

SEMINARIO BANDO RIGENERAZIONE URBANA 2021 - REGIONE EMILIA-ROMAGNA

17 giugno 2022

Tecniche progettuali per l'adattamento ai cambiamenti climatici e Nature-based Solutions

Barbara Caselli, Barbara Gherri, Silvia Rossetti e Michele Zazzi

Dipartimento di Ingegneria e Architettura (DIA), Università di Parma



**UNIVERSITÀ
DI PARMA**

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA
E ARCHITETTURA



INDICE DEI CONTENUTI

© Luc Schuiten

Introduzione

ADATTAMENTO AL CAMBIAMENTO CLIMATICO
E NATURE-BASED SOLUTIONS

- 1. Cambiamenti climatici**
- 2. Nature-based solutions (NBS)**
 - Modelli di implementazione
 - Servizi ecosistemici forniti
 - Sostenibilità del processo

Catalogo di NBS

PER LA RIGENERAZIONE URBANA

SESSIONE 1 - Spazi aperti urbani

**SESSIONE 2 - Sistemi di drenaggio e
stoccaggio delle acque**

SESSIONE 3 - Soluzioni per gli edifici

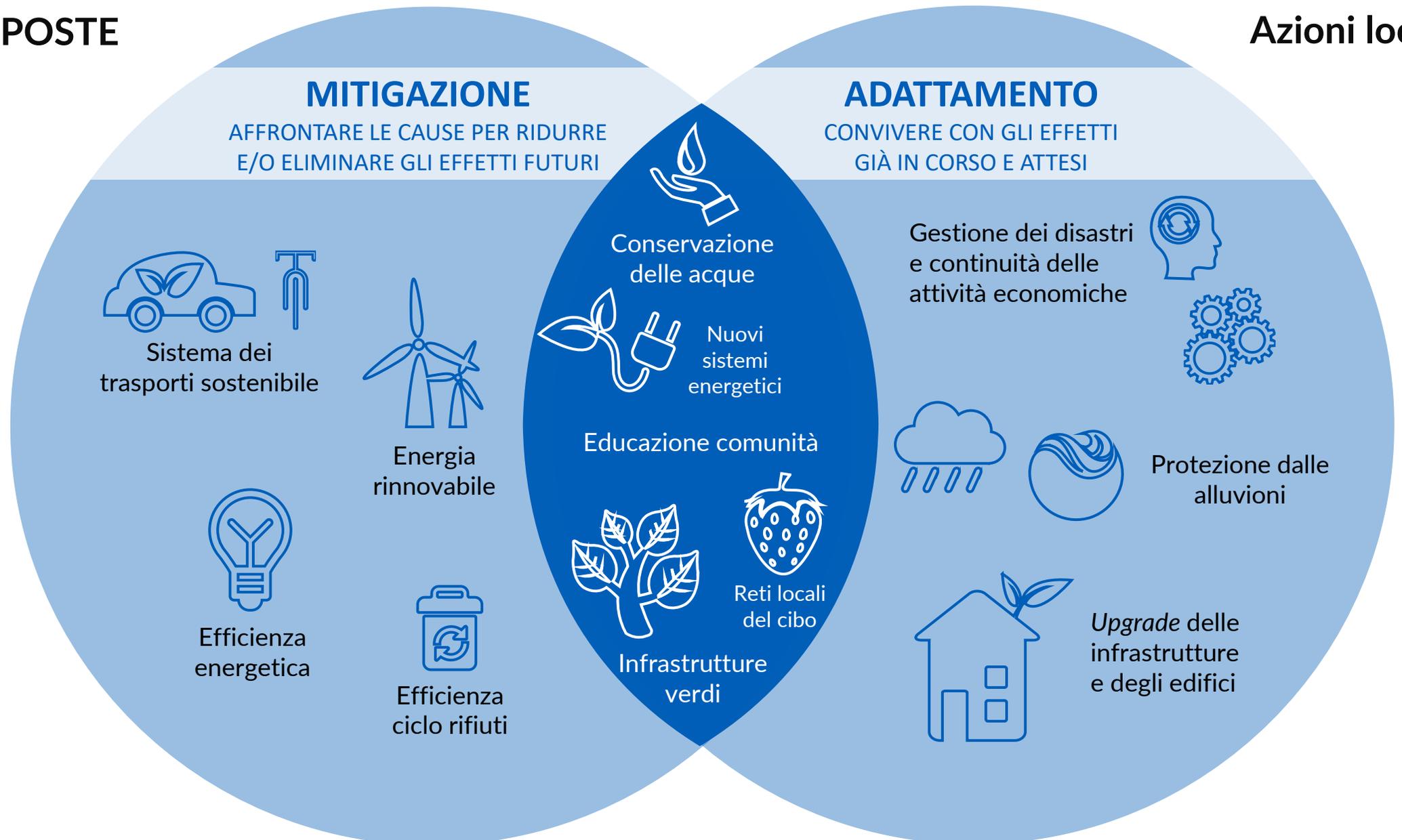
Introduzione

ADATTAMENTO AL CAMBIAMENTO
CLIMATICO E NATURE-BASED SOLUTIONS

1 Cambiamenti climatici

RISPOSTE

Azioni locali



1 Cambiamenti climatici

RISPOSTE



- [European climate adaptation platform](#): politiche, strumenti e casi studio
- Patto dei Sindaci per il Clima e l'Energia: [Database buone pratiche](#)
- [Piano di azione locale per l'Energia Sostenibile e il Clima \(PAESC\)](#)
- [Nuova strategia UE di adattamento ai cambiamenti climatici \(2021\)](#)

- [Strategia Nazionale di adattamento ai cambiamenti climatici \(2015\)](#)
- [Piano nazionale di adattamento ai cambiamenti climatici \(2018\)](#) - Allegato 5
[Database azioni di adattamento](#)
- [GELSO - GEstione Locale per la SOstenibilità ambientale](#) (ISPRA - Buone pratiche di adattamento)

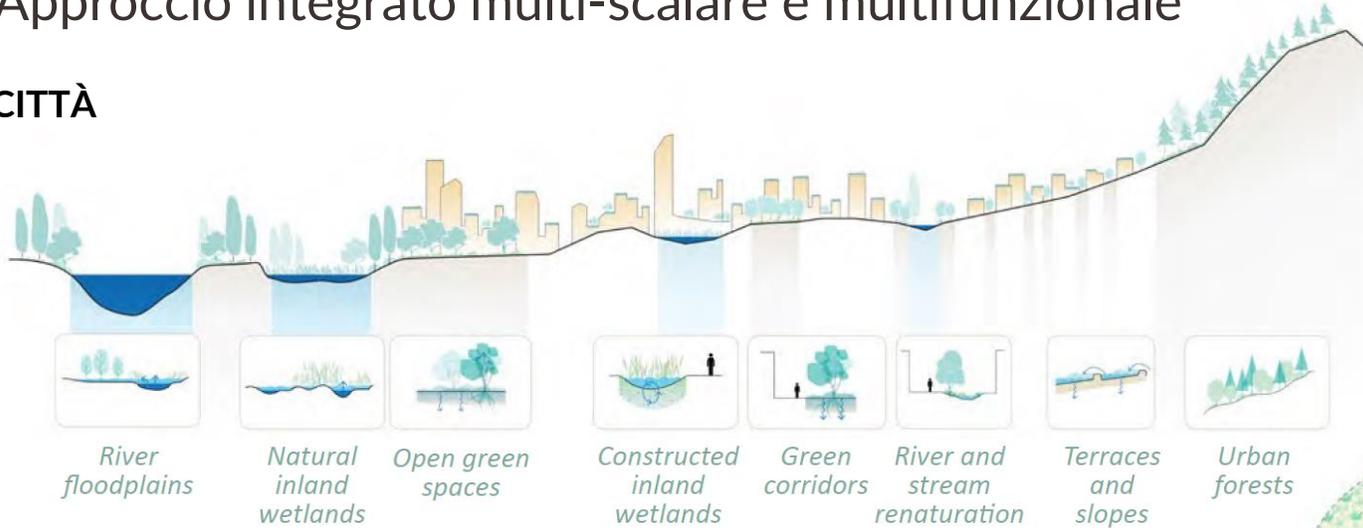
- [La strategia di mitigazione e adattamento per i cambiamenti climatici della Regione Emilia-Romagna](#)

2 Nature-based solutions (NBS)

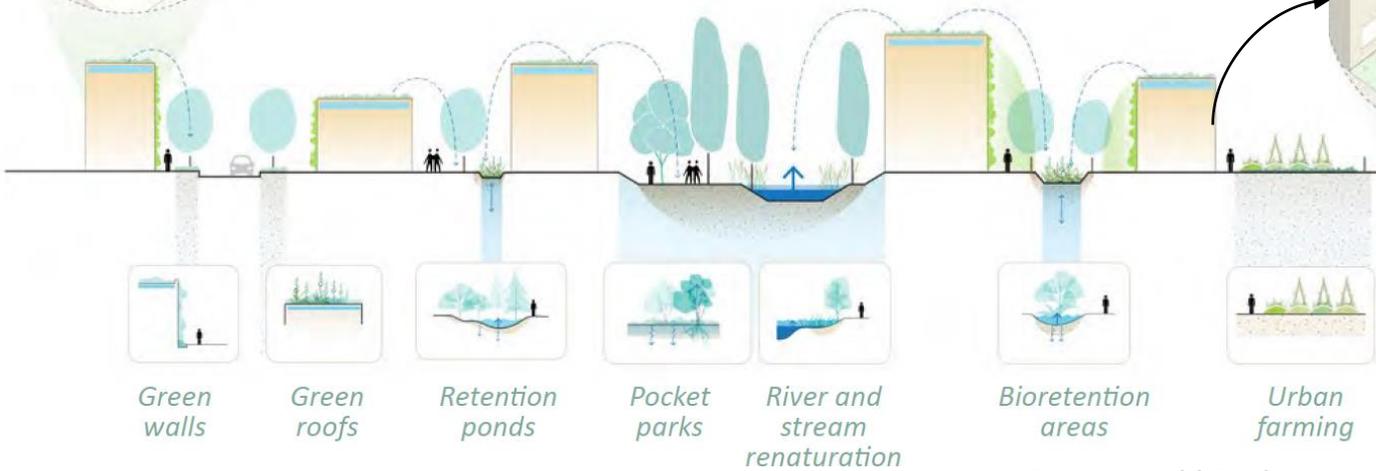
MODELLI DI IMPLEMENTAZIONE

Approccio integrato multi-scalare e multifunzionale

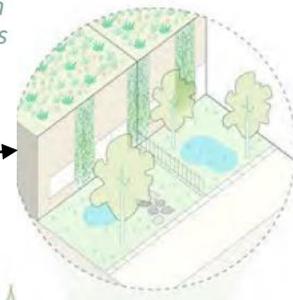
CITTÀ



QUARTIERE



EDIFICIO



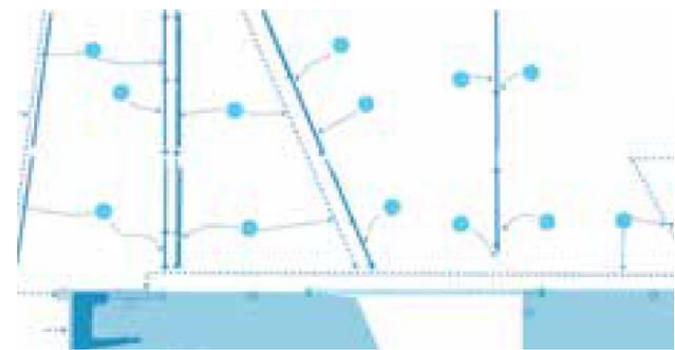
TESSUTO EDIFICATO



INFRASTRUTTURE VERDI



INFRASTRUTTURE BLU



2 Nature-based solutions (NBS)

SERVIZI ECOSISTEMICI FORNITI

Necessità di monitorare i benefici (servizi ecosistemici forniti) rispetto all'implementazione di soluzioni tradizionali.

APPROVVIGIONAMENTO



PRODUZIONE DI CIBO / BIOMASSA

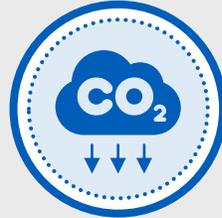


ACQUA PER USO POTABILE



ACQUA PER USO NON POTABILE

REGOLAZIONE



SEQUESTRO DEL CARBONIO



COMFORT URBANO E MICROCLIMA



PURIFICAZIONE DELLE ACQUE



RIDUZIONE DEL RUMORE



RIDUZIONE RUNOFF E ALLAGAMENTO



QUALITÀ DELL'ARIA E REGOLAZIONE POLVERI



MANTENIMENTO HABITAT (BIODIVERSITÀ)

CULTURALI



FRUIBILITÀ E ATTRATTIVITÀ DELLO SPAZIO URBANO



IDENTITÀ E SENSO DI APPARTENENZA



APPREZZAMENTO DELLA BELLEZZA DELLA NATURA

2 Nature-based solutions (NBS)

SOSTENIBILITÀ DEL PROCESSO

Progettazione specifica:

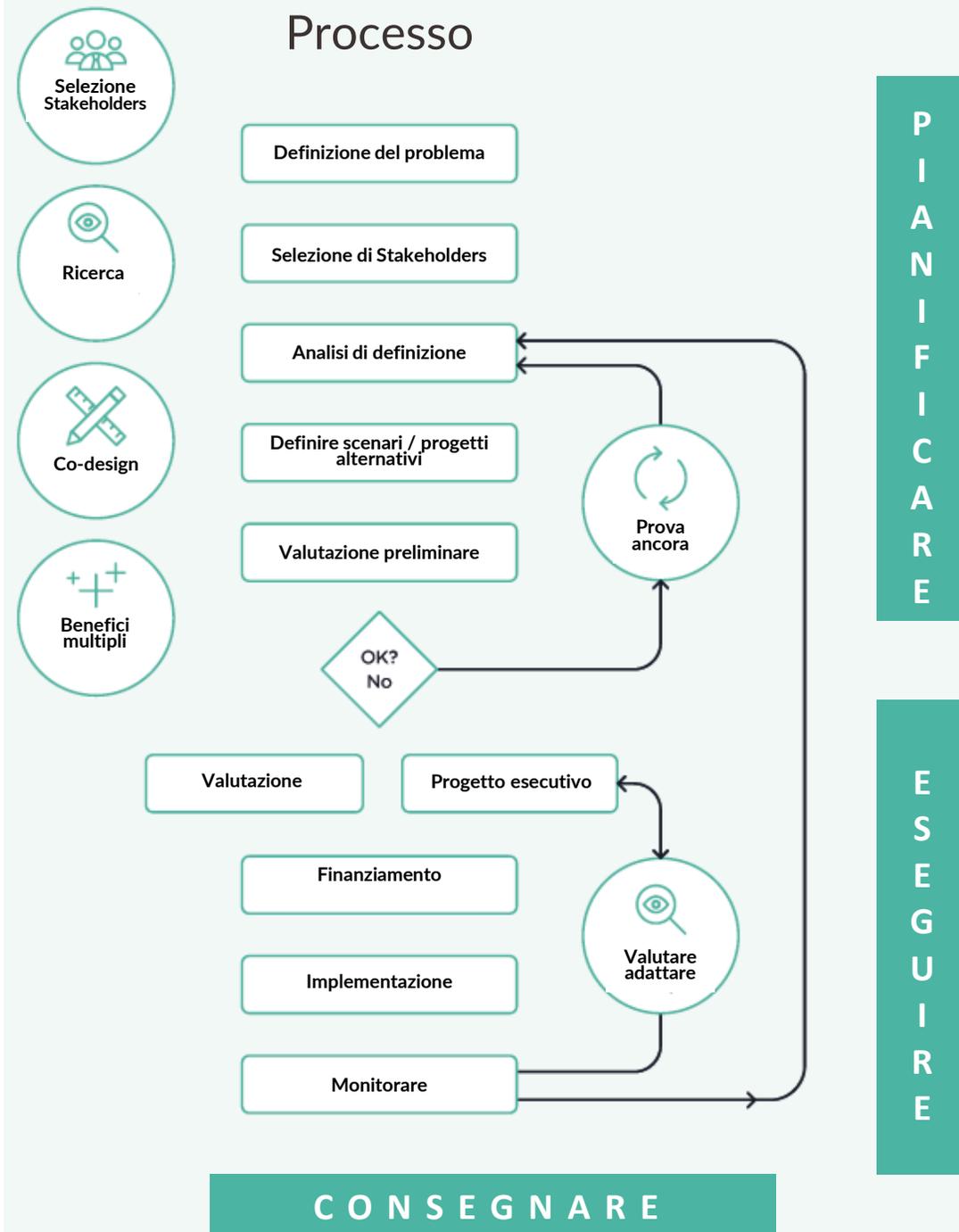
- Definizione del problema da risolvere
- Conoscenza approfondita del sito

Costi variabili (specifici per il sito e la soluzione proposta)

- COSTI INIZIALI: 1) (eventuale) messa in sicurezza; 2) pianificazione / progettazione; 3) installazione e supervisione.
- COSTI DI GESTIONE: attività da attuarsi su base regolare/occasionale

Tempi

- Implementazione della soluzione
- Previsione della piena efficacia della soluzione (estremamente variabile)
- Ciclo di vita



Catalogo NBS

PER LA RIGENERAZIONE URBANA

Famiglie di NBS per la rigenerazione urbana

1

Spazi aperti urbani

2

Sistemi di drenaggio e stoccaggio delle acque

3

Soluzioni per gli edifici

Principali fonti:

Nature4Cities (Horizon 2020)– Report - [D1.1 - NBS multi-scalar and multi-thematic typology and associated database](#) (SCHEDE NBS)

Politecnico Milano (2019), *Catalogue of Nature-based Solutions for Urban Regeneration*. Energy&Urban planning workshop Pre-final report

Regione Emilia-Romagna (2015), [REBUS - REnovation of public Buildings and Urban Spaces](#)

SOS 4 LIFE (2020), *Liberare il suolo. Linee guida per migliorare la resilienza ai cambiamenti climatici negli interventi di rigenerazione urbana*, Regione Emilia-Romagna

World Bank (2021), *A Catalogue of Nature-based Solutions for Urban Resilience*, Washington, D.C. World Bank Group

1

Spazi aperti urbani

Spazi aperti urbani

SCALA



Quartiere



Città

APPROCCIO



Proteggere

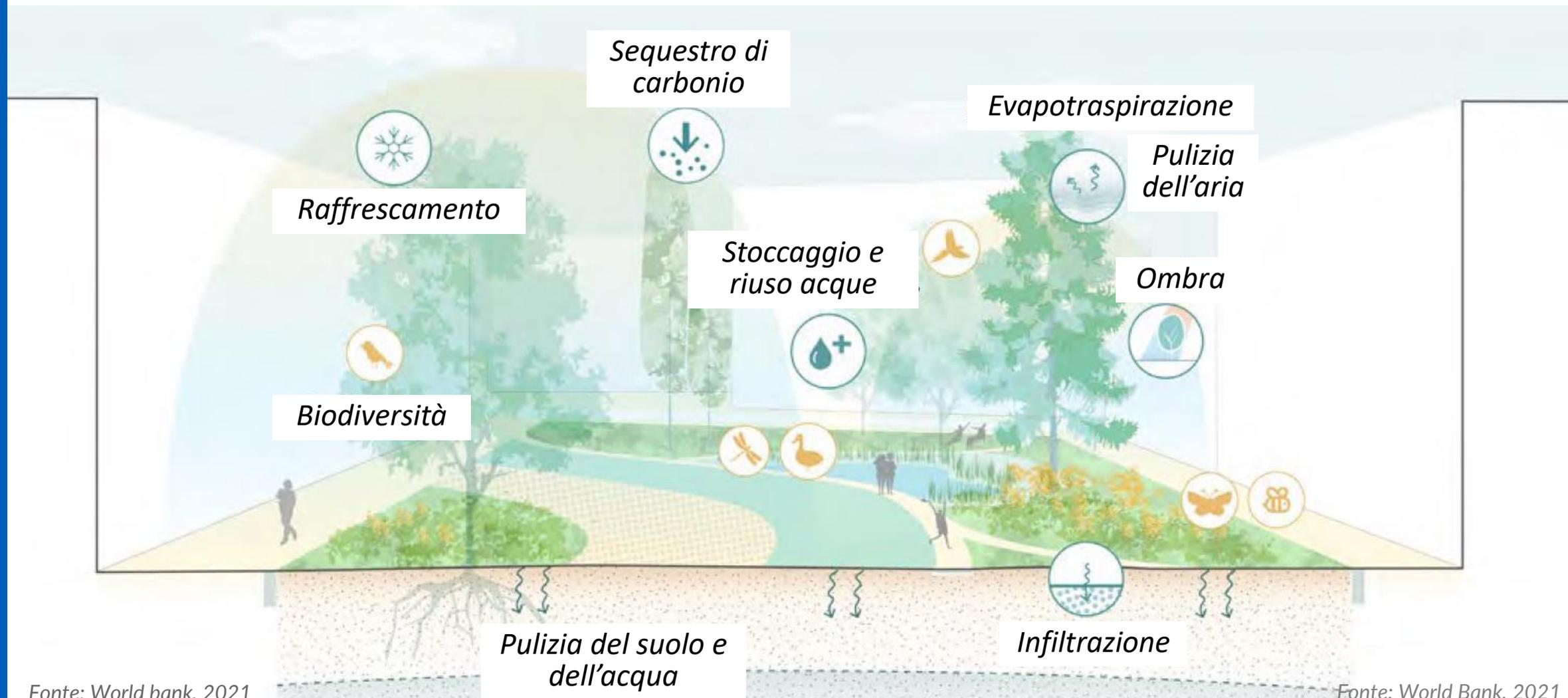


Ripristinare
Migliorare



Creare
ex novo

PRINCIPALI PROCESSI



Spazi aperti urbani

1. Giardini alberati
2. Pocket Gardens
3. Desigillazione aree parcheggio
4. Piazze minerali alberate
5. Strade alberate
6. Orti e giardini condivisi
7. Corti interne

Spazi aperti urbani

1. Giardini alberati

Inserire aree verdi per la biodiversità urbana, il comfort e la socialità

Elemento di **potenziamento dell'infrastruttura verde urbana**, assolvono a diverse funzioni: ecologica, di mitigazione ambientale, paesaggistica, di fruizione pubblica.



