

In attuazione al Piano di tutela delle acque regionale



**PROVINCIA
DI RIMINI**

Servizio
Ambiente

Piano di Indirizzo per la gestione delle acque di prima pioggia

(Documento approvato)

Linee guida

Stefano Vitali

Presidente
Provincia di
Rimini

Stefania Sabba

Assessore
all'Ambiente,
Politiche per lo
Sviluppo
Sostenibile



Dicembre 2012

Servizio Politiche Ambientali

Dirigente

Viviana De Podestà

Responsabile di Progetto

Giovanni Paganelli

Gruppo di lavoro

Giovanni Paganelli	Provincia di Rimini
Marco Maglionico	Università di Bologna
Sara Simona Cipolla	Università di Bologna
Pierpaolo Martinini	Hera Spa
Angelo Cescutti	Hera Spa
Andrea Casadio	Hera Spa
Antonio Piccioni	Hera Spa
Carlo Casadei	ATO Rimini

Consulenza

Università degli studi di Bologna Dipartimento Ingegneria
Civile, Ambientale e dei Materiali

Responsabile progetto: Marco Maglionico

Ringraziamenti

Studio Paoletti Ingegneri Associati

Etatec srl

SIS Società Italiana Servizi

Comune di Rimini

INDICE

1. PREMESSA	5
2. CARATTERISTICHE DEI SISTEMI DI DRENAGGIO URBANO	6
3. BEST MANAGEMENT PRACTICES (BMP).....	9
3.1 LE ACQUE DEI TETTI	14
3.1.1 Pozzi Asciutti	16
3.1.2 Tubi drenanti.....	17
3.1.3 Vasche Verdi Filtranti	19
3.1.4 Canali Infiltranti (<i>Infiltration trenches</i>)	21
3.1.5 Pozzi Perdenti	22
3.1.6 Fossi D'infiltrazione.....	23
3.2 TRATTAMENTO DELLE ACQUE STRADALI	25
3.2.1 Canali inerbiti (Grass swale).....	25
3.2.2 Bioretention	28
3.2.3 Bacini Di Infiltrazione (Vegetated Infiltration Basin)	29
3.3 SISTEMI DI RITENZIONE, FITODEPURAZIONE E LAGUNAGGIO	32
3.3.1 Stagni (Ponds)	33
3.3.2 Sistemi di fitodepurazione estensiva (SFE).....	34
3.4 PAVIMENTAZIONI DRENANTI.....	37
3.4.1 Pavimentazioni Permeabili.....	39
3.4.2 Infiltration Planters	41
3.5 RISTAGNO DELLE ACQUE E LOTTA ALLE ZANZARE	41
4. CRITERI PROGETTUALI PER IL DIMENSIONAMENTO E LA SCELTA DEI SISTEMI A INFILTRAZIONE.....	44
4.1 Criteri di dimensionamento	44
4.2 Idoneità del sito	53

4.3	Esempi di dimensionamento di sistemi di infiltrazione	46
4.3.1	Pavimentazioni permeabili.....	46
4.3.2	Bacini d’infiltrazione.....	48
4.3.3	Pozzi d’infiltrazione	49
4.3.4	Trincee drenanti.....	51
5.	CRITERI DI GESTIONE DELLE ACQUE DI PRIMA PIOGGIA E SCELTA DELLE BMP NEI NUOVI INTERVENTI URBANISTICI.....	55
	BIBLIOGRAFIA.....	59

1. PREMESSA

La corretta disciplina delle acque meteoriche e reflue che defluiscono nei bacini urbani, a causa delle precipitazioni e degli scarichi civili e produttivi, rappresenta uno dei punti cardine delle politiche di salvaguardia dell'ambiente e più in generale della qualità complessiva della vita nei territori urbanizzati.

Il problema della gestione delle acque, infatti, non si esaurisce nel loro allontanamento dalle zone urbanizzate in modo che non interferiscano con le attività sociali ed economiche che in esse si svolgono, ma nel controllo del loro impatto quali - quantitativo sull'ambiente in generale e sulle risorse idriche superficiali e sotterranee in particolare.

Le soluzioni alla gestione delle acque richiedono la ricerca di un complesso organico di interventi urbanistici (aree verdi, laghetti a scopo ricreativo e d'invaso delle portate meteoriche massime, pavimentazioni semipermeabili, vie superficiali di deflusso delle acque meteoriche, ecc.) e di opere (condotti fognari, scaricatori di piena, vasche volano e di prima pioggia, impianti di sollevamento, organi d'intercettazione, regolazione e scarico in taluni casi da controllare in tempo reale, ecc.) alle quali è ormai usuale riferirsi come sistema di drenaggio urbano.

Anche nei casi d'interventi limitati di ampliamento, adeguamento o ricostruzione di una rete esistente, è necessario un approccio globale, orientato ad analizzare il funzionamento del sistema di drenaggio nel suo complesso e la sua influenza sulle risorse idriche superficiali e sotterranee.

La stretta interdipendenza tra fognatura, impianto di depurazione e corpi idrici ricettori esige che essi siano studiati unitariamente sulla base delle caratteristiche del sistema, naturale e artificiale, di drenaggio urbano. Le esperienze svolte in diversi contesti sia nazionali che internazionali dimostrano l'importanza di questa concezione unitaria, che spesso ha portato a riconoscere la necessità di correggere le impostazioni inizialmente assunte, individuando nuove soluzioni atte a convogliare alla depurazione anche importanti aliquote delle acque meteoriche.

2. CARATTERISTICHE DEI SISTEMI DI DRENAGGIO URBANO

Un sistema di drenaggio urbano è dunque costituito dall'insieme delle opere di raccolta immissione delle acque meteoriche e reflue nei collettori stradali, dalla rete composta e questi ultimi, dagli eventuali manufatti di controllo idraulico e ambientale (vasche volano e accumulo delle prime piogge), dai sollevamenti, dai manufatti di scarico, e, infine, dagli impianti di trattamento dei reflui. Tutto il sistema deve essere concepito in modo unitario e coerente, per non incorrere nelle ben note gravi disfunzioni che emergono quando la rete l'impianto di depurazione sono concepiti, progettati e realizzati indipendentemente l'uni dall'altro (AA.VV., 1997).

Il drenaggio del territorio urbano effettuato da una rete fognaria sostituisce o si sovrappone al drenaggio naturale delle acque meteoriche preesistente all'urbanizzazione.

È molto importante analizzare attentamente la natura orografica, idrografica e geomorfologica del territorio allo scopo di riconoscere i meccanismi naturali di raccolta e convogliamento delle acque meteoriche. Ciò consente sia di disegnare una nuova rete fognaria in modo il più possibile coerente con le pendenze naturali del terreno, sia di evitare che essa abbia inaccettabili interconnessioni con il reticolo naturale.

Infatti la rete fognaria non dovrebbe mai raccogliere le acque naturali circolanti nei corsi d'acqua superficiali e/o nel sottosuolo, non essendo generalmente accettabili i conseguenti sovraccarichi idraulici dei collettori nonché la penalizzazione dell'impianto di depurazioni legata all'eccessiva diluizione dei liquami. Per di più il collettamento di corsi d'acqua naturali all'interno della rete fognaria può indurre gravi problemi di funzionalità e conservazione nel tempo dei condotti per effetto dei sedimenti solidi normalmente veicolati dai corsi d'acqua stessi.

In sintesi, il sistema fognario deve essere completamente indipendente dal reticolo naturale, con particolare attenzione ai punti di scarico che devono essere realizzati con manufatti scaricatori idonei a consentire esclusivamente lo sversamento nei ricettori delle portate meteoriche e/o reflue (previo trattamento depurativo), senza pericolo di rientri in fognatura provocati da situazioni di rigurgito idraulico (AA.VV., 1997).

I sistemi di drenaggio urbano sono usualmente classificati in sistemi unitari e sistemi separati. Nei primi, di gran lunga più frequenti a livello mondiale e in Italia, i collettori convogliano sia le acque reflue civili e industriali (queste ultime eventualmente pretrattate), sia, in occasione delle precipitazioni, le acque meteoriche. Nei sistemi

separati, invece, le acque reflue sono convogliate in collettori distinti da quelli destinati alle acque meteoriche. Nei sistemi unitari i collettori sono dimensionati in base alle portate meteoriche, che risultano nettamente prevalenti rispetto a quelle reflue in occasione dei massimi eventi di progetto. Poiché la durata dei periodi piovosi è contenuta, per la maggior parte del tempo i collettori sono interessati dalle sole acque nere, con frequenti problemi di velocità troppo esigua, e conseguente possibilità di sedimentazione di solidi e d'insorgere di fenomeni anaerobici putrefattivi.

Poiché l'impianto di depurazione può accettare in ingresso portate di poco superiori a quelle nere medie di tempo secco, il supero deve essere sfiorato direttamente nei corpi idrici ricettori per mezzo di appositi manufatti sfioratori o scaricatori, posti lungo la rete ovunque sia possibile lo scarico in un idoneo ricettore (scaricatori di alleggerimento) o comunque all'ingresso del depuratore. Ne consegue che pervengono all'impianto, e ivi possono quindi essere trattate, le portate miste nere e bianche, normalmente definite nere diluite, che non superano i livelli di sfioro fissati negli scaricatori. La normale prassi progettuale e le normative del settore prevedono che le portate nere diluite siano commisurate a 3-5 volte le portate nere medie; ne consegue che entreranno nell'impianto portate di prima pioggia pari a 2 - 4 volte le portate nere medie; al fine di evitare lo sfioro degli scolmatori delle reti unitarie in condizioni di tempo secco, il valore della portata di sfioro dovrà comunque essere maggiore almeno del 30% della portata massima (Regione Emilia-Romagna DGR 286/05).

A valle dello scarico e prima del corpo idrico ricettore può essere necessario ricorrere ad invasi per mitigare l'impatto del sistema di drenaggio sull'ambiente. In questi casi si dovrà provvedere alla realizzazione o di "vasche di prima pioggia" per il controllo degli aspetti legati alla qualità delle acque o di "vasche di laminazione" per il controllo delle portate massime inviate al corpo idrico.

Mentre l'aspetto idraulico è legato agli eventi meteorici più intensi e più rari, con conseguente necessità di determinare statisticamente l'evento meteorico critico adeguato per il progetto degli invasi, l'aspetto ambientale è legato, al contrario, alla frequente successione degli sfioro che dalla fognatura fuoriescono verso i ricettori ogni qualvolta la portata veicolata supera quella, più limitata, compatibile con i processi biochimici dell'impianto di depurazione. Il progetto degli invasi destinati ad accogliere le acque di prima pioggia, con il loro carico inquinante, deve quindi far riferimento alla successione continua e frequente degli eventi di entità medio - piccola. Si tratta quindi

di invasi di dimensioni molto più limitate rispetto agli invasi necessari per soddisfare le necessità di funzionalità idraulica della rete di valle; essi vengono spesso ricavati all'interno di questi ultimi o, addirittura usufruendo degli stessi collettori costituenti la rete, utilizzandone i volumi interni in modo ottimale con le più recenti tecniche di controllo in tempo reale.

Le esigenze sopra esposte valgono sia per i sistemi fognari unitari sia per quelli separati; anche in questi ultimi, infatti, la protezione ambientale e idraulica dei ricettori può richiedere non solo la laminazione delle portate di massima piena, ma anche la trattenuta delle acque di prima pioggia e il loro successivo invio alla depurazione.

In definitiva la moderna impostazione del progetto di una nuova fognatura o della riabilitazione di una esistente deve includere una oculata trattazione, e le conseguenti scelte progettuali, in merito agli invasi in linea o fuori linea idonei per una adeguata protezione idraulica e ambientale del territorio (AA.VV. 1997).

Per le nuove urbanizzazioni sempre più frequentemente la gestione delle acque viene fatta attraverso interventi concepiti fin dalla fase di pianificazione urbanistica al fine di poter intervenire in modo diffuso sulle caratteristiche d'infiltrazione e d'invaso dell'area. A questa logica che opera quanto più possibile all'origine del fenomeno da controllare (criterio noto nella letteratura scientifica come "Best Management Practices") si riconducono provvedimenti talvolta molto semplici, quali:

- la limitazione del grado d'impermeabilità dei suoli;
- la scelta oculata dei percorsi dei deflussi superficiali;
- la dispersione sul suolo (laddove possibile) dei deflussi provenienti dai tetti;
- la realizzazione di invasi diffusi su tetti, parcheggi, cunette stradali;
- l'adozione di pavimentazioni porose, fino a giungere alla realizzazione delle cosiddette reti duali, ovvero costituite da una rete tradizionale sotterranea affiancata da una seconda rete di deflusso superficiale, progettata per intervenire in modo previsto e controllato solo in occasione di eventi particolarmente gravosi.

3. BEST MANAGEMENT PRACTICES (BMP)

Una soluzione sempre più diffusamente applicata al problema dello smaltimento delle acque meteoriche è costituita dall'adozione delle cosiddette BMP (Best Management Practices), definite come strategie, pratiche o metodi per la rimozione, la riduzione, il ritardo o la mitigazione della quantità di costituenti inquinanti e contaminanti delle acque di pioggia, prima che giungano nei corpi idrici ricettori. Le BMP si distinguono in non strutturali e strutturali: tra le prime rientrano i provvedimenti normativi e regolamentari; le altre sono costituite da sistemi depurativi di diverso tipo (frequente è il ricorso a sistemi naturali, o estensivi, caratterizzati da costi di impianto e di esercizio abbastanza contenuti), che talvolta si configurano come veri e propri impianti di trattamento, nei quali si sfruttano processi fisici e biologici per ridurre il carico inquinante delle acque di pioggia, eventualmente assicurando, nel contempo, anche la laminazione delle portate di piena.

Le BMP si possono classificare in diverse categorie:

- **SISTEMI FILTRANTI:** I filtri sono strutture che utilizzano una matrice drenante come sabbia, ghiaia o torba in grado di rimuovere gran parte dei composti inquinanti presenti nelle acque di prima pioggia di superfici non elevate.
 - **Filtri a sabbia superficiale:** Sistemi costituiti da due camere: una di sedimentazione che induce il deposito del materiale grossolano che intaserebbe il filtro ed una di filtrazione costituita da un letto di sabbia e ghiaia e da un tubo forato posto sul fondo della camera atto a drenare l'acqua filtrata.
 - **Filtri tricamerale:** Sono costituiti da due camere iniziali di sedimentazione e filtrazione collegate con un passaggio a gomito per permettere anche la separazione di sostanze oleose e flottanti (*figura 3.1*). Tale sistemazione limita il passaggio di sostanze sedimentabili e grasse nel filtro prolungandone la capacità e la durata. L'acqua filtrata viene convogliata nella terza camera attraverso un tubo di drenaggio rivestito di ghiaia, la terza camera è poi ollegata al sistema di dispersione. Come per tutti i sistemi di filtrazione a sabbia anche in questo caso è preferibile una

sistemazione off-line del sistema. Per quanto riguarda i flussi eventualmente eccedenti: questi possono essere direttamente convogliati attraverso uno sfioratore nella terza camera.

