Comune di Longhena

Provincia di Brescia

DOCUMENTO SEMPLIFICATO DEL RISCHIO IDRAULICO COMUNALE

Regolamento Regione Lombardia 23/11/2017 n. 7 e s.m.i.

ALLEGATO 1

DISCIPLINA DEL PRINCIPIO DI INVARIANZA IDRAULICA E IDROLOGICA

Dott. ing. Claudio Granuzzo

SePrAm S.r.l. - Servizi Progettazione Ambiente

Via C. Biseo 26 25128 Brescia

Brescia, settembre 2019

Sommario

1. DISCIPLINA DEL PRINCIPIO DI INVARIANZA IDRAULICA ED IDROLOGICA....4
1.2. VALORI LIMITE DA RISPETTARE NEL COMUNE DI LONGHENA....7
1.3. CONTENUTI DEL PROGETTO DI INVARIANZA IDRAULICA E IDROLOGICA....8
1.4. PRESCRIZIONI PARTICOLARI....10
2. INTERVENTI TIPO PER LA GESTIONE DIFFUSA DELLE ACQUE METEORICHE....12
2.1. REGOLAZIONE DELLE PORTATE....12
2.1.1. Divisione reti fognarie....12
2.1.2. Condotte sovradimensionate....12
2.1.3. Manufatti di regolazione dello scarico....14
2.2. LAMINAZIONE....15
2.2.1. Bacini di espansione....15
2.2.2. Vasche prefabbricate disperdenti....17
2.2.3. Fossi disperdenti....18
2.3. ACCUMULO E RITENZIONE....19
2.3.1. Bacini di accumulo e ritenzione....19
2.3.2. Impianti di captazione, filtro e accumulo acque delle coperture....20
2.3.3. Vasca volano interrata....22
2.3.4. Invasi integrati nelle coperture....23
2.4. FILTRAZIONE....25
2.4.1. Fasce filtro....25
2.4.2. Filtri a sabbia interrati....27
2.4.3. Filtro a sabbia a cielo aperto....28
2.4.4. Tetti verdi....29
2.4.5. Pareti verdi....32
2.4.6. Sistemi modulari geocellulari....32
2.5. INFILTRAZIONE....34
2.5.1. Trincee infiltranti....34
2.5.2. Pavimentazioni filtranti (parcheggi)....36
2.5.3. Pavimentazioni stradali drenanti....38
2.5.4. Fascia di vegetazione riparia....39
2.5.5. Rain garden....41
2.5.6. Tree box filter....42
2.5.7. Pozzi perdenti....44
2.6. ACCUMULO E TRATTAMENTO....46
2.6.1. Zone umide....46

2.6.2. Bacini di ritenzione ed infiltrazione e fitodepurazione 48
2.6.3. Bioswale 50
2.7. PROBLEMATICHE, PROSPETTIVE E RACCOMANDAZIONI 53

1. DISCIPLINA DEL PRINCIPIO DI INVARIANZA IDRAULICA ED IDROLOGICA

Tutti gli interventi privati di trasformazione del territorio e del costruito dovranno rispettare le norme del Regolamento Regionale 23/11/2017 n. 7 sull'invarianza idraulica ed idrologica e delle successive modifiche ed integrazioni. In particolare l'art. 6 stabilisce le seguenti procedure.

a) Per gli interventi soggetti a permesso di costruire, a segnalazione certificata di inizio attività di cui agli articoli 22 e 23 del d.p.r. 380/2001 o a comunicazione di inizio lavori asseverata:
   1. nello sviluppo del progetto dell'intervento è necessario redigere anche un progetto di invarianza idraulica e idrologica, firmato da un tecnico abilitato, qualificato e di esperienza nell'esecuzione di stime idrologiche e calcoli idraulici, redatto conformemente alle disposizioni del presente regolamento e secondo i contenuti di cui all'articolo 10; tale progetto, fatto salvo quanto previsto all'articolo 19 bis della legge 241/1990 e all'articolo 14 della legge regionale 15 marzo 2016, n. 4 (Revisione della normativa regionale in materia di difesa del suolo, di prevenzione e mitigazione del rischio idrogeologico e di gestione dei corsi d'acqua), è allegato alla domanda, in caso di permesso di costruire, o alla segnalazione certificata di inizio attività o alla comunicazione di inizio lavori asseverata, unitamente:
      1.1. All'istanza di concessione allo scarico, presentata all'autorità idraulica competente, se lo scarico stesso avviene in corpo idrico superficiale; in caso di utilizzo di uno scarico esistente, agli estremi della concessione;
      1.2. Alla richiesta di allacciamento, presentata al gestore, nel caso di scarico in fognatura; in caso di utilizzo di un allacciamento esistente, agli estremi del permesso di allacciamento;
      1.3. All'accordo tra il richiedente lo scarico e il proprietario, nel caso di scarico in un reticolo privato; in caso di utilizzo di uno scarico esistente in un reticolo privato, al relativo accordo con il proprietario del reticolo;

   1 bis. Se viene adottato il requisito minimo di cui all'articolo 12, comma 1, lettera a), alla domanda, in caso di istanza di permesso di costruire, alla segnalazione certificata di inizio attività o alla comunicazione di inizio lavori asseverata è allegata la dichiarazione del progettista ai sensi della stessa lettera a);

   2. In caso di scarico in rete fognaria, il comune, nell'ambito della procedura di rilascio del permesso di costruire, può chiedere il parere preventivo del gestore del servizio idrico integrato sull'ammissibilità dello scarico in funzione della capacità idraulica della rete ai sensi dell'articolo 8, comma 2 e sul progetto di invarianza idraulica e idrologica;

3. In caso di variante all'intervento che modifichi i parametri funzionali al calcolo dei volumi di invarianza idraulica o idrologica, il progetto di invarianza idraulica e idrologica deve essere adeguato e allegato alla richiesta di variante del permesso di costruire, ovvero alla presentazione della variante nel caso di segnalazione certificata di inizio attività di cui agli articoli 22 e 23 del d.p.r. 380/2001 o di comunicazione di inizio lavori asseverata, ovvero alla nuova domanda di rilascio di permesso di costruire o alla nuova segnalazione certificata di inizio attività o alla nuova comunicazione di inizio lavori asseverata; qualora la variante comporti anche una modifica dello scarico, deve essere ripresentata l'istanza, la domanda o accordo di cui ai numeri 1.1 1.2 o 1.3, da allegare alla richiesta di variante;
4. Prima dell'inizio dei lavori deve essere rilasciata la concessione allo scarico, se lo scarico stesso avviene in corpo idrico superficiale, o il permesso di allacciamento nel caso di scarico in fognatura, o deve essere sottoscritto un accordo tra il richiedente lo scarico e il proprietario, nel caso di scarico in un reticolo privato l'efficacia della segnalazione certificata di inizio attività o della comunicazione di inizio lavori asseverata è condizionata all'acquisizione della concessione, del permesso o dell'accordo di cui al presente numero;
5. La segnalazione certificata presentata ai fini dell'agibilità, di cui all'articolo 24 del d.p.r. 380/2001 è, altresì, corredata:
    5.1. Da una dichiarazione di conformità delle opere realizzate a firma del direttore dei lavori, ove previsto, oppure del titolare, che documenti la consistenza e congruità delle strutture o anche opere progettate e realizzate, ai fini del rispetto dei limiti ammissibili di portata allo scarico;
    5.2. Dal certificato di collaudo, qualora previsto, ovvero dal certificato di conformità alla normativa di settore delle opere di invarianza idraulica e idrologica;
    5.3. Dagli estremi della concessione allo scarico, di cui al numero 1.1, rilasciata, prima dell'inizio dei lavori, dall'autorità idraulica competente, se lo stesso avviene in corpo idrico superficiale;
    5.4. Dagli estremi del permesso di allacciamento di cui al numero 1.2, nel caso di scarico in fognatura;
    5.5. Dalla ricevuta di avvenuta consegna del messaggio di posta elettronica certificata con cui è stato inviato a Regione il modulo di cui all'allegato D;
6. Al fine di garantire il rispetto della portata limite ammissibile, lo scarico nel ricettore è attrezzato con gli equipaggiamenti, descritti all'articolo 11, comma 2, lettera g), inseriti in un pozzetto di ispezione a disposizione per il controllo, nel quale deve essere ispezionabile l'equipaggiamento stesso e devono essere misurabili le dimensioni del condotto di allacciamento alla pubblica rete fognaria o del condotto di scarico nel ricettore; i controlli

della conformità quantitativa dello scarico al progetto sono effettuati dal gestore del servizio idrico integrato, se lo scarico è in pubblica fognatura, o dall'autorità idraulica competente, se lo scarico è in corpo idrico superficiale;

b) Per interventi rientranti nell'attività edilizia libera, di cui all'articolo 3, comma 2, lettera d):

   1. occorre rispettare il presente regolamento per quanto riguarda i limiti e le modalità di calcolo dei volumi, fatta eccezione per gli interventi di cui all'articolo 3, comma 3, per i quali valgono le disposizioni di cui alla lettera c) del presente comma;

   2. prima dell'inizio dei lavori deve essere rilasciata la concessione allo scarico, se lo scarico stesso avviene in corpo idrico superficiale, o il permesso di allacciamento nel caso di scarico in fognatura, o deve essere sottoscritto un accordo tra il richiedente lo scarico e il proprietario, nel caso di scarico in un reticolo privato;

c) Per interventi relativi alle infrastrutture stradali, autostradali, loro pertinenze e parcheggi:

   1. Nello sviluppo del progetto dell'intervento è necessario redigere anche un progetto di invarianza idraulica e idrologica, firmato da un tecnico abilitato, qualificato e di esperienza nell'esecuzione di stime idrologiche e calcoli idraulici, redatto conformemente alle disposizioni del presente regolamento e con i contenuti stabiliti all'articolo 10;
   2. Prima dell'inizio dei lavori deve essere rilasciata la concessione allo scarico, se lo scarico stesso avviene in corpo idrico superficiale, o il permesso di allacciamento, nel caso di scarico in fognatura, o deve essere sottoscritto un accordo tra il richiedente lo scarico e il proprietario, nel caso di scarico in un reticolo privato;

d) Nel caso di impossibilità a realizzare le opere di invarianza idraulica o idrologica previsto all'articolo 16:

   1. Alla domanda di permesso di costruire, alla presentazione della segnalazione certificata di inizio attività o della comunicazione di inizio lavori asseverata deve essere allegata la dichiarazione motivata di impossibilità a realizzare le misure di invarianza idraulica, firmata dal progettista dell'intervento tenuto al rispetto del principio di invarianza idraulica e idrologica, unitamente al calcolo della monetizzazione secondo le modalità specificate all'articolo 16;
   2. La segnalazione certificata presentata ai fini dell'agibilità deve essere corredata anche dalla ricevuta di pagamento al comune dell'importo di cui all'articolo 16 e dalla ricevuta di avvenuta consegna del messaggio di posta elettronica certificata con cui è stato inviato alla Regione il modulo di cui all'allegato D;

e) Per ogni intervento assoggettato ai requisiti di invarianza idraulica e idrologica di cui all'art. 3, il progettista delle opere di invarianza idraulica e idrologica, o il direttore lavori qualora incaricato, è tenuto a compilare il modulo di cui all'allegato D e a trasmetterlo mediante posta elettronica

certificata al seguente indirizzo di posta certificata della Regione: invarianza.idraulica@pec.regione.lombardia.it. Il modulo di cui all'allegato D è firmato digitalmente e va compilato a lavori conclusi, in modo che tenga conto di eventuali varianti in corso d'opera. L'obbligo di trasmissione del modulo di cui all'allegato D all'indirizzo di posta elettronica certificata di cui al primo periodo si applica fino alla data di effettiva disponibilità di apposito applicativo informatico regionale; una volta disponibile l'applicativo informatico, l'obbligo di trasmissione del modulo di cui all'allegato D è assolto tramite la relativa compilazione nello stesso applicativo.

1.2. VALORI LIMITE DA RISPETTARE NEL COMUNE DI LONGHENA

Si riportano le principali assunzioni e i valori limite da considerare nei progetti di invarianza idraulica da presentare al Comune di Longhena nei casi previsti dal R.R.7 e dalle s.m.i.:

- La riduzione della permeabilità del suolo va calcolata facendo riferimento alla permeabilità naturale originaria del sito, ovvero alla condizione preesistente all'urbanizzazione, e non alla condizione urbanistica precedente l'intervento eventualmente già alterata rispetto alla condizione naturale originaria, preesistente all'urbanizzazione. Per gli interventi di cui al comma 3, il riferimento di cui al precedente periodo corrisponde alla condizione preesistente all'impermeabilizzazione.
- Le misure di invarianza idraulica e idrologica si applicano alla sola superficie del lotto interessata dall'intervento comportante una riduzione della permeabilità del suolo rispetto alla sua condizione preesistente all'urbanizzazione e non all'intero comparto. Per gli interventi di cui al comma 3, il riferimento di cui al precedente periodo corrisponde alla condizione preesistente all'impermeabilizzazione (articolo 3, comma 5).
- **Gli scarichi nel ricettore** sono limitati mediante l'adozione di interventi atti a contenere l'entità delle portate scaricate entro valori compatibili con la capacità idraulica del ricettore stesso e comunque entro il seguente valore massimo ammissibile (u_{lim}):
  - Per tutte le aree del territorio comunale, comprese quelle inserite nel PGT come ambiti di trasformazione o come piani attuativi previsti nel Piano delle Regole: **10 l/s** per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento.
- **Il volume minimo di laminazione** deve essere:
  - Per tutte le aree del territorio comunale, comprese quelle inserite nel PGT come ambiti di trasformazione o come piani attuativi previsti nel Piano delle Regole: **800 m³** per ettaro di

superficie scolante impermeabile dell'intervento moltiplicato per il 'coefficiente P' pari a 0,8 di cui alla tabella riportata nell'Allegato C; risulta quindi: **800 m³/hai x 0,8 = 640 m³/hai.**

- **La monetizzazione** in alternativa alla diretta realizzazione delle opere di invarianza idraulica ed idrologica (mai consentita per interventi stradali) è consentita per gli interventi edilizi in ambiti urbani di cui all'articolo 3, comma 2, lettere da b) a e), quando si verificano contemporaneamente le seguenti circostanze:
  - Sono caratterizzati da un rapporto tra la superficie occupata dall'edificazione e la superficie totale dell'intervento maggiore o uguale al 90 per cento, e pertanto da una superficie dell'area esterna all'edificazione minore del 10 per cento;
  - È dimostrata l'impossibilità a realizzare nell'area dell'intervento esterna all'edificazione il volume di laminazione di cui all'art. 11, comma 2, lettera e), punto 3;
  - È dimostrata l'impossibilità a realizzare il volume di laminazione di cui all'art. 11, comma 2, lettera e), numero 3, in altre aree esterne poste nelle vicinanze di quelle dell'intervento, per loro indisponibilità o condizioni di vincolo;
  - La realizzazione del volume di laminazione di cui all'art. 11, comma 2, lettera e), numero 3, sulle coperture dell'edificato è motivatamente impedita;
  - La realizzazione del volume di laminazione di cui all'art. 11, comma 2, lettera e), numero 3, nel sottosuolo dello stesso sia impedita in quanto l'intervento edilizio è previsto senza modifiche delle sue strutture di fondazione.

  Mentre per gli interventi di cui all'articolo 3, comma 2, lettera a), anche ricadenti all'interno delle aree individuate nei PGT come ambiti di rigenerazione urbana e territoriale ai sensi dell'articolo 10 della l.r. 12/2005, devono sussistere contestualmente le sole prime due condizioni, nonché una tra le altre tre condizioni tra quelle sopraelencate.

Se si verificano le condizioni sopra riportate, il valore della monetizzazione è pari al volume di laminazione di cui all'articolo 11, comma 2, lettera e), numero 3, moltiplicato per il costo unitario parametrico di una vasca di volanizzazione o di trattenimento o anche disperdimento, che è assunto pari a 750 euro per mc di invaso.

