

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA  
Dipartimento di Territorio e Sistemi Agro-Forestali

Corso di laurea in Paesaggio, Parchi e Giardini

# GESTIONE SOSTENIBILE DELLE ACQUE METEORICHE: CASO STUDIO IN UN PARCHEGGIO DI VERONA

Relatore  
Prof. Bortolini Lucia

Laureanda/o  
Merzi Enrico  
Matricola n. 615280

ANNO ACCADEMICO 2012 - 2013



## SOMMARIO

Premessa

Introduzione

### PRIMA PARTE

La Gestione sostenibile dei deflussi di pioggia: gli obiettivi

Le problematiche attuali

Gi interventi sostenibili

• Ammendanti

• Bioretention

• Rain Garden

• Dry Wells

• Fasce filtranti

• Fasce tampone

• Tree box filters

• Permeable pavers

• Permeable pavement

• Trincee d'infiltrazione

### SECONDA PARTE

Intervento proposto: Parcheggio urbano

- Localizzazione: Planimetria
- Storia del sito
- Finalità
- Progetto del sito attuale

Descrizione del sito attuale

- Aspetti negativi
- Aspetti positivi

## Interventi migliorativi proposti:

### Rain Garden

- Collocazione e gestione
- Specie arboree, arbustive e floreali impiegate
- Localizzazione piante
- Aspetti manutentivi
- Aspetti negativi
- Aspetti positivi
- Costi

### Tree Box Filters

- Collocazione e gestione
- Specie arboree impiegate
- Aspetti manutentivi
- Aspetti positivi
- Aspetti negativi
- Costi

### Trincee d'infiltrazione

- Collocazione e gestione
- Aspetti manutentivi
- Aspetti positivi
- Aspetti negativi

### Pavimentazione permeabile e Lastricati permeabili

- Collocazione e gestione
- Aspetti manutentivi
- Aspetti positivi
- Aspetti negativi
- Costi

## Conclusioni e considerazioni finali

Allegato A

Costi complessivi dell'intervento

Allegato B

Rendering dell'area con interventi migliorativi proposti: varie viste del sito

Allegato C

Vista aerea dell'area allo stato attuale

Allegato D

Vista aerea dell'area post-intervento

Sitografia

Bibliografia

Altre fonti

Ringraziamenti

## **Premessa**

Il tema dell'acqua è emerso negativamente agli occhi di tutti, recentemente, grazie ai tragici fatti di inondazioni e dissesti, prima in Veneto, poi nelle Cinque Terre liguri e nell'autunno trascorso, nella maremma Toscana. Le cause di tali disastri, a parere di molti esperti, sono la sommatoria di una serie di azioni preventive che da molto tempo non vengono eseguite nel nostro paese. Esse sono senz'altro frutto di una politica di gestione e salvaguardia del territorio inadeguata e obsoleta. Si aggiungono inoltre ad esse, eventi piovosi atipici in territori inadatti: piogge intense in brevi periodi temporali. Con questa tesi, ho voluto evidenziare quali sono le pratiche utilizzabili nel nostro paese, affinché il problema acqua, risulti realmente risorsa.

L'elaborato è suddiviso in una prima parte, d'inquadramento generale al tema della gestione dell'acqua meteorica, con particolare riferimento alle modalità d'intervento in ambito puramente urbano. La seconda parte tratterà il caso studio di un parcheggio sito nella città di Verona. Verranno eseguiti interventi sostenibili e relative valutazioni critiche; sottolineando aspetti positivi, negatività, costi, materiali e strategie.

## INTRODUZIONE

La crescente urbanizzazione e impermeabilizzazione dei suoli, verificatesi nell'ultima decade, ha sottoposto la popolazione e "l'ecosistema" urbano a notevoli problemi gestionali della risorsa idrica, con lo stravolgimento del naturale ciclo idrologico. Se si citano alcune fonti, risulta comprensibile il motivo di questo attuale problema.

In Europa, tra il 1990 e il 2000 (Fonte: E.E.A), oltre 800.000 ettari di terreni naturali sono stati convertiti in superfici artificiali per abitazioni, uffici, negozi, fabbriche e strade.

Dal 1950 ad oggi, un'area grande quanto il Trentino Alto Adige e la Campania è stata seppellita sotto il cemento (Finiguerra 2010). Sono 4.500 gli ettari di terreno agricolo e rurale che ogni anno vanno perduti nel Veneto a causa dell'impermeabilizzazione del suolo. Nell'Unione Europea, gli ettari perduti ogni giorno sono addirittura 250 e la Commissione Europea spende 38 miliardi l'anno a causa del degrado del suolo.

Questa riduzione del capitale naturale ha comportato molteplici effetti negativi:

In primo luogo l'aumento quantitativo del deflusso meteorico, il quale ha conseguentemente generato un sovraccarico del, già fragile sistema fognario, l'abbassamento del livello di falda, seguito dal peggioramento delle condizioni microclimatiche urbane. A tali problematiche si somma l'erosione e l'inquinamento dei corpi idrici recettori.

La scomparsa dei boschi e dei prati, ha portato ad un'alterazione proprio dei deflussi delle acque piovane creando smottamenti, inondazioni implicando anche aree urbane.

In sintesi, una gestione non corretta dell'acqua meteorica ha creato, e continuerà a generare notevoli problemi alla vita urbana e suburbana.

## **Le problematiche attuali**

A) Notevole aumento del deflusso superficiale: L'aumento del deflusso rappresenta il principale problema dei sistemi attuali di gestione delle acque, e, l'aspetto essenziale della gestione sostenibile. Superfici con copertura vegetale garantiscono un deflusso superficiale del 20% sul volume totale dell'acqua caduta, contrariamente a quote che superano il 90% su superfici impermeabili.

In ambito urbano queste problematiche si riscontrano su strade, parcheggi, coperture di edifici. Gli effetti di questo aumento si riversano sul regime delle acque, il quale viene alterato: i corsi d'acqua usati per la raccolta delle acque meteoriche si trasformano in torrenti a pieno regime, con problemi di portata.

B) Sistema fognario sovraccarico: Il notevole deflusso comporta una quantità d'acqua maggiore in tempi molto brevi, creando l'insufficienza ricettiva della rete fognaria.

C) Abbassamento della falda: L'eccessiva impermeabilizzazione del suolo, unita al convogliamento in reti fognarie inadatte comporta una mancata infiltrazione nel suolo dell'acqua meteorica.

D) Peggioramento delle condizioni microclimatiche urbane: La drastica riduzione delle superfici verdi comportano un abbassamento dell'umidità dell'aria derivante dalla mancata evaporazione naturale. Tipico esempio la bolla di calore presente nei mesi estivi in ambito urbano.

E) Inquinamento dei corsi d'acqua: Le acque meteoriche, in un sistema fognario misto (deflussi + acque da abitazione), vengono scaricate in impianti di depurazione incapaci di depurare elevate quantità, pertanto, tali eccessi vengono scaricati, senza alcun trattamento, nei corsi d'acqua. Vengono immessi inquinanti come residui di combustione del petrolio degli autoveicoli, residui di battistrada, metalli pesanti.



## ***PRIMA PARTE***

### **1.2.La gestione sostenibile dei deflussi di pioggia: gli obiettivi**

Le problematiche sopradescritte hanno portato, con il tempo, alla ricerca di soluzioni nuove, che potessero risolvere in maniera differente la sempre più gravosa gestione delle acque piovane. Diverse sigle, associate ad altrettante nazioni ideatrici sono comparse negli anni:

- LID (Low Impact Development) o Sviluppo a Basso Impatto ambientale
- SUDS (Sustainable Urban Development Systems) o Sistemi di Sviluppo Urbano Sostenibili
- WSUDS (Water Sensitive Urban Design) o Design
- BMPS ( Best Management Practices) o Migliori Pratiche di Gestione

In ambito europeo, con Sistemi di sviluppo Urbano Sostenibile, o Sustainable Urban Development Systems (SUDS), s'intende l'adozione, durante lo sviluppo di un'area urbana o periurbana, di specifiche strutture vegetate e non, allo scopo di mantenere la naturale funzione del ciclo idrologico. Lo sviluppo a basso impatto ambientale comporta l'adozione di processi naturali al fine di favorire sulle acque meteoriche: l'attenuazione delle sostanze inquinanti, l'infiltrazione dell'acqua all'interno del suolo e la riduzione della velocità di deflusso superficiale.

Queste strategie mirano alla gestione in situ degli aspetti sopra descritti, esplicando la loro azione all'inizio, in maniera decentralizzata, ove gli eventi possono essere trattati su piccola scala. Il controllo del deflusso e trattamento dell'acqua rappresenta un aspetto di tale gestione.

Gli obiettivi essenziali della progettazione sostenibile sono, pertanto, la riproduzione dei processi di drenaggio che avvengono spontaneamente in natura, applicandoli tramite determinate strutture sul territorio. Per garantire gli effetti fin qui descritti si deve operare affinché la pianificazione non concentri il controllo della risorsa idrica in una struttura unica, ma che sia suddivisa in diversi nuclei sparsi sul territorio. Questo per poter soddisfare la filosofia di tale sistema: la gestione sostenibile di un'area o comprensorio e non di una singola unità. In altre parole, solamente l'unione di più strutture singole localizzate in situ consentono una sostenibilità idrologica ampia e generale.

### 1.3.Gli interventi sostenibili

Come abbiamo visto solo nell'ultimo decennio si sta sviluppando una nuova visione di gestione delle acque meteoriche; le strutture o strategie create in questo periodo hanno dato vita ad un macro settore di mercato in continua evoluzione. In seguito verranno elencati tutti i sistemi conosciuti e i loro differenti campi di applicazione:

- Contesti civili, legati al trattamento dell'acqua dei tetti (A)
- Contesti urbani, trattamento delle acque stradali (S)

Considerando l'intervento proposto nella seconda parte, verranno maggiormente descritti in questa sezione i sistemi relativi all'ambito urbano stradale, in particolar modo le tipologie adottate in seguito nell'intervento proposto.

- Tetti Verdi (A)
  - Ammendanti (S)
  - Bioretention e Rain Garden (S)
  - Dry Wells o Pozzi Aridi (A)
  - Fasce Filtranti (S)
  - Fasce Tampone (S)
  - Tree Boxes Filters (S)
  - Permeable Pavers (S)
  - Permeable Pavements (S)
  - Trincee Drenanti (S)
- 
- Verde Pensile e Tetti Verdi

Si definisce copertura a verde pensile ogni superficie a verde (piana o inclinata) priva di diretto contatto con il suolo e collocata su tetti (Tetti Verdi) impermeabilizzati o anche in garage interrati. I Tetti Verdi sono strutture composte di una serie di membrane impermeabili



**Immagine n° 1: Tetto verde estensivo**

e da uno strato drenante,

coperto da substrato di coltivazione di spessore ridotto. In quest'ultimo vengono coltivate specie vegetali differenti, a seconda della tipologia di verde pensile.

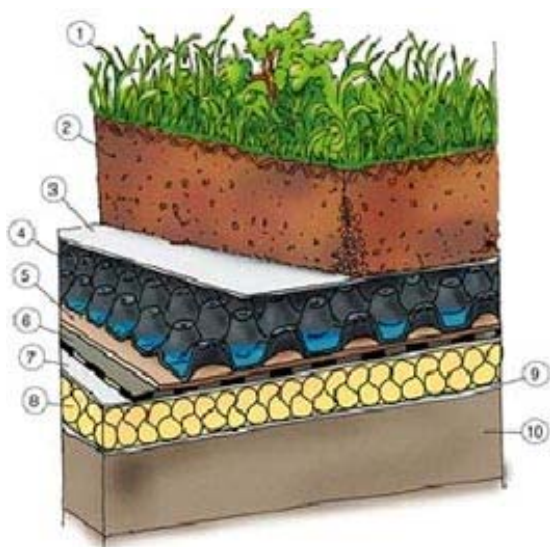
1. Tetti verdi estensivi: Non sono realizzati per ottenere superfici fruibili, hanno solamente prestazioni a livello economico ed ecologico:
  - Tipologia di vegetazione più specializzata e limitata, a sviluppo più contenuto
  - Sono più leggeri.
  - Bassa manutenzione.
2. Tetti verdi intensivi: Vegetazione e aspetto simile ad un vero e proprio giardino, sono completamente fruibili:
  - Ampia scelta, con poche restrizioni, della tipologia di vegetazione.
  - Peso elevato
  - Maggiori spessori, per il contenimento di apparati radicali più profondi
  - Manutenzione elevata

Veniamo ora ai benefici che derivano dall'utilizzo di tali tipologie di coperture:

- Riduzione dei picchi di deflusso idrico, grazie alla capacità di ritenzione idrica del sistema radici – substrato.
- Mitigazione microclimatica, l'acqua piovana viene restituita in parte all'ambiente per evapotraspirazione; l'aria ricca di umidità, riesce a ridurre la percezione di aria asciutta e umida tipica delle città
- Fissaggio delle polveri sottili, vengono sottratte all'atmosfera grazie alla vegetazione che eleva l'umidità dell'aria e riduce la ventosità.
- Riduzione inquinamento sonoro e dell'elettrosmog.
- Aumento della qualità della vita e della percezione visiva degli insediamenti
- Possibilità di usufruire, dove presenti, di possibili incentivi economici previsti dalle amministrazioni locali per il verde pensile.