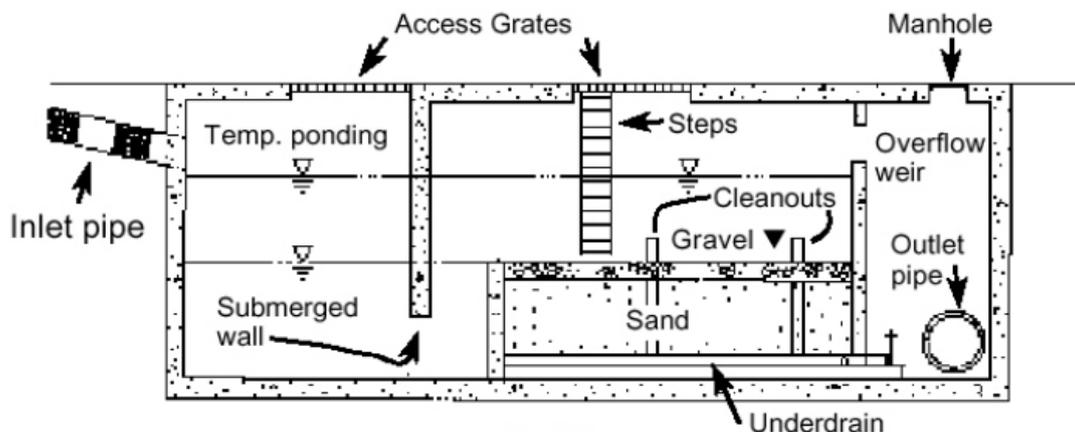


Figura 3.1 – Esempio funzionamento del filtro tricamerale [<http://dhn.ihr.uiowa.edu>]

- **SISTEMI AD INFILTRAZIONE:** Permettono la penetrazione delle acque nel sottosuolo ristabilendo l'originale equilibrio idrico prima dell'urbanizzazione del lotto, riducendo le portate che vengono scaricate nei ricettori e provvedendo alla ricarica delle falde sotterranee. La percolazione nel sottosuolo comporta la rimozione di parte degli inquinanti presenti poiché tali particelle vengono trattenute dal suolo mentre le particelle organiche vengono rimosse dai microrganismi in esso presenti (BIORETENTION). L'acqua meteorica che viene immessa in trincee di infiltrazione o pozzi perdenti occorre che non sia particolarmente inquinata perché non attraversando il terreno perdono la depurazione che lo strato superficiale poteva offrire. I sistemi ad infiltrazione sono da evitare nelle zone dove l'approvvigionamento idrico viene effettuato utilizzando acque di falda soprattutto nelle aree commerciali ed industriali a causa del pericolo di immettere sostanze inquinanti in falda. Anche nelle zone di bassa permeabilità del terreno i sistemi ad infiltrazione non risultano idonei perché possono provocare malfunzionamenti. I sistemi ad infiltrazione principali sono: Bacini di infiltrazione, Canali infiltranti, Pavimentazioni porose, Pozzi asciutti.

- **SISTEMI VEGETATI:** L'erosione del suolo causata dalla rimozione della vegetazione, dalle alterazioni del suolo crea evidenti cambiamenti alle caratteristiche di deflusso delle acque meteoriche. I sistemi vegetati hanno l'obiettivo principale di contenere le acque meteoriche e si suddividono sostanzialmente in tre tipologie principali: fasce filtro, aree tampone, canali inerbiti (Figura 3.2). I sistemi naturali aiutano a laminare le acque e ridurre l'inquinamento; possono consistere in semplici aree verdi dove vengono accolte temporaneamente le acque di prima pioggia, come i canali inerbiti (grass swales) o stagni (ponds) fino ai sistemi di fitodepurazione che sfruttano la bioretention cioè la capacità di determinate piante di assorbire gli inquinanti dall'acqua depurandola. La fitodepurazione viene attuata tramite vasche naturali o artificiali impermeabili al cui interno sono disposte a dimora determinate specie di piante (in genere macrofite) su un fondo ghiaioso dotato di un sistema di recupero delle acque. La dimensione dell'impianto dipende dal fabbisogno, in genere per un impianto domestico sono necessari dai 3 ai 6 metri quadri per persona

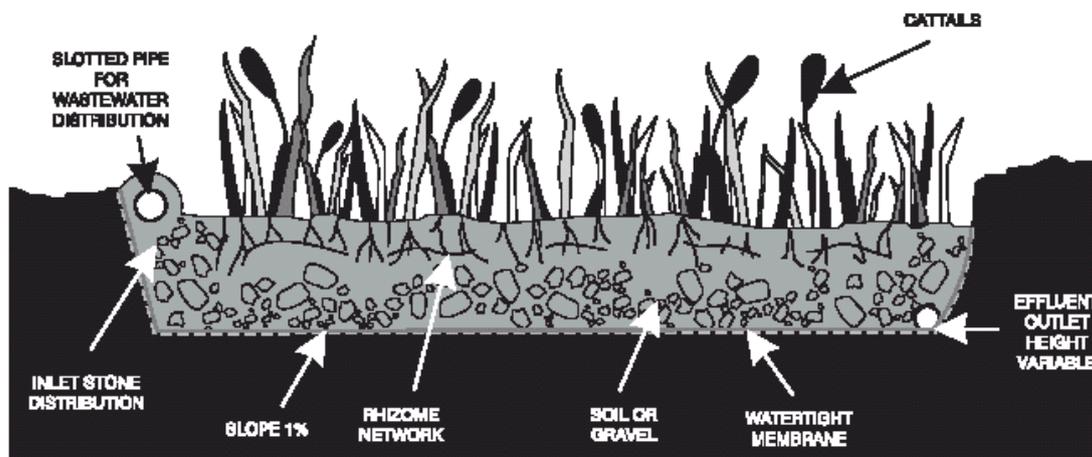


Figura 3.2 – Esempio schematico di canale inerbito [<http://www.inspectapedia.com>]

Accanto alle BMPs spesso si parla anche di WSUD o LID. Il primo è l'acronimo di Water Sensitive Urban Design e sono sistemi sviluppati soprattutto in Inghilterra ed in Australia per ridurre l'inquinamento e per laminare le acque derivanti dai sistemi urbani. Obiettivo delle tecniche WSUD è di cercare di emulare il sistema naturale di depurazione e laminazione delle acque attraverso tecniche che non richiedano energia e non siano impattanti.

Un esempio sono le aree umide che oltre ad essere un habitat per fauna e flora locale, raccolgono e depurano le acque, restituendole lentamente ai corsi d'acqua.

Vengono suddivisi in 3 categorie a seconda della scala d'azione: *site*, *precint*, *regional*. *Site elements* o locali, vengono applicati a singoli elementi tipo un edificio o un piccolo quartiere; *precint elements* o di zona, vengono applicati a piccoli gruppi di elementi come un quartiere di medie dimensioni o una piccola area (Figura 3.3); *regional elements* o di vasta scala sono applicabili solo su larghe aree.



Figura 3.3 – Applicazione di un WSUD in un piccolo quartiere australiano
[<http://www.mandurah.wa.gov.au>]

L'approccio LID (acronimo di Low Impact Development) sono tecniche sviluppate soprattutto negli Stati Uniti per il controllo delle acque meteoriche tramite tecnologie a basso impatto, che sfruttano le risorse naturali e locali e mirano al mantenimento del regime idrico presente prima dell'urbanizzazione tramite la pianificazione territoriale (Figura 3.4).

Obiettivo delle LID è di cercare di replicare il regime idrico preesistente all'insediamento, questo è possibile soprattutto grazie ad una buona pianificazione delle acque a monte della progettazione dell'intervento edilizio.



Figura 3.4 – Applicazione di un sistema LID in un quartiere residenziale statunitense [<http://www.epa.gov>]

3.1 LE ACQUE DEI TETTI

Le acque dei tetti sono considerate acque non inquinate, per questo non necessitano di una particolare depurazione per il riutilizzo per fini non potabili o per essere smaltite direttamente nei corpi idrici ricettori.

Alcune tipologie di tetti a causa del materiale con cui sono realizzati, se non sono stati sottoposti a trattamenti protettivi, fanno eccezione in quanto possono rilasciare metalli quali rame, zinco e piombo.

Un sistema completo per il riutilizzo dell'acqua piovana è costituito da: serbatoio, filtro, pompa (solitamente centrifughe), rete di condotte con sistema di integrazione di acqua potabile (rubinetti contrassegnati come acqua non potabile), scarico di troppo pieno. Il troppo pieno è preferibile che sfiori verso un sistema d'infiltrazione e che la tubazione sia protetta dall'ingresso di eventuali animali o insetti. Se il troppo pieno è collegato alla fognatura occorre un sifone ed una valvola di non ritorno.

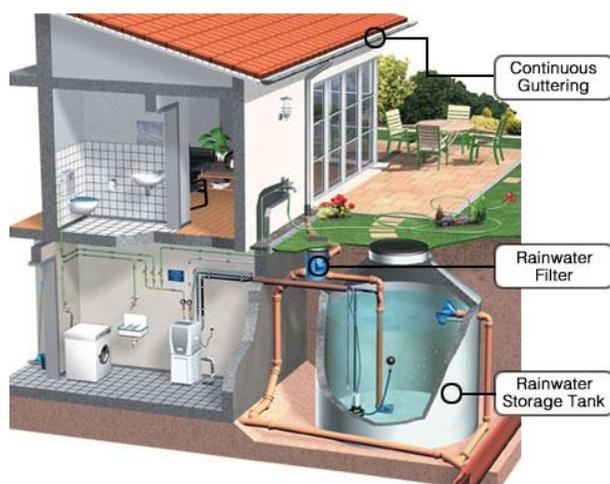


Figura 3.5 – Esempi RAIN BARRELS interrate [<http://www.rainwater-harvesting-4-homes.com>]

Il tetto può poi essere ricoperto da uno strato vegetale da consentire da presenza di vegetazione. In tal caso si parla di tetti verdi (*green roof*) e attraverso l'azione delle piante e dello strato di terreno si favorisce l'accumulo di acqua e la sua evapotraspirazione. Qualora venga prevista la possibilità di accumulare acqua e una bocca tarata di uscita il tetto può essere concepito come una vera e propria vasca di laminazione. Basta infatti garantire l'accumulo di uno spessore d'acqua di 5 cm perche il tetto sia essere equivalente ad una vasca di laminazione di 500 m³/ha. E' comunque importante tarare opportunamente il pluviale di uscita.

I tetti verdi necessitano di una continua manutenzione ordinaria incluso l'irrigazione nei periodi secchi per il loro corretto funzionamento.

I tetti verdi intensivi sono costituiti da coperture vegetali molto esigenti comprendenti anche cespugli e perfino alberi. Lo spessore dello strato di terreno di un tetto verde intensivo varia da 25 a 150 cm di terreno, comunemente viene utilizzato un pacchetto con circa 50 cm di terreno. Per la loro costituzione i tetti verdi intensivi vengono considerati aree verdi paragonabili a veri giardini per i quali deve essere garantito l'approvvigionamento idrico regolare e l'apporto di sostanze nutrienti.

Nei tetti verdi estensivi vengono usate specie arboree tipo graminacee, infestanti, aromatiche e sedum, molto resistenti che si adattano a condizioni difficili e coperture inclinate. Per i tetti estensivi l'irrigazione è necessaria di solito solo nella fase di inverdimento dopodiché il sistema dovrebbe funzionare con il solo apporto meteorico.

Lo spessore della stratificazione dei tetti estensivi normalmente è pari a circa 15 cm.

In alcuni casi al posto della copertura vegetale può essere usata semplicemente della ghiaia e fungere ugualmente da sistema di laminazione. Nella letteratura scientifica in questo caso si parla di *Blue roof*.



Figura 3.6 – Esempio di un tetto verde [<http://immobiliedintorni.wordpress.com>]

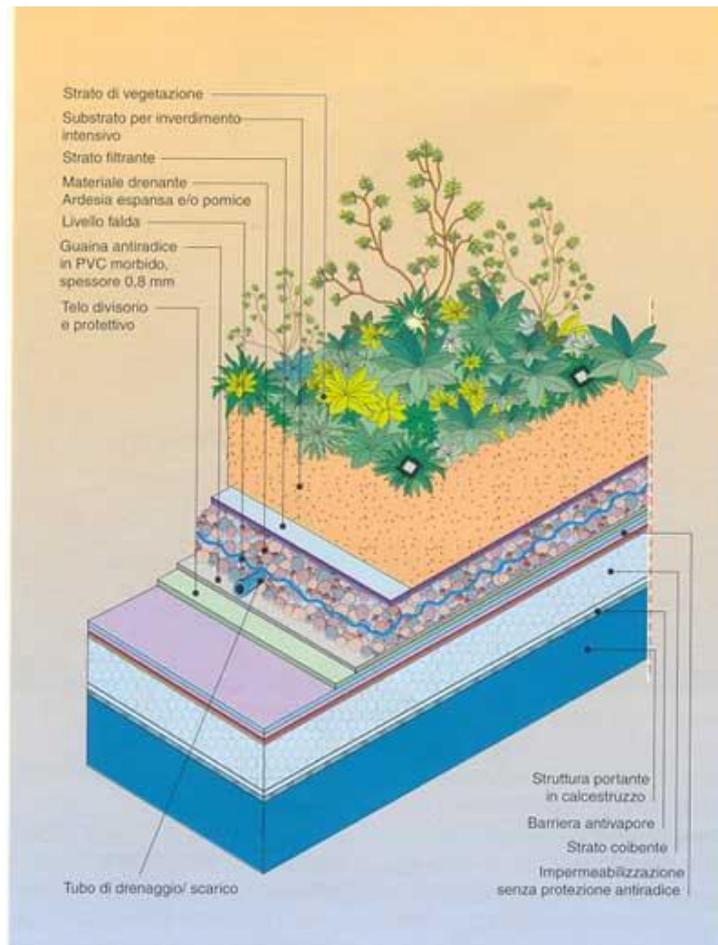


Figura 3.7 – Strati formanti un tetto verde [<http://www.ethicalgarden.it>]

3.1.1 Pozzi Asciutti

Sono delle cavità utilizzate principalmente per raccogliere le acque di pioggia provenienti dai tetti di edifici residenziali o commerciali.

Sono costituiti da un involucro di tessuto non tessuto riempito di ghiaia posto su di un letto di sabbia spesso circa 50 cm; il geotessile viene posizionato solitamente anche all'entrata del pozzo come filtro e sostituito periodicamente. I pozzi asciutti possono ridurre notevolmente l'ammontare dei volumi delle acque piovane verso i ricettori principali grazie alla loro capacità di laminazione ed infiltrazione delle acque.

A differenza dei sistemi infiltranti dove la percolazione del fluido attraverso il terreno e la vegetazione presente aiuta il fluido a depurarsi, in questo caso non è presente quindi occorre verificare che le acque che si raccolgono in esse per essere infiltrate nel terreno siano idonee a non inquinare la falda sottostante. Inoltre è necessario dimensionare correttamente tali dispositivi onde evitare eventuali esondazioni per cui

spesso è previsto un sistema di sfioro dell'eccesso di portata verso la rete fognaria. Tale soluzione è in grado di ridurre notevolmente l'ammontare dei volumi delle acque di pioggia che fluiscono in corpi idrici superficiali o in fognatura e sono utilizzabili soprattutto quando le acque raccolte si presumono relativamente pulite.

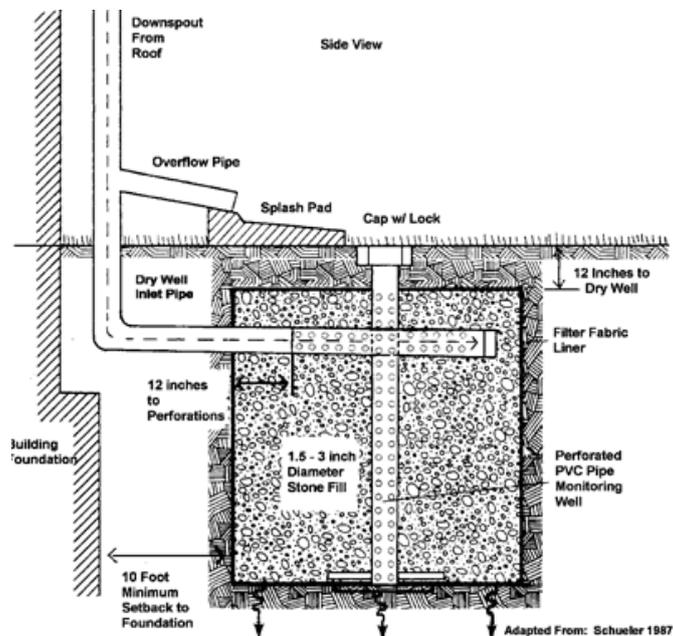


Figura 3.8 – Esempio di pozzo asciutto.