1.3. CONTENUTI DEL PROGETTO DI INVARIANZA IDRAULICA E IDROLOGICA

L'art. 10 del Regolamento 7 stabilisce che il progetto di invarianza idraulica e idrologica deve:

1. Nei casi di impermeabilizzazione potenziale alta e media, di cui alla tabella 1 dell'articolo 9, ricadenti nelle aree assoggettate ai limiti indicati per gli ambiti territoriali delle aree A e B dell'articolo 7, e quindi nei casi in cui non si applicano i requisiti minimi di cui all'articolo 12, comma 2, il progetto di invarianza

idraulica e idrologica deve essere corredato con i calcoli, le valutazioni, i grafici e i disegni effettuati a livello di dettaglio corrispondente ad un progetto almeno definitivo, osservando le procedure e metodologie di cui all'articolo 11 e deve contenere i seguenti elementi:

a) relazione tecnica comprendente:

1. descrizione della soluzione progettuale di invarianza idraulica e idrologica e delle corrispondenti opere di raccolta, convogliamento, invaso, infiltrazione e scarico costituenti il sistema di drenaggio delle acque pluviali fino al punto terminale di scarico nel ricettore o di disperdimento nel suolo o negli strati superficiali del sottosuolo;

2. calcolo delle precipitazioni di progetto;

3. calcoli del processo di infiltrazione nelle aree e strutture a ciò destinate e relativi dimensionamenti;

4. calcoli del processo di laminazione negli invasi a ciò destinati e relativi dimensionamenti;

5. calcolo del tempo di svuotamento degli invasi di laminazione;

6. calcoli e relativi dimensionamenti di tutte le componenti del sistema di drenaggio delle acque pluviali fino al punto terminale di scarico;

7. dimensionamento del sistema di scarico terminale, qualora necessario, nel ricettore, nel rispetto dei requisiti ammissibili del presente regolamento;

b) documentazione progettuale completa di planimetrie e profili in scala adeguata, sezioni, particolari costruttivi;

c) piano di manutenzione ordinaria e straordinaria dell'intero sistema di opere di invarianza idraulica e idrologica e di recapito nei ricettori, secondo le disposizioni dell'articolo 13;

d) asseverazione del professionista in merito alla conformità del progetto ai contenuti del presente regolamento, redatta secondo il modello di cui all'allegato E;

2. Nel caso di impermeabilizzazione potenziale bassa di cui alla tabella 1 dell'articolo 9, ovunque collocata nelle aree territoriali A, B e C dell'articolo 7, e nel caso di impermeabilizzazione potenziale media e alta ricadente nell'area territoriale C, e quindi nei casi in cui si applicano i requisiti minimi di cui all'articolo 12, comma 2, il progetto di invarianza idraulica e idrologica può limitarsi a contenere gli elementi di cui al comma 1, lettera a), numeri 1, 5, 6, 7 e alle lettere b), c) e d) dello stesso comma 1.

3. Nel caso di interventi di superficie interessata dall'intervento minore o uguale a 300 mq, ovunque ubicati nel territorio regionale ed indipendentemente dal grado di impermeabilizzazione potenziale, ovvero in classe di intervento n. 0 di cui alla tabella 1 dell'articolo 9:

a) se viene adottato il requisito minimo indicato nell'articolo 12, comma 1, lettera b), il progetto di invarianza idraulica e idrologica contiene almeno gli elementi di cui al precedente comma 2;

b) se viene adottato il requisito minimo di cui all'articolo 12, comma 1, lettera a), non è necessaria la redazione del progetto di invarianza idraulica e idrologica, purché il progettista dichiari, con specifico atto, che è stata applicata la casistica di cui al medesimo articolo 12, comma 1, lettera a).

4. In ogni caso, i contenuti del progetto di invarianza idraulica e idrologica devono essere commisurati alla complessità dell'intervento da progettare.

1.4. PRESCRIZIONI PARTICOLARI

1. I nuovi Piani di Attuazione dovranno prevedere l'installazione di un impianto di captazione, filtro e accumulo delle acque meteoriche provenienti dalla copertura degli edifici, per ridurne gli effetti sul reticolo fognario ed idrografico in genere e consentirne l'impiego per usi compatibili e comunque non potabili e la predisposizione di una rete di adduzione e distribuzione idrica delle stesse acque all'esterno dell'edificio. La cisterna dovrà avere capacità di stoccaggio adeguata e proporzionale alla superficie lorda complessiva destinata a verde pertinenziale e/o a cortile e le acque meteoriche così raccolte dovranno essere utilizzate per l'irrigazione del verde pertinenziale, la pulizia dei cortili e passaggi, il lavaggio di piazzali, il lavaggio di auto;
2. Gli interventi dovranno tendere a minimizzare l'impermeabilizzazione delle superfici e dovranno adottare, per queste, tecnologie e materiali volti a ridurre il carico idraulico concordemente con quanto contenuto nella disciplina che regola l'applicazione del principio dell'invarianza idraulica e della corretta gestione delle acque meteoriche riportata al successivo capitolo 2;
3. Con riferimento alle reti fognarie si dovranno realizzare sistemi di raccolta delle acque con reti separate:
    a. Acque bianche non contaminate (ABNC)
    b. Acque nere e le acque bianche contaminate (ABC).
4. Per ogni ambito, in sede di Pianificazione, in accordo con l'Ente gestore, dovranno essere meglio definiti gli eventuali interventi necessari, che potranno essere alternativi oppure integrativi delle infrastrutture fognarie attuali, al fine di verificare la sostenibilità dei nuovi interventi; l'approvazione dei Piani di attuazione è subordinata all'ottenimento del parere favorevole espresso dai competenti uffici dell'Amministrazione Comunale e dal Gestore del Servizio Idrico Integrato (titolato alla pianificazione strategica e funzionale delle infrastrutture fognarie) sul recapito o sui recapiti delle reti

fognarie da realizzare nei singoli ambiti attuativi. Nel caso si rendesse necessaria l'esecuzione di nuove infrastrutture fognarie o di adeguamenti delle stesse, nonché degli impianti a servizio, quali sollevamenti o scolmatori di piena, tali pareri individueranno le modalità tecniche, i tempi di realizzazione nonché gli oneri eventualmente da porre a carico degli ambiti oggetto di trasformazione urbana, laddove le opere a rete da realizzare siano considerate ad uso esclusivo dei soggetti attuatori.

5. La progettazione delle nuove infrastrutture fognarie, in linea con le prescrizioni del Regolamento 7 riguardo al progetto di invarianza idraulica e idrologica, dovrà essere effettuata con riferimento alla curva di possibilità pluviometrica con tempo di ritorno 50 anni indicata nel Documento Semplificato del Rischio Idraulico comunale e cioè:

Tr=50 anni	$h = 56.42\ T^{0,274}$	Per piogge comprese tra 1 e 24 ore
Tr=50 anni	$h = 56.42\ T^{0,434}$	Per piogge inferiori a 1 ora

   Il progetto delle fognature con Tr=50 anni porterà ad un sovradimensionamento dei diametri rispetto al consueto riferimento Tr=10 anni che potrà utilmente essere considerato nel calcolo del volume di laminazione.

6. Per tutti gli insediamenti collocati in "area ad elevata pericolosità idraulica", si prescrive come condizione di sostenibilità ed adeguamento, che, in fase di trasformazione a qualsiasi titolo, sia predisposto uno studio di verifica dell'effettivo livello di pericolosità idraulica e vulnerabilità dell'ambito e di un suo congruo intorno. In tale studio saranno anche individuate le eventuali misure da mettere in atto per ridurre i possibili impatti (divieto di realizzazione di edifici su un unico piano, presenza di scale interne di collegamento tra il piano dell'edificio potenzialmente allagabile e i piani superiori, divieto di realizzazione di vani interrati o seminterrati, innalzamento piano di calpestio, barriere di protezione, altro…) e le eventuali misure mitigative (terrapieni di contenimento, ecc..) da adottare per assicurare condizioni di sicurezza idraulica.

2. INTERVENTI TIPO PER LA GESTIONE DIFFUSA DELLE ACQUE METEORICHE

Quelli che seguono sono interventi e soluzioni a cui fare riferimento durante la progettazione degli interventi di trasformazione del suolo o del territorio già urbanizzato; la loro finalità, in linea con gli obiettivi del Regolamento 7 e delle s.m.i., è quella di aumentare l'infiltrazione nel terreno e di accumulare acqua durante l'evento meteorico per ridurre le portate recapitanti nei ricettori finali.

Alcune o tutte le soluzioni proposte potranno essere recepite nel Regolamento Edilizio comunale.

2.1. REGOLAZIONE DELLE PORTATE

2.1.1. Divisione reti fognarie

Tutte le reti fognarie dovranno essere separate, ossia composte da un sistema maggiore per acque bianche non contaminate (ABNC) ed un sistema minore, costituito dalle reti fognarie per le acque nere e le acque bianche contaminate (ABC).

2.1.2. Condotte sovradimensionate

Uno dei principi base per il mantenimento degli equilibri idraulici di una zona riguarda la gestione dei volumi di laminazione. Con l'incremento sempre maggiore delle aree impermeabili si rendono necessari volumi sempre maggiori in spazi sempre più ridotti per via dell'incremento del consumo di suolo.
Alla luce di queste considerazioni, la ricerca dei volumi di laminazione deve essere concentrata in diversi piccoli interventi piuttosto che nella realizzazione di grandi opere, soprattutto in territori in cui ci si può affidare completamente alla sola infiltrazione nel terreno. Buona pratica realizzativa per muovere in questa direzione è la posa di condotte sovradimensionate rispetto a quanto sarebbe sufficiente allo scolo e al trasporto delle acque stesse. Si ricaveranno, quindi, i volumi necessari alla laminazione all'interno delle tubazioni stesse mitigando la necessità dimensionali delle grandi opere d'invaso.
Aumentando la dimensione delle condotte si otterrà ovviamente una riduzione della velocità di scorrimento con conseguente deposito di materiale all'interno. Per mantenere il sistema in piena efficienza si renderanno necessarie periodiche operazioni di pulizia.

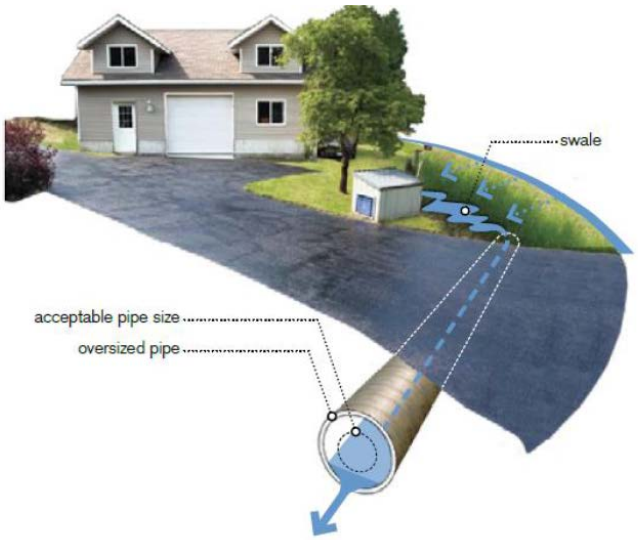


Figura 1. Schema esemplificativo

2.1.3. Manufatti di regolazione dello scarico

Il mantenimento dei principi di invarianza idraulica richiedono il controllo delle portate confluite verso i ricettori finali con conseguente aumento della necessità d'infiltrazione o di accumulo delle acque in eccesso. Indipendentemente dal metodo di raccolta, lo scarico richiederà di essere regolato mediante manufatti appositamente tarati o progettati.

L'obiettivo in fase di scelta e progettazione dei sistemi da impiegare è necessario che vada nella direzione richiesta dai principi d'invarianza idraulica e per tanto si rende necessario garantire il mantenimento, l'infiltrazione e solo alla fine lo scarico. Si riporta di seguito una raccolta di alcuni metodi che possono essere utilizzati e che verranno successivamente affrontati nel dettaglio. Oltre a questi vi è ovviamente l'installazione di sistemi di pompaggio nel caso di portate basse, manufatti di sfioro e parzializzazione degli scarichi e ogni altra opera tratta di letteratura fognaria.

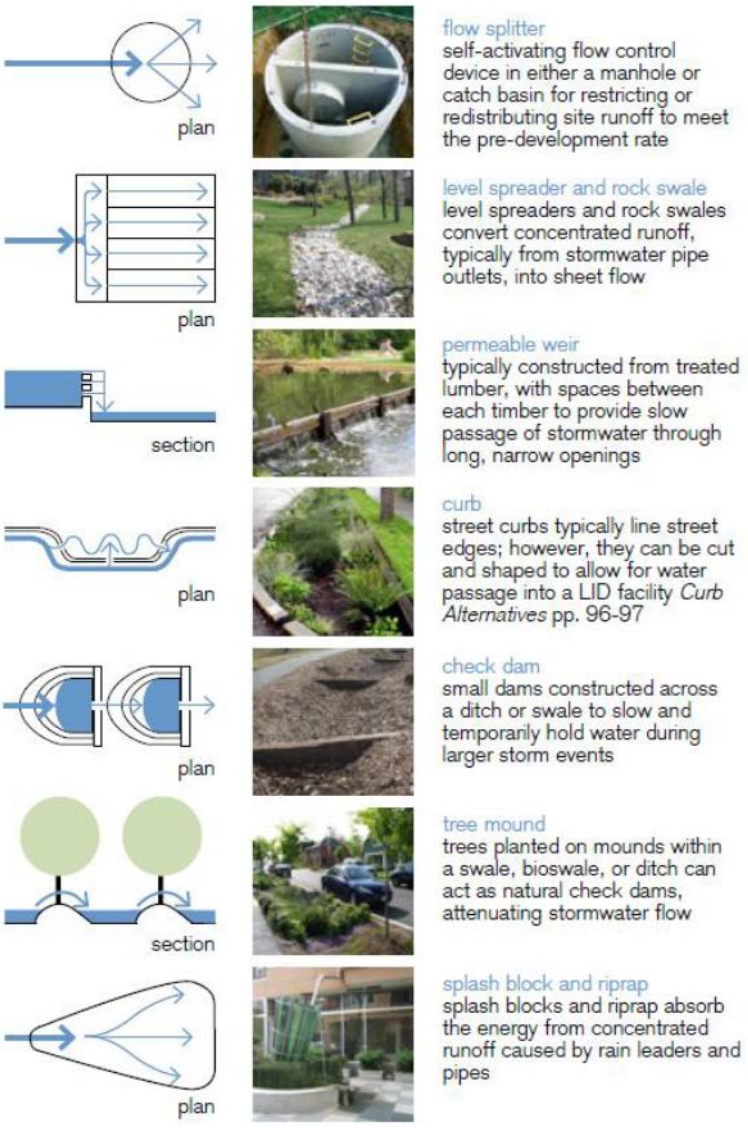


Figura 2. Metodi di regolazione delle portate

2.2. LAMINAZIONE

2.2.1. Bacini di espansione

I bacini di espansione sono opere idrauliche che vengono realizzate per ridurre la portata durante le piene di un corso d'acqua tramite lo stoccaggio temporaneo di parte del volume dell'onda di piena.
L'opera di presa è progettata in modo tale che al raggiungimento di un determinato livello del corso d'acqua, parte della portata venga fatta fluire all'interno del bacino artificiale di espansione, così che la portata del corso d'acqua sia ridotta della quantità che invece inonda il bacino di espansione. Il bacino artificiale di espansione è solitamente costruito in un territorio che presenta una conformazione tale dal ridurre al minimo le spese per la costruzione di opere di contenimento (argine).



Figura 3. Bacino di espansione

L'opera di scarico è posizionata nella parte a livello più basso della cassa, in modo da consentire il totale deflusso dell'acqua che viene accumulata durante gli eventi di piena.
Se realizzati con modalità integrate possono:

- essere inseriti efficacemente nel paesaggio sfruttando le naturali conformazioni del terreno quali anse, golene e limitando, oltre ai movimenti terra, l'infrastrutturazione delle opere di presa e rilascio
- assicurare anche funzioni di fitodepurazione
- garantire la presenza di aree umide permanenti tali da assicurare l'insediamento di vegetazione igrofila e della correlata fauna, attraverso la differenziazione dei livelli di invaso previsti in differenti aree del bacino.
- sviluppare la funzione fruitiva dell'area o di porzioni di essa. Tale opportunità dovrà essere valutata in relazione alla necessità di non interferenza con la fauna (per esempio nei periodi di

nidificazione), per cui potrà essere necessario scegliere se e dove realizzare strutture di accesso e avvicinamento all'area umida e al bacino.

A seconda delle necessità e della disponibilità di spazio potranno essere realizzati piccoli invasi oppure vere e proprie aree di espansione, che però risultano più complesse da realizzare, da gestire ed da inserire sostenibilmente nel paesaggio.

Realizzando manufatti di scarico ad hoc si possono ottenere volumi di invaso e portate di scarico adatte a tempi di ritorno variabili, rendendo la struttura adatta ad essere fruita in maniera diversa nel corso del tempo. Si ha quindi un'opera elastica seppur richieda una periodica manutenzione del fondo per taglio e sfalcio oltre che per rimozione del sedime depositato.

