



**Politecnico
di Torino**

Politecnico di Torino

Laurea Magistrale in Architettura per il Progetto Sostenibile

A.a. 2022/2023

Sessione di Laurea dicembre 2023

Sistemi di raccolta acqua piovana e drenaggio urbano sostenibile

Città resilienti al cambiamento climatico

Relatore:

Prof. Riccardo Pollo

Candidato:

Enrico Bronzati

Matricola: 275093

IINDICE

INTRODUZIONE	5
CAPITOLO 1	
CAMBIAMENTO CLIMATICO E SCARSITÀ IDRICA	7
1.1 Resilienza alla siccità	10
1.2 Resilienza ad eventi alluvionali	12
CAPITOLO 2	
GESTIONE DELLO SMALTIMENTO DELL'ACQUA PIOVANA	14
2.1 Approccio tradizionale	15
2.1.1 Spreco di acqua potabile	16
2.1.2 Impermeabilizzazione del suolo	18
2.2 Tecniche di drenaggio urbano sostenibile	20
2.2.1 Bacini di attenuazione	22
2.2.1.a Bacini vegetali	22
2.2.1.b Bacini blu	24
2.2.2 Sistemi di infiltrazione	26
2.2.2.a Pozzi d'infiltrazione	26
2.2.2.b Tincee d'infiltrazione	26
2.2.2.c Bacini d'infiltrazione	27
2.2.2.d Infiltration blankets	28
2.2.2.e Caratteristiche dei sistemi d'infiltrazione	28
2.2.3 Pavimentazioni permeabili	30
2.2.3.a Pavimentazione modulare permeabile	31

2.2.3.b Autobloccanti	32
2.2.3.c Calcestruzzo o asfalto poroso	33
2.2.3.d Sistemi di gestione delle risorse idriche	34
2.2.4 Tetti verdi	35
2.2.4.a Tetti verdi estensivi	36
2.2.4.b Tetti verdi intensivi	36
2.2.4.c Caratteristiche dei tetti verdi	38
2.2.5 Canali vegetali	41
2.2.6 Sistemi di raccolta d'acqua	44
2.2.6.a Recupero acqua piovana	46
2.2.6.b Recupero acque reflue	50
CAPITOLO 3	
PROPOSTA PROGETTUALE	54
3.1 Analisi dello stato di fatto	55
3.2 Analisi consumi idrici	61
3.2.1 Consumi idrici per usi non potabili	63
3.3 Coefficiente di deflusso e first flush	66
3.4 Analisi dati pluviometrici	69
3.4.1 dimensionamento serbatoio	74
3.4.1.a Impianto misto di recupero acque grigie e acqua piovana	78
3.5 Progettazione sistemi di drenaggio sostenibile	84
CONCLUSIONE	92

BIBLIOGRAFIA	95
SITOGRAFIA	99
Allegato 1: Scheda Tecnica e Manuale di Uso e Manutenzione Stazioni di Irrigazione (Habita), Rototec	100
Allegato 2: Scheda Tecnica Massetto Ecologico Stradale Ecodrain	104
Allegato 3: Scheda Tecnica Pavimentazione Mattoncini Cortina, Senini	107
Allegato 4: Scheda Tecnica Pavimenti Autobloccanti Capiglio, Senini	109

INTRODUZIONE

Questo lavoro mira a studiare dei sistemi innovativi che permettano alle città di adattarsi ai cambiamenti climatici, attenuarli, e di conseguenza rendersi più resilienti. I cambiamenti climatici e l'antropizzazione dell'ambiente hanno infatti portato a una riduzione della biodiversità e a un aumento dell'inquinamento delle acque. Inoltre hanno contribuito ad una importante variazione delle precipitazioni e al conseguente verificarsi di un aumento di eventi estremi.

All'interno di questa tesi si andranno a studiare i danni causati da tali variazioni sul contesto urbano. Nello specifico, verranno trattati i sistemi che permettono una riduzione dei consumi idrici di acqua potabile sia a livello urbano sia del singolo edificio. Si analizzeranno delle soluzioni sostenibili volte alla riduzione del rischio di alluvioni, allagamenti urbani e inquinamento delle acque, congiuntamente alla diminuzione del fenomeno delle isole di calore e all'aumento della biodiversità.

Tali soluzioni, inserite in un'ottica sostenibile e olistica, non vanno lette come isolate una dall'altra, ma solo se utilizzate insieme possono contribuire all'attenuazione dei danni provocati dai cambiamenti climatici sull'ambiente urbano.

La prima soluzione sviluppata all'interno del lavoro riguarda la realizzazione di serbatoi di attenuazione, che fungono da spugna per accumulare l'acqua durante le piogge intense per poi rilasciarla solo in un secondo momento con una portata ridotta, diminuendo così lo stress sul sistema fognario urbano.

La tesi prosegue presentando i sistemi di infiltrazione come altre possibili soluzioni, i quali contrastano gli effetti negativi dell'impermeabilizzazione del suolo, raccogliendo grandi quantità d'acqua provenienti dalle superfici impermeabili limitrofe e filtrandone gli inquinanti. Essi sono necessari in quei contesti in cui c'è un'elevata percentuale di superfici impermeabili, come ad esempio strade, piazze e parcheggi.

In parallelo, una seconda risposta all'elevata impermeabilizzazione del suolo, è costituita dalla sostituzione di superfici impermeabili con superfici permeabili. Quest'ultima posso

ricoprire l'intera area interessata o solo zone circoscritte. Questa soluzione progettuale può essere scelta per motivi di sostenibilità economica o per ragioni tecniche, legate a una richiesta di elevata portata della superficie in caso di presenza di traffico pesante.

Per compensare il consumo di suolo legato alla costruzione di edifici, alla perdita di biodiversità e alla riduzione della permeabilità del suolo, viene proposta la soluzione dei tetti verdi. Questi sono tetti ricoperti di vegetazione che hanno effetti positivi sulle isole di calore, in quanto grazie all'evapotraspirazione riducono la temperatura dell'aria circostante, diminuiscono la presenza di particolati inquinanti nell'aria, migliorano la qualità dell'acqua piovana grazie alla loro funzione di filtraggio ed infine controllano il volume di deflusso delle acque meteoriche.

Sempre nell'ottica dell'aumento della biodiversità tramite soluzioni che includono l'incremento di vegetazione, vengono poi presentati i canali vegetali solitamente posizionati a bordo strada. La loro funzione principale è quella di smaltire l'acqua meteorica verso il sistema fognario rallentandone e riducendone il deflusso.

Infine, per ridurre il consumo di acqua potabile all'interno dei centri urbani, vengono introdotte due soluzioni che consistono nel raccogliere acqua piovana o acque grigie per il loro riutilizzo a scopi non potabili all'interno del medesimo edificio. Nel primo caso l'acqua viene deviata dai pluviali verso un serbatoio di accumulo e successivamente riutilizzata per l'irrigazione, per le lavabiancherie o per rifornire la cassetta del WC. Nel secondo caso l'acqua grigia viene prelevata dagli scarichi dei bagni, WC escluso, per essere filtrata e successivamente riutilizzata.

L'insieme delle soluzioni proposte trovano un esempio di applicazione concreta nel terzo capitolo della tesi. In particolare viene presentato un progetto che coinvolge gli edifici di ATC (Agenzia Territoriale per la Casa) e prevede delle proposte migliorative. Il caso studio è un isolato all'interno del quartiere di Regio Parco situato nella città di Torino. Le soluzioni proposte mirano a portare un miglioramento sia dal punto di vista del comfort abitativo dei residenti, sia per la riduzione dei rischi legati ai cambiamenti climatici.

CAPITOLO 1

CAMBIAMENTO CLIMATICO E SCARSITÀ IDRICA

Negli ultimi anni, l'effetto del cambiamento climatico globale è diventato sempre più violento e imprevedibile, ciò determina con una maggiore frequenza eventi meteorologici estremi, di conseguenza è necessario attuare delle buone pratiche di mitigazione ed adattamento all'interno dei centri urbani.

Il cambiamento climatico e il conseguente aumento delle temperature, ha portato il verificarsi con una maggiore frequenza ed intensità di alluvioni urbane, allagamenti alternati a periodi di siccità che causano scarsità d'acqua potabile. Tale insufficienza può derivare da uno squilibrio tra la disponibilità e la domanda di acqua, da una carenza idrica ed dal degrado della qualità dell'acqua (Lazarova et al, 2020).

Il sistema di infrastrutture di drenaggio urbano tradizionale risulta essere una difficile risposta alle crescenti sfide del clima (Hua, Wu, 2016). Risulta evidente, inoltre, che l'adeguamento a questi cambiamenti non solo è difficoltoso ma richiede costi di gestione e investimenti elevati, che i comuni potrebbero non essere in grado di permettersi.

Inoltre, è in corso un aumento della domanda di acqua causato principalmente dalla crescita della popolazione che vive nei centri urbani e dal crescente consumo di risorse ecosistemiche, derivato dal miglioramento della qualità della vita, come evidente dalla continua riduzione del periodo necessario al consumo delle risorse prodotte dalla Terra annualmente, indicato dall'Earth Overshoot Day.

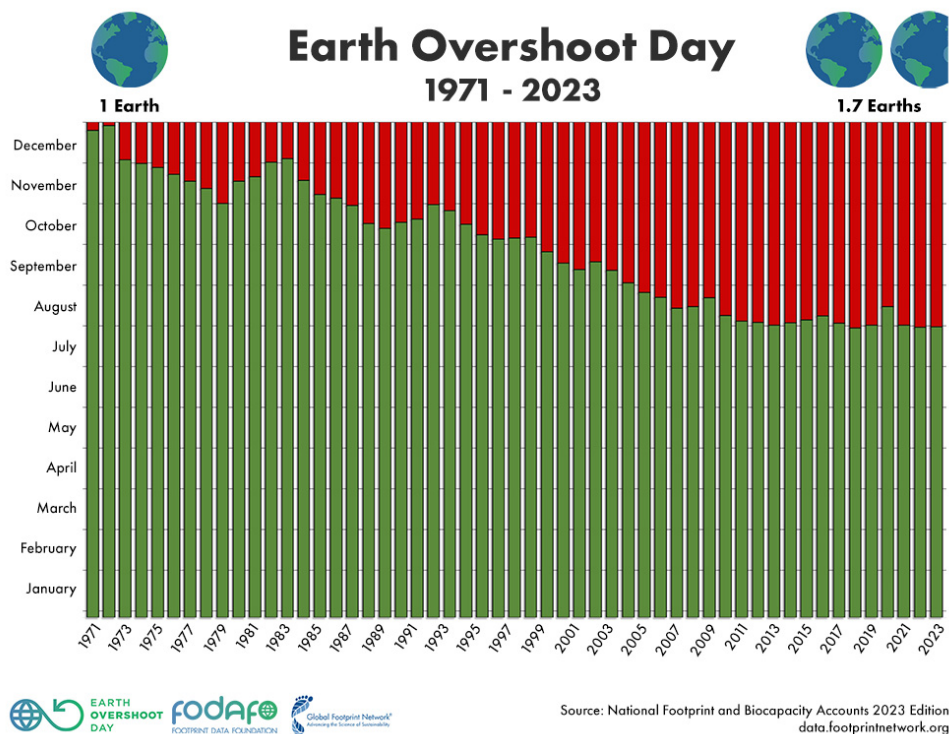


Fig. 1.1 Impronta ecologica globale aggiornata al 2018 (footprintnetwork.org)

I cambiamenti causati dal surriscaldamento globale sulle risorse idriche sono i seguenti (WWAP, 2012):

- Periodi secchi più durevoli;
- Eventi piovosi intensi concentrati in brevi periodi;
- Cambiamenti diffusi nella distribuzione ed intensità delle precipitazioni che riducono la portata d'acqua dei fiumi e i tassi di ricarica delle falde acquifere;
- Diminuzione di acqua potabile a causa di temperature più elevate e flussi decrescenti.

Questi cambiamenti hanno come conseguenza una maggiore vulnerabilità dei centri abitati per i quali è sempre più necessario attivare soluzioni di adattamento e mitigazione. L'adattamento consiste nel mettere in atto delle strategie a breve o medio termine per contrastare le minacce climatiche? e porre nuovamente l'ambiente in condizione di equilibrio.

Le pratiche di mitigazione invece puntano ad attutire e ridurre i fattori che provocano i rischi ambientali, agendo sulle cause del cambiamento e riducendo così la probabilità di manifestarsi nel tempo. Al contrario dell'adattamento, le misure di mitigazione hanno un obiettivo a lungo termine e gli effetti non sono percepibili nel breve periodo.



Fig. 1.2 Relazioni tra gli elementi di rischio, esposizione e vulnerabilità e le azioni di mitigazione e adattamento (White, 2010)

1.1 Resilienza alla siccità



Fig 1.3 La peggiore siccità del fiume Po da 70 anni (Phys.org, 2022)

In questo periodo storico, la sfida che ci aspetta è quella di trovare nuovi sistemi per la gestione delle fonti idriche poiché il processo di rigenerazione dell'acqua è stato alterato a causa delle attività antropiche come:

- consumo idrico;
- pratiche di inquinamento della rete idrica (Staddon, 2010).

L'obiettivo è quello di adottare azioni responsabili a tutela dell'equilibrio naturale dell'acqua, sostituendo all'attuale sistema di gestione lineare applicato a livello urbano una gestione circolare dell'acqua, attraverso l'adozione di sistemi di recupero e riutilizzo della stessa. In questo modo, gli investimenti necessari per la realizzazione di queste opere, , sarebbero ripagati da una maggiore disponibilità d'acqua potabile (Lazarova et al. 2020). Alcune opere di gestione circolare dell'acqua saranno analizzate più nel dettaglio nel capitolo 2.2



Fig 1.4 Uso circolare dell'acqua (Allegriecologia, 2020)

Allo stato attuale, sotto la pressione di un aumento senza precedenti della scarsità d'acqua, il paradigma di pianificazione dell'approvvigionamento idrico si sta evolvendo. Si passa dalla dipendenza dalle tradizionali risorse di acqua dolce alla costruzione di un portafoglio idrico diversificato e sostenibile dal punto di vista ambientale, in cui le fonti idriche convenzionali a basso costo sono bilanciate con alternative di approvvigionamento idrico più costose, ma anche più affidabili e sostenibili. Secondo questa logica innovativa, infatti il riutilizzo dell'acqua sembra essere la soluzione più preziosa e convincente per la futura conservazione della vita umana e degli habitat naturali della Terra (Lazarova et al, 2020).

1.2 Resilienza ad eventi alluvionali

Come scritto precedentemente, riportando il report WWAP del 2012, tra gli impatti più significativi dei cambiamenti climatici sulle risorse idriche è presente un mutamento nella distribuzione delle precipitazioni, con eventi di siccità e inondazioni più frequenti. Questo comporta un cambio di paradigma nella progettazione della gestione idrica per evitare fenomeni alluvionali all'interno dei centri urbani o aree altamente antropizzate. Queste infatti sono le più esposte in quanto maggiormente modificate dall'uomo, spesso senza tenere conto degli effetti collaterali.



Fig 1.5 Alluvione Verona Agosto 2020 (Meteo Web, 2020)

Come riportato da Gibelli in Manuale di drenaggio urbano: "L'impermeabilizzazione dei suoli tende infatti a:

- ridurre i tempi di corrivazione delle acque meteoriche intensificando i fenomeni alluvionali;
- riduce le quantità d'acqua di infiltrazione a ricarica delle falde e delle acque sotterranee;
- aumenta lo scorrimento superficiale (run-off), con conseguente aumento dell'erosione del suolo, del trasporto solido e dell'inquinamento delle acque;
- richiede la realizzazione di reti di collettamento che, per essere sostenibili, necessitano di un alto livello di complessità, spesso contrastante con la facilità di gestione e i costi della stessa;
- riduce i servizi ecosistemici e paesaggistici erogati dal suolo libero.

L'impermeabilizzazione dei suoli comporta una crescente vulnerabilità anche dei sistemi urbani, ove la riduzione progressiva dell'infiltrazione e l'aumento del run-off provocano l'allagamento di sempre maggiori aree urbane. Aumentano le intensità e le frequenze delle "alluvioni urbane".

Da qui la necessità di avviare una corretta gestione integrata delle acque con una visione di bacino."

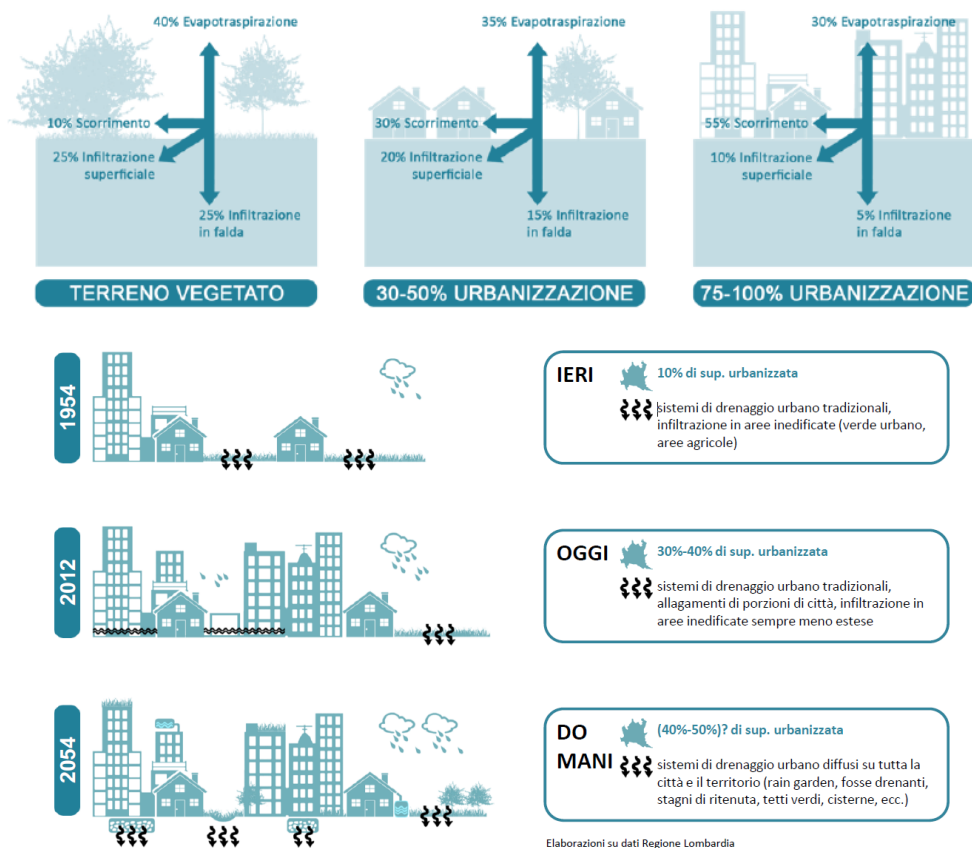


Fig 1.6 Effetti dell'impermeabilizzazione del suolo (Gibelli et al, 2015)

In caso di pioggia, infatti, tutta l'acqua piovana viene convogliata nel sistema fognario senza limiti di portata. Come vedremo nel capitolo 2.1, ciò risulta molto spesso insostenibile, e necessita di una soluzione alternativa, che potrebbe basarsi sulla creazione di un insieme di infrastrutture idrauliche che, funzionando in sinergia, alleggeriscano il carico dei meccanismi di drenaggio esistenti (Hoyer et al, 2011). Alcuni esempi di questi sistemi progettati al fine di attenuare il flusso verso il sistema fognario verranno analizzati nel capitolo 2.2.

CAPITOLO 2

GESTIONE DELLO SMALTIMENTO DELL'ACQUA PIOVANA

In questo capitolo si analizzeranno con quali sistemi vengono comunemente gestiti i flussi d'acqua a livello urbano, sia per l'utilizzo potabile, che per lo smaltimento delle acque meteoriche. Successivamente porterò vari esempi di soluzioni alternative in un'ottica di adattamento e mitigazione dei cambiamenti climatici.

Negli ultimi anni si è constatato come l'attuale modello "urbano" di distribuzione idrica comporti le seguenti problematiche (Busca, 2018):

- eccessivo consumo di acqua potabile;
- produzione di inquinamento;
- impermeabilizzazione delle superfici urbane ed intubamento canali di scolo;
- dispersione idrica delle reti di distribuzione;
- acqua potabile come unica fonte di approvvigionamento idrico per gli edifici;
- mancanza di gestione separata tra lo scarico acque dei WC e lo scarico acque grigie in fognatura.

Come sostenuto da Conte, 2008 è necessario effettuare un cambiamento radicale sotto l'aspetto (i) culturale, in quanto ogni persona modificando le proprie abitudini nell'uso dell'acqua può fare la differenza; (ii) tecnico, perché allo stato attuale, nella maggior parte degli edifici, è necessario un ammodernamento degli impianti per permettere di realizzare la maggioranza degli interventi che andremo ad analizzare nei prossimi paragrafi; (iii) normativo, dato che un qualsiasi cambiamento a livello nazionale, per avvenire in tempi adeguati, ha bisogno di una normativa ramificazioni che lo incentivi e lo regoli.

2.1 Approccio tradizionale

È ormai chiaro come l'adozione di un approccio di utilizzo lineare dell'acqua non sia sostenibile, e di conseguenza come sia necessario pensare ad un riutilizzo delle fonti idriche per ridurre gli sprechi e trovare nuove fonti di approvvigionamento.

Attualmente le soluzioni più frequenti per l'approvvigionamento idrico per un utilizzo non potabile restano l'acquedotto e la gestione a livello urbano delle acque meteoriche immesse nel sistema fognario.

2.1.1 Spreco di acqua potabile

Nell'introduzione di questo capitolo è stato anticipato che due delle cause principali di spreco di acqua potabile sono:

- gli sprechi causati dalle dispersioni idriche;
- gli impianti idraulici predisposti per servire l'edificio con la sola acqua proveniente dall'acquedotto.

Come è esposto dall'ultimo report di Istat del 2023, le perdite idriche in Italia derivanti dalla distribuzione sono pari al 42%: queste infatti vengono prelevate ma non raggiungono gli utenti finali. Ciò comporta un consumo idrico molto alto che porta l'Italia in cima alla classifica per consumo di acqua potabile pro capite a livello europeo (Istat, 2023), con un valore che nel 2020 si attestava a 373 litri per abitante al giorno.

Perdite Idriche della rete nazionale		
Anni	Perdite idriche in distribuzione	Comuni con razionamento dell'acqua
2018	42%	12
2019	-	9
2020	42,2%	11
2021	-	15

Tabella 2.1 Report Istat, con rielaborazione personale

L'utilizzo dell'acqua all'interno degli edifici è pressoché costante tutto l'anno, indipendentemente dal clima (Loh, Coghlan, 2001), ad eccezione delle case con ampio giardino dove i consumi idrici aumentano considerevolmente nel periodo estivo, poiché il verde ha bisogno di un apporto idrico di circa 300 l/m² all'anno (UNI/TS 11445/2012).

Tuttavia, come è possibile leggere dalla prossima tabella, molti dei consumi domestici non sono dovuti da bisogni in cui è necessario l'uso di acqua potabile. Questo significa che per la maggior parte dei consumi domestici sarebbe sufficiente un'acqua non potabile.

Suddivisione dei consumi idrici domestici	
Tipologia di utilizzo	%
Bagno ed igiene personale	32
WC	30
Cucina (alimentare)	12
Lavatrice	12
Irrigazione o usi esterni	8
Lavastoviglie	3
Cucina (lavabi)	3

Tabella 2.2 (Conte, 2008)

Consumo idrico diverso da quello umano		
Utenza	Fabbisogno giornaliero procapite	Fabbisogno annuale
WC in abitazione	40 litri	-
WC negli uffici	30 litri	-
WC nelle scuole	20 litri	-
Lavatrice	15 litri	-
Irrigazione area verde-		300 litri/m ²

Tabella 2.3 (UNI/TS 11445/2012)

2.1.2 Impermeabilizzazione del suolo

Nelle aree urbane la tendenza è stata quella di realizzare superfici impermeabili come strade asfaltate, parcheggi, tetti e marciapiedi, che sommata ad un costante aumento dell'urbanizzazione, provoca un continuo calo di superficie permeabile.

Le conseguenze sono:

- il convogliamento dell'acqua meteorica in sistemi di drenaggio pubblico come le fognature;
- gli impianti non adeguati a reggere i sempre più frequenti eventi meteorologici estremi che di conseguenza causano alluvioni all'interno dei centri abitati;
- l'aumento del deflusso superficiale e un **abbassamento** dell'infiltrazione, dell'evapotraspirazione e dell'alimentazione delle falde (Ahiablame et al, 2012).

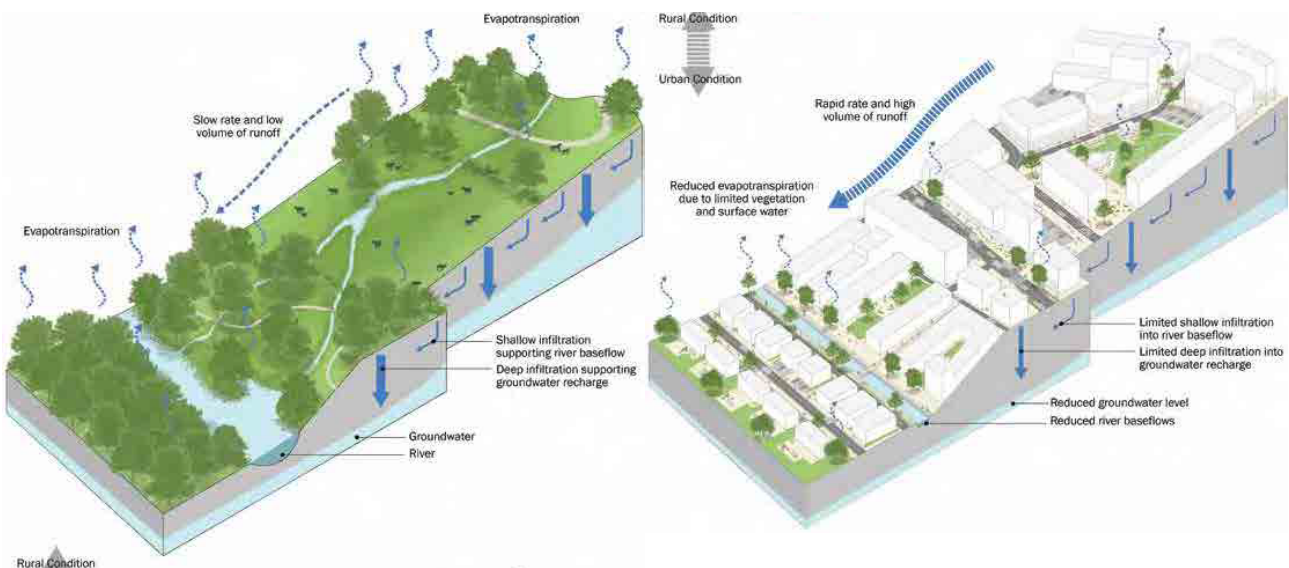


Fig 2.1 Impatto dell'urbanizzazione sul territorio (Woods Ballard et al., 2015)

Infatti, se un suolo permeabile viene sostituito con uno impermeabile si verifica un cambiamento nello spostamento dei volumi di pioggia, poiché l'acqua in superficie ruscella più velocemente ed è costretta a trovare altri punti per infiltrarsi o, in alternativa, deve essere allontanata tramite le fognature. Quindi, la riduzione di aree drenanti, intensifica i volumi di piena e provoca una riduzione del suo tempo di formazione. Ovvero la bassa capacità delle aree urbanizzate di assimilare le acque di precipitazione comporta notevoli aumenti nel volume, nella velocità e nella portata del deflusso superficiale, causando diversi problemi legati agli allagamenti. (Ahiablame et al., 2012)

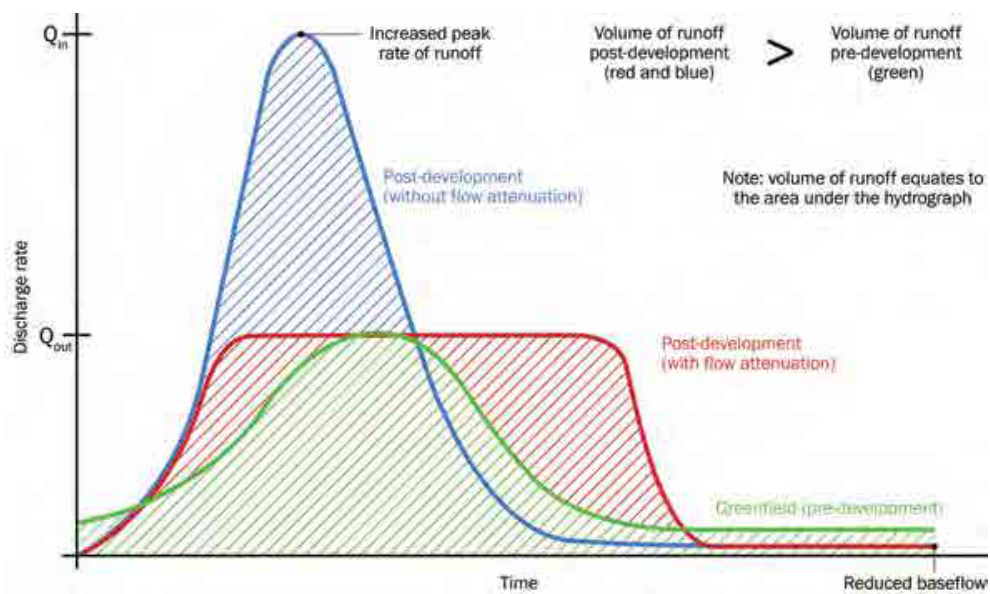
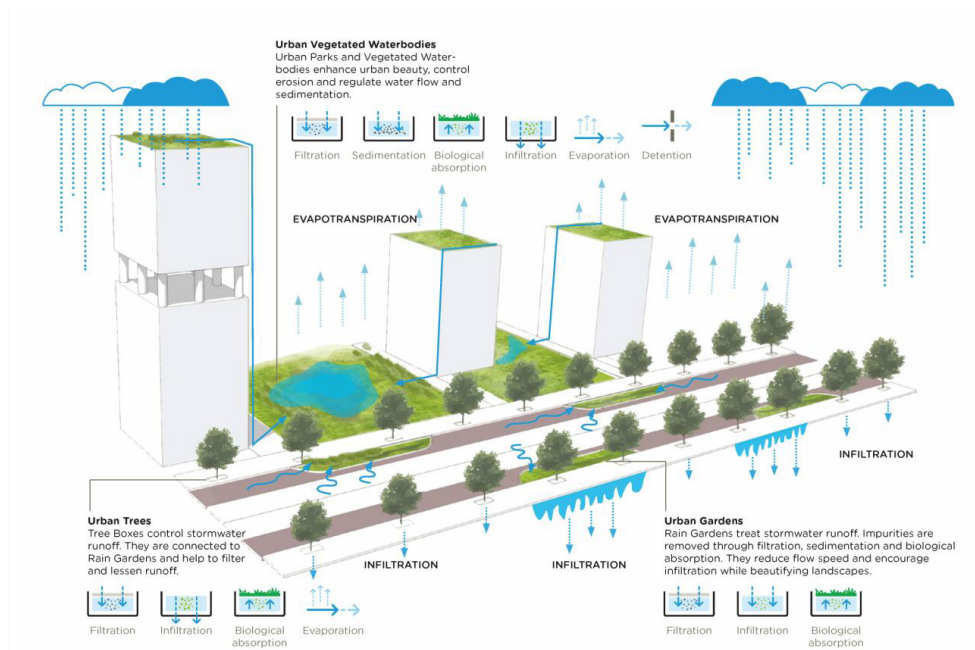


Fig 2.2 Idrografico di deflusso esemplificativo (Woods Ballard 2015)

2.2 Tecniche di drenaggio urbano sostenibile

È necessario ripensare al sistema di gestione dell'acqua per rendere le città più sostenibili, non solo dal punto di vista ambientale, ma anche da quello della salute delle persone e della qualità della vita. Negli ultimi anni sono state proposte diverse strategie e tecniche per migliorare la gestione sostenibile dell'acqua partendo dalla città, fino ad arrivare ai singoli edifici. Ognuna di queste ha un obiettivo:

- minimizzare gli impatti negativi provocati dal deflusso delle acque superficiali nelle aree sviluppate, quindi migliorare le proprietà dell'acqua, supportare l'ecosistema;
- limitare il rischio di alluvione;
- creare sistemi di drenaggio sostenibili, che tengono conto della biodiversità e della quantità e qualità dell'acqua;
- mirare alla cooperazione tra gestione delle acque, progettazione urbana e pianificazione del paesaggio, ossia promuove sì l'uso dell'acqua come elemento estetico della città ma guardando ai temi di sostenibilità ecologia, economia, socialità e cultura;
- Introdurre più verde nelle città, dal momento che l'alta percentuale di superfici costruite e impermeabili ha portato alla carenza di aree verdi e alberi, necessari per la vita dell'uomo poiché in grado di generare un clima mite e confortevole grazie al processo di evapotraspirazione. (Woods Ballard et al., 2015)



Neighbourhood-scale BGI solutions. Within a neighbourhood, the space between buildings can be used to provide detention and retention services for stormwater by implementing vegetated waterbodies and urban gardens, as well as tree-lined avenues.