3.1.2 Tubi drenanti

Il tubo della grondaia viene aumentato di diametro e sostituito con una tubazione forata infissa nel terreno attornata da un letto ghiaioso che aiuta l'acqua ad infiltrarsi nel terreno.

Un sistema simile al drywell sono i "pozzetti disperdenti": un pozzetto singolo o multipli dotati di un sistema di condotte del diametro minimo di 200 mm perforate con fori del diametro di 20 mm che si inseriscono orizzontalmente nel terreno coadiuvando l'infiltrazione delle acque nel sottosuolo



Figura 3.9 – Esempio di tubazione drenante [<http://www.askthebuilder.com>]



Figura 3.10 – Fase di posa in opera di una tubazione drenante [<http://www.drainagemasters.com>]



Figura 3.11 – Violetto in ciottoli che nasconde una tubazione drenante [<http://www.homeownercare.com>]

3.1.3 Vasche Verdi Filtranti

Le vasche verdi filtranti sono un'ottima soluzione per terreni con scarsa permeabilità, di grandezza variabile, vengono posizionate normalmente a ridosso della costruzione e viene convogliata al loro interno l'acqua piovana. Sono riempite di terreno ghiaioso e terra in cui crescono piante che hanno la capacità di filtrare le acque dagli inquinanti, abbassarne la temperatura e ridurne il volume, in questo modo l'acqua raccolta dal sistema fognario è minore e di migliore qualità. Normalmente queste vasche hanno il fondo impermeabile ma nel caso non lo sia è comunque sempre presente una tubazione di raccolta delle acque filtrate in eccesso.

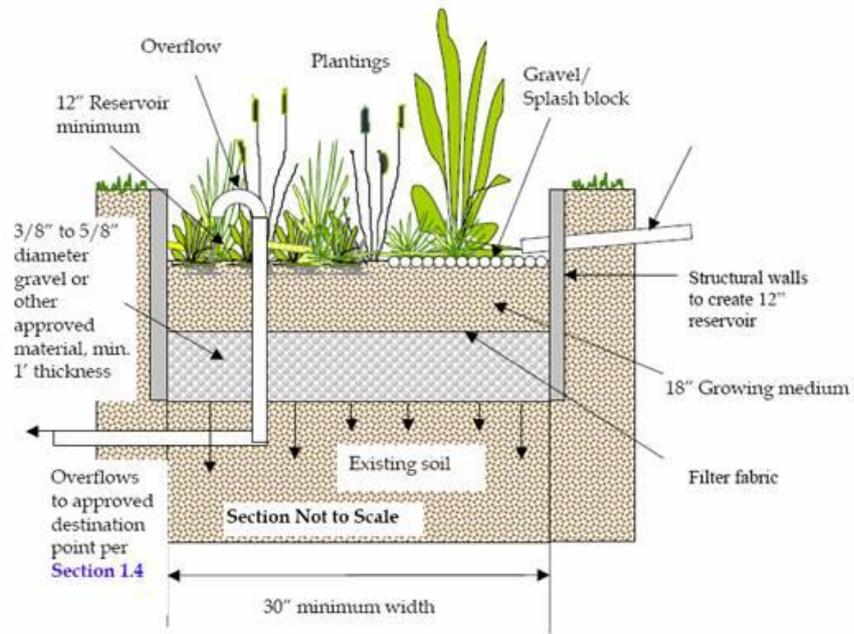


Figura 3.12 – Sezione di una vasca verde filtrante [<http://www.ci.sandy.or.us/>]

<http://www.rwmwd.org/>



Figura 3.13 – Vasca verde filtrante [<http://picasaweb.google.com/>]

3.1.4 Canali Infiltranti (*Infiltration trenches*)

Il canale infiltrante è una trincea in grado di contenere temporaneamente le acque di pioggia.

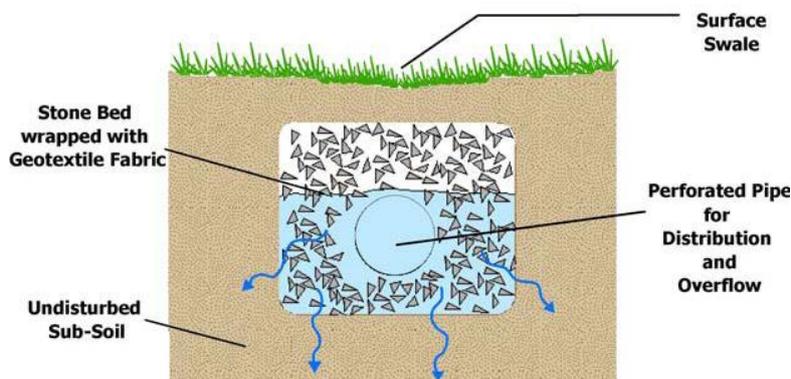


Figura 3.14 – Sezione di un generico canale filtrante [<http://www.csc.temple.edu>]

Le acque contenute nella trincea possono infiltrare dal fondo nel sottosuolo, mentre la quota che non infila può essere convogliata attraverso la trincea verso l'uscita e affluire in un altro sistema di ritenzione o trattamento.

I canali di infiltrazione vengono normalmente impiegati nella raccolta temporanea e successiva infiltrazione delle acque di pioggia di aree urbanizzate. Queste soluzioni possono ridurre i picchi di portata e riprodurre le condizioni idrologiche presenti prima dell'urbanizzazione e, allo stesso tempo, rimuovere sostanze particolate fini e solubili attraverso lo stoccaggio e l'infiltrazione nel terreno. I processi di rimozione sono legati ai fenomeni di adsorbimento, filtrazione e decomposizione microbica presenti nel terreno. Tale soluzione come per i bacini di infiltrazione è in grado di ridurre il flusso di piena e i problemi di erosione ad esso collegati, mantenendo un flusso di portata minimo più elevato e più stabile nel tempo. Nel caso più completo sono trincee riempite con aggregato inerte e rivestite con uno strato di geotessile. Esse sono costituite da uno strato superficiale, un filtro di geotessuto, una struttura serbatoio, uno strato di sabbia e un filtro in geotessile laterale. Lo strato superficiale, dello spessore di 150-300 mm, è costituito da pietrisco di pezzatura 20-30 mm e ha il compito di trattenere i sedimenti più grossolani. La struttura serbatoio è costituita da ghiaia di pezzatura 40-75 mm. Lo strato di sabbia, di spessore 150-300 mm, ha lo scopo di trattenere i metalli pesanti: in particolare, zinco e piombo. Il geotessile garantisce un effetto di filtrazione e previene l'intasamento della trincea.



Figura 3.15 – Esempio di canale filtrante [<http://www.washco-md.net>]

3.1.5 Pozzi Perdenti

I pozzi perdenti sono un'alternativa alle trincee, l'acqua si infila nel sottosuolo in modo concentrato tramite uno scavo nel terreno, circondato da uno strato di ghiaia e dotato di un fondo sabbioso in modo da poter contenere le acque e agevolare l'infiltrazione nel sottosuolo. Possiedono gli stessi pregi e difetti della trincea d'infiltrazione priva di ricoprimento vegetale.

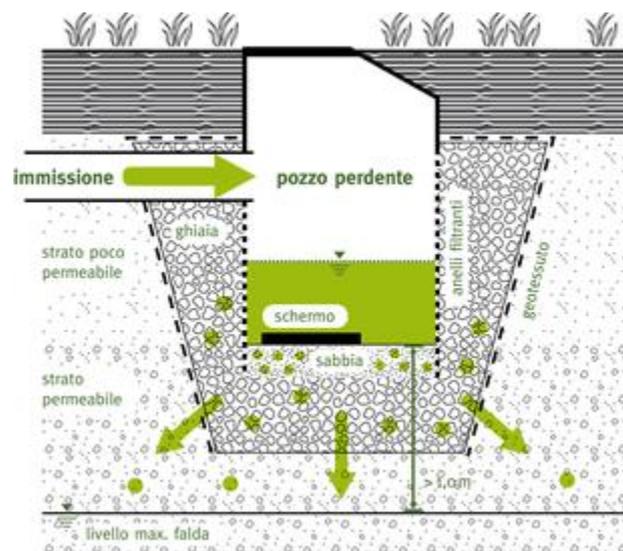


Figura 3.16 – Funzionamento pozzo perdente [<http://www.provinz.bz.it>]

3.1.6 Fossi D'infiltrazione

Sono fossati generalmente di sezione trapezia formati da uno strato superficiale di terreno organico spesso 20 - 30 cm, normalmente poco profondi al cui interno ospitano erba e piante. All'interno dei fossati le acque raggiungono una altezza d'acqua massima di 30 cm e generalmente in assenza di piogge i fossati sono asciutti ed inverditi.

All'interno dei canali l'acqua di prima pioggia si accumula per breve tempo, massimo due giorni (di solito vengono progettati per 72 ore), dopodiché viene assorbita dal terreno o dalle piante, evapora o viene convogliata verso i grandi ricettori.

I fossi d'infiltrazione ben progettati eliminano le acque nell'arco di pochi giorni evitando così il problema della nascita di insetti e odori fastidiosi.

In contesto urbano i canali inerbiti vengono inseriti solitamente a lato delle strade di grande scorrimento poiché le specie arboree presenti e la percolazione nel suolo aiuta la depurazione delle sostanze organiche e grossolane delle acque di scolo.

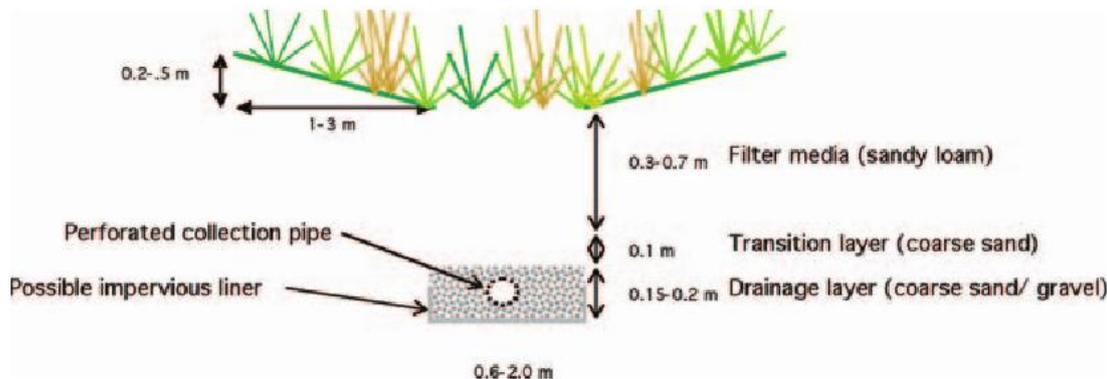


Figura 3.17 – Schema di realizzazione di un fosso d'infiltrazione [WSUD fact sheets – City of Yarra]



Figura 3.18 – Esempio fosso d'infiltrazione a lato di una strada [<http://www.provinz.bz.it>]

3.2 TRATTAMENTO DELLE ACQUE STRADALI

Le acque che derivano dal dilavamento delle superfici stradali contengono degli inquinanti che possono compromettere l'ambiente per cui dovrebbero essere depurate prima della loro immissione nei ricettori principali. Nel caso che le acque derivino da aree dove gli inquinanti presenti possono essere depurati con metodi naturali si possono convogliare le portate a sistemi ad infiltrazione nel sottosuolo in modo da sfruttare il potere depurante dato dalla percolazione.

3.2.1 Canali inerbiti (Grass swale)

I canali inerbiti sono canali rivestiti da erba o piante resistenti all'erosione, costruiti per far defluire le acque di pioggia provenienti dalle superfici impermeabili in maniera regolare, sfruttando la capacità della vegetazione di ridurre le velocità di flusso.

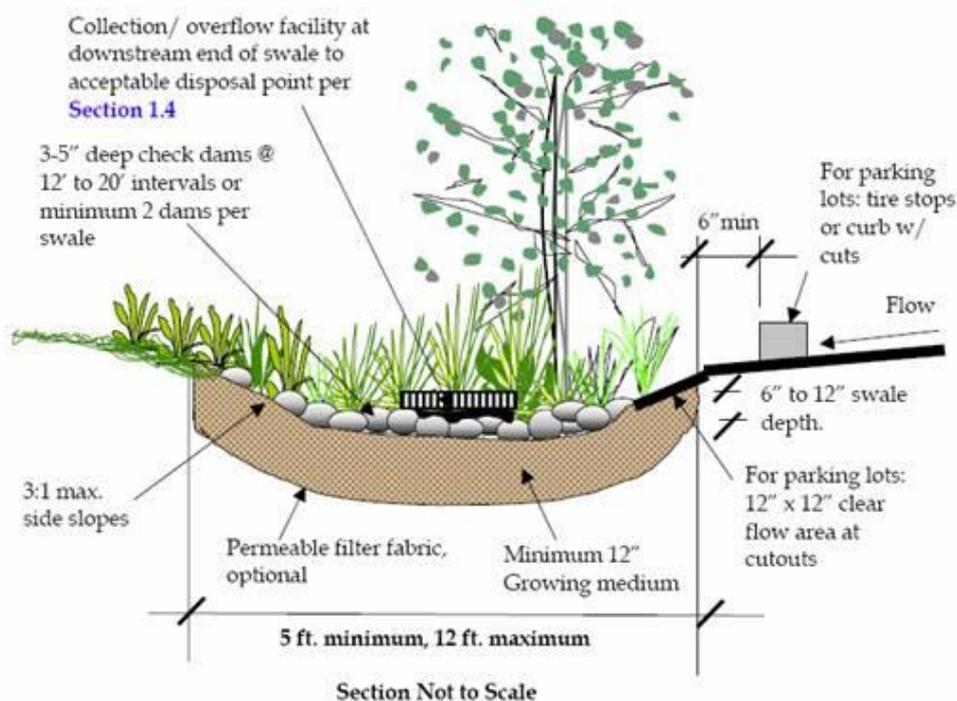


Figura 3.19 – Esempio di un canale inerbito [<http://www.ci.sandy.or.us>]

Non vengono di norma progettati per controllare i picchi di portata per fare questo vengono spesso utilizzate in combinazione con altri sistemi BMP quali piccoli invasi o fasce vegetate. Nel caso di pendenze eccessive i canali inerbiti possono presentare sul

fondo del letto delle depressioni o delle piccole paratoie in grado di rallentare ulteriormente i flussi e aumentare la capacità di ritenzione idraulica.