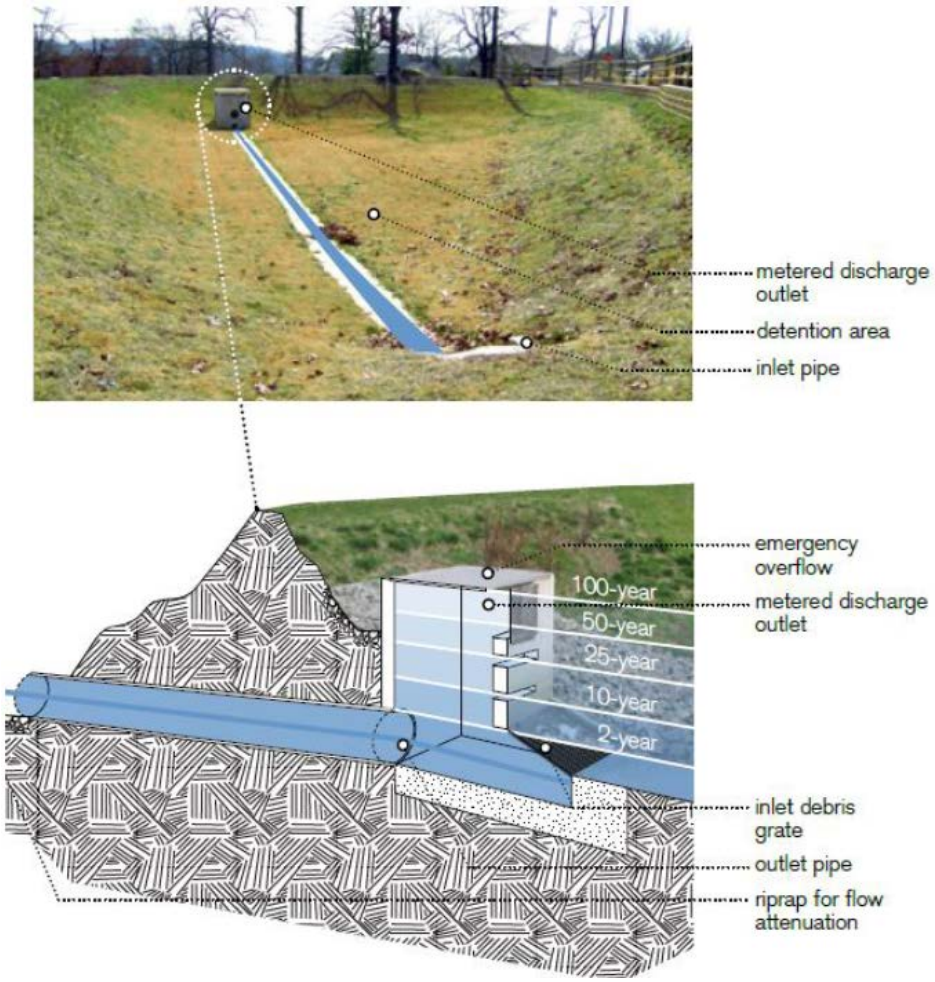


Figura 4. Corretta progettazione e manufatti di scarico

2.2.2. Vasche prefabbricate disperdenti

Le vasche disperdenti possono essere installate al di sotto di parcheggi o comparti stradali di nuove lottizzazioni. Gli elementi prefabbricati vengono assemblati per dar vita ad un vero e proprio sistema di accumulo sotterraneo con funzione di laminazione ed infiltrazione delle acque negli strati permeabili del terreno.

Questa scelta progettuale consente di ottenere dei volumi di laminazione decisamente significativi a fronte di una spesa mediamente significativa sia dal punto di vista realizzativo che manutentivo. Per via della conformazione dell'opera di accumulo, viene favorita al sedimentazione dei solidi sospesi e di conseguenza è richiesta la pulizia del fondo come apprestamento manutentivo necessario. Tale manutenzione viene ovviamente ridotta in maniera importante installando un filtro in ingresso, concentrando quindi le operazioni di pulizia solo in questa zona.

L'acqua accumulata all'interno delle cavità sotterranee viene smaltita per infiltrazione all'interno degli strati permeabili del sottosuolo e, contemporaneamente, mediante sistemi di tubazioni, parte del volume può essere smaltito in maniera controllata e direzionato alla fognatura. Nell'ottica di una corretta laminazione e nel rispetto dell'invarianza idraulica, la tubazione di scarico può essere dotata di appositi strumenti atti alla regolazione delle portate in uscita.

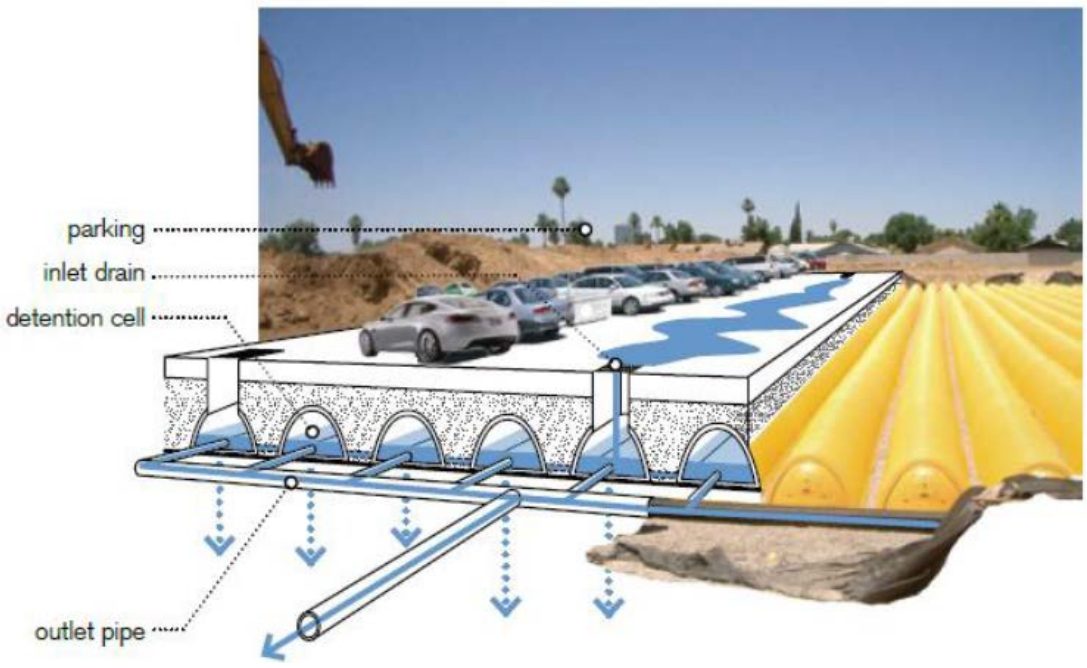


Figura 5. Schema di funzionamento Vasche disperdenti

2.2.3. Fossi disperdenti

I fossi disperdenti richiamano nella funzionalità le trincee drenanti ma consentono una maggior funzione di laminazione e infiltrazione delle acque. Posti ai lati delle strade e collegati al ricettore finale (o ad altre strutture di drenaggio urbano, quali i bacini di ritenzione ad esempio), consentono la laminazione di volumi generalmente modesti dovuti principalmente alla bassa pendenza delle sponde (3:1 o minore). La bassa pendenza delle sponde contribuisce al miglioramento della qualità delle acque prendendo in prestito la funzione di filtrazione e sedimentazione delle fasce filtro, ma contemporaneamente rende il sistema dipendente dalla manutenzione del verde e dalla verifica di eventuale erosione delle sponde. Lungo il corso d'acqua possono essere posti piccoli sbarramenti per favorire il rallentamento dei flussi, l'accumulo e la sedimentazione del materiale trasportato. Questi sbarramenti possono essere in legno o pietra per un corretto inserimento paesaggistico oppure cemento o altri materiali più impattanti. Queste strutture devono presentare una buona permeabilità in modo da favorire l'infiltrazione delle acque nel sottosuolo ed è quindi utile e buona pratica installare sul fondo dello strato superficiale un tubo forato per la trasmissione e infiltrazione delle acque.

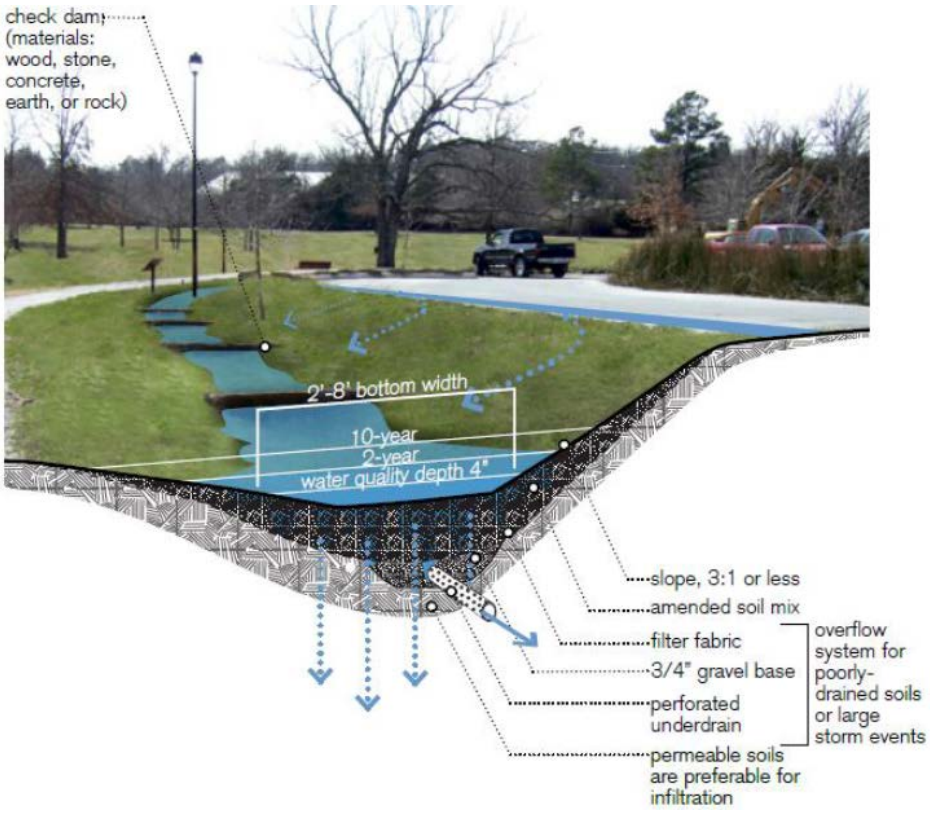


Figura 6. Schema tipo di fosso disperdente

Gli invasi possono arrivare a coprire tempi di ritorno fino ai 10 anni e garantire quindi una riduzione delle portate convogliate ai ricettori finali.

2.3. ACCUMULO E RITENZIONE

I sistemi di accumulo e ritenzione possono essere depressioni o impianti progettati per trattenere il ruscellamento dalle superfici impermeabili, consentendo il deposito dei sedimenti e degli inquinanti associati. L'acqua conservata può essere drenata lentamente in un corso d'acqua vicino, utilizzando anche una struttura di controllo dell'emissione per regolarne la portata. Tali sistemi possono fornire benefici per la qualità delle acque grazie alla filtrazione fisica che rimuove solidi/sedimenti intrappolati, all'assorbimento nel suolo circostante o al degrado biochimico degli inquinanti. Possono fornire vantaggi relativi ai servizi ricreativi ausiliari e anche alla riduzione dei volumi d'acqua da confluire ai ricettori finali.

2.3.1. Bacini di accumulo e ritenzione

I bacini di accumulo e ritenzione funzionano in maniera molto similare ai bacini di laminazione descritti in precedenza. La grossa differenza risiede nell'importanza della struttura: se per i bacini di laminazione possono essere realizzate anche piccole strutture di volumi modesti, per quelli d'accumulo e ritenzione si considerano volumi molto maggiori. Questi bacini sono veri e propri laghetti che possono anche svolgere funzione di fitodepurazione e presentano un livello di acqua permanente.
La funzione di laminazione si ottiene sovradimensionando il bacino rispetto al livello minimo permanente in modo da avere sempre un volume libero pari a quello richiesto per la riduzione delle portate di picco calcolate con tempi di ritorno superiori a 100 anni.

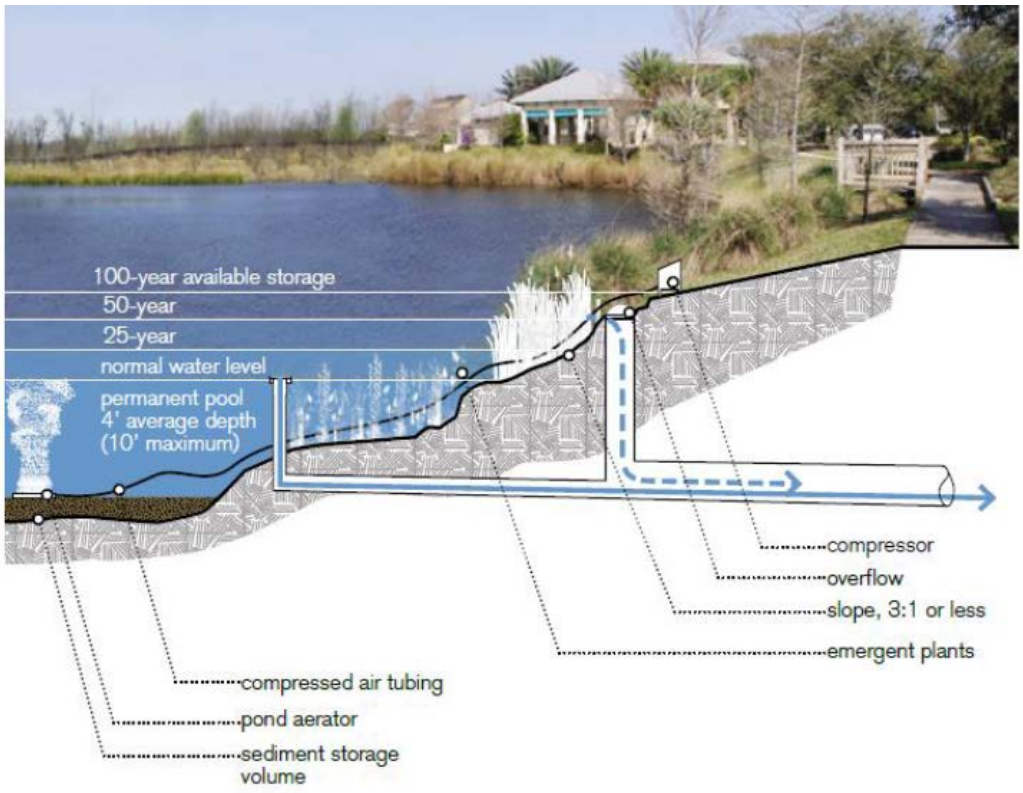


Figura 7. Laghetto di accumulo e ritenuta

Al fine di ottenere l'invaso e la ritenzione delle acque, il terreno deve presentare caratteristiche di scarsa permeabilità. Per lo svuotamento delle acque di picco accumulate sono installate apposite tubazioni di scarico poste a livelli precisi, in relazione ai volumi d'accumulo calcolati secondo i tempi di ritorno. Tali scarichi, normalmente, sono posizionati al limite minimo permanente delle acque e, mediante una tubazione di maggior portata, al livello d'acqua corrispondente ad un tempo di ritorno di 50 anni. In questo modo si avrà uno svuotamento rapido dei volumi accumulati durante eventi decisamente importanti e uno svuotamento più lento e meno impattante per flora e fauna dei livelli che vengono raggiunti più frequentemente, dovuti ad eventi minori.

2.3.2. Impianti di captazione, filtro e accumulo acque delle coperture.

L'acqua piovana proveniente dai tetti o dalle superfici impermeabili può essere raccolta e temporaneamente accumulata in cisterne che possono permettere di ridurre e ritardare gli effetti del deflusso in concomitanza di un evento meteorico intenso, oltre che di conservare la risorsa idrica e riutilizzarla in seguito per scopi non potabili (per esempio a scopo irriguo)

L'effetto di laminazione della cisterna e la sua capacità di accumulo sono direttamente proporzionali alla sua dimensione. Sia le cisterne di raccolta più grandi che quelle domestiche possono essere interrate oppure posizionate fuori terra, a seconda dello spazio disponibile e dell'impatto visivo conseguente alla loro installazione. Le cisterne domestiche sono più piccole ed economiche e normalmente raccolgono solo le acque pluviali di caduta delle grondaie dei tetti, mentre verso le cisterne sotterranee generalmente possono altresì convergere le acque di dilavamento delle superfici impermeabili quali cortili o giardini.



Figura 8. Cisterne sotterranee, in serie

Le cisterne possono essere suddivise quindi in due categorie principali:

- Cisterne superficiali
- Cisterne sotterranee

Le cisterne superficiali vengono installate fuori terra e il loro volume è spesso vincolato dallo spazio disponibile. Sono in grado di invasare anche grandi volumi di acqua che tuttavia, in assenza di sistemi di pompaggio, devono provenire da superfici drenate poste a quota superiore all'altezza di massimo riempimento.

Le cisterne sotterranee sono poste sotto il piano campagna ad una distanza che dipende principalmente dal volume di acqua che si vuole immagazzinare e dalla destinazione della superfice sovrastante. Generalmente la quota del fondo della vasca oscilla tra un minimo di 2 m un massimo di 6 m sotto il piano campagna e lo spessore del terreno di ricoprimento è di circa 2 m. Il volume necessario per ridurre entro i limiti del regolamento le portare defluite al corpo ricettore per i climi tipici nelle nostre latitudini oscilla dai 30 ai 90 l/m² di superficie scolante.

Le acque meteoriche convogliate nelle cisterne devono essere preventivamente trattate a seconda che provengano da tetti oppure da altre superfici. La cisterna deve disporre di un dispositivo di bypass in grado di deviare l'acqua in ingresso nel caso di completo riempimento. Per sicurezza deve inoltre essere presente uno scarico di troppo pieno; nel caso questo sia collegato alla fognatura deve essere provvisto di un sifone affinché i gas fognari non risalgano al serbatoio. Vi deve essere quindi uno scarico di fondo per effettuare lo svuotamento e la pulizia della cisterna. Il tubo di immissione deve essere correttamente posizionato al fine di evitare di creare turbolenze all'interno del serbatoio. Deve essere installata una valvola per impedire il ritorno dell'acqua dalla fognatura. Occorre inoltre dimensionare correttamente i pluviali e tutto il sistema idraulico in modo che sia in grado di recapitare la portata di progetto derivante dalla superficie drenata. Il serbatoio deve essere ispezionabile e dotato di chiusura che permetta lo sfiato dell'aria. Nel caso di riuso in loco la cisterna deve disporre di una pompa di immissione galleggiante in modo da aspirare solo l'acqua più pulita.
Questi sistemi sono in grado di accumulare volumi d'acqua che variano tra i 300 e i 15'000 litri per le soluzioni superficiali, e tra i 750 e i 35'000 litri per le sotterranee. In commercio sono presenti tipologie di serbatoio dall'ottima valenza architettonica ed estetica, oltre che i classici accumuli in materiale plastico.