Le superfici verdi sono in media **2-4°C** più fresche delle superfici pavimentate

Gli alberi abbassano le temperature di **5-7 °C** (ombreggiatura e evapotraspirazione)

I parchi urbani sono in media **0,94 °C** più freschi durante il giorno rispetto alle aree edificate

(Armson et al., 2012; Bowler et al., 2010a)

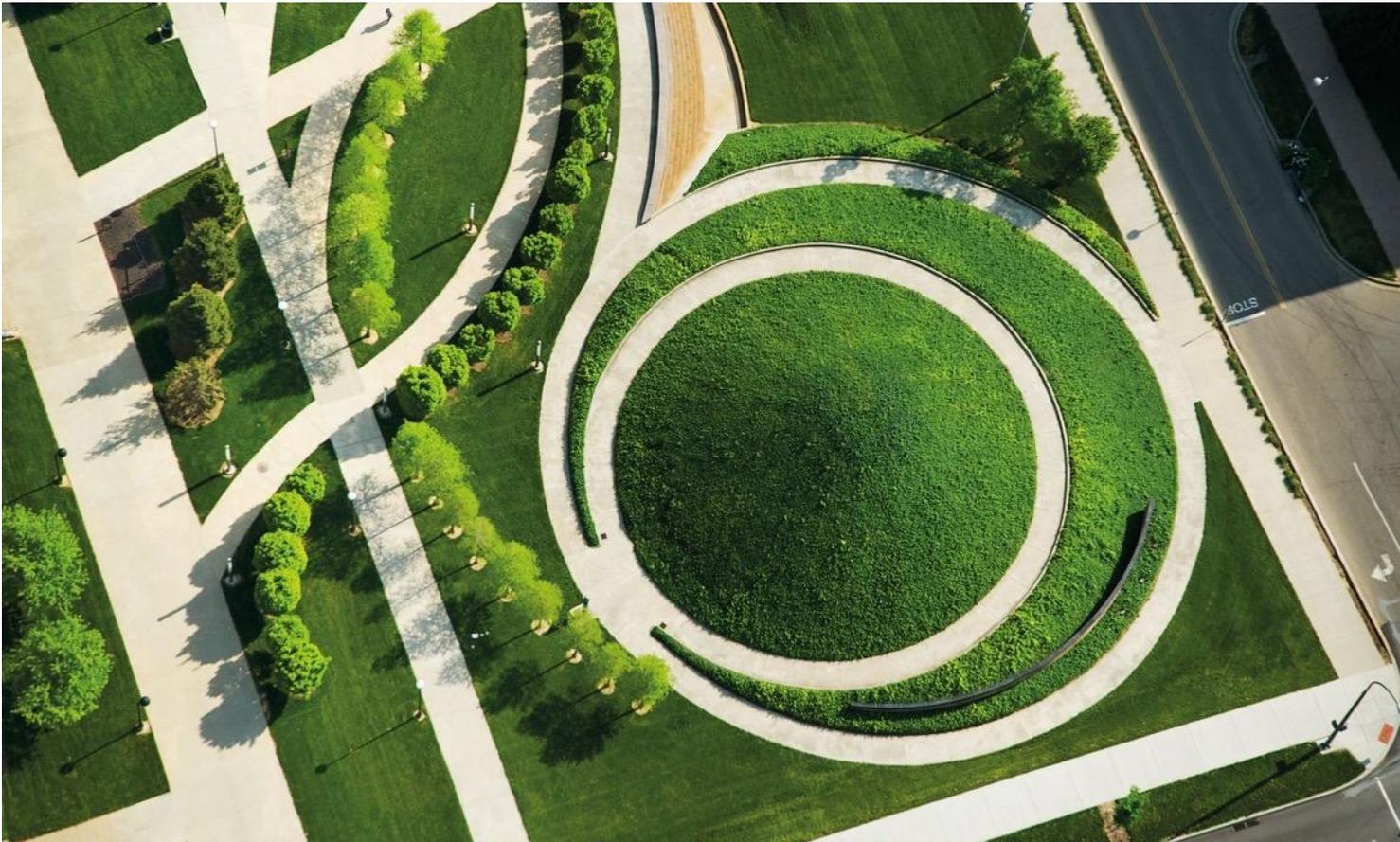


Il giardino di Potters Fields Park, Londra. Fioriture delle erbacee perenni. Fonte: SOS4life

Spazi aperti urbani

1. Giardini alberati

Inserire aree verdi come strumento di protezione dal vento



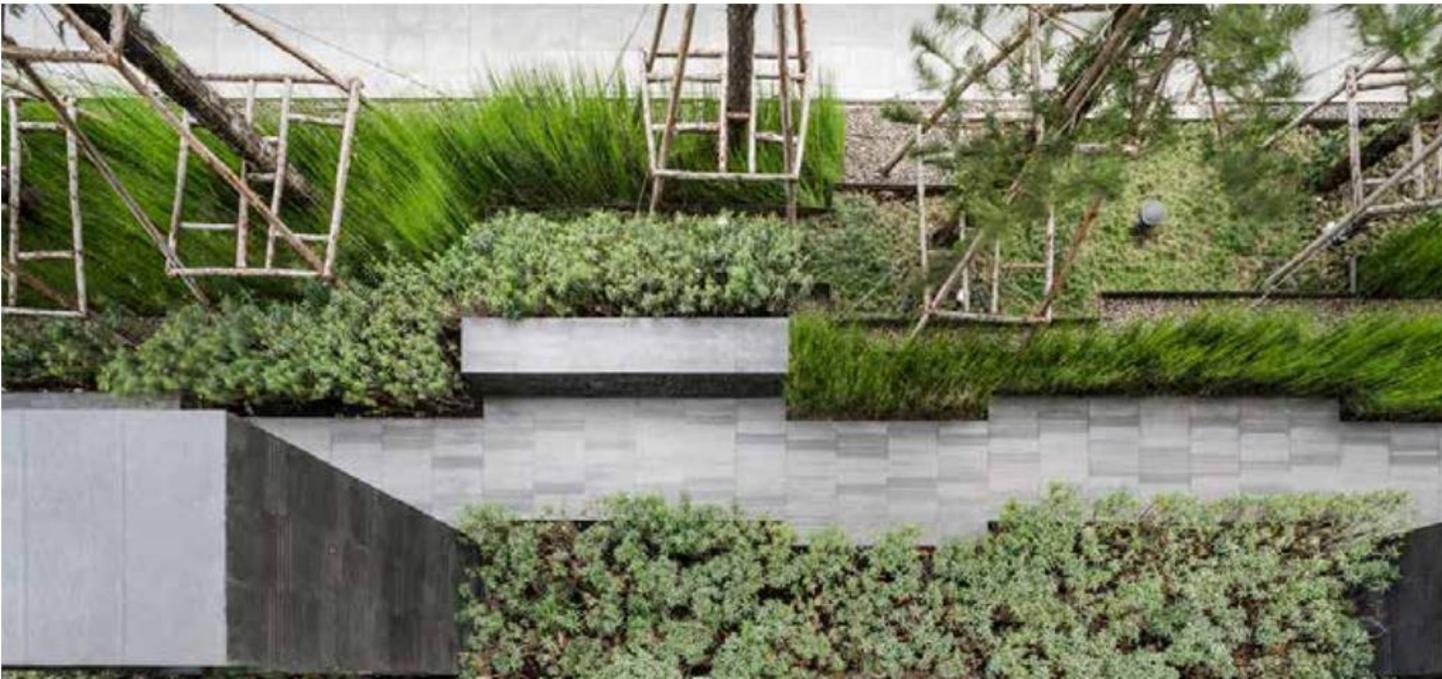
I flussi di vento vengono schermati e incanalati dalla presenza di masse verdi, che fungono da elementi di mitigazione e strumento di controllo all'interno del Campus. Il diverso trattamento delle superfici aumenta/rallenta la velocità del vento.



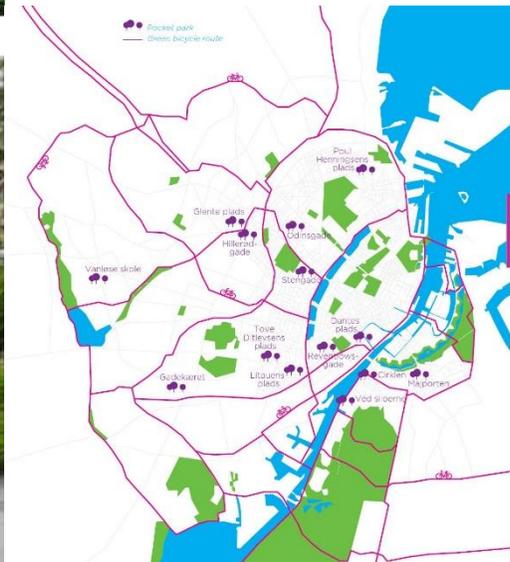
Spazi aperti urbani

2. Pocket gardens

Creare giardini permeabili e oasi di ombra



Interventi puntuali e capillari di verde urbano che si sviluppano in **spazi ridotti**, spesso minerali, ma con un **forte impatto attrattivo** e notevoli benefici sul microclima.

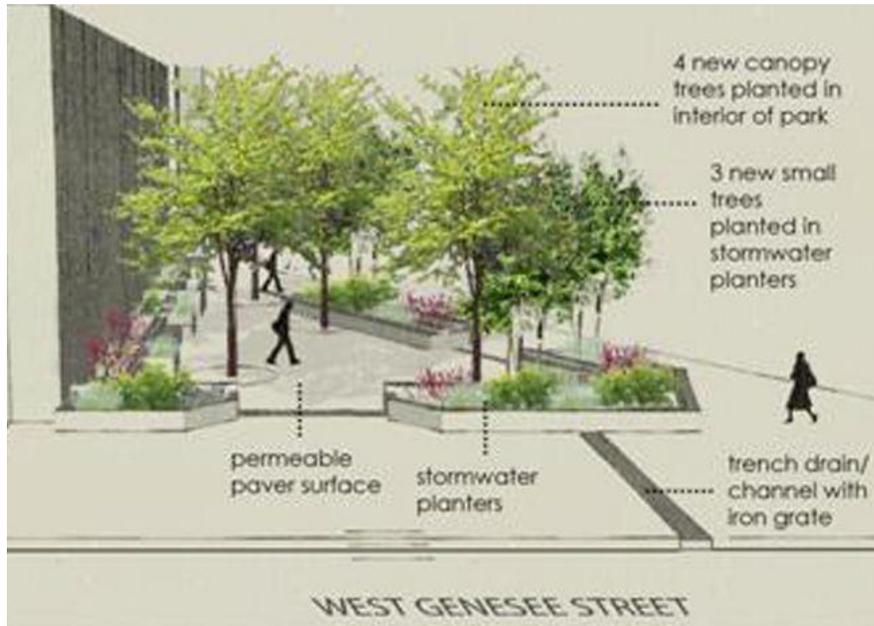


Mappatura dei Pocket Parks di Copenhagen.
Fonte: LifeMetroAdapt, 2020

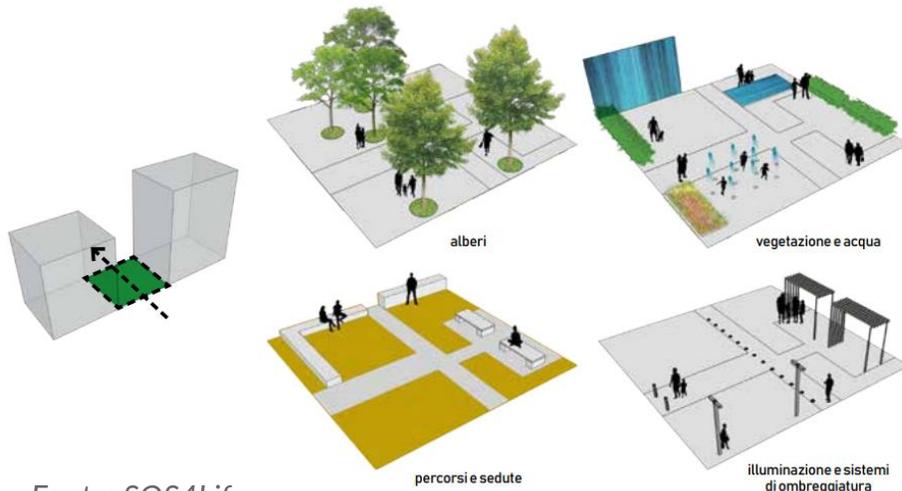
Paley Park (New York), Iron Street Park (Boston); Jardin Deca (San Paolo) e Giardino del complesso residenziale Ashton Morph Sukumvit. Fonte: SOS4life, 2020

Spazi aperti urbani

2. Pocket gardens



Pocket park in West Genesee Street (Syracuse, New York)



Dimensioni: fino a 2500 mq

Materiali: ampia gamma - vegetazione (alberi, arbusti, piante, ...), materiali della pavimentazione (legno, pietra, cemento, ghiaia, ...), presenza di acqua (cascate, specchi, fontane, ...) e irrigazione.

Gestione e manutenzione: contenuta se la vegetazione scelta richiede poche cure ed è non invasiva; opportuno prevedere irrigazione automatica

Tempo per la piena efficacia: 1-2 anni (maggiore se con alberature)

Tempo di vita: anche oltre 10 anni

Costi indicativi: da 120-150 €/mq

Fattori di successo: design, buona visibilità e connettività, facilità di manutenzione, condizioni adeguate per la socializzazione

Fattori limitanti: uso intensivo, pressione dell'ambiente urbano circostante, rifiuti e usi impropri

Integrazione con altre NBS: trincee drenanti, pozzi di infiltrazione

Spazi aperti urbani

2. Pocket gardens - parklets

I Parklets come opportunità per riconvertire stalli di sosta in micro-spazi verdi per la socialità



Trasformazione temporanea di uno o più stalli di parcheggio su strada in uno spazio (semi)pubblico, installando semplici strutture per la socialità e elementi a verde.



Parklets a São Paulo (Brasile)
Fonte: NACTO, 2016



Pusteblume Parklet, Vienna

Elaborazione di una possibile pianta e sezioni di un parklet

Spazi aperti urbani

3. Desigillazione aree parcheggio e parcheggi verdi

Parcheeggi verdi per accumulare, depurare e infiltrare le acque pluviali urbane



Le aree parcheggio sono per lo più asfaltate ed impermeabilizzate, generando isole di calore e inquinamento.

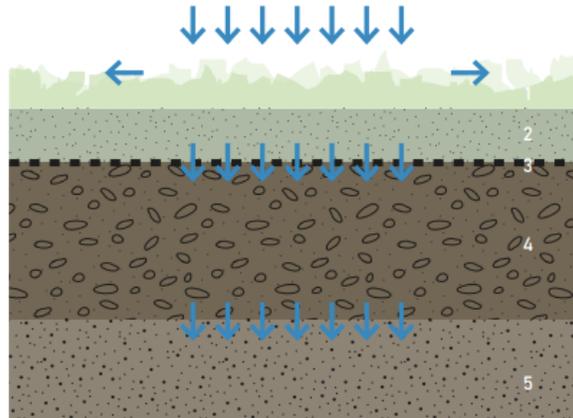
I parcheggi verdi permettono di:

- reintrodurre un'adeguata componente di verde
- favorire la desigillazione del suolo attraverso la sostituzione dei rivestimenti impermeabili (asfalto e calcestruzzo) con pavimentazioni permeabili o semi-permeabili.

Parcheeggio del tecnopolo TAE (Borgogna) e Parcheeggio dello Zenith Music Hall (Strasburgo) Fonte: SOS4life

Spazi aperti urbani

3. Desigillazione aree parcheggio e parcheggi verdi



1. Prato
2. Ghiaia naturale rinverdita - 8 cm
3. Geotessile in tessuto non tessuto
4. Misto granulare stabilizzato - 30 cm
5. Sabbietta - 20 cm



Parcheggio con stalli in ghiaia rinverdita e corselli in cls drenante. Fonte: SOS4Life

Dimensioni: dal singolo stallo di sosta a grandi aree a parcheggio

Influenza: dipende dalle dimensioni, sovente limitata a lotto e adiacenze

Materiali: erba, cubetti e masselli porosi per stalli e percorsi, asfalti e calcestruzzi drenanti per i percorsi, substrato.

Gestione e manutenzione: manutenzione delle aree verdi (sfalcio, ...) e delle aree pavimentate con sup. drenanti per verificare e ev. ripristinare la capacità di infiltrazione. Irrigazione assente o limitata.

Tempo per la piena efficacia: da qualche settimana a 1 anno

Tempo di vita: 20 - 30 anni

Costi indicativi: 10-20 €/mq: de-pavimentazione della superficie; 10 €/mq prato; 70-80 €/mq asfalti e calcestruzzi drenanti; 80-100 €/mq cubetti o masselli porosi; 30 €/mq sterrato o terra solida

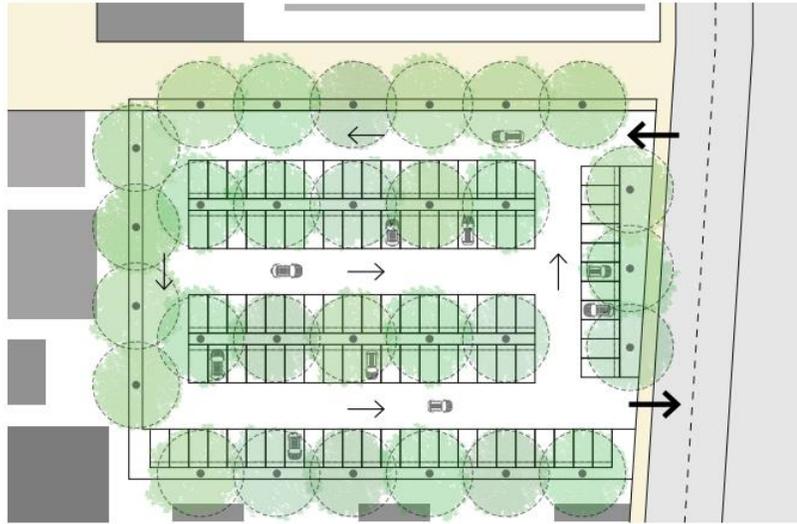
Fattori limitanti: se parcheggi con alta frequenza diurna, difficile mantenimento del manto erboso; contaminazione dei suoli

Integrazione con altre NBS: giardini della pioggia, pozzi di infiltrazione, fossati inondabili, pergolati, pavimentazioni drenanti

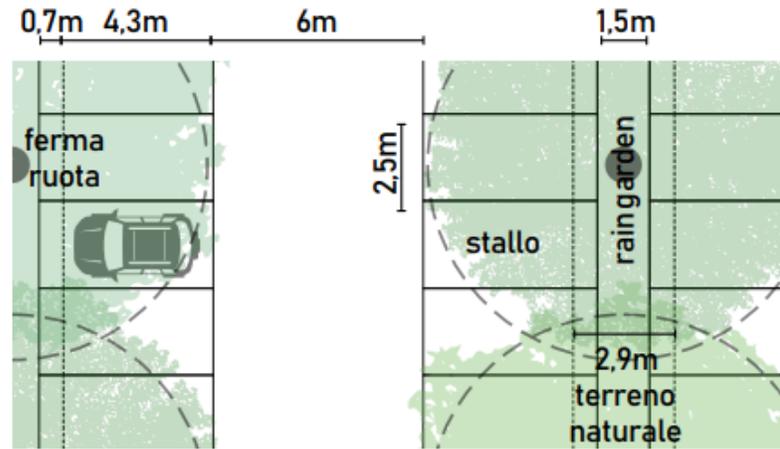
Fonti: SOS4life, 2020; Nature4Cities, 2018

Spazi aperti urbani

3. Desigillazione aree parcheggio e parcheggi verdi



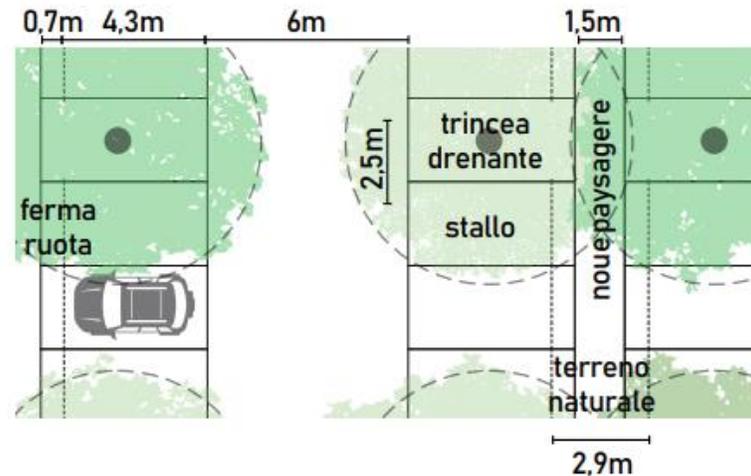
PARCHEGGIO CON GIARDINI DELLA PIOGGIA



s.minerali: 80-85%
s.vegetate: 15-20% - ombra: 80-85%



PARCHEGGIO CON TRINCEE DRENANTI ALBERATE



s.minerali: 70-75%
s.vegetate: 25-30% - ombra: 70-75%

Spazi aperti urbani

4. Piazze minerali alberate

Creare comfort, ombra e benessere per la socializzazione



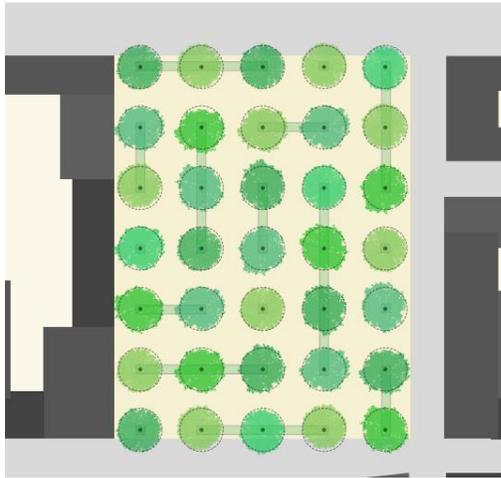
È possibile (ri)progettare le piazze con soluzioni che mettono al centro l'elemento naturale, alberi e vegetazione.



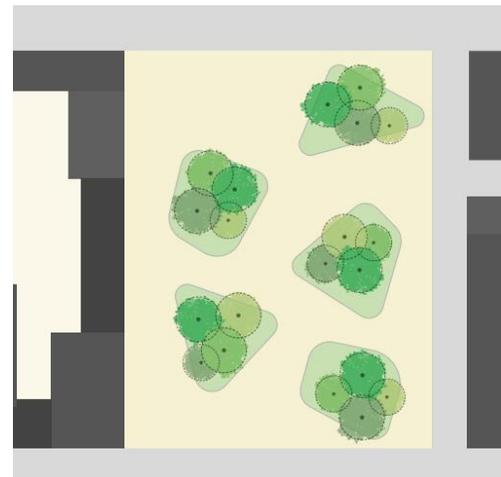
Place de la République (Parigi) e Place des Célestins (Lione). Fonte: SOS4life

Spazi aperti urbani

4. Piazze minerali alberate



superfici minerali: 60-65%
superfici vegetate: 35-40%
superfici ombreggiate: 25-30%



superfici minerali: 85-90%
superfici vegetate: 10-15%
superfici ombreggiate: 45-50%

Piazza minerale con gruppi di alberi e con alberi distribuiti.
Fonte: SOS4Life

Materiali: ampia gamma di materiali - vegetazione (alberi, arbusti, piante perenni, piante annuali, ecc.), materiali della pavimentazione (legno, pietra, cemento, ghiaia ecc.)

Gestione e manutenzione: verifica regolare dello stato della pavimentazione e della capacità di infiltrazione, spazzatura e aspirazione di fogliame e detriti affinché non vengano occlusi i vuoti ed impedita l'infiltrazione. Potatura.