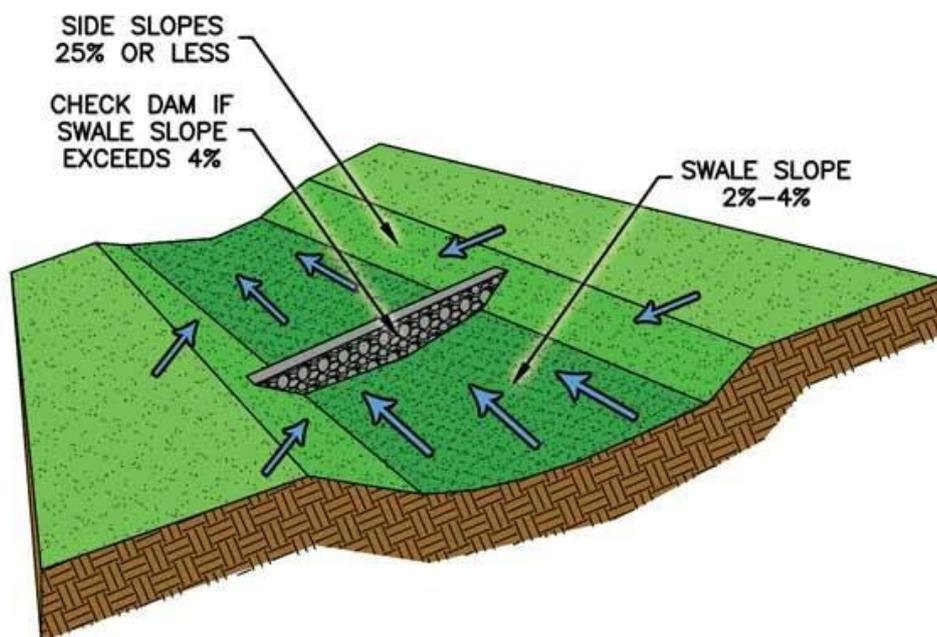


Figura 3.20 – Esempio di canali inerbiti con diaframmi [<http://www.fxbrowne.com>]

Gli inquinanti possono essere rimossi dalle acque attraverso processi di filtrazione legati alla vegetazione, per deposizione, oppure in alcuni casi per infiltrazione nel terreno dei nutrienti in forma solubile. Il grado di depurazione raggiungibile dipende soprattutto dal tempo di residenza delle acque nel canale e dal grado di contatto di queste con la vegetazione e con la superficie del terreno. La presenza di strutture come paratoie o depressioni, all'interno del letto, possono migliorare la capacità di rimozione aumentando i tempi di residenza. Il grado di depurazione raggiungibile dipende soprattutto dal tempo di residenza delle acque nel canale e dallo sviluppo della superficie di contatto di queste con la vegetazione e con la superficie del terreno. Nei sistemi vegetati gli inquinanti sono rimossi dalle acque di prima pioggia attraverso processi fisici (sedimentazione e volatilizzazione), chimici (adsorbimento e filtrazione) e biologici (decomposizione biologica, biophytoremediation, fitodegradazione). L'integrazione dei diversi processi è la condizione ottimale.

I parametri idraulici da controllare durante la progettazione di un biofiltro sono: la lunghezza, la pendenza longitudinale e l'altezza del tirante idrico. È opportuno assicurare, per la portata di progetto, un tempo di permanenza dell'acqua di almeno 5 minuti, una velocità di scorrimento non superiore ai 0,3 m/s e fare in modo che il battente idrico sia comparabile all'altezza del manto erboso.

La pendenza longitudinale dovrebbe essere compresa tra lo 0.5% e il 4%. il coefficiente di *Manning* da applicare nel calcolo dei canali erbosi può essere ricavato dal grafico seguente in funzione del prodotto della velocità per il raggio idraulico, per diverse altezze della vegetazione.

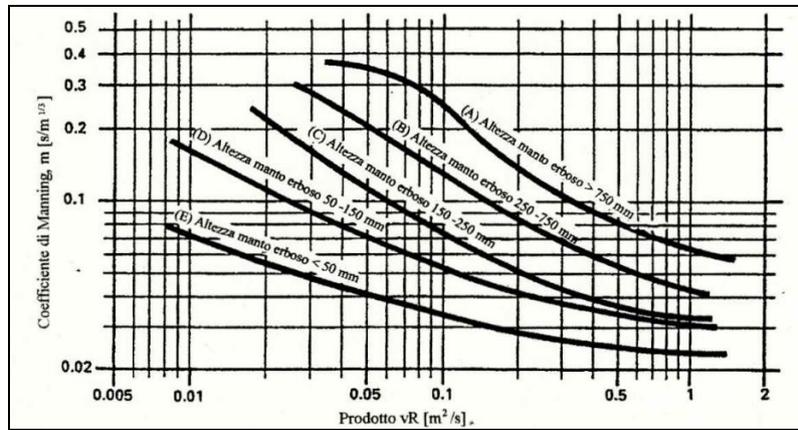


Figura 3.21 – Coefficienti di Manning per diverse altezze del manto erboso funzione del prodotto velocità per raggio idraulico (Muraca e Mangone, 2006)

Le sezioni maggiormente utilizzate sono larghe e di diversa forma: triangolare, rettangolare, trapezia e parabolica.

La manutenzione della vegetazione richiede periodiche ispezioni, rasature dell'erba, applicazione di fertilizzanti e ripristino delle aree dilavate e delle macchie scoperte. In particolare i sedimenti depositati possono distruggere il manto erboso e alterare l'altezza degli argini rischiando di compromettere l'uniformità del flusso lungo il canale. Pertanto possono essere necessari periodici livellamenti e semine delle .



Figura 3.22 – Canale inerbito realizzato in un parcheggio [<http://www.minnehahacreek.org>]

3.2.2 Bioretention

Questi sistemi sono studiati per simulare l'ecosistema di un bosco con una combinazione di filtrazione del suolo e assorbimento da parte della vegetazione. La superficie vegetata nel sottosuolo comprende un sistema di drenaggio per la raccolta delle acque che hanno attraversato il terreno e lo strato radicale ed è progettata per apparire il più naturale possibile. Questo conferisce all'area un aspetto estremamente attraente. L'acqua di pioggia penetra nel sistema e viene momentaneamente stoccata in uno stagno poco profondo posto all'interno dell'area. Da questo stagno l'acqua in parte filtra lentamente attraverso il terreno ed in parte viene assorbita dalle piante.



Figura 3.23 – Esempio di Bioretention in un giardino privato [<http://www.water-research.net>]

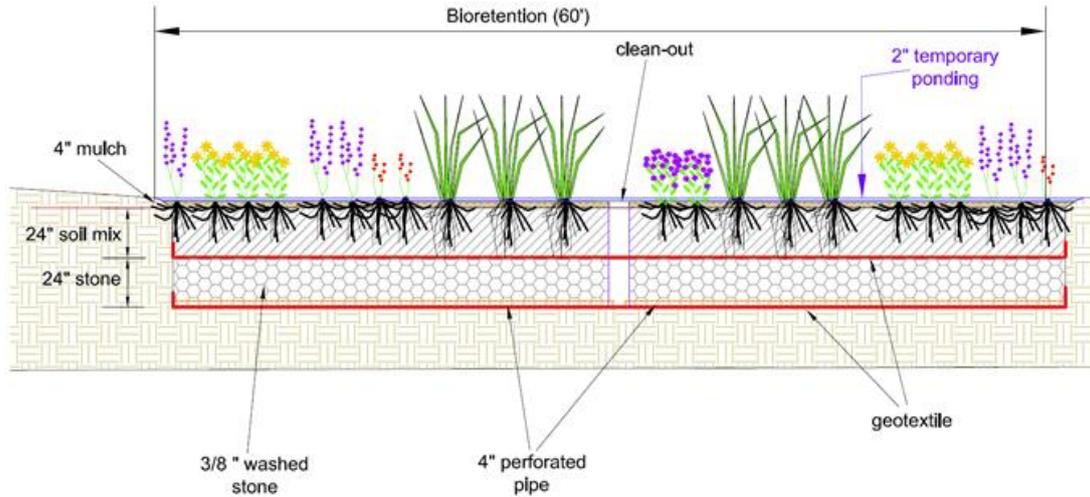


Figura 3.24 – Sezione di un Bioretention [<http://www.wetland.org>]

3.2.3 Bacini Di Infiltrazione (Vegetated Infiltration Basin)

I bacini di infiltrazione sono invasi artificiali di profondità 0,3-0,6 m che immagazzinano temporaneamente le acque meteoriche. Tali bacini si impiegano per il drenaggio di aree estese e possono prevedere inserimento "in linea" o "fuori linea". Laddove il carico di traffico è elevato e le acque di dilavamento sono cariche di inquinanti, si rende necessario adottare un sistema di pretrattamento con vasca di prima pioggia e impianto separatore di oli. Le piante aiutano il sistema a trattenere gli inquinanti mentre le radici favoriscono la permeabilità del suolo, per cui contribuiscono ad aumentare l'efficienza del bacino stesso.

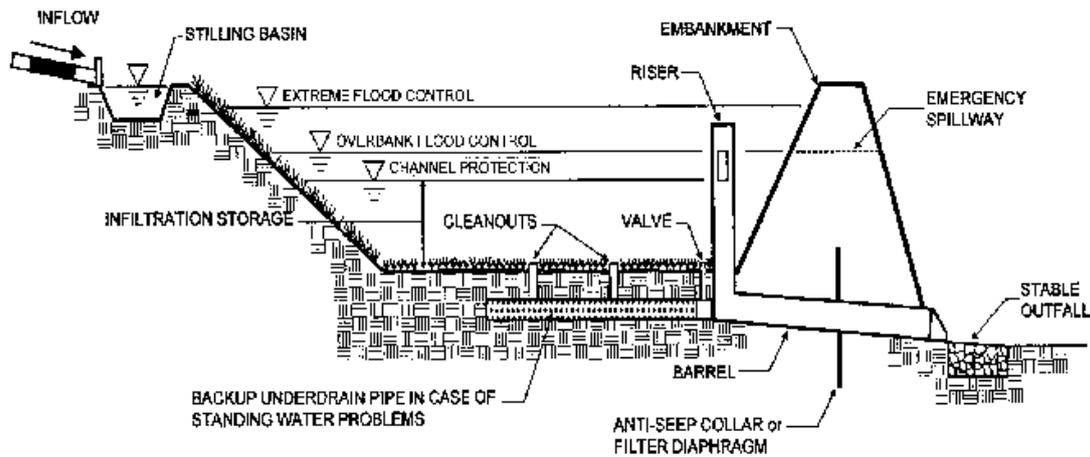


Figura 3.25 – Sezione di un bacino d'infiltrazione [http://www.stormwatercenter.net/]



Figura 3.26 – Bacino d'infiltrazione realizzato in un parcheggio pubblico [http://155.247.107.222/tvssi]

I bacini di infiltrazione non sono progettati per contenere acqua in maniera stabile. Il loro scopo principale è quello di trasformare un flusso d'acqua da superficiale a sotterraneo e di rimuovere gli inquinanti attraverso i meccanismi legati alla filtrazione, l'adsorbimento e la conversione biologica mentre l'acqua percola attraverso il suolo vegetazione. Normalmente si prevede uno svuotamento completo di questi bacini nell'arco delle 72 ore per prevenire lo sviluppo di zanzare e di odori molesti e nel contempo per preparare il bacino ad accogliere un nuovo volume di acqua. Oltre a rimuovere gli inquinanti tale sistema migliora le condizioni idrologiche del bacino,

favorendo i flussi minimi dei corsi d'acqua ed evitando i picchi di piena, inoltre promuove l'innalzamento della falda sotterranea. I bacini di infiltrazione vengono realizzati su terreni a elevata permeabilità, almeno 13 mm/h e sono dimensionati per infiltrare piogge con tempo di ritorno 10 anni entro 48-72 ore. La tabella in basso illustra i risultati di uno studio condotto a Washington e finalizzato alla valutazione dell'efficacia nell'abbattimento degli inquinanti mediante bacini di infiltrazione (Schueler, 1987, FHWA).

Parametro	Sedimenti	Fosforo totale	Azoto totale	Metalli pesanti	BOD	Batteri
% di rimozione	75-90	50-70	45-65	85-90	70-80	75-90

3.3 SISTEMI DI RITENZIONE, FITODEPURAZIONE E LAGUNAGGIO

I sistemi di fitodepurazione prevedono l'impiego di piante acquatiche, le macrofite, per depurare le acque di dilavamento raccolte in bacini. Tali sistemi possono essere impiegati sia come trattamenti secondari, sia come trattamenti terziari a valle di impianti di depurazione convenzionali. I meccanismi biologici di rimozione si sviluppano a livello degli apparati radicali e rizomatosi delle piante acquatiche che possono essere emergenti, sommerse o galleggianti. La capacità di assorbimento dei metalli pesanti per diverse tipologie di essenza sono illustrate in *tabella 3.1*.

Tipo di essenza	Cd [kg/ha]	Cr [kg/ha]	Cu [kg/ha]	Fe [kg/ha]	Mn [kg/ha]	Ni [kg/ha]	Pb [kg/ha]	Zn [kg/ha]	P [kg/ha]	N [kg/ha]
Typha Agustifolia		0,008	0,008	15,80	11,22	0,027		0,629	90	230
Typha Latifolia		0,01	0,36		13,66			0,8	30	180
Giunchi canne										
Phragmitee comunis	0,003	0,026	0,188	41,2	7,44	0,068		1,658	40	800
Juncus roemerianus									20	1200
Erbe										
Phararis arudinacee							0,25		43	430
Spertina altemiflora				5,8					6	1200
Spertina e Phararis	0,0004						0,0086			
Altre specie										
Iustica americana			0,55	24	2			4,2		
Baticomia pacifica	0,23		1				0,5	0,56		
Elcomia	0,14		13,44	30,2	20,2	0,33	0,44	2,68	297	20
Carex stricta		0,02	0,062	103,4	26,36	0,067		1,714	2	50
Selrpus lacustre		0,023	0,016	26,2	40,32	0,058		1,68	67	160

Tabella 1 Capacità assorbente di varie tipologie di piante [(Cera e Di Maggio, 2000)]

La depurazione mediante lagunaggio sfrutta i meccanismi di sedimentazione, filtrazione, assorbimento, degradazione aerobica e anaerobica delle sostanze inquinanti. I bacini sono colonizzati da una grande varietà di organismi viventi: batteri, alghe, zooplancton, piante acquatiche che garantiscono una buona efficienza depurativa. L'efficienza depurativa di uno stagno biologico è strettamente legata al tempo di permanenza del deflusso nei letti preposti ai trattamenti di lagunaggio.

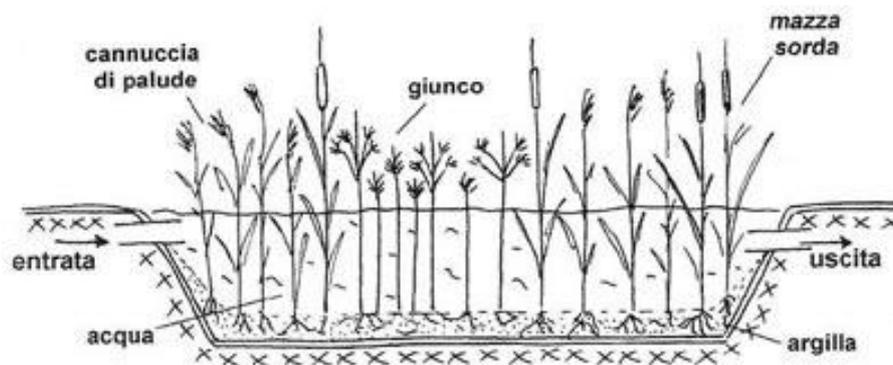


Figura 3.27 – Esempio di piante acquatiche in un sistema di lagunaggio [<http://www.riminiambiente.it>]

I bacini di ritenzione sono strutture progettate per intercettare le acque di prima pioggia, contenerle temporaneamente per poi rilasciarle lentamente al termine dell'evento meteorico. Il principale obiettivo di questi bacini è il controllo quantitativo attraverso la riduzione dei picchi di piena provocati dalle piogge. Possono venire progettati per mantenere all'interno permanentemente un certo volume di acque (bacini umidi) oppure possono essere disegnati in maniera da svuotarsi completamente in circa 24 – 48 ore (bacini di laminazione). La capacità di rimozione degli inquinanti normalmente si limita alla rimozione dei solidi sospesi associata alla sedimentazione all'interno del bacino. L'efficienza di rimozione può essere migliorata inserendo uno stagno di sedimentazione primaria all'ingresso del bacino che favorisca l'accumulo dei solidi più grossolani.

3.3.1 Stagni (Ponds)

Sono bacini che rimangono sempre pieni di acqua e che vengono dimensionati e configurati per permettere una significativa rimozione di inquinanti provenienti dalle acque di prima pioggia. La capacità del bacino viene calcolata in funzione della concentrazione di solidi che si vogliono rimuovere e della superficie del bacino di raccolta delle acque.