Figura 9. Serbatoi di accumulo casalingo, superficiali. Circa 1'000 litri

È fondamentale la presenza e il corretto funzionamento del sistema di pretrattamento delle acque (esempio filtrazione del materiale grossolano del flusso in ingresso alla cisterna) al fine di non recare danni o malfunzionamenti a tutto il sistema idraulico.
In termini di manutenzione, una volta realizzate non necessitano di interventi sistematici se non di una pulizia periodica dei sedimenti accumulati ed un controllo di funzionamento degli eventuali organi di regolazione e pompaggio.

2.3.3. Vasca volano interrata

Le vasche volano sono opere che permettono l'accumulo temporaneo in caso di eventi meteorici. Generalmente sono costituite da un comparto destinato a contenere le acque di prima pioggia ed un comparto destinato a contenere le acque di seconda pioggia. Le prime corrispondono al primo dilavamento delle superfici e per il loro carico inquinante vengono veicolate, a fine evento meteorico, verso la depurazione. Le seconde per le loro caratteristiche qualitative possono essere smaltite ad un recapito diverso dalla fognatura, in questo caso la vasca ha una vera e propria funzione di laminazione delle portate prima dell'avvio allo scarico verso il recettore.
Oltre ad asservire alla funzione di laminazione di volumi significativi, la vasca volano favorisce la sedimentazione dei solidi sospesi. Questo punto a favore richiede ovviamente una periodica pulizia del fondo ed è auspicabile l'installazione di un sistema di lavaggio.

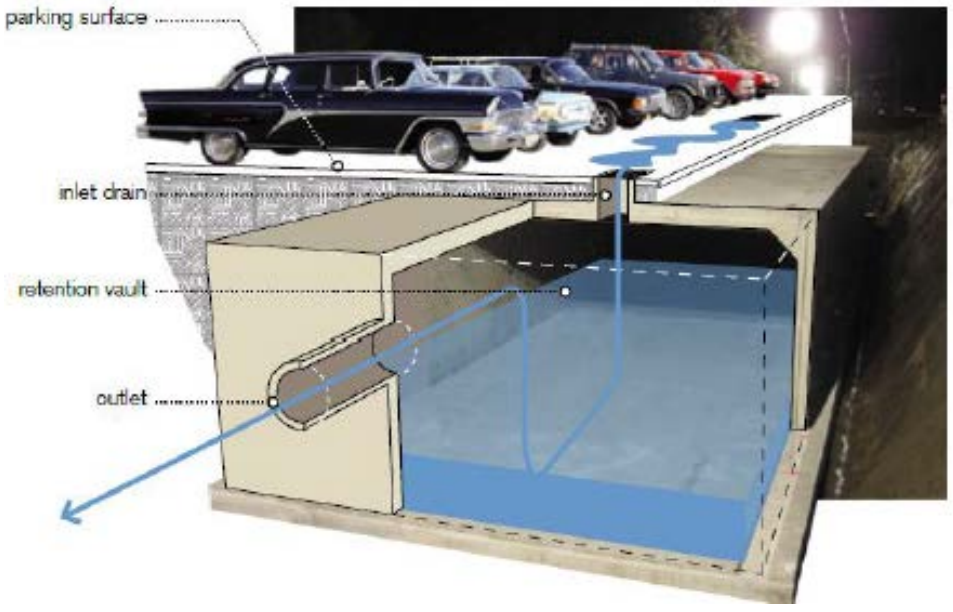


Figura 10. Schema esemplificativo

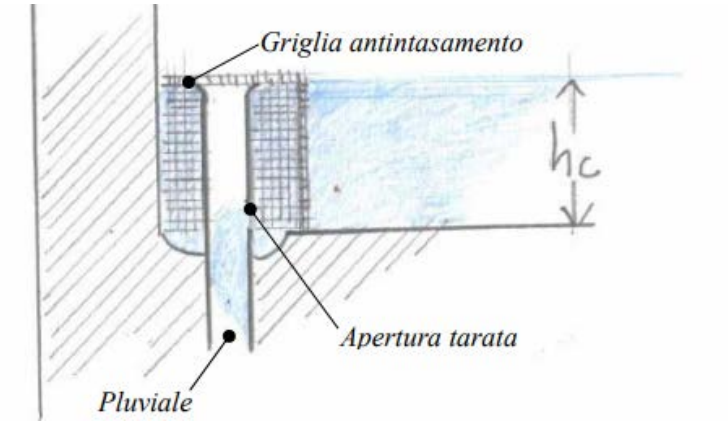
2.3.4. Invasi integrati nelle coperture

Mediante l'innalzamento delle murature di contenimento, si possono realizzare volumi d'invaso utili alla riduzione delle portate scaricate.

Al fine di realizzare un volume di laminazione integrato nella copertura degli edifici, è necessario che la copertura stessa sia dotata di sistemi di scolo tali da scaricare complessivamente una portata massima proporzionale alla superficie della copertura.

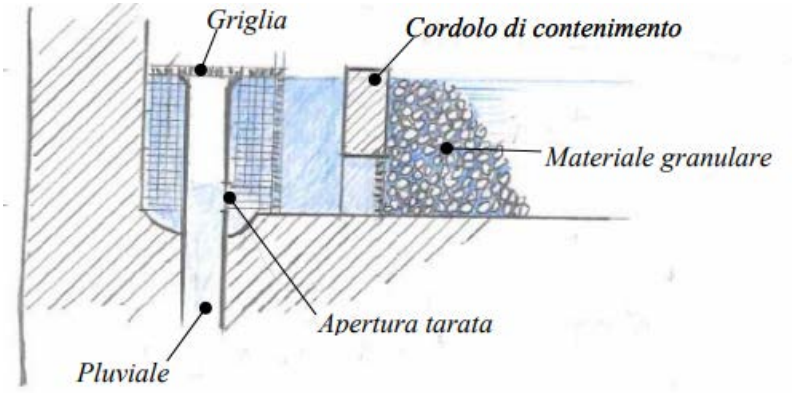
Possono essere realizzati invasi nelle coperture del tipo "a cielo aperto", "a cielo aperto filtranti" e "a verde".

Nel primo caso la copertura scola nei pluviali attraverso aperture tarate in relazione alla portata uscente. In ogni pluviale dovrà scolare una portata massima proporzionale alla superficie della copertura di pertinenza del pluviale considerato.



Un sistema di questo tipo richiede, oltre ad una corretta progettazione preliminare, la verifica periodica del funzionamento e, approssimativamente dopo ogni evento meteorico, la pulizia del piano e della griglia oltre che delle aperture dei pluviali.

Al fine di ridurre le manutenzioni periodiche, può essere installato il sistema "a cielo aperto filtrante". A monte della griglia e di un cordolo di contenimento, viene posato il filtro in materiale granulare che permetterà di trattenere buona parte dei sedimenti e dilazionare le manutenzioni nel tempo.

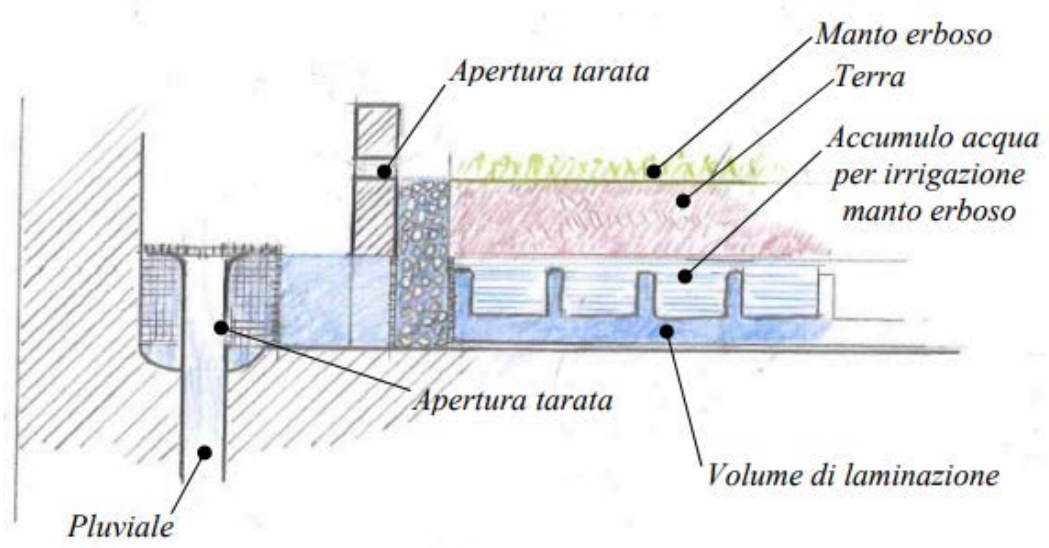


La terza e ultima tipologia è composto sostanzialmente da 3 strati sopra il coperto:

- un primo strato costituito da un elemento di materiale plastico con spazi costituenti un volume di accumulo dell'acqua al fine di irrigare il soprastante strato verde e con spazi costituenti un volume di laminazione;
- un secondo strato di terriccio;
- un terzo strato erboso.

Il volume di laminazione e quello d'invaso dipendono dalle caratteristiche funzionali del primo strato e andranno calcolate sulla base dei dati forniti dal produttore dell'elemento in questione.

Al fine di evitare che un'attenuata infiltrazione nel terreno riduca sensibilmente il volume di laminazione, il cordolo di contenimento del "pacchetto" sopra il coperto dovrà superare lo strato erboso di un'altezza che raggiunga l'altezza media massima dell'acqua eventualmente invasata sullo strato erboso. Tale cordolo dovrà inoltre essere dotato di aperture per permettere lo scolo delle acque in eccesso.



Quest'ultima soluzione è annoverabile tra le installazioni chiamate tetti verdi e richiede quindi delle manutenzioni adeguate alla vegetazione presente, oltre alle pulizie di griglie e pluviali.

2.4. FILTRAZIONE

Con la filtrazione si ottiene l'abbattimento dei solidi più fini, dei composti organici, della carica batterica e dei metalli. Si tratta di una soluzione tecnologica di facile inserimento nelle aree urbanizzate, efficace nella rimozione sia dei solidi sospesi e dei materiali flottanti sia degli inquinanti disciolti. Le aree di filtrazione hanno un facile accesso per la manutenzione e altrettanto facile è l'installazione.
Per contro, questi sistemi necessitano di un'elevata manutenzione ed sono soggetti a rischio di intasamento in coincidenza di elevate concentrazioni di solidi nelle acque di dilavamento o di una errata progettazione delle stesse. Possiedono un limitato abbattimento dell'azoto. Hanno un costo superiore alla tradizionale rete di raccolta, ma permettono di ottenere una buona qualità delle acque di dilavamento.

2.4.1. Fasce filtro

Un buon modo per evitare il trasporto dei sedimenti fino all'alveo del canale ricettore è l'utilizzo delle cosiddette fasce filtro. Si tratta di fasce di terreno inerbito o vegetato con pendenza modesta e con la funzionalità di convogliare le acque di dilavamento verso i fossi attenuandone l'energia di deflusso e trattenendo i sedimenti. La pendenza di queste aree dev'essere minore di 2:1 e non è necessario che siano molto permeabili. La loro funzione è quella di filtrazione e il terreno può anche presentare caratteristiche di bassa permeabilità.
Spesso poste ai bordi di strade o parcheggi, queste aree consentono di rallentare la corsa delle acque verso i canali e produrre quindi un effetto di spostamento temporale dell'alimentazione con conseguente miglioramento delle condizioni di piena.

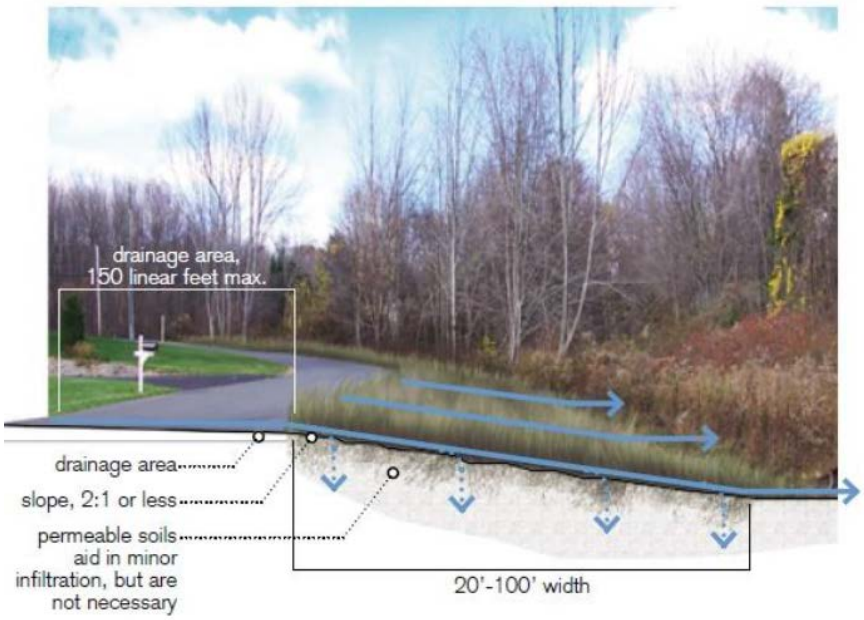


Figura 11. Fascia filtro semplice

Le fasce filtro possono essere realizzate singole (o semplici) oppure accoppiate ad altri sistemi (quali le fasce di vegetazione riparia) per realizzare strutture complesse e multifunzionali a protezione dei corsi d'acqua: le fasce tampone.



Figura 12. Fascia filtro in struttura complessa

Le fasce tampone vegetate sono misure infrastrutturali, rappresentate da fasce erbacee poliennali, siepi e fasce boschive, in grado di favorire l'infiltrazione delle acque di ruscellamento, di rallentare il flusso delle acque superficiali attraverso un'adeguata vegetazione, di trattenere i sedimenti erosi con il flusso d'acqua e di incrementare la biodiversità. L'azione delle fasce tampone è strettamente dipendente dal loro posizionamento e dimensionamento oltreché dalla loro gestione. Le fasce tampone devono essere preferibilmente localizzate vicino all'origine dei flussi di ruscellamento e dimensionate sulla base del regime idrico delle acque superficiali, della permeabilità e saturazione del suolo, della lunghezza del pendio e della pendenza del versante. Le fasce impiegate per trattenere le particelle di suolo erose possono avere dimensioni ridotte rispetto a quelle destinate ad intercettare acque di ruscellamento e contaminanti. Più di altre misure di mitigazione, la scelta e il posizionamento delle fasce tampone devono essere effettuati dopo aver eseguito un'attenta diagnosi per determinare il rischio di ruscellamento.

La vegetazione presente nelle fasce tampone (e nelle fasce filtro) richiede una attenta gestione, allo scopo di mantenere il manto erboso ad una altezza media di circa 10-15 cm. È necessario evitare i fenomeni di compattamento del terreno, limitando il più possibile il passaggio dei mezzi pesanti.

2.4.2. Filtri a sabbia interrati

Questi sistemi risultano applicabili in aree densamente urbanizzate, dove manchi lo spazio per altre tecniche di trattamento. Possono essere inseriti lungo il margine di una superficie impermeabile, come ad esempio un parcheggio. Si tratta di filtri a sabbia a due camere; la prima camera assolve la funzione di accumulo delle acque di prima pioggia e pretrattamento per la rimozione dei sedimenti; in essa è presente un livello d'acqua permanente. Tra la camera di sedimentazione e quella di filtrazione può essere inserito un diaframma per proteggere il filtro da oli e altri materiali di rifiuto.
Il letto filtrante ha una profondità variabile tra 45 e 60 cm; per limitarne l'intasamento è opportuno prevedere uno strato protettivo di ghiaia o di materiale geotessile permeabile. Questa camera è dotata di accessi per la manutenzione e di un sistema di tubazioni di drenaggio, che raccoglie le acque filtrate. Poiché si tratta di una struttura sotterranea, devono essere effettuate frequenti ispezioni e manutenzione. L'applicazione di questi sistemi è sconsigliata in zone in cui le acque di scolo contengano un elevato tenore di sedimenti; la superficie massima drenata deve essere inferiore a 2 ha, con un'area impermeabile minore di 0,5 ha.

