del riuso (Climate-ADAPT, 2015). Possono essere usate per applicazioni agricole, industriali, domestiche, ricreative e ambientali, inclusa la ricarica delle falde acquifere (Wintgens et al., senza data). Le acque grigie trattate possono anche essere infiltrate nelle falde acquifere. Il riciclaggio delle acque grigie riduce la pressione sulle risorse di acqua dolce di laghi, corsi d'acqua e falde e protegge gli ecosistemi. Previene le carenze e contribuisce a far fronte alle situazioni di siccità. Pertanto, il riciclaggio delle acque grigie non dipende dalle stagioni né dalla variabilità delle piogge (fbr, senza data).

I paesi europei che vantano il maggior riciclo delle acque grigie sono Spagna e Italia, sebbene questa misura possa essere impiegata praticamente ovunque e consenta di adottare approcci centralizzati (ad es. autorità nazionali) e decentralizzati (ad es. impianti industriali, aziende agricole, regioni) (Campling et al., 2008). Il riciclaggio delle acque grigie viene utilizzato su scala estremamente ridotta ( $< 0,1 \text{ Mm}^3/\text{a}$ ), ridotta ( $0,1\text{-}0,5 \text{ Mm}^3/\text{a}$ ), media ( $0,5\text{-}5 \text{ Mm}^3/\text{a}$ ) e grande ( $> 5 \text{ Mm}^3/\text{a}$ ).

**Tipo di intervento:** intervento in un ecosistema esistente

**Prodotti e servizi coperti:** riciclaggio di acque grigie, ingegneria ambientale, gestione delle acque

### Efficacia

La sostituzione dell'acqua potabile con acque grigie riciclate per applicazioni che non richiedono acqua potabile riduce in modo diretto il consumo di acqua dolce ed è una misura efficace. In particolare, rappresenta una risorsa affidabile durante le stagioni secche.

### Co-benefici tipici

Ambientali	Regolazione del ciclo idrico
	Miglioramento della qualità dell'acqua
	Biodiversità
	Efficienza delle risorse
Sociali	Salute e qualità della vita
Economici	Occupazione a livello locale

*Riferimenti:* Campling et al. (2008); MED WWR WG (2007)

### Informazioni sui costi

I costi variano a seconda dei trattamenti necessari, dell'uso previsto delle acque grigie e della tecnologia impiegata. Le spese capitali sono medio-basse per la maggior parte dei sistemi di riuso delle acque grigie e sono recuperabili in un lasso di tempo molto breve. Tuttavia, vi sono costi aggiuntivi connessi alla necessità di una seconda rete di distribuzione per mantenere separate le acque grigie da quelle potabili (Campling et al., 2008).

Se le acque grigie vengono utilizzate in ambito residenziale, i costi delle apparecchiature per il riciclaggio sono elevati e il periodo di rientro dell'investimento più lungo rispetto ad altre misure di efficientamento. Un caso di studio effettuato su un hotel nel centro della città di Birmingham (Styles et al., 2013) dimostra che il periodo di rientro per l'installazione di un sistema di recupero dell'acqua piovana è di 14 anni. I sistemi di recupero delle acque grigie richiedono un impianto di distribuzione separato che risulta difficoltoso da realizzare successivamente. Styles et al. (2013) hanno rilevato che i periodi di rientro di tali sistemi variano da 2 a 15 anni a seconda della tipologia e del costo dell'acqua potabile risparmiata. Un altro caso di studio effettuato su un hotel ha riscontrato costi di manutenzione relativamente alti, da 2.000 a 3.000 EUR all'anno (Styles et al., 2013).

### **Potenziati svantaggi, impatti negativi e compromessi**

Le acque grigie non sufficientemente trattate generano i rischi seguenti:

- per la salute umana a seguito del consumo indiretto e dell'esposizione a patogeni, metalli pesanti e prodotti chimici organici dannosi contenuti nell'acqua;
- per le falde acquifere a causa di metalli pesanti, carichi superiori di nitrati e materia organica contenuti nell'acqua nelle aree dove viene riutilizzata per l'irrigazione;
- per il terreno a causa dell'accumulo di metalli pesanti e sali e per via dell'acidificazione;
- per le colture a causa della presenza nelle acque grigie di alcune sostanze in concentrazioni tossiche;
- per l'ambiente per via della concentrazione elevata di sostanze tossiche (Campling et al., 2008).

L'uso residenziale delle acque riciclate richiede un secondo impianto di distribuzione parallelo a quello dell'acqua potabile, il che comporta un sensibile aumento dei costi. La principale barriera a un'adozione maggiore di questa misura sono proprio i costi, in quanto possono superare quelli per l'acqua dolce se non si considerano i benefici aggiuntivi di uso efficiente delle risorse e conservazione dell'acqua dolce (Climate-ADAPT, 2015; Wintgens et al., senza data).