Si suddividono in :

➤ Stagni temporanei (Dry Ponds)

Gli stagni temporanei sono quei bacini che non hanno una vasca per la ritenzione permanente, ma ricevono le acque di pioggia e le trattengono per un breve periodo per poi rilasciarle lentamente. Questi bacini possono avere diverse sistemazioni in quanto non essendo permanenti possono essere inclusi in aree adibite per altre soluzioni quali

parcheggi, campi sportivi o spazi aperti, ecc. Questa soluzione ha soprattutto una valenza idraulica, in quanto lo stoccaggio temporaneo delle acque di prima pioggia limita i flussi di piena, d'altra parte questi stagni hanno la tendenza a risospendere i solidi depositatisi all'interno con le piene e quindi non sono la soluzione migliore per quanto riguarda l'abbattimento degli inquinanti. Se si vuole migliorare anche questo aspetto occorre utilizzare soluzioni quali i bacini a ritenzione prolungata.

➤ **Stagni permanenti (Wet Pond)**

Uno stagno permanente è un sistema per il controllo delle acque di pioggia costituito da un bacino permanentemente allagato soprattutto nei periodo piovosi. Il volume di questo bacino viene dimensionato in base alla capacità di ritenzione dei particolati inquinanti richiesta. Qualora si voglia provvedere ad una rimozione aggiuntiva di sostanze inquinanti, si prevede un'area umida all'interno del bacino stesso. Il controllo dei flussi viene realizzato controllando l'altezza del pelo libero del bacino attraverso particolari apparati di scarico.

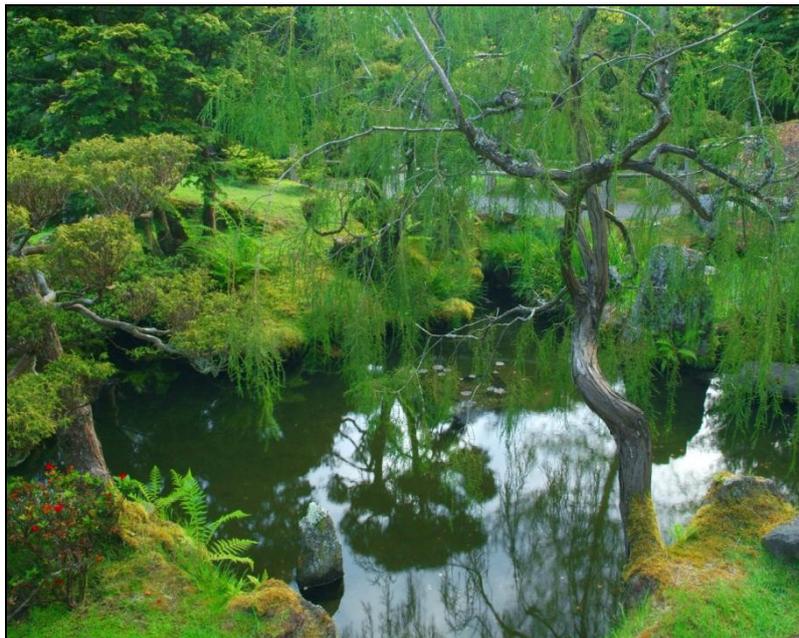


Figura 3.28 – Stagno permanente con funzione di bacino di laminazione [<http://www.edenpics.com>]

3.3.2 Sistemi di fitodepurazione estensiva (SFE)

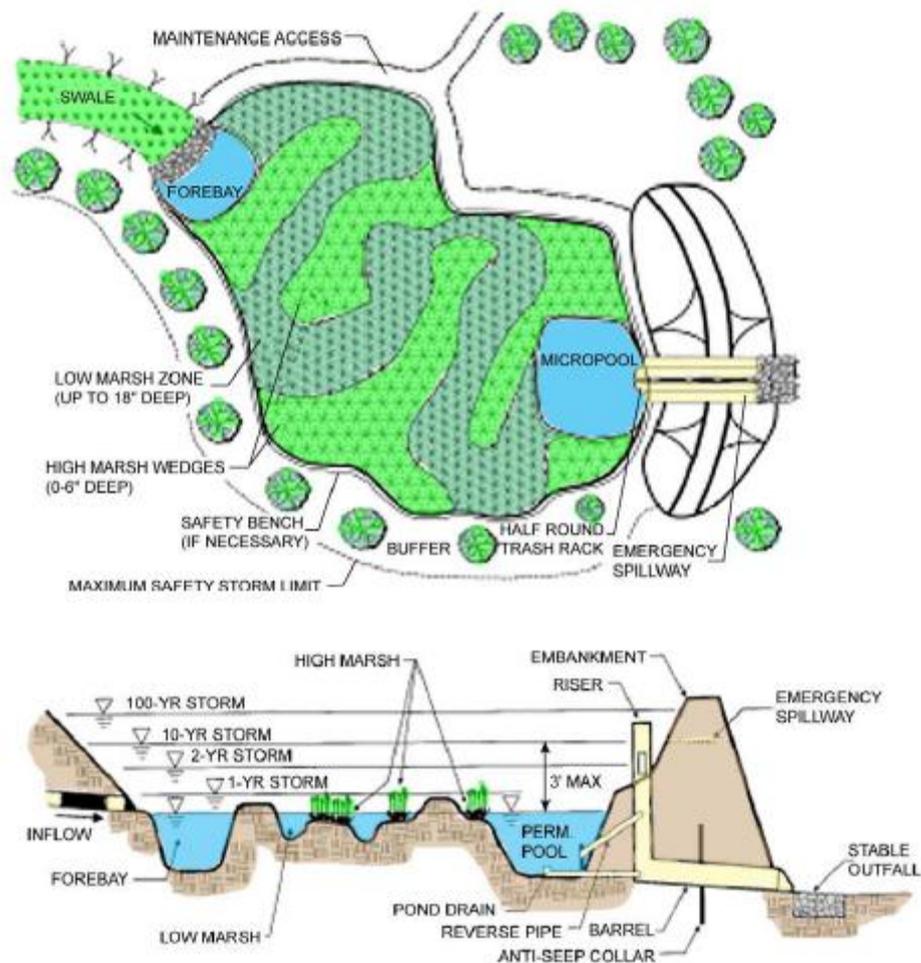


Figura 3.29 – Esempio di sistema di fitodepurazione estensivo [Context Sensitive Design in Transportation Infrastructures]

I sistemi di fitodepurazione sono semplicemente dei bacini di laminazione che comprendono loro interno degli stagni e delle aree vegetate in grado di trattare le acque e migliorarne la qualità. Questi sistemi sono costituiti da bacini di sedimentazione associate a soluzioni per uno adeguato sviluppo della vegetazione all'interno del bacino. Tale sistema di vasche è in grado di rimuovere o trattare grossi volumi di acqua a basso carico inquinante con portate estremamente variabili e discontinue quali le acque di pioggia o di sfioratori, oltre a consentire l'affinamento di acque trattate. La sedimentazione ed un'intensa attività biologica all'interno del bacino sono in grado di rimuovere una considerevole quota di sostanze nutrienti.

I SFE possono essere estremamente efficienti nella rimozione dei sedimenti e degli inquinanti ad essi associati (quali metalli pesanti, nutrienti ed idrocarburi), delle sostanze organiche e dei batteri presenti nell'influyente. La parte vegetate è inoltre in grado di provvedere alla rimozione di sostanze solubili e di quelle adsorbite nei sedimenti.

La capacità di rimozione degli inquinanti negli SFE dipende soprattutto dalle caratteristiche fisiche del sistema, quali il rapporto superficie SFE e superficie dell'area scolante, tempo di residenza, portate e velocità di flusso nei vari comparti. Generalmente, maggiore è il tempo di residenza migliore è la capacità di rimozione, bisogna però fare attenzione alle possibili corto-circuitazioni interne al sistema ed all'accumulo di sedimenti. La rimozione degli inquinati per via biologica è anche influenzata dalla temperatura, per cui si ottengono i migliori risultati di rimozione nei periodi più temperati.

Sebbene tali sistemi siano molto efficienti nella rimozione delle sostanze inquinanti, occorre comunque considerare la possibilità che le sostanze inquinanti possano accumularsi nei sedimenti ed entrare nel ciclo biologico che caratterizza l'area umida. Per tale motivo occorre sempre porre attenzione nella progettazione dei bacini di sedimentazione prevedendo semplici sistemi per la rimozione di tale tipo di sedimenti. Per aumentare ulteriormente il valore estetico dell'intervento è buona cosa circondare l'area con un'area di vegetazione tampone costituita da alberi e siepi. Tale realizzazione servirà inoltre a costituire una distanza di rispetto nei confronti delle possibili aree abitate adiacenti.

Le linee guida per la progettazione degli SFE devono prevedere i seguenti aspetti: dimensione, varietà del letto e delle sponde, tipo di suolo, essenze da impiegare, schemi di trattamento e sistemi di scarico.

Le linee guida americane raccomandano un'area superficiale pari a 1 – 2% del bacino scolante. L'area dovrà avere un rapporto minimo lunghezza: larghezza di 2:1 preferibilmente 3:1. La distanza tra ingresso ed uscita deve comunque essere massimizzata per accrescere il percorso di trattamento. Il percorso può essere comunque articolato con la costruzione di paratoie ed argini in grado di creare percorsi più tortuosi e diverse profondità. Gli argini dell'area devono essere costruiti in maniera da controllare ed evitare l'erosione.

Generalmente la forma del bacino tende ad essere più sottile nella parte iniziale fino ad allargarsi nella parte finale. Il bacino di sedimentazione posto all'ingresso dell'area

umida dovrebbe avere comunque una profondità di 1.2 – 2.5 m, con una buona via di accesso ed un fondo che favorisca la pulizia.

La scelta dei requisiti delle superfici determina le condizioni di habitat per lo sviluppo delle essenze desiderate, occorrerà favorire un pronto attecchimento della vegetazione e promuovere il più possibile la diversità. Occorrerà prevedere uno stagno finale in grado di ridurre la risospensione dei solidi più fini. I suoli su cui costruire le aree umide devono avere un rateo di infiltrazione molto basso in maniera da favorire il mantenimento di condizioni sature e uno stagno continuamente allagato. Occorrerà prevedere uno stagno finale in grado di ridurre la risospensione dei solidi più fini.

Come detto precedentemente l'area può essere vegetata posando terreno paludoso sulla superficie del bacino. Tale materiale essendo ricco di semi e stoloni permette l'attecchimento di varie specie vegetali tutte adattate. In alcune situazioni può però essere necessario provvedere alla diretta piantumazione della vegetazione. Le piante devono essere impiantate con una distanza massima tra loro di un metro. Se dopo un anno di sviluppo l'area coperta dalla vegetazione non copre il 70% occorrerà provvedere ad un ulteriore intervento di piantumazione.

3.4 PAVIMENTAZIONI DRENANTI

Le pavimentazioni drenanti sono una valida alternativa ai convenzionali lastricati di marciapiedi o zone pedonali che si propone di ridurre la diffusione di porzioni impermeabili e conseguentemente di minimizzare il deflusso superficiale. Evitano in questo modo che il deflusso superficiale si riversi all'interno del sistema di raccolta, lasciando che penetri nel sottosuolo. Lo strato superficiale della pavimentazione è infatti realizzato utilizzando elementi prefabbricati di forma alveolare, in materiale lapideo o sintetico.

L'efficacia di una pavimentazione permeabile dipende, oltre che dalla corretta esecuzione e manutenzione dello strato più superficiale, anche dalla tipologia degli strati sottostanti posti fra quello più superficiale e il terreno di base. A sua volta tale tipologia dipende dalla natura del sottosuolo: qualora questo possieda già buone caratteristiche drenanti, gli strati superiori hanno solo la funzione di vettori delle portate infiltrate e di eventuale filtro nei confronti degli inquinanti da esse veicolate. Quando non sussistano invece le garanzie di permeabilità del sottosuolo, l'intera pavimentazione assume un ruolo di accumulo, anche se temporaneo, delle acque

infiltrate, che vengono gradualmente restituite al sistema drenante (Veltri e Viviani, 1997). Non è rara l'applicazione di conglomerati bituminosi drenanti ad elevata porosità e con spessori dell'ordine dei 6-8 cm.

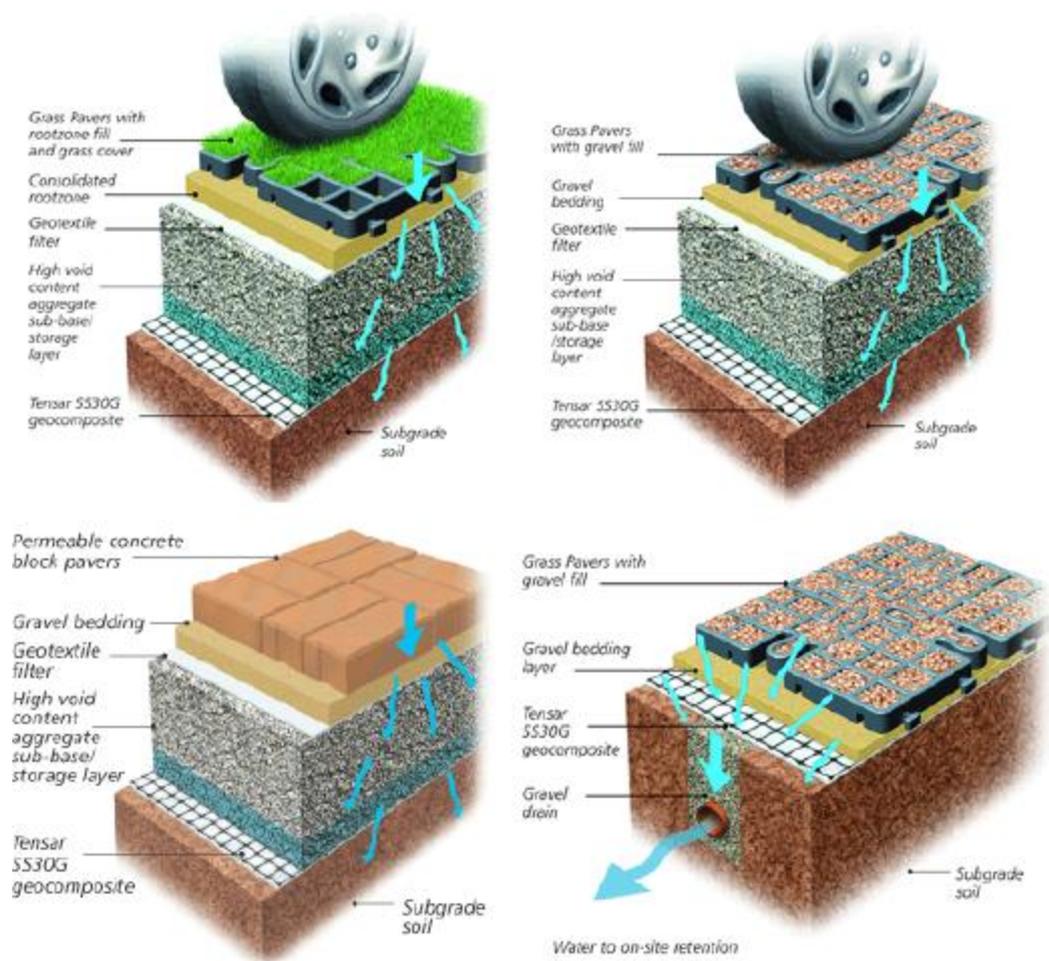


Figura 3.30 – Vari esempi di pavimentazioni drenanti [Context Sensitive Design in Transportation Infrastructures]