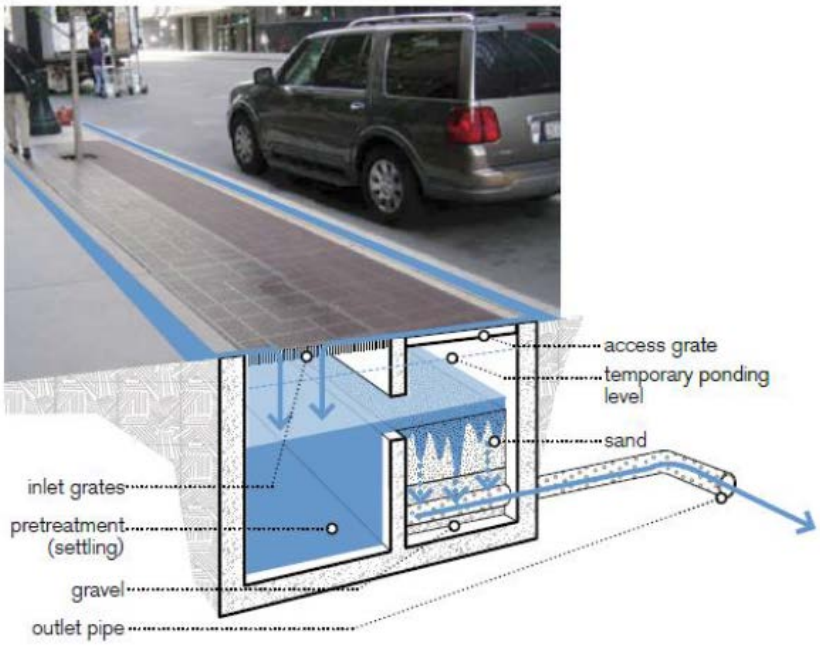


Figura 13. Filtro a sabbia, funzionamento

2.4.3. Filtro a sabbia a cielo aperto

Dove vi siano maggiori disponibilità di spazi da adibire a filtrazione delle acque, i filtri a sabbia possono essere del tipo “a cielo aperto”. Possono ricevere le acque in eccesso provenienti da altri sistemi di drenaggio urbano e provvedere ad una filtrazione accurata dei sedimenti e dei materiali inquinanti. Si tratta di vasche perdenti realizzate sovrapponendo due strati da circa 50 cm di sabbia grossolana e fine, separati da uno strato filtrante in tessuto non tessuto o altri materiali filtranti.

Le acque convogliate in queste strutture vengono filtrate dallo strato superiore (sabbia grossolana) e permeano fino allo strato inferiore dove un sistema di tubazioni drenanti raccoglie parte delle acque e le distribuisce in maniera uniforme. L’eccesso viene convogliato altrove, nel corpo ricettore, in fognatura o in altri sistemi di drenaggio urbano.

Questo tipo di filtri richiede un corretto dimensionamento in relazione alle portate da trattare per evitare che si presentino fenomeni di intasamento, compromettendone quindi la capacità filtrante e dispersiva.

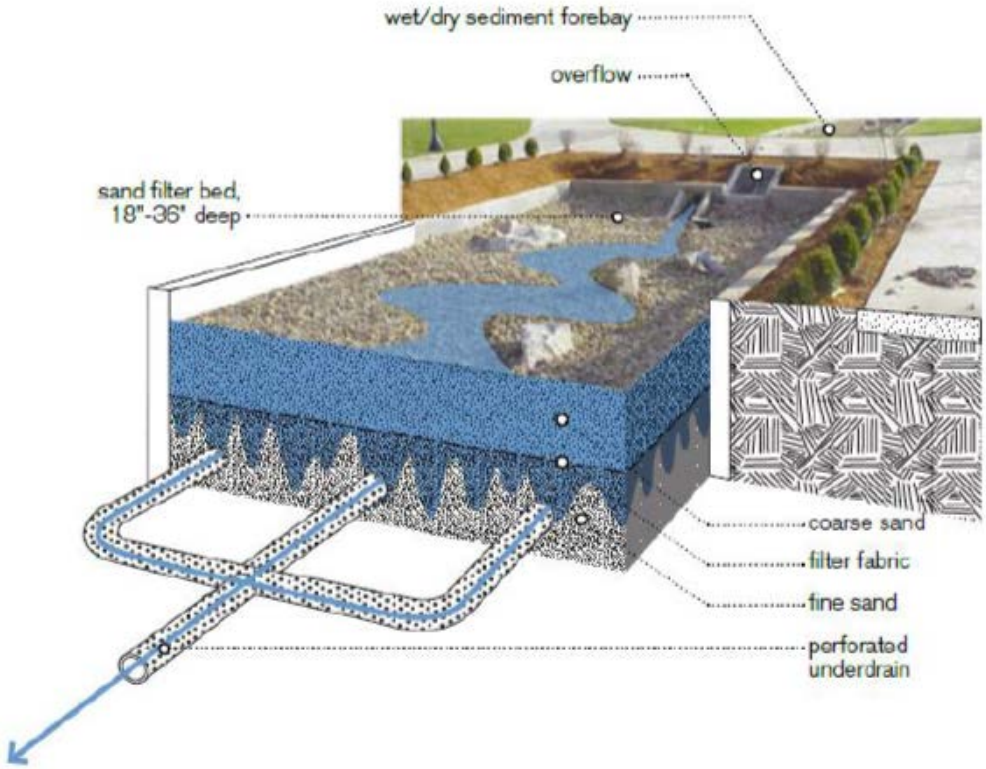


Figura 14. Schema tipo

2.4.4. Tetti verdi

Le coperture rinverdite, rispetto a quelle di tipo tradizionale, oltre a consentire il controllo qualitativo (filtrazione) e quantitativo (assorbimento, detenzione, evapotraspirazione) delle acque di pioggia, hanno il pregio di migliorare sotto l'aspetto ambientale ed estetico il contesto urbano in cui si inseriscono nonché aumentare l'assetto coibentante dell'abitazione e ridurre le dispersioni energetiche.

I criteri di progettazione sono essenzialmente collegati alla pendenza delle coperture (la situazione ottimale si ha con pendenze limitate o nulle) e alla la propensione e/o disponibilità da parte del proprietario all'esecuzione degli interventi di gestione e manutenzione delle coperture (irrigazione, concimazione, tagli, ecc.).
La riduzione dei deflussi dipende dalla pendenza delle coperture, dal substrato utilizzato, dalla struttura e dallo spessore degli strati, nonché dall'intensità e dalla durata della precipitazione.

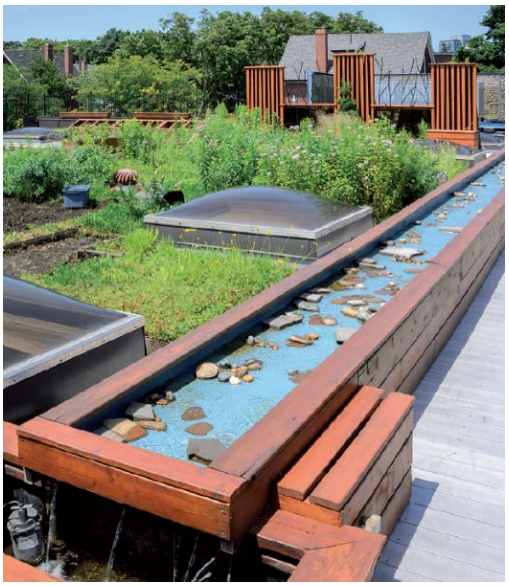


Figura 15. Esempio di tetto verde piano

In via approssimativa, i coefficienti di deflusso dei tetti verdi variano in relazione allo spessore del substrato utilizzato per il rinverdimento. **Un'analisi della letteratura ha mostrato che si possono ottenere anche valori del coefficiente di deflusso che arrivano fino a 0.25**.



Figura 16. Tetto verde in falda

In relazione alle caratteristiche tecnico-costruttive degli edifici ed agli usi previsti, si distingue tra rinverdimento estensivo e intensivi.

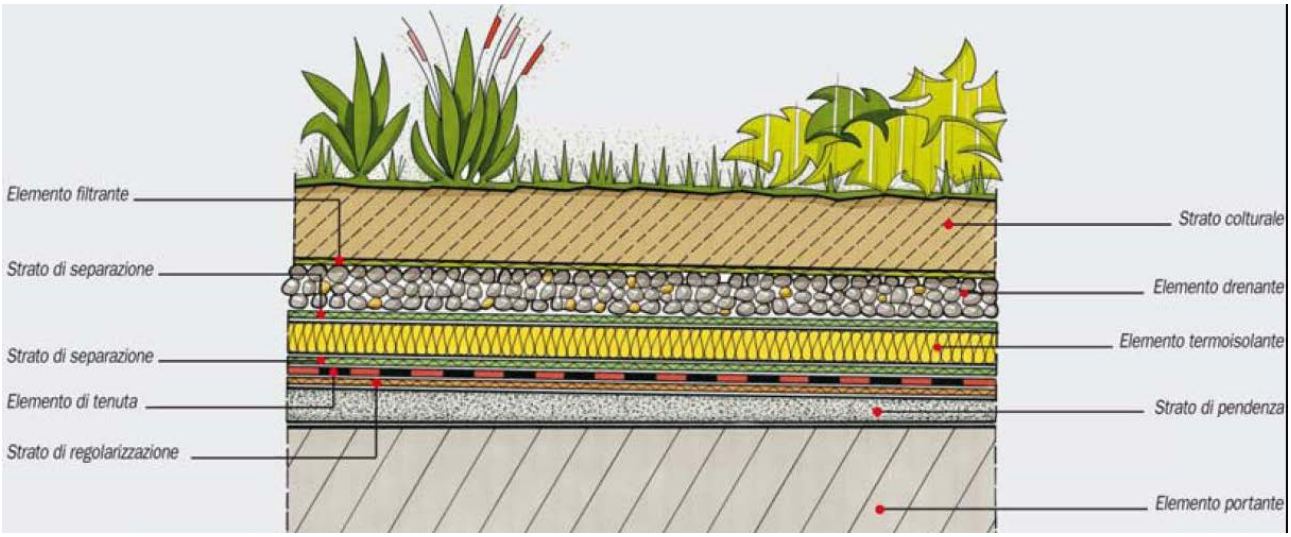


Figura 17. Tetto Verde Estensivo

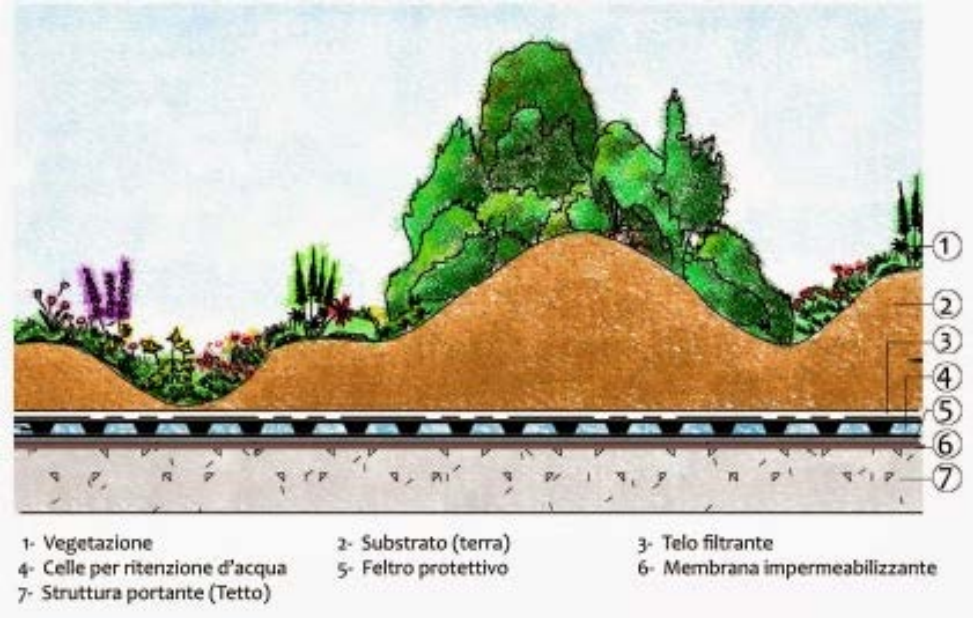


Figura 18. Tetto Verde Intensivo

I rinverdimenti estensivi sono sistemazioni prossime alle condizioni naturali, ampiamente in grado di mantenersi e svilupparsi autonomamente; lo spessore del substrato è pari a 2-10 cm e hanno una modesta spesa di manutenzione.

I rinverdimenti intensivi possono essere semplificati, con spessore del substrato compreso tra 10 e 20 cm e spese di manutenzione medie con la necessità di periodica irrigazione, oppure intensivi con substrato maggiore di 20 cm e spese di manutenzione alte anche in relazione alla presenza di piante erbacee alte, arbusti ed in qualche caso anche alberi.

In entrambe le tipologie, il substrato di coltivazione deve presentare elevata permeabilità e basso peso specifico. A titolo di esempio, un substrato per tetti verdi può essere composto dal 40% terreno di coltivazione, 30% terriccio vegetale e 30% da argilla espansa. Peso specifico medio di 2100 kg m-3.

Caratteristiche	Rinverdimento estensivo	Rinverdimento intensivo semplificato	Rinverdimento intensivo
Spessore del substrato	2 – 10 cm	10 – 20 cm	20-100 cm e oltre
Vegetazione	estremamente frugale e bassa (per es. *Sedum*)	piante erbacee alte tappezzanti	piante erbacee e legnose
Carico sul tetto	60-240 kg m ^{2}	180-300 kg m ^{2}	300-400 kg m ^{2}
Manutenzione	Minima	Media (sfalcio. irrigazione se necessaria)	intensiva; uso paragonabile a quello dei giardini

Figura 19. Caratteristiche fondamentali delle diverse forme di coperture rinverdite

Le coperture a verde pensile contribuiscono alla gestione delle acque piovane, riproducendo una varietà di processi idrologici associabili ai terreni naturali. Le piante catturano la pioggia, l'assorbono attraverso l'apparato radicale e favoriscono i processi di evapotraspirazione, riducendo così i volumi di deflusso. Il verde pensile è quindi particolarmente efficace nel caso di eventi intensi di breve durata ed è stato dimostrato che, in climi temperati, è in grado di determinare un dimezzamento annuale dei volumi di dilavamento.

Tuttavia se il drenaggio non viene correttamente dimensionato possono verificarsi problematiche di smaltimento delle acque. Le coperture devono quindi prima di tutto essere in grado di assolvere in modo impeccabile alle funzioni di captazione e deflusso delle acque piovane senza incorrere in allagamenti e infiltrazioni.

Le coperture a verde pensile riducono i picchi di deflusso dalle coperture durante gli eventi piovosi dilazionando nel tempo le acque di scorrimento grazie ad un effetto di detenzione. Questa caratteristica è descritta dal coefficiente di deflusso, ossia la percentuale di acqua che fuoriesce da un sistema rispetto a quella ricevuta, in un arco di tempo definito e in condizioni critiche per intensità di pioggia e saturazione di del sistema. Il coefficiente di deflusso viene quindi comunemente utilizzato per calcolare la quantità massima di acqua scaricata da una copertura. Una volta definita la quantità totale di acqua da smaltire verrà definito il numero ed il diametro nominale degli scarichi, seguendo la procedura UNI EN 12056-3:2001, distribuendoli omogeneamente sulla copertura. Occorre in particolare verificare che la capacità drenante del sistema sia adeguata facendo riferimento alle sezioni dove il drenaggio risulta più critico a causa della lunghezza o del coefficiente di deflusso complessivo più elevato.

Nei casi in cui gli enti pubblici definiscano un limite massimo della portata di scarico che è possibile immettere nei corpi riceventi sarà possibile utilizzare l'equazione razionale per definire la portata di scarico attesa dalla copertura a verde pensile.

2.4.5. Pareti verdi

Le pareti vegetate sono tipologie di rivestimento esistenti ed utilizzate per lo più per via degli effetti sulla regolazione della temperatura dell'edificio e presentano una scarsa rilevanza riguardo la gestione delle acque meteoriche.

Questi sistemi impiantistici muovono comunque nella direzione d'interesse idrico, seppur in scarsa misura, e sono da annoverare tra quelli utilizzabili. Mediante supporti ancorati alla struttura verticale, vengono installati singoli arbusti e relativi terreni. Questi sistemi modulari riescono ad assorbire parte delle acque piovane ma rimane la necessità d'irrigazione durante i periodi di secca.

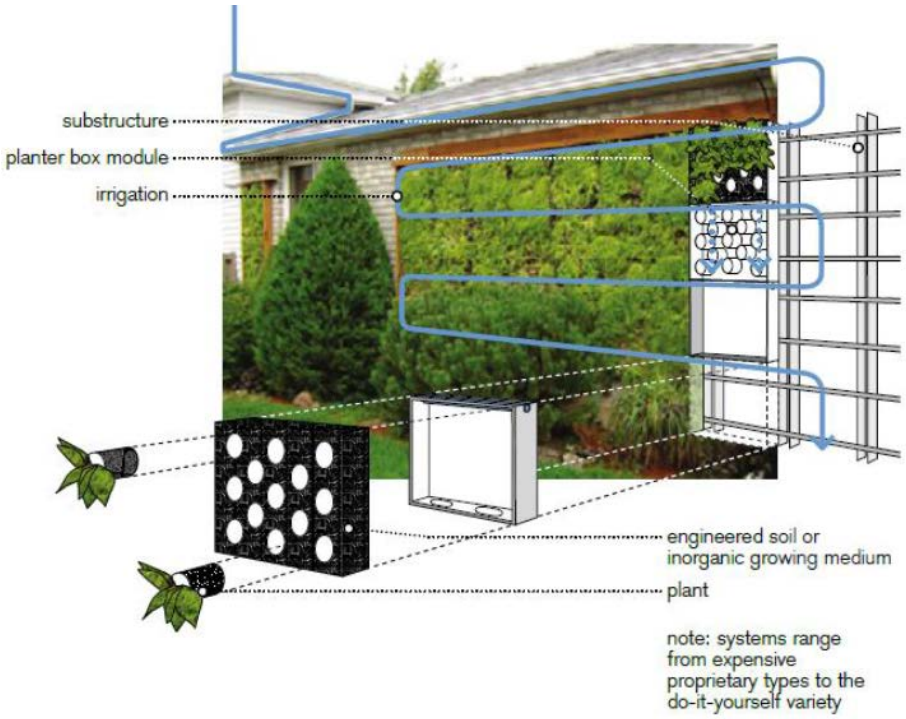


Figura 20. Esempio di struttura a Parete Verde

2.4.6. Sistemi modulari geocellulari

Si tratta di moduli plastici leggeri con struttura a nido d'ape a forma di parallelepipedo ottenuti mediante assemblaggio di fogli di PVC opportunamente sagomati mediante termoformatura. Il sistema di drenaggio consiste nell'assemblare questi pacchi modulari (in affiancamento e in sovrapposizione) per creare strutture interrate come ad esempio: vasche di infiltrazione (se avvolte da un geotessile); vasche di laminazione o accumulo (se avvolte da una geomembrana).