L'utenza potrebbe rifiutarsi di consumare prodotti connessi al riuso delle acque grigie (Campling et al., 2008).

### **Sfide e requisiti per la realizzazione**

Per gli impieghi residenziali e industriali è necessario costruire una seconda rete di distribuzione, se non esiste già.

Al fine di superare la barriera secondo cui l'acqua dolce convenzionale è molto meno costosa delle acque grigie riciclate, i prezzi devono rispecchiare il costo complessivo, inclusi i vantaggi per l'ambiente (Wintgens et al., senza data; Armstrong et al., senza data).

Queste soluzioni implicano il coinvolgimento di numerosi soggetti quali diverse autorità, investitori, aziende di utility, proprietari di edifici e terreni, come anche un riorientamento della governance idrica verso una gestione integrata dell'acqua (Climate-ADAPT, 2015; Wintgens et al., senza data; Armstrong et al., senza data). Sono necessari controlli di qualità rigorosi per il trattamento delle acque grigie, al fine di ridurre al minimo i rischi per la salute umana e l'ambiente. Le normative nazionali e locali per il trattamento delle acque reflue devono essere rispettate (Campling et al., 2008). In alcuni casi tali normative potrebbero essere troppo rigide per consentire l'uso delle acque grigie per l'irrigazione (Climate-ADAPT, 2015).

Se le acque grigie trattate vengono utilizzate per l'irrigazione, a seconda della loro fonte e della gestione potrebbe essere necessario accumularle durante i periodi in cui l'irrigazione non è necessaria (Campling et al., 2008).

Per superare le resistenze, è opportuno organizzare campagne di sensibilizzazione e coinvolgimento dei soggetti interessati, affinché la potenziale utenza sia consapevole dei vantaggi derivanti dal riuso delle acque grigie, ma anche dei potenziali rischi e di come evitarli (Campling et al., 2008; Climate-ADAPT, 2015).

## Riferimenti

- Armstrong, A., Bartram, J., Lobuglio, J., Elliott, M. (senza data). Water reclamation and reuse. In: ClimateTechWiki. Disponibile all'indirizzo: <http://www.climate-techwiki.org/content/water-reclamation-and-reuse> [Accesso eseguito il 17 agosto 2018]
- Campling, P., De Nocker, L., Schiettecatte, W., Iacovides, A.I., Dworak, T., Kampa, E., Álvarez Arenas, M., Cuevas Pozo, C., Le Mat, O., Mattheiß, V., Kervarec, F. (2008). Assessment of alternative water supply options. Disponibile all'indirizzo: [http://ec.europa.eu/environment/water/quantity/pdf/Summary%20Report\\_extended%20version.pdf](http://ec.europa.eu/environment/water/quantity/pdf/Summary%20Report_extended%20version.pdf) [Accesso eseguito il 6 agosto 2018]
- Climate-ADAPT (2015). Water recycling. Disponibile all'indirizzo: <http://climate-adapt.eea.europa.eu/metadata/adaptation-options/water-recycling> [Accesso eseguito il 10 agosto 2018]
- fbr (Association for Rainwater Harvesting and Water Utilisation) (senza data). Greywater Recycling and Reuse. Disponibile all'indirizzo: <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=17&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwjFt9aFp-LcAhUI2KQKHcefDuM4ChAWMAZ6BAgEEAI&url=https%3A%2F%2Fwww.researchgate.net%2Ffile.PostFileLoader.html%3Ffid%3D56b7696060614b1c0a8b4567%26assetKey%3DAS%3A326523346276354%401454860640450&usq=AOvVaw1zBfVlrCqV9kwIVL6c3Oh> [Accesso eseguito il 10 agosto 2018]
- MED WWR WG (2007). Mediterranean Wastewater Reuse Report. [http://ec.europa.eu/environment/water/blueprint/pdf/med\\_final\\_report.pdf](http://ec.europa.eu/environment/water/blueprint/pdf/med_final_report.pdf) [Accesso eseguito il 10 agosto 2018]
- Styles, D., Schönberger, H., Galvez Martos, J.L. (2013). Rainwater and greywater recycling. Chapter 5.7 in: Best Environmental Management Practice in the Tourism Sector. Disponibile all'indirizzo: <http://susproc.irc.ec.europa.eu/activities/emas/documents/TourismBEMP.pdf> [Accesso eseguito il 16 agosto 2018]
- Wintgens, T., Bixio, D., Thoeye, C., Jeffrey, P., Hochstrat, R. and Melin, T. (senza data). Reclamation and reuse of municipal wastewater in Europe – current status and future perspectives analysed by the AQUAREC research project. Disponibile all'indirizzo: <http://www.iwrm->