Tempo per la piena efficacia: 1 - 5 anni (10-15 anni per la crescita degli alberi)

Tempo di vita: oltre 10 anni

Costi indicativi: 10-20 €/mq: de-pavimentazione della superficie, se minerale; 70-80 €/mq sfalti e cls drenanti; 80-100 €/mq cubetti e masselli porosi; da 120-150 €/mq realizzazione opere a verde

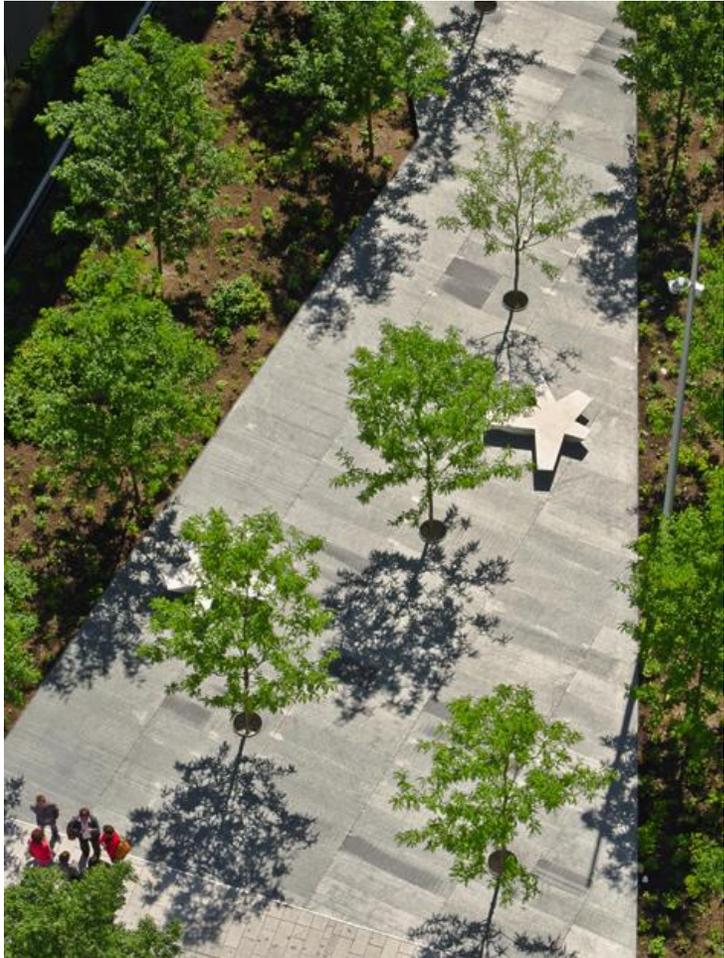
Fattori di successo: coinvolgimento dei residenti nella progettazione, manutenzione e pulizia adeguate e frequenti

Fattori limitanti: pressioni dell'ambiente urbano circostante, limiti di accessibilità

Integrazione con altre NBS: trincee e pozzi infiltranti, fossati inondabili

Spazi aperti urbani

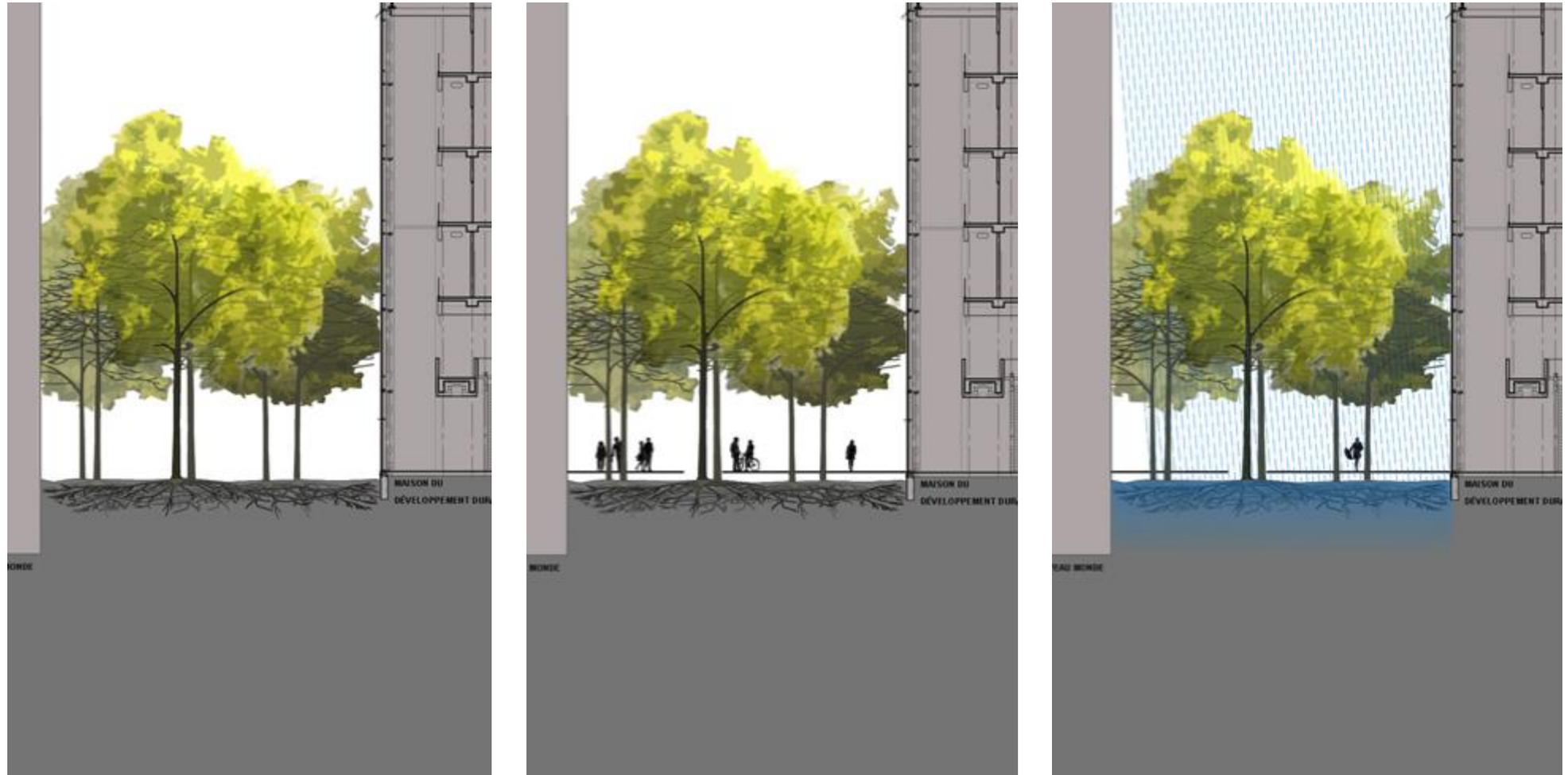
4. Piazze minerali alberate



Spazi aperti urbani

4. Piazze minerali alberate

Schema di permeabilità



Spazi aperti urbani

5. Strade alberate

Ombreggiare percorsi pedonali e spazi di sosta

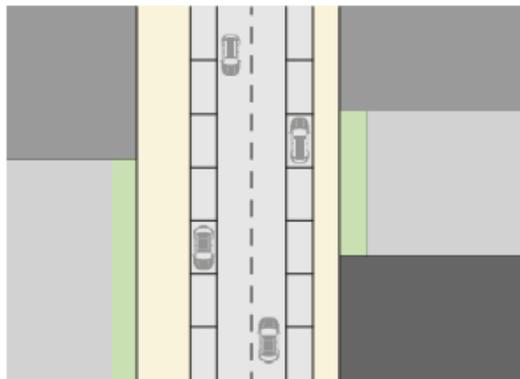


Spazi aperti urbani

5. Strade alberate

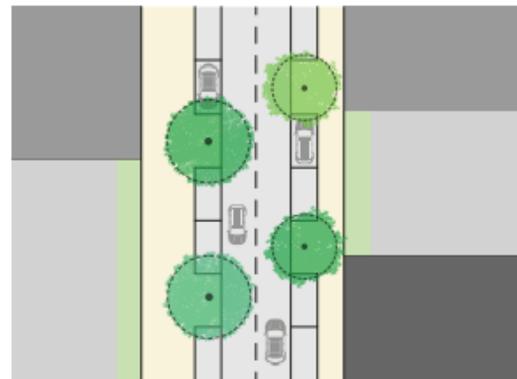
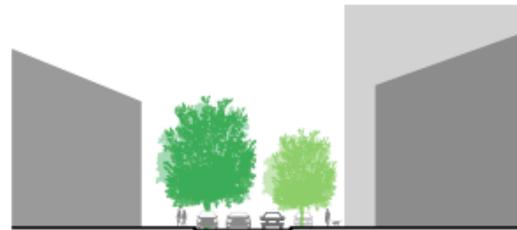
Integrazione dello spazio destinato alla mobilità e ai parcheggi con le esigenze delle alberature

superfici minerali: 100%
superfici vegetate: 0%
superfici ombreggiate: 0%



**STRADA A DOPPIO SENSO DI MARCIA
CON CORSIA SINGOLA
E PARCHEGGI IN LINEA**
Sezione stradale 20m

superfici minerali: 85-90%
superfici vegetate: 10-15%
superfici ombreggiate: 25-30%

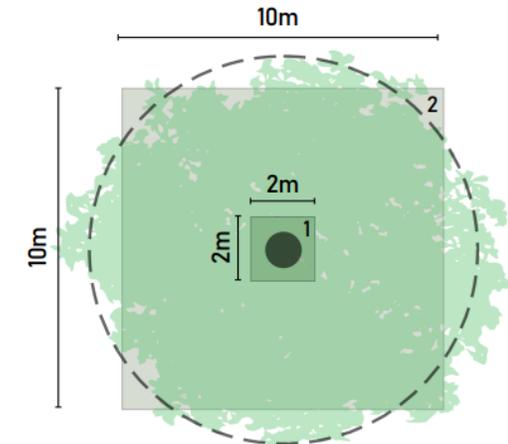


**STRADA A DOPPIO SENSO DI MARCIA
CON CORSIA SINGOLA
E PARCHEGGI IN LINEA**
Due filari di alberi di II grandezza sono messi a dimora lungo la strada intervallati alle aree a parcheggio, eliminando alcuni stalli per far posto ad aiuole alberate.

superfici minerali: 80-85%
superfici vegetate: 15-20%
superfici ombreggiate: 35-40%



**STRADA A DOPPIO SENSO DI MARCIA
CON CORSIA SINGOLA
E PARCHEGGI IN LINEA**
Un filare di alberi di II grandezza è messo a dimora sul marciapiede in aiuole verdi lineari.

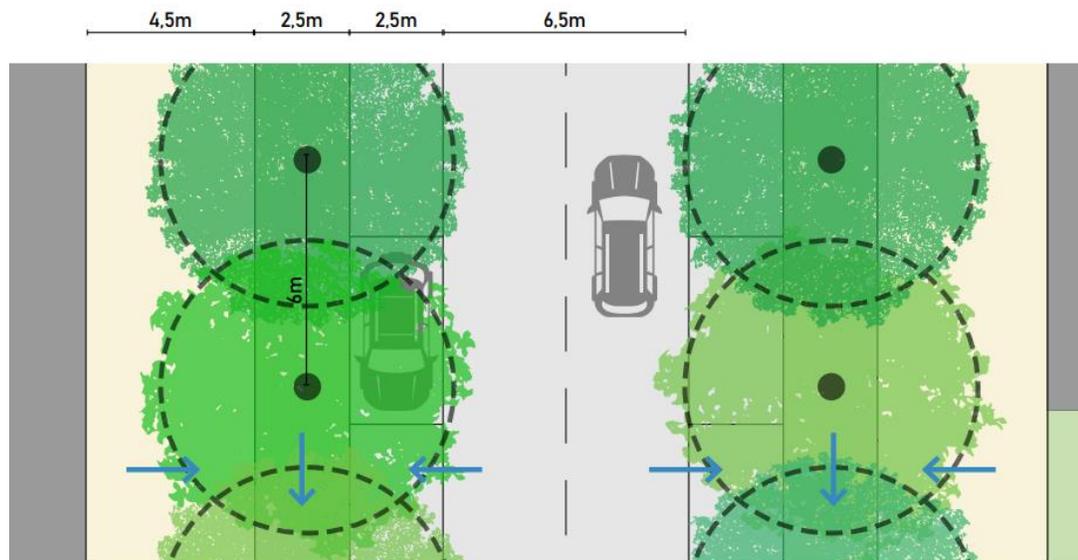
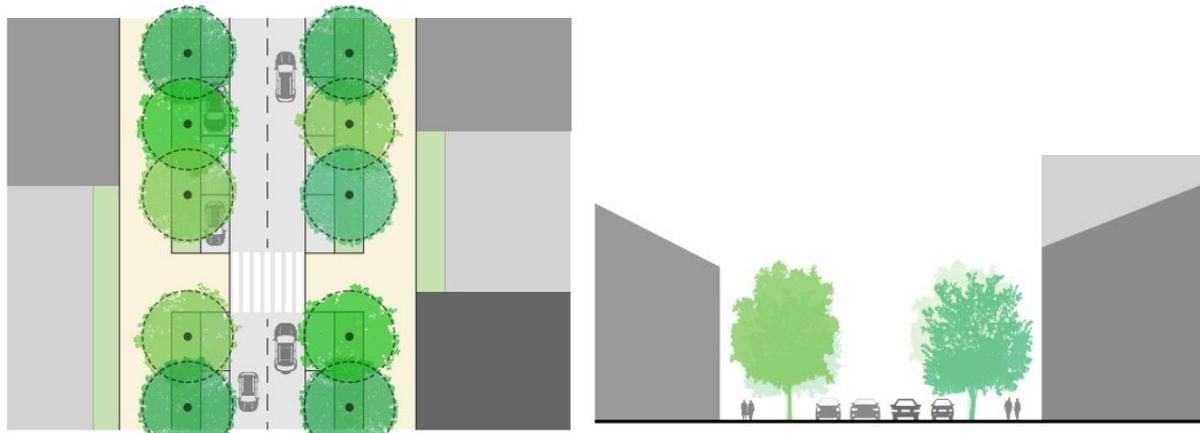


1. Terreno nudo per messa a dimora (min 2x2 m)
2. Area di pertinenza in materiali semi-permeabili (min 10x10 m)

Spazi aperti urbani

5. Strade alberate con giardini della pioggia

Per accumulare, infiltrare e depurare le acque pluviali urbane



Ambiti di applicazione:

- in contesti residenziali, dove generalmente non è richiesto un sistema di gestione delle acque di prima pioggia;
- all'interno delle **rotatorie**, nelle **aree verdi a bordo dei parcheggi**, lungo i **margini delle carreggiate** per separare il traffico veicolare dai percorsi ciclopedonali;

Fonte: SOS4life, 2020

Spazi aperti urbani

6. Orti e giardini condivisi

Coltivare aree verdi e giardini permeabili per la socialità

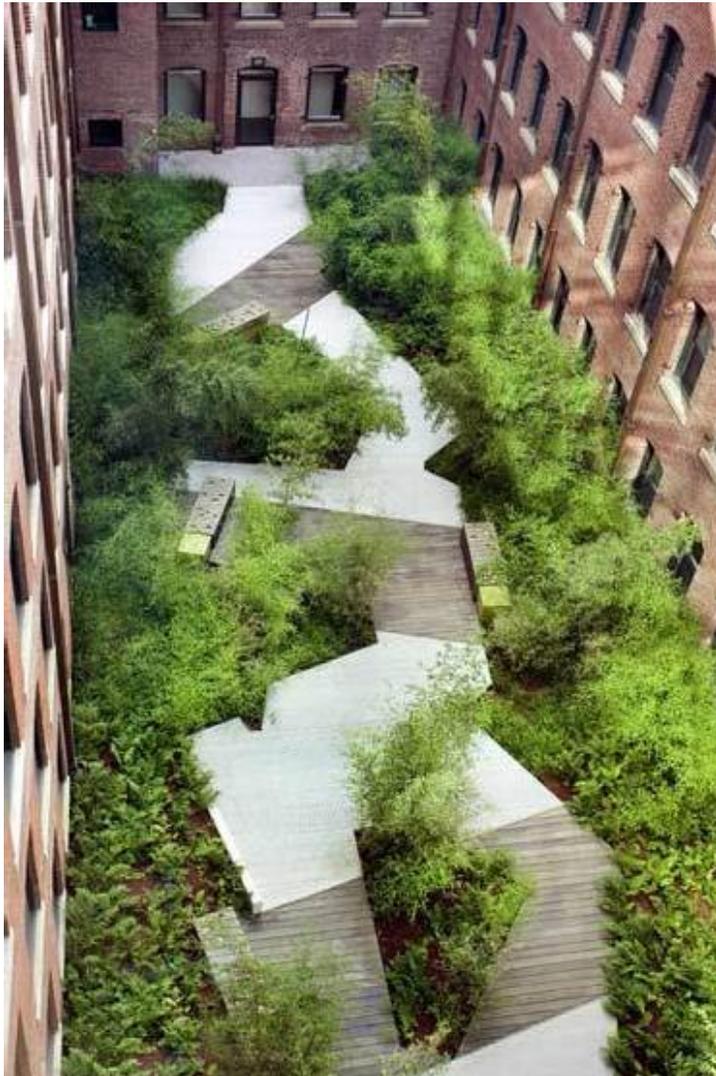
Produzione locale di cibo, regolazione del clima e qualità dell'aria, valore estetico del paesaggio, biodiversità



Spazi aperti urbani

7. Corti interne

Spazi verdi permeabili pubblico-privati per il comfort e la socialità



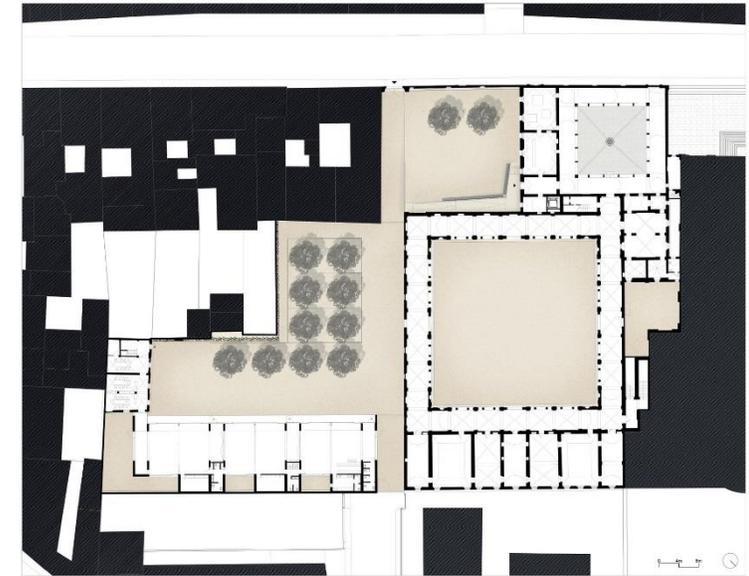
Corte interna dello Square des Bouleaux (Parigi). Fonte: SOS4life

Court Square Press Building, Boston. Design by Landworks Studio

Spazi aperti urbani

7. Corti e cortili storici

Un caso ricorrente nel tessuto urbano storico



Spazi aperti nei progetti dei comuni partecipanti

<p>CREVALCORE (BO)</p>	<p>Riqualificazione dell'ex scuola Paltrinieri e nuova piazza-giardino</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Incremento della permeabilità dei suoli e riduzione sup. coperta; • per le nuove pavimentazioni si intende utilizzare pavimentazioni drenanti a base cementizia, • la sup. territoriale permeabile è >60% e la sup. verde > 40% della sup. di progetto non edificata e >30 % della sup. totale del lotto.
<p>SAN GIOVANNI IN PERSICETO (BO)</p>	<p>Recupero e rifunzionalizzazione "Ex-Caserma dei carabinieri"</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Desigillazione della corte interna
<p>LUGAGNANO VAL D'ARDA (PC)</p>	<p>Recupero ex deposito Acap. Una nuova casa per la cultura</p>	<p>Cortile esterno (Giardino della memoria):</p> <ul style="list-style-type: none"> • rimozione della pavimentazione in cemento esistente • posa di una nuova pavimentazione in masselli autobloccanti in cemento con finitura doppio strato e tecnologia alta riflettanza per riduzione dell'isola di calore
<p>CASTELNOVO NE' MONTI (RE)</p>	<p>Una pietra per volta. Rigenerazione urbana e architettonica di Palazzo Ducale e del suo intorno</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Attenzione alla qualità dei materiali e ai criteri ambientali, deimpermeabilizzando suoli e introducendo superfici permeabili. • Disegno del nuovo spazio aperto pubblico si articola per fasce verdi e pavimentate perpendicolari alla facciata del Palazzo. Il disegno conserva tutti gli alberi esistenti inserendoli all'interno di parterre verdi e introducendone di nuovi insieme a strisciate di nuovi arbusti. • Orti didattici, giardini dei colori e dei profumi • Viene allargato il bordo pedonale vicino al Palazzo Ducale e disegnato un green parking permeabile che riduce di circa 2/3 la porzione di manto bituminoso presente.
<p>TOANO (RE)</p>	<p>Lo Spazio della Comunità: recupero dell'Ex Cinema Parrocchiale nel borgo di Quara</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Parziale desigillatura del suolo dal momento che l'impronta a terra dell'edificio esistente è più estesa di quella del nuovo • la proposta prevede di rendere nuovamente permeabile una parte delle aree esterne, con inserimento di nuove piantumazioni.

Spazi aperti nei progetti dei comuni partecipanti

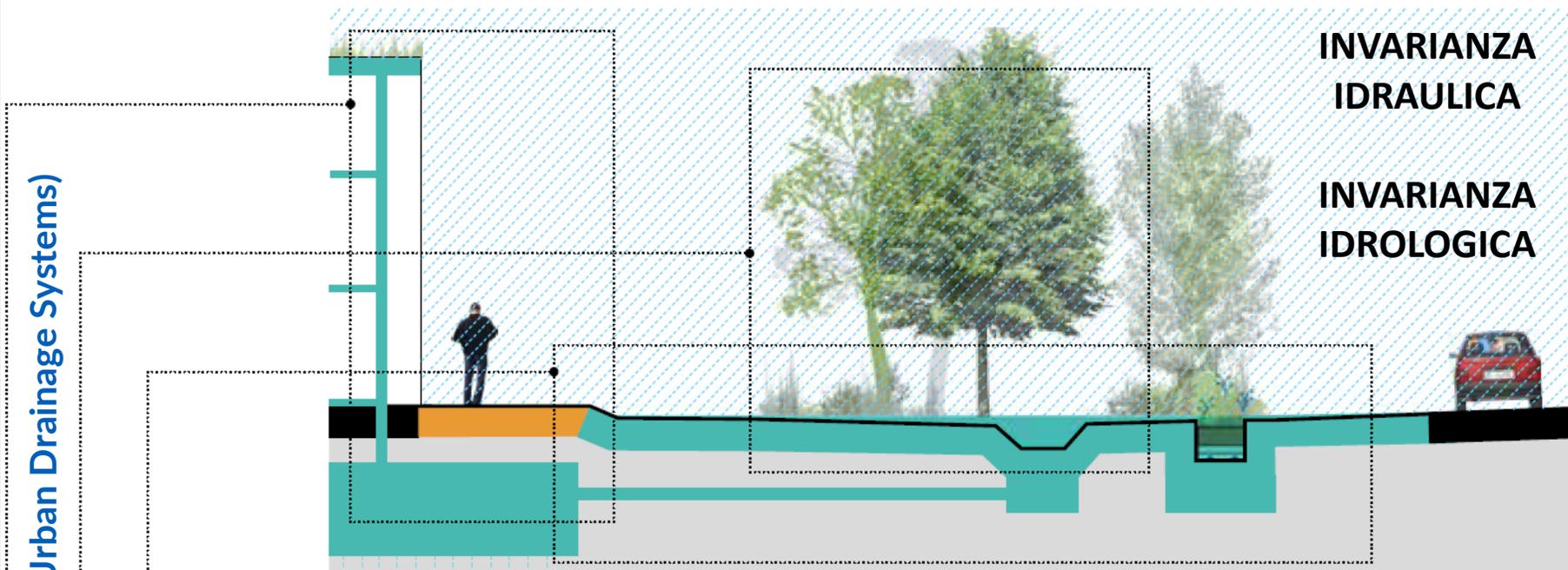
<p>CERVIA (RA)</p>	<p>Realizzazione della nuova sede di Cervia Ambiente</p>	<p>Ricostruzione con riduzione di volume, incrementando la permeabilità dei suoli.</p>
<p>SASSO MARCONI (BO)</p>	<p>Riqualificazione e recupero dell'edificio Ex-Scuola di Pontecchio Marconi. Bed & Bike "La Scuola"</p>	<p>Riqualificazione dei pertinenti spazi a verde e miglioramento dell'accessibilità alle aree pubbliche; Riqualificazione del verde esistente anche vincolato e creazione di "barriere verdi" contro l'inquinamento acustico e ambientale sulla Via Porrettana</p>
<p>MARZABOTTO (BO)</p>	<p>Rifunzionalizzazione di spazi comunali polivalenti da trasformare in nuovo teatro - sala proiezioni ed in emporio solidale, con annessa rigenerazione urbana ed ambientale degli spazi pubblici di pertinenza</p>	<ul style="list-style-type: none"> • QUALITA' DEGLI SPAZI DI PERTINENZA: spazi pubblici esterni con soluzioni per "rigenerare con la natura" attraverso l'uso diffuso del verde, la creazione di spazi di sosta ed aggregazione, l'utilizzo di materiali e soluzioni tecniche orientate ad arricchire il comfort urbano ed ambientale • ADATTAMENTO AI CAMBIAMENTI CLIMATICI: Le soluzioni per gli spazi esterni intendono contrastare l'isola di calore, eliminando l'asfalto, utilizzando cool material (con un basso potere di assorbimento nel periodo estivo), ed il verde quale superficie diffusa. La pensilina costituirà elemento importante per l'ombreggiamento estivo (oltre alle nuove alberature), al di sotto della quale potranno svilupparsi aree con sedute per la sosta e l'aggregazione • PERMEABILITA' DEI SUOLI: ampio e diffuso utilizzo di materiali drenanti e permeabili quali aree a verde ed aree pavimentate con autobloccanti (drenanti e permeabili tra le fughe) posti su stratigrafia di spaccato e stabilizzato assolutamente permeabile; tutta l'area d'intervento, oggi asfaltata e pavimentata con autobloccanti su solette di c.a., sarà desigillata.
<p>RIO SALICETO (RE)</p>	<p>Nuovo Delfino. Centro Polifunzionale della comunità di Rio Saliceto</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Desigillatura del suolo e l'aumento della superficie permeabile grazie alla demolizione di una parte di edificio.

2

Sistemi di drenaggio e stoccaggio delle acque

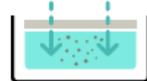
Sistemi di drenaggio e stoccaggio delle acque

PRINCIPALI PROCESSI

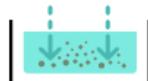


SUDS (Sustainable Urban Drainage Systems)

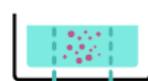
SISTEMI DI DRENAGGIO URBANO SOSTENIBILE



filtrazione



sedimentazione



infiltrazione



assorbimento biologico

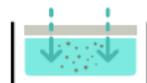


evapo-traspirazione

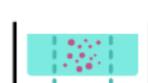


laminazione

ALBERI GIARDINI



filtrazione



infiltrazione

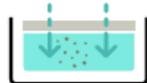


assorbimento biologico



evapo-traspirazione

TETTI VERDI E SISTEMI DI STOCCAGGIO



filtrazione



infiltrazione



evapo-traspirazione



stoccaggio



ritenzione



riciclo

SCALA



Quartiere



Città

APPROCCIO



Proteggere



Ripristinare
Migliorare



Creare
ex novo

FIGURE PROFESSIONALI



Ingegneri

Agronomi

Architetti del paesaggio

Sistemi di drenaggio e stoccaggio delle acque

1. **Pavimentazioni drenanti - desigillazione**
2. **Trincee e pozzi infiltranti**
3. **Fossati inondabili**
4. **Giardini della pioggia**
5. **Giardini umidi**
6. **Piazze inondabili**

Sistemi di drenaggio e stoccaggio delle acque

1. Pavimentazioni drenanti - desigillazione

Pavimentazioni porose o permeabili realizzate anche a seguito di interventi di desigillazione.