Fig 2.3 Esempio di applicazione di SuDs (Wouters et al, 2016)

Le strategie utilizzate per il riciclo delle acque sono definite infrastrutture verdi quando i progetti includono elementi vegetali al loro interno, collegate a edifici o spazi aperti del tessuto urbano, e prendono il nome di infrastrutture blu, quando svolgono funzioni idrologiche. Durante le precipitazioni e le inondazioni, svolgono infatti il compito di assorbire e gestire l'acqua (Wouters et al, 2016).

Infine, l'obiettivo di questi metodi è ridurre il deflusso, utilizzando tecnologie per la raccolta di acqua piovana, e aumentare l'evaporazione di quest'ultima, quindi di trattarla il più possibile sito sul luogo per non scaricarla nel sistema fognario.

2.2.1 Bacini di attenuazione

Questa sezione fornisce una descrizione dei bacini di ritenzione, progettati per attenuare il deflusso e, se vegetati, fornire un trattamento di filtrazione. Questi sono normalmente asciutti, ad eccezione di quando si verificano eventi piovosi,

I bacini di attenuazione hanno la funzione principale di ridurre lo "stress" sul sistema fognario cittadino, diminuendo i costi di costruzione. Non è infatti necessario che venga dimensionato per far defluire l'acqua piovana proveniente da eventi atmosferici estremi, come temporali ed acquazzoni, ma può essere progettato in funzione dei "carichi medi". Questo è possibile grazie all'effetto "spugna" dei serbatoi di attenuazione che permettono di accumulare l'acqua per brevi periodi e farla defluire lentamente.

I bacini di attenuazione possono essere costruiti come strutture in linea o non in linea:

- le strutture in linea sono attraversate dal deflusso superficiale durante gli eventi di tempesta, hanno un deflusso ristretto che permette al bacino di riempirsi attenuando i deflussi.
- gli impianti fuori linea di solito ricevono il deflusso tramite un deviatore di flusso, mediante il quale i flussi in eccesso rispetto a un valore di soglia, vengono deviati dal percorso di flusso principale nel bacino di raccolta e immagazzinati temporaneamente nel bacino di captazione. L'acqua accumulata in quest'ultimo viene reimpressa nell'impianto principale quando l'afflusso scende al di sotto della soglia di derivazione.

I bacini possono essere di tipo vegetale o blu.

2.2.1.a Bacini vegetali

I bacini di ritenzione vegetali possono fornire trattamento quando progettati per gestire flussi regolari e quando la superficie del suolo può assorbire parte del ruscellamento, e di conseguenza essere utilizzata per supportare la prevenzione del ruscellamento dal sito, in caso eventi di precipitazioni di modesta entità.

I bacini vegetali hanno inoltre la capacità di filtrare sedimenti e materiali galleggianti, metalli pesanti, materiali tossici (Woods Ballard et al., 2015). In questo caso, il tempo di stoccaggio

dell'acqua in seguito ad un evento temporalesco si allunga e, ove opportunamente progettato, parte o tutta l'area del bacino può essere utilizzata anche come struttura ricreativa o di altro tipo.



Fig 2.4 Nuova lottizzazione residenziale Mogliano Veneto
(Carraro et al., 2009)

Per la massima efficacia di rimozione degli inquinanti nei bacini con vegetazione, i flussi dovrebbero essere distribuiti su tutta la larghezza del bacino, di conseguenza il fondo di qualsiasi bacino con vegetazione dovrebbe essere abbastanza uniforme e con una leggera pendenza. Tuttavia, laddove vi siano problemi a mantenere asciutta una parte della base del bacino, un'area discreta del bacino può essere abbassata per evitare che la base del bacino diventi umida e paludosa.

La profondità massima dell'acqua nel bacino non dovrebbe normalmente superare i 2 m nell'evento progettuale più estremo. Tuttavia, molte autorità richiedono una profondità massima molto inferiore, per motivi di sicurezza. Il rapporto lunghezza/larghezza consigliato per i bacini di detenzione vegetati in linea è compreso tra 3:1 e 5:1 (Woods Ballard et al., 2015). Inoltre, i bacini di detenzione con vegetazione possono intercettare parte del flusso perché per la maggior parte dei piccoli eventi di pioggia, tende a non esserci deflusso. L'acqua penetra nello strato superficiale del bacino e viene rimossa per evapotraspirazione e per infiltrazioni, di conseguenza si avrà una riduzione volumetrica del deflusso in acque superficiali che dipenderà: dal tasso di infiltrazione del suolo circostante, dal bacino idrografico, dall'area e dalla profondità dell'impianto, dal tipo di vegetazione e dal clima. Di norma dovrebbe essere fatto un controllo per determinare se il bacino è in

grado di smaltire una profondità di pioggia di 5 mm sopra il bacino idrografico contribuente (Woods Ballard et al., 2015).

2.2.1.b Bacini blu

aree di stoccaggio paesaggistiche rigide, che tenderanno a non fornire alcun trattamento e sono normalmente progettate come componenti fuori linea ed in molti casi hanno un uso principale alternativo. Nei periodi di scarsità di piogge, possono assumere le funzionalità di una struttura ricreativa come campi da gioco, altrimenti fare parte del paesaggio urbano come piazze ed offrire servizi e luoghi di ritrovo, svago per la comunità.

Possono essere richieste anche tavole interpretative che spieghino che l'area fa parte del sistema di drenaggio e che potrebbe essere riempita d'acqua, laddove i bacini di detenzione formano parte integrante dello spazio pubblico aperto o delle aree di gioco ricreative, è di fondamentale importanza che coloro che utilizzano o vivono vicino alla struttura siano consapevoli della sua funzionalità e del suo valore (Woods Ballard et al., 2015).

Se questi sistemi venissero realizzati in un sistema urbano storico invece che in una nuova urbanizzazione, i vantaggi sono ancora maggiori perchè potrebbero evitare al comune di dover aumentare la portata massima del sistema fognario progettato e realizzato decenni prima e di conseguenza talvolta con l'impossibilità di una riqualificazione.

Un chiaro esempio è la Water Square Benthemplein in Olanda.



Fig 2.5 Vista della Piazza dell'acqua, Benthemplein
(Landscape Architecture Frontiers, 2013)

La piazza dell'acqua al Benthemplein è uno dei sistemi più famosi della gestione pluviale delle inondazioni a Rotterdam e rappresenta un esempio di buona pratica replicabile. La piazza è composta da tre livelli che hanno tutti una destinazione d'uso diversa durante le stagioni con piogge scarse. Offre opportunità di praticare sport come il basket e il pattinaggio a rotelle e ha un teatro in cui le persone possono socializzare. Durante e subito dopo un temporale, la piazza dell'acqua ha una capacità di immagazzinare 1700 metri cubi d'acqua. Questo viene raccolto dalla pioggia che cade direttamente sulla piazza, ma anche dai tetti degli otto edifici circostanti. Il KNMI (2014) prevede che entro il 2050 la quantità massima di pioggia sarà di 44 millimetri al giorno. L'area della piazza è di 1800m², il che significa che questa piazza può immagazzinare la pioggia per un'area di oltre 23 volte maggiore della piazza dell'acqua, stimato su un temporale di 44 millimetri.

Le persone che vivono la Wather Square Benthemplein possono quindi usufruire dei servizi che permettono momenti di aggregazione e socialità, tuttavia, quando i bacini sono pieni, la quantità di funzioni della piazza diminuisce: il campo da basket e il teatro diventano temporaneamente inaccessibili fintantoché l'acqua non viene rilasciata nel sistema fognario (De Urbanisten, 2013).

2.2.2 Sistemi di infiltrazione

CCi sono diversi tipi di componenti di drenaggio che possono essere utilizzati per facilitare l'infiltrazione. Essa è importante in quanto può contribuire alla riduzione dei tassi e dei volumi di deflusso, supportando al tempo stesso i processi di ricarica del flusso di base e delle acque sotterranee.

Attualmente ci sono diversi sistemi di infiltrazione (Woods Ballard et al, 2015):

- pozzi d'infiltrazione;
- trincee di infiltrazione;
- bacini di infiltrazione;
- coperte d'infiltrazione.

2.2.2.a Pozzi d'infiltrazione

I pozzi d'acqua sono scavi che vengono riempiti con un materiale che forma un vuoto che consente l'immagazzinamento temporaneo dell'acqua prima che penetri nel terreno. Storicamente, i piccoli canali di scolo che drenavano il deflusso da una singola proprietà erano riempiti di macerie o rivestiti di mattoni ed erano situati sotto giardini e vialetti, senza alcuna disposizione formale per l'accesso e l'ispezione. Al giorno d'oggi tutti i piccoli pozzi sono costruiti con unità geocellulari disponibili presso i costruttori e mercanti, pre-avvolti in geotessile. Le unità geocellulari forniscono una buona capacità complessiva di stoccaggio rispetto al riempimento di macerie e consentono di ridurre al minimo le dimensioni della struttura necessarie per qualsiasi applicazione.

2.2.2.b Trincee d'infiltrazione

Le trincee di infiltrazione sono semplicemente dei canali di immersione lineari. A differenza delle vasche cubiche le trincee hanno il vantaggio che spesso possono essere mantenute meno profonde e, in terreni variabili, possono aiutare a distribuire l'area di infiltrazione in modo da avere un minor impatto delle aree di suolo meno permeabili. Se necessario, può

essere inserito un tubo forato per la distribuzione dell'acqua lungo la trincea. I dettagli sono mostrati nella Figura xx

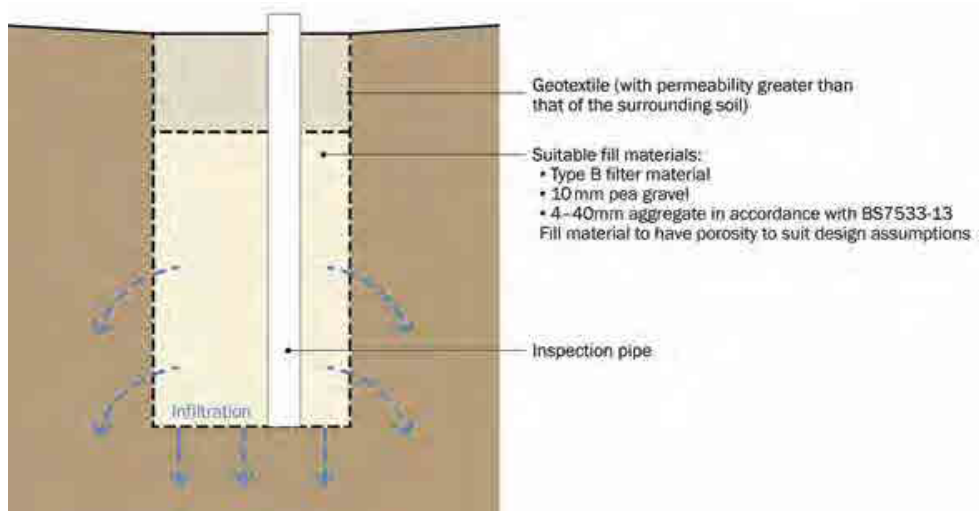


Fig 2.6 Rappresentazione di trincea d'infiltrazione (Woods Ballard et al., 2015)

2.2.2.c Bacini d'infiltrazione

I bacini di infiltrazione sono depressioni paesaggistiche poco profonde che immagazzinano il deflusso, consentendo agli inquinanti di depositarsi e fare da filtro, prima dell'infiltrazione dell'acqua nel sottosuolo, permettendo così di avere un'acqua più pulita.

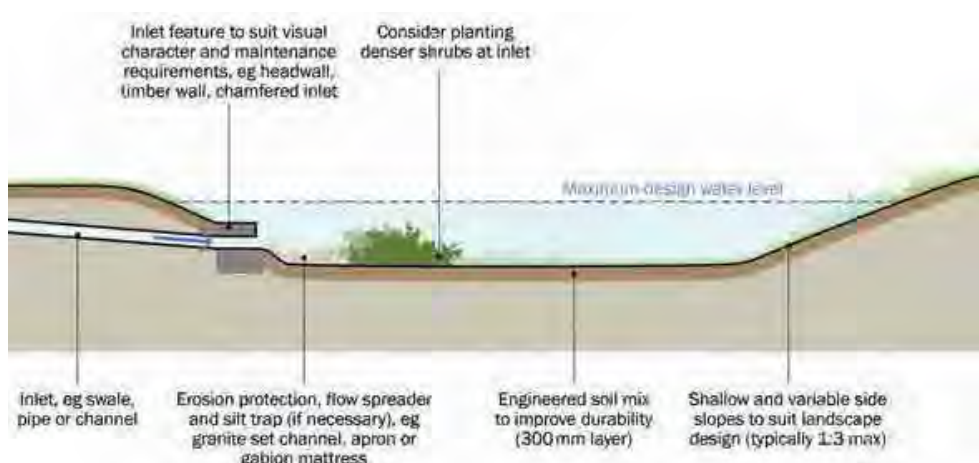


Fig 2.7 Rappresentazione di bacino d'infiltrazione (Woods Ballard et al., 2015)

2.2.2.d Infiltration blankets

Le coperte di infiltrazione sono grandi sistemi poco profondi che sono tipicamente costruiti utilizzando aggregati permeabili o unità geocellulari che agiscono come ampi sistemi di assorbimento. Alcuni esempi si trovano sotto i parcheggi, dove lo strato di stoccaggio fa parte della costruzione della pavimentazione, sotto i campi da gioco o sotto i campi sportivi.

2.2.2.e Caratteristiche dei sistemi d'infiltrazione

I sistemi di infiltrazione facilitano lo scarico del deflusso delle acque superficiali al suolo e, infine, nelle acque sotterranee. È quindi fondamentale adottare una distanza minima di 1 m tra la base del sistema di infiltrazione e il livello massimo prevedibile della falda, separata da suoli insaturi con bassa permeabilità con un contenuto organico e argilloso: in questo modo le acque sotterranee non sono a rischio di contaminazione. A questo proposito, i sistemi poco profondi e dispersi sono solitamente i migliori. Gli strati di geotessile possono essere utilizzati all'interno di componenti di infiltrazione per intrappolare ulteriormente il particolato e gli idrocarburi dal deflusso delle acque superficiali.

Le prestazioni dei sistemi di infiltrazione dipendono dalla capacità di infiltrazione dei terreni circostanti e dalla profondità della falda. È necessario un efficace pretrattamento a monte per rimuovere i carichi di sedimenti e limo in modo da prevenire l'intasamento a lungo termine e il successivo guasto del sistema. I sistemi sotterranei possono promuovere l'uso multifunzionale dello spazio consentendo alla superficie sovrastante di essere utilizzata per attività ricreative. L'uso di bacini di infiltrazione come caratteristiche di servizio deve essere bilanciato con le maggiori esigenze di manutenzione che ciò può comportare. Se la superficie sarà utilizzata da pedoni o per praticare sport informali, ciò potrà causare un compattamento della superficie e richiedere di conseguenza una manutenzione più frequente per mantenere la capacità di infiltrazione.

La componente di infiltrazione dovrebbe scaricarsi da piena a metà piena entro un tempo ragionevole in modo da ridurre al minimo il rischio che il sistema di drenaggio non sia

in grado di gestire un successivo evento di pioggia. Nel caso in cui i componenti siano progettati per gestire l'evento atmosferico che avviene con una frequenza di 10/30 volte l'anno, è usuale specificare che il mezzo svuotamento avviene nell'arco di 24 ore, altrimenti se i componenti possono gestire eventi più rari, è possibile consentire tempi di mezzo svuotamento più lunghi.

Questa decisione dovrebbe essere basata su una valutazione delle prestazioni del sistema e del rischio e delle conseguenze del verificarsi di eventi piovosi consecutivi.

L'infiltrazione riduce i volumi di stoccaggio dell'attenuazione richiesti. L'entità di questa riduzione per qualsiasi periodo di ritorno dipenderà dallo standard di servizio di progettazione, dal volume di stoccaggio fornito e dalla capacità di infiltrazione dei suoli circostanti.

I componenti di infiltrazione dovrebbero essere progettati in modo tale da gestire in modo efficace i flussi di superamento, attraverso un'area di stoccaggio temporaneo. Un esempio di tale area potrebbe essere uno spazio aperto o un'area esterna che sarà richiesto per eventi di pioggia che superano la capacità di progetto del sistema di infiltrazione. Ciò può essere ottenuto installando un tubo di troppopieno al di sopra del livello di accumulo dell'acqua di progetto degli impianti di infiltrazione e convogliando a valle i flussi di ruscellamento.

2.2.3 Pavimentazioni permeabili

Le pavimentazioni permeabili forniscono una superficie adatta al traffico pedonale o veicolare, consentendo all'acqua piovana di infiltrarsi al contempo attraverso la superficie e negli strati strutturali sottostanti. L'acqua viene temporaneamente immagazzinata sotto la superficie sottostante e successivamente può essere riutilizzata, infiltrata al suolo o scaricata in modo controllato. Le superfici permeabili, sono un mezzo efficiente per gestire il deflusso delle acque superficiali vicino alla sua fonte. Ciò avviene intercettando il deflusso, riducendo il volume e la frequenza del deflusso e fornendo un mezzo di trattamento (Ahiablame et al., 2012).

I processi di trattamento che si verificano all'interno della struttura superficiale, del sottosuolo e degli strati geotessili includono:

- infiltrazione;
- assorbimento;
- biodegradazione;
- sedimentazione.

Tra i tipi di pavimentazioni permeabili che sono definite sulla base dei materiali di superficie troviamo:

- le pavimentazioni porose, che si infiltrano nell'acqua su tutto il loro materiale superficiale, ad esempio superfici in erba o ghiaia rinforzate, ghiaia legata alla resina, calcestruzzo poroso e asfalto poroso;
- i pavimenti permeabili, che hanno una superficie formata da materiale impermeabile all'acqua ma sono posati per fornire spazio vuoto permeabile tra di essi (Woods Ballard et al., 2015).

I principali tipi di superfici utilizzate come parte della costruzione di pavimentazioni permeabili sono:

- pavimentazione modulare permeabile/ blocchi di pavimentazione porosa;
- autobloccanti;
- asfalto poroso/ calcestruzzo poroso.

2.2.3.a Pavimentazione modulare permeabile

La superficie più comune è la pavimentazione permeabile costituita da blocchi di cemento, pietra naturale o i mattoncini. Tutti i tipi di superficie presentano i moduli distanziati e con gli spazi riempiti con graniglia, per consentire all'acqua di entrare nello strato sottostante e nel substrato.

I potenziali usi della pavimentazione modulare permeabile includono:

- aree pedonali;
- vialetti privati;
- parcheggi;
- strade, da leggermente a molto trafficate.



Fig 2.8 Esempio di pavimentazione permeabile modulare
(www.senini.it)

Il layout comune è quello di utilizzare una pavimentazione modulare permeabile per i parcheggi e asfalto nelle normali corsie, nel caso in cui sia presente uno strato di stoccaggio di base del substrato che si estende anche sotto l'asfalto. Questo per ridurre i costi e anche perché l'asfalto può tollerare le forze di rotazione in modo più efficace.

2.2.3.b Autobloccanti

Il sistema degli autobloccanti prevede l'utilizzo di griglie di plastica o cemento riempite con erba o ghiaia.

Questo tipo di pavimentazione è più adatto per luoghi poco trafficati, preferibilmente con solo un uso stagionale, in modo che l'erba abbia il tempo di recuperare.

I potenziali usi includono:

- parcheggi per strutture ricreative;
- scuole;
- vialetti privati;
- accesso antincendio o altro dove il passaggio di mezzi è poco frequente.

È importante che questi sistemi siano ben costruiti e progettati per garantire che i terreni non siano compattati e che il tipo di erba sia adatta al clima locale.



Fig 2.9 Esempio di pavimento in cemento drenante e autobloccanti
(www.ecodrainsrl.com)

2.2.3.c Calcestruzzo o asfalto poroso

Il calcestruzzo e l'asfalto poroso possono essere utilizzati come materiale di superficie per fornire una migliore stabilità strutturale alla base di pavimentazioni permeabili al blocco di calcestruzzo, dove vi è un traffico anche di mezzi pesanti.

I potenziali usi includono:

- ciclabili;
- parcheggi;
- strade poco trafficate.

La superficie porosa in calcestruzzo può essere utilizzata nei parcheggi, nei corridoi del traffico e nella via di accesso all'area di parcheggio. Un altro sistema è quello di utilizzarlo solo in parcheggi con i corridoi di asfalto impermeabili che drenano sul calcestruzzo poroso.

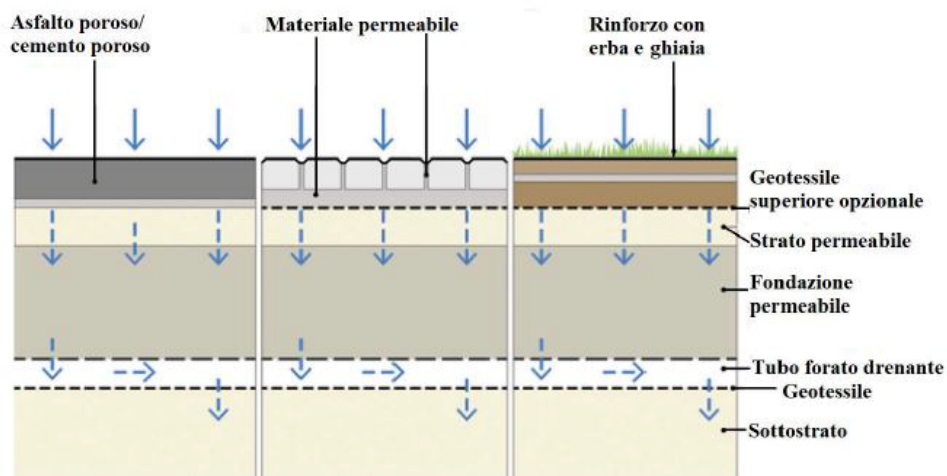


Fig 2.10 Rappresentazione di un sistema di pavimentazione permeabile (Woods Ballard et al., 2015)

2.2.3.d Sistemi di gestione delle risorse idriche

Per le pavimentazioni permeabili possiamo adottare diversi sistemi di gestione e trattamento dell'acqua permeata nel terreno:

- tutta la pioggia passa nel terreno dove può essere immagazzinata temporaneamente e da dove si infiltra nel terreno sottostante. In questo caso, non ci sarà scarico dal sistema a una fogna o a un corso d'acqua;
- se le precipitazioni superano la capacità di drenaggio del terreno, l'acqua in parte drena attraverso la base del substrato e quella in eccesso viene trasportata tramite tubi perforati, ostacolando la stagnazione di acqua al di sopra del sottosuolo e impedendoci rischi per la stabilità del suolo;
- in situazioni in cui i terreni hanno bassa permeabilità o bassa resistenza, o in caso di rischio di inquinamento della falda acquifera, non avviene infiltrazione. Il sistema è generalmente avvolto in una membrana impermeabile e quando l'acqua è filtrata attraverso la base del substrato, viene convogliata all'uscita tramite tubi perforati o scarichi.

		Tipologie di pavimentazioni		
Caratteristiche del terreno		Infiltrazione totale	Infiltrazione parziale	nessuna infiltrazione
Permealità del substrato, coefficiente di permeabilità K (m/s)	da $1 \cdot 10^{-6}$ a $1 \cdot 10^{-3}$	●	●	●
	da $1 \cdot 10^{-8}$ a $1 \cdot 10^{-6}$	○	●	●
	da $1 \cdot 10^{-10}$ a $1 \cdot 10^{-8}$	○	○	●
Profondità minima inferiore ad un metro della falda		○	○	●
Inquinanti presenti nel substrato		○	○	●
Infiltrazione dell'acqua non raccomandata		○	○	●

Tabella 2.4 (Woods Ballard, 2015)

2.2.4 Tetti verdi

Questo capitolo presenta una descrizione delle caratteristiche dei tetti verdi, ovvero tetti con una superficie vegetata che forniscono un alto grado di ritenzione, attenuazione e trattamento dell'acqua piovana e promuovono l'evapotraspirazione.

Un tetto verde è il tetto di un edificio parzialmente o completamente ricoperto da vegetazione su membrane impermeabili di alta qualità in modo da compensare la vegetazione rimossa durante la costruzione dell'edificio (Miller 1998; USEPA 2000b ; Rowe 2011).

I tetti verdi comportano diversi benefici (USEPA 2000b):

- controllano il volume di deflusso delle acque meteoriche;
- migliorano la qualità dell'aria con la produzione di ossigeno e abbattimento delle polveri sottili;
- migliorano la qualità dell'acqua;
- migliorano le prestazioni di isolamento termico, acustico ed elettromagnetico dell'edificio (Mustacchio, Carattin, 2012);
- aumentano la funzionalità della copertura (Salvo, 2017);
- mitigano il fenomeno dell'isola di calore.

I tetti verdi possono essere utilizzati su una varietà di tipi di tetti e su qualsiasi dimensione di proprietà. Possono essere applicati a una serie di pendenze sul tetto, ma se più ripide dispongono normalmente di una minore capacità di stoccaggio e un più rapido deflusso d'acqua. Questi svantaggi si possono ovviare tramite una specifica progettazione dello strato di drenaggio sottostante al fine di catturare e controllare i flussi. Maggiore è il volume d'acqua immagazzinato, maggiori sono i potenziali carichi sull'edificio.