La stratificazione impiegata per la realizzazione di una copertura a verde pensile è costituita essenzialmente da un'impermeabilizzazione antiradice, uno strato di protezione, uno strato drenante, uno strato filtrante(3) e dal substrato di vegetazione(2). A seconda del produttore e

delle condizioni climatiche si modificano gli strati e le tipologie di materiali impiegati. In seguito, un esempio di stratigrafia di copertura a verde estensivo.



**Immagine n° 2: Stratificazione di una copertura a verde**

- **Ammendanti**

Sono delle miscele o composti di natura organica (compost, torba) che apportano un miglioramento nella struttura del suolo, aumentandone il grado di fertilità, l'adattabilità delle piante ed incrementando la capacità idrica del suolo e di conseguenza, riducendo il deflusso superficiale. La gestione di tale sistema è limitata a periodiche ispezioni del suolo per valutare la reale capacità di infiltrazione dello stesso. L'utilizzo di tali materiali ha una doppia finalità benefica in aree che richiedano un buon materiale per la coltivazione.

- **Bioretention**

Sono delle aree con depressione superficiale in cui vi è l'applicazione di uno strato di materiale, ad elevata porosità, nella parte sottostante alla vegetazione. Tale sistema garantisce:

- L'infiltrazione e la filtrazione dell'acqua piovana, una aumento della capacità di trattenuta idrica con la riduzione della percolazione in profondità.
- Il miglioramento della qualità dell'acqua meteorica che si infila nel substrato vegetato.

Le Bioretention sono progettate per trattenere temporaneamente i deflussi delle acque piovane provenienti da tetti, cortili, parcheggi, isole spartitraffico o prati. L'acqua, inondando la struttura e, successivamente, rimanendovi all'interno per un certo periodo, viene trattata dal sistema suolo-radici, che diminuisce quantità in uscita e sostanze inquinanti.

Al gruppo delle Bioretention appartengono anche i Rain Garden (Giardini Pluviali).

Questi verranno descritti in maniera approfondita in quanto facenti parte degli interventi migliorativi del caso in questione, analizzato nella seconda parte.

## Rain Garden

I rain garden sono dei bacini di infiltrazione che sfruttano le pendenze per convogliare l'acqua piovana in zone realizzate allo scopo di favorirne l'infiltrazione. Queste aree vengono spesso riempite con piante adatte a sopportare stress idrici. Un giardino di infiltrazione dotato di un efficiente drenaggio può contenere qualsiasi tipo di pianta, persino alberi.

Tipicamente questi sistemi sono costituiti da una fascia con copertura erbosa, disposta tra la superficie drenata e la zona di ristagno; un'area avvallata vegetata,

nella quale si ha il ristagno temporaneo delle acque meteoriche; un sistema di drenaggio, disposto sul fondo (a seconda delle condizioni idrogeologiche è possibile prevedere anche la sola dispersione nel sottosuolo, prevedendo solo un troppo pieno per gli eventi di pioggia più intensi). Le acque di dilavamento sono convogliate tramite deflusso superficiale all'area di ritenzione vegetata. La fascia con copertura erbosa effettua un'azione di filtraggio del materiale più grossolano e di rallentamento della velocità di deflusso. Nell'area di ristagno si ha un accumulo temporaneo e un'ulteriore deposizione di materiale trasportato. Lo strato di materiale organico effettua una prima filtrazione delle acque meteoriche e favorisce la crescita di microorganismi che provvedono ad una degradazione della materia organica trasportata. Lo spessore di suolo vegetativo svolge la funzione di sistema di filtrazione; le particelle argillose del suolo forniscono siti per l'assorbimento di inquinanti. La vegetazione garantisce la stabilità del suolo e partecipa all'azione di trattenimento degli inquinanti. Un Rain Garden è un sistema in transizione, legato principalmente agli eventi atmosferici: una pioggia intensa, anche di breve durata, porta alla sommersione del giardino e delle specie in esso contenuto. Situazione che in tempi ridotti torna alla normalità, garantendo la visione integrale dell'area verde.

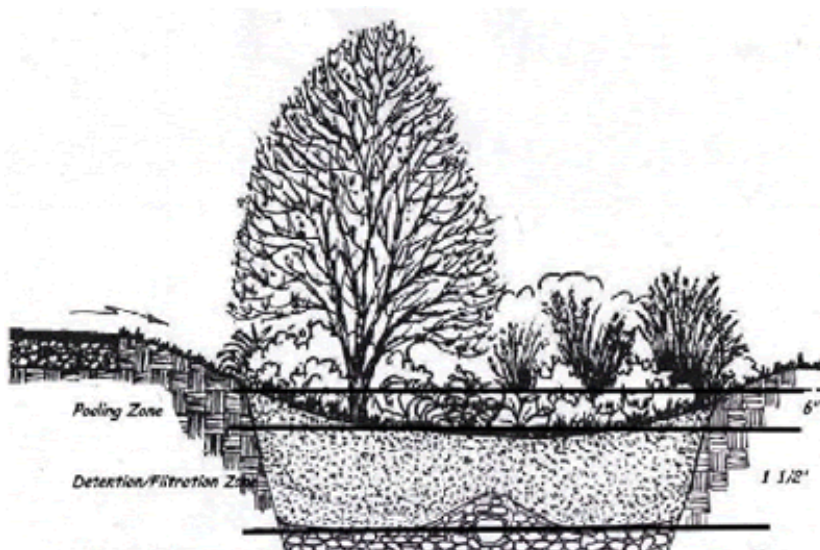


Immagine n°3: Stratigrafia e elementi compositivi



Contrariamente, stagioni secche o con piogge ridotte, non porteranno a modifiche estetiche del giardino. Questa transizione, induce un maggior interesse da parte dei cittadini verso i fattori climatici e ambientali che li circondano.



Immagine n°4: Funzionamento e benefici di un Rain Garden

Materiali utilizzati e metodologie costruttive

Un Rain Garden è costituito da differenti stratigrafie con altrettanti materiali e funzioni. Lo strato più basso o prima sezione è composto da materiale di ritenzione composto da materiali grossolani come pietrisco o ghiaia allo scopo di trattenere i residui non vagliati dagli strati sovrastanti. Superiormente è presente uno strato composto da materiale con granulometria più fine, allo scopo di filtrare la componente idrica. Funzione non secondaria è il mantenimento di un certo grado di umidità necessario agli apparati radicali delle piante presenti in esso. Lo strato sovrastante, composto da una miscela di terriccio (20-25%), compost (20-25%) e sabbia (50-60%), è la sede delle specie del giardino. In esso si ha la piantumazione delle piante e, viene generalmente ricoperto da uno spesso strato di pacciamatura come corteccia o lapillo vulcanico; allo scopo di mantenere costante l'umidità del terreno. Obbligatorio in un Rain Garden è la predisposizione di una tubazione "di troppo pieno" in grado di allontanare, durante eventi

atmosferici particolarmente gravosi, l'acqua in eccesso (che andrebbe a tracimare dal perimetro del giardino). Acqua che verrà indirizzata nella rete idrica sotterranea. Un Rain Garden pertanto non deve essere visto come un sistema a condizioni invariabili o identiche in ogni suo punto: piante posizionate ai lati del giardino debbono presentare fabbisogni o/e esigenze vitali (resistenza a siccità, periodi di sommersione, umidità, ecc.) differenti, rispetto alle specie scelte per la parte centrale. Questo tipo di intervento verrà adottato nell'intervento proposto in seguito



**Immagine n°5: Esempio di Rain Garden a seguito di evento piovoso**

## Dry Wells (Pozzi Aridi)

Sono costituite da una buca riempita di materiale inerte come ghiaia o sassi al fine di catturare l'acqua proveniente dai pluviali di un edificio o da un'area pavimentata.

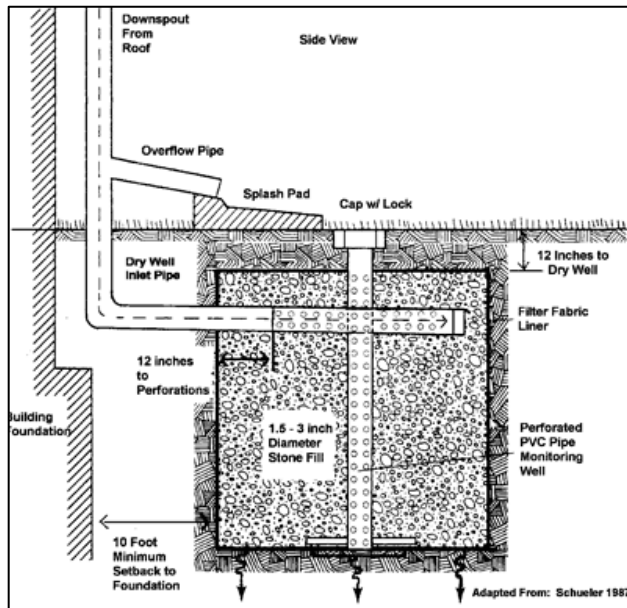


Immagine n°6: Dry Wells

Tali strutture vengono impiegate nel trattamento dell'acqua nelle aree residenziali; non sono adatti i siti in cui il terreno è scosceso e dove sono presenti dei parcheggi.

In questo tipo di strutture la manutenzione è minima ed include la rimozione di eventuali detriti che andrebbero ad ostacolare il flusso d'acqua.

- Fasce filtranti

Le fasce filtranti sono dispositivi di collegamento costituiti da porzioni di terreno ricoperte di vegetazione e dotati di debole pendenza. Le fasce filtranti possono essere impiegate per trattenere l'acqua che proviene dalle strade e dalle autostrade, dai tetti e da piccoli parcheggi.

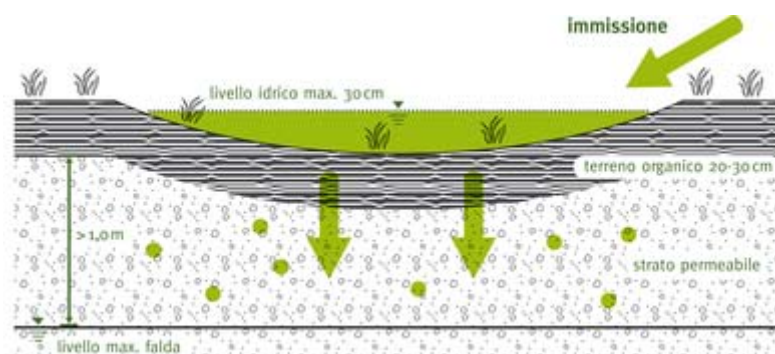


Immagine n°7: Stratigrafia e funzionamento di una Fascia Filtrante

La gestione avviene mediante l'ispezione della fascia filtrante alla ricerca di eventi erosivi o sedimentativi; il mantenimento di un ottimale stato della vegetazione e l'asportazione di rifiuti depositati, specialmente lungo strade ad alta percorrenza. Questo tipo di sistema verrà in seguito utilizzato nell'intervento proposto.



- Fasce tampone

Le fasce tampone sono delle aree piantumate con specie arboree ed erbacee la cui funzione è quella di bloccare e filtrare i sedimenti e le sostanze chimiche presenti nello scorrimento superficiale dell'acqua prima che raggiunga il corpo idrico. Apportano un miglioramento dell'aspetto del paesaggio, della qualità dell'acqua, preservano e migliorano gli habitat per la fauna selvatica.