Funzione: Infiltrare le acque piovane urbane

- favoriscono l'infiltrazione in falda (efficacia in funzione delle caratteristiche del terreno); **Spazi urbani con il 50-90% di copertura impermeabile perdono il 40-83% delle precipitazioni per il deflusso superficiale;**
- possono **ridurre il deflusso del 30-65%** (anche alla micro-scala)
- riducono i picchi di piena nei corpi ricettori.

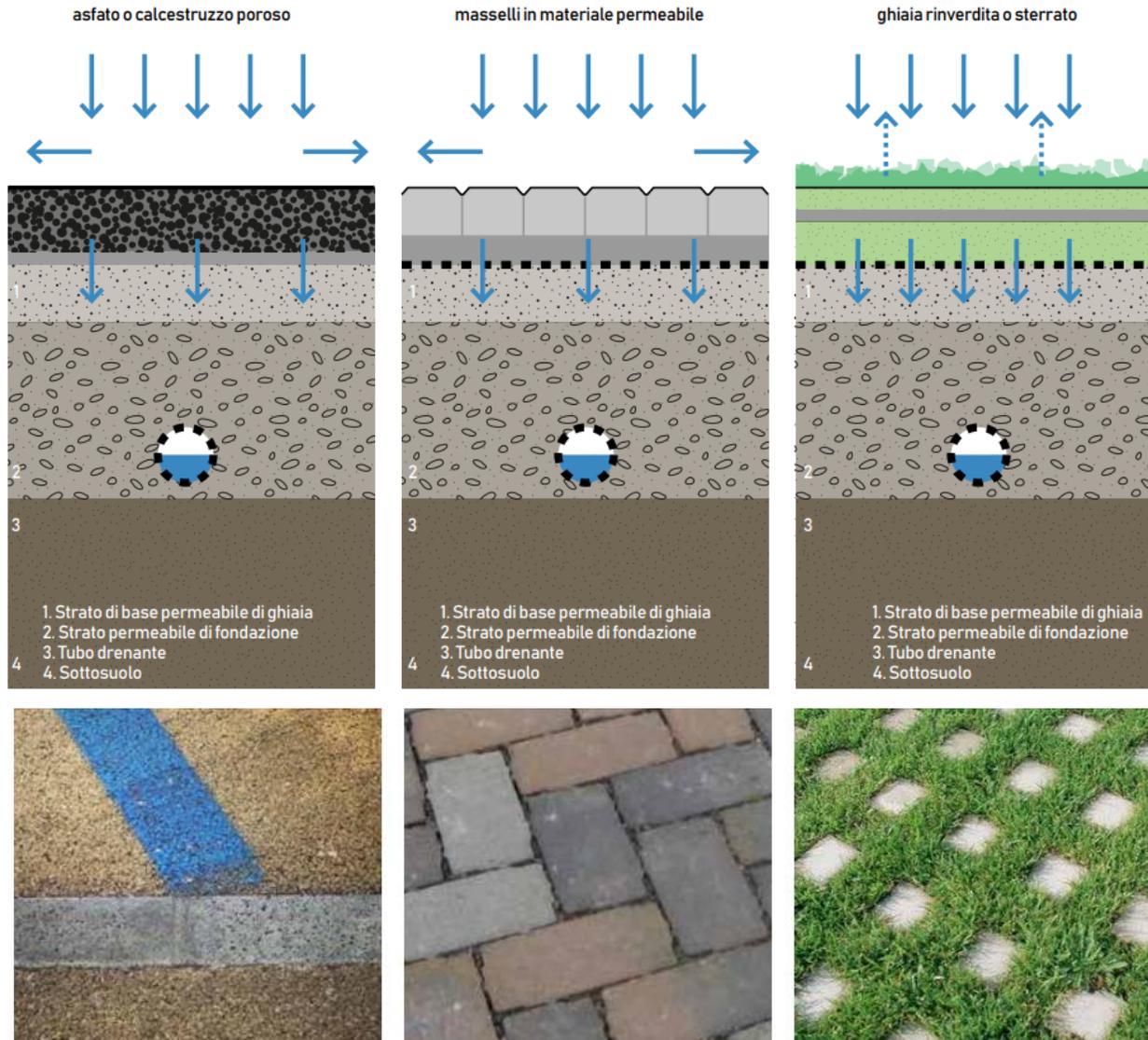
Soluzione direttamente efficace subito dopo l'implementazione.



Pavimentazione drenante lungo il Passeig De St Joan (Barcellona), percorso pedonale in terra stabilizzata (Lione) e parcheggio realizzato con asfalto drenante (Rimini). Fonte: SOS4life

Sistemi di drenaggio e stoccaggio delle acque

1. Pavimentazioni drenanti - desigillazione



Costi di realizzazione:
Ca. 10-100 €/mq

Principali tipologie:

- ✓ **POROSE** come prati, ghiaia rinverdita, grigliati plastici inerbiti, sterrati / terra solida;
- ✓ **PERMEABILI** come grigliati in calcestruzzo inerbiti, cubetti o masselli con fughe inerbite e/o riempite di materiale drenante, masselli porosi, asfalti e calcestruzzi drenanti.

La scelta della pavimentazione deve considerare:

- ✓ **ASPETTI IDRAULICI**
- ✓ **ASPETTI STRUTTURALI** in funzione del livello e tipologia di traffico previsto.

Sistemi di drenaggio e stoccaggio delle acque

1. Pavimentazioni drenanti - desigillazione

Piazze drenanti per infiltrare le acque pluviali urbane



Area pubblica dell' Energy Park - Vimercate - Garretti Associati 2018

Cemento drenante:

- riduce l'impermeabilizzazione del suolo
- favorisce il ripristino del ciclo naturale dell'acqua
- aumenta il drenaggio e diminuisce il deflusso
- riduce l'effetto isola di calore, favorendo una maggior riflessione



Cemento drenante. Fonte: italcementi

Sistemi di drenaggio e stoccaggio delle acque

2. Trincee e pozzi infiltranti

Elementi lineari o puntuali che favoriscono l'infiltrazione lenta delle acque pluviali nel sottosuolo.

Funzione: drenare le acque pluviali urbane

- favorire l'infiltrazione in falda;
- le trincee infiltranti possono **ridurre il deflusso fino al 56%** (anche alla micro-scala).
- rimuovere gli inquinanti attraverso i meccanismi legati alla filtrazione e all'assorbimento biologico;
- ridurre i picchi di piena nei corpi ricettori;

Ambiti di applicazione

- sistemi di moderazione dei deflussi a **scala diffusa o da realizzarsi alla micro-scala**, a livello di singoli lotti.
- hanno un basso fabbisogno di superficie;
- necessitano della presenza di uno strato inferiore di terreno permeabile;
- consigliabile l'uso per la raccolta di **acque con ridotto carico inquinante** (es. dalle coperture, aree pedonali o aree permeabili)



Trincea drenante a margine della biblioteca pubblica dell'eco-quartiere Bottière Chênaie (Nantes). Fonte: SOS4Life



Pozzi drenanti negli spazi pubblici del Vulcania Centre du Volcanisme a Saint-Ours-les-Roches (FR). Fonte: SOS4Life

Sistemi di drenaggio e stoccaggio delle acque

2. Trincee e pozzi infiltranti

Costi di realizzazione:
80-100 €/ml
(sezione 1mt)

Costi di manutenzione:
medio-alti

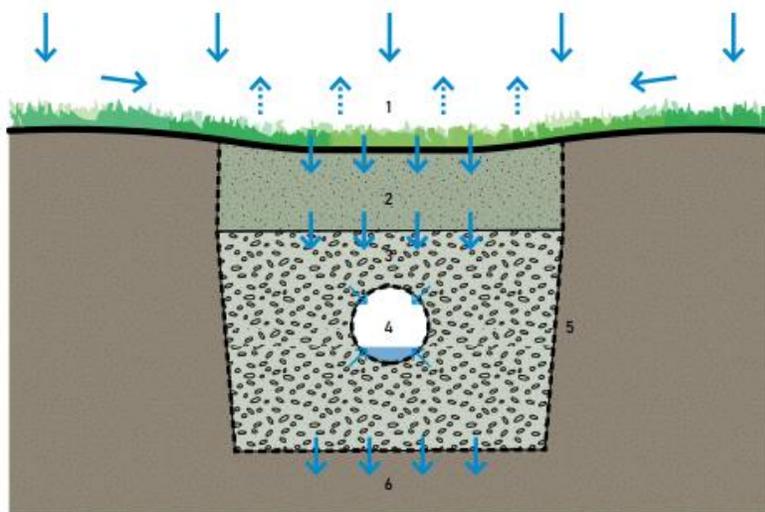
TRINCEE INFILTRANTI Caratteristiche tecniche

Profondità: 1-2 mt

Larghezza: 0,5-2 mt (\varnothing tubazione (4) + 15 cm min. per lato)
(estensione: meno del 10% della sup. impermeabile afferente)

- FINITURA SUPERFICIALE permeabile anche inverdita (alimentazione direttamente dalle acque superficiali) o impermeabile (alimentazione da rete fognaria)
- MATERIALE DI RIEMPIMENTO con porosità media 30% (2-3), protetto sul perimetro esterno (5) da tessuto geotessile per evitare intasamento con materiale fine;
- FONDO TRINCEA ad almeno 1 mt dal livello massimo della falda superficiale;
- STRATO INFERIORE (6) con alto coefficiente di permeabilità ($K > 10^{-5}$ m/sec)

Svuotamento completo entro 12-24 ore dall'evento di pioggia



1. Strato superficiale verde
2. Misto ghiaione \varnothing 50-70 mm (50%) e terreno vegetale (50%)
3. Ghiaione lavato \varnothing 50-70 mm
4. Tubo drenofessurato
5. Geotessile
6. Terreno originario



Sistemi di drenaggio e stoccaggio delle acque

Costi di realizzazione:
1500-2000 €/unità
(Ø 2mt, profondità 2,5 mt)

2. Trincee e pozzi infiltranti



Fasi di realizzazione di un pozzo filtrante. Fonte: SOS4Life

POZZI DI INFILTRAZIONE

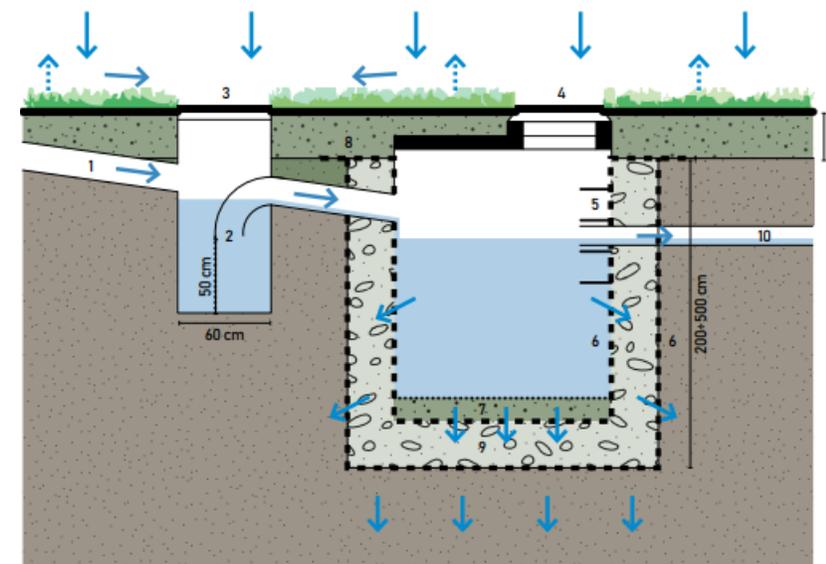
Caratteristiche tecniche:

Profondità: 2-5 mt

Anelli forati (5) di Ø 100-200 cm

- FINITURA SUPERFICIALE pietrisco drenante oppure sigillata (a monte, eventuale pozzetto di pre-trattamento delle acque per favorire il deposito di olii e sedimenti)
- MATERIALE DI RIEMPIMENTO dello scavo granulare ad alta permeabilità. Sul fondo materiali a granulometria grossolana; protetto sul perimetro esterno da tessuto geotessile (6);
- Eventuale SCARICO TROPPO PIENO;
- STRATO INFERIORE (6) con alto coefficiente di permeabilità ($K > 10^{-5}$ m/sec).

1. Immissione acque meteo
2. Condotta sifonata
3. Chiusino di ispezione / caditoia
4. Chiusino di ispezione del pozzo pendente
5. Anello forato
6. Filtro geotessile
7. Strato filtrante (ghiaia grossolana)
8. Terreno vegetale
9. Materiale granulare permeabile (ghiaia grossolana e ciottoli)
10. Condotta di troppo pieno



Sezione tipologica del pozzo di infiltrazione.
Fonte: SOS4Life

Sistemi di drenaggio e stoccaggio delle acque

3. Fossati inondabili

Canali a cielo aperto simili a fossati ma poco profondi e con sezione più ampia, con **scarpate a pendenza molto morbida e vegetate**.

Funzione: drenare, laminare e filtrare le acque pluviali urbane

- collettare le acque di pioggia,
- eseguire una fitodepurazione (rimozione inquinanti)
- attenuare il run-off superficiale mediante la lenta infiltrazione nel sottosuolo.

Ambiti di applicazione

- elementi lineari con **significativa domanda di suolo**;
- necessitano di **terreno ad elevata permeabilità**
- possono configurarsi come corridoi verdi lungo i percorsi perimetrali ai lotti o alle aree di sosta/parcheggio.
- lungo assi viari, sono implementabili lungo i margini delle carreggiate stradali o al bordo di aree pedonali o a parcheggio.

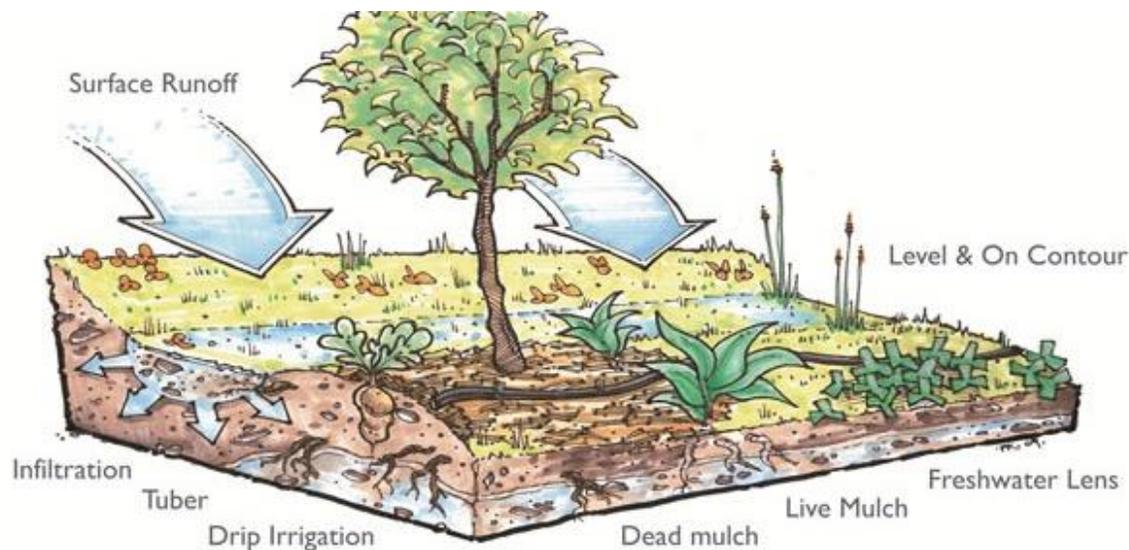
Fossati inondabili nel parco Luther King (Parigi) e nell'eco-quartiere del Parc du Trapeze a Boulogne Billancourt. Fonte: SOS4Life



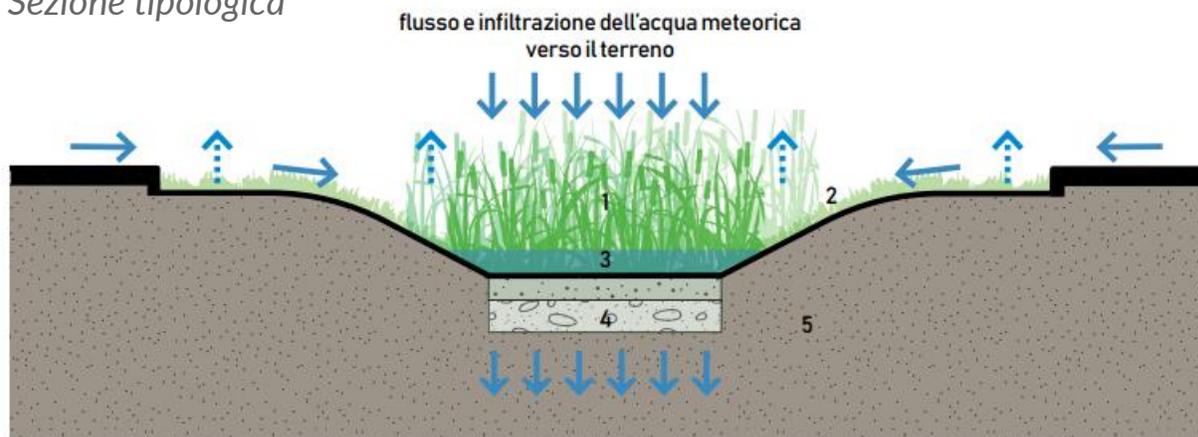
Sistemi di drenaggio e stoccaggio delle acque

3. Fossati inondabili

Costi di realizzazione:
30-40 €/mq scavo/smaltimento/finitura a prato,
piantagione specie vegetali
40 €/ml strato filtrante (sezione 100 x(h)50 cm)



Sezione tipologica



Caratteristiche tecniche

Lieve profondità 20 - 40 cm;

Larghezza complessiva ca. 10 m

Larghezza fondo alveo: 0,5 - 2 m

- SPONDE (2) con minor pendenza possibile per favorire pretrattamento acque e massima infiltrazione (pendenza massima 1 su 3, consigliata minore di 1 su 4)
- Eventuale LETTO DRENANTE (4) alla base del fosso se il terreno (5) non è sufficientemente permeabile
- Se in adiacenza ad arterie stradali è necessario il **trattamento delle acque di prima pioggia**
- ELEMENTI VEGETALI: strato basale (cespugli fino a 2-3 m, es. ligustro, viburni, erbacee), intermedio (arbusti, es. nocciolo, corniolo, sambuco), apicale (alberi di 2-5 m di altezza, es. salici, pioppi, platani, ontani)

Tempi di drenaggio intorno alle 24 ore

Sistemi di drenaggio e stoccaggio delle acque

4. Giardini della pioggia (*rain gardens*)

Elementi lineari che sfruttano le pendenze per convogliare l'acqua piovana proveniente da tetti, strade, parcheggi o piazze e riprodurre il naturale processo di infiltrazione del terreno non trasformato.

Particolarmente efficaci in occasione di piogge intense, di breve durata, permettono di far fronte ai **primi 5 mm di pioggia per una superficie pari a circa 5 volte l'area del *rain garden***.

Funzione e grado di efficacia

IN FUNZIONE DELLE CARATTERISTICHE DEL TERRENO

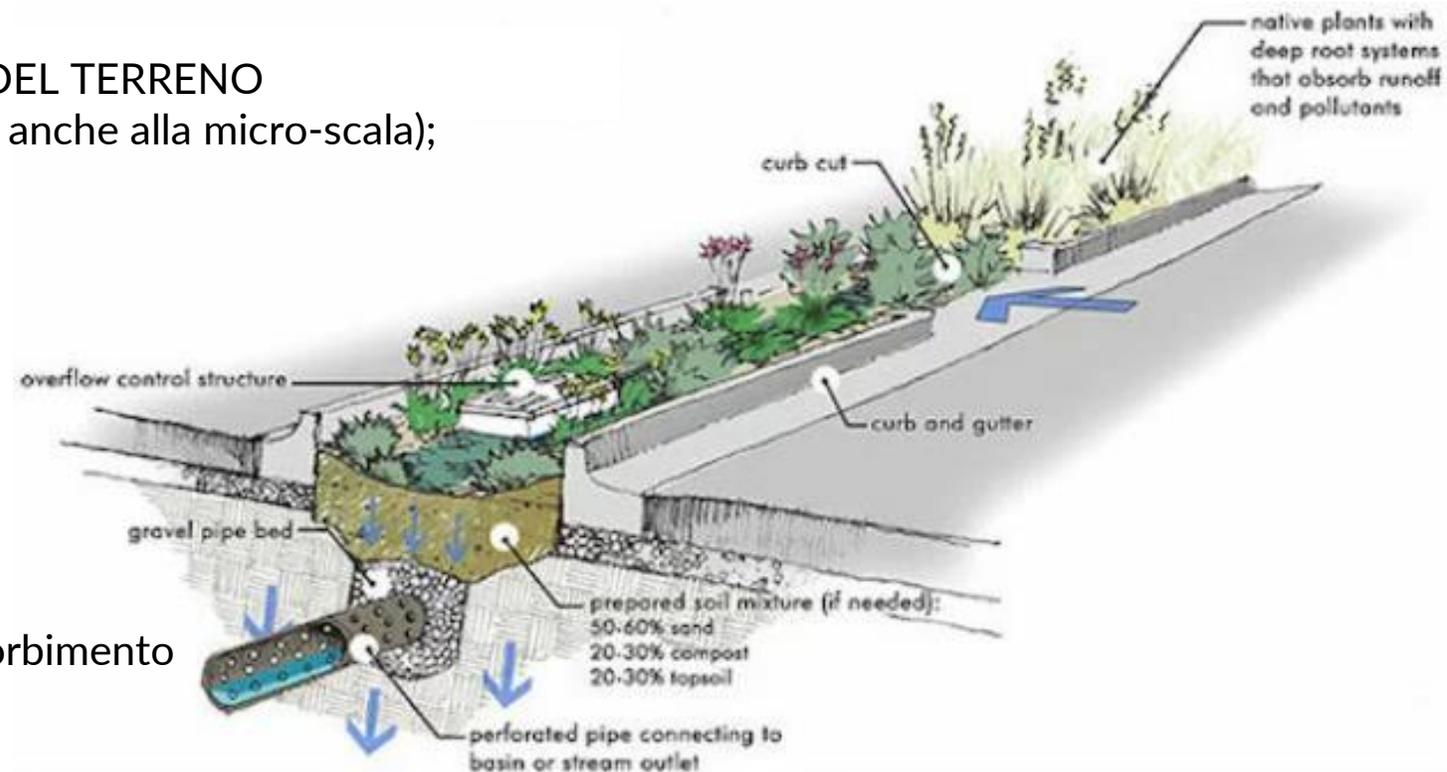
- ridurre il runoff superficiale (**fino al 100%** anche alla micro-scala);
- favorire l'infiltrazione in falda;

ALTO:

- favorire la biodiversità;
- incrementare il valore paesaggistico;
- ridurre l'effetto isola di calore;

MEDIO:

- ridurre i picchi di piena nei corpi ricettori;
- rimuovere gli inquinanti (filtrazione e assorbimento biologico da parte delle specie vegetali).



Sistemi di drenaggio e stoccaggio delle acque

4. Giardini della pioggia

Caratteristiche tecniche:

(1) VEGETAZIONE SUPERFICIALE per **abbattere il carico inquinante** (solidi sospesi, fosforo, metalli, azoto). Impianto vegetale denso (**6-10 piante/mq**) con specie tappezzanti e arbustive (per disincentivare l'accesso al pubblico)

(2-3) STRATO FILTRANTE (75-100 cm, min. 40 cm)
Sede delle specie vegetali, miscela di terriccio (20-25%), compost organico (20-25%) e sabbia (50-60%). Pacciamatura soprastante (lapillo o corteccia) per mantenere il **grado di umidità del terreno**.