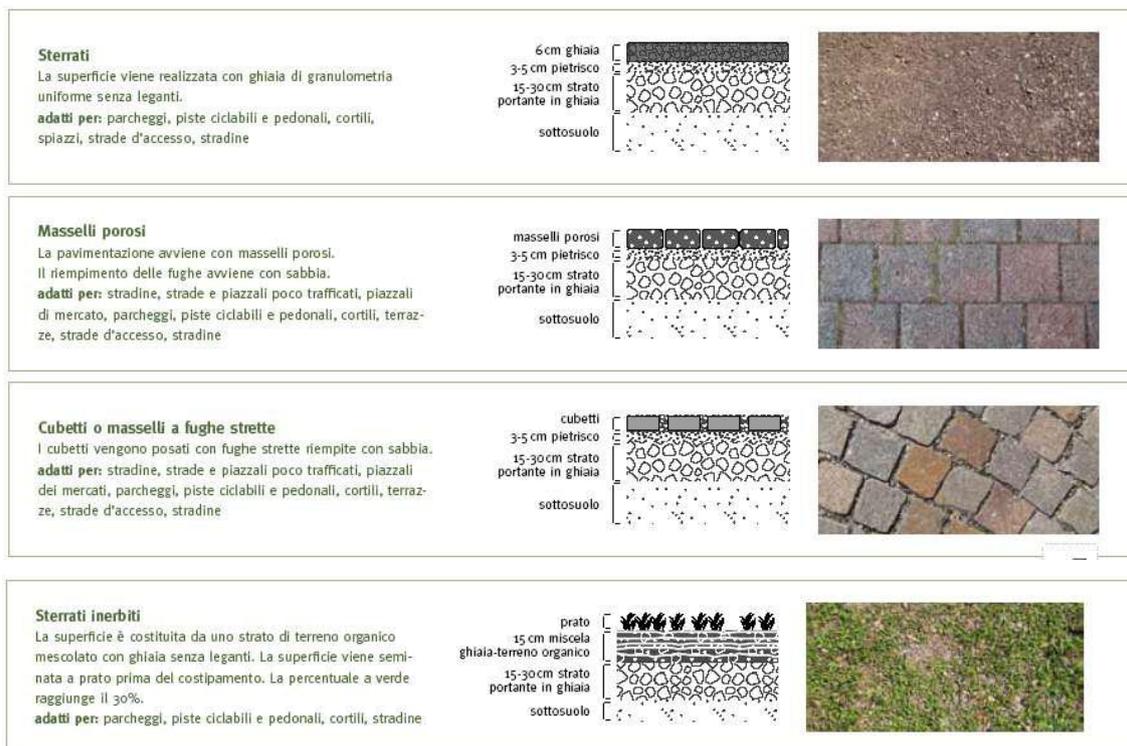


Figura 3.31 – Tipologie pavimentazioni porose [<http://www.provinz.bz.it>]

3.4.1 Pavimentazioni Permeabili

Pavimentazioni permeabili costituite da asfalto mescolato con componenti fini in modo da creare piccoli pori attraverso cui passa l'acqua, risulta così una superficie più ruvida detta "popcorn mix"; esse devono garantire un'infiltrazione di 10 mm di acque di pioggia. Poiché lo strato più superficiale della pavimentazione tende ad occludersi occorre eseguire una periodica pulizia con macchine pulitrici a getti di pressione.

La grande presenza di pori permette all'acqua di filtrare attraverso la superficie ed essere assorbita dal terreno, in questo modo la pavimentazione ha meno possibilità di rompersi col ghiaccio.

Per la realizzazione dei marciapiedi, strade ciclabili o piazzali dei mercati in zone urbane dove la permeabilità del terreno è scarsa, si possono utilizzare cementi porosi o strati di ghiaie dalle più grosse alle più fini in modo da assicurare l'infiltrazione delle piogge nel sottosuolo.

L'obiettivo di garantire la permeabilità necessaria alla pavimentazione si ottiene grazie alla realizzazione di due strati di ghiaia o pietrisco di pezzatura non superiore ai 4 cm e spessi almeno 10 cm.



Figura 3.32 – Confronto tra asfalto normale e asfalto drenante [<http://www.conglomeraticld.com>]

Lo strato di sabbia di almeno 10 cm al di sotto della ghiaia è necessario per filtrare le acque dagli inquinanti. Si crea così una “struttura serbatoio” che oltre ad aiutare l’infiltrazione delle acque nel sottosuolo ha anche capacità di accumulo e laminazione. Nel caso in cui ci siano grossi problemi di occlusione dei pori della pavimentazione, si possono realizzare due sistemi ad infiltrazione intervallati da un sistema di drenaggio e sedimentazione attraverso cui le acque sono obbligate a passare.

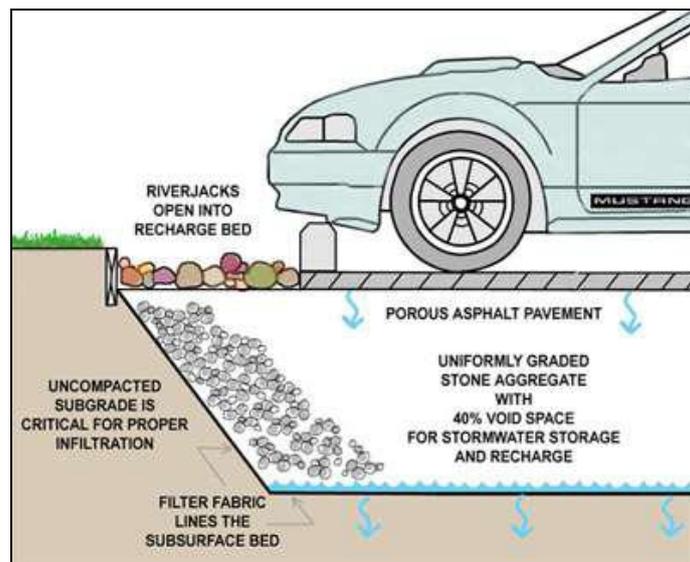


Figura 3.33 – Funzionamento di un parcheggio con pavimentazione porosa [Pennsylvania Stormwater Management Manual]

3.4.2 Infiltration Planters

Sono vasche in cui crescono piante che sopportano l'immersione ed aiutano a filtrare l'acqua e ad infiltrarsi nel terreno lentamente. La vasca viene riempita di terreno poco permeabile, durante la pioggia la vasca si riempie d'acqua.



Figura 3.34 – Infiltration planters all'interno di un parcheggio pubblico [<http://olsonplanning.com>]

3.5 RISTAGNO DELLE ACQUE E LOTTA ALLE ZANZARE

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.

Ad eccezione delle situazioni dove il ristagno è ricercato come per 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, il ristagno prolungato delle acque viene comunque considerato un fenomeno negativo.

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

Il ristagno delle acque sui terreni si verifica quando la velocità d'infiltrazione nel terreno è inferiore rispetto all'intensità di pioggia o alla portata dell'acqua tracimata.

La pendenza del terreno non è tale da smaltire l'acqua per deflusso e la permeabilità non è sufficiente per permetterne l'infiltrazione. Se il ristagno dura poche ore non costituisce un problema, se invece si prolunga per giorni e si ripete con frequenza può causare l'insorgere di molteplici problematiche.

Per evitare il ristagno delle acque sui terreni si predispongono scoline nei terreni argillosi o si costruiscono reti sotterranee di condotte per favorire il deflusso.

I sistemi di deflusso urbano invece si occupano di allontanare le acque derivanti dalle piogge e dai servizi delle abitazioni dai centri abitati, controllare l'insorgere di odori sgradevoli ed il profilare di batteri, insetti o animali che possono trasmettere malattie.

In Europa nell'ultimo ventennio oltre alla zanzara comune *Culex Spp* si è diffusa una specie particolarmente infestante *Aedes Albopictus* detta zanzara tigre, di colore nero con striature bianche da cui il nome "tigre". 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 i pozzetti di raccolta delle acque piovane, bidoni, nel fogliame macerato, nei sottovasi dei fiori, in 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

schiodere a partire da fine aprile, se le condizioni climatiche sono favorevoli (temperature non al di sotto dei 10 gradi 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.

Le caditoie raccolgono l'acqua pluviale caduta sulle superfici stradali e la scaricano in fogna; nella progettazione delle caditoie bisogna innanzitutto decidere se munirle o meno di chiusura idraulica.

Le caditoie munite di chiusura idraulica o sifone hanno il vantaggio di impedire la fuoriuscita dei cattivi odori, ma attraverso di esse non avviene la ventilazione delle fogne. Inoltre favoriscono la sedimentazione delle sostanze sospese sedimentabili e impediscono l'accesso in fogna di gran parte di quelle galleggianti. Con il tempo tendono a ostruirsi e necessitano di periodiche pulizie.

Nei paesi con clima mediterraneo, con pochi giorni piovosi e lunghe siccità estive, l'acqua che dovrebbe assicurare la chiusura idraulica evapora e il dispositivo perde di funzionalità.

Rimane soltanto il fastidio di dover eseguire le periodiche pulizie. Quando queste non vengono eseguite come spesso accade, la caditoia s'interra, assicurando così una efficace chiusura solida, ma, ovviamente, non funziona più da caditoia.

Le caditoie prive di chiusura idraulica non presentano questi inconvenienti e richiedono poca manutenzione (soltanto la pulizia della bocca d'accesso, se necessario).

Evidentemente la presenza del sifone non è necessaria in reti separate che sversano all'interno di corsi d'acqua.

Nel caso in cui si decidano di utilizzare le caditoie stradali senza chiusura idraulica e il recapito finale è una fognatura mista, si potrebbe disporre un sifone ispezionabile vicino all'allaccio con la fognatura pubblica principale.

4. CRITERI PROGETTUALI PER IL DIMENSIONAMENTO E LA SCELTA DEI SISTEMI A INFILTRAZIONE

4.1 Criteri di dimensionamento

Il dimensionamento dei sistemi d'infiltrazione va effettuato confrontando le portate in arrivo al sistema con la capacità di infiltrazione del terreno e con l'eventuale volume immagazzinato nel sistema.

Per realizzare tale calcolo ci si deve basare sull'equazione di continuità, che consente di effettuare il bilancio tra le portate in ingresso e in uscita al sistema di infiltrazione:

$$(Q_p - Q_f) \cdot \Delta t = \Delta W$$

Dove Q_p è la portata in ingresso di origine meteorica; Q_f la portata infiltrata; Δt l'intervallo di tempo; ΔW la variazione del volume invasato nel mezzo filtrante nell'intervallo Δt .

Per determinare la portata in ingresso Q_p si fa usualmente riferimento alla portata con tempi di ritorno compresi tra 2 e 10 anni, in funzione dell'importanza dell'opera e dei possibili danni conseguenti all'insufficienza dell'opera.

La capacità di infiltrazione può essere valutata con la legge di Darcy:

$$Q_f = K \cdot J \cdot A_{\text{inf}}$$

Essendo K il coefficiente di permeabilità che può essere determinato o attraverso prove specifiche di permeabilità realizzate in sito o attraverso tabelle presenti in letteratura in relazione alla tipologia di suolo.

Tipo di suolo	K (m/s)
Ciottoli, ghiaia	$>10^{-2}$
Sabbia	$10^{-2} \div 10^{-5}$
Sabbia fine, argilla con limo e sabbia	$10^{-5} \div 10^{-9}$
Argilla omogenea	$10^{-9} \div 10^{-11}$

Tabella 4.1 - Permeabilità di alcuni suoli [Franconi, 1988]

Per una maggiore cautela progettuale i valori di permeabilità presenti in letteratura dovrebbero essere ridotti di almeno il 50% per tenere conto che gli strati superficiali di terreno si possono trovare in condizioni sature. La cadente piezometrica J (m/m) può essere posta pari a 1 quando il tirante idrico sulla superficie filtrante sia trascurabile

rispetto all'altezza dello strato filtrante; nell'equazione precedente A_{inf} rappresenta la superficie netta di infiltrazione in m^2 .

La risoluzione dell'equazione di continuità può essere effettuata per passi successivi, fissando un intervallo di tempo di risoluzione (da qualche decina di minuti fino all'ora) e variando la durata dell'evento pluviometrico. Più il suolo è permeabile è più brevi devono essere le durate di pioggia, al contrario durate di pioggia più lunghe (anche qualche giorno) devono essere utilizzate nel caso di suoli a bassa permeabilità.

Nel caso del dimensionamento di pavimentazioni filtranti si deve tenere in conto che la struttura non è dotata di una capacità di invaso e pertanto la capacità di smaltimento è solo legata alla sua capacità di infiltrazione. In definitiva affidarsi alla sola capacità di smaltimento di una pavimentazione può essere efficace solo per le piogge di modesta intensità, mentre è opportuno abbinare ad una pavimentazione filtrante anche una capacità di invaso consentendo così uno smaltimento ottimale delle acque meteoriche. Qualora si sfrutti una capacità di invaso ottenuta attraverso la porosità del materiale di riempimento, le variazioni di volume dovranno essere ottenute con l'equazione:

$$\Delta W = A_{inf} \cdot \Delta h \cdot n$$

dove A_{inf} è la superficie del sistema di infiltrazione, Δh la variazione di tirante idrico nel sistema, n è la porosità efficace, variabile in funzione del materiale di riempimento adottato (ad esempio per la ghiaia si può assumere un valore compreso tra 0.2 e 0.3). Il calcolo deve essere eseguito in modo iterativo fissando ad esempio l'altezza massima di acqua invasabile e verificando la superficie A necessaria.

Nel caso di trincee drenanti il dimensionamento viene eseguito usualmente fissando larghezza e profondità della trincea drenante e ricavando la lunghezza della stessa ricorrendo alla seguente equazione:

$$\Delta W = L \cdot l \cdot \Delta h \cdot n$$

dove L e l sono rispettivamente la lunghezza totale e la larghezza della trincea mentre n è la porosità efficace del materiale di riempimento.

La quantità di acqua che si infila può ancora essere calcolata con l'espressione già vista in precedenza:

$$Q_f = K \cdot J \cdot A_{inf}$$

dove l'area A_{inf} di infiltrazione può essere calcolata con la seguente espressione:

$$A_{inf} = L \cdot l + 2 \cdot (L + l) \cdot \Delta h$$

Nel caso si adottino pozzi di infiltrazione la portata smaltibile può essere calcolata con la seguente equazione:

$$Q_f = \frac{K}{2} \cdot \left(\frac{L+z}{L+z/2} \right) \cdot A_f$$

Dove, A_f rappresenta la superficie orizzontale effettiva calcolabile come quella dell'anello di larghezza $z/2$. Gli altri parametri assumono invece il significato secondo quanto riportato nella figura seguente.

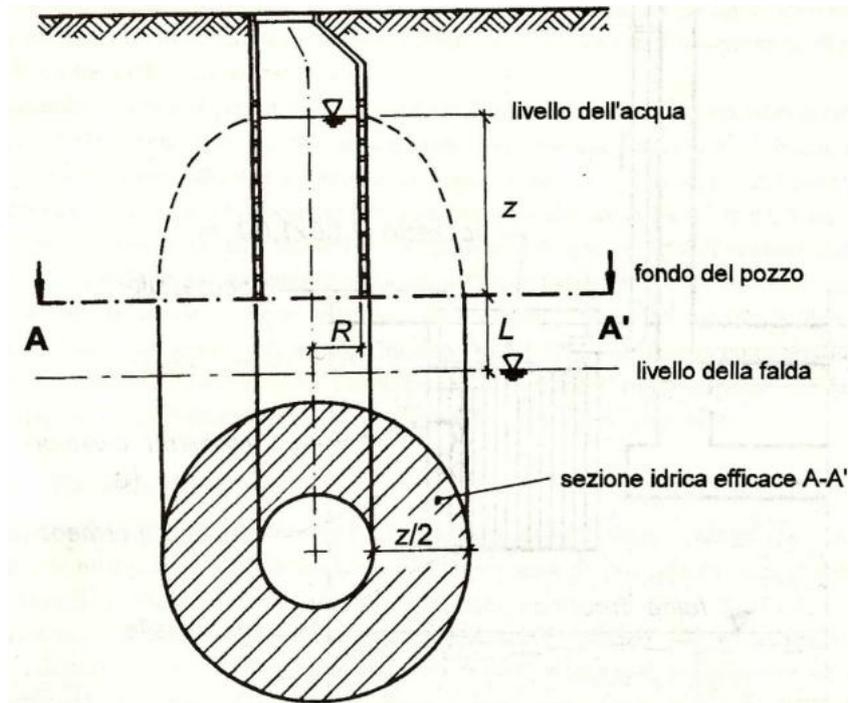


Figura 4.1 – Pozzo di infiltrazione (AA.VV. 1997)

4.2 Esempi di dimensionamento di sistemi di infiltrazione

Così come già evidenziato nei paragrafi precedenti il dimensionamento dei sistemi d'infiltrazione va effettuato confrontando le portate in arrivo al sistema con la capacità di infiltrazione del terreno e con l'eventuale volume immagazzinato nel sistema.