La distribuzione dell'acqua all'interno dei moduli è garantita da un tubo forato, avvolto da un geotessile e collocato in una trincea riempita di ghiaietto drenante. Per motivi logistico-costruttivi la tubazione può anche essere inserita al di sotto o al di sopra della vasca, all'interno di uno strato drenante in ghiaia.



Figura 21. Sistema modulare geocellulare

Le dimensioni tipiche delle unità attualmente in commercio hanno una lunghezza di circa 1.2 m, una larghezza che oscilla tra 0.6 e 0.8 m e una profondità che varia tra 0.4 e 0.6 m.
Il modulo è in grado anche di svolgere una parziale funzione di accumulo dell'acqua infiltrata che per le dimensioni citate pocanzi varia tra 100 e 500 l.
La percentuale dei vuoti media stimata del modulo supera il 90%.

Nel caso della preparazione di un bacino costituito da sistemi modulari geocellulari predisposti per l'infiltrazione in prossimità di un edificio, la distanza minima tra l'edificio ed il bacino deve essere di almeno 5 m.
Nel caso della preparazione di un bacino costituito da sistemi modulari geocellulari predisposti per l'infiltrazione la distanza minima tra la falda acquifera e la base del bacino deve essere almeno di 1 m.
La forma della struttura alveolare deve essere cubica in modo da poter facilmente applicare il geotessile e la membrana, agganciare i moduli fra loro ed avere una pressione omogenea del terreno sui moduli.
La scelta dell'altezza del bacino deve essere effettuata in funzione del tipo e della struttura del terreno e della destinazione d'uso dell'area sovrastante.

2.5. INFILTRAZIONE

La progettazione degli impianti d'infiltrazione deve tener conto soprattutto delle condizioni locali e dell'eventuale inquinamento delle acque meteoriche. Il suolo deve avere una permeabilità sufficiente e dev'essere garantito uno spessore di filtrazione almeno pari a 1 m prima che le acque raggiungano il livello medio massimo della falda acquifera (valore medio dei valori massimi relativi a più anni).

La realizzazione degli impianti per l'infiltrazione delle acque meteoriche è vietata nelle zone di tutela dell'acqua potabile e nei siti inquinati. Inoltre in alcuni casi è necessario mantenere una distanza di sicurezza da edifici vicini aventi muri interrati non impermeabilizzati.

Esistono diverse possibilità tecniche per realizzare impianti d'infiltrazione per acque meteoriche. Si distingue tra impianti d'infiltrazione superficiale e impianti sotterranei d'infiltrazione.
L'infiltrazione superficiale avviene tramite immissione superficiale delle acque meteoriche in superfici piane, in fossi o in bacini. In questi casi di regola l'infiltrazione avviene attraverso uno strato superficiale di terreno organico rinverdito (terreno rinverdito) che assicura una buona depurazione delle acque meteoriche. Per questo motivo dovrebbero essere impiegati, quanto possibile, sistemi d'infiltrazione superficiale attraverso terreno rinverdito.
Nei sistemi sotterranei d'infiltrazione l'acqua meteorica viene immessa in trincee d'infiltrazione o in pozzi perdenti. Questi sistemi hanno il vantaggio di avere un minore fabbisogno di superficie filtrante, però si perdono quasi tutti gli effetti depurativi perché non viene attraversato lo strato superficiale del terreno. Per questo motivo questi sistemi dovrebbero essere impiegati solamente per acque meteoriche poco inquinate, altrimenti dovrebbe essere previsto un pretrattamento delle stesse. Inoltre possono essere realizzati sistemi combinati d'infiltrazione accoppiando i sistemi d'infiltrazione superficiale ai sistemi sotterranei d'infiltrazione. Si possono ad esempio realizzare fossi di dispersione con sottostanti trincee d'infiltrazione.

2.5.1. Trincee infiltranti

Le trincee filtranti sono costituite da scavi riempiti con materiale ghiaioso e sabbia, realizzate con lo scopo di favorire l'infiltrazione dei volumi di run-off (attraverso la superficie superiore della trincea) e la loro successiva filtrazione nel sottosuolo (attraverso i lati e il fono della trincea).
Le acque filtrate nella trincea si infiltrano nel terreno sottostante: la trincea viene dimensionata in modo da ottenere uno svuotamento completo dalle 12 alle 24 ore successive alla fine dell'evento meteorico e quindi in funzione dei terreni esistenti nel sito di intervento.

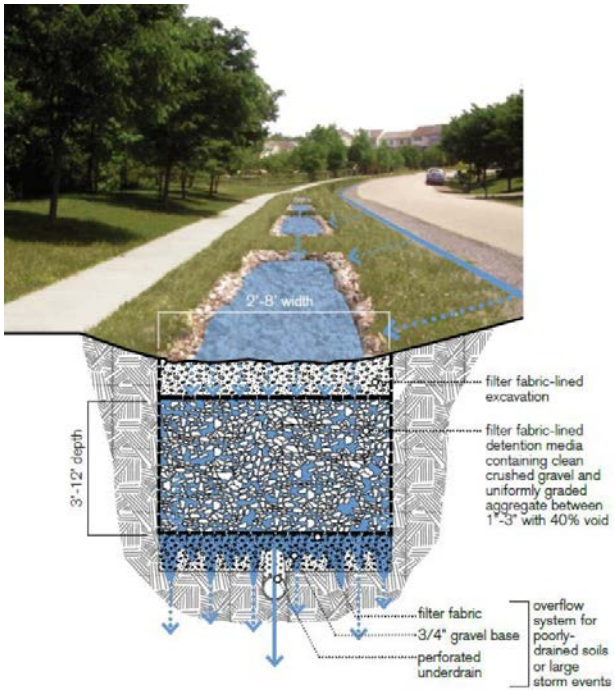


Figura 22. Schema tipo di trincea filtrante

Una trincea filtrante non ha solo la funzione di trattenere i volumi di run-off, ma contribuisce anche al mantenimento del bilancio idrico di un sito e alla ricarica delle falde sotterranee (l'efficienza depurativa del sistema deve essere tale da evitare rischi contaminativi).

Può essere presente anche un tubo forato (tubo di dispersione) per aumentare la capacità d'accumulo e per garantire una più regolare distribuzione delle acque lungo lo sviluppo della trincea. Le trincee possono essere riempite interamente con ghiaia senza essenze erbacee oppure possono essere riempite di ghiaia per la metà inferiore e di terreno estremamente permeabile nella parte superiore. La seconda tipologia può essere vegetata con la presenza di prato o tramite essenze vegetali erbacee ed arbustive ad alto valore decorativo.

Le trincee sono altresì in grado di rimuovere un'ampia varietà di inquinanti dalle acque di pioggia attraverso meccanismi assorbimento, precipitazione, filtrazione, degradazione chimica e batterica oltre che di contribuire al mantenimento del bilancio idrico di un sito e alla ricarica delle falde sotterranee (l'efficienza depurativa del sistema deve essere tale da evitare rischi di contaminazione).

Le trincee d'infiltrazione sono generalmente realizzate per l'accumulo dei deflussi dalle superfici impermeabili limitrofe ad esse ma possono inoltre essere realizzate per il convogliamento delle acque meteoriche in eccesso derivanti dai tetti verdi o dagli impianti per il recupero delle acque meteoriche.

Tale dispositivo è tuttavia inadatto in terreni caratterizzati da carsismo, a meno di eseguire accurate indagini geologiche e geotecniche, e in terreni fortemente argillosi a causa della loro scarsa permeabilità.

2.5.2. Pavimentazioni filtranti (parcheggi)

Le pavimentazioni filtranti o permeabili sono costituite da elementi modulari in cemento o stuoie di plastica rinforzata, caratterizzati dalla presenza di vuoti che vengono riempiti con materiale permeabile (come sabbia o ghiaia), in modo da permettere l'infiltrazione delle acque nel sottosuolo. Le pavimentazioni permeabili consentono la riduzione della superficie impermeabile di un sito e di conseguenza del volume delle acque di dilavamento.

Il loro utilizzo è particolarmente indicato in aree di parcheggio, pedonali e ciclabili oltre che in viali residenziali. Data la loro valenza estetica, possono essere impiegate sia nel caso di nuove urbanizzazioni che in interventi di manutenzione in sostituzione di vecchie pavimentazioni impermeabili.

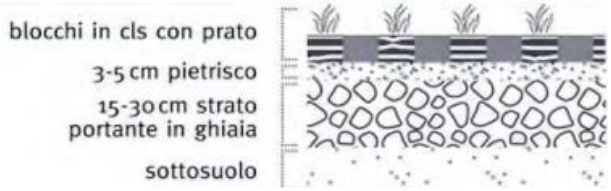
Ovviamente l'effettiva applicabilità di questo tipo di copertura dipende dalla permeabilità del suolo di sottofondo, che deve avere un contenuto di argilla inferiore al 30%

Grigliati in calcestruzzo inerbiti



Blocchi in calcestruzzo a nido d'ape o altre forme simili per funzionalità, riempite con terreno organico e inerbite. In queste realizzazioni, la percentuale di verde supera il 40%.

Adatti alla realizzazione di: parcheggi e strade d'accesso

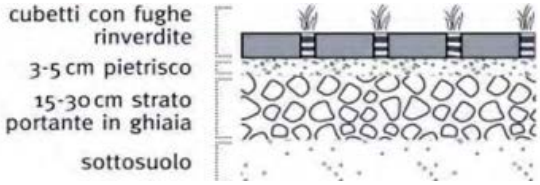


Cubetti o massetti con fughe larghe inerbite



La cubettatura viene realizzata con fughe larghe mediante l'uso di distanziatori. La percentuale di verde arriva fino al 35%.

Adatti alla realizzazione di: parcheggi, piste ciclabili o pedonali, cortili, spiazzi, strade d'accesso e stradine in genere.

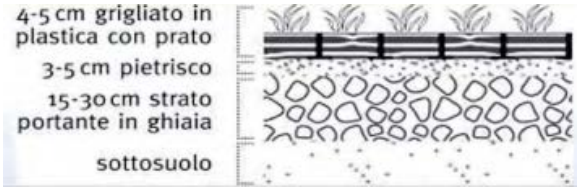


Grigliati plastici inerbiti



Sono grigliati in materiale plastico che vengono necessariamente riempiti con terreno organico e successivamente inerbiti. La percentuale di verde supera il 90%.

Adatti alla realizzazione di: parcheggi e strade d'accesso.

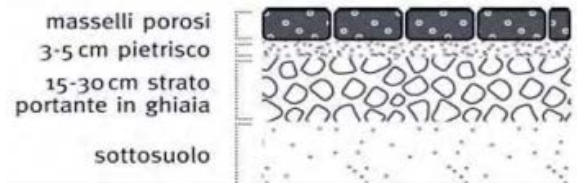


Masselli porosi



La posa dei masselli porosi può essere realizzata in sabbia o ghiaietto. La porosità dei masselli e dei riempimenti delle fughe permette l'infiltrazione delle acque.

Adatti alla realizzazione di: stradine, strade e piazzali poco trafficati, piazzali mercato, parcheggi, piste ciclabili o pedonali, cortili, terrazze, strade d'accesso o stradine in genere.



Con tali elementi drenanti, se viene eseguita un'idonea progettazione dei sottofondi, è possibile eseguire urbanizzazioni prive dei tradizionali sistemi di raccolta delle acque meteoriche con notevoli risparmi in termini economici immediati (minori costi di urbanizzazione) e nel lungo periodo (minori costi di manutenzioni).

In particolare le pavimentazioni permeabili possono essere utilizzate per la realizzazione di percorsi pedonali e ciclabili, per aree destinate a parcheggio, o per i piazzali antistanti i singoli stabilimenti, purché dotati di pozzetti disoleatori. Numerosi sono i vantaggi derivanti dall'utilizzo delle pavimentazioni permeabili:

- assorbono con semplicità le acque meteoriche e le distribuiscono nel substrato in modo naturale e su un'ampia superficie ("effetto prato");
- garantiscono il mantenimento delle falde acquifere in quanto alimentate in modo più naturale, adeguato e costante;
- eliminano i fenomeni di ruscellamento superficiale con benefici in termini di sicurezza stradale durante gli eventi meteorici;
- creano un "microclima favorevole" in quanto non formano uno strato impermeabile e permettono alla terra di "respirare" accumulando meno calore durante l'esposizione al sole e conseguentemente irraggiando meno calore al tramonto;
- migliorano la qualità del vivere nel rispetto dei principi base della bioedilizia;
- necessitano di poca manutenzione e hanno una lunga durata;
- nel caso di manutenzioni al sub-strato o ai sottoservizi non si vengono a creare i tipici rattoppi superficiali delle pavimentazioni in asfalto;
- le pavimentazioni drenanti non pregiudicano il trattamento delle acque meteoriche di prima pioggia.

2.5.3. Pavimentazioni stradali drenanti

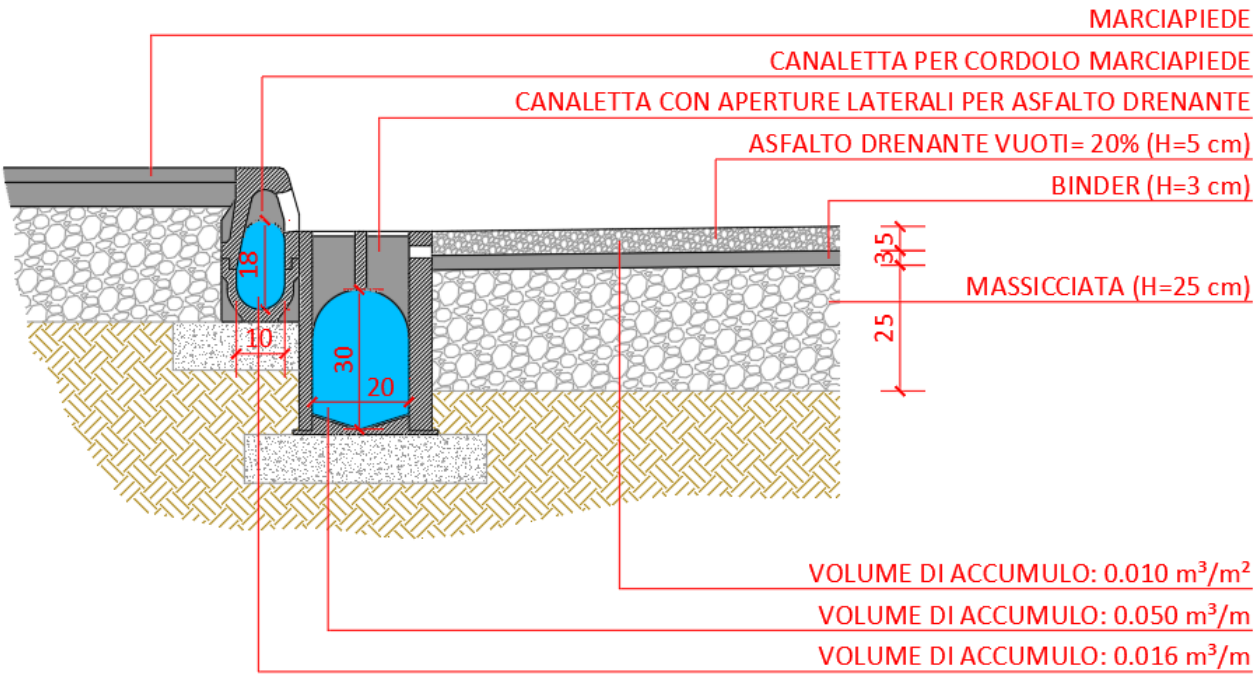
La pavimentazione delle strade è generalmente realizzata con una stratigrafia, dal basso verso l'alto, così formata: fondo da 25-30 cm di massicciata in tout-venant rullato, strato di collegamento da 5 cm di binder e tappeto d'usura di altezza 2-3 cm.

Il manto stradale bituminoso risulta quindi impermeabile all'acqua.

La sua sostituzione con uno strato drenante permette di sfruttare i vuoti presenti nel nuovo asfalto (minimo 20%) come volume di laminazione.

Per non compromettere la capacità portante della pavimentazione deve comunque essere mantenuto uno strato di binder impermeabile (per evitare il dilavamento delle particelle fini verso il basso) e create delle canalette laterali per accogliere l'acqua drenata dall'asfalto permeabile.

Si riporta di seguito il particolare costruttivo.