(4) STRATO DI TRANSIZIONE (min. 10 cm)
Strato a granulometria più fine. Sconsigliato l'uso del geotessile

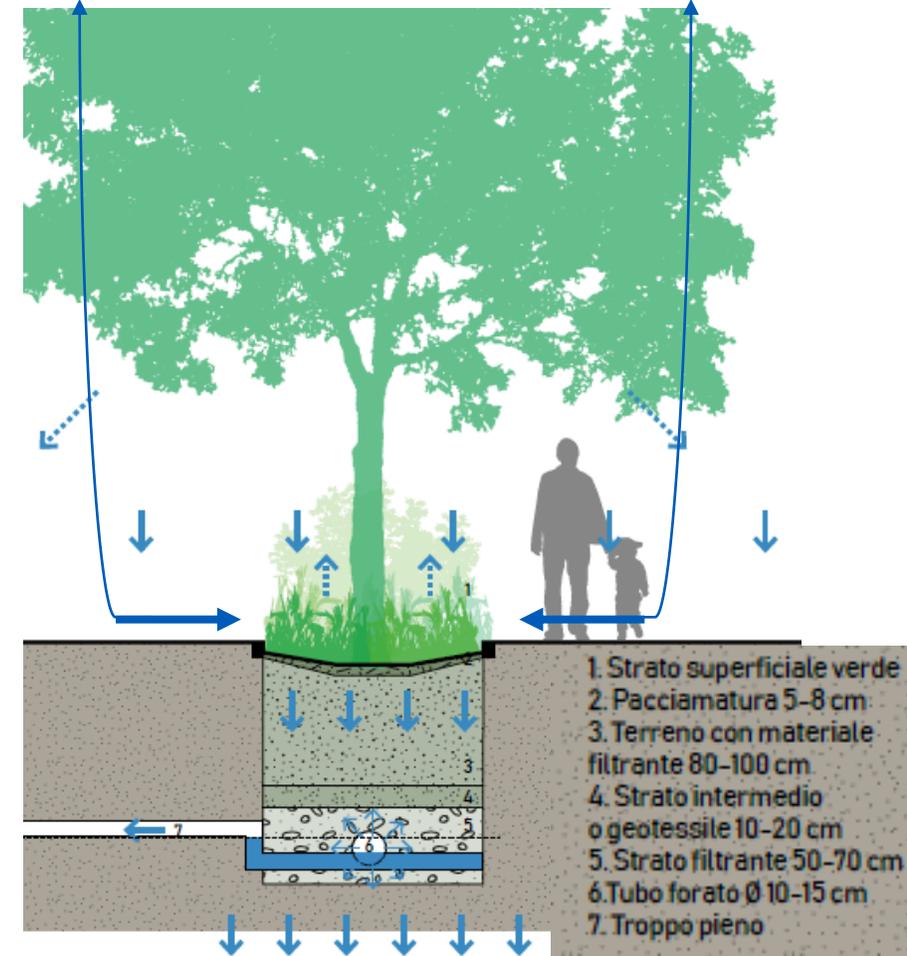
(5-6) LETTO FILTRANTE (100-250 cm)
Raccoglie l'acqua dallo strato filtrante e **favorisce l'infiltrazione nel terreno**. Può essere prevista una tubazione drenofessurata con l'obiettivo di distribuire in modo uniforme i flussi lungo lo strato drenante (10 cm di ricoprimento e almeno 10-15 cm di allettamento).

INGRESSO/IMMISSIONE ACQUE DI RUNOFF

Larghezza: da 1-2 metri (fino a 10-15 m)

Depressione superficiale: 10-20 cm.

Soluzioni laterali con cordoli a raso, punti ribassati o aperture lungo i cordoli.



Sistemi di drenaggio e stoccaggio delle acque

4. Giardini della pioggia

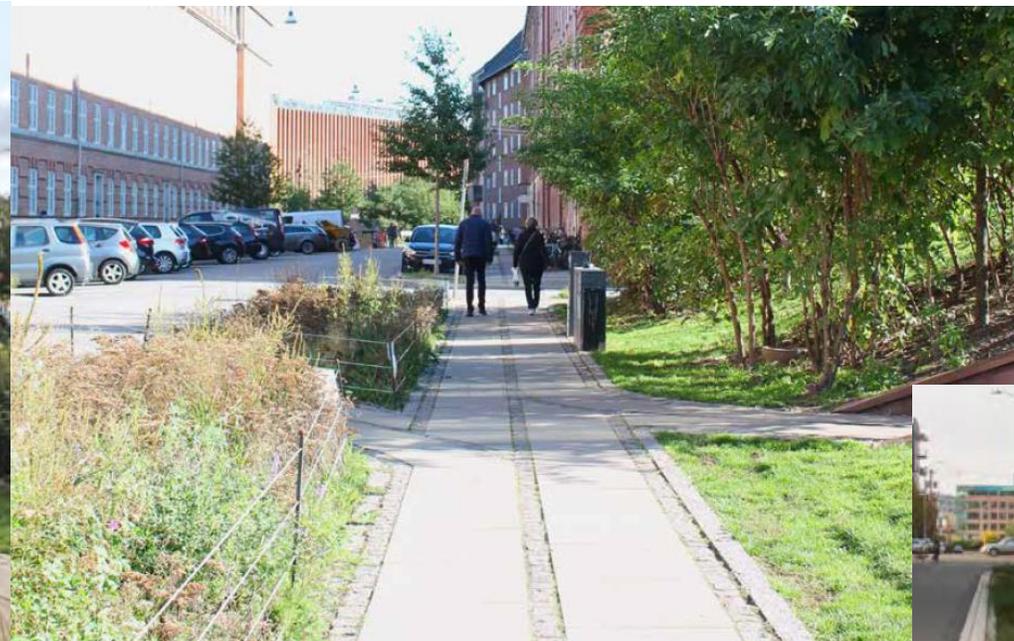
Ambito di applicazione:

Elementi lineari con **basso fabbisogno di superficie**, necessitano di **terreno permeabile** (sabbioso) e falda ad almeno 1 mt dal fondo del letto filtrante.

Costo di realizzazione

ca. 20-30 €/mq scavo/smaltimento/finitura

ca. 30-40 €/ml strato filtrante (sezione 100xH50 cm)



TÅSINGE PLADS, 2013–15, QUARTIERE DI ØSTERBRO, COPENAGHEN, DANIMARCA
Progetto di Tradje Nature. Fonte: SOS4Life

STREET EDGE ALTERNATIVES (SEA STREETS), 2001, SEATTLE, USA
Fonte: [Seattle Public Utilities](#), [Seattle Department of Transportation](#)

Sistemi di drenaggio e stoccaggio delle acque

4. Giardini della pioggia

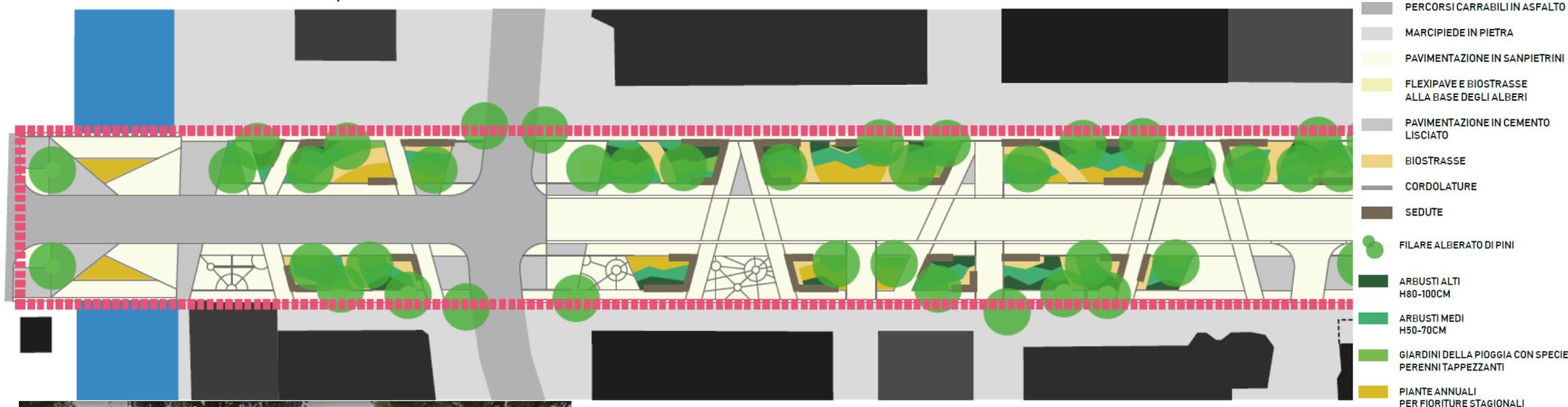
Progetto: Gruppo Lithos Architettura, Studio Landshapes

Superficie: 4.000 mq (sezione di 25 m)

Aree permeabili: da 100 a 1000 mq

Investimenti: 1,100 €

VIALE MATTEOTTI, MILANO MARITTIMA



Due sistemi di drenaggio distinti ma connessi:

- Giardini della pioggia (per acque delle coperture e aree pedonali)
- Fognatura bianca (acque meteoriche stradali e eccesso dai giardini della pioggia)

Fasce vegetali all'interno dei giardini della pioggia:

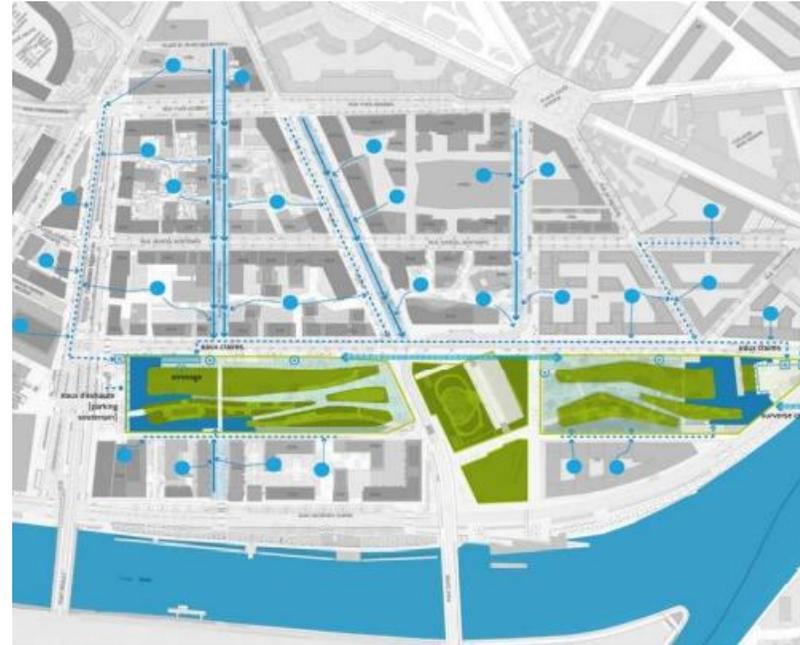
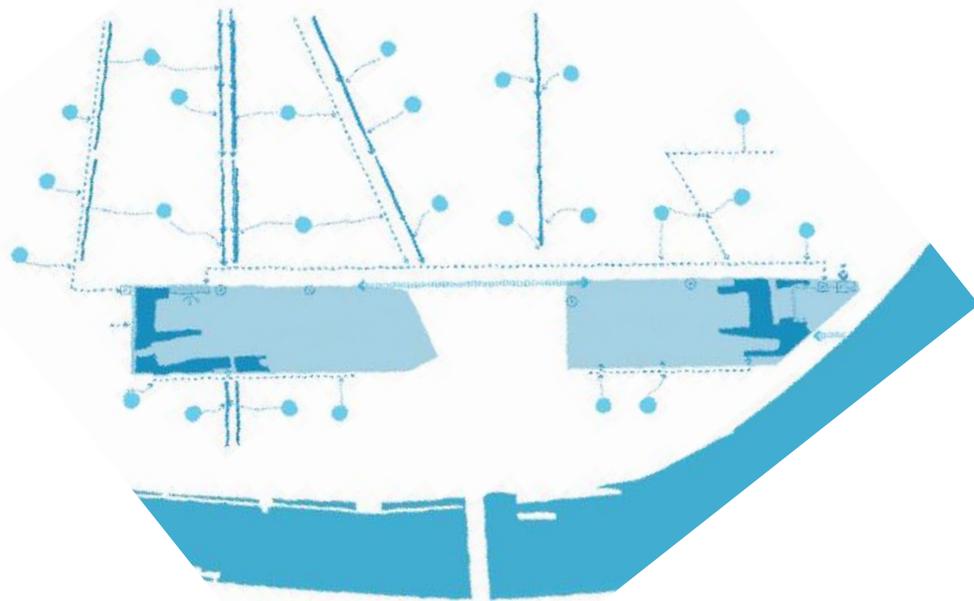
- 1) piante annuali ornamentali: Petunie, Zinnie, Ageratum, Impatiens, Begonie;
- 2) arbusti alti 80-100cm: Mirto, Nandina;
- 3) arbusti medi ed erbacee perenni di 50-70cm: Pitosforo nano, Iperico, Rosmarino prostrato, Nandina nana;
- 4) specie perenni e tappezzanti: Pachisandra, Verbena bonariensis, Convallaria Japonica nana Salvia nemorosa, Echinacea purpurea.

Manutenzione limitata, sola irrigazione nelle stagioni particolarmente siccitose.

Sistemi di drenaggio e stoccaggio delle acque

4. Giardini della pioggia

BOULOGNE-BUILLANCOURT, ÎLE-DE-FRANCE, PARIS



-  RACCOLTA ACQUE PIOVANE CORTI PRIVATE
-  STOCCAGGIO ACQUE PIOVANE
-  RILEVAMENTO ACQUE
-  ZONE DI INFILTRAZIONE
-  BACINI PERMANENTI
-  STOCCAGGIO ACQUE PIOVANE PER L'IRRIGAZIONE
-  RACCOLTA ACQUE PIOVANE ATTRAVERSO FOSSATI INONDABILI
-  RACCOLTA ACQUE PIOVANE ATTRAVERSO IL SISTEMA FOGNARIO
-  STOCCAGGIO E FILTRAZIONE ACQUE PIOVANE
-  CANALIZZAZIONE DI CONNESSIONE DELLE ACQUE PIOVANE TRA I PARCHI PUBBLICI

Nei cortili pubblici e semi-privati, i giardini e gli spazi permeabili raccolgono l'acqua piovana e la convogliano gradualmente ai **giardini della pioggia**, presenti lungo le strade e le aree pedonali, oppure, direttamente al bacino inondabile del Parc du Trapéze (tramite canalizzazioni).



Sistemi di drenaggio e stoccaggio delle acque

5. Giardini umidi

Le jardin Charles Trénet, Parigi. Michel Pena 2015

Bacini con uno o più specchi d'acqua permanenti che permettono di invasare e trattare (fitodepurazione) le acque di pioggia.

Funzione:

- Drenaggio e il trattamento di aree sia limitate che estese (anche maggiori di 10 ha)
- valenza estetica e paesaggistica

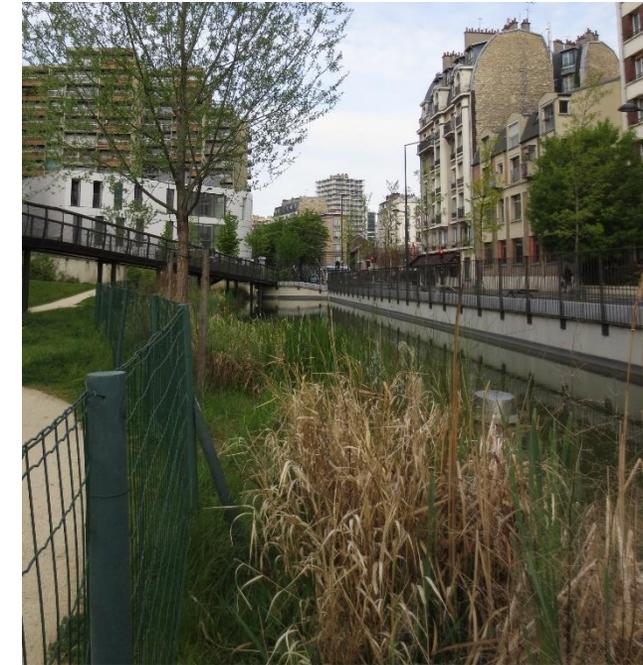
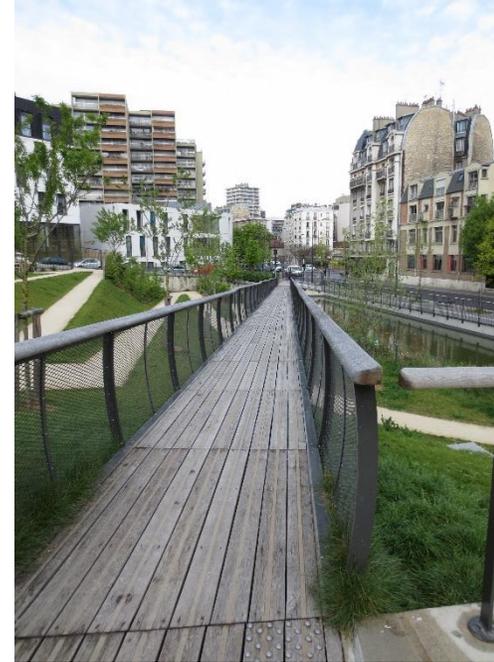
Grado di efficacia

ALTA

- rimuovere gli inquinanti attraverso i meccanismi legati alla filtrazione e all'assorbimento biologico da parte delle specie vegetali
- incrementare la biodiversità

MEDIA:

- ridurre i picchi di piena nei corpi ricettori;
- ridurre l'effetto isola di calore e la matrice rumore.



Ambiti di applicazione

- Si integrano sia in contesti residenziali che commerciali o industriali, in aree verdi esistenti o di nuova realizzazione.
- Non si integrano in contesti ad elevata pendenza o in zone ad alta densità abitativa (**elevato fabbisogno di suolo**)

Sistemi di drenaggio e stoccaggio delle acque

5. Giardini umidi

Caratteristiche tecniche

Ambiente umido riprodotto artificialmente in un bacino impermeabilizzato(*) e caratterizzato dall'attraversamento di diversi regimi di flusso delle acque (sommerso orizzontale o verticale, libero)

- Bacino di sedimentazione
- Area umida permanente
- Area di espansione o di laminazione
- Area palustre o di acque basse

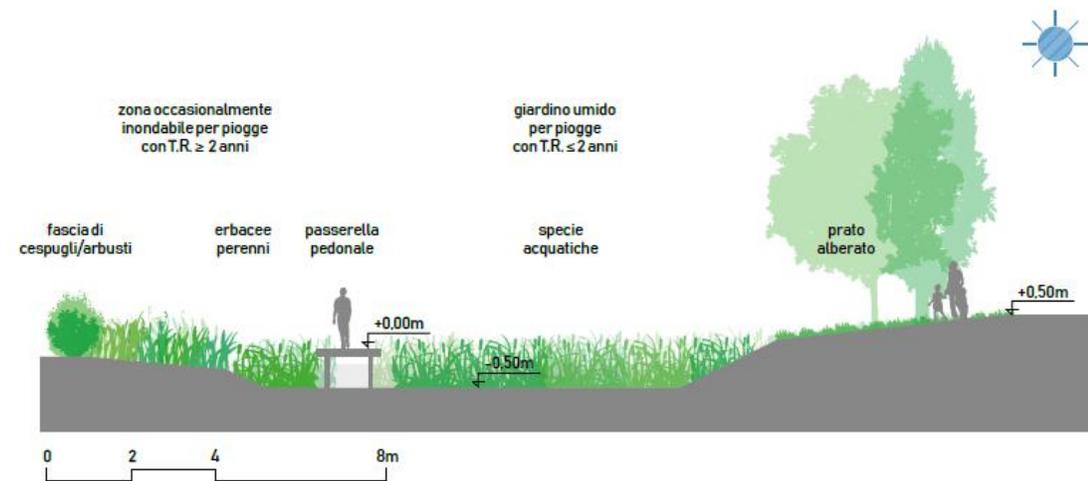
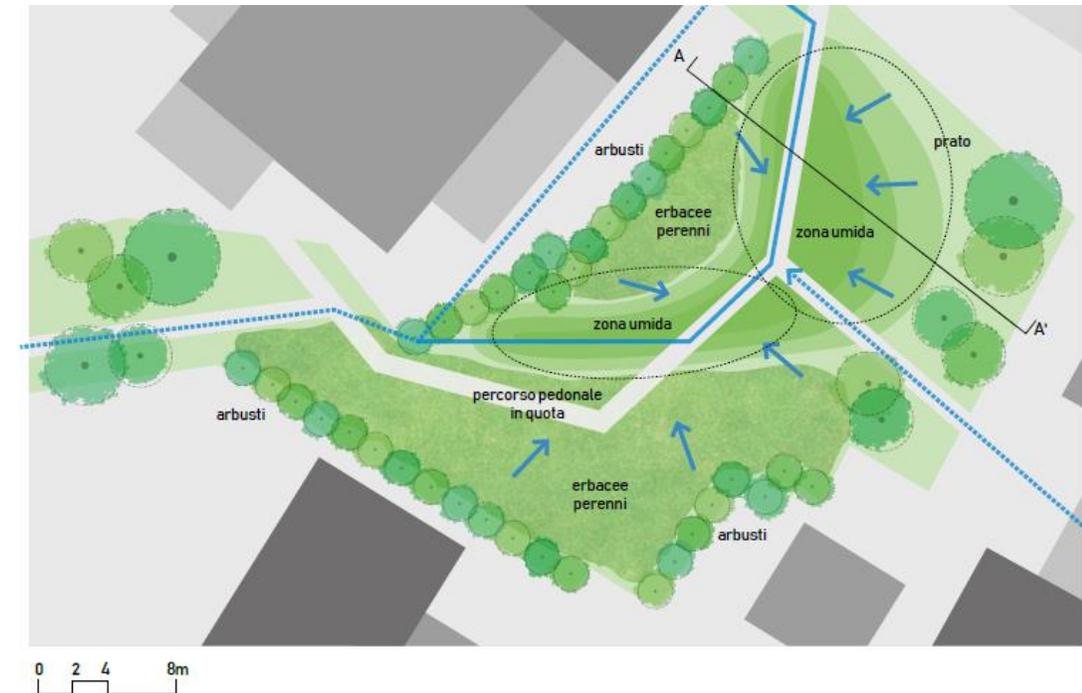
Varietà di vegetazione tipica delle aree umide (positiva ai fini dei processi fitodepurativi, oltre che come elemento di biodiversità e di valenza paesaggistica).

Tipo di macrofite lungo le sponde del bacino e nelle zone umide paludose: **galleggiante, emergente, sommersa.**

Densità delle piante: 0,2-8 piante/mq a seconda che si impieghino anche specie arboree (a densità inferiore) ed arbustive o solo erbacee (a densità maggiore).

(*) In zone di protezione della falda acquifera o di terreno inquinato, questa soluzione è adottabile garantendo la completa impermeabilizzazione del fondo bacino mediante geocomposito/membrana impermeabile.

Lungo il Canale Medicina. Intervento di Rigenerazione urbana, ambientale sociale promosso dal Comune di Medicina (BO)



Sistemi di drenaggio e stoccaggio delle acque

5. Giardini umidi

PARC DU TRAPEZE

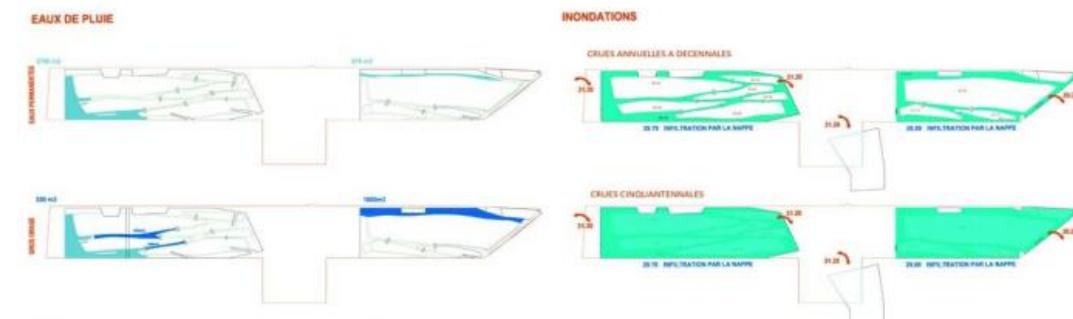
BOULOGNE-BUILLANCOURT, ÎLE-DE-FRANCE, PARIS

L'acqua è l'elemento che caratterizza il paesaggio: spazi umidi, prati rurali e fossi inondabili, piccoli boschi, grandi prati.

In condizioni climatiche normali, il parco è un'area verde accessibile con campi da gioco e spazi attrezzati.