I tetti verdi possono essere classificati come "estensivi" o "intensivi" in base allo spessore dello strato di copertura e al livello di manutenzione necessaria (GRRP 2010 ; Bianchini, Hewage, 2012)

2.2.4.a Tetti verdi estensivi

Un tetto verde estensivo è un rivestimento ideale per qualsiasi tipologia di copertura, piantumato con vegetazione densa, a crescita bassa, resistente alla siccità e generalmente adatto per edifici residenziali unifamiliari e plurifamiliari (Abram, 2011). Necessitano di un substrato con uno spessore di circa 10cm, per cui non gravano sulle strutture. Il tetto verde estensivo può essere realizzato anche durante il retrofit di un edificio perché in molti casi non è necessaria una modifica strutturale dello stesso (Woods Ballard et al, 2015).

2.2.4.b Tetti verdi intensivi

I tetti verdi intensivi vengono anche chiamati “giardini pensili”, perché hanno la capacità di supportare una popolazione diversificata di vegetazione come erba, fiori, arbusti, alberi, barriere radicali e sistemi di drenaggio e irrigazione, e sono ampiamente utilizzati per edifici commerciali o pubblici (Ahiablame et al, 2012)

L'alta presenza di biodiversità nei giardini pensili, tuttavia, comporta un aggravio di costi per la manutenzione del verde, un maggiore peso che grava sul tetto a causa del maggior spessore del substrato. Tuttavia, il costo del tetto verde e della fornitura strutturale supplementare può essere compensato con risparmi a lungo termine nei requisiti per lo stoccaggio dell'attenuazione delle acque superficiali a livello del suolo o sotterraneo (The Greenroof Centre, 2011) e con il miglioramento delle prestazioni termiche dell'edificio. Questa tipologia di copertura ha anche bisogno di un sistema di irrigazione che può avere come fonte un serbatoio di acqua piovana. In questo modo si crea un sistema autosufficiente (Woods Ballard et al, 2015).

Una chiara e completa descrizione della stratigrafia viene riportata da A. Puglia, 2021, che rielabora quanto riportato nel libro di Abram 2011:

- *“il substrato, costituito dal terreno di coltura, contenete le sostanze nutritive, che permettono il sostentamento delle piante. Esso ha solitamente uno spessore che va da 20 a 150 mm nel caso dei tetti estensivi, in quelli intensivi è maggiore di 150 mm;*

- *lo strato drenante, separato dal substrato, in questo modo si avrà un sistema "multistrato". Nel caso dei sistemi estensivi si può avere un singolo materiale, che viene progettato sia per essere drenante che per rilasciare le sostanze nutritive delle piante;*
- *la barriera per le radici, un sistema di grande importanza poiché evita che le radici possano infiltrarsi e raggiungere il solaio di copertura dell'edificio."*

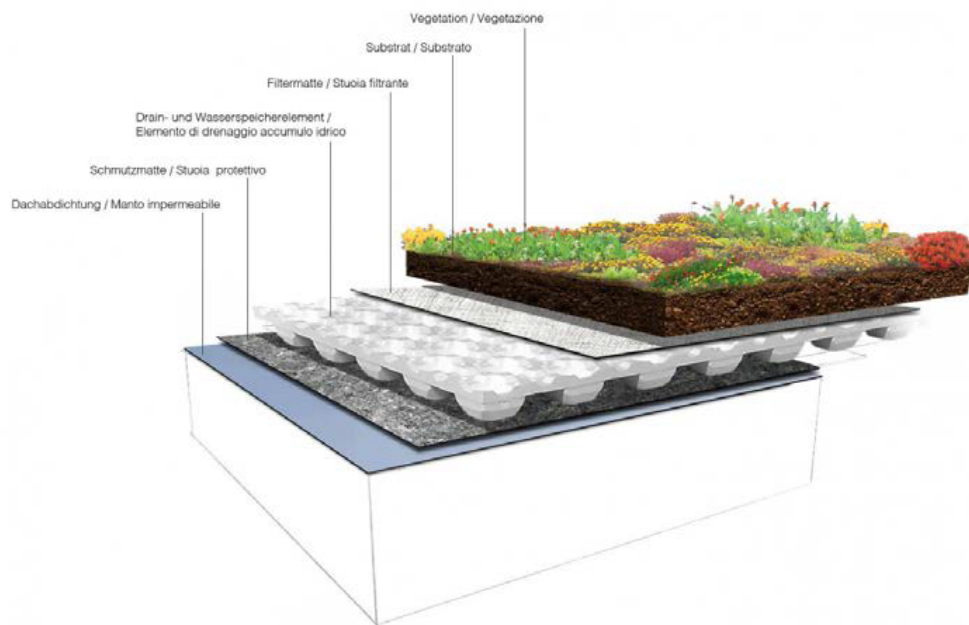


Fig 2.11 La stratigrafia di un tetto estensivo (www.climagruen.it)

2.2.4.c Caratteristiche dei tetti verdi

Sebbene i tetti verdi assorbano la maggior parte delle precipitazioni che ricevono durante eventi frequenti, è comunque necessario scaricare l'acqua in eccesso nel sistema di drenaggio dell'edificio. (Woods Ballard et al, 2015).

La ritenzione media delle precipitazioni da parte dei tetti verdi varia tra il 20% e il 100% a seconda del volume delle precipitazioni medie del periodo precedente ed in conseguenza della percentuale di umidità presente nel terreno. (Carpenter, Kaluvakolanu 2011). È stato infatti dimostrato che la ritenzione diminuisce con l'aumento della quantità di precipitazioni. Durante un evento piovoso, una volta raggiunta la capacità di ritenzione idrica del materiale del tetto, l'acqua in eccesso viene convertita in deflusso. Studi condotti nel Piemonte della Georgia hanno rivelato che la capacità dei giardini pensili estesi di trattenere la pioggia è scesa dal 90% per un evento di 12 mm, al 39% per un evento di 50 mm (Carter, Rasmussen 2005). Altri studi hanno dimostrato che la profondità dello strato di terreno del tetto verde e la composizione della vegetazione influenzano notevolmente la ritenzione idrica e il rilascio dal sistema (Dunnnett et al. 2008).

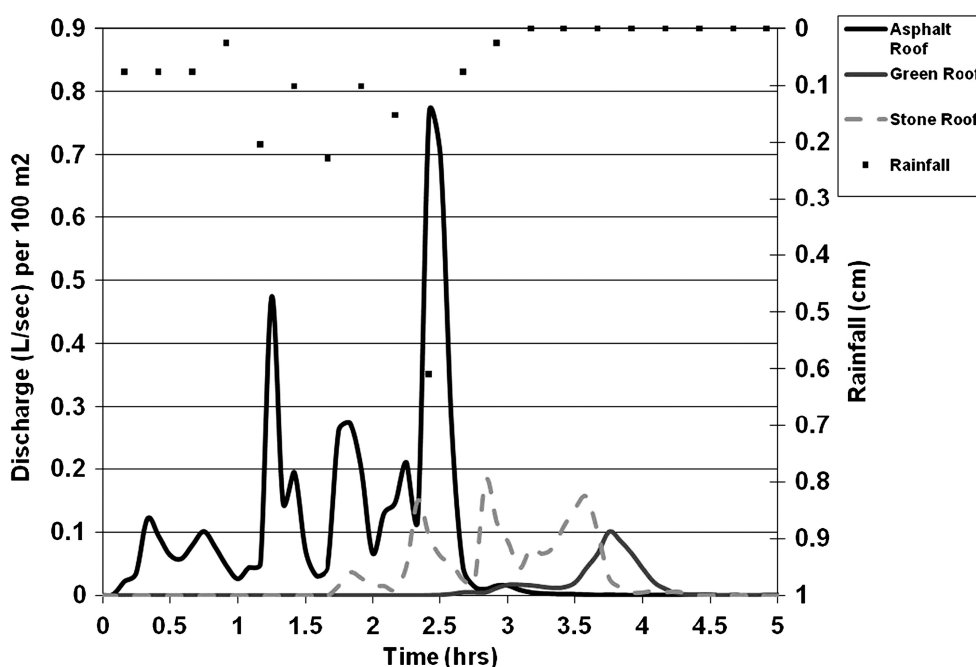


Fig 2.12 Deflusso idrico di un tetti giardino (Carpenter, Kaluvakolanu 2011)

È raro collegare un tetto verde a un sistema di raccolta dell'acqua piovana, ma in alcune circostanze questo può risultare molto utile. Ad esempio, se il volume di deflusso dal sito deve essere ridotto al minimo e la domanda di acqua non potabile è limitata rispetto all'area del tetto. Il colore dell'acqua raccolta da un tetto verde infatti può precluderne l'uso all'interno dell'edificio, ma sarà più adatto per l'irrigazione (Woods Ballard et al., 2015). Un confronto delle principali differenze tra i sistemi di tetti verdi estesi e intensivi è riportato nella tabella.

Confronto del tetto verde estensivo ed intensivo		
	Tetto verde estensivo	Tetto verde intensivo
Accesso	Solitamente non accessibile	Accessibile con giardino
Crescita media	20-150 mm	Maggiore crescita media
Irrigation	Al momento de trapiantoD	a occasionale a frequente
Manutenzione	Minima o nulla	Da bassa a frequente
	Vantaggi: <ul style="list-style-type: none"> • peso ridotto • adatto a pendenze elevate • non necessaria irrigazione e sistemi di drenaggio speciale • spesso adatto in retrofit • ridotta gestione della vegetazione • relativamente economico • Attraente per la colonizzazione di specie pioniere, che possono portare a un ecosistema con più biodiversità a lungo termine • Può supportare le specie pioniere insediate, che sono importanti per la conservazione naturale 	Vantaggi: <ul style="list-style-type: none"> • Condizioni più favorevoli per le piante, con conseguente maggiore diversità potenziale di piante e habitat • buon contributo all'isolamento termico dell'edificio • può essere molto attrattivo • spesso accessibile, con possibilità di svago • buona capacità di ritenzione idrica
	Svantaggi: <ul style="list-style-type: none"> • maggiore stress per le piante e ridotta possibilità di biodiversità • ridotto apporto isolate • bassa capacità di ritenzione idrica • limitati benefici estetici 	Svantaggi: <ul style="list-style-type: none"> • maggiore sovraccarico sulla struttura del tetto • necessità di sistema di irrigazione e drenaggio • alti costi di realizzazione e manutenzione

Tab 2.5 (Woods Ballard, 2015)

Gli inquinanti presenti nell'acqua meteorica proveniente da un tetto verde dipenderanno solo dall'inquinamento atmosferico e tenderanno quindi ad essere inferiori rispetto alle superfici impermeabili.

Attraverso una varietà di processi di trattamento fisico, biologico e chimico, all'interno del suolo e dell'assorbimento delle radici, i tetti verdi possono aiutare a ridurre la quantità di inquinamento consegnato al sistema di drenaggio locale e, in definitiva, alle acque riceventi. Le radici infatti filtrano gli inquinanti atmosferici e gli inquinanti trascinati nell'acqua piovana, Tuttavia, la pratica della fertilizzazione della vegetazione presente sul tetto verde può accentuare il rischio di contaminazione della qualità dell'acqua a causa della lisciviazione del fertilizzante (Berndtsson et al., 2006).

I tetti verdi possono fornire ulteriori benefici in termini di moderazione della temperatura del deflusso: infatti il deflusso da superfici impermeabili può essere molto caldo durante i mesi estivi e gli scarichi ad alta temperatura possono avere effetti negativi sulla ricezione dell'ecologia del corpo idrico. (Woods Ballard et al., 2015).

I tetti verdi hanno anche dimostrato di migliorare le prestazioni dei pannelli fotovoltaici dove vengono utilizzati in combinazione (The Biosolar Roof Project: [www. biosolarroof. com](http://www.biosolarroof.com)).



Fig 2.13 Impianto Fv su tetto verde, (climagruen.com)

2.2.5 Canali vegetali

Questo capitolo fornisce una descrizione delle caratteristiche dei canali vegetali poco profondi progettati principalmente per convogliare e trattare il deflusso.

I canali vegetali hanno le seguenti caratteristiche (Woods Ballard et al., 2015):

- convogliano, trattano ed attenuano il deflusso delle acque superficiali;
- vengono realizzati in sostituzione alle tubazioni interrato convenzionali;
- sono ampi, poco profondi e ricoperti da vegetazione, per rallentare l'acqua, facilitando la sedimentazione, la filtrazione, l'evapotraspirazione e l'infiltrazione nel suolo sottostante.
- migliorano il paesaggio naturale e forniscono vantaggi estetici e di biodiversità.

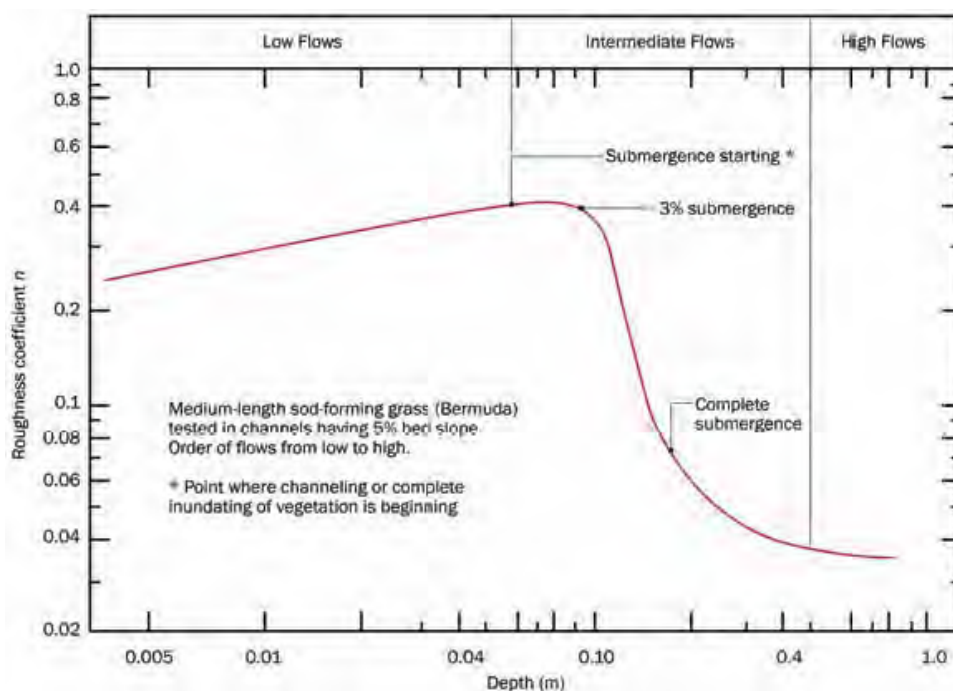


Fig 2.14 Andamento del deflusso dell'acqua in un canale vegetale in base alla rugosità del terreno (Wong, 2006)

La principale differenza rispetto ai canali tradizionali è che sono in grado di intercettare e infiltrare la totalità dell'acqua piovana del bacino idrografico da cui è alimentato, in caso di precipitazioni di 5mm. In caso di eventi di maggior intensità ha comunque il vantaggio di rallentare il flusso d'acqua grazie alla rugosità del terreno vegetato e di conseguenza ridurre il picco di deflusso (Wong, 2006).

Le sponde dovrebbero generalmente essere progettate con una sezione trasversale, trapezoidale o parabolica in quanto sono più facili da costruire e da mantenere e offrono buone prestazioni idrauliche. Le gole erbose dovrebbero generalmente essere progettate con una larghezza del fondo di 0.5-2m, sebbene possano anche essere utilizzate gole più strette o più larghe, previa opportuna valutazione. L'ampiezza del progetto dovrebbe consentire flussi poco profondi e un adeguato trattamento della qualità dell'acqua evitando che i flussi si concentrino e creino canali di erosione. La vegetazione nella depressione dovrebbe essere tipicamente mantenuta ad un'altezza di 75-150mm per evitare l'attecchimento durante gli eventi di flusso.

Il livello massimo probabile della falda acquifera dovrebbe essere sempre almeno 1 m al di sotto del livello più basso della palude, dove può verificarsi l'infiltrazione.

I canali vegetali possono essere suddivisi in tre categorie in base alle loro caratteristiche (Woods Ballard et al., 2015):

- canale di convogliamento ed attenuazione, efficace per raccogliere e convogliare il deflusso dall'area drenata ad un'altra durante una fase della pioggia, ha la caratteristica di essere vegetato e poco profondo;
- canale asciutto, include un letto filtrante di terreno preparato che sovrasta un sistema di drenaggio inferiore;
- canale bagnato, progettato specificatamente per fornire condizioni umide o paludose in siti pianeggianti e suoli scarsamente drenanti.

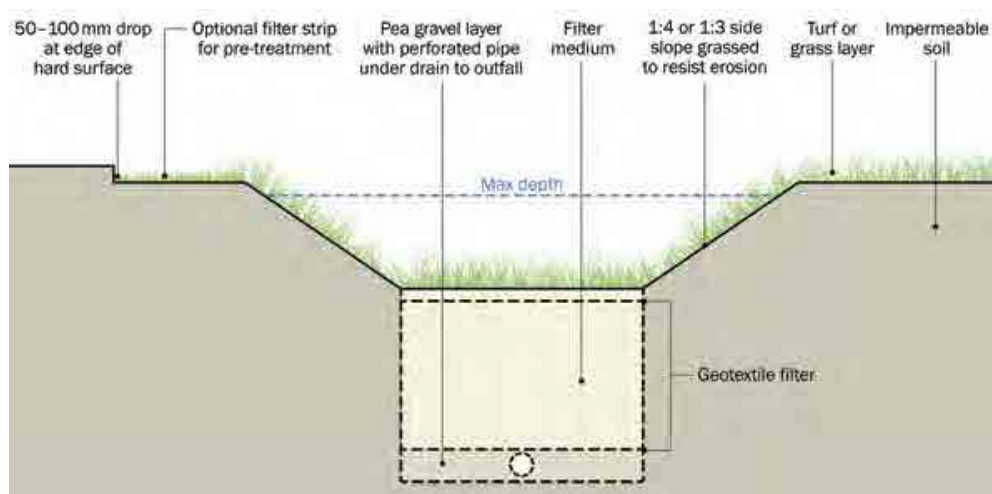


Fig 2.15 Rappresentazione di un canale vegetale (Woods Ballard 2015)

I canali vegetali possono essere utilizzati in un'ampia varietà di situazioni. Sono adatti per gestire il deflusso dalle strade perché sono un elemento lineare e facilmente incorporabili nello spazio a bordo strada. Sono adatti anche per gestire il deflusso di parcheggi e altre aree impermeabili e permeabili. I canali dovrebbero essere incorporati nel paesaggio e negli spazi aperti pubblici, in quanto tendono a richiedere una notevole quantità di terreno a causa dei loro pendii laterali poco profondi. Per questo motivo sono generalmente difficili da incorporare negli sviluppi urbani densi dove lo spazio è limitato, anche se in alcune situazioni possono essere appropriate pendenze laterali più ripide, pendii più ripidi o addirittura verticali.



Fig 2.16 Esempio di canale vegetale (Woods Ballard, 2015)

2.2.6 Sistemi di raccolta d'acqua

Questo capitolo descrive i sistemi di raccolta dell'acqua, così da poterla usare come approvvigionamento idrico per proprietà domestiche, commerciali, industriali o istituzionali. I sistemi di recupero e raccolta hanno una serie di vantaggi chiave (Woods Ballard et al, 2015):

- Possono soddisfare parte della domanda di acqua dell'edificio, offrendo benefici in termini di sostenibilità e resilienza climatica.
- Riducono i consumi idrici di acqua potabile
- Possono aiutare a ridurre il volume di deflusso da un sito.
- Possono aiutare a ridurre il volume di stoccaggio di attenuazione di acque meteoriche richiesto sul sito.
- Possono ridurre il rischio di allagamenti a livello urbano in seguito ad alluvioni.
- Generano una pubblicità favorevole per le aziende in quanto responsabili nei confronti dell'ambiente

Ci sono due tipologie di sistemi di recupero dell'acqua piovana (Lazarova, 2020):

- La raccolta dell'acqua piovana (RW – Rain Water), ovvero la raccolta del deflusso dell'acqua piovana per il riutilizzo. Il deflusso può essere raccolto da tetti e altre aree impermeabili, immagazzinato, trattato dove richiesto
- La raccolta delle acque "grigie", quindi provenienti dagli scarichi di lavandini e docce.

L'acqua raccolta può generalmente essere utilizzata per una serie di scopi non potabili, come servizi igienici, lavatrici (con possibile richiesta di un adattamento) e per usi esterni come il lavaggio dell'auto e l'irrigazione. I sistemi di recupero dell'acqua sono raramente utilizzati per fornire acqua potabile per il consumo o la balneazione, in quanto questo richiede un trattamento e un monitoraggio specializzati, per gestire i rischi di contaminazione (Woods Ballard et al, 2015).

Tra i vantaggi di questi sistemi si è specificato che comportano una riduzione del carico

della rete fognaria. Infatti riducendo la quantità netta di acqua e contaminanti, i vecchi sistemi fognari che hanno generalmente piccole capacità di carico possono essere comunque adatti per edifici a molti piani che producono grandi quantità di acque reflue. Il riutilizzo delle acque reflue grigie in loco e la raccolta dell'acqua piovana può consentire l'utilizzo di vecchi sistemi con nuovi grattacieli o edificio multipiano.

Un aspetto che non va trascurato è la capacità di mantenere attive delle attività pubbliche economiche anche in situazioni di calamità: l'installazione di impianti di bonifica delle acque reflue in loco negli edifici pubblici, ad esempio i municipi, può consentire di utilizzarli come centri di soccorso quando si verificano disastri che causano malfunzionamenti alle forniture idriche pubbliche.



Fig 2.17 Esempi di applicazioni per il riutilizzo dell'acqua a Tianjin: a) riutilizzo per ambienti panoramici, b) sciacquone del WC, c) uso industriale per riscaldamento e d) raffreddamento acqua (Lazarova, 2020)

2.2.6.a Recupero acqua piovana

I sistemi di recupero dell'acqua piovana, RWH (Rain Water Harvesting), sono progettati per un livello specifico di servizio, che può riguardare solo l'approvvigionamento idrico, i sistemi di conservazione dell'acqua, o la gestione delle acque superficiali attraverso l'inclusione di ulteriore capacità di stoccaggio. RWH può essere considerato per fornire intercettazione per l'area impermeabile contribuente e per ridurre il volume di deflusso, a condizione che il sistema sia progettato per scopi di approvvigionamento, cioè abbia una domanda giornaliera regolare.

Sebbene le botti d'acqua siano spesso considerate una forma di RWH, in pratica il loro valore è limitato all'irrigazione domestica durante i periodi di siccità, a condizione della presenza di acqua nel contenitore. Le botti d'acqua però non garantiscono un'attenuazione del deflusso idrico, a meno che il sistema non sia progettato in modo che l'acqua immagazzinata al di sopra di una soglia impostata scarichi lentamente verso il sistema di drenaggio a valle o verso la fognatura. Comunque, non vi sono prove solide riguardo alla potenziale efficacia di tali componenti durante eventi significativi (Woods Ballard et al, 2015).

I possibili obiettivi per i sistemi RW e le implicazioni per la loro progettazione sono:

- RWH solo per l'approvvigionamento dell'acqua.
- RWH per l'approvvigionamento dell'acqua e la gestione delle acque superficiali, sistemi passivi.
- RWH per l'approvvigionamento dell'acqua e la gestione delle acque superficiali, sistemi attivi (Woods Ballard et al, 2015).

Il primo sistema è progettato per fornire acqua all'edificio. Lo stoccaggio previsto è dimensionato per captare e trattenere un adeguato volume di ruscellamento dalla superficie contribuente per soddisfare le esigenze di uso protetto dell'edificio. Sebbene una parte del deflusso di eventi di grandi dimensioni venga normalmente catturata, non si può fare affidamento sulle prestazioni di tali sistemi per gestire eventi estremi e pertanto qualsiasi potenziale contributo alla gestione delle acque superficiali non dovrebbe essere consentito come parte della progettazione.

Nel secondo sistema i serbatoi sono dimensionati per ospitare lo stoccaggio necessario per l'approvvigionamento idrico, più lo stoccaggio necessario per gestire una specifica profondità di pioggia durante un grande evento. Il termine "passivo" si riferisce al fatto che lo spazio disponibile nel serbatoio per immagazzinare il deflusso delle acque superficiali in un dato momento è interamente dipendente dall'equilibrio tra domanda e offerta, e il livello dell'acqua non è gestito in modo "attivo". Laddove i sistemi RWH sono implementati per singole proprietà residenziali, è improbabile che il controllo delle acque superficiali per un evento di precipitazione venga raggiunto per ogni proprietà e sarà necessario presumere un livello medio di conformità. Laddove gruppi di proprietà condividono un serbatoio o dove è più probabile una domanda costante come negli edifici commerciali, le prestazioni del sistema sono più certe.

Nell'ultimo sistema lo stoccaggio dell'acqua in un serbatoio è gestito attivamente, e tutte le proprietà possono essere progettate per soddisfare gli obiettivi di gestione delle acque superficiali. Questo avviene indipendentemente dai livelli relativi di domanda e offerta, a condizione che il sistema sia gestito in modo tale che non si verifichi alcun deflusso per qualsiasi evento fino alla profondità di pioggia di progetto.

Sono disponibili due meccanismi per garantire che sia utilizzabile un volume sufficiente del serbatoio per gestire l'afflusso di acqua meteorica in caso di un evento temporalesco.

Questi sono:

- prevedere l'avvicinarsi di un grande evento, giorni od ore prima, e pompare via l'acqua immagazzinata;
- pompare l'acqua immagazzinata fino a un livello prestabilito ogni volta che viene superata una soglia.

La prima opzione richiede la comunicazione alle informazioni di previsione degli eventi di pioggia. il secondo richiede un ritardo del timer in modo che l'acqua venga pompata via a un'ora prestabilita dopo che l'evento è trascorso.

I tre tipi principali di sistemi di raccolta dell'acqua piovana sono:

- sistemi basati sulla gravità;
- sistemi pompati;

- sistemi compositi (Woods Ballard et al, 2015).

In tutti i casi è necessario garantire che, se il deposito di acqua potabile non è esaurito, sia disponibile un adeguato approvvigionamento idrico alternativo per gli apparecchi interessati.

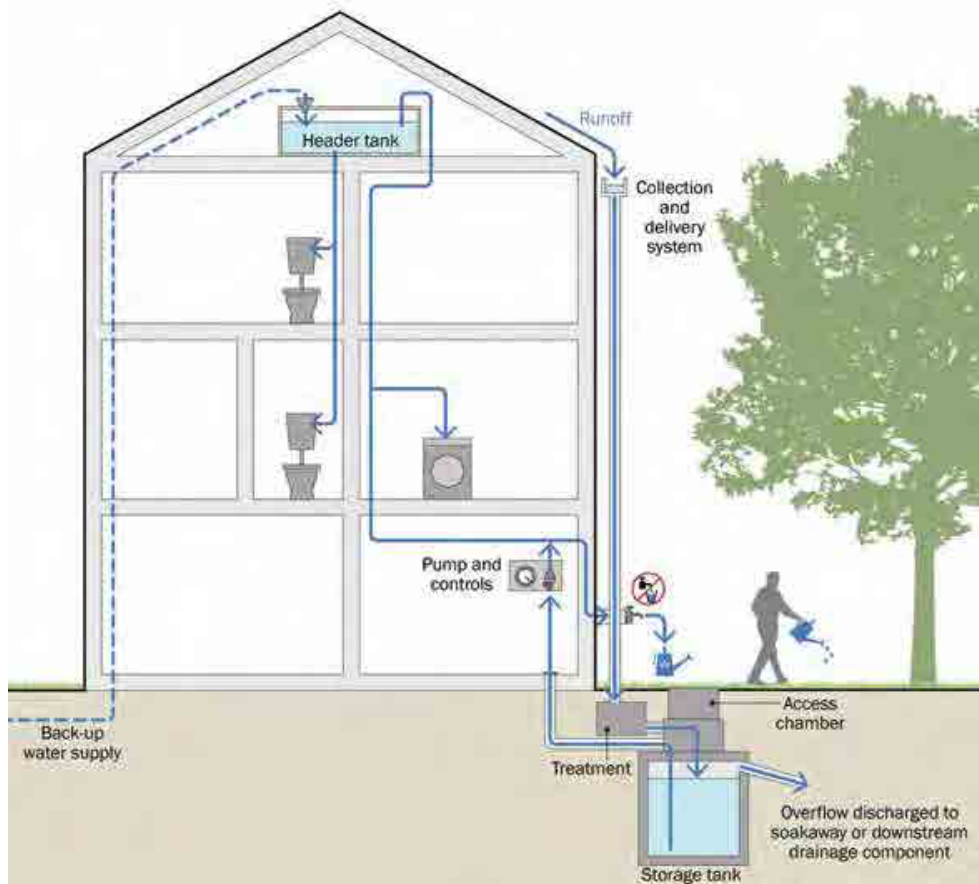


Fig 2.18 Sistema composito di recupero dell'acqua piovana (Woods Ballard et al., 2015)

I sistemi a gravità sono progettati in modo che l'acqua piovana venga raccolta per gravità e immagazzinata in elevazione in modo che possa essere fornita anche dalla gravità. Il deflusso delle precipitazioni può essere raccolto da tetti a falda domestici o commerciali standard e immagazzinato nello spazio del sottotetto o sul tetto. In altri progetti, lo stoccaggio è supportato ad un livello elevato sulla parete appena sotto il livello della grondaia.

i principali vincoli di progettazione sono:

- la capacità strutturale dell'edificio di immagazzinare l'acqua in una posizione elevata;
- la raccolta di acqua sufficiente dal tetto, ad altezza sufficiente, che consentirà una fornitura basata su un processo di sola gravità e di conseguenza una limitazione della pressione di esercizio

I sistemi RWH più comuni tendono a immagazzinare l'acqua sottoterra o a livello del suolo e quindi a pomparla per scopi di approvvigionamento direttamente alle unità negli edifici o a un serbatoio di testata

I sistemi compositi utilizzano i vantaggi sia della gravità che dei processi pompati. Il deflusso raccolto per gravità viene passato direttamente a un grande serbatoio di testata, mentre il deflusso in eccesso e il deflusso da aree che non possono drenare per gravità al serbatoio di testata, possono essere immagazzinati nel serbatoio principale nel terreno. Se e quando il serbatoio di testata è vuoto, entra in funzione una pompa per riempirlo dal serbatoio di stoccaggio principale. Sebbene sia probabile che il serbatoio di testata sia molto più piccolo del serbatoio principale, la quantità di acqua che deve essere pompata è spesso ridotta in modo molto significativo rispetto a un sistema completamente pompato.