2.5.4. Fascia di vegetazione riparia

Le fasce tampone vegetate sono delle particolari fasce di vegetazione riparia (arborea, arbustiva o erbacea) che possono essere presenti naturalmente lungo i corsi d'acqua oppure essere realizzate ad hoc anche lungo i reticoli idrografici artificiali (canali di scolo, irrigui, fossi, scoline).

Le fasce di vegetazione riparia rappresentano zone di transizione che separano gli ecosistemi terrestri da quelli acquatici, caratterizzate da frequenti inondazioni e da falde acquifere che permangono per lunghi periodi in prossimità della superficie. Il regime idrologico diventa, quindi, il principale fattore di identificazione di tali zone, in quanto risulta fondamentale nel mantenimento della struttura di questi ecosistemi e nel garantire i processi alla base della loro funzione ambientale, svolta attraverso la loro capacità di modificare le caratteristiche chimico-fisiche del suolo e dell'acqua superficiale e sotterranea, come pure di strutturare la componente biologica presente. A sua volta, l'idrologia di queste zone viene attivamente influenzata dalla presenza delle fasce tampone. La vegetazione riparia, infatti, contribuisce ad aumentare la scabrezza della superficie del suolo, rallentando i flussi superficiali ricchi di sedimenti, favorendo l'infiltrazione e la permanenza dell'acqua nel terreno e captando i diversi inquinanti presenti nelle acque di ruscellamento e nei deflussi subsuperficiali.

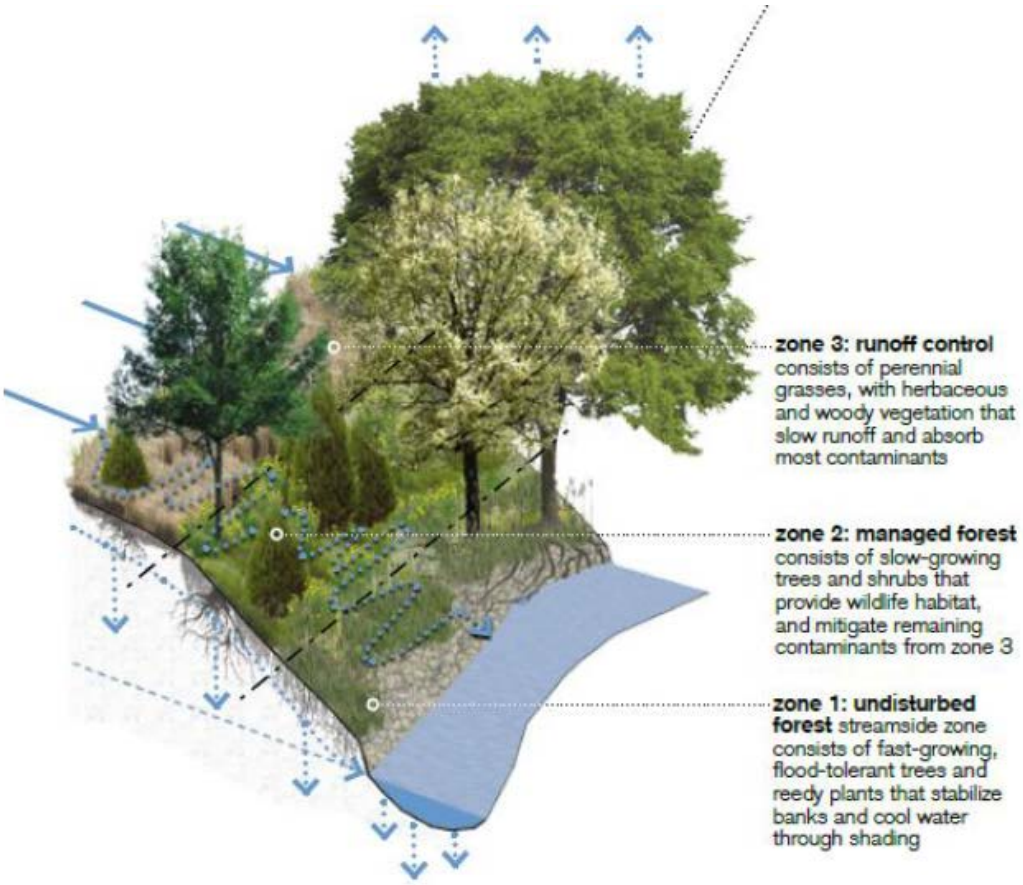


Figura 23. Schema esemplificativo

Tali ambienti, in certe condizioni, possono quindi funzionare come filtri naturali, in quanto contribuiscono a ridurre l'apporto di sostanze inquinanti di origine antropica nelle acque superficiali e sotterranee, da cui la definizione di "fasce tampone". L'interesse verso le fasce tampone vegetate nasce prioritariamente dalla loro capacità di rimuovere i nutrienti (azoto e fosforo), provenienti dai suoli agricoli e presenti nelle acque sotterranee e di ruscellamento. Più recentemente si è anche investigato sul ruolo delle fasce tampone nell'attenuare la contaminazione delle acque da parte di altre sostanze, quali i fitofarmaci.

2.5.5. Rain garden

Si tratta di aree verdi, solitamente vegetate e caratterizzate da piccole depressioni, che intercettano le acque meteoriche e ne consentono l'infiltrazione graduale nel terreno grazie ad un substrato sabbioso e ghiaioso. Spesso vengono realizzate nelle aree verdi di pertinenza di lottizzazioni o di interi quartieri.
La loro funzione è quella di intercettare, trattenere e disperdere le acque meteoriche collettate dalle superfici impermeabilizzate circostanti, con duplice finalità:

- idraulica/idrologica, permettendo l'invaso temporaneo di acque meteoriche di prima pioggia
- qualitativa, permettendo la depurazione delle acque collettate attraverso meccanismi biologici (fitodepurazione tramite fasce di vegetazione) e attraverso l'azione meccanica del substrato di sabbia e ghiaia.

Trattandosi di sistemi di drenaggio da realizzare in spazi aperti di vario genere e dimensione, esistenti o di progetto, le soluzioni dovranno contemplare un corretto inserimento paesistico ambientale e il dimensionamento del rain garden (azioni agevolate nel caso di contestuale pianificazione dei lotti). Dovrà essere curata anche la funzione di arredo urbano, ad esempio nel caso di realizzazioni su aiuole o rotonde.

Come nel caso degli stagni è necessario intervenire con la normale manutenzione del giardino per il controllo delle infestanti erbacee e l'eventuale ripristino dei substrati filtranti a seguito di eventi meteorici importanti.



Figura 24. Rain Garden bordo stradale

Le dimensioni delle opere progettate variano a seconda del contesto, delle necessità e della disponibilità di spazio. Possono essere realizzati piccoli rain garden a bordo stradale o nelle aree di pertinenza delle abitazioni, oppure veri e propri sistemi di captazione e di infiltrazione delle acque che partecipano anche al sistema del verde di interi lotti.



Figura 25. Rain Garden a servizio di lottizzazioni o privati

2.5.6. Tree box filter

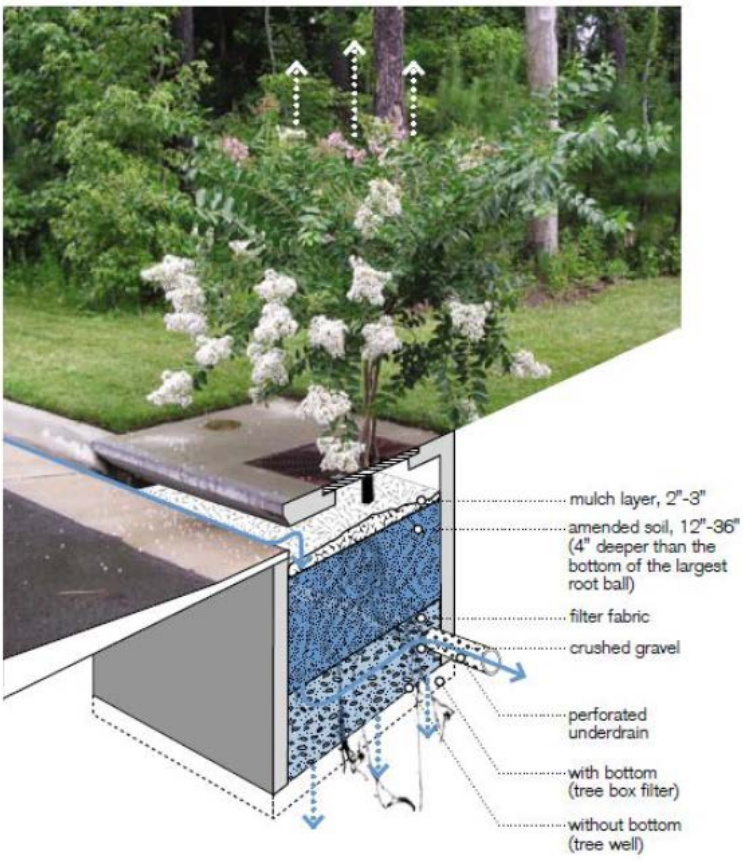
Il tree box filter è una struttura a scatola in calcestruzzo (con fondo impermeabile o perdente) contenente una miscela di terre composta da miscele di substrati e materiali filtranti (80% sabbia, 20% compost). All'interno di essa viene messa a dimora una o più specie arboree.

La sua triplice finalità consiste in:

- garanzia di un efficace controllo nella qualità dell'acqua piovana, grazie all'azione filtrante della vegetazione e del suolo;
- protezione e ripristino dei flussi d'acqua;
- diminuzione quantitativa di apporti all'impianto fognario.

Figura 26. Schema tipo di Tree Box filter

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. Il campo d'impiego dei Tree box filters è principalmente in ambito urbano: marciapiedi e aree pedonabili. Possono essere installati in camere a fondo chiuso o aperto in relazione alla possibilità dell'acqua di poter infiltrarsi o meno nel terreno, come nel caso di terreni argillosi a permeabilità praticamente nulla.



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.

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.



Figura 27. Tree box filter

2.5.7. Pozzi perdenti

La tecnica dei pozzi perdenti (o anche detti pozzi d'infiltrazione) è adatta al caso di suoli generalmente poco permeabili e può essere adoperata per interventi a piccola scala.

Sono adatti per centri abitati con limitata superficie a disposizione in quanto necessitano di uno spazio molto contenuto, inferiore all'1% della superficie drenata. In essi possono essere convogliate solamente acque meteoriche scarsamente inquinate, previo pretrattamento che deve comprendere almeno un'efficace sedimentazione.

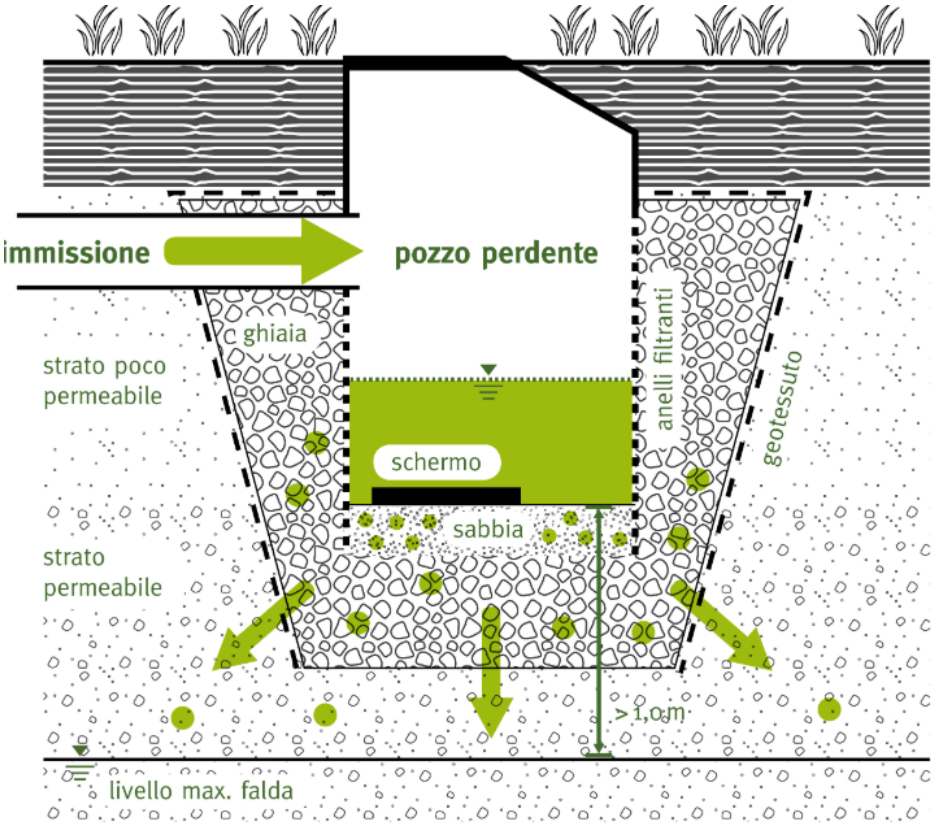


Figura 28. Schema tipo di realizzazione pozzo perdente

I pozzi perdenti presenti sul mercato sono formati da un insieme di anelli fenestrati in calcestruzzo vibrocompresso sovrapponibili e impilabili tramite un sistema denominato "a bicchiere". I diametri degli anelli tipicamente in commercio oscillano tra i 100 e i 200 cm con un'altezza del singolo modulo variabile tra i 13 e i 50 cm. La capacità di invaso varia tipicamente da 300 fino a 9000 litri.

Di seguito sono elencate alcune caratteristiche dei pozzi perdenti attualmente in commercio e l'entità delle superfici drenate.

Caratteristiche pozzo perdente	Altezza complessiva del pozzo	Capacità (l)	Superficie scolanti servite (m^2) in presenza di un terreno con permeabilità:		
			Bassa	Media	Alta
Pozzo perdente Diam. 100	2-3	1576-2358	175-260	280-420	700-1045
Pozzo perdente Diam. 125 carrabile leggero	2-3	2452-3678	315-475	510-760	1270-1900
Pozzo perdente Diam. 150 carrabile leggero	2-3	3532-5298	390-590	630-940	1570-2350
Pozzo perdente Diam. 200 carrabile leggero	2-3	6280-9420	690-1050	1100-1675	2740-4180

Intorno alla parete forata del pozzo si pone uno strato di pietrisco/ghiaia per uno spessore in senso orizzontale di circa 80-100 cm e di granulometria crescente procedendo verso le pareti del pozzo, in modo da facilitare il deflusso delle acque ed evitare l'intasamento dei fori disperdenti. Si può posizionare uno strato di "tessuto non tessuto" tra il dreno circostante e il pozzo per prevenire eventuali occlusioni e quindi modificare la capacità filtrante.

Prima del posizionamento è bene verificare che la falda sia posta ad almeno 2 m dal fondo del pozzo perdente. Non devono essere presenti falde utilizzate per l'approvvigionamento di acque potabili e domestiche. I pozzi perdenti vanno posizionati lontani da fabbricati e aree pavimentate che ostacolino l'areazione del terreno. È buona norma che siano posti ad una distanza minima di 50 m da qualsiasi condotta, serbatoio e qualunque opera destinata al servizio di acqua potabile.

Evitare il posizionamento dei pozzi in zone sensibili quali la presenza di rocce fratturate o terreni soggetti ad occhi pollini. In caso di posa di due o più pozzi perdenti in batteria, si dovrà mantenere una distanza minima tra intradossi pari a quattro volte il diametro degli stessi. A monte, dovrà essere posizionato un sifone/pozzetto deviatore, in modo da poter servire alternativamente i pozzi. I pozzi perdenti che scaricano reflui industriali o liquami devono essere preceduti da un sistema di trattamento e depurazione delle acque così da ottenere reflui con parametri previsti dalle normative vigenti.

2.6. ACCUMULO E TRATTAMENTO

Nei casi in cui le superfici drenanti siano maggiori e siano situate nei pressi di attività produttive (ad esempio zone industriali) o siano aperte al transito veicolare (ad esempio parcheggi e piazzali), il raggiungimento di obiettivi depurativi compatibili con gli scopi di riutilizzo o infiltrazione può richiedere trattamenti importanti: in questi casi è possibile ricorrere a sistemi di fitodepurazione, con caratteristiche analoghe a quelle degli impianti impiegati per il trattamento di acque reflue. In funzione degli obiettivi del caso (riutilizzo delle acque trattate o smaltimento) gli impianti utilizzati possono prevedere più stadi di trattamento, comprendendo stadi finali di accumulo a flusso libero.

I principali vantaggi dell'impiego di sistemi di fitodepurazione sono l'economicità di realizzazione e la semplicità di gestione e manutenzione, tipiche delle tecniche di depurazione naturale; si ha inoltre un elevato grado di riqualificazione ambientale e paesaggistica, potendo inserire l'impianto di trattamento in aree parco o multifunzionali. In genere si prevede il trattamento dei volumi di prima pioggia, maggiormente carichi di inquinanti, separandoli tramite appositi dispositivi scolmatori dai restanti volumi, che possono essere smaltiti o recuperati direttamente. L'accumulo dei volumi di prima pioggia viene effettuato in vasche apposite (vasche di prima pioggia), all'interno delle quali possono anche essere installati sistemi di pre-trattamento (griglie di pre-filtrazione) o di separazione di oli e schiume (disoleatori, filtri a coalescenza).