In caso di piogge intense, diventa un bacino inondabile di infiltrazione delle acque.

I **percorsi in quota** garantiscono un accesso sicuro allo spazio.



Sistemi di drenaggio e stoccaggio delle acque

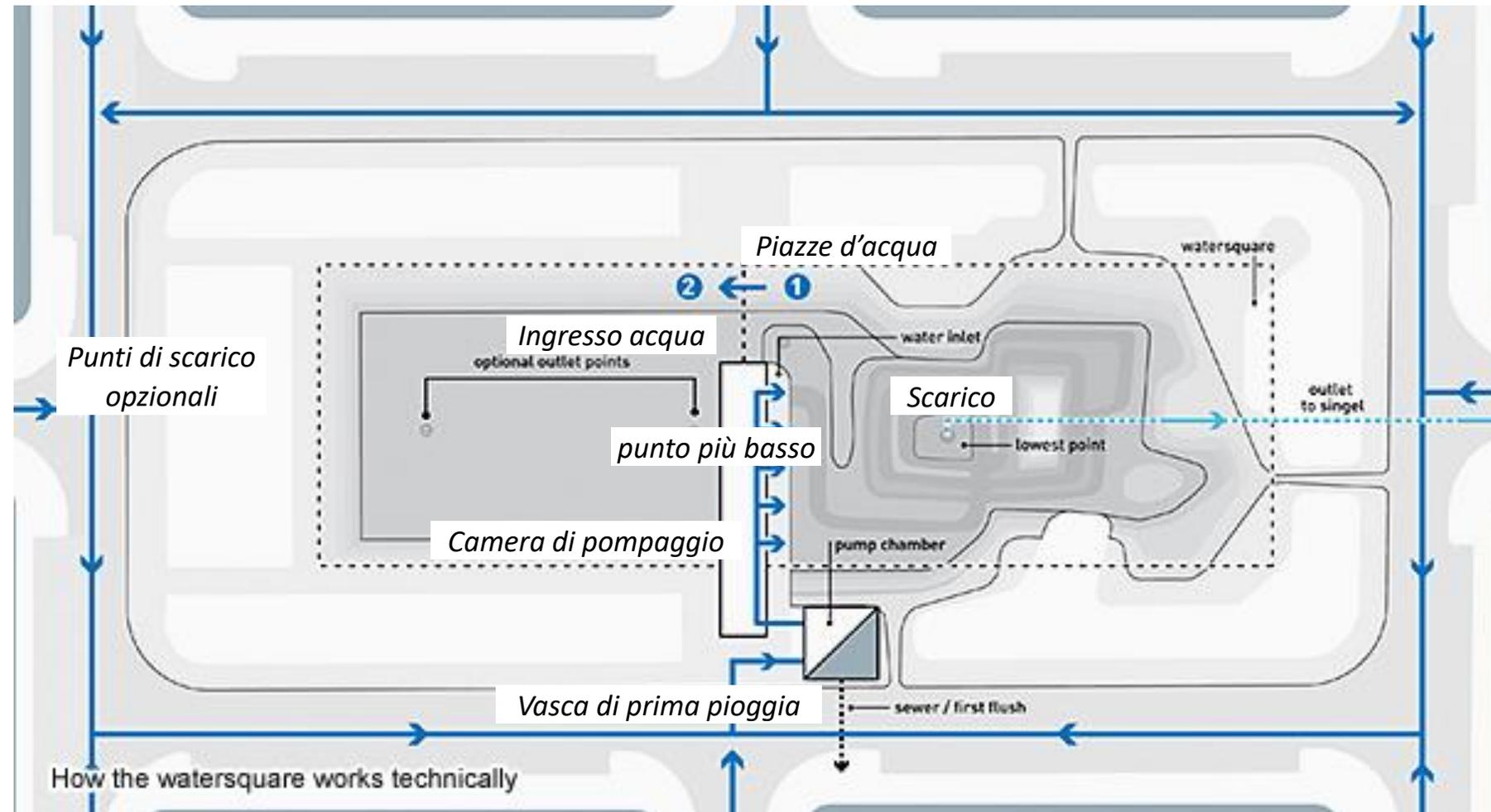
6. Piazze inondabili

La **piazza inondabile** (*water square*) combina lo stoccaggio dell'acqua con il miglioramento della qualità dello spazio pubblico urbano.

WATER SQUARE DESIGN
PROGETTO: DE URBANISTEN 2006-2010

In caso di forti piogge, l'acqua piovana raccolta nel quartiere confluisce nella piazza d'acqua (sistema di canalizzazioni e pendenze), dopo essere stata filtrata (**vasche di prima pioggia**).

L'acqua piovana sarà trattenuta nella piazza fino a quando il sistema idrico della città non avrà di nuovo una capacità sufficiente.



Sistemi di drenaggio e stoccaggio delle acque

6. Piazze inondabili

WATER SQUARE DESIGN

PROGETTO: DE URBANISTEN 2006-2010



Sistemi di drenaggio e stoccaggio delle acque

6. Piazze inondabili

WATER SQUARE BENTHEMPLEIN, ROTTERDAM, NL
PROGETTO: DE URBANISTEN 2011-2012

<http://www.urbanisten.nl/wp/?portfolio=waterplein-bentemplein>

<https://www.youtube.com/watch?v=kujf4BTL3pE>

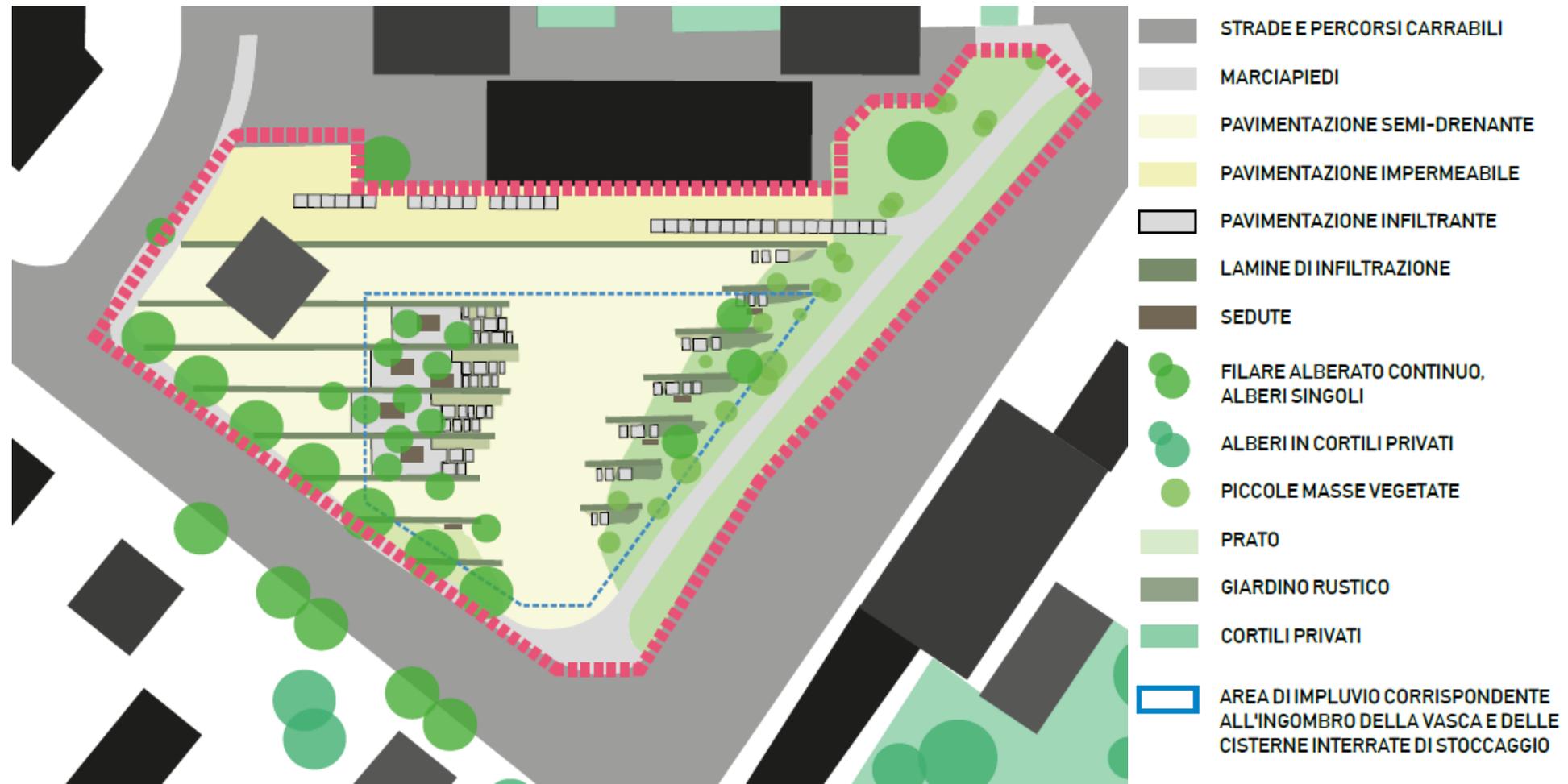
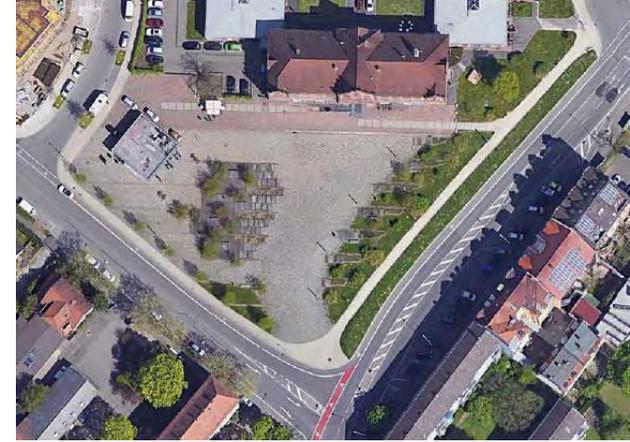


Sistemi di drenaggio e stoccaggio delle acque

6. Piazze inondabili

ZOLLHALLEN PLAZA, FRIBURGO, DE

5.600 mq, con circa 1.500 mq di superfici permeabili infiltranti



Sistemi di drenaggio e stoccaggio delle acque

6. Piazze inondabili

ZOLLHALLEN PLAZA, FRIBURGO, DE

5.600 mq, con circa 1.500 mq di superfici permeabili infiltranti

Piazza della pioggia, in grado di gestire i volumi di invarianza idraulica e idrologica, in **totale disconnessione dal sistema fognario**.

Sistemi di infiltrazione che dal soprasuolo filtrano, infiltrano e accumulano l'acqua piovana passando da feritoie, fasce di prato, trincee di ghiaia.

L'acqua viene accumulata:

- in una vasca di stoccaggio interrata
- in caso di necessità, in una **zona depressa temporaneamente inondabile**.

L'acqua piovana raccolta in questi punti non viene convogliata nel sistema fognario, ma nella falda freatica che così viene ricaricata.



Cloudburst Plaza
10 Year Rain Event

Document/Event Storage

Permeable Paving

Load-bearing Substrate

Water Storage Boxes

Filtration Layer

Sub-soil

Overflow Pipe

System

Storage City

Ground Water Recharge

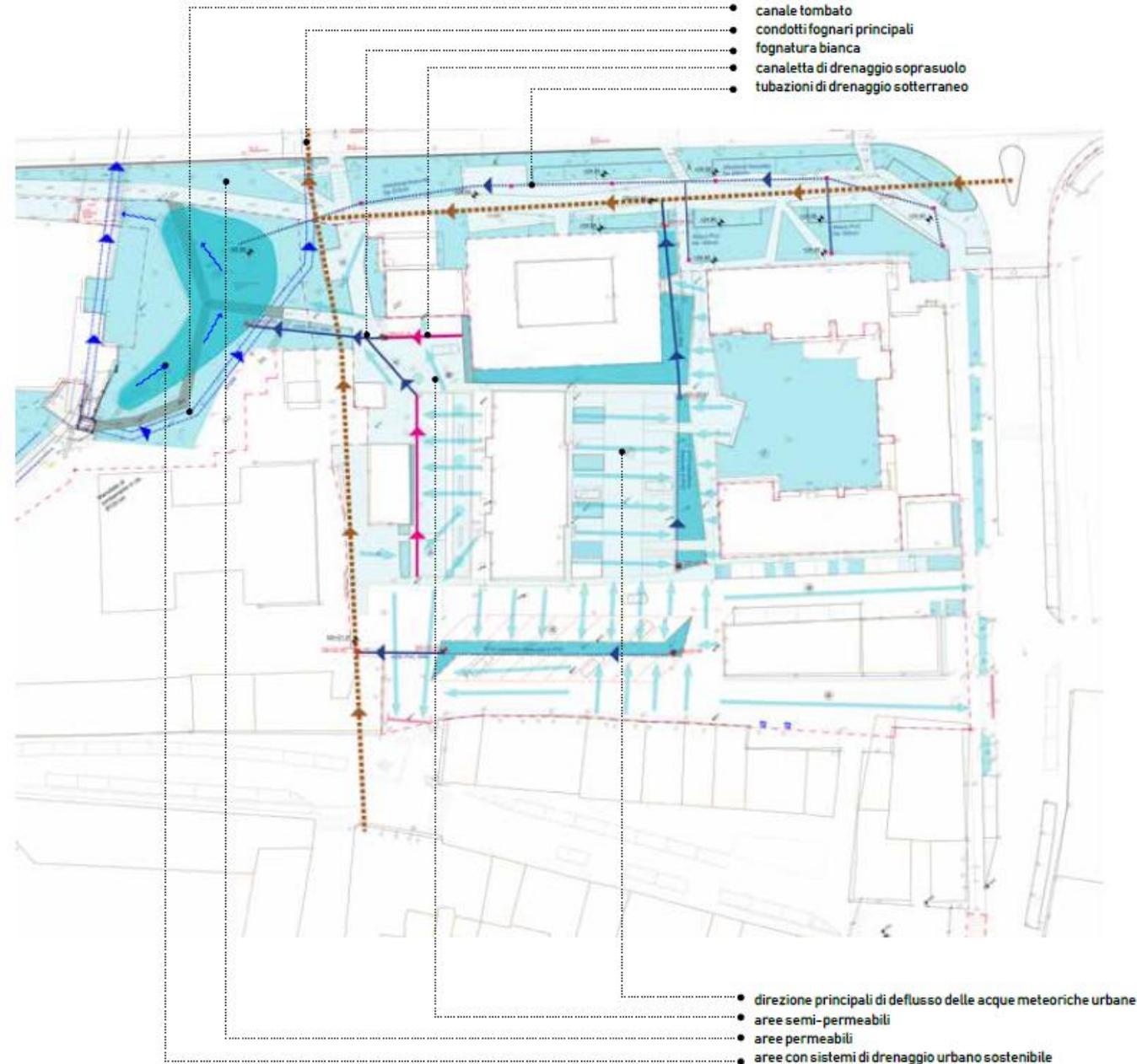
Sistemi di drenaggio e stoccaggio delle acque



ESEMPIO DI INTERVENTO INTEGRATO

Lungo il Canale Medicina. Intervento di Rigenerazione urbana, ambientale sociale promosso dal Comune di Medicina (BO) al bando regionale di Rigenerazione Urbana 2018.

1. Risanamento del tratto urbano del canale della bonifica
2. Sistemi scolanti e drenanti superficiali e sotterranei (canalette e tubazioni)
3. Sistemi di drenaggio urbano sostenibili nature-based (**giardino umido**)



Sistemi di drenaggio e stoccaggio delle acque

ESEMPIO DI INTERVENTO INTEGRATO

Lungo il Canale Medicina. Intervento di Rigenerazione urbana, ambientale sociale promosso dal Comune di Medicina (BO) al bando regionale di Rigenerazione Urbana 2018.

SOLUZIONI COMPLEMENTARI SULLO SPAZIO APERTO:

1. Interventi capillari di **desigillazione** di piazze, percorsi e aree a parcheggio (aumento della permeabilità dei suoli)
2. Aggiunta di fasce verdi ribassate che ricevono, trattengono e infiltrano le acque di pioggia (**giardini della pioggia**).
3. Incremento della copertura vegetale (nuove **alberature**)
4. **Coinvolgimento della comunità locale per la gestione** condivisa degli spazi aperti e di alcuni immobili pubblici



Sistemi di drenaggio e stoccaggio nei progetti dei comuni partecipanti

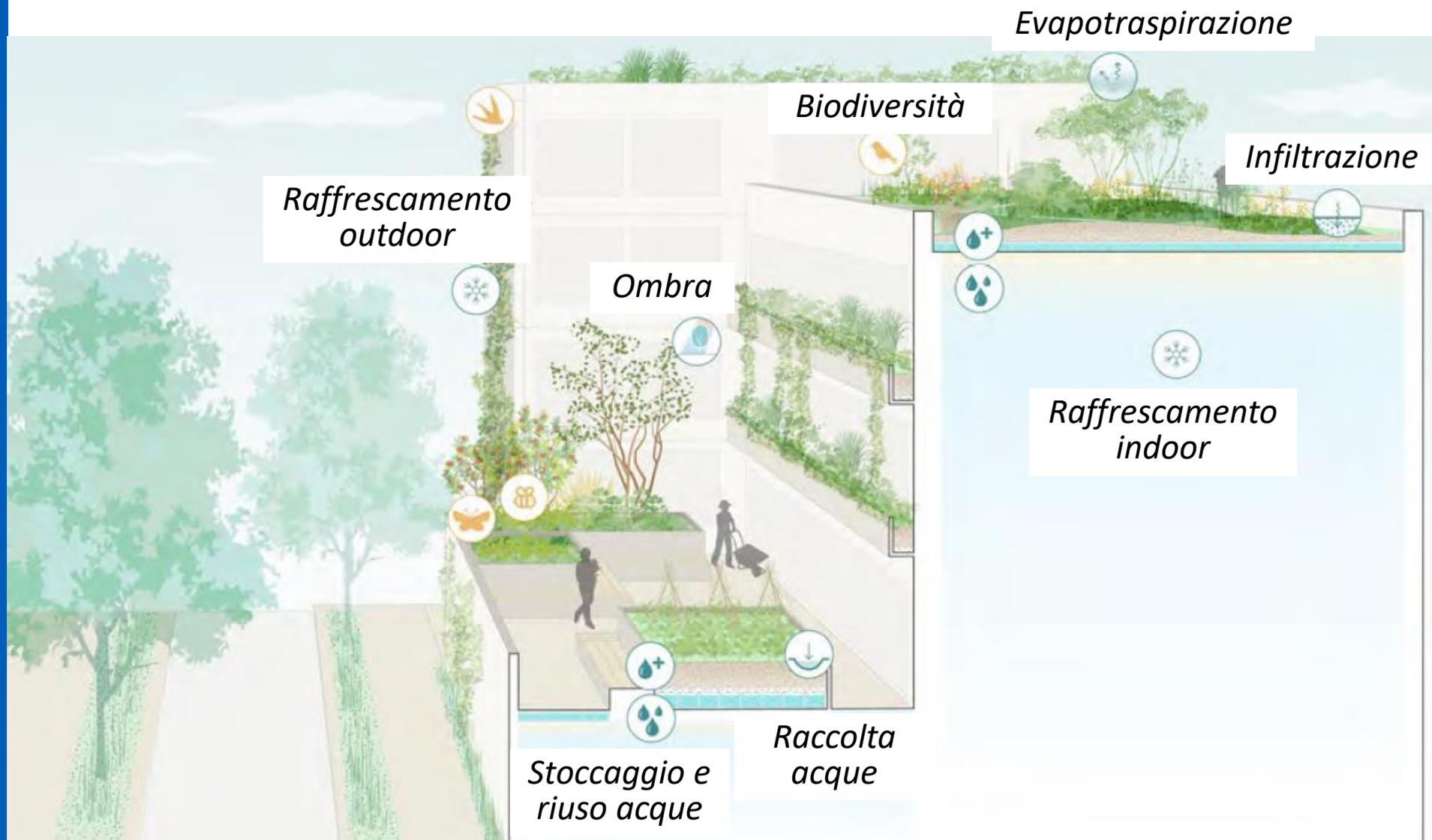
CREVALCORE (BO)	Riqualificazione dell'ex scuola Paltrinieri e nuova piazza-giardino	<ul style="list-style-type: none">raccolta, depurazione e riuso delle acque meteoriche che verranno usate per l'irrigazione e per le cassette dei WC
SAN GIOVANNI IN PERSICETO (BO)	Recupero e rifunzionalizzazione "Ex-Caserma dei carabinieri	<ul style="list-style-type: none">desigillazione della corte interna, prezioso antidoto alle problematiche di carattere idraulico e garantendo un accesso a tutte le reti tecnologiche
LANGHIRANO (PR)	Adeguamento strutturale e recupero architettonico del Palazzo del Vescovo	<ul style="list-style-type: none">Utilizzo di protocolli di certificazione energetico-ambientali utilizzando tra le modalità disponibili lo standard LEED: Efficienza risorse idriche (WE)
CASTELNOVO NE' MONTI (RE)	Una pietra per volta. Rigenerazione urbana e architettonica di Palazzo Ducale e del suo intorno	<ul style="list-style-type: none">Soluzioni riferite ai sistemi di drenaggio urbano sostenibile, per migliorare le condizioni idrauliche di partenza (oltre l'invarianza idraulica), deimpermeabilizzando suoli, introducendo superfici permeabili (terreno vegetale, calcestruzzo, cemento drenante, superfici drenanti per parcheggi), rain garden, pozzi perdenti, raccolta e riciclo delle acque meteoriche.
CERVIA (RA)	Realizzazione della nuova sede di Cervia Ambiente.	<ul style="list-style-type: none">Nuovo edificio dotato di un sistema di raccolta e riutilizzo delle acque meteoriche provenienti dalla copertura e dalle superfici pavimentate a terra per l'irrigazione delle aree a verde circostantiSi valuterà la possibilità di creare sistemi di laminazione in grado di rilasciare poi l'acqua direttamente nel sottosuolo mediante l'utilizzo di trincee drenanti
MARZABOTTO (BO)	Rifunzionalizzazione di spazi comunali polivalenti in nuovo teatro - sala proiezioni ed in emporio solidale	<ul style="list-style-type: none">Riutilizzo delle acque meteoriche di copertura attraverso un sistema di accumulo per il recupero della stessa da sfruttare per irrigare le nuove superfici a verde.

3

Soluzioni per gli edifici

Soluzioni per gli edifici

PRINCIPALI PROCESSI



SCALA



Quartiere



Città

APPROCCIO



Creare
ex novo

Soluzioni per gli edifici

- 1. Green Roofs**
- 2. Green walls**
- 3. Nano Gardens**
- 4. Cool Roofs**
- 5. Facciate integrate**
- 6. Corti interne**
- 7. Schermature**

Soluzioni per gli edifici

1. Green Roofs – Tetti verdi

Grazie all'ombreggiatura e all'evapotraspirazione, la maggior parte delle superfici dei tetti verdi rimane più fresca rispetto ai tetti convenzionali in condizioni estive. Le temperature superficiali ridotte aiutano gli edifici a rimanere più freschi perché meno calore fluisce attraverso il tetto e nell'edificio. Inoltre, temperature più basse del tetto verde si traducono in un minore trasferimento di calore all'aria sopra il tetto, il che può aiutare a mantenere più basse anche le temperature dell'aria circostante.



Edificio residenziale con tetto verde. North Carolina (USA). Fonte: greenroofs.org

Dimensioni: variabile

Raggio di influenza: edificio

Tempo per la piena efficacia: 10 anni

Tempo di vita: anche oltre 50 anni

Gestione e manutenzione: Manutenzione variabile a seconda della tipologia e della vegetazione scelta; opportuno prevedere irrigazione automatica

Materiali: Ampia gamma di vegetazione in relazione alla tipologia (alberi, arbusti, piante, ...), materiali di finitura (legno, pietra, cemento, ghiaia, ...), sistemi di irrigazione o di raccolta dell'acqua.