Fig 2.19 Columbus School and College (Essex County Council)

Un caso studio interessante è quello delle scuole Essex Columbus School e College di Chelmsford, nelle quali l'acqua piovana viene raccolta da entrambi i siti in un impianto di stoccaggio e trattamento combinato. L'acqua viene quindi distribuita per l'uso nei servizi igienici. In questo caso, il RWH fa parte di una più ampia strategia di gestione dell'acqua, che include anche sistemi di drenaggio sostenibile per gestire gli allagamenti locali, raccordi e infissi efficienti in acqua, oltre a sistemi di rilevamento delle perdite e piantagioni resistenti alla siccità. Lo schema fa parte di una più ampia strategia del Consiglio della contea di Essex per migliorare gli standard di sostenibilità e ridurre i costi. Anche altre scuole della contea usano RW. L'autorizzazione di diversi sistemi sta contribuendo a informare i programmi futuri.

2.2.6.b Recupero acque reflue

Per produrre acqua riciclata di qualità in un singolo edificio, il trattamento delle acque reflue per la bonifica in loco dovrebbe essere efficiente e la separazione delle acque reflue è importante. In primo luogo, le acque reflue sono divise in due frazioni:

- acque nere, proveniente dai servizi igienici;
- acque grigie.

L'acqua grigia è ulteriormente suddivisa in tre frazioni a seconda del grado di contaminazione: acqua grigia leggermente contaminata, acqua grigia moderatamente contaminata e acqua grigia fortemente contaminata. Le acque grigie leggermente contaminate includono lo spurgo delle torri di raffreddamento. Le acque grigie moderatamente contaminate vengono raccolte da lavandini, bagni e cucine degli uffici utilizzati per la preparazione di tè e caffè. Le acque grigie fortemente contaminate vengono raccolte da ristoranti e cucine.

Le acque grigie leggermente contaminate sono ovviamente adatte per la bonifica in loco, mentre le acque grigie fortemente contaminate sono difficili da bonificare a causa dell'elevato contenuto di BOD, grasso e tensioattivi. Quando si considera un bilancio idrico in un singolo edificio, si riscontra generalmente un grosso problema con il recupero e il riutilizzo delle acque reflue in loco: la quantità di acque grigie leggermente contaminate è

insufficiente per corrispondere alla quantità di acqua utilizzata per lo sciacquone del WC. In genere, circa la metà dell'acqua immessa in un edificio per uffici viene utilizzata per lo sciacquone dei servizi igienici quando non è installato un sistema di bonifica in loco. Al contrario, solo meno del 10% dell'acqua immessa diventerà acqua grigia leggermente contaminata. Pertanto, una parte o tutta l'acqua grigia fortemente contaminata deve essere recuperata per soddisfare la domanda di acqua per lo sciacquone del WC, o in alternativa è necessario integrare il sistema con un recupero dell'acqua piovana (Lazarova et al., 2020). Il trattamento biologico è solitamente la parte principale di un sistema di recupero delle acque reflue in un singolo edificio nel caso in cui ci sia la necessità di utilizzare le acque grigie fortemente contaminate. A tale scopo vengono spesso utilizzati processi convenzionali a fanghi attivi, filtri biologici aerati, contattori biologici rotanti e bioreattori a membrana (MBR). Processi fisico/chimici come l'adsorbimento di carbone attivo o l'ossidazione dell'ozono vengono talvolta adoperati per eliminare il colore e l'odore dall'acqua recuperata. Per quanto riguarda l'acqua piovana raccolta, un semplice trattamento (ad esempio la filtrazione) è generalmente sufficiente per soddisfare le linee guida sulla qualità dell'acqua.

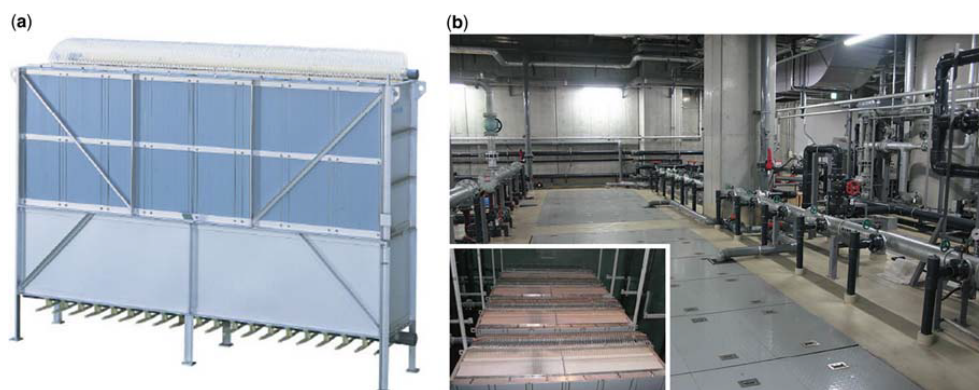


Fig 2.20 Viste di un modulo a membrana piatta utilizzato nell'MBR (a) e dell'impianto in funzione, l'installazione delle membrane è mostrata in basso a sinistra (b) (Lazarova et al., 2020).

In molti sistemi di recupero delle acque reflue esistenti in loco nei singoli edifici, la quantità di acqua recuperata è spesso insufficiente per soddisfare la domanda. Ci sono diverse ragioni per questo:

- fluttuazioni nella quantità di acque reflue prodotte nell'edificio
- sovrastima durante la fase di progettazione del volume delle acque reflue prodotte.

In alcuni casi viene fornita acqua del rubinetto per compensare la carenza idrica. Per ovviare a questo problema, sta diventando popolare la combinazione di recupero delle acque reflue e di raccolta dell'acqua piovana.

In Giappone questi sistemi sono in uso da circa 40 anni grazie alle normative locali, inoltre grazie alle tasse favorevoli sono stati promossi il recupero e il riutilizzo delle acque reflue in loco nei singoli grattacieli. Sono stati identificati i requisiti di qualità dell'acqua per l'acqua recuperata ed è stato accumulato il know-how tecnologico. Il bioreattore a membrana sta diventando un mainstream con il recupero e il riutilizzo delle acque reflue in loco nei singoli edifici. I clienti sono soddisfatti della qualità dell'acqua recuperata e della netta riduzione dell'approvvigionamento idrico pubblico.

Di seguito sono elencate le principali opportunità del riciclaggio e del riutilizzo dell'acqua negli edifici in Giappone, nonché le principali sfide e vantaggi (Lazarova et al., 2020).

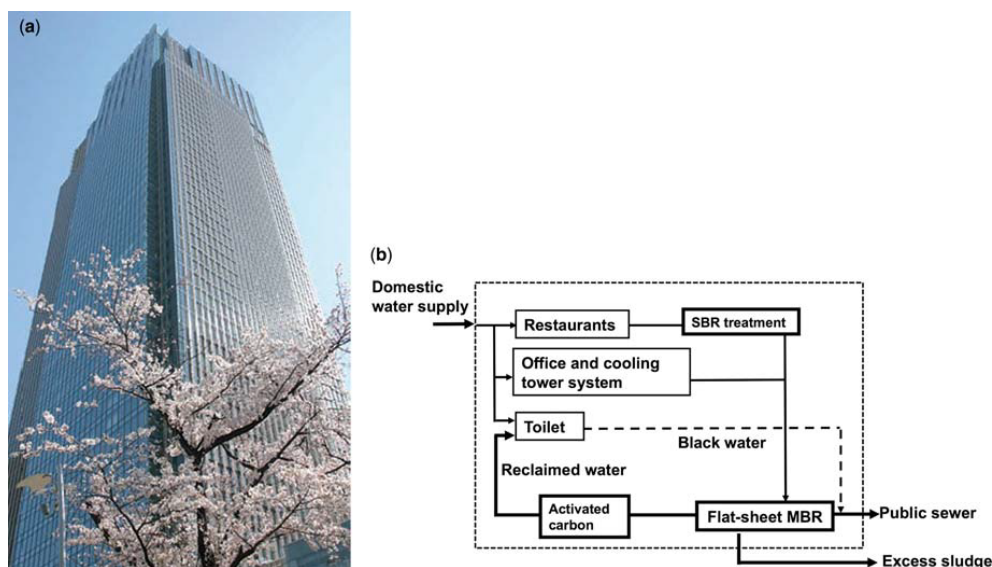


Fig 2.21 Vista dell'edificio del complesso commerciale di Tokyo Midtown (a) e schemi del sistema di trattamento delle acque reflue in loco (b). (Lazarova et al., 2020).

Vista dell'edificio del complesso commerciale di Tokyo Midtown (a) e schemi del sistema di trattamento delle acque reflue in loco (b). (Lazarova et al., 2020).

Opportunità:

- Carenze idriche causate dalla siccità;
- Regolamenti locali che incoraggiano il riutilizzo dell'acqua e tasse agevolate;
- Buona pubblicità per le aziende: possono dimostrare di essere responsabili nei confronti dell'ambiente.

Benefici:

- Disponibilità di tecnologia incluso MBR;
- Riduzione volumetrica del fabbisogno idrico pubblico;
- Riduzione del carico del sistema fognario;
- Mantenimento delle attività pubbliche/economiche in situazioni di disastro.

Sfide:

- Combinazione con la raccolta dell'acqua piovana;
- Un bilancio idrico: la quantità di acque grigie leggermente contaminate non può coprire la quantità necessaria per lo sciacquone del gabinetto;
- Trattamento di acque grigie fortemente contaminate contenenti grasso e grassi.

Ne prossimo capitolo verrà presentato un caso studio che tiene conto delle diverse soluzioni presentate fino ad ora, cercandone una combinazione armonica ed efficiente, al fine di rendere il sito più resiliente verso eventi di pioggia estremi causati dai cambiamenti climatici.

CAPITOLO 3

PROPOSTA PROGETTUALE

In questo capitolo andrò ad analizzare l'area di progetto situata nel quartiere di Regio Parco, in particolare dell'isolato facente parte dei fabbricati di ATC che si trova tra Via Gottardo e Via Bologna.

3.1 Analisi dello stato di fatto

Questo progetto ha l'obiettivo di mettere in pratica le soluzioni di drenaggio urbano sostenibile studiate nel capitolo 2. Nel capitolo 3.2 si analizzeranno i consumi idrici all'interno dell'area, informazione che ci servirà successivamente nel capitolo 3.4 nel quale si progetterà in sistema di recupero delle acque grigie e piovane per un loro riutilizzo per usi non potabili. Infine nel capitolo 3.5 si progetteranno dei sistemi di drenaggio per ridurre il deflusso d'acqua meteorica fuori dall'area di progetto.

Il caso studio descritto in questo capitolo si trova nel quartiere di Regio Parco, nella zona nord-est di Torino nei pressi del fiume Po, quindi in una zona altamente urbanizzata ma con grandi parchi e zone verdi poco distanti.

L'area di progetto si differenzia dall'edificato circostante perché caratterizzata da una tipologia edilizia differente, con piccoli edifici a blocco con poco sviluppo verticale, al contrario degli edifici circostanti che sono in linea e con uno sviluppo in altezza fino a 8 piani. L'accesso ai singoli condomini è limitato ai residenti che possono usufruire di giardini comuni ad uso esclusivo, mentre l'unica strada ad uso pubblico presente nella lottizzazione è Via Gottardo, la quale si sviluppa a croce con orientamento delle direttrici Nord-Sud ed Est -Ovest, dividendo il lotto in 4 parti.

In totale sono presenti 40 edifici con un numero di piani che va da 2 a 7, ma dei quali nella maggior parte dei casi sono presenti edifici a tre piani. Sono inoltre presenti 5 autorimesse da un singolo piano a servizio di altrettanti edifici. Tutti gli edifici sono realizzati con tetti a falda, copertura con tegole e un sottotetto non abitabile.

Via Gottardo è accessibile, oltre che ai mezzi privati, anche ai camion della nettezza urbana, quindi ad un traffico pesante, mentre le strade ad accesso privato vengono percorse da un traffico medio/leggero.

Nel limite inferiore del centro residenziale di fronte all'accesso principale, è presente una piccola area pedonale ed un parcheggio pubblico a forma triangolare, dove si svolge un piccolo mercato tutti i venerdì mattina.



SUPERFICIE IMPERMEABILE
Il 56% della superficie è impermeabile, occupata dagli edifici, strade di accesso alle residenze e parcheggi.

SUPERFICIE PERMEABILE
Il 44% della superficie è permeabile, composta principalmente dal verde. E' presente anche un parcheggio sterrato



ACCESSI CARRABILI PRIVATI
E' possibile accedere alle residenze con l'auto, presso le quali sono presenti anche dei parcheggi

STRADA PUBBLICA
Sono presenti due assi stradali nell'area per permettere l'accesso alle unità immobiliare ed il servizio di recupero di rifiuti urbani. E' presente un ampio parcheggio a sud dell'area.

PERCORSI PEDONALI
Lungo le strade pubbliche sono presenti dei marciapiedi, mentre nelle strade private il traffico è misto. E' presente un'area pedonale nei pressi del parcheggio pubblico.

I valori in seguito riportati sono stati estrapolati attraverso l'utilizzo del programma QGIS:

- la superficie impermeabile;
- la superficie permeabile;
- il numero di residenti;
- numero di nuclei familiari;
- le caratteristiche dell'edificato.

Le superfici impermeabili possono essere suddivise nelle seguenti sottocategorie:

- edificato;
- strada pubblica;
- vialetti privati;
- marciapiedi o aree pedonali;
- parcheggi.

Le superfici permeabili possono essere suddivise nelle seguenti sottocategorie:

- aiuole pubbliche;
- giardini privati;
- parcheggi.

Tutti i dati raccolti ci serviranno nel paragrafo 3.4 e 3.5 per stimare i consumi idrici per usi interni e per l'irrigazione del verde, calcolare la percentuale di terreno permeabile e successivamente andare ad identificare e sviluppare dei possibili interventi all'interno dell'area per ridurre i consumi idrici di acqua potabile, ridurre il deflusso di acque grigie e meteoriche andando così a presentare delle buone pratiche volte ad adattare la città ai cambiamenti climatici in atto.

Superfici permeabili stato di fatto	
Tipologia	Superficie m²
Aiuole pubbliche	2'969,14
Giardini privati	20'467,14
Parcheggio1	'051,60
Totale	23'437,00

Tab 3.1 Elaborazione personale

Residenti	
Categoria	n°
Famiglie	351
Maschi	337
Femmine	388
Stranieri	58
Età 0-14	68
Età 15-64	417
Età 65-99+	240
Residenti totali	725

Tab 3.2 Elaborazione personale

Superfici impermeabili	
Tipologia	Superficie m ²
Edificato	10318,76
Strada pubblica	4589,39
Viali privati	9360.65
Marciapiedi o aree pedonali	3880,08
Parcheggi privati	1438.92
Parcheggi pubblici	1841.66
Totale	31'429,46 m²

Tab 3.3 Elaborazione personale

Superficie delle coperture degli edifici			
n° edificio	Sup. edificio m ²	Altezza	n° piani
1	425,74	10,94	3
2	434,95	10,94	3
3	683,63	20,61	6
4	404	10,1	3
5	416,05	10,1	3
6	805,58	24,82	7
7	395,62	17,41	5
8	191,3	10,1	3
9	204,4	10,04	3
10	194,26	6,91	3
11	196,75	9,81	3
12	170,89	7,76	2
13	159,27	7,76	2
14	273,26	10,22	3
15	273,71	10,31	3
16	276,31	10,43	3
17	203,14	10	3
18	189,96	10,16	3
19	202,64	10,43	3
20	192,97	10,26	3
21	186,39	10,31	3
22	195,49	10,42	3
23	175,32	10,65	3
24	278,12	10,32	3
25	199,81	10,4	3
26	269,66	10,47	3
27	121,97	6,62	2
28	193,53	10,33	3
29	187,83	9,59	3
30	179,24	10,68	3
31	172,4	11,17	3
32	114,8	6,96	2
33	120,15	6,97	2
34	116,53	7,04	2
35	274,54	10,07	3
36	197,47	10,47	3
37	203,72	10,14	3
38	199,32	10,66	3
39	192,97	9,59	3
40	192,97	9,59	3
41	34,18	3,12	1
42	74,57	3,97	1
43	47,25	3,94	1
44	49,28	3,64	1
45	46,82	3,79	1
Totale	10'318.76 m²	-	-

Tab 3.4 Elaborazione personale

3.2 Analisi consumi idrici

In questo paragrafo andrò a stimare il consumo idrico del centro residenziale non avendo dati certi sui consumi effettivi, e di conseguenza utilizzerò i valori di consumo medio pro capite ricavati da "Aperto torino" (<http://aperto.comune.torino.it/dataset>) di cui è possibile vedere i valori calcolati nell'intervallo degli anni 2000-2016.

Come valore di consumo giornaliero d'acqua pro capite per l'analisi prenderò il più aggiornato cioè il valore del 2016: 200litri.

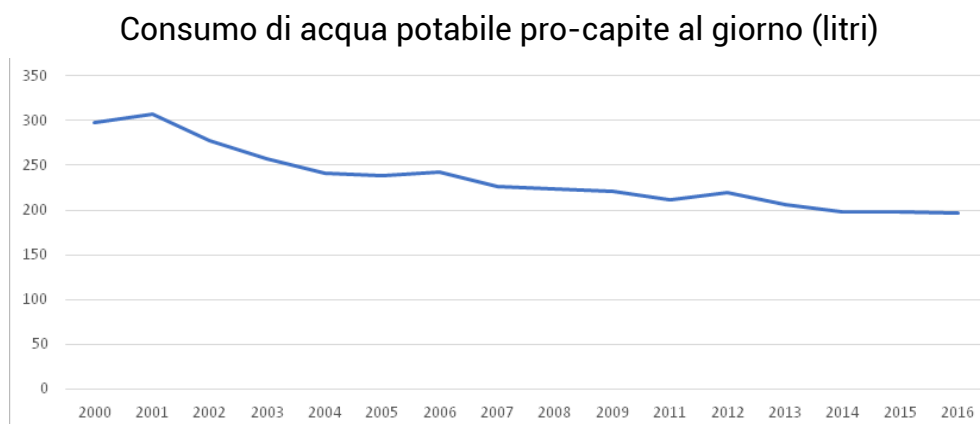


Fig 3.1 Elaborazione personale

Come indicato nel capitolo precedente il numero di abitanti presenti sono 725 di conseguenza si può stimare che il consumo idrico giornaliero sia di circa 145m³ d'acqua. Questo valore è stato calcolato moltiplicando il numero di abitanti (n) per il consumo pro capite giornaliero in m³ (r):

$$R_{INTg} = n * r \quad (1)$$

$$R_{INTg} = 725 * 0,2 = 145 \text{ m}^3$$

L'acqua potabile prelevata dalla rete può per una sua parte essere sostituita da acqua non potabile. Di seguito svolgeremo due differenti calcoli per andare a stimare il più precisamente possibile il fabbisogno di acqua per usi diversi da quelli potabili all'interno dell'area di progetto.

Nel primo caso andremo a prendere la percentuale di acqua per usi non potabile estrapolata

dal libro di G. Conte che sono andato ad illustrare nella tabella 2.2 nel paragrafo 2.1.1 e che andrò a riproporre. Nel secondo caso calcolerò il volume d'acqua per usi non potabili attraverso la UNI/TS 11445/2012 che indica i consumi idrico diverso da quello umano ed andrò anche in questo caso a riproporre la tabella 2.3 anticipata nel paragrafo 2.1.1.

Suddivisione dei consumi idrici domestici	
Tipologia di utilizzo	%
Bagno ed igiene personale	32
WC	30
Cucina (alimentare)	12
Lavatrice	12
Irrigazione o usi esterni	8
Lavastoviglie	3
Cucina (lavabi)	3

Tab 2.2 (Conte, 2008)

Consumo idrico diverso da quello umano		
Utenza	Fabbisogno giornaliero procapite	Fabbisogno annuale
WC in abitazione	40 litri	-
WC negli uffici	30 litri	-
WC nelle scuole	20 litri	-
Lavatrice	15 litri	-
Irrigazione area verde-		300 litri/m ²

Tab 2.3 (UNI/TS 11445/2012)

3.2.1 Consumi idrici per usi non potabili

Per andare a stimare i consumi idrici per usi non potabili all'interno dell'area seguiremo i valori di consumo procapite esposti nelle tabelle 2.2 e 2.3

Seguendo il primo modello è possibile calcolare la richiesta giornaliera di acqua per uso non potabile nel seguente modo:

Il volume di acqua richiesta per consumo annuo domestico (R) si calcola secondo la formula di Equazione (1).

$$R_{int} = n * r * 365 \quad (2)$$

n = numero di abitanti serviti [abitanti];

r = richiesta giornaliera pro-capite [m³/abitanti * giorno].

L'equazione sarà così composta:

$$R_{int} = 725 * 0,2 * 365 = 52'925m^3$$

risulta un consumo giornaliero di 145m³ di acqua, di cui il consumo di acqua per "bisogni diversi dal potabile".

In particolare i consumi suddivisi per tipologia di utilizzo sono calcolati con la formula (3):

$$R = 725 * (x * r) * 365 \quad (3)$$

x = percentuale di acqua per tipologia di utilizzo calcolata su "r".

L'equazione sarà così composta:

$$R_{WC} = 725 * (30\% * 0,2) * 365 = 15'925m^3$$

$$R_{LAVATRICE} = 725 * (12\% * 0,2) * 365 = 6'351m^3$$

$$R_{IRRIGAZIONE} = 725 * (8\% * 0,2) * 365 = 4'234m^3$$

Risulta un consumo giornaliero di 43.5m³ per il WC, di 17.4m³ per la lavatrice e di 11.6m³ per l'irrigazione.

Il consumo totale sarà:

$$R = R_{WC} + R_{LAVATRICE} + R_{IRRIGAZIONE} \quad (4)$$

R = richiesta giornaliera acqua per usi non potabili

l'equazione sarà così composta:

$$R = 15'925 + 6'351 + 4'234 = 26'510\text{m}^3$$

seguendo le indicazioni dettati dalla UNI/TS 11445/2012, andrò ad utilizzare la seguente equazione per calcolare i consumi di acqua per usi non potabili interni all'appartamento:

$$R_{int} = n * (r_{WC} + r_{LAVATRICE}) * 365 \quad (5)$$

I valori di r_{WC} e $r_{LAVATRICE}$ sono indicati nella tabella 2.3

L'equazione sarà così composta:

$$R_{int} = 725 * (40 + 15) / 1000 * 365 = 14'554.37\text{m}^3$$

I consumi di acqua per l'irrigazione del verde:

$$R_{est} = S * F_a \quad (6)$$

S = superficie del verde da irrigare

F_a = fabbisogno annuale di acqua [$\text{m}^3/\text{m}^2 * \text{anno}$].

$$R_{est} = 23'437 * 0,3 = 7'030.86\text{m}^3$$

Dove R_{int} , è la richiesta idrica non potabile per l'uso del WC e lavatrice, mentre R_{est} corrisponde alla richiesta di acqua non potabile per l'irrigazione del verde, ed è stata calcolata moltiplicando la superficie per il valore standard di $300\text{l}/\text{m}^2\text{anno}$.

$$R = R_{int} + R_{est} \quad (7)$$

l'equazione sarà così composta:

$$R = 10'585 + 3'969.37 + 7030.86 = 21'585.23\text{m}^3$$

Tuttavia i consumi idrici dovuti all'irrigazione sono concentrati nei mesi più caldi, da metà aprile fino a metà ottobre, di conseguenza il valore R_{est} sopra calcolato deve essere diviso per il numero di giorni d'irrigazione per poter poter calcolare la richiesta d'acqua giornaliera e poter avere così un quadro dei consumi più preciso.

$$r_{\text{est}} = R_{\text{est}} / n_g \quad (8)$$

n_g = numero di giorni di irrigazione in un anno

L'equazione sarà così composta:

$$r_{\text{est}} = 7'030.86 / 183 = 38.42 \text{ m}^3$$

Nel caso studio preso in esame tramite l'osservazione dell'area di progetto e gli isolati del centro di Torino, si può affermare che il rapporto tra superficie verde e numero di abitanti è maggiore rispetto alla media del resto del centro cittadino. Di conseguenza se seguissimo i valori di consumo idrico risultanti dal primo modello, sottostimeremmo la richiesta idrica per l'irrigazione.

Per questo motivo nel capitolo 3.4 nel calcolo del dimensionamento del serbatoio di accumulo useremo i risultati delle equazioni 5, 6, 7 e 8.

3.3 Coefficiente di deflusso e first flush

Il bacino da cui verrà recuperata l'acqua piovana sono le coperture degli edifici, la quale è una superficie impermeabile e non utilizzata, di conseguenza il rischio di contaminazione è minore rispetto ad altre superfici a terra carrabili o pedonabili dove i livelli di inquinanti rilasciati dai veicoli, persone ed animali sono elevati.

In base al materiale di rivestimento e dall'inclinazione della copertura, varierà la quantità di pioggia realmente recuperabile, infatti una parte non raggiunge i pluviali ma tenderà a rimanere nel bacino e successivamente evaporare. Infatti i primi millimetri di pioggia verranno assorbiti dai pori del materiale o da piccole depressioni e solo successivamente tutta la pioggia si trasformerà in deflusso superficiale. La quantità di pioggia che non verrà recuperata dipenderà anche dal numero di giorni secchi antecedente all'evento piovoso e dalla temperatura della copertura, perché maggiore è il periodo secco e maggiore sarà l'acqua che ha lasciato il materiale di rivestimento (Farreny et al, 2011). Per poter tenere conto facilmente di questo effetto durante il calcolo della quantità di acqua piovana raccolta, viene introdotto il coefficiente di deflusso (φ), pari alla frazione dell'altezza di pioggia intercettata dal tetto che si trasforma in deflusso superficiale. Il coefficiente di deflusso tende all'unità col passare del tempo, durante l'evento piovoso ma per permettere un calcolo agevole verrà effettuata un'approssimazione considerando il coefficiente di deflusso costante durante l'evento piovoso.

Valori tipici di percentuale di deflusso	
Tipologia di copertura	Coefficiente di deflusso (φ)
Copertura impermeabile a falda pendenza > 3%	0.8
Copertura impermeabile piana	0.7
Tetto a verde estensivo	0.5
Tetto a verde intensivo	0.3
superficie pavimentata a terra	0.7

Tab 3.5 (Ecoacque)

Nonostante le coperture non vengano utilizzate, non significa che la sua superficie sia sempre pulita perché è possibile che si depositino foglie, escrementi di volatili o polveri derivanti dall'inquinamento, e questi potrebbero peggiorare la qualità dell'acqua piovana raccolta.