- Tree box filters

Il tree box filters è una struttura a scatola in calcestruzzo contenete una speciale miscela di terra composta da particolari miscele di substrati e materiali filtranti (80% sabbia, 20% compost). All'interno di essa viene messa a dimora una



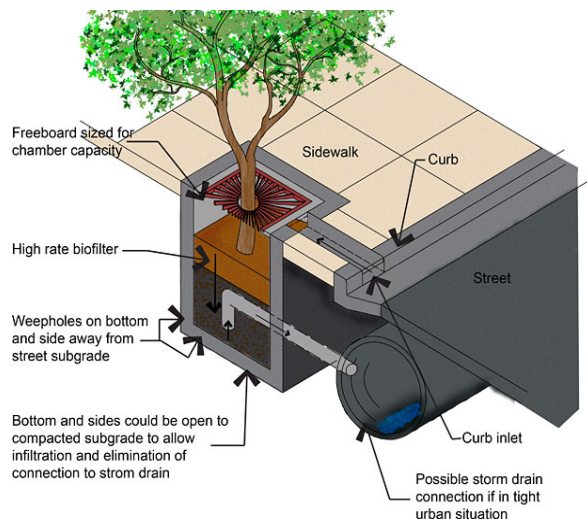
**Immagine n°8: Tree box filter: particolare di captazione**

o più specie arboree.

La sua triplice finalità consiste nel garantire un efficace controllo nella qualità dell'acqua piovana, grazie all'azione filtrante della vegetazione e del suolo; la protezione e il ripristino dei flussi d'acqua; nonché la diminuzione quantitativa di apporti all'impianto fognario. È consigliato l'impianto di specie autoctone resistenti a periodi di siccità e eccessi salini, che presentino un approfondimento radicale non eccessivo, onde evitare l'intasamento dello scarico di drenaggio (subdrain). (Fonte: University of New Hampshire Stormwater Center,2005)

Il campo d'impiego dei Tree box filters è principalmente in ambito urbano: marciapiedi e aree pedonabili: siti con acque inquinate.

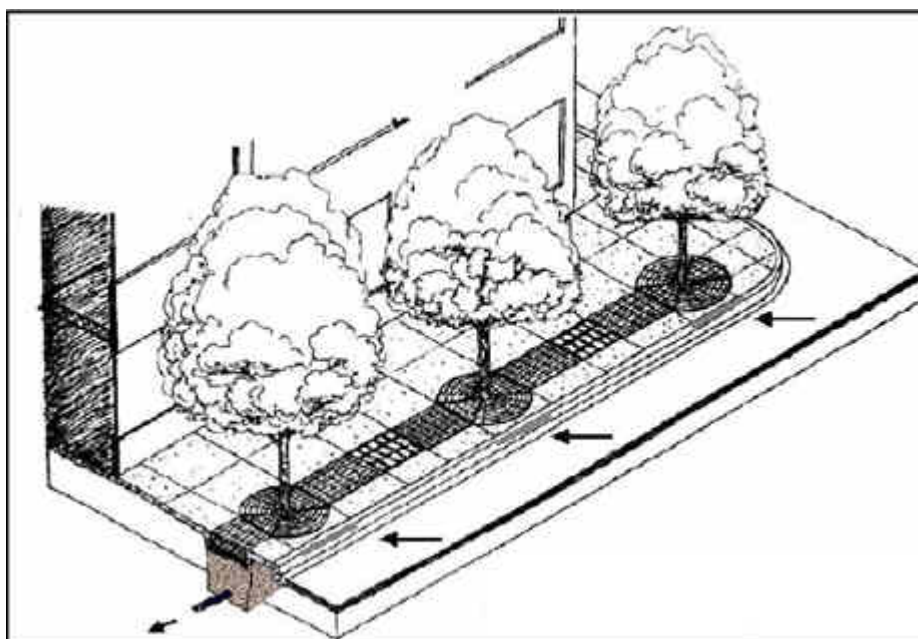
Possono essere installati in camere a fondo chiuso o aperto in relazione alla possibilità dell'acqua di poter infiltrarsi o meno nel terreno, come ad esempio i terreni argillosi.



**Immagine n°9: schema di funzionamento di Tree Box Filter**

I “filtri contenitori alberati” eseguono un buon lavoro di rimozione di molte delle sostanze inquinanti comunemente presenti nelle acque piovane da trattare. E' costantemente superato il livello, raccomandato dall'EPA, di rimozione totale dei solidi sospesi e, soddisfatti i criteri ambientali di qualità delle acque per vari metalli pesanti, olii e grassi presenti normalmente nei deflussi da strade e parcheggi.

Tuttavia, la qualità dell'acqua trattata può essere influenzata negativamente da un aumento di carico idraulico, cioè, la filtrazione di acqua proveniente da una grande superficie in una piccola area del filtro. (Fonte: University of New Hampshire Stormwater Center, 2005) Per quanto riguarda l'aspetto manutentivo, questo sistema non richiede, escludendo la rimozione di eventuali rifiuti depositati superficialmente, alcun intervento periodico. La parte più gravosa riguarda la cura necessaria all'attecchimento e crescita iniziale della specie messa a dimora. Queste tipologie di sistemi verranno in seguito utilizzate e riviste nell'intervento proposto.



**Immagine n°10: Disposizione lineare di Tree Box Filter**

### Permeable pavers

Queste tipologie di superfici a elevata porosità permettono all'acqua di infiltrarsi nel terreno sottostante diminuendo la quantità di deflusso superficiale che si riversa nel sistema di raccolta. Lo strato superficiale della pavimentazione è realizzato utilizzando elementi prefabbricati di forma alveolare, in materiale lapideo o sintetico, posizionati in modo da creare degli spazi vuoti necessari all'infiltrazione dell'acqua. Tali spazi vengono riempiti appositamente con materiale permeabile (sabbia o ghiaia) o possono essere integrati con una vegetazione erbacea (inerbimento).

In seguito verranno riportate alcune tipologie di lastricati permeabili:

1. Masselli porosi
2. Masselli con fughe inerbite o ghiaia
3. Eco Stone
4. Grigliati in calcestruzzo inerbite o con ghiaia
5. Grigliati plastici inerbite o con ghiaia

1. Masselli porosi/calcestruzzo modulare permeabile  
Tali pavimentazioni possono essere prodotte con impasto speciale a granulometria maggiorata. Tale miscela ne incrementa la capacità filtrante e favorisce il passaggio dell'acqua verso la falda acquifera senza l'utilizzo di ausili per la raccolta dell'acqua superficiale.



**Immagine n° 11: Masselli porosi con forma romboidale**

2. Masselli con fughe inerbite/con ghiaia

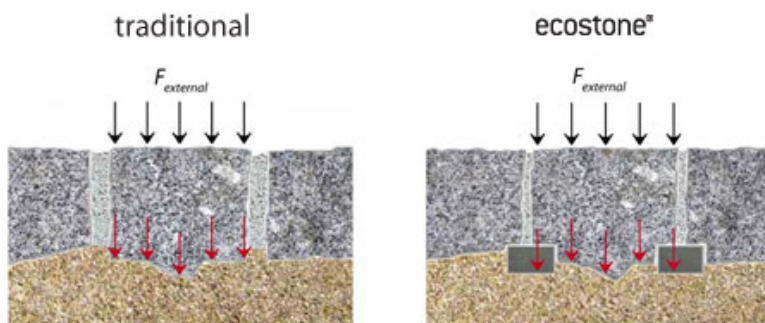
Garantiti per fornire un perfetto drenaggio sotto ogni condizione di carico: dai parcheggi sottoposti a traffico leggero, fino alle pavimentazioni sottoposte ad intenso traffico anche pesante (autotreni, autoarticolati, ecc)



**Immagine n° 12: Masselli con fughe riempite di ghiaia**

3. Eco-Stone

È un tipo di pavimentazione di calcestruzzo ad alta densità con uno schema integrato di aperture riempite di ghiaia che permettono l'infiltrazione dell'acqua.



**Immagine n° 13: Confronto del funzionamento di Eco-Stone rispetto a pavimentazione tradizionale**



#### 4. Grigliati in calcestruzzo inerbiti/con ghiaia



**Immagine n° 14: Grigliati in calcestruzzo inerbiti affiancati da masselli**

Un grigliato in calcestruzzo è studiato per favorire una normale crescita dell'erba su circa metà della superficie coperta.

È perciò indispensabile per la realizzazione di vie di corsa per automezzi, parcheggi anche molto ampi, parchi attrezzati ed ogni altra opera che voglia permettere il traffico sulle superfici verdi.

#### 5. Grigliati plastici inerbiti/con ghiaia

Altri aspetti positivi sono l'azione meccanica di sedimentazione degli inquinanti e metalli pesanti e l'ingrossamento della falda sottostante.

Le pavimentazioni permeabili sono particolarmente indicate per parcheggi, aree pedonali e ciclabili, viali residenziali.



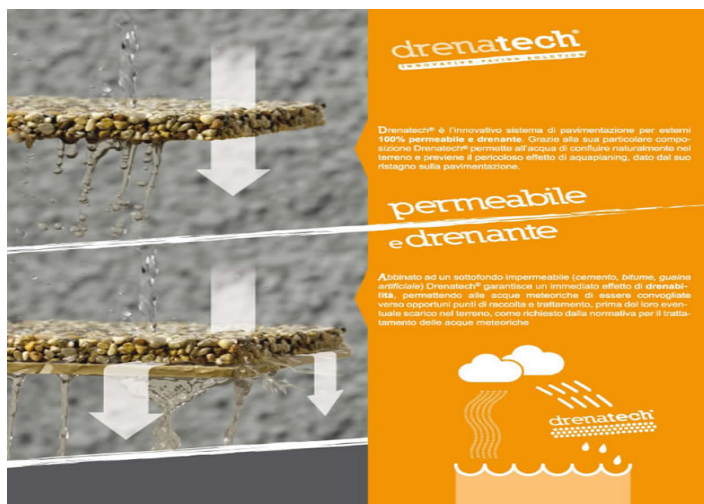
**Immagine n°15: Inerbimento all'interno di grigliato plastico**

- Permeable pavement

I pavimenti permeabili, a differenza dei precedenti, consentono la diminuzione del deflusso e/o ristagno superficiale, mediante materiale poroso. La particolare mescola degli aggregati costituenti il pavimento crea degli interspazi vuoti dove si ha l'infiltrazione dell'acqua.

Diverse tipologie, con differenti materiali sono presenti sul mercato:

1. Calcestruzzo drenante



**Immagine n°16: Particolarità del calcestruzzo drenante**

Il calcestruzzo drenante è composto da un aggregato grossolano lavato, cemento idraulico, acqua, additivi aggiuntivi opzionali, che vanno a formare una superficie con una fitta rete di pori, adatta a medie e resistenti installazioni. Strade secondarie ( $v < 40$  Km/h) o di accesso, aree di sosta, marciapiedi, parcheggi, aree pedonali, piste ciclabili, viali o strade sottoposte a tutela ambientale, giardini pubblici, questi i campi di impiego. Abbinato ad un sottofondo impermeabile (cemento, bitume, guaina artificiale) garantisce un immediato drenaggio, con la possibilità di confluire le acque verso punti di raccolta e trattamento, prima di essere indirizzati verso lo scarico nella rete, come richiesto dalla normativa per il trattamento delle acque meteoriche.



**Immagine n°17: Immagine informativa di una ditta del settore**

## 2. Asfalto poroso

Si differenzia dal normale per la presenza di pori permeabili che garantiscono uno strato superficiale vuoto maggiore (16%) rispetto al classico fondo stradale (2 / 3%). Inoltre presenta anche un'altezza maggiore, variabile da 5 a 10 cm, che si tratti di strade a bassa percorrenza, parcheggi o piste ciclabili. Sia l'asfalto poroso che il calcestruzzo drenante sembrano avere la stessa conformazione dell'asfalto tradizionale o pavimentazione in calcestruzzo. Tuttavia, essi sono miscelati con un bassissimo contenuto di sabbia fine, in modo che abbiano 10 al 25 per cento di spazio nullo e un coefficiente di deflusso che è quasi zero.