Costi indicativi: da 150-250 €/mq

Fattori di successo: Aumento della prestazione termica, diminuzione dei consumi energetici, riqualificazione estetica dell'edificio

Fattori limitanti: manutenzione costante, limitazioni strutturali, gestione puntuale

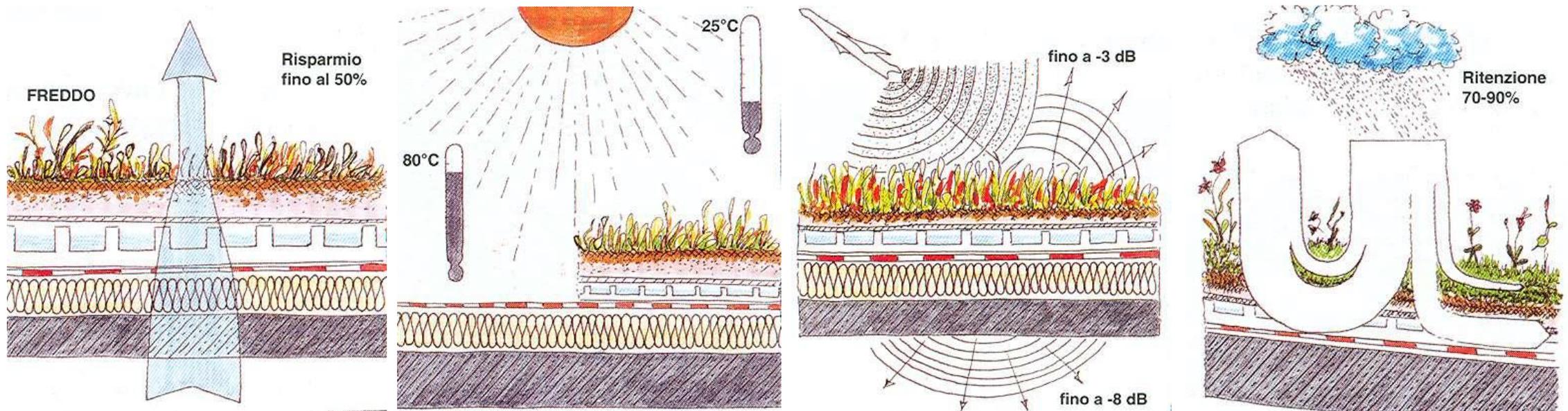
Integrazione con altre NBS: pareti verdi, schermature, roof gardening

Soluzioni per gli edifici

1. Green Roofs - Tetti verdi

VANTAGGI

- Applicabili a strutture di coperture nuove od esistenti
- Riducono le escursioni termiche
- Riducono gli shock termici del manto impermeabile (scala stagionale e giornaliera)
- Assicurano la protezione meccanica degli strati componenti la copertura
- Assicurano la protezione dall'azione disgregante gelo\disgelo sugli strati più esposti
- Offrono isolamento acustico
- Aumenta la ritenzione idrica



Soluzioni per gli edifici

1. Green Roofs – Tetti verdi

a) Tetti verdi estensivi

Spessore	da 3 a 15 cm circa.
Altezza dei vegetali:	mai superiore ai 25 cm.
Peso:	da 30 a 100 kg/m ² (a capacità massima in acqua)
Manutenzione:	scarsa/assente
Irrigazione:	necessaria solo in caso di siccità prolungata
Vegetazione:	colonizzatrice e resistente (muschi e sedi, graminacee, piante grasse)
Calpestabile:	no, e non può essere coltivato
Adatto a:	tetti inclinati, abitazioni preesistenti e tetti molto ampi.



*Tetto verde estensivo Nuovo ospedale Careggi (FI)
Tetto verde estensivo- Duka - Bressanone. Fonte: Kerschbaumer & Pichler Architekten & KlimaGrün*

Soluzioni per gli edifici

1. Green Roofs – Tetti verdi

a) Tetti verdi intensivi

Spessore:	da 15 a 30 cm circa
Peso:	da 120 a 350 kg/m ² (a capacità massima in acqua)
Manutenzione:	moderata
Irrigazione:	regolare
Vegetazione:	a forte sviluppo radicale e aereo anche di tipo orticolo o arbustivo. L'altezza dei vegetali è molto variabile.
Calpestabile:	sì, può essere coltivato. Paragonabile ai giardini tradizionali in quanto si può seminare o coltivare ogni tipo di vegetale.



Giardini pensili sulle coperture di Lamafer- Bolzano. Fonte: <https://climagruen.com>

Giardini pensili per residenze I giardini sospesi - Varese. Fonte: perligarden.com

Soluzioni per gli edifici

2. Green walls



Dimensioni: da single porzioni di facciata, al rivestimento globale

Raggio di influenza: edificio, strade circostanti

Tempo per la piena efficacia: immediato

Tempo di vita: anche oltre 50 anni

Gestione e manutenzione: Manutenzione variabile a seconda della tipologia e della vegetazione scelta; necessario prevedere irrigazione automatica

Materiali: Ampia gamma di vegetazione in relazione alla tipologia (alberi, arbusti, piante, ...), materiali di sostegno per la struttura restrostante (legno, acciaio, cavi tesi, vassoi e fioriere a terra sistemi di irrigazione o di raccolta dell'acqua.

Costi indicativi: da 200-450 €/mq

Fattori di successo: Aumento della prestazione termica, diminuzione dei consumi energetici, riqualifica estetica dell'edificio, miglioramento acustico, miglioramento della qualità dell'aria

Fattori limitanti: manutenzione costante, limitazioni strutturali, gestione puntuale

Integrazione con altre NBS: tetti verdi, schermature

Soluzioni per gli edifici

2. Green walls



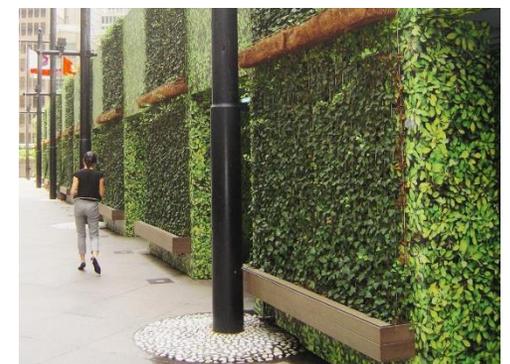
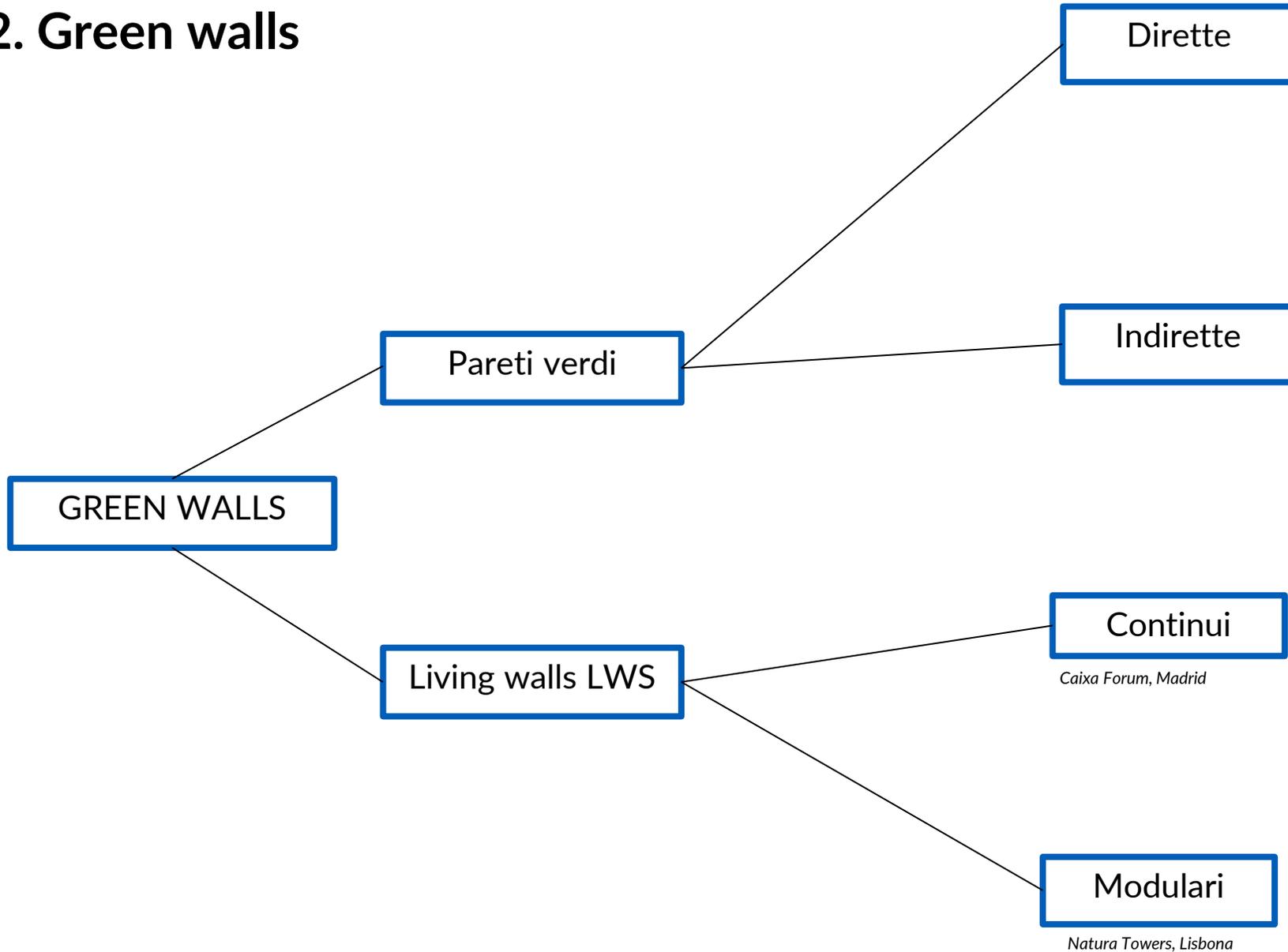
Esempi di facciate verdi. Fonte: livingroofs.org

VANTAGGI

- ottima capacità di contrastare l'accumulo della radiazione solare
- evitano che la facciata si surriscaldi
- mantengono la temperatura superficiale della facciata esposta alla medesima temperatura dell'aria
- miglioramento dell'isolamento termo-acustico
- minore uso della climatizzazione estiva
- migliorare la qualità dell'aria per l'edificio su cui si applica

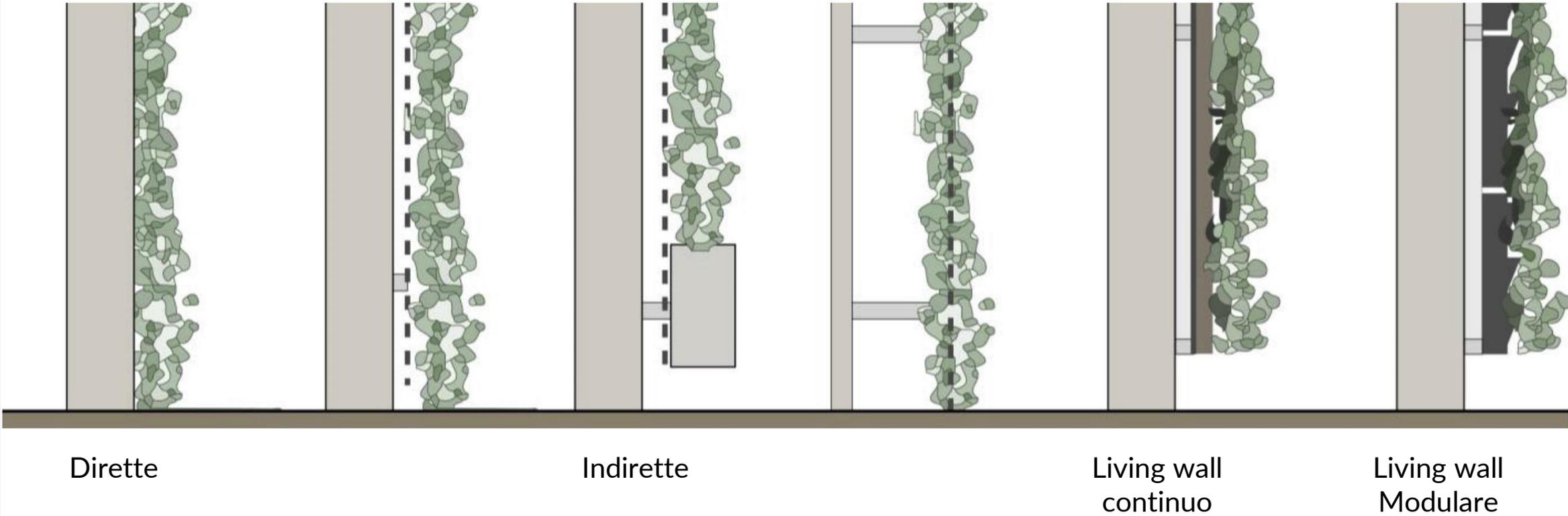
Soluzioni per gli edifici

2. Green walls



Soluzioni per gli edifici

2. Green walls



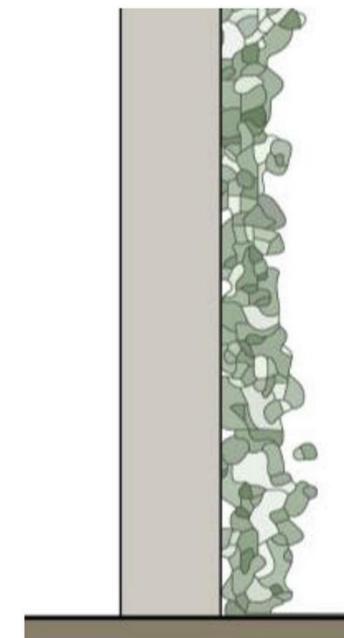
Soluzioni per gli edifici

2. Green walls

Pareti verdi dirette

- **Parete verde dirette con essenze rampicanti**

Questa tipologia NBS riguarda l'utilizzo di piante rampicanti per il rivestimento di pareti e facciate.. Le **facciate verdi tradizionali** sono considerate un sistema di inverdimento diretto, consistente nell'utilizzo di rampicanti radicati direttamente nel terreno. Questo è il modo più semplice, economico ed efficiente per rinverdire pareti ed edifici con una lunga tradizione e una storia che risale ai tempi antichi (Ottelle, 2011).



Soluzioni per gli edifici

2. Green walls – Pareti verdi

Pareti verdi indirette

- **Parete verde indirette con essenze rampicanti**

Questa tipologia NBS riguarda l'utilizzo di piante rampicanti e comprendono soluzioni continue e modulari. Le guide/cavi e strutture continue si basano su un'unica struttura di supporto che dirige lo sviluppo delle piante lungo l'intera superficie. Le facciate a verde diretto funzionano come “facciate a doppia pelle”, creando un'intercapedine d'aria tra la superficie dell'edificio e la vegetazione. L'applicazione di una struttura di sostegno evita la caduta della vegetazione.



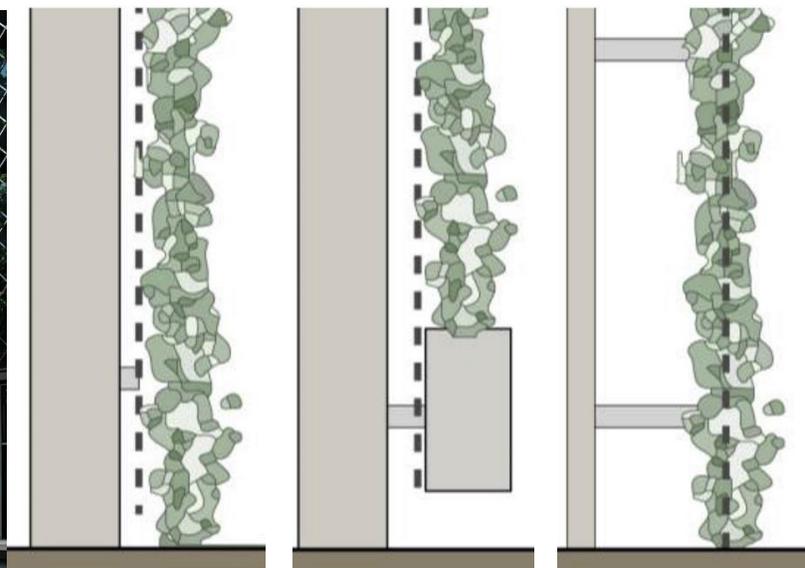
Sistema a doppia pelle: Museo di storia naturale, Jean-Paul Viguier, Tolosa



Sistema a cavi tesi: Alloggi per studenti a Garching, Fink + Jocher



Sistema a reticolo: Ex Ducati, Mario Cucinella, Rimini



Sistema indiretto, con vaso con doppia pelle

Soluzioni per gli edifici

2. Green walls – Pareti verdi

Pareti verdi indirette

Schemi dei principali sistemi di pareti verdi, secondo lo studio di Mir (2011):

- A: Inverdimento diretto (piantato nel terreno),
- B: Inverdimento diretto (piantato in fioriera),
- C: Inverdimento indiretto (piantato nel terreno),
- D: Inverdimento indiretto (piantato in fioriera),



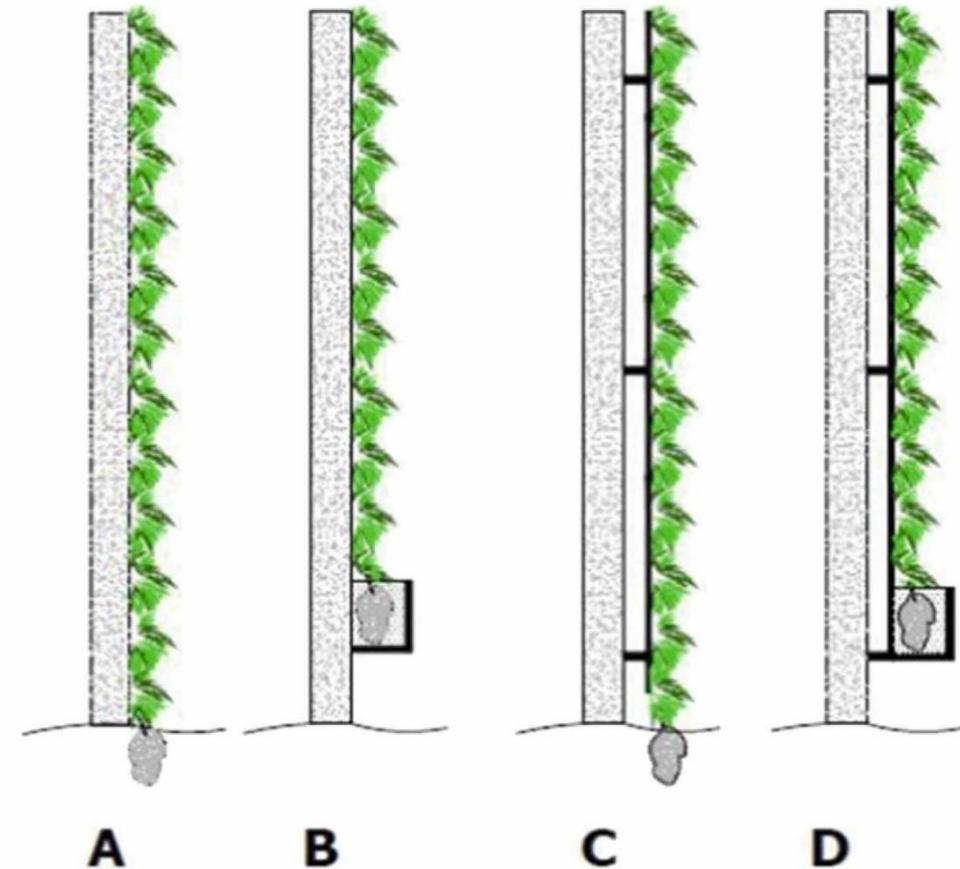
Pandorea Jasminoides variegata



Lonicera Hall's Prolific



Parthenocissus quinquefolia



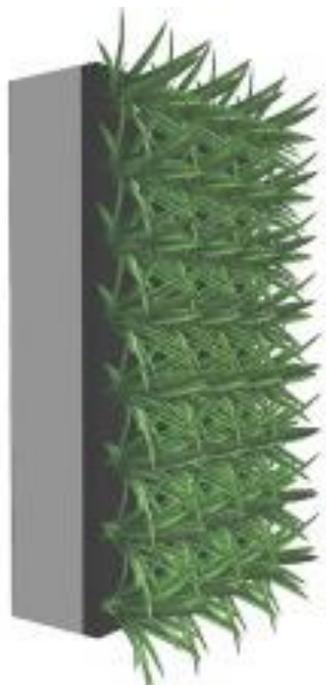
Soluzioni per gli edifici

2. Green walls

Living walls

- **Living walls continui**

Questa tipologia continua si basa sull'applicazione di schermi leggeri e permeabili in cui le piante vengono inserite singolarmente



Centro commerciale Fiordalis, Rozzano, Milano. Fonte: fiordaliso.net

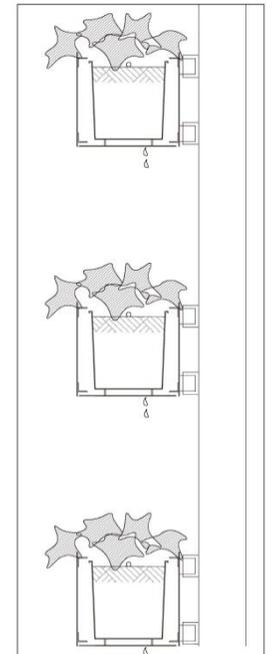
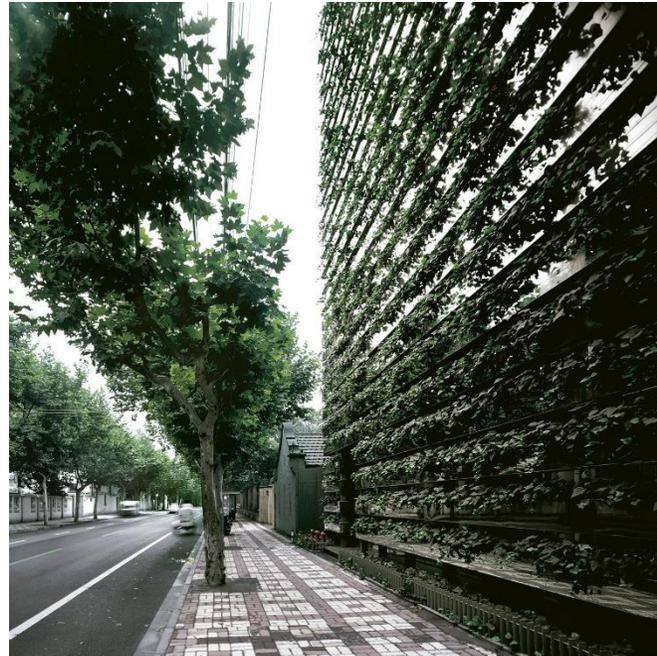
Soluzioni per gli edifici

2. Green walls

Living walls

- **Living walls modulari**

Questa tipologia modulare è costituita da elementi con una dimensione specifica, che includono i substrati di coltura in cui le piante possono crescere. Ogni elemento è sostenuto da una struttura complementare o fissato direttamente sulla superficie verticale. Gli LWS modulari presentano differenze nella loro composizione, peso e assemblaggio. Possono essere sotto forma di vassoi, vasi, fioriere o sacchetti flessibili. Possono essere a terra o direttamente poste sull'edificio o sui balconi. Possono essere utilizzati con qualsiasi tipo di piante, e.g. piante rampicanti, alberi e/o arbusti.