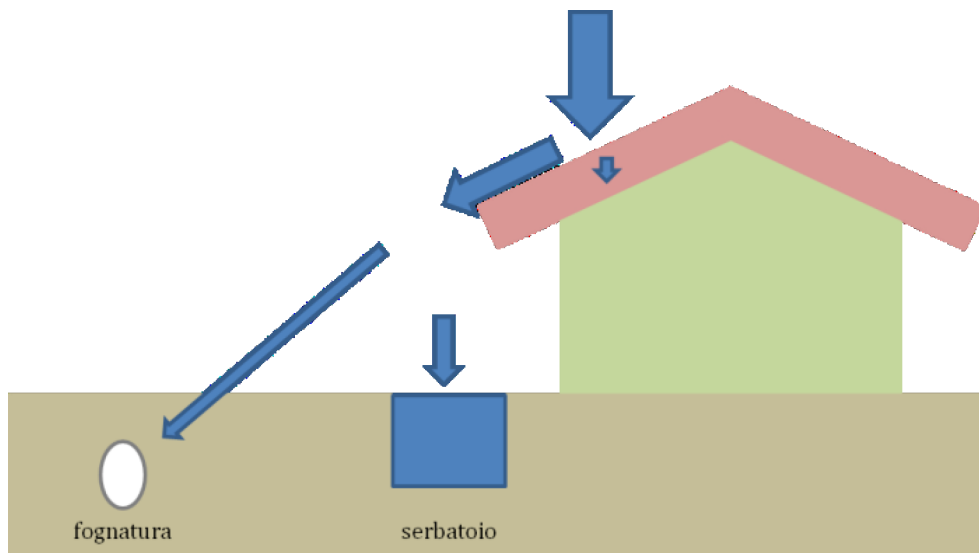


Fig 3.2 volume raccolto nel serbatoio (Carollo, 2020)

Di conseguenza è necessario installare un filtro per trattenere gli oggetti più grandi, e per quanto riguarda invece le polveri, conviene scartare del tutto il volume d'acqua proveniente dal primo millimetro di pioggia caduta e di conseguenza molto inquinata per mezzo di un dispositivo installato a monte del serbatoio di accumulo, che lo devia verso la fognatura. A sostegno di questa scelta, sono state fatte delle misure da parte di alcuni ricercatori, i quali hanno stabilito che i primi millimetri di deflusso sono caratterizzati da concentrazioni molto alte di sostanze nocive per l'uomo, mentre successivamente ad essi la qualità dell'acqua piovana migliora notevolmente (Amin et al, Kus et al). Questo deflusso iniziale, che è una sorta di lavaggio del tetto da ciò che vi è depositato sopra, è chiamato acqua di prima pioggia o first flush (ff).

Al fine del calcolo del volume d'acqua "prelevabile" attraverso l'acqua piovana è stato preso come coefficiente di deflusso 0.8, in quanto come nello studio di riferimento nel quale è stato scelto il medesimo valore (Lucio, 2019), le coperture sono a falda inclinata con tegole in terracotta. Anche riguardo all'altezza d'acqua di prima pioggia (ff), si è adottato il valore usato nello studio di riferimento, pari a 1 millimetro (Amin et al, Kus et al).

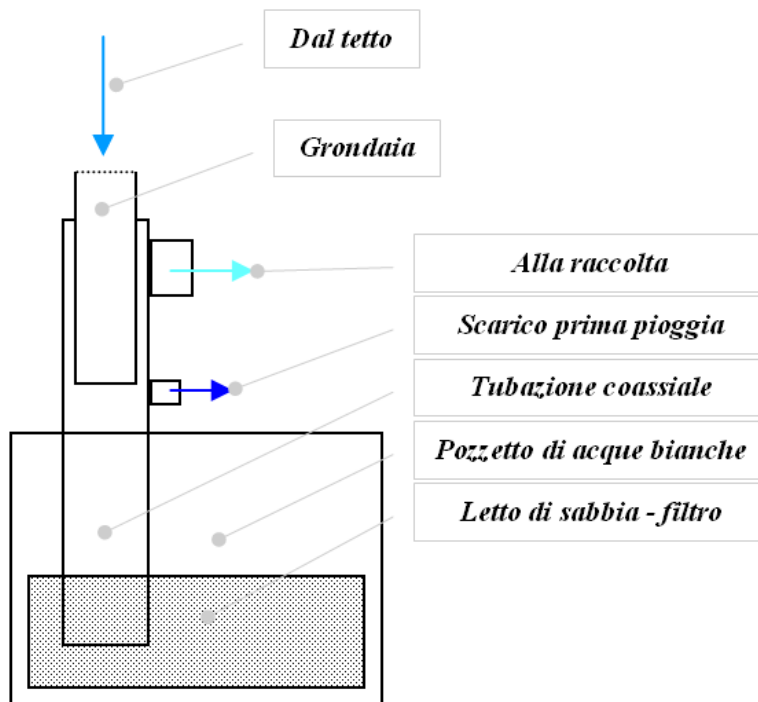


Fig 3.3 schema di un filtro di prima pioggia (Carraro et al, 2009)

3.4 Analisi dati pluviometrici

Per capire se il recupero dell'acqua piovana potrebbe essere sufficiente per coprire la maggior parte dei consumi di acqua per uso non potabile, è necessario analizzare:

- i dati pluviometrici;
- il bacino di intercettazione.

I dati pluviometrici sono stati scaricati dal portale di Arpa Piemonte, dal quale è possibile recuperare tutti i dati delle stazioni meteorologiche. In questo caso specifico sono stati scaricati i dati della stazione di Reiss Romoli dall'anno 2011 al 2021, in quanto è la più vicina all'area di progetto.

Come è possibile visualizzare dal grafico riportato nella pagina seguente, l'altezza della pioggia è molto variabile di anno in anno e questo rende le previsioni sulla quantità di acqua recuperata più incerte. Oltre alla quantità di pioggia o neve fusa misurata in un anno, è importante conoscere anche i periodi più umidi e quelli più secchi ed i giorni consecutivi di assenza di pioggia. Questi dati sono importanti per capire se i periodi più piovosi corrispondono ai periodi in cui ci sono maggiori prelievi e per dimensionare correttamente il serbatoio di accumulo dell'acqua piovana.

Per fare una previsione sul volume di acqua piovana raccolta sono stati presi i dati pluviometrici della stazione Reiss Romoli degli anni 2014 e 2017 che sono rispettivamente il più piovoso ed il più secco, così da avere un'idea sulla disponibilità d'acqua in ogni condizione climatica e per dimensionare correttamente i serbatoi di accumulo.

Mapa di monitoraggio territoriale



Fig 3.4 Posizione stazione meteorologica Reiss Romoli (Arpa Piemonte ed elaborazione personale)

Anagrafica stazione: Reiss Romoli



Denominazione	TORINO REISS ROMOLI
Località	TORINO
Comune	TORINO
Provincia	PROVINCIA DI TORINO
Regione	PIEMONTE
Quota sito (m s.l.m.)	270.00
UTM X - WGS84 (m)	395447
UTM Y - WGS84 (m)	4996309
Lat. - WGS84 (G.sess)	450645
Long. - WGS84 (G.sess)	074015
Data attivazione	2003-12-18
Sensori presenti *	n.d. *
Bacino idrografico	DORA RIPARIA
Zero idrometrico	n.d.

Sensore	Descrizione	Sensore	Descrizione	Sensore	Descrizione
P	Pluviometro	V	Anemometro	G	Sensori per radiazioni gamma
T	Termometro	I	Idrometro	W	Tempo presente
H	Igrometro	N	Nivometro	F	Neflopsometro
B	Barometro	R	Radiometro		

Fig 3.5 (Arpa Piemonte)

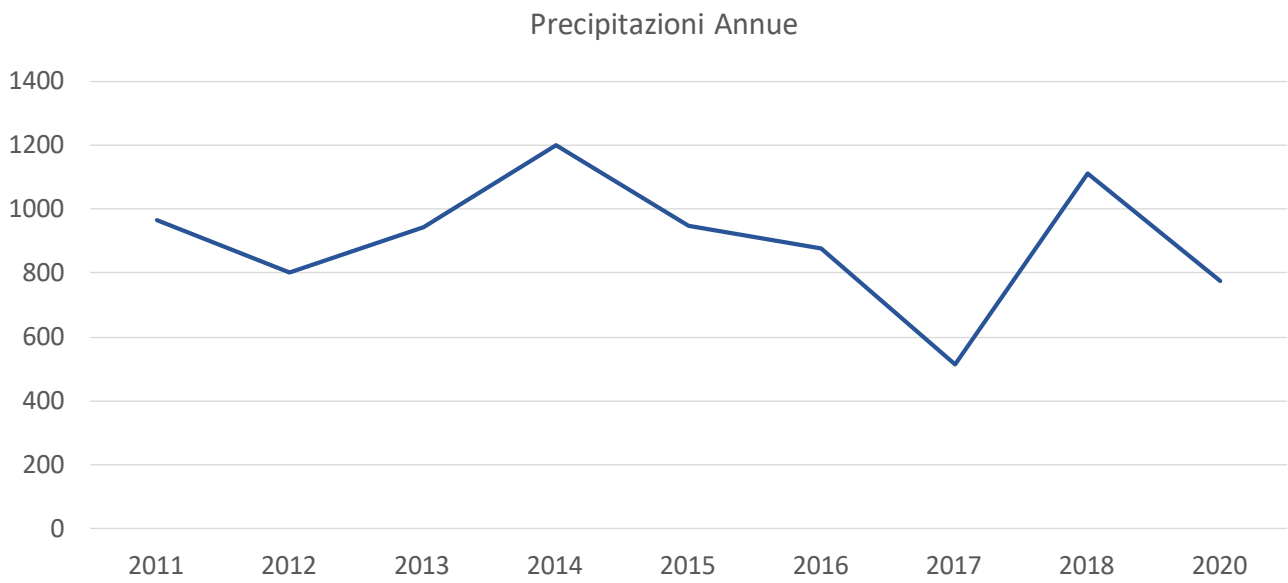


Fig 3.6 (Elaborazione personale)

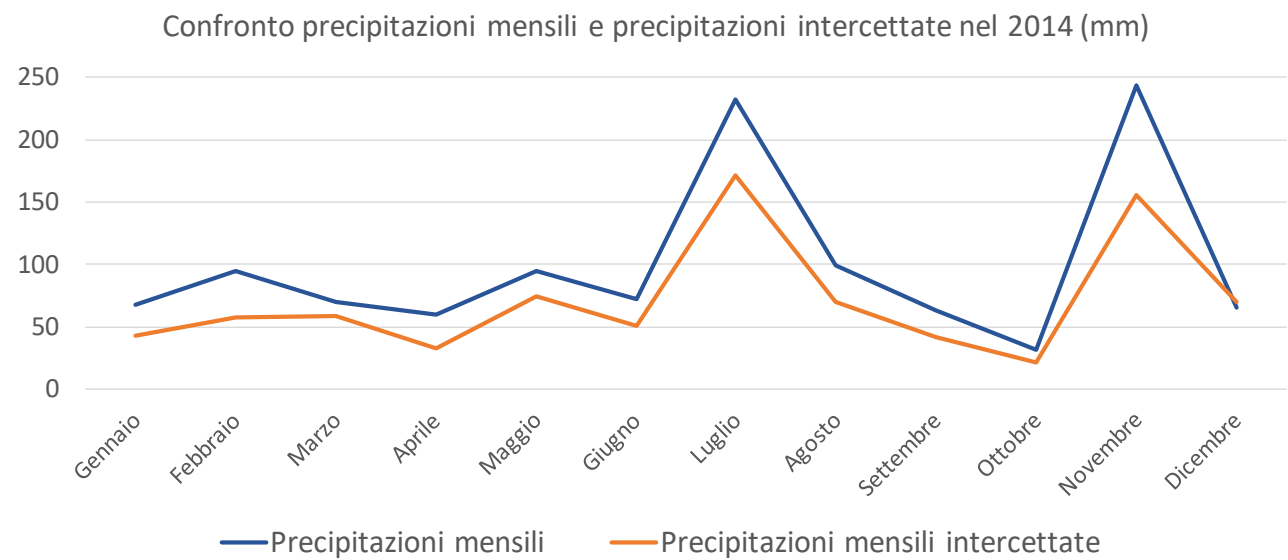


Fig 3.7 (Elaborazione personale)

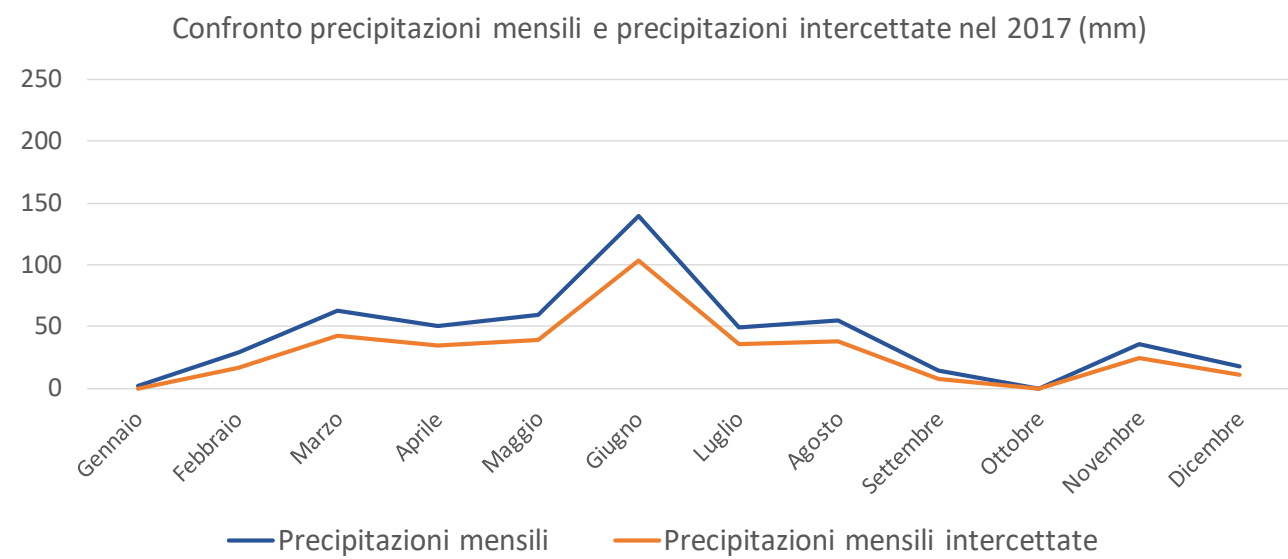


Fig 3.8 (Elaborazione personale)

Dal grafico 1 è facile intuire che ci sono forti variazioni di altezza della pioggia in base all'anno che andiamo a visualizzare, per esempio nel 2014 è scesa una quantità di pioggia più che doppia rispetto al 2017: 1197mm contro 514mm.

Dai grafici 2 e 3 si può notare che confrontando i mesi all'interno dello stesso anno, ci sono stagioni secche ed altre molto piovose che tuttavia non sono costanti negli anni. Nel 2014 i mesi più piovosi sono stati luglio e novembre, rispetto al 2017 dove si sono registrate le precipitazioni maggiori a giugno a fronte di un gennaio e ottobre completamente privi di pioggia. La forte variabilità delle precipitazioni rende la stima del volume d'acqua recuperata più incerta.

Nei grafici 2 e 3 inoltre rappresentano anche l'altezza della pioggia realmente intercettata che è sempre minore rispetto a quella meteorica perché a quest'ultima va moltiplicata per il coefficiente di deflusso e la risultante deve essere sottratta dell'acqua di prima pioggia come spiegato nel paragrafo 3.3.

$$P_i = P * \varphi - ff \quad (9)$$

P = precipitazione media annua [mm];

φ = coefficiente di deflusso, pari al rapporto tra volume defluito e affluito

ff = First Flush, pari alla somma annuale del primo mm di pioggia scartato ad ogni evento meteorico

Le tabelle 3.6 e 3.7 nella pagina seguente riportano i valori di altezza di pioggia intercettata in ogni mese, quindi già moltiplicata per il valore del coefficiente di deflusso pari a 0.8 e sottratta del valore ff, calcolato analizzando i valori pluviometrici giornalieri della stazione meteorologica di Reiss Romoli.

Nelle tabelle è presente inoltre il numero di giorni di pioggia ed il numero di giorni secchi consecutivi; questo dato che ci servirà nel prossimo paragrafo per dimensionare il serbatoio di accumulo

Dati pluviometrici 2014			
Periodo	Altezza pioggia mm	Giorni piovosi	Giorni secchi consecutivi
gennaio	42,6	8	9
febbraio	57,6	9	8
marzo	58,7	8	17
aprile	32,8	3	21
maggio	74,6	8	18
giugno	51,4	8	10
luglio	171,8	14	6
agosto	69,8	8	9
settembre	41,6	5	15
ottobre	21,8	4	20
novembre	156,0	13	8
dicembre	70,0	6	14
Anno	848,4 mm	94	21

Tab 3.6 Elaborazione personale

Dati pluviometrici 2017			
Periodo	Altezza pioggia mm	Giorni piovosi	Giorni secchi consecutivi
gennaio	0,0	0	33
febbraio	16,2	6	15
marzo	42,8	6	16
aprile	34,5	6	19
maggio	39,6	6	13
giugno	103,0	8	9
luglio	36,0	3	11
agosto	38,2	4	12
settembre	7,5	4	8
ottobre	0,0	0	46
novembre	24,6	4	24
dicembre	10,4	3	14
Anno	353,0 mm	50	46

Tab 3.7 Elaborazione personale

3.4.1 dimensionamento serbatoio

Per calcolare il volume del serbatoio di accumulo delle acque meteoriche, è necessario conoscere la quantità di acqua che è possibile raccogliere dalla superficie di captazione. L'Equazione seguente riporta il calcolo dell'afflusso meteorico annuo Q secondo UNI/TS 11445:2012.

$$Q = A * P_i \quad (10)$$

A = superficie di captazione in proiezione orizzontale [m²].

P_i = precipitazione media annua intercettata [mm];

$$Q_{2014} = A * (P_{i2014})$$

$$Q_{2017} = A * (P_{i2017})$$

l'equazione sarà così composta:

$$Q_{2014} = 10318,76 * (1197,8 * 0,8 - 109,84) = 8754,44\text{m}^3$$

$$Q_{2017} = 10318,76 * (514 * 0,8 - 58,48) = 3642,94\text{m}^3$$

Dopo aver calcolato i valori della richiesta idrica e l'afflusso meteorico, possiamo calcolare il volume utile del serbatoio.

Secondo la specifica tecnica UNI/TS 11445:2012, il dimensionamento del volume utile del serbatoio si calcola valutando il valore minimo tra Q e R e lo si moltiplica per un fattore adimensionale.

Il calcolo è mostrato in Equazione (11).

$$V_u = \min (R;Q) * F_p \quad (11)$$

V_u = volume utile (m³);

F_p = periodo massimo di giorni consecutivi secchi/giorni in un anno

$$F_p = gg_s/365 \quad (12)$$

Bilancio annuo 2014								
Periodo	Altezza pioggia mm	Afflusso meteorico Q (m ³)	Richiesta interna (m ³)	Richiesta irrigua (m ³)	R tot (m ³)	Bilancio mensile B (m ³)	Vol. acqua recup. Vr (m ³)	Vol. acqua accumulata (m ³)
gennaio	42,6	439,2	1236,1	0,0	1236,1	-797,0	439,2	0,0
febbraio	57,6	593,9	1116,5	0,0	1116,5	-522,6	593,9	0,0
marzo	58,7	605,9	1236,1	0,0	1236,1	-630,2	605,9	0,0
aprile	32,8	338,9	1196,3	576,3	1772,6	-1433,7	338,9	0,0
maggio	74,6	769,4	1236,1	1191,0	2427,1	-1657,8	769,4	0,0
giugno	51,4	530,0	1196,3	1152,6	2348,9	-1818,9	530,0	0,0
luglio	171,8	1772,4	1236,1	1191,0	2427,1	-654,8	1772,4	0,0
agosto	69,8	719,8	1236,1	1191,0	2427,1	-1707,3	719,8	0,0
settembre	41,6	428,8	1196,3	1152,6	2348,9	-1920,0	428,8	0,0
ottobre	21,8	224,5	1236,1	576,3	1812,4	-1587,9	224,5	0,0
novembre	156,0	1609,3	1196,3	0,0	1196,3	413,1	1609,3	413,1
dicembre	70,0	722,3	1236,1	0,0	1236,1	-513,8	722,3	0
Bilancio annuo	848,4	8754,4	14554,4	7030,9	21585,2	-12830,8	8754,4	-

Tab 3.8 Elaborazione personale

Bilancio annuo 2017								
Periodo	Altezza pioggia mm	Afflusso meteorico Q (m ³)	Richiesta interna (m ³)	Richiesta irrigua (m ³)	R tot (m ³)	Bilancio mensile B (m ³)	Vol. acqua recup. Vr (m ³)	Vol. acqua accumulata (m ³)
gennaio	0,0	0	1236,1	0,0	1236,1	-1236,1	0,0	0,0
febbraio	16,2	167,6	1116,5	0,0	1116,5	-948,9	167,6	0,0
marzo	42,8	441,6	1236,1	0,0	1236,1	-794,5	441,6	0,0
aprile	34,5	355,8	1196,3	576,3	1772,6	-1416,8	355,8	0,0
maggio	39,6	408,6	1236,1	1191,0	2427,1	-2018,5	408,6	0,0
giugno	103,0	1063,2	1196,3	1152,6	2348,9	-1285,6	1063,2	0,0
luglio	36,0	371,9	1236,1	1191,0	2427,1	-2055,3	371,9	0,0
agosto	38,2	394,6	1236,1	1191,0	2427,1	-2032,6	394,6	0,0
settembre	7,5	77,6	1196,3	1152,6	2348,9	-2271,3	77,6	0,0
ottobre	0,0	0,0	1236,1	576,3	1812,4	-1812,4	0,0	0,0
novembre	24,6	254,3	1196,3	0,0	1196,3	-942,0	254,3	0,0
dicembre	10,4	107,7	1236,1	0,0	1236,1	-1128,4	107,7	0,0
Bilancio annuo	353,0	3642,9	14554,4	7030,9	21585,2	-17942,3	3642,9	-

Tab 3.9 Elaborazione personale

gg_s = periodo massimo di giorni consecutivi secchi

Il valore a numeratore di Equazione (12) fa riferimento al valore di periodo di tempo secco di Tabella 3.6 e 3.7.

$$F_{p2014} = 22/365 = 0.06$$

$$F_{p2017} = 46/365 = 0.13$$

Ora che sono stati calcolati i valori di F_p di entrambi i periodi, è possibile andare a comporre l'equazione moltiplicando in questo caso l'afflusso meteorico per il fattore sopra calcolato:

$$V_{u2014} = 8754,44 * 0,06 = 527.66 \text{ m}^3$$

$$V_{u2017} = 3642,94 * 0,12 = 459.10 \text{ m}^3$$

Il volume ottimale di serbatoio si calcola moltiplicando il volume utile per un coefficiente di sicurezza C_s pari a 1,5 che garantisce un'elevata efficienza del sistema anche in presenza di variazioni notevoli della precipitazione annua (UNI/TS 11445:2012).

$$V_o = V_u * 1.5 \tag{13}$$

l'equazione sarà così composta:

$$V_{o2014} = 527.66 * 1.5 = 791.50 \text{ m}^3$$

$$V_{o2017} = 459.11 * 1.5 = 688.66 \text{ m}^3$$

Le Tabelle 3.8 e 3.9 riportano i risultati ottenuti da una simulazione di bilancio idrico annuale del sistema di raccolta d'acqua piovana.

Da un'analisi dei risultati, si può notare che i consumi idrici sono di molto superiori all'acqua recuperabile solo tramite l'acqua piovana. Infatti se si osserva la tabella 3.8 che mostra l'anno 2014, l'anno più piovoso, si nota che i consumi mensili sono sempre maggiori dell'afflusso meteorico ad eccezione del mese di novembre. Nell'anno 2017 l'insufficienza di apporti idrici da parte del sistema di recupero dell'acqua piovana è ancora più marcato.

Andrò ora a calcolare l'efficienza del sistema di raccolta progettato tramite due valori percentuali (Campisano, Modica, 2011):

Indice di efficienza idrica W_s calcolato in Equazione come percentuale di domanda idrica non potabile annua effettivamente soddisfatta dal serbatoio di raccolta.

$$W_s = V_r / R * 100 \quad (14)$$

W_s = percentuale di consumi di acqua per usi non potabili coperta dall'acqua piovana

V_r = volume di acqua annuale recuperato

R = volume di acqua annuale richiesto per usi non potabili

l'equazione sarà così composta:

$$W_{s2014} = 8754.4 / 21585.2 * 100 = 40.56\%$$

$$W_{s2017} = 3642.9 / 21585.2 * 100 = 16.88\%$$

Il secondo l'indice è di riduzione di deflusso di sfioro e rappresenta la quantità di acqua piovana in eccesso e che quindi non è stata riutilizzata per usi domestici. Si valuta come differenza tra afflusso meteorico annuo e volume di acqua piovana recuperata.

$$O_f = 100 - (Q - V_r) / Q \quad (15)$$

O_f = percentuale di acqua meteorica annuale raccolta in eccesso e defluita

Q = afflusso meteorico annuo

$$O_{f2014} = 100 - (8754,4 - 8754,4) / 8754,4 = 0.00\%$$

$$O_{f2017} = 100 - (3642,9 - 3642,9) / 3642,9 = 0.00\%$$

Il volume di acqua che è necessario prelevare dall'acquedotto come reintegro al sistema DRWH è calcolato nell'equazione 14 come differenza tra domanda domestica annua totale di acqua non potabile e la domanda domestica annua di acqua non potabile soddisfatta dal serbatoio.

$$M = R - V_r$$

(16)

l'equazione sarà così composta:

$$M_{2014} = 21585,2 - 8754,4 = 12830,8 \text{ m}^3$$

$$M_{2017} = 21585,2 - 3642,9 = 17942,0 \text{ m}^3$$

La sola acqua piovana non è sufficiente a sopperire tutti i consumi idrici, è quindi possibile considerare di integrare il sistema di raccolta di acqua piovana con un sistema di recupero delle acque grigie provenienti dagli scarichi di lavatrice e dei lavandini e doccia (bagno e igiene personale).

3.4.1.a Impianto misto di recupero acque grigie e acqua piovana

Se si pensa di introdurre anche un sistema di recupero delle acque grigie, la quantità d'acqua riutilizzabile per usi non potabili aumenta sensibilmente. In questo caso studio si è valutato il recupero delle sole acque grigie lievemente contaminate, escludendo quindi le acque grigie provenienti dagli scarichi della cucina, le quali dovrebbero subire un processo di depurazione e filtrazione più complesso (Lazarova, 2020).

L'acqua recuperata tramite la separazione degli scarichi tra acque nere e grigie, ed il recupero di quest'ultime, permette di eliminare il consumo di acqua potabile per il WC che non necessita acqua di elevata qualità, mentre l'acqua piovana recuperata andrebbe a ridurre i consumi di acqua potabile utilizzata per l'uso della lavatrice e l'irrigazione del verde.

L'afflusso di acqua meteorica Q in questa analisi rimarrà invariato rispetto a quello calcolato nel precedente paragrafo, invece la richiesta domestica R diminuirà della quota parte di quella necessaria per alimentare le cassette del WC in quanto ricoperte dal riutilizzo delle acque grigie che riescono a coprire l'intera richiesta. Per verificarlo sono state confrontate le percentuali del consumo idrico per l'uso del WC e con il consumo di lavatrice e bagno per igiene personale (G Conte, 2008).

$$R_{WC} = R_{tot} * 30\%$$

$$Q_{grigie} = R_{tot} * (12\% + 32\%)$$

$$Q_{grigie} > R_{WC}$$

per calcolare i consumi di acqua per l'uso della lavatrice, si seguiranno le indicazioni dettate dalla UNI/TS 11445/2012:

$$R_{LAVATRICE} = n * (r_{LAVATRICE}) * 365 \quad (5)$$

I valori di $r_{LAVATRICE}$ sono indicati nella tabella 2.3 capitolo 3.2

L'equazione sarà così composta:

$$R_{LAVATRICE} = 725 * 0,015 * 365 = 3'969.37m^3$$

Per calcolare i consumi di acqua per l'irrigazione del verde si utilizzerà la formula n° 6:

$$R_{est} = S * F_a \quad (6)$$

$$R_{est} = 23'437 * 0,3 = 7030.86m^3$$

Per calcolare richiesta totale di acqua per usi non potabili si utilizzerà la formula n° 6:

$$R = R_{LAVATRICE} + R_{est} \quad (7)$$

l'equazione sarà così composta:

$$R = 3'969.37 + 7030.86 = 11'000.24m^3$$

Il volume utile del serbatoio rimarrà invariato perché anche in questo caso Q ha un valore inferiore a R che è stata calcolata sopra. Di conseguenza il volume ottimale del serbatoio sarà:

$$V_{o\ 2014} = 527.66 * 1.5 = 791.50 m^3$$

$$V_{o\ 2017} = 459.11 * 1.5 = 688.66 m^3$$

Le tabelle 3.10 e 3.11 riportano i risultati ottenuti da una simulazione di bilancio idrico annuale del sistema di raccolta d'acqua piovana.