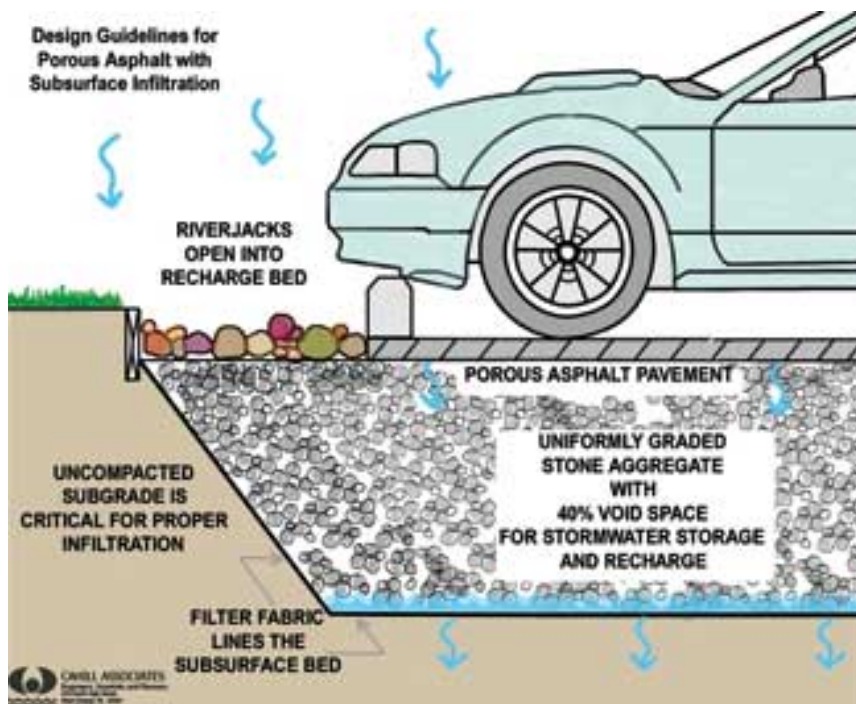


Immagine n°18: Funzionamento dell'asfalto poroso

- **Sterrato inerbito**

Le prime due tipologie sono impiegate in ambito urbano: strade, passi carrai, parcheggi, marciapiedi, piste ciclabili o per l'asfalto, le autostrade.

Lo sterrato viene usato per strade a bassa percorrenza, piste ciclabili o pedonali, parcheggi, cortili.

L'asfalto poroso assieme al grigliato inerbito verranno utilizzati successivamente nell'intervento proposto.

- **Trincee d'infiltrazione**

Le trincee d'infiltrazione sono realizzate mediante uno scavo a sezione rettangolare, di profondità non superiore ai 3 – 4 m, riempito di materiale poroso con lo scopo di contrastare la spinta del terreno e costituire un sito adeguato per l'immagazzinamento temporaneo della pioggia.

Il materiale di riempimento è costituito da ghiaia grossolana e pietrisco, da un manto geotessile di protezione sui lati e da sabbia filtrante sul fondo. L'immissione delle precipitazioni avviene direttamente dallo strato superficiale, pertanto le trincee sono disposte a lato delle superfici impermeabili. Il problema riscontrabile in tale sistema è l'impossibilità di mantenimento dell'efficienza nel lungo periodo: se la capacità filtrante si deteriora troppo, l'intera opera deve essere sostituita. Pertanto si rende necessario, per tale motivo, un

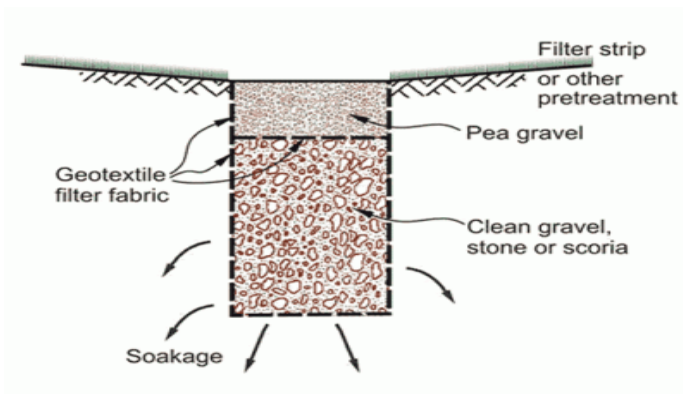


pretrattamento per la rimozione degli oli e dei sedimenti. **Immagine n°19: Trincea d'infiltrazione**  
Solitamente la trincea è rivestita con un tessuto geotessile in modo da prevenire la migrazione del suolo nel materiale di riempimento e per fungere al contrario da filtro aggiuntivo per l'acqua.

Una trincea filtrante non ha, quindi, solo la funzione di trattenere i volumi di runoff, ma contribuisce anche al mantenimento del bilancio idrico di un sito e alla ricarica delle falde sotterranee. Il sistema si presenta come una striscia erbacea, con pendenza tale da permettere lo scorrimento dell'acqua nella trincea (fascia in pietrisco) posta in seguito. Il manto erboso funge da primo filtro delle acque dilavate dalle superfici circostanti, le quali verranno trattate maggiormente



nella striscia successiva, di pietra o ghiaia La scelta di una vegetazione erbacea ricade sulla minor gestione del sistema. La maggiore utilizzazione delle trincee d'infiltrazione si ha in zone commerciali e residenziali, nonché aree parcheggio di medio- alta intensità.



**Immagine n°20: schema di funzionamento di una trincea d'infiltrazione.**

## SECONDA PARTE

### 5. Intervento proposto: Parcheggio urbano

#### Localizzazione, finalità, storia del sito, planimetria del sito attuale.

L'intervento di miglioramento nella gestione delle acque piovane, dell'aspetto estetico e della funzionalità, riguarda un'area parcheggio nella zona sud della città di Verona.

Essa è delimitata a sud da Viale dell'Industria, a ovest da Viale del Lavoro, a Nord da edifici dimessi, in futuro modificati per lo sviluppo di una zona commerciale ed, a est, da verde incolto. Tale area ospita mezzi solamente durante i giorni di manifestazioni fieristiche. Un tempo sede del mercato ortofrutticolo, è stata sistemata a parcheggio nell'anno 2010, ed è di proprietà dell'Ente Fiera Verona. Il costo di realizzazione è stato di circa 2.300.000 euro.

La dimensione complessiva è di circa 45000 m<sup>2</sup> (125 x 370 m circa); dal punto di vista di gestione dell'acqua piovana, dispone di 4 vasche di prima pioggia da 70 mc e di altrettante vasche per l'accumulo dell'acqua meteorica da 50 mc.



Immagine n°21: Planimetria dell'area di intervento

### **Stato attuale e interventi migliorativi**

In seguito si elencano gli aspetti critici del progetto attuale e i relativi interventi migliorativi, finalizzati ad aumentare l'utilizzo e la fruibilità del luogo, la sua valenza estetico-ornamentale e rendere nel contempo più sostenibile la gestione dei deflussi di pioggia.

ASPETTI CRITICI	IPOTESI DI INTERVENTO	STRUMENTI/METODOLOGIE DI INTERVENTO
Uso limitato dell'area e basso aspetto estetico	Rivalutazione dell'area come luogo di aggregazione attraverso miglioramento estetico; Autonomia di gestione idrica	Inserimento di specie vegetali, spazi verdi; Giardini pluviali Tree box Filters
Pavimentazione asfaltata	Utilizzo di pavimentazioni alternative	Asfalto permeabile Grigliati in calcestruzzo
Duplici finalità del luogo	Miglioramento ecologico dell'area con lo scopo di attrarre e motivare la cittadinanza	Pannelli informativi Ideazione di nuova filosofia del verde urbano e sostenibilità idrica

**Tabella n°1: punti fondamentali dell'ipotesi di intervento**



**Immagine n°22 e 23: Parcheggio in questione e particolare**

## ASPETTI CRITICI

- 1) Il primo punto da sottolineare riguarda l'utilizzo dell'area; il parcheggio in questione presenta un uso limitato (circa trenta giorni all'anno), coincidente con le giornate dei grossi eventi fieristici. Pertanto, durante i giorni di non utilizzo si presenta come un'area non sfruttata e vuota. Inoltre il basso aspetto estetico, non legato allo scopo principale per il quale è stato creato (sosta di automezzi), non giova certo sulla possibilità che sia frequentato dalla cittadinanza, in periodi e scopi diversi da quelli utilizzati per la sosta delle





auto. In altri termini, questo spazio, con tali dimensioni, può avere una doppia finalità: durante la fiera come area di sosta, mentre per i restanti giorni dell'anno, come sito vivibile dalle persone del quartiere.

- 2) Secondo punto critico, osservabile in molti parcheggi di tali dimensioni, riguarda la pavimentazione. In quest'area è presente una copertura in asfalto con relative problematiche: la creazione nel periodo estivo, di un'isola "di calore" che contribuisce a rendere maggiormente invivibile l'area e, ancor più caldi i mezzi in sosta. Mezzi che raggiunti dal conducente, lo obbligheranno all'accensione, prematura, del climatizzatore, con l'ulteriore effetto negativo: aumento dei consumi e emissioni dei gas di scarico. L'uso dell'asfalto ha un effetto negativo anche sull'aspetto estetico dell'area, che sebbene ad uso di parcheggio, è posta in una posizione di ingresso alla città. Dal punto di vista delle acque piovane, inoltre, vi è un maggior scorrimento su questo tipo di superficie, che sebbene convogliate per il contenimento in vasche, non vanno a rifornire alcuna realizzazione a verde. In altri termini, sono solamente dettate da motivazioni di legge.
- 3) Il terzo punto critico riguarda la sopraccitata possibile duplice finalità del luogo.



**Immagine n°24: Altra vista del parcheggio**

## IPOTESI DI INTERVENTO

1) *Prima ipotesi d'intervento:* Alla mancanza di un aspetto estetico in grado di attrarre le persone nel periodo no-parking, s'intende ovviare inserendo spazi verdi, fiori e arbusti, ovvero apportando colori e sfumature in grado di ridurre l'aspetto grigio dell'area. Aree giardino, aiuole fiorite e punti di aggregazione nel verde sono gli interventi proposti. Per le aree giardino di dimensioni maggiori si utilizzeranno le tecniche costruttive proprie dei giardini pluviali, al fine di permettere il più possibile un'autonomia idrica di tali aree, derivante dal convogliamento apposito dell'acqua piovana. In tal modo è possibile un miglioramento estetico unito ad un ridotto o nullo fabbisogno idrico irriguo, con un abbattimento, per queste zone verdi, dei costi idrici ed energetici. Tali sistemi sono stati trattati in linea generale nella prima parte dell'elaborato.

Le alberature accoppiate e disposte a file, presenti nella parte centrale dell'area, verranno riviste, in modo tale da creare delle trincee filtranti idonee a ricevere le acque meteoriche volutamente convogliate. Le alberature isolate già presenti verranno inserite nei Tree Box Filters, con la finalità, anche per questi sistemi, di convogliare le acque piovane, e ridurre notevolmente gli apporti idrici irrigui (limitati alla sola fase iniziale di attecchimento della pianta).

Gli aspetti negativi di tali realizzazioni a verde riguarderanno la riduzione di un limitato numero di posti auto, compensati dalla fruizione dell'area durante tutto l'anno. A tal proposito verranno sottratti circa 278 posti auto. Questo aspetto è comunque da considerare se si vuole dare un nuovo aspetto all'area: la creazione di verde deve per forza incidere su una riduzione dei posti auto ma creando d'altro canto un fattore attrattivo nei confronti della popolazione residente. Questo ritrattando la duplice finalità dell'area.

2) *Seconda ipotesi di intervento:* La composizione della pavimentazione dell'intera area può essere ridefinita con: asfalto permeabile nelle corsie di passaggio degli automezzi, grigliati in calcestruzzo inerbiti nelle postazioni di sosta. La prima soluzione soddisfa anche il tema della gestione delle acque piovane che,

penetrando all'interno

delle microcavità di questi speciale asfalto, vengono

**Immagine n°25: Grigliato inerbito per area sosta, asfalto per i viali**



convogliate nella rete idrica sotterranea e inviate, in volumi minori (rispetto alla precedente pavimentazione) alle vasche di recupero.

I grigliati in calcestruzzo inerbiti, hanno anch'essi una finalità duplice: miglioramento dell'aspetto visivo e assorbimento delle acque piovane.

- 3) *Terza ipotesi di intervento:* Analizzando altri parchi cittadini in relazione alla loro affluenza si può affermare che la cittadinanza è particolarmente attratta dal verde, per motivazioni molteplici quali gli usi sportivi, di relax, ricreativi, di aggregazione e anche legati ad animali domestici.