Oficinas Z58, Shanghai. Fonte: arquitecturaviva.com

Soluzioni per gli edifici

3. Nano gardens – Micro-giardini

Dimensioni: edificio, per terrazze e logge

Raggio di influenza: unità residenziale, edificio

Tempo per la piena efficacia: immediato

Tempo di vita: anche oltre 50 anni

Gestione e manutenzione: Manutenzione variabile a seconda della tipologia e della vegetazione scelta

Materiali: Ampia gamma di vegetazione in relazione alla tipologia di vegetazione, materiali di sostegno e contenimento

Costi indicativi: da 10-15 €/mq

Fattori di successo: riqualificazione estetica delle parti private esterne dell'edificio, miglioramento acustico, miglioramento della qualità dell'aria, manutenzione ridotta

Fattori limitanti: le piante in vaso crescono poco, limitano l'occupazione dello spazio nelle aree esterne di balconi e logge

Integrazione con altre NBS: tetti verdi, pareti verdi e schermature



Soluzioni per gli edifici

3. Nano gardens – Micro-giardini

I micro-giardini o i nano-giardini sono in realtà sono tecniche di giardinaggio domestico che consentono agli utenti di coltivare piante utilizzando lo spazio della propria casa senza richiedono aree verdi separate per le pratiche di giardinaggio. Sono in grado di generare benefici microclimatici estremamente localizzati



Microgarden verticale e coltivato



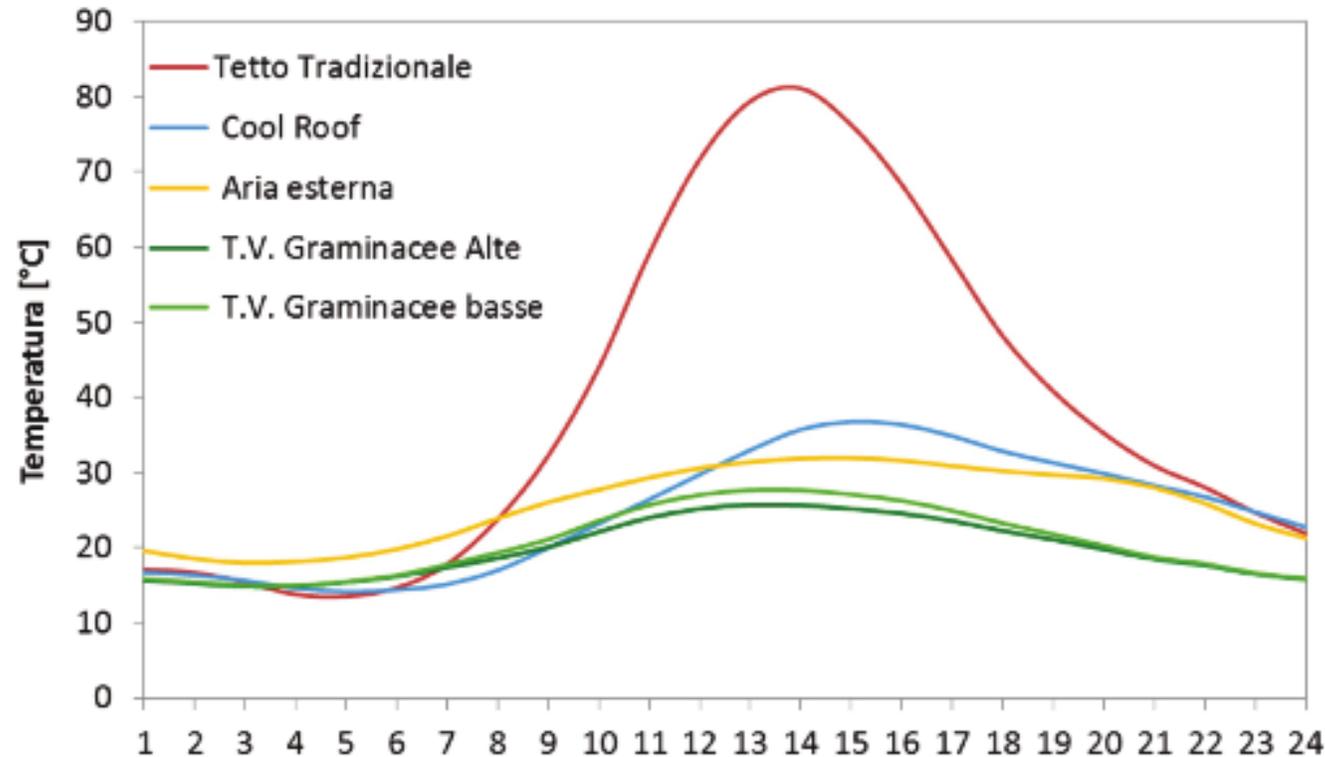
Microgarden verticale e coltivato appeso



Microgarden su terrazze – Bosco verticale, Milano

Soluzioni per gli edifici

4. Cool Roofs – Tetti freddi



Temperature superficiali esterne della copertura nella giornata del 29/06,
Source: Pietro Stefanizzi

Il tetto freddo è vantaggioso in quanto:

- è costituito da una membrana a **elevata riflettanza solare**
- consente **risparmio energetico e comfort ambientale**
- **riduce** la temperatura superficiale della copertura
- riduce dell'effetto **isola di calore**
- È compatibile con sistema con camminamenti tecnici o coperture con **pannelli fotovoltaici**

Soluzioni per gli edifici

4. Cool Roofs – Tetti freddi

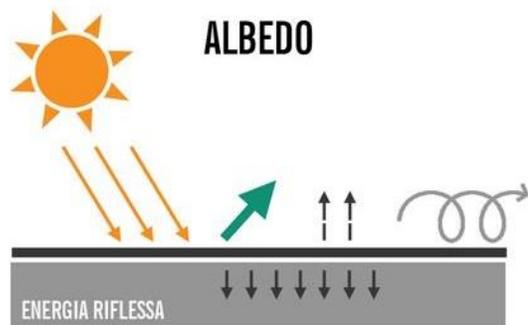
La differenza fondamentale tra un tetto verde e un tetto freddo risiede nella differente prestazione che offrono: il tetto freddo si comporta come una copertura riflettente (aumento dell'albedo) mentre i tetti verdi aumentano il calore latente.



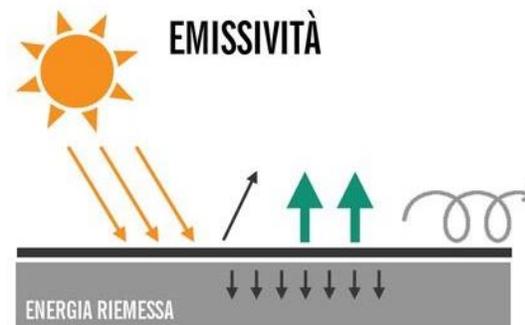
Foto di un tetto con copertura verde e rivestimento in materiale riflettente, a confronto con un profilo termografico a confronto

Soluzioni per gli edifici

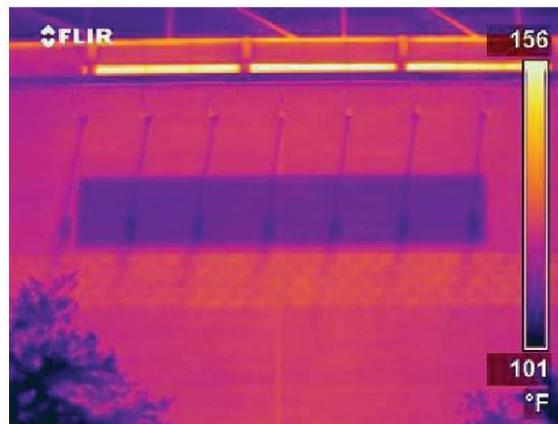
4. Cool Roofs – Tetti freddi



Maggiore è l'albedo minore è la quantità di energia immagazzinata dalla superficie, quindi minore sarà la temperatura superficiale



Maggiore è l'emissività, maggiore è la quantità di energia che la superficie è in grado di rilasciare sotto forma di calore

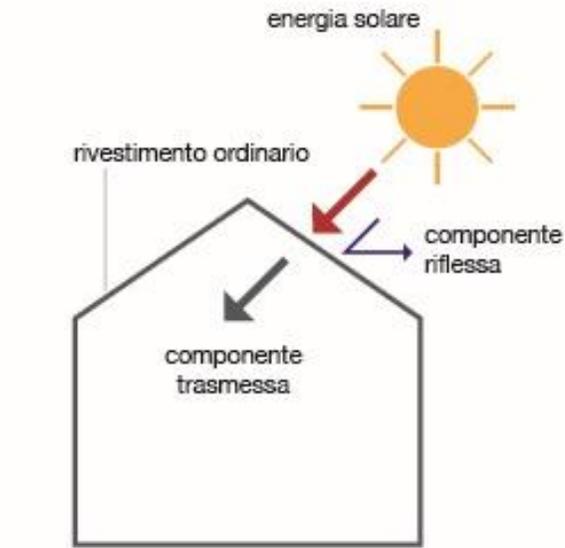


COEFFICIENTE DI ALBEDO

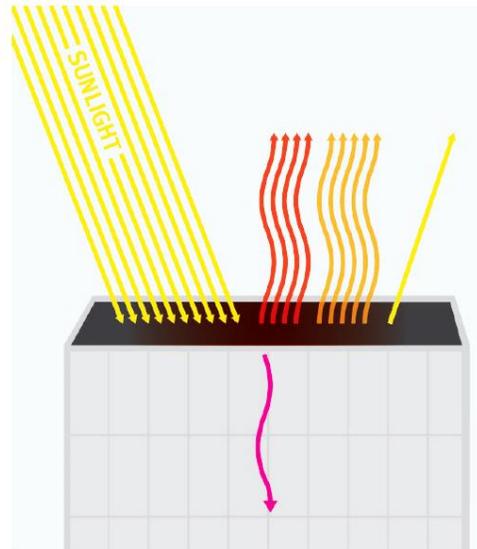
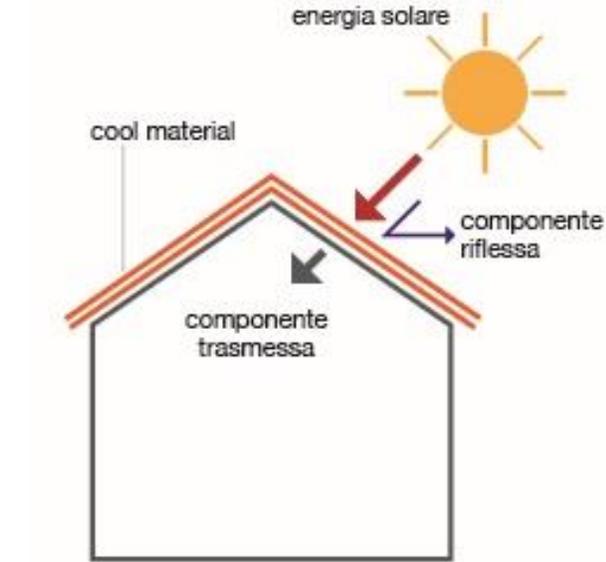
Indica il potere riflettente di una superficie, si esprime attraverso una scala che varia da 0 a 1 e il valore minimo è (0) e corrisponde ad un corpo di colore nero mentre il massimo è (1) e corrisponde ad un corpo di colore bianco.

Soluzioni per gli edifici

4. Cool Roofs – Tetti freddi

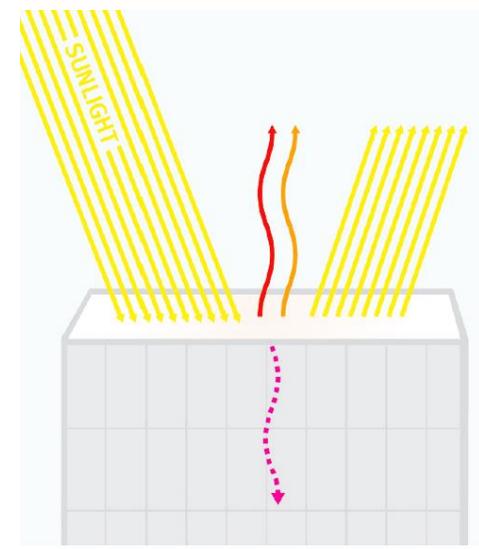


Copertura



Quando la radiazione solare giunge su un **tetto nero**:

- 38% viene riflesso in atmosfera
- 52% riscalda l'aria
- 5% viene riflesso
- 4,5% viene accumulato dall'edificio



Quando la radiazione solare giunge su un **tetto** nero:

- 10% viene riflesso in atmosfera
- 8% riscalda l'aria
- 80% viene riflesso
- 1,5% viene accumulato dall'edificio

Soluzioni per gli edifici

4. Cool Roofs – Tetti freddi



Membrana cool roof che neutralizza la CO2



Membrana cool roof altamente riflettente

Membrana riflettente

Riduzione del surriscaldamento degli ambienti interni
Riduzione dell'uso di climatizzatori
Meno emissioni di CO₂

Soluzioni per gli edifici

4. Cool Pavements – Rivestimenti freddi



Phoenix, Arizona, temperature rilevate fino a 150°F (67°C).

Soluzioni per gli edifici

5. Facciate integrate

La parete verde, così come altri elementi di facciata sono in grado di assolvere a più funzioni, tra cui assumere la funzione di ombreggiamento esterno.



Soluzioni per gli edifici

5. Facciate integrate

Le doppie pelli, così come altri elementi di facciata possono essere usate come pelle impiantistica e per la produzione di energia e sistema schermante.



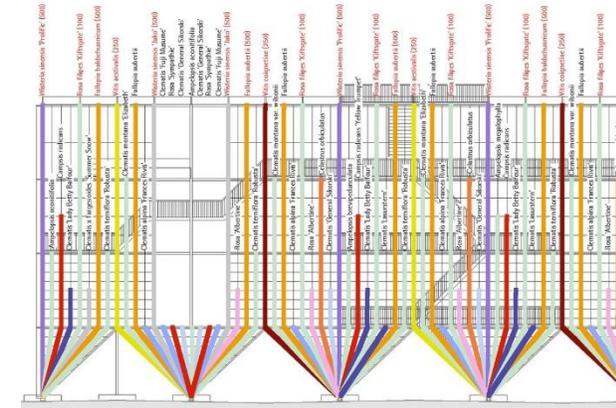
Spazi aperti urbani

6. Corti coperte e pergolati

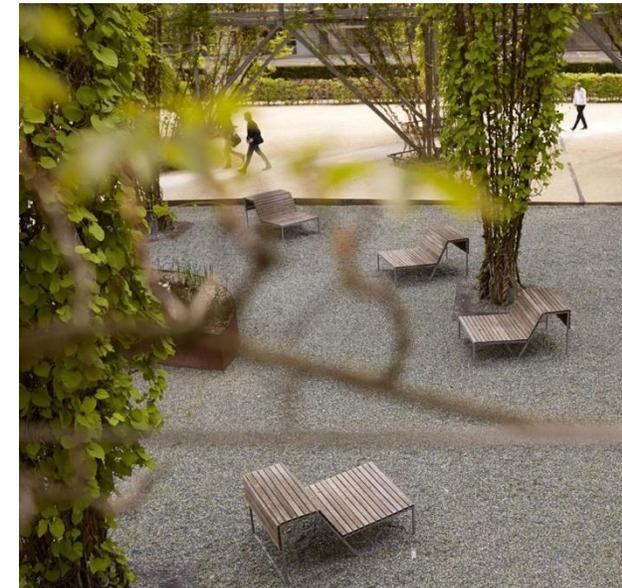
Spazi verdi come soluzione di rigenerazione verde urbana

L'uso di strutture da coperte in ambito urbano, in combinazione piante e arbusti ha una lunga tradizione, i cui primi esempi risalgono ai tempi antichi (i giardini della Mesopotamia, dell'Egitto, della Persia e della Cina (ca. 2000-500 a.C.).

In genere, questa soluzione, racchiude una vasta gamma di soluzioni che utilizzano pilastri, travi e tralicci in diversi materiali e composizioni per favorire la crescita della vegetazione e offrire una schermatura/copertura permeabile.



Planimetria delle specie rampicanti



Soluzioni per gli edifici

7. Schermature

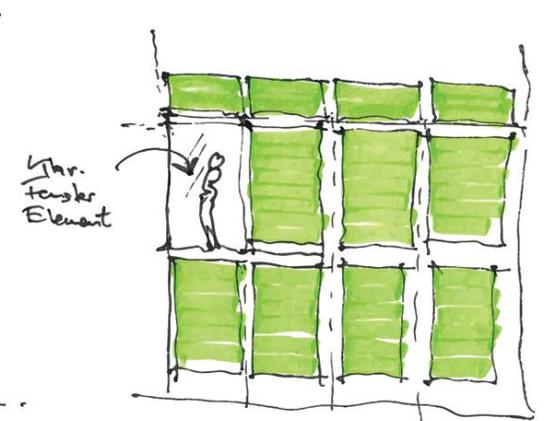
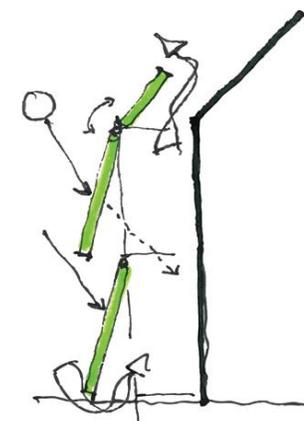
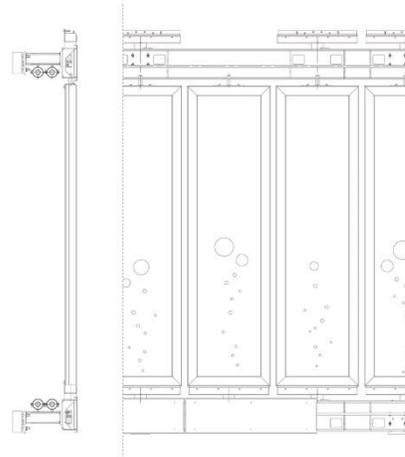
Le strategie per garantire l'efficienza energetica negli edifici riguardano sia la limitazione delle dispersioni, ma anche l'incremento degli apporti solari gratuiti favorendo, allo stesso tempo, l'utilizzo di luce naturale in ambiente confinato.



Facciata bio-adattiva con schermature mobili - BIQ house, Amburgo Germania, SPLITTEWERK e ARUP.

Fonte: www.splitterwerk.at

L'innovativa facciata è costituita da 129 fotobioreattori (PBR) a microalghe che fungono da schermo solare orientabile e mobile, che oltre ad assolvere alle funzioni di schermo solare, lavorano come produttori di biomassa e collettori solari termici.



Soluzioni per gli edifici nei progetti dei comuni partecipanti

SAN GIOVANNI IN PERSICETO (BO)	Recupero e rifunzionalizzazione "Ex-Caserma dei carabinieri"	<ul style="list-style-type: none"> • Criteri di massima efficienza energetica
LUGAGNANO VAL D'ARDA (PC)	Recupero ex deposito Acap. Una nuova casa per la cultura	<ul style="list-style-type: none"> • Copertura (lamiera grecata), con adeguato isolamento termico e manto di copertura ad alta riflettanza solare <i>cool roof</i> per contrastare l'effetto isola di calore. • Pareti perimetrali il progetto prevede una controparete interna per contenere l'isolamento dell'involucro esterno per la riduzione del consumo energetico globale dell'edificio e gli impianti. • Isolamento integrale dell'involucro opaco e nuovi serramenti in alluminio a taglio termico con vetrocamera e vetro basso-emissivo per un miglior isolamento termico e acustico.
LANGHIRANO (PR)	Una pietra per volta. Rigenerazione urbana e architettonica di Palazzo Ducale e del suo intorno	<ul style="list-style-type: none"> • Utilizzo di protocolli di certificazione energetico-ambientali. Esiste la possibilità di utilizzo di sistemi orientati alla sostenibilità utilizzando tra le modalità disponibili lo standard LEED. Energia e Atmosfera (EA), Materiali e Risorse (MR), Qualità degli ambienti interni (IEQ)
CASTELNOVO NE' MONTI (RE)	Lo Spazio della Comunità: recupero dell'Ex Cinema Parrocchiale nel borgo di Quara	<ul style="list-style-type: none"> • L'intervento nel suo complesso si esplica attraverso l'utilizzo di materiali e tecniche attenti a salute, ambiente e sicurezza - Protocollo GBC - CAM edilizia • Alte prestazioni dell'involucro consentono di raggiungere la classificazione NZEB. Il ricircolo dell'acqua piovana per gli scarichi riduce il consumo idrico. • Gli infissi in alluminio e legno ad alta efficienza sono stati posizionati e dimensionati per ridurre l'uso di illuminazione artificiale. • L'impianto di riscaldamento fa uso di una pompa di calore. • Intervento aderirà al protocollo energetico ambientale internazionale LEED, nella categoria W4 Design + Construction.

Soluzioni per gli edifici nei progetti dei comuni partecipanti

CERVIA (RA)	Realizzazione della nuova sede di Cervia Ambiente	<ul style="list-style-type: none">• Rispetto dei Criteri Ambientali Minimi per la nuova costruzione, ristrutturazione e manutenzione di edifici pubblici sia in fase di progettazione sia in fase di espletamento della gara d'appalto sia in fase realizzativa• Sistema impiantistico ad alta prestazione per il controllo del comfort termoigrometrico.• Saranno considerati i sistemi e protocolli BREEAM International New Construction 2016, LEED v4 Building Design and Construction LEVEL(S)
SASSO MARCONI (BO)	Recupero dell'edificio Ex-Scuola di Pontecchio Marconi in Bed & Bike	<ul style="list-style-type: none">• protocolli per l'ottenimento della certificazione energetico-ambientale, sostenibilità energetica (tipo Leed),• utilizzo di FER (pannelli fotovoltaici, pompe di calore);
MARZABOTTO (BO)	Rifunzionalizzazione di spazi comunali in nuovo teatro - sala proiezioni ed in emporio solidale, con annessa rigenerazione urbana ed ambientale degli spazi pubblici di pertinenza	<ul style="list-style-type: none">• EFFICIENTAMENTO ENERGETICO: nuovi infissi idonei e prestanti da un punto di vista termico, soluzioni impiantistiche rivolte all'efficientamento energetico ed impianto FV per la produzione di energia elettrica ad uso dei locali.• UTILIZZO DI FER: realizzazione di impianto elettrico alimentato con pannelli fotovoltaici.• CAM: si sono presi a riferimento per le scelte progettuali relative al Verde, alla Permeabilità dei Suoli, all'Approvvigionamento energetico per utilizzo di FER, alla Riduzione dell'Impatto su Microclima, agli Effetti su Ondate di calore (utilizzo di cool materials), alla Riduzione dell'Impatto sul sistema idrografico superficiale (vasca di accumulo per irrigazione), all'Illuminazione Pubblica.
RIO SALICETO (RE)	Nuovo Delfino. Centro Polifunzionale della comunità di Rio Saliceto	<ul style="list-style-type: none">• Passaggio da un grande volume estremamente inefficiente e con pessime prestazioni energetiche ad una nuova struttura che recupera l'esistente e lo aggiorna dal punto di vista impiantistico, energetico e di involucro.• L'involucro della struttura esistente dovrà essere rivestito per aumentare le prestazioni energetiche, con un sistema a cappotto in lana di roccia nelle parti opache e nuovi infissi a taglio termico per le aperture.• Il progetto intende aderire al protocollo energetico ambientale internazionale LEED con GBC Italia utilizzando il "Building Design + Construction W4"



Riferimenti

BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA

Commissione Europea COM(2013), Strategie dell'UE di adattamento ai cambiamenti climatici

Commissione Europea COM(2020), Regolamento del Parlamento europeo e del consiglio che istituisce il quadro per il conseguimento della neutralità climatica

European Commission, Directorate-General for Research and Innovation (2021), *Evaluating the impact of nature-based solutions : a summary for policy makers*, Publications Office <https://data.europa.eu/doi/10.2777/521937>

European Commission, Directorate-General for Research and Innovation (2020), *Biodiversity and nature-based solutions : analysis of EU-funded projects*, <https://data.europa.eu/doi/10.2777/183298>

European Environment Agency (2021), Nature-based solutions in Europe : Policy, knowledge and practice for climate change adaptation and disaster risk reduction.

European Union, Directorate-General for Research and Innovation (2015), [Towards an EU research and innovation policy agenda for nature-based solutions & re-naturing cities](#): final report of the Horizon 2020 expert group on 'Nature-based solutions and re-naturing cities', Publications Office.

Nature4Cities (Horizon 2020)– Report - [D1.1 – NBS multi-scalar and multi-thematic typology and associated database](#) (SCHEDE NBS)

Policy dell'Architettura per la Green Economy nelle Città (2017), Verso l'attuazione del Manifesto della Green Economy per l'architettura e l'urbanistica, Stati Generali della Green Economy

Politecnico Milano (2019), Catalogue of Nature-based Solutions for Urban Regeneration. Energy&Urban planning workshop Pre-final report

Regione Emilia-Romagna (2015), [REBUS - RENovation of public Buildings and Urban Spaces](#)

Somarakis, G., Stagakis, S., & Chrysoulakis, N. (Eds.). (2019). ThinkNature Nature-Based Solutions Handbook. ThinkNature project funded by the EU Horizon 2020.

SOS4LIFE (2020), Liberare il suolo. Linee guida per migliorare la resilienza ai cambiamenti climatici negli interventi di rigenerazione urbana, Regione Emilia-Romagna

World Bank (2021), A Catalogue of Nature-based Solutions for Urban Resilience, Washington, D.C. World Bank Group

<https://www.nature4cities.eu/>

<https://platform.think-nature.eu/nbs-manifesto>

<https://www.naturebasedsolutionsinitiative.org/>

<https://www.urbangreenup.eu/solutions/>

<https://connectingnature.eu/>

GRAZIE PER L'ATTENZIONE

Barbara CASELLI
barbara.caselli@unipr.it

Silvia ROSSETTI
silvia.rossetti@unipr.it

Barbara GHERRI
barbara.gherri@unipr.it

Michele ZAZZI
michele.zazzi@unipr.it



**UNIVERSITÀ
DI PARMA**

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA
E ARCHITETTURA