4.2.1 Pavimentazioni permeabili

Il seguente esempio illustra i criteri di dimensionamento validi per pavimentazioni permeabili e per superfici di infiltrazione non dotate di capacità d'invaso ed esterne

all'area impermeabile. L'equazione di continuità si ridurrà dunque nella formula seguente:

$$Q_p - Q_f = 0$$

Poiché la superficie di infiltrazione è esterna all'area impermeabile la portata di pioggia Q_p sarà ricavata come:

$$Q_p = \frac{i \cdot \varphi_{imp} \cdot A_{imp}}{1000 \cdot 3600} + \frac{i \cdot A_{inf}}{1000 \cdot 3600} \quad [\text{m}^3/\text{sec}]$$

Con:

i - intensità di precipitazione in mm/h calcolata ipotizzando un tempo critico pari al tempo di corrivazione del bacino (5-10 minuti) e utilizzando come parametri della curva di possibilità pluviometrica quelli corrispondenti a un tempo di ritorno di 10 anni e a una durata dell'evento inferiore all'ora:

$$i = a \cdot t_c^{(n-1)} = 43,87 \cdot \left(\frac{10}{60}\right)^{(0,683-1)} = 77,42 \quad [\text{mm/h}]$$

A_{imp} - superficie impermeabile in $[\text{m}^2]$;

A_{inf} - superficie di infiltrazione in $[\text{m}^2]$;

φ_{imp} - coefficiente di deflusso della superficie impermeabile.

La portata di pioggia che si infiltra verrà espressa con la formula di Darcy:

$$Q_f = (1 - \Psi_{inf}) \cdot K \cdot J \cdot A_{inf} \quad [\text{m}^3/\text{sec}]$$

Con:

K - coefficiente di permeabilità pari a $2 \cdot 10^{-4}$ [m/s];

J - J cadente piezometrica pari a 1 [m/m];

A_{inf} - superficie d'infiltrazione $[\text{m}^2]$;

Ψ_{inf} - coefficiente di deflusso della superficie d'infiltrazione.

Il parametro incognito A_{inf} A_p , verrà stimato come segue:

$$A_{inf} = A_i \cdot \frac{i \cdot \varphi_{imp}}{1000 \cdot 3600 \cdot \left[(1 - \psi_{inf}) \cdot K - \frac{i}{1000 \cdot 3600} \right]} \quad [\text{m}^2]$$

Ipotizzando di avere una superficie impermeabile di 1 ettaro ($\varphi_{imp}=0,8$) si calcola l'area della superficie di infiltrazione. Quest'ultima varia in funzione della tipologia di

pavimentazione porosa e quindi del suo coefficiente di deflusso posto in questo esempio pari a 0,3:

$$A_{inf} = 1 \cdot 10000 \cdot \frac{77,4 \cdot 0,8}{1000 \cdot 3600 \cdot \left[(1 - 0,3) \cdot 2 \cdot 10^{-4} - \frac{77,4}{1000 \cdot 3600} \right]} = 1452 \quad [m^2]$$

La superficie drenante necessaria a smaltire la portata derivante dalla superficie di un ettaro risulta pertanto essere pari a 1452 m².

4.2.2 Bacini d'infiltrazione

Il seguente esempio illustra i criteri di dimensionamento validi per bacini di infiltrazione e per pavimentazioni permeabili (dotate di capacità d'invaso) in cui l'accumulo avviene sia al di sopra del piano campagna che al di sotto del piano stesso (*strutture a serbatoio*) sfruttando la porosità del mezzo filtrante.

Per entrambi si parte dal bilancio delle portate entranti e uscenti per il mezzo filtrante:

$$(Q_p - Q_f) \cdot \Delta t = \Delta W$$

Nel primo caso la variazione di volume può esprimersi come:

$$\Delta W = A_{inf} \cdot \Delta h$$

Si illustra il dimensionamento di un bacino di infiltrazione a servizio di un'area drenata impermeabile avente superficie di 10 ha. Il calcolo verrà effettuato per uno ietogramma di progetto, ricavato dalla curva di possibilità pluviometrica (tempo di ritorno 10 anni), caratterizzato da un'intensità di pioggia di 11 mm/h e da una durata di 6 ore. Si consideri che l'ipotesi di pioggia a intensità costante viene fatta per semplicità, ma il calcolo può essere eseguito allo stesso modo anche con ietogrammi differenti, sia come durata che forma. È importante sottolineare che la durata di pioggia deve essere scelta per tentativi individuando quella che massimizza il volume da accumulare.

Il dimensionamento viene effettuato fissando una permeabilità del terreno pari a 1*10⁻⁵ m/s, considerando una superficie di infiltrazione di 1,2 ettari e facendo l'ipotesi di non superare un'altezza massima invasata di 0,35 m. Il calcolo è riportato nella tabella 4.4 colonna a.

Nel caso di strutture a serbatoio, in cui la capacità d'invaso viene realizzata sfruttando la porosità del materiale di riempimento, la variazione di volume si calcola come:

$$\Delta W = A_{inf} \cdot \Delta h \cdot n$$

A_{inf} - superficie d'infiltrazione [m²];

Δh - variazione del tirante idrico nel bacino [m], nell'intervallo Δt .

Il dimensionamento è stato effettuato fissando una permeabilità del terreno e una superficie di infiltrazione pari al caso precedente oltre a definire una porosità efficace di 0,3. Il calcolo è riportato nella tabella 4.4 colonna *b*.

Come si nota dalla figura 4.2 l'altezza massima dell'acqua, con questa tipologia di bacino, raggiunge un valore pari a circa 1,11 metri.

Tempo [h]	Q_p [m ³ /h]	Q_f [m ³ /h]	ΔW [m ³]	$\Delta h(a)$ [m]	$\Delta h(b)$ [m]
1	1100	432	668	0.06	0.19
2	1100	432	1336	0.11	0.37
3	1100	432	2004	0.17	0.56
4	1100	432	2672	0.22	0.74
5	1100	432	3340	0.28	0.93
6	1100	432	4008	0.33	1.11
7	0	432	3576	0.30	0.99
8	0	432	3144	0.26	0.87
9	0	432	2712	0.23	0.75
10	0	432	2280	0.19	0.63
11	0	432	1848	0.15	0.51
12	0	432	1416	0.12	0.39

Tabella 4.4 - Esempi di calcolo dei bacini a infiltrazione, colonna "a" con accumulo sopra il piano di campagna, colonna "b" con bacini con struttura a serbatoioio.

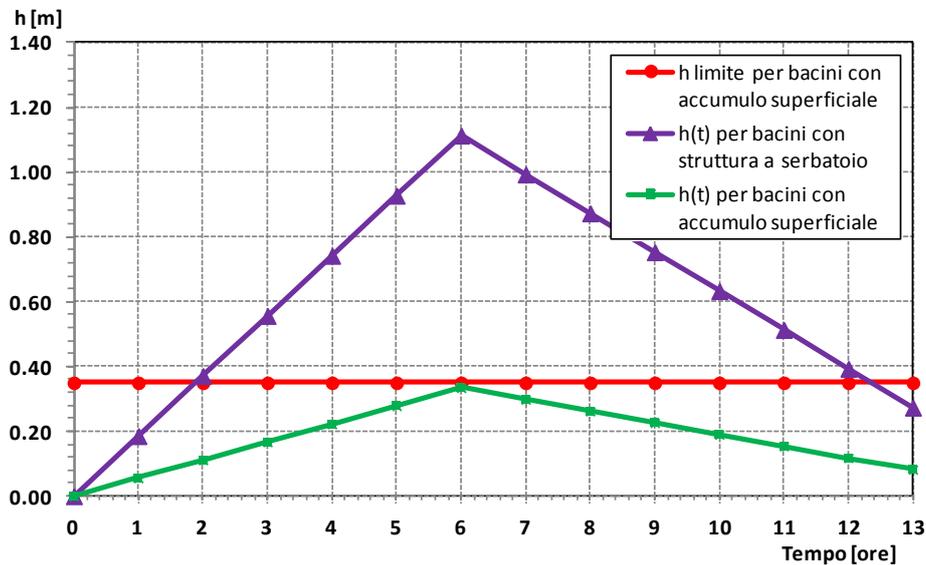


Figura 4.2 - Battente idrico per bacini a infiltrazione

4.2.3 Pozzi d'infiltrazione

Il calcolo procede fissando il numero di pozzi a servizio dell'area drenata e il diametro di un singolo pozzo e ricavando la massima altezza del pozzo con la seguente formula:

$$(Q_p - Q_f) \cdot \Delta t = \Delta W$$

Il volume W verrà espresso come:

$$W = A_{\text{pozzo}} \cdot z$$

La portata Q_f può essere calcolata con la seguente espressione già descritta nei paragrafi precedenti:

$$Q_f = \frac{K}{2} \cdot \left(\frac{L+z}{L+z/2} \right) \cdot A_f$$

in cui:

A_f - superficie orizzontale effettiva calcolabile come quella dell'anello di larghezza $z/2$;

L - distanza tra il fondo del pozzo e la linea di falda.

Si procederà con il dimensionamento di un sistema di pozzi a infiltrazione a servizio di un'area drenata impermeabile avente superficie di 10 ha. Il calcolo verrà effettuato per uno ietogramma di progetto, ricavato dalla curva di possibilità pluviometrica (tempo di ritorno 10 anni), caratterizzato da un'intensità di pioggia di 11 mm/h e da una durata di 6 ore.

Per questa tipologia di opera il calcolo verrà sviluppato fissando una permeabilità pari a $1 \cdot 10^{-5}$ m/s, considerando un sistema di 70 pozzi, ciascuno avente diametro di 2 m, considerando un dislivello tra il fondo del pozzo e la falda L pari a 2 m, dimensionati con l'obiettivo, ad esempio, di non superare una profondità dei pozzi di 21 m.

Il metodo prevede un calcolo iterativo della lunghezza del pozzo (z). Allo stato iniziale, non essendoci il contributo della portata infiltrata la variazione di volume è dovuta solamente alla portata di pioggia, nota la geometria dei pozzi si ricava il valore di z .

<i>Tempo</i>	<i>Q_p</i>	<i>Q_f</i>	$\Delta W(a)$	<i>z</i>	<i>A_f</i>
[h]	[m ³ /h]	[m ³ /h]	[m ³]	[m]	[m ²]
1	1100	0	1100	5.00	35.4
2	1100	69	2131	9.69	104.2
3	1100	224	3006	13.68	189.8
4	1100	424	3682	16.75	272.9
5	1100	621	4161	18.93	340.7
6	1100	784	4477	20.37	389.6
7	0	901	3576	16.27	258.8
8	0	588	2988	13.59	187.7
9	0	419	2569	11.69	143.9
10	0	316	2252	10.25	114.6
11	0	248	2004	9.12	93.9
12	0	200	1803	8.20	78.6
13	0	166	1638	7.45	67.0

Tabella 4.5 Esempio di calcolo dei pozzi a infiltrazione.

L'esame della tabella evidenzia che il sistema dimensionato è idoneo, in quanto viene raggiunta un'altezza massima invasata di 20,37 m.

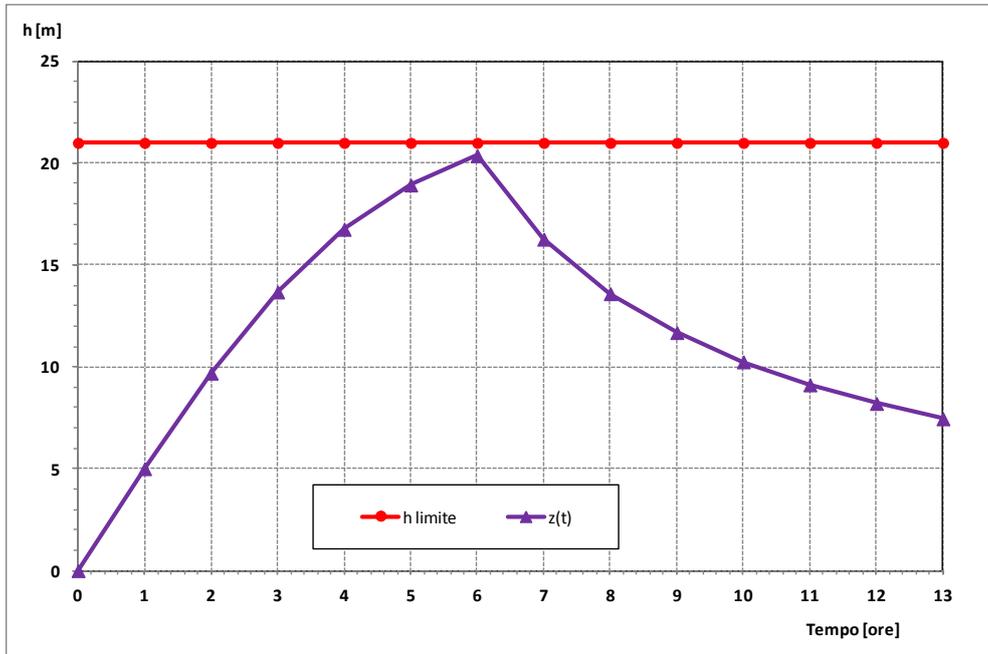


Figura 4.3 – Battente idrico nei pozzi a infiltrazione.

4.2.4 Trincee drenanti

Nel seguente paragrafo si procederà con il dimensionamento di una trincea drenante a servizio di un'area drenata impermeabile avente superficie di 10 ha. Il calcolo verrà effettuato per uno ietogramma di progetto, ricavato dalla curva di possibilità pluviometrica (tempo di ritorno 10 anni), caratterizzato da un'intensità di pioggia di 11 mm/h e da una durata di 6 ore. Si consideri che l'ipotesi di pioggia a intensità costante viene fatta per semplicità, ma il calcolo può essere eseguito allo stesso modo anche con ietogrammi differenti, sia come durata che forma.

Il progetto di una trincea drenante richiede di determinare le dimensioni della trincea complessivamente necessaria per il drenaggio dell'area servita. Considerando un terreno avente permeabilità pari a $1 \cdot 10^{-5}$ m/s. Di solito si fissano la larghezza e la profondità della trincea. Il calcolo è stato effettuato definendo delle trincee aventi larghezza di 1,5 m e altezza di 1,5 m. Successivamente si ricava la lunghezza complessiva a partire dall'equazione di continuità:

$$(Q_p - Q_f) \cdot \Delta t = \Delta W$$

In cui la variazione di volume è stata stimata:

$$\Delta W = L \cdot l \cdot \Delta h \cdot n$$

Dove L e l sono rispettivamente la lunghezza totale e la larghezza della trincea, mentre n , fissato pari a 0,3, è la porosità efficace del materiale di riempimento.

In questo caso, la portata di filtrazione Q_f

$$Q_f = K \cdot J \cdot A_{\text{inf}}$$

può essere calcolata considerando una superficie di infiltrazione pari a:

$$A_{\text{inf}} = L \cdot l + 2 \cdot (L + l) \cdot \Delta h$$

e fissando una lunghezza complessiva delle trincee di 5200 m; l'altezza massima invasata risulta essere pari a 1,47 m.