Avere a disposizione un'area di tali dimensioni solamente per la sosta di auto, per certi versi può sembrare uno spreco. Il nostro obiettivo sarà la possibilità di valutare un parcheggio sotto altre forme d'utilizzo, attraverso tecniche che consentiranno un miglioramento ecologico dell'area. Tutto questo dovrà essere documentato alla cittadinanza attraverso pannelli informativi; allo scopo di creare una nuova filosofia di utilizzo del verde e di gestione della risorsa acqua in ambiente urbano. Ambito inusuale, nel presente, ma che andrà ad affermarsi come priorità del futuro.



**Immagine n°26: Altra metodologia costruttiva per la gestione meteorica**

<b>Parcheeggio attuale</b>	<b>Parcheeggio Futuro</b>
Pessimo microclima: isola di calore periodo estivo, aumento inquinamento da parte degli automezzi (climatizzatore)	Apporto di aria umida, abbassamento delle temperature al suolo. Riduzione inquinamento causato da climatizzatori delle auto. Zone d'ombra.
Componente estetica mancante: area grigia	Miglior effetto visivo: composizioni floreali, note colorate
Apporto idrico irriguo delle specie piantumate: <u>elevato fabbisogno d'acqua da fonti esterne</u>	Apporto idrico da deflusso superficiale meteorico. Nullo fabbisogno idrico da fonti esterne
<u>Unica finalità di utilizzo</u> : parking.	Duplici finalità di utilizzo: parking + area verde
Non fruibile dalla cittadinanza per motivi diversi dalla sosta, solo in brevi periodi dell'anno	Fruibile per molteplici scopi e durante tutto l'anno da parte dei cittadini
Maggior numero di spazi parcheggio	Minor numero di spazi parcheggio
Parking senza "finalità ecologiche"	Parcheeggio "didattico": nuovo modello di sviluppo delle aree urbane, legato all'attenzione per l'ambiente, la risorsa idrica e la salute dei cittadini.
Minori costi economici. <u>Maggiori spese ambientali future</u>	Maggiori costi economici di realizzazione, minori costi ambientali futuri:

**Tabella n°2: Analisi critica dell'attuale parcheggio e considerazione degli aspetti futuri**



## Interventi migliorativi attraverso gli interventi di gestione sostenibile dei deflussi






### Struttura del progetto

All'interno del parcheggio verranno create delle aree verdi con differenti dimensioni:

- Verde estensivo: Rain Garden su ampi spazi; allo scopo di ricreare un'area che apporri alle persone che la vivono, tutti i benefici legati alla fruizione di un vero ambiente naturale.
- Verde intensivo: Tree box filters, Tincee di infiltrazione e Rain Garden lineari, di dimensioni ridotte. Hanno la funzione di migliorare l'aspetto estetico dell'intera area, nonché la differente gestione delle acque meteoriche. Vengono collocati in molteplici sedi, poste a ridosso delle posizioni di sosta degli automezzi, anche rispettando la piantumazione attuale delle specie arboree.



Immagine n°27: Zonizzazione degli interventi

-  Pavimentazione permeabile: Asfalto poroso + Grigliato inerbito
-  Rain Garden estensivi
-  Trincee d'infiltrazione e Rain Garden intensivi
-  Tree Box Filters
-  Deflusso acque meteoriche

## **Rain Garden**

### **Collocazione e gestione**

Questi sistemi di gestione alternativa verranno posizionati sul lato sud del parcheggio, confinante con Via dell'Industria, e sul lato est, vicino alla zona verde dimessa. (vedere immagine n°25). Il primo, chiamato RG1 andrà a captare le acque provenienti dall'intero lato sud, mentre RG2 raccoglierà le acque del lato est. A tal scopo, le pavimentazioni limitrofe ai due Rain Garden saranno realizzate con un'inclinazione del 1%. Questo accorgimento garantirà il convogliamento delle acque nei due differenti giardini.

### **Dimensioni**

I due Rain Garden copriranno una superficie pari a:

RG1: 2034 mq

RG2: 1948.05 mq

### **Specie Arboree, Arbustive e Floreali impiegate**

La scelta deve cadere su piante resistenti a periodi di siccità quanto a periodi di sommersione. La funzione di questi giardini sta nel ricevere grandi quantitativi d'acqua in breve tempo, generando una sommersione del sistema, oppure resistere a periodi di totale mancanza idrica. Le specie impiegate nel nostro Rain Garden presentano ornamentali fioriture, espressione di un valore estetico positivo per il paesaggio in cui verranno inserite:

- Specie erbacee perenni

Questo gruppo comprende specie non autoctone, ma usate tipicamente nella realizzazione di queste strutture in quanto rappresentano caratteristiche di resistenza alle condizioni sopracitate notevoli:

***Panicum virgatum***: perenne, H 2 m, predilige posizioni soleggiate. Vegeta molto bene nei terreni molto drenati. Resiste per 15- 20 giorni a continui periodi di piena

***Iris pseudacorus***: crescita in pieno sole. H fino a 1.30 m. Fiori gialli in aprile-luglio. Sopporta egregiamente la siccità.

***Aster divaricatus***: crescita in pieno sole e in mezzombra. Si adatta a terreni umidi o drenanti. Fiori bianchi in settembre/ottobre.

***Aster novae angliae "Barr's Blue"***: cresce in pieno sole e in mezz'ombra. Sopporta terreni saturi. Fioritura viola in settembre e ottobre.

***Aster laterifolius "Lady in Black"***: cresce in pieno sole e mezzombra. H 70 cm. Fiori bianchi da fine agosto a ottobre

***Hemerocallis var. daylilies***: predilige esposizioni a mezz'ombra. Necessita di terreno con elevata presenza di sostanza organica. Fioritura da maggio a luglio. H 1 m.

**Bergenia cordifolia:** cresce in posizioni di pieno sole o mezz'ombra parziale. Preferisce terreno ben drenato. Fioritura da Aprile a Maggio. Presenta un fogliame color bronzo in autunno.

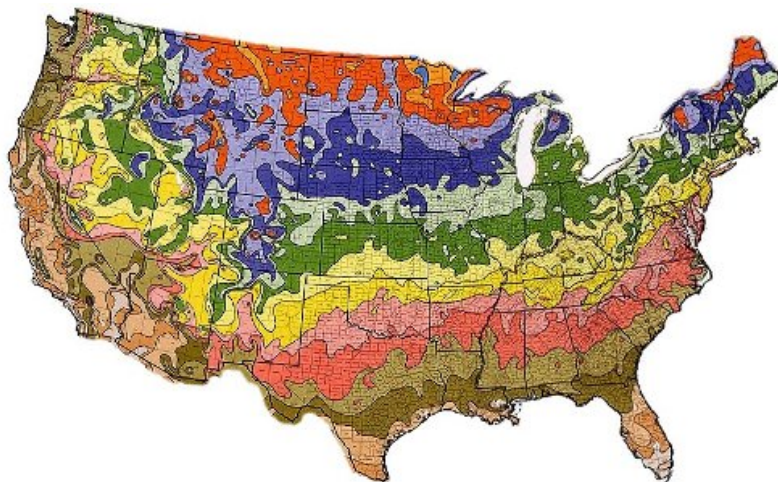
**Molinia caerulea:** adatta al pieno sole. H 70-80 cm. Fioritura da agosto ad ottobre con colorazione bruna.

**Ceratostigma plumbaginoides:** predilige posizioni soleggiate, sviluppandosi pur in mezz'ombra. Non teme il freddo. Si sviluppa in qualsiasi terreno, anche povero e sassoso, purchè esente da ristagni idrici. Fioritura da giugno a settembre con fiorellini di colore blu intenso. H 20 cm. Sopporta la siccità, non i ristagni idrici.

**Gaillarda aristata:** predilige posizioni di pieno sole; terreni umidi che drenano bene. Fioritura da maggio a settembre con colorazioni arancio – rosso. H 0,75 – 1 m. Tollera la siccità.

- Specie arbustive:

Prima di elencare le specie scelte si vuole spiegare il riferimento di esse alla resistenza o rusticità. Valutata secondo i parametri dell'USDA, organismo di controllo Americano sull'ambiente.



La USDA Plant Hardiness Map divide il Nord America in 11 Zone di Rusticità delle Piante, ma in alcune rappresentazioni ogni zona è a sua volta suddivisa in due fasce “a” e “b” : la Zona 1 è la più fredda, la Zona 11 è la più calda.

USDA Average Annual Minimum Temperature Range

Zone	Fahrenheit	Celsius
1	Below -50 F	Below -45.6 C
2a	-50 to -45 F	-42.8 to -45.5 C
2b	-45 to -40 F	-40.0 to -42.7 C
3a	-40 to -35 F	-37.3 to -39.9 C
3b	-35 to -30 F	-34.5 to -37.2 C
4a	-30 to -25 F	-31.7 to -34.4 C
4b	-25 to -20 F	-28.9 to -31.6 C
5a	-20 to -15 F	-26.2 to -28.8 C
5b	-15 to -10 F	-23.4 to -26.1 C
6a	-10 to -5 F	-20.6 to -23.3 C
6b	-5 to 0 F	-17.8 to -20.5 C
7a	0 to 5 F	-15.0 to -17.7 C
7b	5 to 10 F	-12.3 to -14.9 C
8a	10 to 15 F	-9.5 to -12.2 C
8b	15 to 20 F	-6.7 to -9.4 C
9a	20 to 25 F	-3.9 to -6.6 C
9b	25 to 30 F	-1.2 to -3.8 C
10a	30 to 35 F	1.6 to -1.1 C
10b	35 to 40 F	4.4 to 1.7 C
11	above 40 F	above 4.5 C

Immagine n°28: Pianta della resistenza alle temperature delle specie vegetali nel nord America

In seguito ogni specie inserita verrà corredata da un intervallo numerico, ad indicare che quella pianta vivrà in quelle zone e non tollererà le zone più calde e più fredde agli estremi fuori da quell'intervallo.

***Viburnum opulus***: originario di gran parte dell'Europa, cresce nelle zone umide, nei boschi, nelle macchie e nelle siepi. Può raggiungere i 5 m di altezza. In Estate produce cime di fiori bianchi. Presenta grappoli frutti di color arancione in autunno. Zona di rusticità secondo l'USDA: zona 2-10.

***Cornus mas***: Presente in Europa centro meridionale e Asia minore. Si trova nelle radure e ai margini dei boschi di latifoglie. Si adatta a tutti i terreni. Raggiunge i 4-5 m. Ha chioma globosa e rada.

Presenta fiori in infiorescenze raccolte a corimbo di colore giallo, che fuoriescono tra febbraio e aprile. Zona di rusticità secondo l'USDA: zona 6-9.

***Lonicera xilostemum***: Presente in Europa, Asia settentrionale e occidentale. Allo stato naturale vegeta in boschi di latifoglie, faggete, quercete, cespuglietti e siepi. Arriva ad altezze di 2-3 m. Porta foglie grigio-verdi, a tarda primavera presenta fiori di color bianco. In autunno seguono i frutti rossi.

Zona di rusticità secondo l'USDA: zona 6-10.