Bilancio annuo 2014								
Periodo	Altezza pioggia mm	Afflusso meteorico Q (m ³)	Richiesta interna (m ³)	Richiesta irrigua (m ³)	R tot (m ³)	Bilancio mensile B (m ³)	Vol. acqua recup. Vr (m ³)	Vol. acqua accumulata (m ³)
gennaio	42,6	439,2	337,1	0,0	337,1	102,0	439,2	102,0
febbraio	57,6	593,9	304,5	0,0	304,5	289,4	593,9	391,5
marzo	58,7	605,9	337,1	0,0	337,1	268,8	341,4	660,3
aprile	32,8	338,9	326,3	576,3	902,6	-563,7	902,6	96,6
maggio	74,6	769,4	337,1	1191,0	1528,1	-758,8	997,2	0,0
giugno	51,4	530,0	326,3	1152,6	1478,9	-948,9	530,0	0,0
luglio	171,8	1772,4	337,1	1191,0	1528,1	244,2	1772,4	244,2
agosto	69,8	719,8	337,1	1191,0	1528,1	-808,3	964,0	0,0
settembre	41,6	428,8	326,3	1152,6	1478,9	-1050,0	428,8	0,0
ottobre	21,8	224,5	337,1	576,3	913,4	-688,9	224,5	0,0
novembre	156,0	1609,3	326,3	0,0	326,3	1283,1	1117,8	791,0
dicembre	70,0	722,3	337,1	0,0	337,1	385,2	337,1	791,0
Bilancio annuo	848,4 mm	8754,4	3969,4	7030,9	11000,2	-2245,8	8648,9	-

Tab 3.10 Elaborazione personale

Bilancio annuo 2017								
Periodo	Altezza pioggia mm	Afflusso meteorico Q (m ³)	Richiesta interna (m ³)	Richiesta irrigua (m ³)	R tot (m ³)	Bilancio mensile B (m ³)	Vol. acqua recup. Vr (m ³)	Vol. acqua accumulata (m ³)
gennaio	0,0	0	337,1	0,0	337,1	-337,1	0,0	0,0
febbraio	16,2	167,6	304,5	0,0	304,5	-136,9	167,6	0,0
marzo	42,8	441,6	337,1	0,0	337,1	104,5	441,6	104,5
aprile	34,5	355,8	326,3	576,3	902,6	-546,8	355,8	0,0
maggio	39,6	408,6	337,1	1191,0	1528,1	-1119,5	408,6	0,0
giugno	103,0	1063,2	326,3	1152,6	1478,9	-415,6	1063,2	0,0
luglio	36,0	371,9	337,1	1191,0	1528,1	-1156,3	371,9	0,0
agosto	38,2	394,6	337,1	1191,0	1528,1	-1133,6	394,6	0,0
settembre	7,5	77,6	326,3	1152,6	1478,9	-1401,3	77,6	0,0
ottobre	0,0	0,0	337,1	576,3	913,4	-913,4	0,0	0,0
novembre	24,6	254,3	326,3	0,0	326,3	-72,0	254,3	0,0
dicembre	10,4	107,7	337,1	0,0	337,1	-229,4	107,7	0,0
Bilancio annuo	353,0	3642,9	3969,4	7030,9	11000,2	-7357,3	3642,9	-

Tab 3.11 Elaborazione personale

Da un'analisi dei risultati, si può notare che la richiesta di acqua non potabile rimane maggiore a livello annuale ma per esempio nell'anno 2014, per molti mesi l'acqua piovana riesce a soddisfare interamente la richiesta idrica.

Di seguito si andrà a calcolare l'efficienza del sistema di raccolta progettato tramite l'indice di efficienza idrica W_s e l'indice di riduzione di deflusso di sfioro O_f .

$$W_s = V_r / R * 100 \quad (13)$$

W_s = percentuale di consumi di acqua per usi non potabili coperta dall'acqua piovana e dalle acque grigie lievemente contaminate

V_r = volume di acqua piovana e acque grigie lievemente contaminate annualmente recuperato

R = volume di acqua annuale richiesto per usi non potabili

l'equazione sarà così composta:

$$W_{s2014} = (8'754.4 + 10'585) / (11'000.2 + 10'585) * 100 = 89,60\%$$

$$W_{s2017} = (3'642.9 + 10'585) / (11'000.2 + 10'585) * 100 = 65.92\%$$

$$O_f = 100 - (Q - V_{R_{est + lavatrice}}) / Q \quad (14)$$

l'equazione sarà così composta:

$$O_{f2014} = 100 - (8'754,4 - 8'648,9) / 8'754,4 = 0.33\%$$

$$O_{f2017} = 100 - (3'642,9 - 3'642,9) / 3'642,9 = 0.00\%$$

Il volume di acqua reintegro al sistema DRWH è:

$$M = R_{est + lavatrice} - V_{R_{est + lavatrice}} \quad (15)$$

l'equazione sarà così composta:

$$M_{2014} = 11'000.2 - 8'782.2 = 2'218.1m^3$$

$$M_{2017} = 11'000.2 - 3642,9 = 7'357.3m^3$$

Con il recupero delle acque grigie, il consumo di acqua potabile si riduce sensibilmente, tuttavia non è possibile fare previsioni certe perché è presente la variabile delle precipitazioni che non sono costanti negli anni.

Per rendere più chiaro il risparmio idrico si riportano anche i litri per persona risparmiati ogni giorno grazie al recupero dell'acqua piovana e delle acque grigie.

La richiesta di acqua per l'uso del WC è interamente coperta dal recupero delle acque grigie, di conseguenza se il consumo giornaliero è di 40l per persona, il volume recuperato ha lo stesso valore.

$$w_{sWC} = V_{rWC} / r * 100 \quad (13)$$

l'equazione sarà così composta:

$$w_{sWC} = 40 / 40 * 100 = 100\%$$

Il volume di acqua reintegro giornaliero per abitante al sistema DRWH è:

$$m = r_{WC} - v_{rWC} \quad (15)$$

l'equazione sarà così composta:

$$m = 40 - 40 = 0l$$

La richiesta di acqua per la lavatrice e l'irrigazione del verde è coperta dal recupero dell'acqua piovana. Per calcolare la quantità d'acqua potabile risparmiata, sono stati considerati i bilanci idrici annuali di tabella 3.10 e 3.11, calcolato il volume d'acqua mensile risparmiato ogni mese e successivamente calcolato il valore medio giornaliero pro capite:

$$V_{rLAVATRICE\ 2014} = 11,46l$$

$$V_{rLAVATRICE\ 2017} = 5,09 l$$

Di seguito si andrà a calcolare l'efficienza del sistema di raccolta progettato tramite l'indice di efficienza idrica W_s :

$$W_{sLAVATRICE} = V_{rLAVATRICE} / r_{LAVATRICE} * 100 \quad (13)$$

l'equazione sarà così composta:

$$w_{s \text{ LAVATRICE } 2014} = 11,46 / 15 * 100 = 76,4\%$$

$$w_{s \text{ LAVATRICE } 2017} = 5,09 / 15 * 100 = 38,90\%$$

Il volume di acqua reintegro al sistema DRWH è:

$$m = r_{\text{LAVATRICE}} - v_{r\text{LAVATRICE}} \quad (15)$$

l'equazione sarà così composta:

$$m_{\text{LAVATRICE } 2014} = 15 - 11,46 = 3,54 \text{ l}$$

$$m_{\text{LAVATRICE } 2017} = 15 - 5,09 = 9,91 \text{ l}$$

Per calcolare la quantità d'acqua potabile risparmiata per l'irrigazione del verde, è stato utilizzato lo stesso metodo precedentemente utilizzato per il calcolo del consumo giornaliero per poi rapportarlo al numero di abitanti:

$$V_{R \text{ est } 2014} = 4082,68 \text{ m}^3$$

$$V_{R \text{ est } 2017} = 2098,97 \text{ m}^3$$

L'indice di efficienza idrica W_s :

$$W_{s \text{ est}} = V_{R \text{ est}} / R_{\text{est}} * 100 \quad (13)$$

$$W_{s \text{ est } 2014} = 4082,68 / 7030,9 * 100 = 58,07\%$$

$$W_{s \text{ est } 2017} = 2098,97 / 7030,9 * 100 = 29,85\%$$

Il volume di acqua reintegro giornaliero per abitante al sistema DRWH è:

$$m_{\text{est}} = (R_{\text{est}} - V_{R \text{ est}}) / 725 / 365 * 1000$$

$$m_{\text{est}2014} = (7030,9 - 4082,68) / 725 / 365 * 1000 = 11,14 \text{ l}$$

$$m_{\text{est}2017} = (7030,9 - 2098,97) / 725 / 365 * 1000 = 18,64 \text{ l}$$

3.5 Progettazione sistemi di drenaggio sostenibile

In questo capitolo si analizzeranno le proposte progettuali per il drenaggio dell'acqua piovana che sono state applicate all'interno del lotto per ridurre la quantità d'acqua rilasciata nel sistema fognario e diminuire la probabilità di allagamenti urbani e migliorare il microclima.

All'interno del lotto verranno portate le seguenti proposte progettuali:

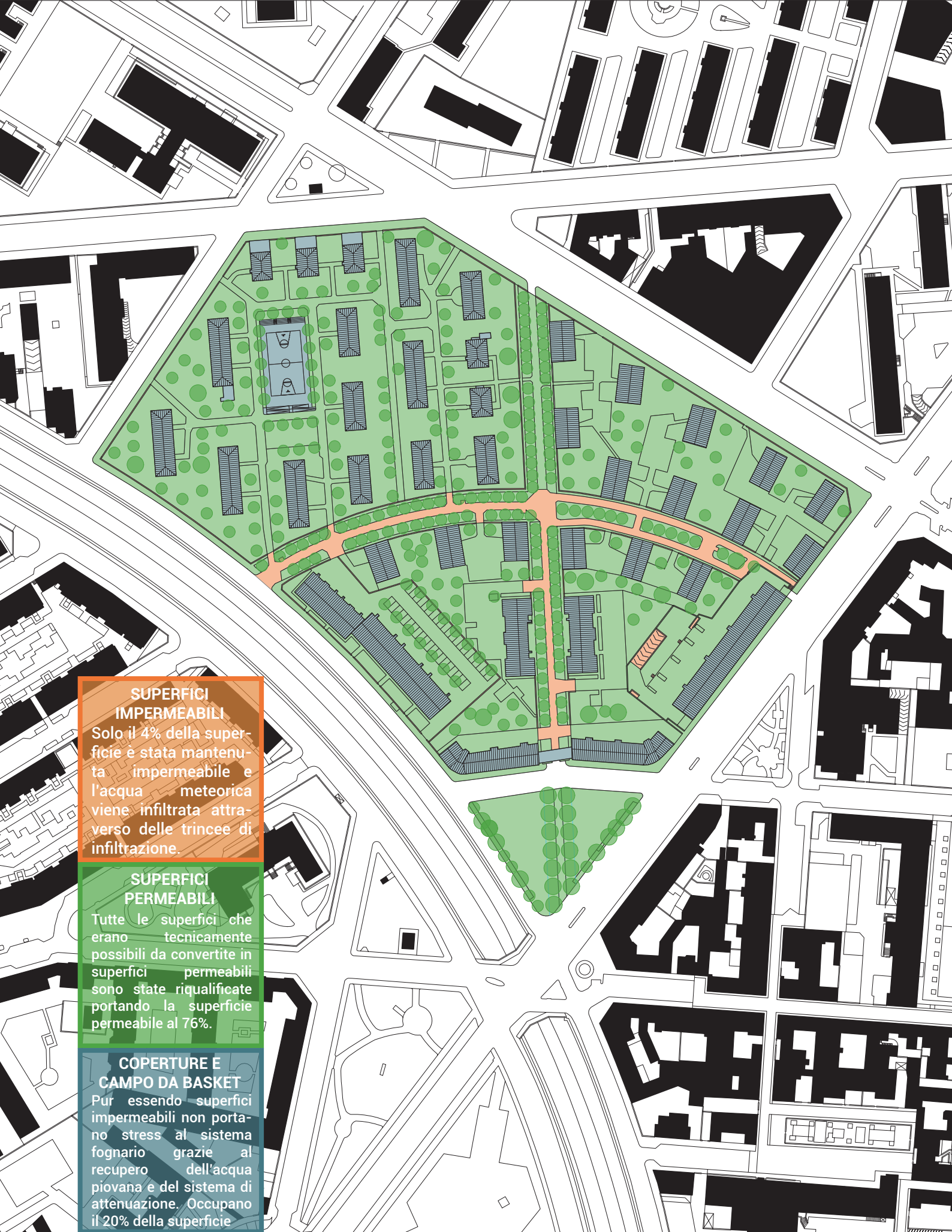
- Sostituzione della pavimentazione impermeabile dei vialetti privati con cemento drenante;
- Sostituzione della pavimentazione impermeabile dei marciapiedi con cemento drenante;
- sostituzione della pavimentazione impermeabile dei parcheggi all'interno del lotto con autobloccanti in cemento interposti da un tappeto erboso;
- realizzazione di trincee drenanti lungo le strade ad uso pubblico che rimarranno asfaltate per permettere la carrabilità anche ai mezzi pesanti;
- realizzazione di bacini di attenuazione blu per ritardare l'immissione nella rete fognaria delle acque meteoriche;
- sfruttare il bacino di attenuazione blu come luogo di aggregazione realizzando un campo da basket/pallavolo semi ipogeo;
- realizzazione di bacini d'infiltrazione per ridurre il deflusso delle acque meteoriche, migliorare la biodiversità ed il microclima dell'area;
- Piantumazione di nuovi alberi lungo le due strade ad uso pubblico per avere dei viali alberati continui;
- prolungamento dell'asse alberato anche sull'attuale parcheggio di via Gottardo
- ridimensionamento del parcheggio di via Gottardo per permettere la realizzazione di un viale alberato ad uso ciclopedonale e un sistema di infiltrazione.

Superfici impermeabili di progetto	
Tipologia	Superficie m ²
Edificato	10'318,76
Strada pubblica ¹	'919,23
Serbatoio di attenuazione	843,00
Totale	13'080,99

Tab 3.12 Elaborazione personale

Superfici permeabili di progetto	
Tipologia	Superficie m ²
Aiuole pubbliche	2'969,14
Giardini privati	20'467,14
Pavimentazioni Permeabili	19'400,07
Totale	42'837,07

Tab 3.13 Elaborazione personale



SUPERFICI IMPERMEABILI
 Solo il 4% della superficie è stata mantenuta impermeabile e l'acqua meteorica viene infiltrata attraverso delle trincee di infiltrazione.

SUPERFICI PERMEABILI
 Tutte le superfici che erano tecnicamente possibili da convertite in superfici permeabili sono state riqualificate portando la superficie permeabile al 76%.

COPERTURE E CAMPO DA BASKET
 Pur essendo superfici impermeabili non portano stress al sistema fognario grazie al recupero dell'acqua piovana e del sistema di attenuazione. Occupano il 20% della superficie

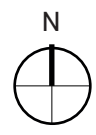




ACCESSI CARRABILI PRIVATI
L'accesso è sempre possibile in auto, sono stati ridotti i parcheggi interni a favore di servizi per i residenti e soluzioni SUDS.

STRADA PUBBLICA
Una parte della strada pubblica è stata resa pedonale e il parcheggio a sud dell'area è stato ridotto a favore di un viale pedonale alberato e una soluzione SUDS.

PERCORSI PEDONALI
La superficie ad uso esclusivo dei pedoni è aumentata con nuovi luoghi di aggregazione e svago



MATTONCINI

Mattoncini modulari con un'alta resistenza allo slittamento e capacità drenante del 100%. La finitura è fotocatalitica ed è in grado di abbattere gli inquinanti presenti nell'aria.

CEMENTO DRENANTE

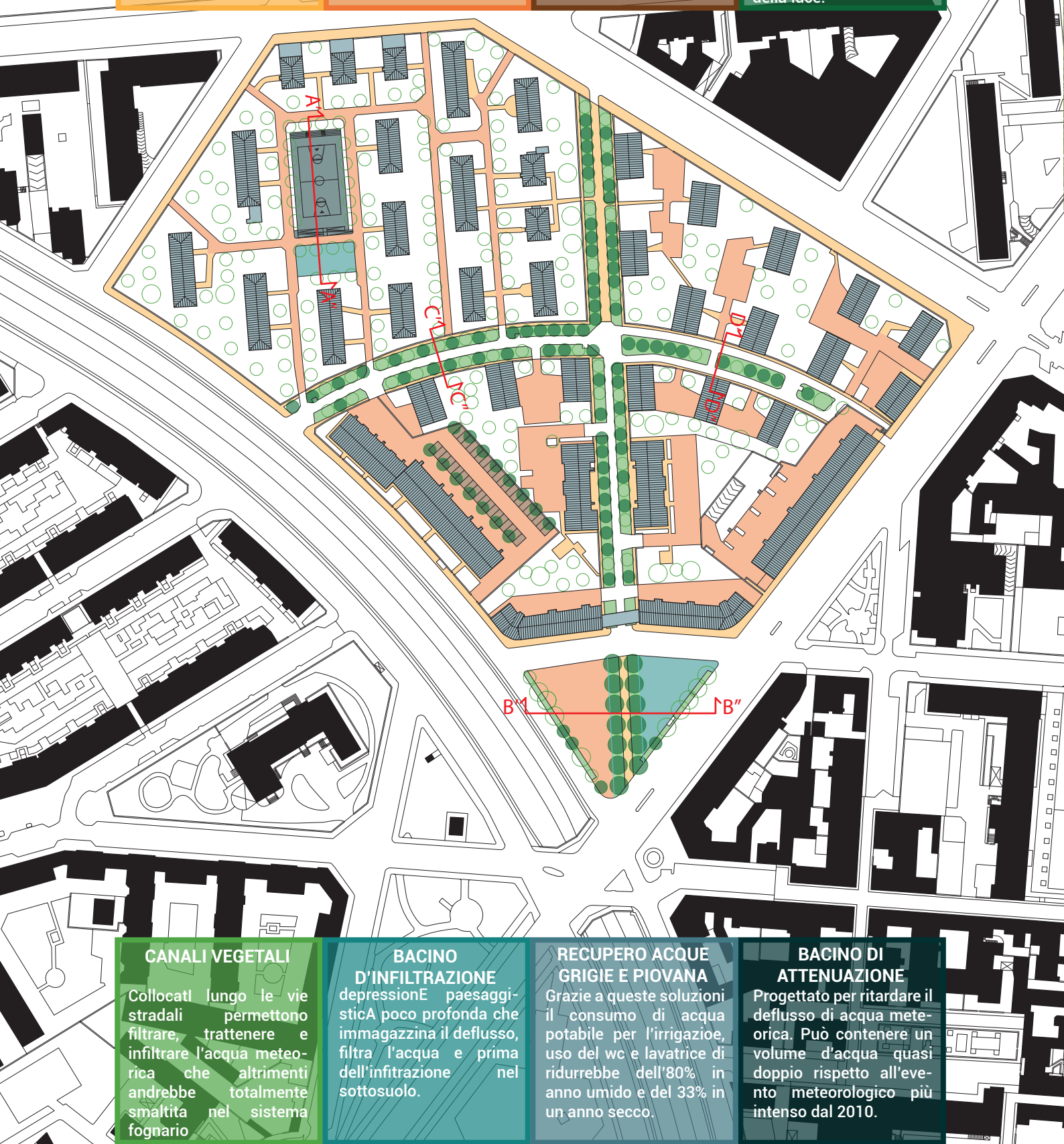
Pavimentazione ecologica ad alto potere drenante, con elevata resistenza a compressione e fonoassorbente.

AUTOBLOCCANTI

Hanno una percentuale di foratura maggiore dei mattoncini e possono sostenere fino a 130kg/mq. Sono disponibili con finitura fotocatalitica.

VIALI ALBERATI

Un maggior numero di alberi permette di abbassare la temperatura dell'aria e delle superfici che vengono ombreggiate. Se selezionate specie caducifoglie d'inverno permettono il passaggio della luce.



CANALI VEGETALI

Collocati lungo le vie stradali permettono filtrare, trattenere e infiltrare l'acqua meteorica che altrimenti andrebbe smaltita nel sistema fognario.

BACINO D'INFILTRAZIONE

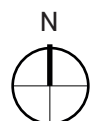
depressione paesaggistica poco profonda che immagazzina il deflusso, filtra l'acqua e prima dell'infiltrazione nel sottosuolo.

RECUPERO ACQUE GRIGIE E PIOVANA

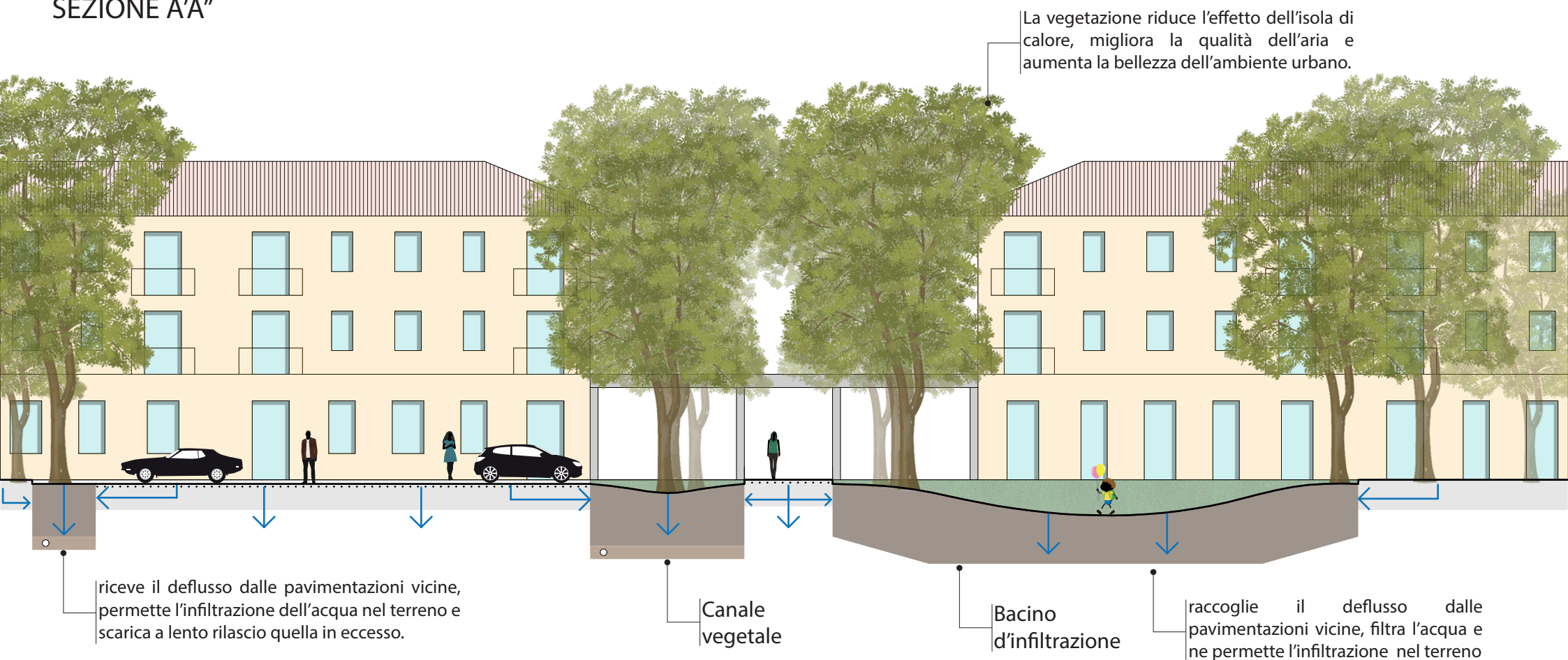
Grazie a queste soluzioni il consumo di acqua potabile per l'irrigazione, uso del wc e lavatrice di ridurrebbe dell'80% in un anno umido e del 33% in un anno secco.

BACINO DI ATTENUAZIONE

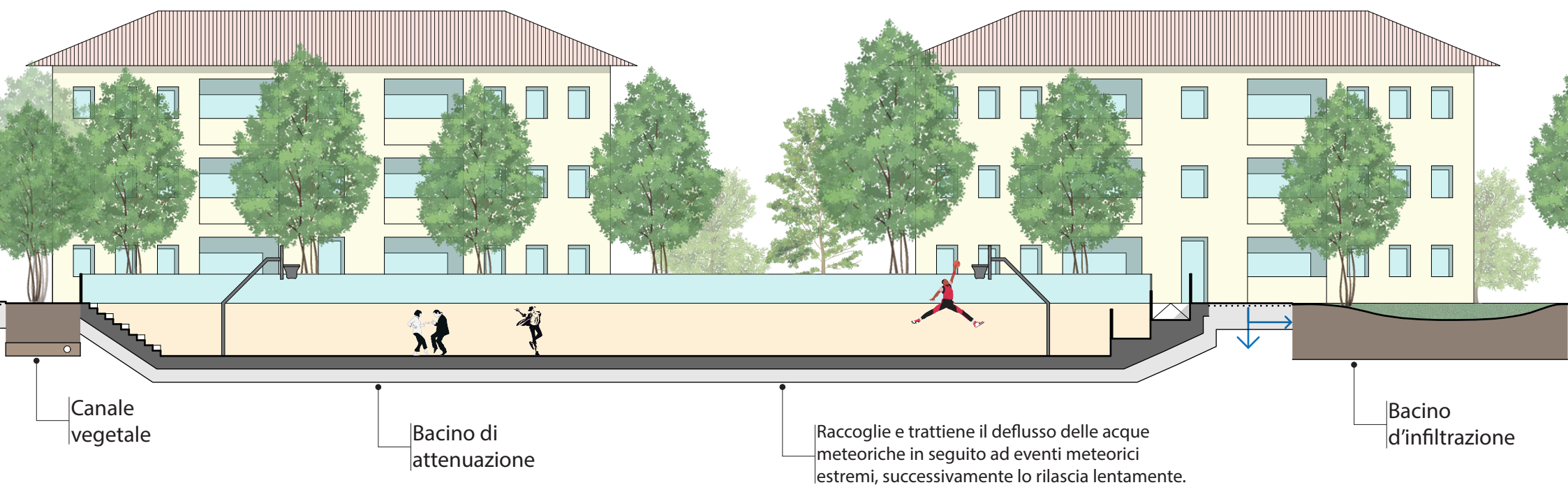
Progettato per ritardare il deflusso di acqua meteorica. Può contenere un volume d'acqua quasi doppio rispetto all'evento meteorologico più intenso dal 2010.



SEZIONE A'A''



SEZIONE B'B''

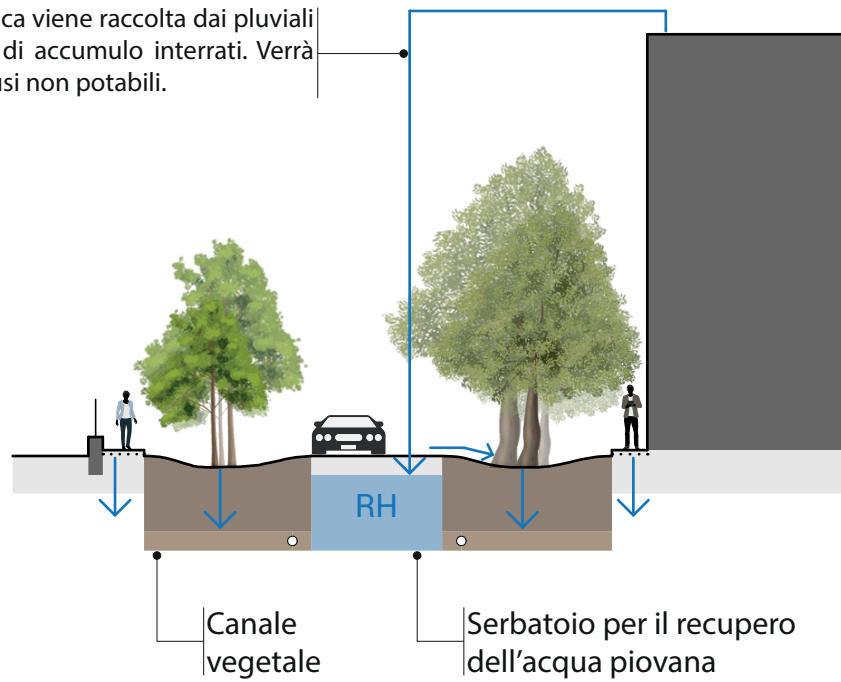


0m 1 2 4 6m
89

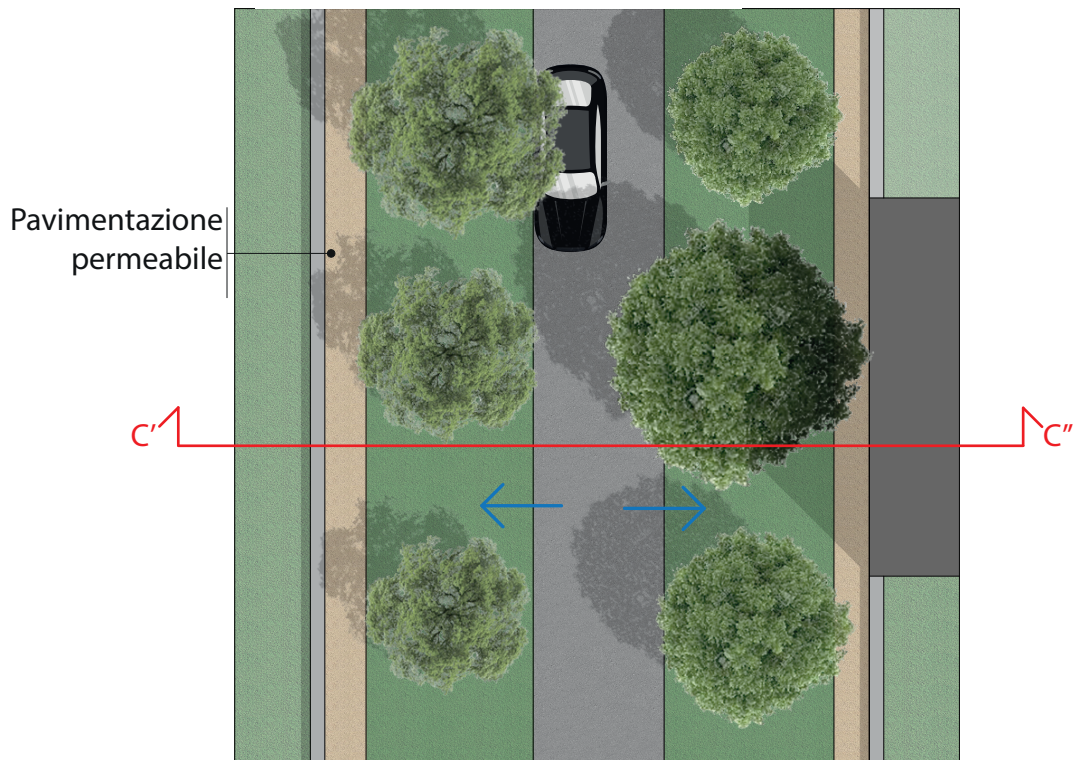
scala 1:200

SEZIONE C'C''

L'acqua meteorica viene raccolta dai pluviali in dei serbatoi di accumulo interrati. Verrà riutilizzata per usi non potabili.