Oltre a garantire il trattamento delle acque meteoriche, l'impiego di tali sistemi consente di effettuare la laminazione delle portate di deflusso (in misura proporzionale alle capacità di invaso di progetto): ciò può contribuire sensibilmente alla riduzione di allagamenti che tipicamente si verificano in aree densamente urbanizzate in occasione di eventi meteorici, in un'ottica di gestione diffusa e sostenibile delle acque di pioggia.

2.6.1. Zone umide

Sono generalmente ambienti di transizione con funzioni “tampone” tra terra e mare (es. lagune), tra terra e fiumi (es. paludi perifluviali) o tra terra e ghiacciai (torbiere alpine) e sono caratterizzati da significative variazioni del livello d’acqua sia giornaliere (es. ambienti sotto l’influsso delle maree) sia stagionali (es. lanche fluviali, il cui apporto idrico dipende dalle portate fluviali), da una ricca vegetazione acquatica e da un’alta produttività ecologica. Le zone umide, sono una fitta rete di gangli vitali che accompagna, integra e arricchisce centinaia di ecosistemi diversi. Sono un vero e proprio sistema linfatico dove la biodiversità è accolta, protetta e rafforzata.

Questi ambienti forniscono un'elevata quantità di servizi ecosistemici, come la regolazione dei fenomeni idrogeologici per l'attenuazione delle piene dei fiumi. Le paludi lungo i corsi d'acqua, ad esempio, hanno un effetto "spugna": raccolgono le acque durante le esondazioni, diluendo inquinanti, rallentando il deflusso delle acque e riducendo il rischio di alluvioni, restituendo, poi, al fiume, durante i periodi di magra, parte delle acque accumulate. Le torbiere, le zone umide, il suolo, le foreste e gli oceani svolgono un ruolo essenziale nell'assorbire e immagazzinare carbonio, contribuendo così a proteggerci dai cambiamenti climatici. Difendono, inoltre, coste e rive dall'erosione delle acque o da eventi catastrofici ormai sempre più frequenti. Sono importanti serbatoi per le falde acquifere e naturali "trappole per nutrienti".

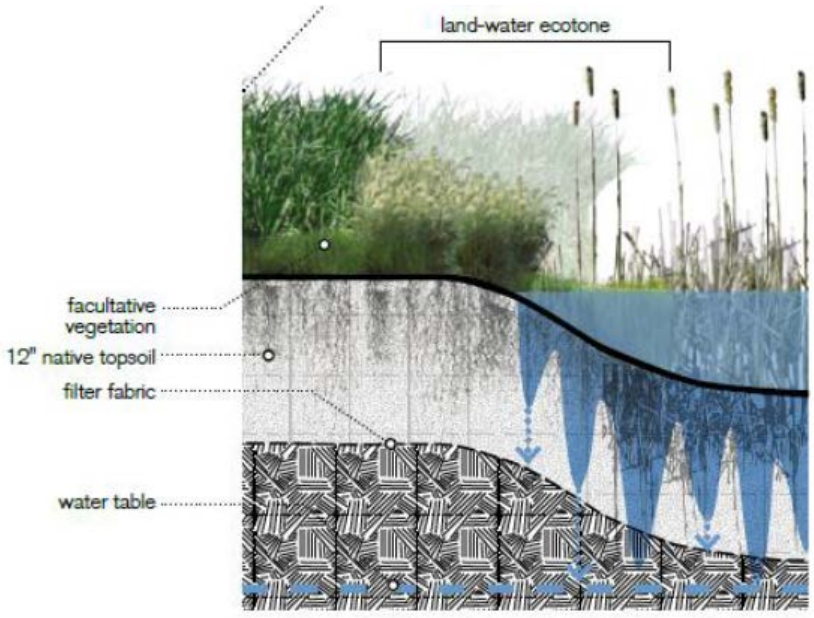


Figura 29. Stratigrafia di zona umida naturale

Il loro utilizzo è prevalente esternamente alle urbanizzazioni e servono proprio alla mitigazione degli impatti di piena sui luoghi abitati. Negli ultimi anni però è in crescita, di pari passo con la necessità di estetismo delle zone urbane, l'utilizzo di piccole zone umide create direttamente all'interno della rete urbana. Possono essere realizzate opere adatte a riempire qualunque estensione disponibile, dal grande parco urbano ad alta valenza fluvio-naturalistica fino alla relativamente piccola vasca di raccolta ad alta valenza architettonica.


Figura 30. Rinaturalizzazione del Kallang River (Bishan Park), Singapore

Queste zone possono essere di grande impatto per la funzionalità e la vivibilità degli agglomerati urbani e possono diventare delle importantissime riserve volumetriche per le acque di piena e di runoff.
La rinaturalizzazione di canali o fiumi e dei loro pressi, la realizzazione di veri e propri laghetti o stagni richiedono ovviamente spazi più ampi delle vasche artificiali ma dimostrano un'importanza decisamente maggiore per la loro funzione di trattamento e laminazione naturale e la crescita degli ecosistemi.



Figura 31. Zona umida, stagno di ritenuta. Postdamer Platz, Berlino

2.6.2. Bacini di ritenzione ed infiltrazione e fitodepurazione

La dispersione in bacini è particolarmente indicata per l'infiltrazione di acque meteoriche raccolte da superfici estese (oltre 1 ettaro). Il bacino funziona come un fosso ma è più esteso e più profondo. Il bacino normalmente viene realizzato su un fondo permeabile con uno strato superficiale di terreno organico di spessore compreso fra 20 e 30 cm. Il bacino è generalmente asciutto e dopo l'accumulo piovoso si svuota generalmente entro poche ore o al massimo in due giorni.

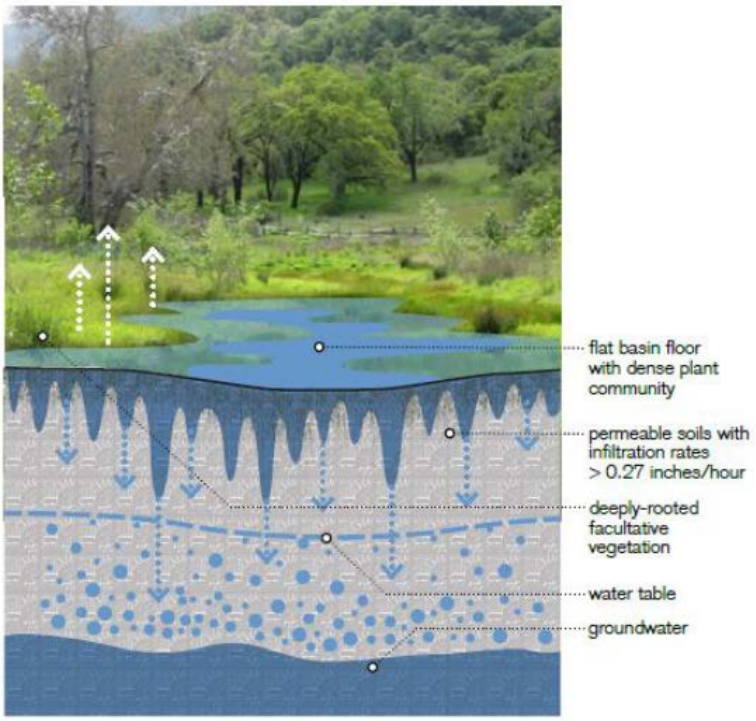


Figura 32. Schema di funzionamento

Questi bacini possono presentare una variazione sul tema e virare verso una

soluzione più strutturale e di maggior impiego nell'ambito della gestione delle acque e il loro relativo processo di pulizia e smaltimento. Si tratta di rendere il fondo di tali bacini impermeabile e installare uno sfioro con successiva infiltrazione delle acque meteoriche in eccesso in fossi o depressioni del terreno, realizzati esternamente al bacino. Sono ovviamente più grandi, assomigliano a laghetti e comportano un'elevata ritenzione delle acque meteoriche.



Figura 33. Bacino di ritenzione con infiltrazione artificiale

Una seconda e consecutiva variazione sul tema riguarda il trattamento delle acque ai fini depurativi. Con un bacino d'accumulo impermeabile come quello appena descritto, posizionando del suolo con funzione filtrante e una vegetazione adatta, si realizza la cosiddetta fitodepurazione.

Si tratta di una depurazione naturale delle acque sfruttando le capacità depurative naturali del suolo e delle piante. Gli impianti di fitodepurazione sono impiegati anche per il trattamento delle acque reflue quando non è possibile l'allacciamento ad un impianto di depurazione centralizzato. L'acqua meteorica, attraversando il suolo filtrante vegetato con piante viene depurata sia meccanicamente che soprattutto, biologicamente. L'acqua depurata sfiora attraverso il troppo pieno oppure defluisce tramite una condotta drenante.



Figura 34. Bacino di infiltrazione e fitodepurazione

2.6.3. Bioswale

Nei sistemi bioswale, l'acqua che scorre dai tetti e dalle strade non scorre nelle fognature ma viene invece condotta nel bioswale attraverso grondaie e fossati posti fuori terra. Possono essere incorporate nell'infrastruttura verde e possono contribuire a migliorare la biodiversità e la qualità della vita.

Un bioswale è un fossato con vegetazione e un fondo poroso. Lo strato superiore consiste di terreno arricchito con piante. Sotto questo strato ce n'è uno di ghiaia o palline di argilla cotta confezionate in geotessile. Questi materiali hanno ampi spazi vuoti, permettendo all'acqua piovana di defluire. Lo strato è imballato in geotessile per evitare che il livello si intasi da fango o radici. Un tubo di infiltrazione/scarico è situato sotto il secondo strato. Per evitare che il bioswale si riempia eccessivamente durante le forti piogge, vengono aggiunti degli scarichi di troppo pieno collegati direttamente al tubo di infiltrazione/scarico posto sul fondo dello strato drenante. Le dimensioni del bioswale dovrebbero essere sufficienti a garantire che ciò avvenga non più di una volta ogni due anni.

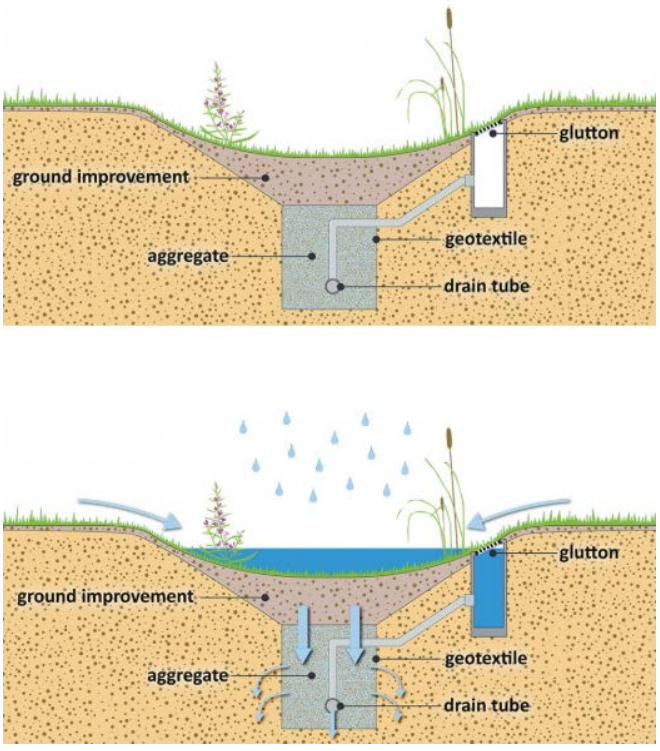


Figura 35. Schema tipo

Le dimensioni della maggior parte dei bioswale sono progettate in modo tale che l'acqua proveniente da forti piogge si infiltrino nel terreno entro 24 ore. Nella maggior parte dei casi, il bioswale servirà solo come sistema di drenaggio fuori terra una volta ogni 25 anni. Ciò significa che i sistemi di bioswale devono sempre essere collegati ai corsi d'acqua superficiali. Il sistema di drenaggio serve anche a trasportare l'acqua da aree di terra con una bassa capacità di infiltrazione verso aree con una capacità di infiltrazione più favorevole.

In inverno, quando i livelli dell'acqua sono alti, il tubo di fondo funge anche da sistema di drenaggio. Per utilizzare la funzione di drenaggio e per regolare i livelli delle acque sotterranee, è possibile installare scarichi di ispezione/pompaggio, da cui è possibile scaricare l'acqua.

I sistemi di bioswale sono adatti per aree con tipi porosi di terreno e livelli relativamente bassi di acque sotterranee. La permeabilità e la struttura del terreno differiscono notevolmente da una posizione all'altra e persino in parti diverse delle singole posizioni. La struttura del suolo e i livelli delle acque sotterranee devono essere determinati prima che un sistema di bioswale possa essere scelto per drenare l'acqua piovana.



L'area richiesta per costruire un bioswale che garantisca ampia funzionalità ad una nuova lottizzazione è circa il 16% dell'area totale del nuovo distretto e le rive non dovrebbero essere più ripide di 1: 3 per consentire la falciatura. Il sistema di bioswale può essere combinato con altro verde urbano quali siepi o viali alberati. Se combinati, i bioswale e le strutture verdi non occupano più spazio rispetto a quello previsto.

Figura 36. Bioswale parallelo alla strada.
Può essere laterale o centrale, tra i due sensi di marcia



Figura 37. Bioswale singolo

In generale, l'installazione di una rete fognaria è il 50% più costosa di un sistema di bioswale. Di contro però il sistema di bioswale è il 40% più costoso in termini di manutenzione. Tuttavia, alcuni dei costi per il mantenimento, come la falciatura, possono essere finanziati dal budget per la manutenzione della vegetazione, dal momento che queste realizzazioni possono essere incluse nel verde pubblico.

2.7. PROBLEMATICHE, PROSPETTIVE E RACCOMANDAZIONI

L'acqua che deriva dalle piogge e dagli apporti di falda si accumula sulla superficie, nelle depressioni, nel sottosuolo e nel sistema di deflusso urbano. Il ristagno è ricercato in alcune situazioni quali le colture idrofite, gli impianti di fitodepurazione, le aree umide ed i dispositivi a sifone (dove il ristagno dell'acqua funge da tappo idraulico per i cattivi odori). Ove non è ricercato, il ristagno prolungato delle acque è una circostanza da evitare.

Il ristagno delle acque può causare la morte per asfissia radicale delle piante non igrofite e delle piante in piena attività vegetativa, impedendo l'apporto di ossigeno e causando la decomposizione delle radici, predisponendo le piante stesse ad attacchi parassitari e rendendo impraticabile il terreno per l'accesso di mezzi e persone.

Ristagni della durata di poche ore non costituiscono un problema; ristagni prolungati per giorni e ripetuti con frequenza possono indurre l'insorgere di molteplici problematiche. Fra queste gioca un ruolo rilevante la proliferazione della cosiddetta zanzara tigre, che si è diffusa in Europa nell'ultimo ventennio ed è particolarmente infestante. Questa specie è originaria del Sud-Est asiatico ed è arrivata in Italia probabilmente a causa del commercio internazionale di pneumatici. Infatti la "tigre" predilige deporre uova nei copertoni accatastati all'aperto a causa del colore scuro e della forma che produce ristagno d'acqua. Dopodiché si è rapidamente diffusa in gran parte del territorio nazionale grazie alla sua adattabilità biologica ed alla capacità di superare la stagione invernale producendo uova diapausanti.

La zanzara tigre depone le uova specialmente nei contenitori artificiali dove ristagna acqua come pozzetti di raccolta delle acque piovane, bidoni, fogliame macerato, sottovasi, e qualsiasi contenitore abbandonato che possa raccogliere acqua anche in piccola quantità. Le uova vengono deposte dalle femmine sulla parete del contenitore, subito sopra la superficie dell'acqua e si schiudono circa in una settimana sempre in presenza di acqua. In mancanza d'acqua le uova possono rimanere vitali per parecchi mesi. Nel giro di quattro giorni dalla nascita maschi e femmine sono in grado di accoppiarsi dopodiché la femmina effettua il suo primo pasto di sangue, necessario per maturare le uova, mentre il maschio esaurita la propria funzione riproduttiva sopravvivrà solo pochi giorni. In piena estate il pieno ciclo di sviluppo può compiersi in una settimana. Si stima che la femmina possa vivere da 2 a 3 settimane. La zanzara tigre supera la stagione invernale allo stadio di uova. Queste sono dotate di un orologio biologico, regolato sul numero di ore di luce e sulla temperatura che impedisce la schiusa in inverno. Le uova rimaste vitali si possono schiudere a partire da fine aprile, se le condizioni climatiche sono favorevoli (temperature non al di sotto dei 10°C. e circa 13 ore di luce). La rapida diffusione desta notevoli preoccupazioni in campo sanitario in quanto la specie potrebbe inserirsi nel ciclo di trasmissione di diversi virus. Uno dei punti fondamentali dell'ordinanza regionale riguarda la gestione delle acque meteoriche raccolte all'interno dei tombini e delle caditoie, habitat ideale della zanzara tigre.

Nel caso l'accumulo delle acque meteoriche avvenga mediante invaso temporaneo superficiale, è necessario considerare che la zanzara tigre ha un raggio d'azione che può arrivare a 200 m ed è necessario prevedere tempi di permanenza dell'acqua non superiori a 48 ore. Un'accurata considerazione di questi elementi (assieme all'eventuale valutazione di trattamenti di disinfestazione) è necessaria per limitare il più possibile il problema dalla zanzara tigre.