Immagine n° 29: *Molinia caerulea*



Immagine n°30: *Hemerocallis* var. "daylilies"



Immagine n°31: *Ceratostigma plumbaginoides*



Immagine n°32: *Aster Novae angliae*





**Immagine n°33: Gaillardia aristata**

**Immagine n° 34: Bergenia cordifolia**



**Immagine n°35: Panicum virgatum**

**Immagine n°36: Iris pseudocorus**



**Immagine n°37: Cornus mas**

**Immagine n°38: Viburnum opulus**





**Immagine n°39: Aster divaricarus**



**Immagine n°40: Aster lateriflorus "Lady in Black"**

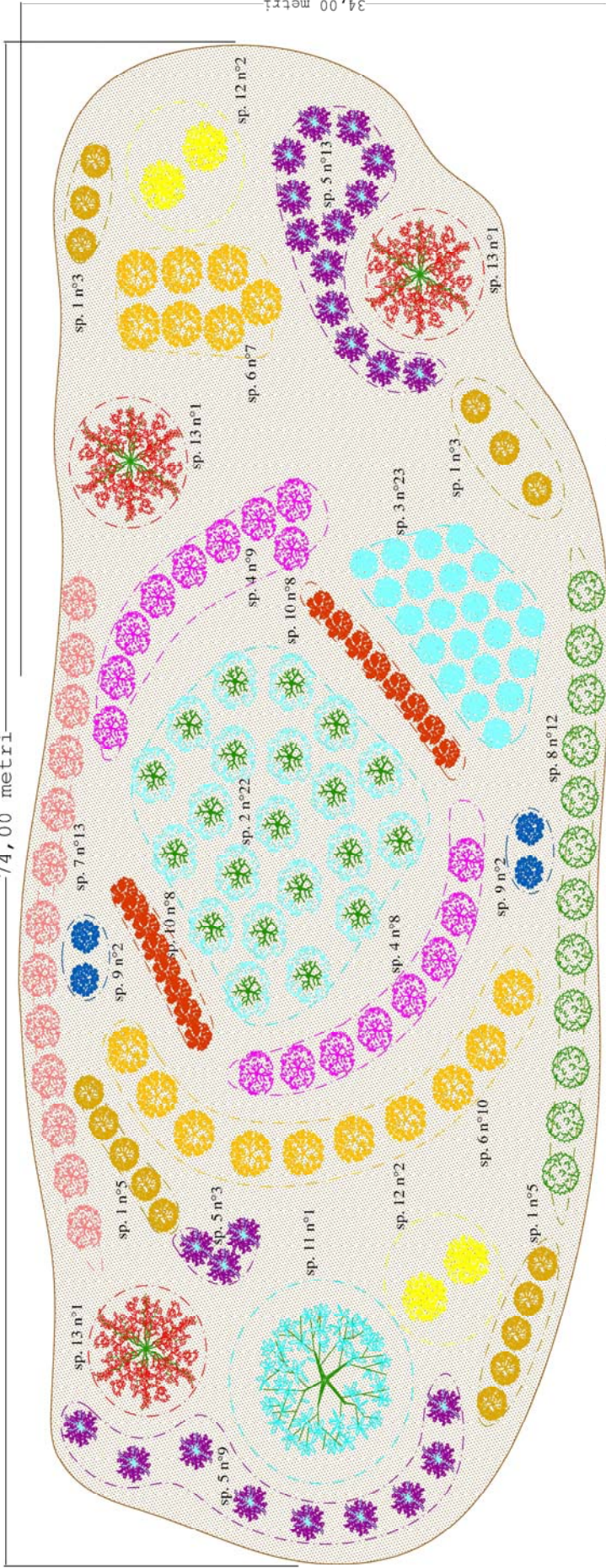


**Immagine n° 41: Lonicera xilosteuum**

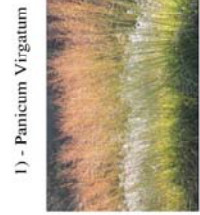


# RAIN GARDEN

74,00 metri



34,00 metri



1) - Panicum Virgatum



2) - Iris pseudacorus



3) - Aster divaricatus



4) - Aster Novae Angliae



5) - Aster lateriflorus "lady in black"



6) - Hemerocallis var. daylilies



7) - Bergenia cordifolia



8) - Molinia caerulea



9) - Ceratostigma plumbaginoides



10) - Gaillardia aristata "Bijou"



11) - Viburnum opulus



12) - Cornus mas



13) - Lonicera xilosteuum



## Elenco Specie selezionate per i Rain Garden

<i>Numero</i>	<i>Specie</i>	<i>Quantità n°</i>	<i>Altezza Max</i>	<i>Diametro Max</i>	<i>Posizione</i>	<i>Terreno</i>	<i>Resistenza stress idrici</i>
<b>1</b>	Panicum virgatum	16	2 m		Soleggiata	Molto drenato	Molto
<b>2</b>	Iris pseudacorus	22	1.30 m	50/60 cm	Sole/mezz'ombra		Tollera siccità e immersioni
<b>3</b>	Aster divaricatus	23	70 cm		Sole/mezz'ombra	Drenato/umido	
<b>4</b>	Aster novae angliae	17	70 cm	60 cm	Sole/ mezz'ombra		
<b>5</b>	Hemerocallis var. daylilies	18	1 m	40/80 cm	Mezz'ombra		
<b>6</b>	Bergenia cordifolia	13		70/80 cm	Pieno sole	Ben drenato	
<b>7</b>	Molinia caerulea	12	70/80 cm	50/60 cm	Pieno sole		
<b>8</b>	Ceratostigma plumbaginoides	4	20 cm	80 cm	Sole/Mezz'ombra	Povero	No ristagni idrici
<b>9</b>	Gaillardia aristata	16	0,75-1 m		Pieno sole	Umidi/Ben drenati	Tollera siccità
<b>10</b>	Viburnum opulus	1	3 m	3 m		Umidi	
<b>11</b>	Cornus mas	2	3,5	2 m		Sciolti e ben drenati	
<b>12</b>	Lonicera xilosteam	3	3 m	2 m			

**Tabella n°3: Specie selezionate e loro caratteristiche**

Alcune regole o strategie costruttive che permetteranno il funzionamento del Rain Garden:

- Il rifornimento idrico verrà garantito dall'inclinazione, o gioco di altimetrie, della pavimentazione, allo scopo di convogliare la maggior parte del volume idrico meteorico all'interno di questi giardini. Giardini posti in corrispondenza o, ad un livello sottostante del piano stradale. L'ingresso dell'acqua è possibile grazie alla foratura o all'eliminazione di parte del cordolo costituente il perimetro di protezione esterna del Rain Garden.
- Come già accennato in precedenza, i nostri giardini pioggia saranno dotati di un sistema che permetta l'allontanamento delle acque in eccesso. Queste acque potranno essere indirizzate verso due diverse sedi:

*Ipotesi 1:* Nella rete idrica sotterranea, già esistente, se il terreno presenta inadatte capacità di infiltrazione dell'acqua,

*Ipotesi 2:* Nel terreno sottostante, se esso è adatto a ricevere e smaltire in falda determinate quantità d'acqua



**Immagini n° 42; n°43: Diverse tipologie di foratura del cordolo**

### **Aspetti manutentivi**

Pulizia e il taglio delle specie erbacee presenti nel canale filtrante e sulle sponde dell'area vegetata minimo 1 volta l'anno e la pulizia dei canali drenanti.

### **Aspetti Positivi**

- elevata flessibilità;
- ottimo inserimento ambientale;
- discrete rese depurative soprattutto dovute a meccanismi di filtrazione e adsorbimento;
- scarsa manutenzione;

### **Aspetti Negativi**

Richiede superfici piuttosto elevate. Tali superfici risultano però fruibili e contribuiscono all'inserimento del parcheggio e della popolazione in un contesto ecologico.

### **Costi**

I costi per la realizzazione di un Rain Garden sono relativi all'acquisto delle piante, al costo dello scavo, all'acquisto dello strato pacciamante posto in superficie, nonché della creazione di una via pedonale/ciclabile attorno ai due sistemi, dell'introduzione di panchine e portarifiuti. Secondo i prezzi correnti il lavoro in questione per i due Rain Garden è di 1.877.758,15 euro. (Informazioni più dettagliate nell'allegato A).



**Immagine n°44: Rain Garden presso un viale urbano**



### **Tree Box Filters (filtri contenitori alberati)**

Come visto in precedenza, possono essere definiti come delle scatole al cui interno sono alloggiare delle specie arboree o arbustive. Questi sistemi raccolgono le acque piovane e, attraverso strati di pacciamatura, il terreno e l'apparato radicale della pianta effettuano una filtrazione della stessa. Sostanze inquinanti come batteri, azoto, fosforo, metalli pesanti, oli e grassi vengono degradati e/o assorbiti. L'acqua può infiltrarsi nel terreno o, come nel nostro caso, scaricata nel sistema di drenaggio sotterraneo tradizionale.

### **Collocazione dei Tree Box Filter e gestione**

Nell'intervento proposto sono previsti n° 38 di questi sistemi, contenenti singole piante. Sono inseriti nella parte Est del parcheggio, andando a occupare la posizione delle attuali alberature presenti.

La loro funzione è quella di captare le acque meteoriche cadute nei vialetti carrabili del parcheggio.



**Immagine n° 45: Siti di inserimento dei Tree Box Filters**

### **Specie impiegate**

Sono solamente specie autoctone ad occupare questi sistemi. Devono resistere a condizioni di stress, derivanti da periodi alterni di piovosità e dunque bagnatura del terreno, a periodi di siccità e secco.

- Specie arboree:

#### ***Gen. Salix:***

***Salix alba:*** Il salice bianco è diffuso in tutta l'Europa centromeridionale, dove costituisce formazioni miste, con altre specie igrofile, lungo i corsi d'acqua su terreni fertili, profondi, soggetti a periodica inondazione; si spinge dalle pianure sino a 1000 m di altitudine.

Caratteristiche morfologiche

Foglie: decidue, semplici, lanceolate, con la pagina inferiore di colore bianco grigiastro e presenza di fitta peluria.



**Immagine n° 46: Salix alba**



Fiori: pianta dioica, le infiorescenze sono rappresentate da amenti: di colore giallastro quelli maschili, verdastri e corti quelli femminili. L'epoca di fioritura coincide con l'inizio della fogliazione in primavera.

Frutti: sono delle infruttescenze formate da semi lanuginosi.

Portamento: raggiunge i 13-18 m di altezza.

Particolarità

Questa specie, come tutti i salici, è molto tollerante nei confronti del vento e dell'inquinamento atmosferico.

### **Gen. Prunus**

#### ***Prunus cerasifera pissardii* "atropurpurea"**

Il genere Prunus comprende circa duecento specie, originarie delle zone temperate dell'emisfero settentrionale. Chiamato anche mirabolano, viene apprezzato per i suoi frutti detti amoli, drupe rotonde di 2-2,5 cm. Oltre ai frutti viene usato come portainnesto per specie coltivate.

Pianta che raggiunge altezze fino a 10 m con un diametro di 5-6 m. Presenta una crescita rapida

Caratteristiche morfologiche

Foglie: Caduca, colore rosso scuro che diventano in seguito porpora scuro.

Fiori: Spunta in primavera prima delle foglie, di colore rosa pallido e dimensioni ridotte.

Portamento: Eretto

Particolarità: Resistente all'inquinamento; specie rustica (-30°/ -20 °C). Particolarmente adatta per ambiti cittadini quali viali alberati o parchi.



**Immagine n°47: Prunus pissardii  
"Atropurpurea"**

## **Aspetti Manutentivi**

La manutenzione riguarda essenzialmente:

- l'ispezione periodica degli impianti e componenti strutturali
- pulizia periodica dei meccanismi di afflusso e deflusso
- verifiche periodiche del suolo e delle sostanze contenute in esso, questo per evitare la presenza di inquinanti che possono essere dannosi per la vegetazione
- sostituzione semestrale del pacciame

La spesa di manutenzione di questi sistemi si calcola all'incirca che possa variare, dai 500 \$ all'anno se eseguita dal produttore, 100 \$/ anno se eseguita dal gestore o proprietario. Secondo fonti americane del Charles River Watershed Association, Low Impact Best Management Practice (BMP) Information Sheet.

## **Aspetti positivi**

- riduzione del volume di deflusso delle acque piovane, della portata, della qualità e della temperatura
- aumenta l'infiltrazione delle acque sotterranee e di ricarica
- fornisce un controllo locale dei fenomeni di inondazioni
- migliora la qualità dei corsi d'acqua
- migliora l'estetica delle strade, dei quartieri e parcheggi dove vengono impiegati, aumentando la zona d'ombra disponibile
- richiede uno spazio limitato, è di facile installazione ed richiede una bassa manutenzione.
- disponibile in diversi formati, con svariate forme e dimensioni

Una "scatola filtro" si presume abbia durata di circa 25 anni, con le dovute e necessarie manutenzioni.

## **Aspetti negativi**

Si annoverano i seguenti punti:

- la manutenzione sarà maggiore nel primo periodo post realizzazione, allo scopo di permettere l'attecchimento della giovane pianta. Tali interventi devono però considerarsi indispensabili in qualsiasi contesto di piantumazione del verde verticale. In altri termini, le cure iniziali, apporto idrico in primo luogo, devono essere eseguite anche in sistemi tradizionali. A tal riguardo, se

l'impianto viene eseguito in primavera, con queste "scatole vegetali" si può già avere un risparmio idrico non indifferente e limitare la manodopera e i costi.