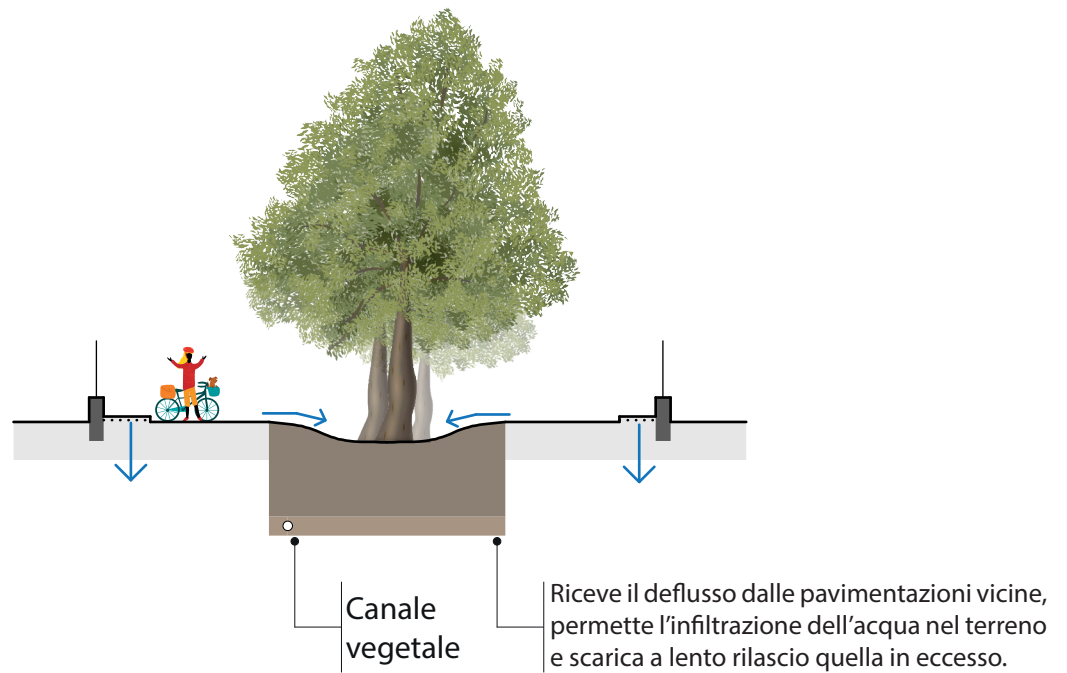
PIANTA



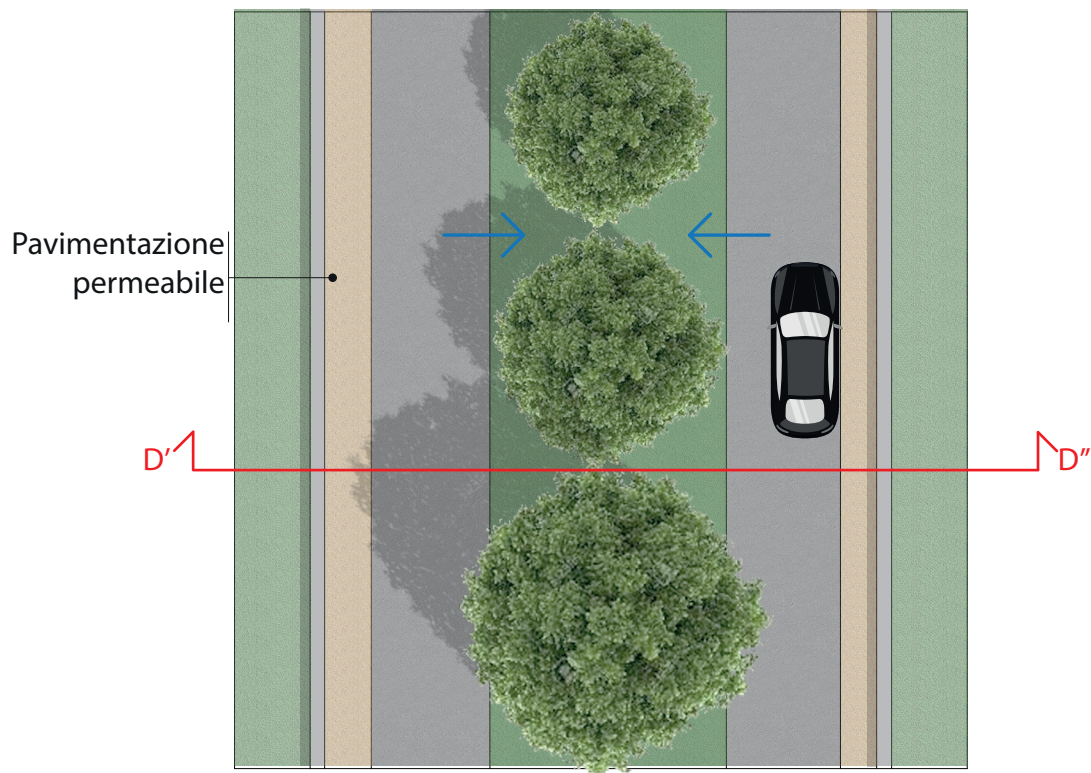
0m 1 2 4 6m

scala 1:200

SEZIONE D'D''



PIANTA



0m 1 2 4 6m scala 1:200

CONCLUSIONI

Lo sviluppo di questo lavoro di tesi ha permesso di evidenziare e portare in superficie possibili soluzioni sia per contrastare i rischi di alluvione, sia per ridurre l'uso di acqua potabile, per permettere alle città di adattarsi ai cambiamenti climatici e ridurre l'impatto ambientale. Si è dimostrata l'efficacia di soluzioni riguardanti la gestione del ciclo dell'acqua applicabili fin da ora, tema centrale nella progettazione sostenibile.

Dal caso studio risulta che attraverso soluzioni tecnologiche oggi disponibili sia possibile ridurre sia i consumi idrici, sia l'impatto ambientale a livello locale degli edifici e che il microclima possa essere migliorato offrendo maggior comfort agli abitanti. Tra le possibili azioni individuate per la riduzione dell'impatto ambientale vi è la diminuzione delle superfici impermeabili che sono passate, nel progetto proposto per l'area di studio, dal 56% al 24%. La riduzione non totale delle superfici impermeabili è motivata dal dover mantenere asfaltate le strade pubbliche e invariate le coperture degli edifici. Tale mantenimento è stato però compensato con altre soluzioni che hanno portato il volume di acqua meteorica raccolta dalle superfici ancora impermeabili prossimo allo zero. Lungo le strade sono stati pensati dei sistemi di infiltrazione che vanno a captare l'acqua meteorica; l'acqua piovana che raggiunge le coperture viene riutilizzata all'interno dell'area di progetto per usi non potabili, quali l'irrigazione del verde e, attraverso specifici impianti "duali", l'uso per le lavabiancheria. Non è stato possibile sostituire le superfici delle strade pubbliche perché percorse da un traffico pesante e l'eventuale scelta di rendere verdi le coperture non avrebbe consentito la riduzione dei consumi di acqua potabile tramite la raccolta dell'acqua piovana. L'unica occasione in cui l'acqua meteorica non riuscirebbe a essere infiltrata o riutilizzata nell'area di progetto è in presenza di piogge estreme, ma anche in questo caso non si andrebbe a stressare il sistema fognario cittadino in quanto è stato previsto un serbatoio di attenuazione che ritarda e rallenta l'immissione dell'acqua all'interno delle fognature.

Un'ulteriore possibile azione è la diminuzione del consumo di acqua potabile di elevata

qualità e la riduzione di acque grigie immesse nel sistema fognario riutilizzando quelle lievemente contaminate, provenienti dagli scarichi di lavandino, doccia e lavatrice, per ricaricare gli sciacquoni del WC, che non verrà più rifornito con l'acqua potabile, se non in assenza di acque grigie o di acqua piovana nei serbatoi di accumulo. Questo è possibile grazie ad una modifica degli impianti idraulici dei bagni attraverso l'introduzione dei già citati impianti "duali". Essi infatti permettono di avere all'interno delle unità immobiliari sia acqua potabile sfruttabile per l'igiene personale e in cucina, sia acqua recuperata per l'uso di WC e lavatrice.

In seguito all'intervento nell'area di progetto, è stato previsto che in un anno particolarmente secco, ovvero nelle condizioni peggiori, si ridurrebbero i consumi di acqua usata per usi non potabili del 65,92%, pari a 53,02 litri per residente al giorno.

Il progetto renderebbe più abitabile l'area nella stagione estiva, quando la temperatura nelle città tende a salire fino a valori critici, conseguenti al fenomeno delle isole di calore collegate all'antropizzazione dell'ambiente naturale. Ciò verrebbe evitato grazie all'aumento del numero degli alberi presenti nell'area e alla trasformazione di ampi spazi aperti asfaltati adibiti a parcheggi, in luoghi con vegetazione. Infatti, come presentato nel capitolo due, la presenza di aree verdi contribuisce a una importante riduzione della temperatura del suolo e conseguentemente dell'aria circostante.

Alcuni tra gli aspetti trattati nel progetto potrebbero essere spunto per sviluppi a cura di altri studi. Ad esempio, potrebbe risultare interessante analizzare come ridurre ulteriormente i consumi di acqua potabile, valutando una scelta di vegetazione che richieda un minor quantitativo d'acqua o l'introduzione di sistemi per il risparmio idrico da applicare a lavandini e WC, oltre ai già diffusi aeratori e vaschette di scarico a doppia portata.

Infine, un aspetto che non è stato affrontato in questa tesi riguarda la fattibilità economica del progetto e il tempo di ritorno dell'investimento, sia per gli spazi pubblici che per gli impianti interni agli edifici. A tale proposito possiamo notare che il patrimonio immobiliare dell'area di studio è vetusto e che il rifacimento degli impianti idrosanitari sarà comunque da effettuare nei prossimi anni prevedendo gli impianti duali. Inoltre, l'aspetto economico potrebbe divenire secondario in condizioni di scarsità idrica che potrebbe, anche nelle

nostra regione, portare ad un razionamento della fornitura d'acqua in determinati periodi dell'anno. In questo caso sarebbe necessaria una visione a lungo termine da parte dei decisori politici incentivando l'installazione più incisiva di sistemi di recupero dell'acqua o imponendone l'installazione nelle nuove costruzioni.

Per concludere, questo studio ha voluto contribuire a prendere in considerazione l'inclusione della previsione di eventi atmosferici estremi, sia di abbondanza che di scarsità di precipitazioni, già nella fase di progettazione, allo scopo di sottolineare come non sia più possibile ricorrere a soluzioni riparatrici al verificarsi dei cambiamenti climatici, ma come sia possibile una strategia di prevenzione.

BIBLIOGRAFIA

Abram, P. (2011). Il verde pensile: progettazione dei sistemi, manutenzione. Sistemi editoriali.

Ahiablame, L.M., Engel, B.A., & Chaubey, I. (2012) Effectiveness of Low Impact Development Practices: Literature Review and Suggestions for Future Research. *Water Air Soil Pollut*, 223, 4253–4273.

Amin, M. T., Kim, T. I., Amin, M. N., & Han, M. Y. (2013). Effects of Catchment, First Flush, Storage Conditions, and Time on Microbial Quality in Rainwater Harvesting Systems. *Water Environment Research*, 85(12), 2317-2329.

Berndtsson, J. C., Emilsson, T., & Bengtsson, L. (2006). The influence of extensive vegetated roofs on runoff water quality. *Science of the Total Environment*, 355, 48–63.

Bianchini, F., & Hewage, K. (2012). How “green” are the green roofs? Lifecycle analysis of green roof materials. *Building and Environment*, 48, 57–65.

Busca, F. (2018). Bilancio idrico a scala di edificio. (Tesi di laurea non pubblicata). Politecnico di Torino.

Campisano, A., Modica, C. (2011). Regional Evaluation of the Performance of Rooftop Rain Water Harvesting Systems for Domestic Use. Proceedings of 12nd International Conference of Urban Drainage, Porto Alegre.

Carollo, M. (2020). Stima della riduzione del consumo domestico di acqua potabile a Torino mediante il recupero di acque piovane. (tesi di laurea non pubblicata). Politecnico di Torino.

Carpenter, D. D., & Kaluvakolanu, P. (2011). Effect of roof surface type on storm-water runoff from full-scale roofs in a temperate climate. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 137, 161–169.

Carraro, M., Baratella, M., Bendoricchio, C., Bocus, A., Chiappini, L., Pesce, M., Corrado, P., Scarpa, A., Vascellari, F. (2009). Linee guida per gli interventi di prevenzione dagli allagamenti e mitigazione degli effetti.

Carter, T.L., & Rasmussen, T.C. (2005). Vegetated roofs as a stormwater best management practice in an ultra-urban watershed. Edited by K.J. Hatcher. Proceedings of the 2005 Georgia Water Resources Conference, University of Georgia, Athens, GA.

Conte, G. (2008). Nuvole e Sciacquoni. Come Usare Meglio l'Acqua, in Casa e in Città. Saggi Statistica e Manuali Edizioni Ambiente.

Dunnett, N., Nagase, A., Booth, R., & Grime, P. (2008). Influence of vegetation composition on runoff in two simulated green roof experiments. *Urban Ecosystems*, 11, 385–398.

Farreny, R., Morales-Pinzon, T., Guisasola, A., Tayà, C., Rieradevall, J., & Gabarrell, X. (2011) Roof selection for rainwater harvesting: quantity and quality assessments in Spain. *Water research*.

Gibelli, G., Gelmini, A., Pagnoni, E., Natalucci, F. (2015). Gestione sostenibile delle acque urbane. Manuale di drenaggio 'urbano'. Perché, Cosa, Come, Ersaf, Milano.

GRRP (Green Roof Research Program). (2010). The Green roof research program at Michigan State University [online]. <http://www.hrt.msu.edu/greenroof/#Green%20Roof%20Research%20at%20Michigan%20State%20University>. (Accessed 12 Feb 2010).

Hoyer, J., Dickhaut, W., Kronawitter, L., & Weber, B. (2011). Water sensitive urban design: principles and inspiration for sustainable stormwater management in the city of the future (pp. 18-20). Berlin: Jovis.

Hua, X., Wu, L. (2016). Costruzione di un sistema di paesaggio urbano di infrastrutture per la gestione delle acque piovane: Nanjing come caso di studio. *Techne*, Florence Vol. 11, 151-157.

Istituto Nazionale di Statistica. (2019). Le Statistiche dell'ISTAT sull'Acqua/Anni 2015-2018. Statistiche Report.

Kus, B., Kandasamy, J., Vigneswaran, S., & Shon, H. K. (2010). Analysis of first flush to improve the water quality in rainwater tanks. *Water science and technology*, 61(2), 421-428.

Lai, D. (2013). Examining the relationship between landscape architecture as well as urban design and architecture. *Landscape Architecture Frontiers*, 1(1), 78-82.

Lazarova, V., Asano, T., Akiça, Bahri A., Anderson, J. (2020) Milestones in Water Reuse, The Best Success Stories. Iwa Pub, London.

Loh, M., Coghlan, P. (1998-2001). Domestic Water Use Study in Perth. Western Australia.

Lucio, C., Matos Silva, C. & Sousa, V. (2019) A scale adaptive method for urban rainwater harvesting simulation. *Science Direct*.

Miller, C. (1998). Vegetated roof covers: a new method for controlling runoff in urbanized areas. Pennsylvania Stormwater Management Symposium (Doctoral dissertation, Villanova University).

Musacchio, A., & Carattin, E. (2012). Nuovi elementi di involucro a elevate prestazioni energetiche. (Innovative high energy performance architectural envelopes). Università IUAV di Venezia.

Puglia, A. (2021). Soluzioni green per la gestione dell'acqua a scala edificio. (Tesi di laurea non pubblicata). Politecnico di Torino.

Rowe, D. B. (2011). Green roofs as a means of pollution abatement. *Environmental Pollution*, 159, 2100–2110.

Salvo, F., Piro, P., Nigro, G., & De Ruggiero, M. (2017). Modello economico di stima dei tetti verdi negli edifici residenziali. *Valori e Valutazioni*, (18).

UNI Ente Italiano di Normazione UNI. (2012). Impianti per la raccolta e utilizzo dell'acqua piovana per usi diversi dal consumo umano - Progettazione, installazione e manutenzione.

United States Office of Water. (2000) Vegetated Roof Cover Philadelphia, Pennsylvania. (4203). Environmental Protection Agency Washington, DC 2046. LOW- IMPACT DEVELOPMENT CENTER. EPA-841-B-00-005D.

Van den Hurk, B. (2021). Climate change scenarios for the 21st century—a Netherlands perspective. Scientific Report WR2014–01 KNMI, De Bilt, the Netherlands.

White, I. (2010). *Water and the city. Planning for a sustainable future.* Routledge. Londra.

Wong, T. H. F. (ed) (2006) *Australian runoff quality – a guide to Water Sensitive Urban Design*, Engineers Australia, New South Wales, Australia.

Woods Ballard, B., Wilson, S., Udale-Clarke, H., Illman, S., Scott, T., Ashley, R., Kellagher, R. (2015), *The SuDS Manual*, CIRIA.

Wouters, P., Dreiseitl, H., Wanschura, B., Wörlen, M., Moldaschl, M., Wescoat, J., Noiva, K. (2016). *Bluegreen infrastructures as tools for the management of urban development and the effects of climate change.* Ramboll, Environ.

Wwap, U. (2012). *World Water Assessment Programme: The United Nations World Water Development Report 4: Managing Water under Uncertainty and Risk.*

SITOGRAFIA

Allegri Ecologia: <https://www.allegriecologia.it/economia-circolare-acqua/>

Arpa Piemonte. Annali meteorologici ed idrologici. https://www.arpa.piemonte.it/rischinaturali/accessoaidati/annali_meteoidrologici/annali-meteo-idro/banca-dati-meteorologica.html

www.arpa.piemonte.it/rischinaturali/dati-in-tempo-reale/Dati-in-tempo-reale.html

www.arpa.piemonte.it/rischinaturali/tematismi/meteo/osservazioni/rete-meteoidrografica/anagrafica-stazioni.html?delta=2&ID_VENUE=21530

Climagruen: <https://climagruen.com/it/progetti/jungmann-egna/>

Ecoacque, Impianti di Trattamenti Acque. <https://www.ecoacque.it/>

Ecodrain Srl: <https://www.ecodrainsrl.com/wp-content/uploads/2022/01/Casale-sul-Sile.jpg>

Immagine .png da PNGTree <https://it.pngtree.com/>

https://it.pngtree.com/freepng/top-view-shrub-grass-3d-rendering_7126629.html

Immagini silhouette: FreePik <https://it.freepik.com/>

https://it.freepik.com/vettori-gratuito/raccolta-di-sei-sagome-di-auto_1089580.htm#query=auto%20silhouette&position=4&from_view=keyword&track=ais

Phys.org <https://phys.org/news/2022-06-drought-italy-hydroelectric.html>

SCHEDA TECNICA E MANUALE DI USO E MANUTENZIONE

STAZIONI DI IRRIGAZIONE (HABITA)

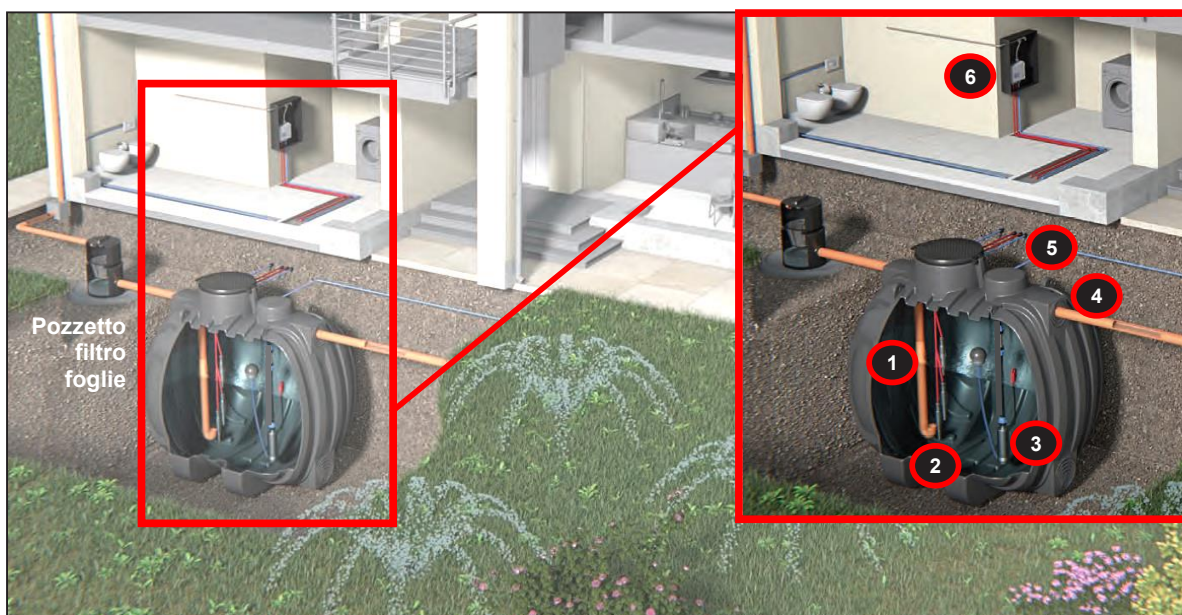
• Funzionamento

Rototec ha studiato una linea di prodotti specifici per consentire un **semplice ed efficiente** recupero e riutilizzo delle acque meteoriche. Tali sistemi permettono di riutilizzare le acque piovane accumulate per gli scopi cosiddetti "meno nobili" quali: riempimento cassette WC, irrigazione giardini, lavaggio auto, ecc...

L'acqua piovana proveniente dai tetti (o da altre superfici scoperte) viene immessa, previo passaggio in un sistema di filtraggio consigliato (pozzetto filtro foglie), nel serbatoio di stoccaggio attraverso la tubazione di ingresso. Una volta pieno, l'acqua in eccesso viene convogliata allo scarico finale mediante il troppo pieno. All'interno del serbatoio è posizionata un'**elettropompa sommersa pressurizzata dotata di sonda** di controllo livello che grazie ad una **centralina di comando** e ad un'**elettrovalvola a 2 vie** permettono il **reintegro** di acqua dell'acquedotto direttamente nel serbatoio. Il reintegro avviene mediante l'elettrovalvola che consente l'ingresso attraverso il kit di rottura (non compreso nella fornitura) in modo tale che l'acqua potabile non entri in contatto con quella piovana. L'apertura dell'elettrovalvola è comandata dalla sonda di minimo livello (regolabile) che controlla il livello di acqua potabile da immettere nello stoccaggio.

La pompa e l'elettrovalvola sono comandate da un pressoflussostato con riarmo automatico che gestisce la marcia/arresto della pompa in funzione della richiesta delle utenze e l'apertura/chiusura della elettrovalvola in funzione della presenza o meno di acqua nel serbatoio di accumulo.

Con questo impianto non si avranno più problemi legati all'assenza di acqua piovana nella cisterna. Inoltre, con la pompa installata dentro il serbatoio si evitano fastidiosi rumori, antiestetiche cassette vicino alla vasca di raccolta, ecc...



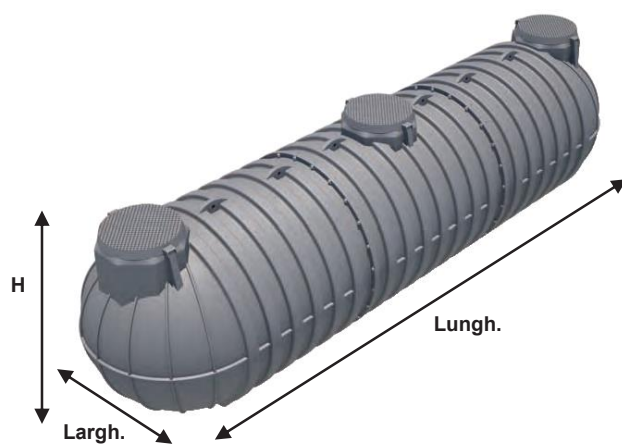
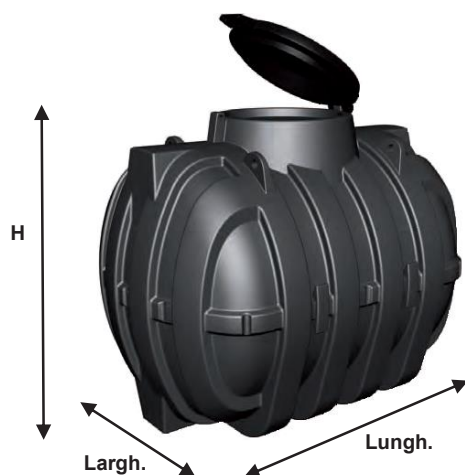
1. **CONDOTTA DI INGRESSO:** tubazione antiturbolenza in PVC per smorzare la portata in entrata;
2. **SONDA:** elettroalleggiante di controllo livello acqua;
3. **POMPA:** elettropompa sommersa corredata di condotta di pescaggio sotto il pelo libero, tubo mandata in polietilene (PE), raccorderia in polipropilene (PP), valvola di ritegno e sistema di estrazione;
4. **CONDOTTA DI TROPPO PIENO:** tubazione in PVC per far defluire l'acqua in eccesso;
5. **CONDOTTA DI USCITA:** tubazione di uscita della pompa corredata di raccordo in polipropilene (PP);
6. **CENTRALINA DI COMANDO:** pressoflussostato elettronico, elettrovalvola 2 vie.

La presente scheda tecnica è di proprietà di Rototec SpA; è assolutamente vietata la riproduzione di quanto contenuto nella stessa. Rototec SpA si riserva di apportare modifiche in qualsiasi momento, senza preavviso alcuno, ai contenuti della presente scheda tecnica.

Scheda Tecnica + Manuale Staz. Irrigaz. HABITA Rev. 06 del 26/04/2023



• Gamma Modelli



La presente scheda tecnica è di proprietà di Rototec SpA; è assolutamente vietata la riproduzione di quanto contenuto nella stessa. Rototec SpA si riserva di apportare modifiche in qualsiasi momento, senza preavviso alcuno, ai contenuti della presente scheda tecnica.

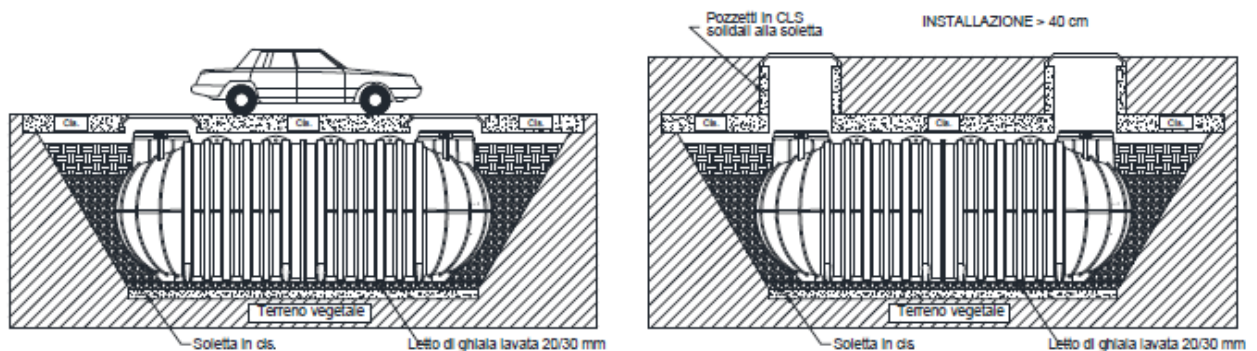
Scheda Tecnica + Manuale Staz. Irrigaz. HABITA Rev. 06 del 26/04/2023

Pagina 3 di 19

4. CARRABILITA'

4.1 CARRABILITA' LEGGERA - Classe B125-EN124/95 - Max 12,5 ton

Per rendere il sito adatto al transito veicolare leggero è necessario realizzare, in relazione alla portata, un'ideale soletta autoportante in calcestruzzo armato con perimetro maggiore dello scavo in modo da evitare che il peso della struttura gravi sul manufatto stesso. Si raccomanda di realizzare una soletta in calcestruzzo (per es. di 15/20cm) anche sul fondo e stendere sopra un letto di ghiaia lavata 20/30 mm di 10cm per riempire gli spazi delle corrugazioni presenti alla base del serbatoio. La soletta autoportante in cemento armato e quella in calcestruzzo devono essere sempre dimensionate da un professionista qualificato. Il riempimento del serbatoio ed il rinfiacco devono essere sempre effettuati in modo graduale come specificato nel par. 2.1. La soletta autoportante è necessaria, per distribuire il carico del terreno di ricoprimento, anche quando il manufatto viene installato ad una profondità > di 40 cm, come indicato nel paragrafo 2.3.