Tempo	Q_p	Q_f	$\Delta W(a)$	Δh
[h]	[m ³ /h]	[m ³ /h]	[m ³]	[m]
1	1100	0	1100	0.47
2	1100	457	1743	0.74
3	1100	560	2283	0.98
4	1100	646	2737	1.17
5	1100	719	3118	1.33
6	1100	780	3438	1.47
7	0	831	2607	1.11
8	0	698	1909	0.82
9	0	586	1323	0.57
10	0	493	830	0.35
11	0	414	417	0.18
12	0	347	69	0.03

Tabella 4.6 – Esempi di calcolo di una trincea drenante

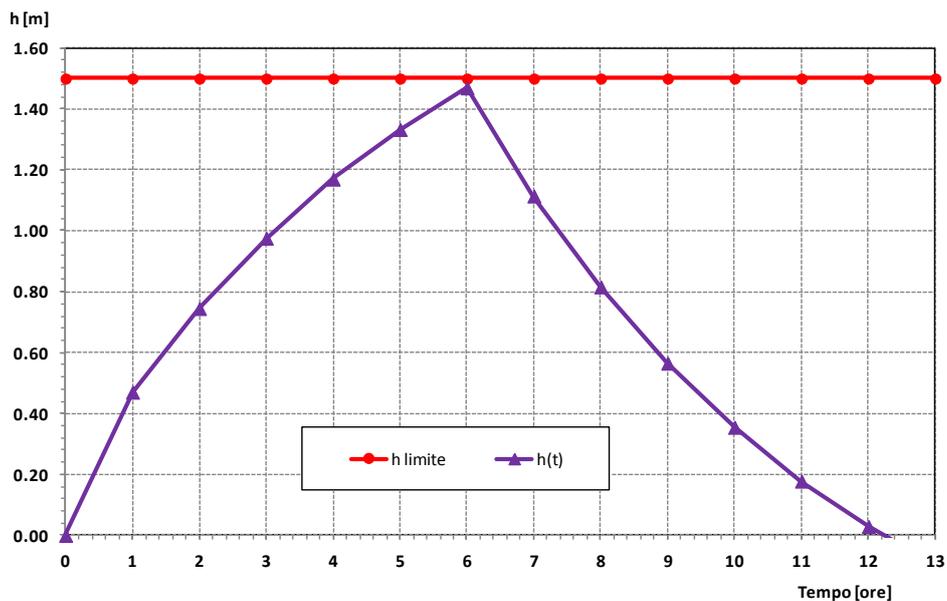


Figura 4.3 – Tirante idrico nella trincea drenante

4.3 Idoneità del sito

Oltre al dimensionamento la scelta del luogo più idoneo in cui collocare il dispositivo infiltrante è un aspetto essenziale della progettazione. I parametri di cui tenere in conto sono i seguenti:

- profondità falda freatica;
- profondità strato roccioso impermeabile;
- tipo di terreno in superficie e relativa copertura vegetale;
- stratigrafia del suolo;
- impermeabilità della superficie tributaria e relativo uso.

Non è opportuno realizzare un impianto d'infiltrazione in un luogo in cui vi siano le seguenti condizioni sfavorevoli:

- livello massimo stagionale di falda distante meno di 1,00÷1,20 m dal fondo dell'impianto;
- profondità dello strato roccioso impermeabile inferiore a 1,00÷1,20 m;
- presenza di un riempimento diverso da sabbia o ghiaia;
- terreno sottostante o adiacente al gruppo idrologico C o D in base alla classificazione del Soil Conservation Service, oppure che non presenta un coefficiente di conduttività idraulica K minore di $2 \cdot 10^{-5}$ m/s.

Tipo idrologico di suolo	Descrizione
A	Alta potenzialità di infiltrazione. Comprende sabbie profonde con scarsissimo limo e argilla; anche ghiaie profonde, molto permeabili.
B	Potenzialità di infiltrazione moderatamente alta. Comprende la maggior parte dei suoli sabbiosi meno profondi che nel gruppo A, ma il gruppo nel suo insieme mantiene alte capacità di infiltrazione anche a saturazione.
C	Potenzialità di infiltrazione moderatamente bassa. Comprende suoli sottili e suoli contenenti considerevoli quantità di argilla e colloidali, anche se meno che nel gruppo D. Il gruppo ha scarsa capacità di infiltrazione a saturazione.
D	Bassa potenzialità di infiltrazione. Comprende la maggior parte delle argille con alta capacità di rigonfiamento, ma anche suoli sottili con orizzonti pressoché impermeabili in vicinanza delle superfici.

Tabella 4.2 - Tipologie di suolo in base alle capacità di assorbimento secondo il Soil Conservation Service.

Il metodo migliore e più sicuro per verificare la corrispondenza del luogo scelto ai suddetti criteri è quello di effettuare delle prove in sito. Per avere ugualmente

indicazioni di massima, si può ricorrere ad una procedura che permette di definire o meno l'idoneità di un sito, tramite l'attribuzione di un punteggio ad una serie di caratteristiche del sito stesso come indicato nella sottostante tabella.

	Parametri	Punteggio
Rapporto tra area impermeabile contribuente A_c e area d'infiltrazione A_i :	$A_i > 2A_c$	20 punti
	$A_c < A_i < 2A_c$	10 punti
	$0,5 A_c < A_i < A_c$	5 punti
	$A_i < 0,5 A_c$	Metodo non utilizzabile
Natura dello strato superficiale	Suolo grossolano con presenza minima di materiale organico	7 punti
	Suolo con contenuto normale di humus	5 punti
	Suolo a grana fine con presenza elevata di materiale organico	0 punti
Sottosuolo, se i sottostrati sono più grossolani di quello superficiale, assegnare loro gli stessi punti dati a quello superficiale; meno 2 punti se i sottostrati sono più fini di quello superficiale	Ghiaia, sabbia o agglomerati con ghiaia o sabbia	7 punti
	Sabbia limosa o limo	5 punti
	Sabbia fine o argilla	0 punti
Inclinazione s_{in} della superficie infiltrante	$s_{in} < 7\%$	5 punti
	$7\% \leq s_{in} \leq 20\%$	3 punti
	$s_{in} > 20\%$	0 punti
Copertura vegetale	Vegetazione naturale robusta	5 punti
	Prato consolidato	3 punti
	Prato nuovo	0 punti
	Terreno nudo o vegetazione inesistente	-5 punti
Grado di traffico pedonale	Limitato	5 punti
	Medio (parco)	3 punti
	Elevato (campo da gioco)	0 punti

Tabella 4.3 - Punteggi per la caratterizzazione del sito [Muraca e Mangone, 2006]

Una volta calcolato il punteggio corrispondente al sito di interesse esso verrà valutato come segue:

- Punteggio sito < 20 punti → il sito non è in grado di ricevere l'impianto;
- $20 \leq$ Punteggio sito ≤ 30 punti → sito idoneo ad accogliere l'impianto;
- Punteggio sito > 30 punti → sito con caratteristiche eccellenti.

5. CRITERI DI GESTIONE DELLE ACQUE DI PRIMA PIOGGIA E SCELTA DELLE BMP NEI NUOVI INTERVENTI URBANISTICI

La Normativa Regionale DGR 286/2005 dell'Emilia-Romagna indica le modalità di gestione delle acque di prima pioggia lasciando alle Provincie il compito di dettare prescrizioni specifiche nel Piano di Indirizzo.

Il Piano di Indirizzo è un'attuazione del Piano di Tutela delle Acque Regionale e disciplina il controllo delle acque di prima pioggia per quanto attiene gli scarichi esistenti al fine di raggiungere gli obiettivi di qualità per i corpi idrici.

Oltre ad individuare la localizzazione ed il dimensionamento delle vasche di prima pioggia per i principali agglomerati e le priorità degli interventi, disciplina la gestione delle acque di prima pioggia nelle nuove aree di espansione urbana.

Aree a destinazione Residenziale

Le nuove aree a destinazione residenziale dovranno essere dotate di reti fognarie separate.

In accordo all'Art. 3.5 del DGR 286/05 si dovrà prevedere ove possibile in relazione alle caratteristiche del suolo o in subordine della rete idrografica, il completo smaltimento in loco delle acque dei tetti e delle superfici impermeabilizzate non suscettibili di dilavamento di sostanze pericolose.

Lo stesso gestore del Servizio Idrico Integrato dovrà prevedere analoghe disposizioni all'interno del Regolamento di fognatura e depurazione.

I Comuni, nei loro strumenti pianificatori, dovranno incentivare le tecnologie di cui ai paragrafi precedenti (Best Management Practices) per la riduzione delle portate e del carico inquinante trasportato dalle acque meteoriche.

Qualora il recapito delle acque meteoriche sia un sistema fognario esistente o un corpo idrico dovrà esserne verificata la capacità idraulica seguendo le indicazioni del Gestore del Servizio Idrico integrato o dell'Ente competente a seconda della natura/tipologia del corpo idrico interessato, prevedendo le eventuali vasche di laminazione che si rendessero necessarie. Tale dimensionamento dovrà seguire le disposizioni riportate sul PTCP all'art.2.5.

Aree a destinazione Produttiva/Commerciale

Nelle aree a destinazione produttiva/commerciale, i titolari degli insediamenti sono tenuti, all'esecuzione degli interventi di separazione delle acque di prima pioggia derivanti dalle superfici suscettibili di essere contaminate ed alla loro immissione nella fognatura nera aziendale. Questo dovrà avvenire attraverso l'adozione di dispositivi di gestione delle acque di prima pioggia, secondo le modalità definite dal gestore del servizio idrico integrato. Nel caso il dilavamento non si esaurisca con le acque di prima pioggia, sono tenuti al trattamento in continuo di tutta la portata meteorica, con recapito prioritario in corpo idrico ricettore o in subordine nella pubblica fognatura previa autorizzazione da parte dell'ente competente.

Anche in questo caso si dovrà prevedere, ove possibile in relazione alle caratteristiche del suolo o in subordine della rete idrografica, il completo smaltimento in loco delle acque dei tetti e delle superfici impermeabilizzate non suscettibili di dilavamento di sostanze pericolose.

Si dovrà prevedere la gestione delle acque di prima pioggia e degli sversamenti accidentali per le aree comuni, strade e parcheggi, qualora la superficie complessiva dell'area urbanizzata sia superiore a 3 ettari. In particolare per le superfici stradali, così come indicato nelle linee guida della DGR 1860/06, il trattamento delle acque di prima pioggia potrà avvenire anche attraverso canali inerbiti che ne consentiranno anche il loro smaltimento.

Dette condizioni sono da ricondursi di norma alla presenza di stabilimenti/insediamenti che in ragione della natura e del numero di cicli produttivi installati possono determinare rischi specifici di sversamento/dilavamento di sostanze pericolose attraverso il sistema viario/aree impermeabilizzate comuni (ad esempio elevati flussi di traffico su gomma per il trasporto di materie prime e prodotti).

Parcheeggi

I parcheggi dovranno essere realizzati con pavimentazioni permeabili o semipermeabili tali da consentire l'infiltrazione delle acque, tutte le volte che sia possibile in ragione della natura del terreno. Qualora non sia possibile la realizzazione di parcheggi drenanti in quanto il sottofondo o sottosuolo non hanno una permeabilità sufficiente, dovrà essere previsto il trattamento delle acque di prima pioggia quando la superficie è superiore a 2.000 m²;

Nelle aree di cui al titolo 3 del PTCP, dovrà essere garantita la presenza di almeno 1 metro di spessore di terreno rispetto al massimo livello piezometrico della falda che fungerà da strato filtrante. Qualora si dimostri che tale condizione non possa essere

rispettata, i parcheggi saranno realizzati con pavimentazioni impermeabili e se di superficie superiore a 500 m², dovranno garantire il trattamento delle acque di prima pioggia o il loro convogliamento in fognatura nera, previo consenso del gestore del Servizio Idrico Integrato;

Sono da preferire le pavimentazioni inerbite poiché consentono una migliore depurazione delle acque meteoriche.

Strade.

Le strade sono classificate, riguardo alle loro caratteristiche costruttive, tecniche e funzionali, dal decreto n.495/92 nei seguenti tipi:

- A - Autostrade;
- B - Strade extraurbane principali;
- C - Strade extraurbane secondarie;
- D - Strade urbane di scorrimento;
- E - Strade urbane di quartiere;
- F - Strade locali;
- F-bis - Itinerari ciclopedonali.

Per la pavimentazione delle strade sono da preferire asfalti e calcestruzzi drenanti, particolarmente indicati per piccole strade, piste ciclabili e pedonali, cortili.

Per le nuove strade classificate come A e B e C dovranno sempre essere predisposti idonei dispositivi per il controllo delle acque di prima pioggia e degli sversamenti accidentali che potrebbero verificarsi a seguito di incidenti.

Così come indicato nelle linee guida della DGR n.1860/06, la gestione delle acque di prima pioggia potrà avvenire anche attraverso la loro raccolta e smaltimento in canali inerbiti che ne consentiranno anche il loro trattamento.

Nelle aree di tutela delle acque sotterranee di cui al titolo 3 del PTCP, le tecnologie di cui ai paragrafi precedenti (BMP) dovranno preservare la qualità delle acque sotterranee attraverso idonei mezzi filtranti o impermeabilizzazioni e successiva immissione in corpi idrici superficiali.

Controllo delle vasche di prima pioggia

Le vasche di prima pioggia dovranno essere sottoposte a regolare manutenzione almeno una volta all'anno. Si dovranno verificare sia eventuali depositi di materiale al

suo interno sia il corretto e regolare funzionamento degli organi meccanici ed elettrici presenti.

Per attestare la regolare manutenzione eseguita dovranno essere conservate le fatture della ditta specializzata che ha eseguito il controllo e la manutenzione per almeno 5 anni.

BIBLIOGRAFIA

- AA.VV. *Sistemi di fognatura: manuale di progettazione* – Centro Studi Deflussi Urbani: Hoepli, 1997.
- Belcastro B., “*Gestione sostenibile delle acque meteoriche in area urbana: valutazione dell’efficienza dei tetti verdi.*”; Tesi di laurea presso la Facoltà di Ingegneria di Bologna, 2009.
- BMP for South Florida Urban Stormwater Management Systems, 2002.
- Capuccini E., “*Applicazione di tecnologie BMP ai sistemi di drenaggio urbano*”, Tesi di laurea presso la Facoltà di Ingegneria di Bologna, 2011.
- Gambi G., “*Gestione sostenibile delle acque nella pianificazione attuativa il caso del “P.P. Zona Navile – Ex Mercato Ortofrutticolo”*”, Tesi di laurea presso la Facoltà di Ingegneria di Bologna, 2010.
- Manual Urban Best Management Practices –Wyoming Department of Environmental Quality, 1999.
- Muraca A., V. Mangone, “*Drenaggio Urbano. Teoria e applicazioni per l’accumulo, il trattamento e lo smaltimento delle acque meteoriche*”, Nuova Editoriale Bios, 2006.
- Oliverio F., “*Valutazione dell’efficienza nel recupero e riuso delle acque meteoriche in ambito civile*”, Tesi di laurea presso la Facoltà di Ingegneria di Bologna, 2009.
- Paoletti A., S. Papiri - *Sistemi fognari unitari e separati: aspetti funzionali e ambientali. La separazione delle acque nelle reti fognarie urbane* - Atti della giornata di studio, Roma 25 giugno 2003, a cura di Margaritora G. e Paoletti A., 58-95, CSDU Milano, 2007.
- Pennsylvania Stormwater Management Manual, 2006.
- Stormwater Solution Handbook – Environmental Services – City of Portland Oregon.
- U.S. EPA – *Storm Water Management Model User’s Manual Version 5.0* – a cura del Water Supply and Water Resources Division National Risk Management Research Laboratory Cincinnati, Ohio, Luglio 2009.
- Virginia Stormwater Management Handbook, 2009.
- Water Sensitive Urban Design (WSUD) fact sheets – City of Yarra.