- La scelta della specie arborea o arbustiva deve essere eseguita, in relazione agli stress idrici a cui può essere soggetta. Questo perché, i benefici di filtrazione delle acque, assorbimento degli inquinanti e regimazione dei volumi destinati alla rete idrica, sono possibili solo se la pianta si trova in uno stato di salute ottimale. Piante autoctone consentono una resistenza maggiore a determinati stress.
- I Tree Box Filters sono idonei a ricevere piccoli volumi di acqua, pertanto non possono gestire tempeste o quantitativi idrici paranormali. A tal scopo si vuole ricordare che questi sistemi sono stati progettati negli U.S.A. e, le relative descrizioni fanno riferimento a suddetti ambienti. Pertanto risulterebbero più che idonei al nostro parcheggio nella città di Verona.

### **Costi**

Data la carenza o mancanza di mercato europeo per questi sistemi, i costi sono riferiti agli USA, che, tradotti nella nostra moneta corrente si attestano sui 3.000,00 euro cadauno. Tale cifra comprende la manutenzione per due anni, i materiali filtranti e le specie arboree.

I costi sono riportati in dettaglio nell'allegato A.

## **Trincee d'infiltrazione**

### **Collocazione delle Trincee di infiltrazione e gestione**

Sono due i fossi drenanti inseriti nell'area: un primo sistema, con forma rettangolare, occupante la parte centrale del parcheggio, ora destinata a strada di accesso a due corsie di marcia; il secondo sistema, anch'esso di forma rettangolare, occupa l'intero lato ovest, confinante con la recinzione esterna e Viale del Lavoro. Presentano dimensioni di 5527,5 mq/cad.



**Immagine n°48: Parte del parcheggio in cui verranno inserite le trincee drenanti**

### **Aspetti manutentivi**

- Pulizia e taglio delle specie erbacee presenti sulla fascia inerbita, minimo una volta l'anno;
- ispezioni e rimozione di sedimenti accumulati per prevenire l'intasamento del filtro;
- rimozione di sedimenti accumulati e oli/grassi dai pretrattamenti;
- asportazione e sostituzione dello strato di ghiaia fine quando intasato.



### **Aspetti positivi**

- discrete rese depurative soprattutto dovute a meccanismi di filtrazione e adsorbimento;
- ricarica delle acque sotterranee;
- scarsa manutenzione.

### **Aspetti negativi**

- bassa capacità di laminazione;
- possibilità di fuga delle sostanze oleose (a meno di non installare in testa uno scolmatore delle acque di prima pioggia seguito da un disoleatore);
- possibilità di intasamenti in aree in cui si ha un elevato trasporto di materiale sabbioso durante gli eventi di pioggia.

### **Pavimentazione permeabile**

#### **Collocazione della pavimentazione e gestione**

La pavimentazione permeabile utilizzata per il sito unisce entrambe le tipologie: avremo un sistema formato da asfalto poroso nei viali di passaggio delle auto e grigliati inerbiti nelle piazzole di sosta delle auto.



**Immagine n°49: Esempio di grigliato inerbito in piazzole di sosta**

### **Aspetti manutentivi**

Per i grigliati inerbiti

- Sfalciatura dell'erba all'interno dei grigliati inerbiti

Per l'asfalto poroso

- Pulitura con acqua a pressione della superficie, per evitare il deposito di materiale otturante
- Eventuali buche o crepe andranno coperte e chiuse, come nell'asfalto tradizionale

### **Aspetti positivi**

Per i grigliati inerbiti

- Non necessitano di legante per la posa
- Assorbimento delle acque meteoriche da parte delle radici dell'erba e diminuzione dei percolamenti in falda o nei sistemi sotterranei di convogliamento delle acque
- Ridotta emanazione di calore rispetto a superfici asfaltate
- Migliore effetto scenico

Per l'asfalto poroso

- Assorbimento delle acque meteoriche
- Assenza di depositi idrici, in particolar modo in aree con depressioni o pendenze
- Minor pericolosità di transito per auto e pedoni in situazioni piovose

### **Aspetti negativi**

Per i grigliati inerbiti

- L'attecchimento delle specie erbacee seminate deve essere garantito da un'idonea manutenzione nei primi stadi di germinazione e sviluppo
- La posa deve essere eseguita da operai specializzati e deve essere effettuata su idoneo strato permeabile onde evitare fenomeni di ristagno o di mancata infiltrazione
- Essendo superfici che possono presentare già delle difficoltà nella gestione di grossi quantitativi d'acqua, porre attenzione se le condizioni del sito richiedono che una di queste riceva flussi anche da aree adiacenti.

Per l'asfalto poroso

- Costi maggiori rispetto alla tipologia tradizionale
- Manutenzione maggiore

## Costi

Si riferiscono ai prezzi di note ditte del settore. A tal proposito per una reale quantificazione della spesa si riporta una stima dei costi sia per la realizzazione che per la gestione per diverse tipologie di sistemi sostenibili effettuati da un comune italiano. Si è comunque eseguito un calcolo dei costi per l'intervento in questione riportando i valori in dettaglio nell'allegato A.

	Realizzazione	Gestione (annuale)
Trincee filtranti	60-90 €/m <sup>2</sup>	2 – 3 €/m <sup>2</sup>
Canali filtranti vegetati	50-90 €/m	2 €/m <sup>2</sup>
Canali inerbiti	15-20 €/m	2 €/m <sup>2</sup>
Strisce filtranti	15-20 €/m	2 €/m <sup>2</sup>
Aree di ritenzione vegetate	50-80 €/m <sup>2</sup>	2 – 3 €/m <sup>2</sup>
Pavimenti permeabili	150 – 200 €/m <sup>2</sup>	0,3 – 1,5 €/m <sup>2</sup>

**Immagine n° 50: Stima dei costi di realizzazione e gestione di diversi sistemi di gestione dell'acqua meteorica**

## **Conclusioni e Considerazioni finali**

La sistemazione dell'area parcheggio mette principalmente in risalto i costi della sua realizzazione (vedi allegato C); che possono erroneamente essere intesi come unica misura di valutazione. Considerazione, giusta e puntuale se si intende valutare l'area con la sola e unica finalità di spazio per le auto in sosta. Ad essa vanno però associati gli aspetti che questa visione comporta: Elevata superficie asfaltata, elevate quantità idriche defluenti, impatto visivo e ambientale.

Questa prima considerazione, non deve però oscurare gli aspetti positivi che comportano tali sistemi alternativi, in primis legati alla gestione delle acque meteoriche e, successivamente, alla vita e sicurezza della popolazione. In secondo luogo, la spesa iniziale di tali sistemi non comprende i costi che annualmente le amministrazioni, i consorzi, le provincie e regioni devono sostenere per garantire vivibili aree soggette a facili allagamenti. In alcuni casi non provvedendo nemmeno alle opere necessarie a tali scopi. Tali sistemi (come visto nell'intervento proposto), avranno dei costi di realizzazione alle volte maggiori rispetto ai metodi tradizionali ma contribuiscono, se realizzati in numero adeguato su scala territoriale, alla creazione di un sistema sostenibile di gestione delle acque. Sistema che garantisce l'assenza di fenomeni disastrosi e mitigando i violenti eventi atmosferici.

Come visto in precedenza, l'adozione di sistemi di gestione alternativa e sostenibile delle acque meteoriche, può e deve essere inserita in un contesto urbano indissolubile con la vita delle persone. Persone che devono altrettanto essere informate, del bisogno di gestione del fenomeno meteorico. Che deve essere controllato fin dalla prima comparsa al suolo o terreno, in quanto potrà essere successiva risorsa ma anche problema.

Un'informazione maggiore e migliore delle persone è il passo da compiere se si vuole garantire una vita migliore degli stessi: Con facilità si tendono a riportare notizie relative ad effetti disastrosi di eventi atmosferici, non compensando con altrettante riguardanti gestione alternative delle acque, in città virtuose. Ad essa si deve aggiungere la bisognosa presa di posizione di chi amministra il nostro paese, molto arretrato in materia rispetto agli altri stati europei.

L'unione di questi due input andrebbe a creare una nuova coscienza ambientale nei cittadini, inserendoli come attori principali della scena, intesa come vita di ogni giorno. Le più semplici azioni quotidiane saranno viste pertanto, come un piccolo passo verso una vita migliore dell'intero pianeta.



## ALLEGATO A

### ***COSTI COMPLESSIVI***

Con costi complessivi si intende la sommatoria delle opere di realizzazione dei due Rain Garden, delle Trincee di infiltrazione e dei Tree Box Filters. Seguirà in dettaglio, il costo per ognuno dei sistemi in riferimento al numero, al processo e ai materiali impiegati.

#### **Rain Garden e aree suddette**

- Superficie:
  - RG1: 2034 mq
  - RG2: 1948 mq
  - Totale: 3982.05 mq per una riduzione di posti auto n° 278
- Costi:
  1. Scavo
  2. Acquisto Piante
  3. Costo miscela Terriccio + Compost + Torba
  4. Strato Pacciamante superficiale
  5. Percorso limitrofo
  6. Tabelle informative
  7. Panchine
  8. Cestini Portarifiuti

Scavo

#### **Nolo di miniscavatore (riferimento EPRV art. D.01.14).**

Nolo di miniscavatore meccanico cingolato con benna, cucchiaio o lama con potenza fino a kW 15 con operatore.

(EUR: trentaquattro/10 per Ora) h 34,10

**Costo Totale Scavo**

34.10,00 euro X 56 h = **1909.6 euro**

## Acquisto Piante

Specie/ varietà	Numero	Costo cadauna euro	COSTO COMPLESSIVO
Panicum virgatum	16	7	112
Rudbekia laciniata	22	5	110
Aster divaricatus	23	8	184
Aster novae angliae "Barr's Blue"	17	5	85
Aster laterifolius "Lady in Black"	27	7	189
Hemerocallis var. daylilies	18	8	144
Bergenia cordifolia	13	5	65
Molinia caerulea	12	5	60
Ceratostigma plumbaginoides	4	2.50	10
Gaillarda aristata	16	3	48
Viburnum opulus	1	5	5
Cornus mas	2	8	16
Lonicera xilosteam	3	11	33

### Costo Totale Piante

1061,00 euro X 2= **2122 euro**

Costo miscela Terriccio + Torba + Compost

### Costo Totale Miscela

28,00 euro/ mc X 3982.05 mc = **111497.4 euro**

Strato pacciamante superficiale

### Corteccia di pino in sacchi da L 80.

Corteccia di pino, priva di impurità pr pacciamatura di piante arboree, arbustive ed erbacee.

(EUR: sei/50 per Cadauno) cad. 6,50

**Costo Totale Strato pacciamante**

6.50 euro X n°100 = **650,00 euro**

Percorso limitrofo

**Realizzazione percorso ciclabile in materiale naturale tipo "Biostrasse".**

Fornitura e posa in opera di pavimentazione in conglomerato ecologico certificato a tutela dell'ecosistema ambientale, realizzato mediante utilizzo di prodotti inorganici, privi di etichettatura pericolosa e di materie plastiche in qualsiasi forma, con le seguenti caratteristiche di composizione:

- sabbia di natura silicea, basaltica o granitica 0/6 in quantità pari al 20-30% della miscela;
- pietrisco di natura silicea, basaltica o granitica 4/8 in quantità pari al 40-50% della miscela;
- graniglia di natura silicea, basaltica o granitica 8/12 in quantità pari al 20-40% della miscela;
- cemento grigio tipo "Portland" III/A 32,5 N (42,5 N in inverno) in quantità pari a kg 150;
- acqua in quantità tale da raggiungere l'umidità ottimale anche in relazione alle condizioni ambientali (25-140 litri);
- additivo in polvere e liquido per l'impasto nella quantità di circa Kg 15;
- irrorazione della superficie pavimentata con miscela acqua/additivo lattice a distanza di ore 12/24 dalla stesura del manto.

E' compreso e compensato nel prezzo quanto necessario per dare l'opera finita a regola d'arte.

**60.15.120.1 Spessore compresso cm 8, per piste ciclabili.**

(EUR: ventisette/00 per Metro quadrato) m<sup>2</sup> 27,00

**Costo Totale Percorso Pedonale/ Ciclabile**

27,00 euro X 116 mc = **3.132 euro**

Tabelle informative

**Posa di bacheche con supporti.**

Compresi lo scavo, il getto ed il ripristino della pavimentazione.