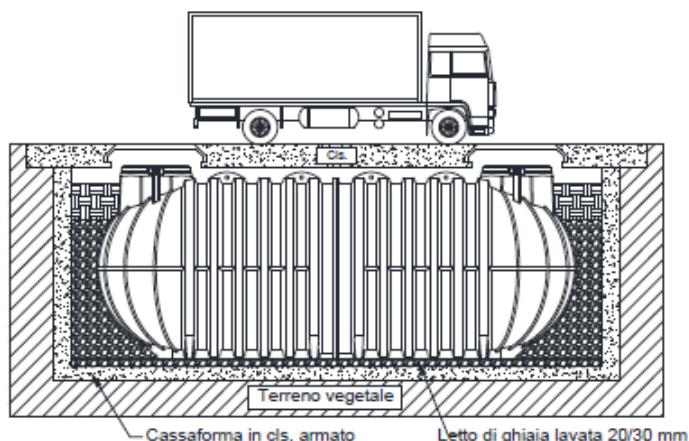
La presente scheda tecnica è di proprietà di Rototec SpA; è assolutamente vietata la riproduzione di quanto contenuto nella stessa. Rototec SpA si riserva di apportare modifiche in qualsiasi momento, senza preavviso alcuno, ai contenuti della presente scheda tecnica.

Scheda Tecnica + Manuale Staz. Irrigaz. HABITA Rev. 06 del 26/04/2023

Pagina 17 di 19

4.2 (A) CARRABILITA' PESANTE - Classe D400-EN124/95 - Max 40 ton

Per rendere il sito idoneo al transito veicolare pesante è necessario realizzare una cassaforma in calcestruzzo armato gettata in opera ed un'ideale soletta autoportante in calcestruzzo con perimetro maggiore dello scavo in modo da distribuire il peso sulle pareti del contenimento e non sul manufatto. Stendere poi un letto di ghiaia lavata 20/30 mm di 10cm sul fondo della cassaforma per riempire gli spazi delle corrugazioni presenti alla base della cisterna. La cassaforma e la soletta devono essere sempre dimensionate, in relazione alla portata, da un professionista specializzato. Il riempimento del serbatoio ed il rinfiacco devono essere sempre effettuati in modo graduale come specificato nel par. 2.1.

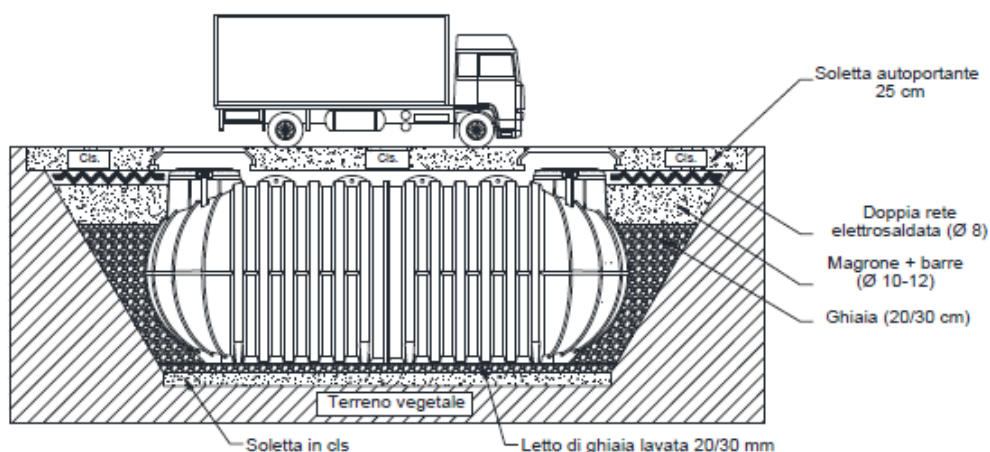


4.2 (B) CARRABILITA' PESANTE - Classe D400-EN124/95 - Max 40 ton

Per rendere il sito idoneo al transito veicolare pesante è necessario realizzare una soletta autoportante in calcestruzzo armato (≥ 25 cm) con perimetro maggiore dello scavo in modo da evitare che il peso della struttura gravi sul manufatto stesso.

Si raccomanda di realizzare una soletta in calcestruzzo (per es. di 15/20cm) anche sul fondo dello scavo e stendere sopra un letto di ghiaia lavata 20/30 mm di 10cm per riempire gli spazi delle corrugazioni presenti alla base del serbatoio.

Il riempimento ed il rinfiacco fino a 3/4 devono essere sempre effettuati in modo graduale come specificato nel par. 2.1. Dopo aver riempito e rinfiacco il serbatoio, ricoprire gradualmente l'ultimo quarto dello scavo con del magrone e delle barre (\varnothing 10-12). Sopra queste ultime realizzare la soletta autoportante utilizzando una doppia rete elettrosaldata (\varnothing 8).



SCHEDA TECNICA

MASSETTO ECOLOGICO STRADALE ECODRAIN

INTRODUZIONE

Ecodrain è un calcestruzzo drenante studiato appositamente per la realizzazione di pavimentazioni ecologiche ad alto potere drenante, con elevata resistenza a compressione, fonoassorbente e senza alcun rilascio di sostanze nocive nell'eluato. L'avanzata tecnologia ha permesso la realizzazione del mix con proprietà uniche nel suo genere:

- » lavorabilità dell'impasto fresco con semplicità estrema senza pregiudicare la resistenza finale a idratazione completata.
- » La quantità di cemento variabile da un minimo di kg./mc. 250 ad un massimo di kg./mc. 280 contenuta nel mix è la più bassa di tutti i prodotti simili oggi in commercio.
- » La continua ricerca ed il continuo sviluppo ha permesso non solo di migliorare il prodotto nelle sue prestazioni complessive ma soprattutto di mettere a punto anche alcune variabili dello stesso che rappresentano senza dubbio quanto di più avanzato sia oggi possibile reperire sul mercato come:
 - » Ecodrain architettonico drenante
 - » Ecodrain architettonico drenante fotoluminescente
 - » Ecodrain bianco fotoluminescente
 - » Ecodrain pigmentato fotoluminescente
 - » Sottofondo stradale drenante Ecoground

DESCRIZIONE

"Ecodrain" è composto da una base cementizia opportunamente studiata in funzione delle esigenze di resistenza ai carichi concentrati trasmessi dal transito veicolare, dalla capacità drenante e del grado di fono-assorbenza richiesti dall'opera che si intende realizzare.

Il mix progettato, prevedendo una quantità di cemento di Kg 250-280 per mc., con aggregati locali certificati con attestazione 2+ secondo la norma EN 12620, additivi speciali per il conseguimento di alte prestazioni meccaniche.

La percentuale dei vuoti intergranulari viene stabilita a seconda delle esigenze progettuali della pavimentazione ed è sensibilmente influenzata dal diametro massimo degli aggregati utilizzati che consigliamo di avere una dimensione massima di mm. 12, in ogni caso la pavimentazione "Ecodrain" garantisce sempre una massa aperta adeguata a sopportare i cicli di gelo e disgelo senza subire danni o rotture corticali.

TIPOLOGIA DI IMPIEGO

Per le sue caratteristiche drenanti ed ecologiche è particolarmente indicato per la realizzazione di piste ciclabili, strade inserite in zone di rispetto ambientale, aree verdi, centri storici, zone archeologiche e parcheggi a basso impatto paesaggistico. Non necessita di essere delimitato da cordoli di contenimento.

La particolare resistenza ai cicli di gelo e disgelo lo rende idoneo alla realizzazione di strade di montagna con forti pendenze e traffico pesante.

CARATTERISTICHE DEL MASSETTO

- » Esente da leganti bituminosi
- » Esente da resine
- » Base cementizia con contenuto di cemento inferiore ai limiti per la qualificazione del prodotto "non pericoloso"
- » Resistente ai sali disgelanti
- » Resistenze ai cloruri
- » Resistente ai cicli di gelo e disgelo
- » Resistente a oli minerali e solventi
- » Ampie possibilità di variazione della tessitura superficiale
- » Pigmentato per l'intero spessore
- » possibilità di colorazione
- » Drenante
- » Fonoassorbente
- » Possibilità di variare il grado di drenabilità
- » Posa a freddo
- » Alti valori del coefficiente di attrito radente e aderenza trasversale
- » Ottima resistenza al calore
- » Eluato conforme ai parametri imposti dalle norme vigenti in materia ambientale

CONFEZIONAMENTO

Viene prodotto in centrale di betonaggio nel rispetto scrupoloso del mix preventivamente studiato, caricato in autobetoniera con volume max di mc. 8, alla base cementizia vengono aggiunti gli speciali additivi con appositi dosatori che garantiscono il corretto dosaggio dei componenti, dopo la normale mescolazione dinamica il prodotto è pronto per la posa in opera.

E' possibile modificare e controllare il tempo di lavorabilità del materiale intervenendo preventivamente in fase di confezionamento del materiale, è importante perciò stabilire il tempo necessario per il trasporto e l'eventuale difficoltà di posa legati a particolari caratteristiche dell'opera.

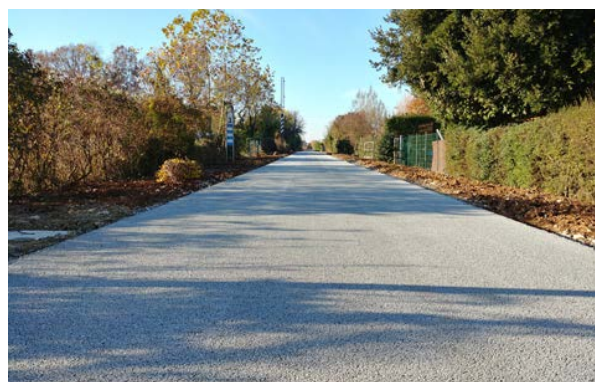
POSA IN OPERA

La posa in opera avviene con la normale vibrofinitrice stradale utilizzata per i conglomerati bituminosi, con utilizzo del sistema di vibrazione, senza azionare i bruciatori di riscaldamento della piastra. La posa in opera deve essere eseguita a freddo.

Il prodotto può essere posato in opera anche a mano, curando la planarità e la compattazione dovrà avvenire per mezzo di rullo a mano di peso max di Kg 80-100.

CARATTERISTICHE TECNICHE

- » ASPETTO: Tessitura superficiale aperta, drenante, colorata e dura
- » INFIAMMABILITA': Non infiammabile
- » POSA IN OPERA: Con vibrofinitrice stradale e a mano
- » CARRABILITA': Pedonale dopo circa 4 ore, traffico leggero 48 ore, traffico pesante 96 ore
- » LAVORABILITA': In media 60 minuti
- » TEMPERATURA DI UTILIZZO: da + 5°C a + 30°C
- » SPESSORE: Variabile
- » PESO SPECIFICO: < di Kg 2000 per mc allo stato fresco
- » RESISTENZA A COMPRESSIONE: > di 20 MPa
- » RESISTENZA AL CALORE: Incombustibile
- » RESISTENZA AGLI AGENTI CHIMICI: Ottima
- » RESISTENZA AI SALI DISGELANTI: Ottima
- » RESISTENZA AL GELO: Ottima
- » DRENABILITÀ: > 200 lt/mq*minuto su 100% della superficie
- » COEFFICIENTE DI DEFLUSSO: Cd = 0,41
- » SRI > 29
- » IMPATTO ACUSTICO: Fonoassorbente
- » COLORAZIONE: Pigmentazione a tutto spessore
- » ECOLOGIA: Nessun rilascio di sostanze pericolose nell'eluato




PAVIMENTI	SCHEMA TECNICA	CORTINA®
DRENANTI	Finiture: QUARZO	Spessori: H = 8 cm



% di FORATURA = 23 %
Modello Comunitario Registrato

Caratteristiche generali

Tipo di prodotto	LASTRA PERMEABILE (definizione della UNI EN 1339, p.to 3.4 : massello che consente il passaggio di acqua attraverso di esso).		
Norma di riferimento	La norma UNI EN 1339 definisce, ma non si applica, a queste lastre (vedi UNI EN 1339, p.to 1). Non esistono specifiche norme Italiane od Europee, né l'obbligo di marcatura CE.		
Dimensioni modulari	50 x 33 cm		
Spessore	---	8 cm	---
Peso teorico	---	140 kg/mq	---
Destinazione	---		---
Imballo	Mq Pallet	---	8
	Peso pallet ± 10 %	---	1120 kg
Materie prime	Inerti esclusivamente naturali (sabbie e ghiaie), Acqua, Cemento (grigio e/o bianco) tipo II/A – 42.5 R, fluidificante, coloranti inorganici.		
Calcestruzzo e Resistenza	Calcestruzzo vibro compresso su impianto fisso di stampaggio, di consistenza "terra umida". Non è richiesto R'ck.		
Superficie FOTOCATALITICA (antismog)	a richiesta, solo per la finitura "QUARZO".		

DATI TECNICI

Finiture	---	QUARZO	---
Spessori disponibili	---	8 cm	---
Modalità di produzione	---	Doppio strato, superf. a vista al quarzo	---
Resist. a Trazione indiretta (o splitting test) (NON RICHIESTA)	---	---	---
Resist. a Flessione (NON RICHIESTA)	---	---	---
Metodo USRV (pendolo)	---	Soddisfacente (≥ 60)	---
Metodo BCRA (per le "barriere architettoniche" si deve avere il coefficiente d'attrito μ > 0,40)	---	Eccellente (μ ≥ 0,70)	---
Metodo DIN 51097 (per i bordi piscine. Misura l'angolo limite di scivolamento della superficie)	---	Eccellente (classe C, angolo di scivol. > 25°)	---
Durabilità (assorbimento acqua in % sul peso del pavimento)	---	≤ 6%	---
Resist. ai Sali Disgelanti (perdita di materiale dalla superficie del pavimento dopo 28 cicli di gelo/disgelo tra -20° e +20°C)	---	≤ 1 kg/mq	---
Resist. all'Abrasione (lunghezza dell'impronta lasciata, dopo 60 sec, da un disco rotante con materiale abrasivo)	---	≤ 20 mm	---
Capacità drenante Cdre*	---	100 %	---



Resistenza a Slittamento / scivolamento

Metodo USRV (pendolo)
Metodo BCRA (per le "barriere architettoniche" si deve avere il coefficiente d'attrito μ > 0,40)
Metodo DIN 51097 (per i bordi piscine. Misura l'angolo limite di scivolamento della superficie)



Durabilità (assorbimento acqua in % sul peso del pavimento)



Resist. ai Sali Disgelanti (perdita di materiale dalla superficie del pavimento dopo 28 cicli di gelo/disgelo tra -20° e +20°C)

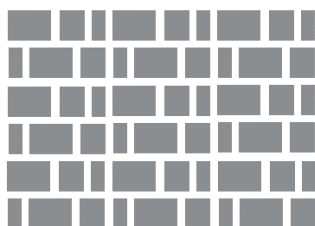


Resist. all'Abrasione (lunghezza dell'impronta lasciata, dopo 60 sec, da un disco rotante con materiale abrasivo)

Capacità drenante Cdre*

* La capacità drenante Cdre è il rapporto tra il volume che passa, per drenaggio nel sottosuolo e il volume affluito, cioè caduto sul pavimento. Rappresenta quindi la percentuale di acqua che drena nel sottosuolo. (vedi fonti Assobeton – Manuale Assobeton Drenanti)

SCHEMI DI POSA



LEGENDA



Traffico leggero : marciapiedi, zone pedonali, piste ciclabili.



Traffico medio : veicoli lenti fino a 35 q.li, parcheggi di autoveicoli, traffico occasionale.



Traffico pesante : mezzi pesanti a più di 30 km/h, aree di stoccaggio e movimentazione.



Traffico molto pesante : aree industriali soggette a carichi eccezionali, piazzali di stoccaggio.

Revisione : CORTINA - 29.05.2017



info tecniche : tel +39 030 9665785 – techno@senini.it
www.senini.it – senini@senini.it
SENINI S.r.l. – via Erculiani 192 – 25018 Novagli di Montichiari – BS
tel +39 030 9665711 – fax +39 030 964983

SENINI PAVIMENTI BLOCCHI CORDOLI

Note per la finitura "QUARZO" + "FOTOCATALITICO" (TX Active ®)

- Questi pavimenti sono in grado, in presenza di luce, di decomporre e abbattere al suolo, sotto forma di sali non nocivi, gli inquinanti presenti nell'aria (in particolare gli ossidi di Azoto e le polveri sottili). L'efficacia dell'attività fotocatalitica dipende da molti fattori. Le prove di laboratorio ci permettono di garantire e **certificare** come "fotocatalitici" i formati della finitura "QUARZO" nelle diverse colorazioni disponibili

Note particolari per i PAVIMENTI "DRENANTI"

- **Agibilità della pavimentazione** : i pavimenti drenanti sono agibili ai mezzi meccanici solo dopo il riempimento dei fori e dei giunti con materiale idoneo e a vibrocompattazione avvenuta.
- **Sottofondo** : Si raccomanda di realizzare il sottofondo con particolare attenzione e di seguire le indicazioni riportate sulle "Raccomandazioni per l'impiego di elementi grigliati per pavimentazioni erbose..." edite da ASSOBETON (scaricabile da www.senini.it). Il modulo di deformazione del terreno+pacchetto di posa, misurato con una prova di carico su piastra alla quota di posa dei masselli/lastre, deve essere di almeno 400 daN/cm² se è previsto un traffico leggero e di 800 daN/cm² per un traffico pesante.

Note sulla PERMEABILITÀ

- **"Coefficiente di Permeabilità medio annuo (Cp)" di una pavimentazione** : è la percentuale (%) di acqua piovana che, IN UN ANNO, filtra attraverso il pavimento e gli strati sottostanti (di posa e terreno di sottofondo). Un valore del 60-70 % è già "ottimo" perché nemmeno un terreno ghiaioso è in grado di drenare "sempre e totalmente" qualsiasi temporale.
- **"Coefficiente di Deflusso medio annuo (Cd)" di una pavimentazione** : viene richiesto dai Piani Regolatori ed è la % di acqua meteorica che, IN UN ANNO, non filtra attraverso il pavimento ma scorre in superficie e defluisce in fognatura. È legato a Cp dalla relazione : $Cd + Cp = 100 \%$.
- **Da cosa dipende la Permeabilità (Cp)** : dalla quantità annua di pioggia della zona, dall'intensità (o violenza dei temporali), dalla pendenza del pavimento, dal tipo di terreno sottostante (ad es. se è argilloso o ghiaioso) e dai materiali utilizzati per la posa. Con questi dati è possibile calcolare teoricamente il coefficiente Cp.
- **VANTAGGI dei PAVIMENTI DRENANTI, correttamente posati** : 1) Ottima permeabilità (spesso superiore a quella dei terreni naturali), 2) Assenza di AQUAPLANING, 3) ridotto invio di acqua in fognatura.
- **COME OTTENERE OTTIME PAVIMENTAZIONI DRENANTI** : 1) Utilizzare materiali di posa con le "giuste granulometrie", senza parti fini (vedi www.senini.it). 2) Costruire, se possibile, su terreni permeabili.

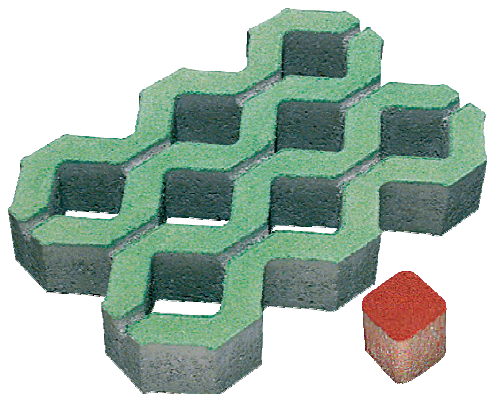
Note generali per i PAVIMENTI

- **Richieste integrative di precedenti forniture** : sono necessariamente soddisfatte con prodotti appartenenti ad una partita diversa dall'iniziale, che potranno pertanto mostrare marcate differenze di aspetto (granulometria degli inerti) e di tonalità.
- **Precauzioni in fase di Posa in opera** : si consiglia di prelevare contemporaneamente i prodotti da bancali diversi per garantire un'armoniosa distribuzione delle possibili variazioni di tonalità e/o granulometria.
- **Tipologie dei prodotti, dati e caratteristiche**: sono soggetti a variazioni senza preavviso. Il peso dei pavimenti è indicativo.
- **COLORI** : per i colori effettivamente disponibili su ogni combinazione di "formato"+"finitura" consultare gli uffici della SENINI spa.

DETTAGLIO	FINITURA	COLORI		
	QUARZO			
		MIX CHIARO	GRIGIO	BIANCO MIX

PAVIMENTI **SCHEDA TECNICA** **CAMPIGLIO®**

DRENANTI Finiture: **BASE, QUARZO** Spessori : **H = 7 – 8 – 10 cm**



% di FORATURA = **43 %**

Segnaposto: 7,2x7,2 cm H=8cm		
Peso teorico	180 kg/mq	
Imballo	Mq Pallet	3,75
	Peso pallet ± 10 %	675 kg

Caratteristiche generali

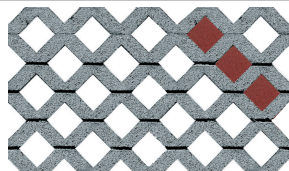
Tipo di prodotto	LASTRA PERMEABILE (definizione della UNI EN 1339, p.to 3.4 : massello che consente il passaggio di acqua attraverso di esso).		
Norma di riferimento	La norma UNI EN 1339 definisce, ma non si applica, a queste lastre (vedi UNI EN 1339, p.to 1). Non esistono specifiche norme Italiane od Europee, né l'obbligo di marcatura CE.		
Dimensioni modulari	50 x 33 cm (segnaposto: 7,2 x7,2 x H=8 cm)		
Spessore	7 cm	8 cm	10 cm
Peso teorico	90 kg/mq	110 kg/mq	130 kg/mq
Destinazione			
Imballo	Mq Pallet	18,60	16
	Peso pallet ± 10 %	1674 kg	1760 kg
Materie prime	Inerti esclusivamente naturali (sabbie e ghiaie), Acqua, Cemento (grigio e/o bianco) tipo II/A – 42.5 R, fluidificante, coloranti inorganici.		
Calcestruzzo e Resistenza	Calcestruzzo vibro compresso su impianto fisso di stampaggio, di consistenza "terra umida". Non è richiesto R'ck.		
Superficie	FOTOCATALITICA (antismog)	a richiesta, solo per la finitura "QUARZO".	

DATI TECNICI

	Finiture	BASE	QUARZO	---
Spessori disponibili		8,10 cm	7, 8, 10 cm	---
Modalità di produzione		Monostrato, superf. a vista inerti	Doppio strato, superf. a vista al quarzo	---
Resist. a Trazione indiretta (o splitting test) (NON RICHIESTA)		---	---	---
Resist. a Flessione (NON RICHIESTA)		---	---	---
	Metodo USRV (pendolo)	Soddisfacente (≥ 60)	Soddisfacente (≥ 60)	---
Resistenza a Slittamento / scivolamento	Metodo BCRA (per le "barriere architettoniche" si deve avere il coefficiente d'attrito μ > 0,40) Metodo DIN 51097 (per i bordi piscine. Misura l'angolo limite di scivolamento della superficie)	Eccellente (μ ≥ 0,70)	Eccellente (μ ≥ 0,70)	---
Durabilità (assorbimento acqua in % sul peso del pavimento)		≤ 6%	≤ 6%	---
Resist. ai Sali Disgelanti (perdita di materiale dalla superficie del pavimento dopo 28 cicli di gelo/disgelo tra -20°e +20°C)		≤ 1 kg/mq	≤ 1 kg/mq	---
Resist. all'Abrasion (lunghezza dell'impronta lasciata, dopo 60 sec, da un disco rotante con materiale abrasivo)		≤ 20 mm	≤ 20 mm	---
Capacità drenante Cdre*		100 %	100 %	---

* La capacità drenante Cdre è il rapporto tra il volume che passa, per drenaggio nel sottosuolo e il volume affluito, cioè caduto sul pavimento. Rappresenta quindi la percentuale di acqua che drena nel sottosuolo. (vedi fonti Assobeton – Manuale Assobeton Drenanti)

SCHEMI DI POSA



Posa da formato, con "segnaposto" (solo nello spess. 8 cm)

LEGENDA

- Traffico leggero : marciapiedi, zone pedonali, piste ciclabili.
- Traffico leggero: veicoli lenti fino a 20 q.li, parcheggi di autoveicoli, traffico occasionale.
- Traffico medio : veicoli lenti fino a 35 q.li, parcheggi di autoveicoli, traffico occasionale.
- Traffico pesante : mezzi pesanti a più di 30 km/h, aree di stoccaggio e movimentazione.

Rev. : CAMPIGLIO - 11/05/2022



Scheda tecnica – Campiglio (segue)

Note per la finitura “QUARZO” + “FOTOCATALITICO” (TX Active ®)

- Questi pavimenti sono in grado, in presenza di luce, di decomporre e abbattere al suolo, sotto forma di sali non nocivi, gli inquinanti presenti nell'aria (in particolare gli ossidi di Azoto e le polveri sottili). L'efficacia dell'attività fotocatalitica dipende da molti fattori. Le prove di laboratorio ci permettono di garantire e **certificare** come “fotocatalitici” i formati della finitura “QUARZO” nelle diverse colorazioni disponibili

Note particolari per i PAVIMENTI “DRENANTI”

- **Agibilità della pavimentazione** : i pavimenti drenanti sono agibili ai mezzi meccanici solo dopo il riempimento dei fori e dei giunti con materiale idoneo e a vibrocompattazione avvenuta.
- **Sottofondo** : Si raccomanda di realizzare il sottofondo con particolare attenzione e di seguire le indicazioni riportate sulle “*Raccomandazioni per l'impiego di elementi grigliati per pavimentazioni erbose...*” edite da ASSOBETON (scaricabile da www.senini.it). Il modulo di deformazione del terreno+pacchetto di posa, misurato con una prova di carico su piastra alla quota di posa dei masselli/lastre, deve essere di almeno 400 daN/cm² se è previsto un traffico leggero e di 800 daN/cm² per un traffico pesante.

Note sulla PERMEABILITÀ

- “**Coefficiente di Permeabilità medio annuo (Cp)**” di una **pavimentazione** : è la percentuale (%) di acqua piovana che, IN UN ANNO, filtra attraverso il pavimento e gli strati sottostanti (di posa e terreno di sottofondo). Un valore del 60-70 % è già “ottimo” perché nemmeno un terreno ghiaioso è in grado di drenare “sempre e totalmente” qualsiasi temporale.
- “**Coefficiente di Deflusso medio annuo (Cd)**” di una **pavimentazione** : viene richiesto dai Piani Regolatori ed è la % di acqua meteorica che, IN UN ANNO, non filtra attraverso il pavimento ma scorre in superficie e defluisce in fognatura. È legato a Cp dalla relazione : $Cd + Cp = 100 \%$.
- **Da cosa dipende la Permeabilità (Cp)** : dalla quantità annua di pioggia della zona, dall'intensità (o violenza dei temporali), dalla pendenza del pavimento, dal tipo di terreno sottostante (ad es. se è argilloso o ghiaioso) e dai materiali utilizzati per la posa. Con questi dati è possibile calcolare teoricamente il coefficiente Cp.
- **VANTAGGI dei PAVIMENTI DRENANTI, correttamente posati** : **1)** Ottima permeabilità (spesso superiore a quella dei terreni naturali), **2)** Assenza di AQUAPLANING, **3)** ridotto invio di acqua in fognatura.
- **COME OTTENERE OTTIME PAVIMENTAZIONI DRENANTI** : **1)** Utilizzare materiali di posa con le “giuste granulometrie”, senza parti fini (vedi www.senini.it). **2)** Costruire, se possibile, su terreni permeabili.

Note generali per i PAVIMENTI

- **Richieste integrative di precedenti forniture** : sono necessariamente soddisfatte con prodotti appartenenti ad una partita diversa dall'iniziale, che potranno pertanto mostrare marcate differenze di aspetto (granulometria degli inerti) e di tonalità.
- **Precauzioni in fase di Posa in opera** : si consiglia di prelevare contemporaneamente i prodotti da bancali diversi per garantire un'armoniosa distribuzione delle possibili variazioni di tonalità e/o granulometria.
- **Tipologie dei prodotti, dati e caratteristiche**: sono soggetti a variazioni senza preavviso. Il peso dei pavimenti è indicativo.
- **COLORI** : per i colori effettivamente disponibili su ogni combinazione di “formato”+“finitura” consultare gli uffici della SENINI srl.

DETTAGLIO	FINITURA	COLORI		
	QUARZO	 GRIGIO (CAMPIGLIO E SEGNAPOSTO)	 VERDE (SOLO CAMPIGLIO)	 ROSSO (SOLO SEGNAPOSTO)
	BASE	 GRIGIO		