(EUR: centocinquanta/00 per Cadauno) cad. 150,00

**Costo Totale Tabelle informative**

150,00 euro X n°2 = **300,00 euro**

Panchine

**Posa su piazzola in calcestruzzo esistente e solo fissaggio alla stessa con ferramenta.**

(EUR: quarantauno/00 per Cadauno) cad. 41,00

**Costo totale Panchine**

41,00 X n°6 = **246,00 euro**

Cestini Portarifiuti

**Posa compresa la formazione del getto di fondazione di adeguate dimensioni.**

(EUR: quarantacinque/00 per Cadauno) cad. 45,00

**Costo Totale Cestini Portarifiuti**

45,00 euro X n°4 = **180,00 euro**

**COSTI RAIN GARDEN E AREE SUDETTE**

**1.877.758,15 euro**

**Trincee di infiltrazione**

- Superficie  
5345.03 mc complessivi dei due sistemi
- Costi
  1. Scavo
  2. Rimozione e trasporto terra, creazione pendenze adeguate
  3. Posa tessuto geotessile
  4. Acquisto e posa ghiaia, pietrame, e sassi
  5. Semina manto erboso ai lati della fascia in pietrisco

Scavo, Rimozione e trasporto terra, creazione pendenze adeguate

**Scavo ... a sezione obbligata eseguito a macchina.**

Scavo [anche] di fondazione a sezione obbligata eseguito a macchina, anche a campioni di qualsiasi lunghezza, in materiale di qualsiasi natura e consistenza,



anche in presenza d'acqua con tirante fino a 20 cm, esclusa la roccia da mina ed i trovanti aventi ciascuno volume superiore a 0,5 m<sup>3</sup>; comprese le eventuali armature occorrenti di qualsiasi tipo esclusa la cassa chiusa o altri metodi adeguati, con tutti gli oneri e le prescrizioni della voce "Scavo di sbancamento", eseguito fino alla profondità indicata nei tipi, sotto il piano di campagna e/o sbancamento.

**Fino alla profondità di m 1,50. (rif. EPRV art. F.03.09.a)**

(EUR: sette/80 per metro cubo) m<sup>3</sup> 7,80

**Costo Totale Rimozione Terra**

7,80 X 8017 mc = **62.536,85 euro**

Posa Tessuto Geotessile

**Geotessile:**

**In polipropilene. (rif. EPRV art. B.07.23.a)**

(EUR: uno/39 per metro quadrato) m<sup>2</sup> 1,39

**Costo Totale Posa Tessuto Geotessile**

1,39 euro X 5345,03 mq = **7429,59 euro**

Acquisto e posa ghiaia, pietrame e sassi

**Sabbia :**

**di cava lavata e vagliata. (rif. EPRV art. B.02.01.a)**

(EUR: ventinove/10 per metro cubo) m<sup>3</sup> 29,10

**Ghiaia :**

**di cava lavata e vagliata da cm 1 a 3 per calcestruzzo**

(secondo i dettami della Legge 05/11/1971 n. 1086, Regolamento e successivi decreti).

Peso specifico 1700 kg/m<sup>3</sup>.

(EUR: tredici/24 per tonnellata) t 13,24

**Costo Totale Sabbia e Ghiaia**

**Sabbia**

29,30 euro X 8017/2 mc = **117.449,05 euro**

**Ghiaia**

13,24 euro X 6814,45 ton = **90217,36 euro**

**Sabbia + Ghiaia**

**207.666,41 euro**

Semina manto erboso ai lati della fascia di pietrisco

**Miscuglio di sementi certificate per la formazione di tappeto erboso ornamentale, composto dalle seguenti specie in varietà :**

**Lolium perenne, Festuca rubra, Poa.**

(EUR: sei/96 per chilogrammo) kg 6,96

**Costo Totale Semina manto erboso**

2,5 kg X 100 mq di terreno

Superficie/ 3 = 1781,67 mq

6,96 euro X 1781,67 mq = **12.400,46 euro**

**COSTI TRINCEE DI INFILTRAZIONE**

**290.033,31 euro**

### **Tree Box Filters**

- Superficie

Prevista l'installazione di n° 38 Tree Box Filter

- Costi
  1. Scavo
  2. Sistema prefabbricato
  3. Tessuto Geotessile filtrante
  4. Miscela da inserire nella struttura
  5. Specie arboree

Scavo

**Nolo di miniscavatore (riferimento EPRV art. D.01.14).**

Nolo di miniscavatore meccanico cingolato con benna, cucchiaio o lama con potenza fino a kW 15 con operatore.

(EUR: trentaquattro/10 per Ora) h 34,10

**Costo Totale Scavo**

34,10 euro X 56 h = **1909,6 euro**

Sistema prefabbricato comprensivo di:

Tessuto Geotessile

Griglia

Specie arboree

Miscela di Terriccio idonea

**Costo Totale Sistema prefabbricato**

3.000 euro/ cad X n°38 = **114.000 euro**

**COSTI TREE BOX FILTERS**

**115.909,6 euro**

**Pavimentazione/Superficie permeabile**

Comprensiva di:

Asfalto poroso nelle vie di passaggio

Grigliato inerbito nelle piazzole di sosta

Riguardante:

L'intera area parcheggio ad esclusione delle zone coperte dai sistemi di gestione sostenibile sopraelencati.

**COSTO PAVIMENTAZIONI/SUPERFICI PERMEABILI**

150 euro/mq X 14981.5 mq

**2.247.225,00 euro**

**COSTO TOTALE INTERVENTO PROPOSTO**

**4.644.626,00 euro**

ALLEGATO B

**RENDERING DELL'AREA CON INTERVENTI MIGLIORATIVI PROPOSTI: VARIE VISTE DEL SITO**



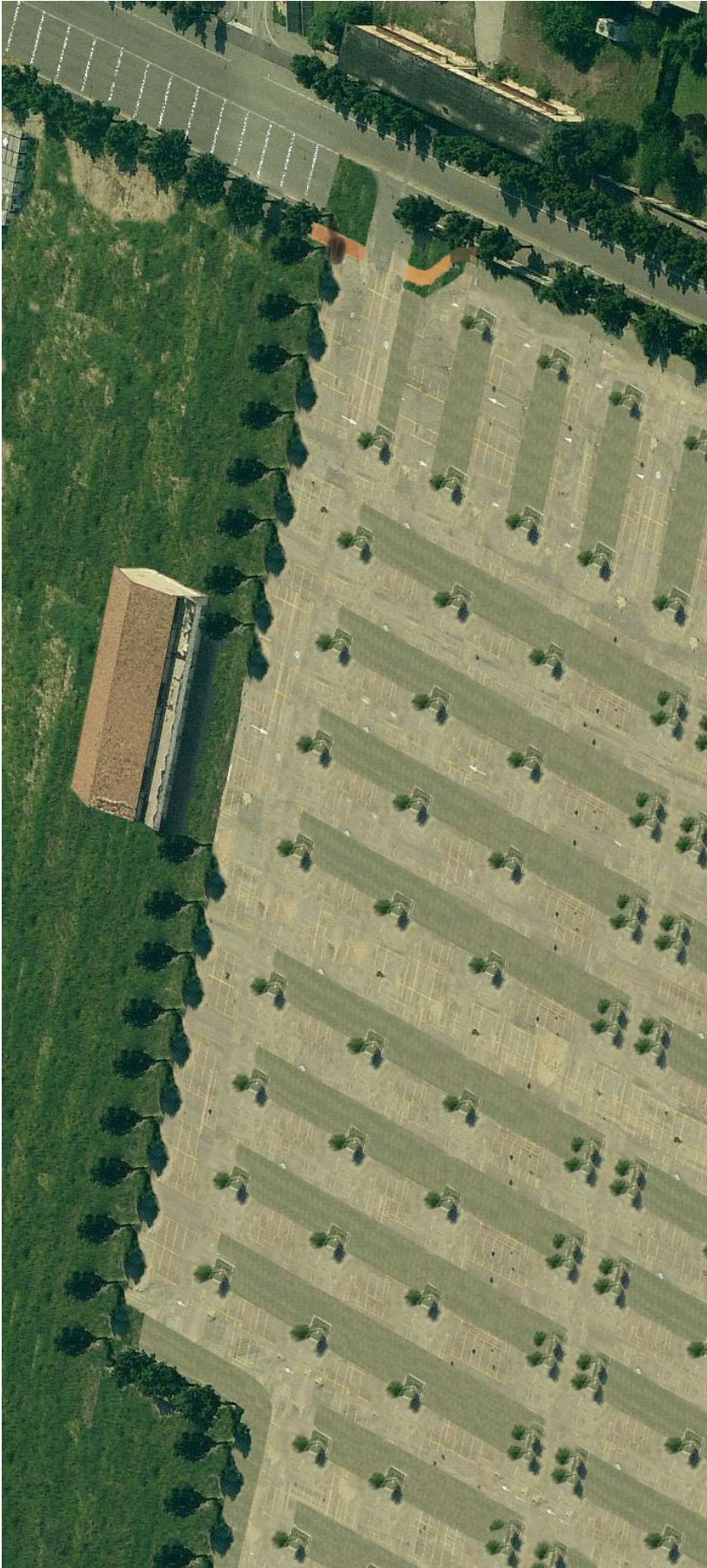






ALLEGATO C

VISTA AEREA DELL'AREA ALLO STATO ATTUALE





ALLEGATO D

VISTA AEREA DELL'AREA POST INTERVENTO



## Sitografia

- <http://www.savingwater.org> (Seattle Nature Drainage System)
- <http://www.provincia.bz.it> (Linee guida gestione sostenibile acque meteoriche)
- <http://ag21.comune.fi.it> (Migliori pratiche per la gestione sostenibile delle acque in ambito urbano)
- <http://www.susdrain.org>
- <http://www.seattle.gov/util/>
- <http://www.wsud.org/>
- <http://www.calcestruzzi.it>
- <http://www.piante-e-arbusti.it/>
- <http://www.drenatech.com>
- <https://maps.google.it/>
- <http://dnr.wi.gov/wnrmag> (Wisconsin Department of Natural Resources)
- <http://texasextension.tamu.edu/county/>
- <http://www.fhwa.dot.gov/environment/ultraurb/index.htm>
- <http://www.ct.gov> (Connecticut Department of Environmental Protection)
- <https://www.fhwa.dot.gov/> (Federal Highway Administration, Stormwater Best Management Practices in an Ultra-Urban Setting: Selection and Monitoring)
- <https://www.raingardens.org/>
- <http://www.rainkc.com/>
- <http://www.raingardennetwork.com/>
- <http://grownative.org/>
- <http://www.isa-arbor.com/>

- <http://www.dof.virginia.gov/> (Virginia Department of Forestry)
- <http://www.epa.gov/>
- <http://www.princegeorgescountymd.gov>

#### Bibliografia

- Abram Paolo; Giardini Pensili: coperture a verde e gestione delle acque meteoriche; Napoli, Sistemi Editoriali; 2004.
- Alessandro Muraca; Vito Mangone Drenaggio urbano: teorie e applicazioni per l'accumulo, il trattamento e lo smaltimento delle acque meteoriche; Castrolibero; Nuova Bios; 2006.
- Ben Urbonas, Peter Stahre; Best management practices and detention for water quality, drainage, and CSO management; Englewood Cliffs; N. J: Prentice Hall, c1933.
- G. L. Cirelli; I trattamenti naturali delle acque reflue urbane; Sistemi Editoriali; 2004.
- Dietz E. Michael; Modification to a Rain Garden to improve Pollutant Retention Raleigh, NC, 2005.

#### Altre Fonti

- Comune di Verona; Area Lavori Pubblici; Elenco prezzi opere a Verde 2012
- Rain Garden Hand Book for Western Washington Homeowners
- A Northern Virginia Homeowner's Guide Design and Construction
- Rain Garden, How to Guide; Mill Creek Watershed Council of Communities



## Ringraziamenti

Voglio ringraziare vivamente la mia famiglia, che in questi anni mi ha sempre incoraggiato, aiutato e sopportato.

Tutte le persone che si sono interessate ai miei studi e in particolar modo chi mi ha supportato per la stesura della tesi:

Dott. Bortolini Lucia

Dott. Zanin Giampaolo

Dott. Bonetti Virginia

Dott. Oliboni Stefano

Merzi Sofia

Zanini Walter

Brunelli Enrico

Dedico infine questo piccolo traguardo a mia nonna Gina, recentemente scomparsa.