



**Politecnico  
di Torino**

## Politecnico di Torino

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Edile  
A.a. 2020/2021  
Sessione di Laurea Novembre 2021

# **Soluzioni green per la gestione dell'acqua a scala di edificio**

Relatore:

Prof.ssa Ilaria Butera

Candidato:

Alberto Puglia

*Alla mia famiglia e alla persona che amo,  
che non hanno mai smesso di credere in me,  
sostenendomi in qualsiasi momento.*

*Alla Prof.ssa Ilaria Butera,  
ringraziandola per la disponibilità e gentilezza dimostrata,  
nel percorso accademico e nella realizzazione della tesi.*

***“Qualunque cosa tu possa fare,  
qualunque sogno tu possa sognare, comincia.  
L’audacia reca in sé genialità, magia e forza.”***

***(Johann Wolfgang von Goethe)***

## **Indice**

<b>ABSTRACT .....</b>	<b>3</b>
<b>INTRODUZIONE.....</b>	<b>4</b>
<b>CAPITOLO 1.....</b>	<b>5</b>
<b>LA GESTIONE DELL'ACQUA: DALLA CITTÀ ALL'EDIFICIO .....</b>	<b>5</b>
1.1 Gli effetti dell'urbanizzazione sulla gestione delle acque.....	6
1.1.1 Impermeabilizzazione del suolo .....	7
1.1.2 Inquinamento delle acque.....	8
1.2 Gli effetti del cambiamento climatico .....	9
1.3 Nuove strategie e tecniche di gestione dell'acqua.....	10
1.3.1 Gli strumenti .....	11
1.3.1.1 Tetto giardino .....	18
1.3.1.2 Verde verticale.....	22
1.3.1.3 Pavimentazioni permeabili .....	28
<b>CAPITOLO 2.....</b>	<b>30</b>
<b>I CASI STUDIO .....</b>	<b>30</b>
2.1 L'edificio 25 Verde (Italia).....	30
2.2 La fitodepurazione: l'esempio della Bertschi School a Seattle e la Espai Tabacalera a Tarragona.....	33
2.2.3 Bertschi School a Seattle (USA) .....	33
2.2.4 La Espai Tabacalera a Tarragona (Spagna) .....	36
2.3 Il progetto Climateproof di Zoho Rotterdam (Paesi Bassi).....	38
2.4 Il quartiere di Augustenborg a Malmo (Svezia) .....	41
<b>CAPITOLO 3.....</b>	<b>44</b>
<b>PROPOSTA PROGETTUALE:.....</b>	<b>44</b>

<b>“TERZO ISTITUTO COMPRENSIVO DE AMICIS – SAN FRANCESCO” .....</b>	<b>44</b>
3.1 Analisi del contesto e obiettivi.....	44
3.2 Interventi.....	46
3.2.1 Pavimentazione permeabile .....	46
3.2.1.1 Vantaggi.....	48
3.2.2 Tetto verde estensivo .....	49
3.2.2.1 Vantaggi.....	52
3.3 Analisi critica e soluzioni progettuali. ....	53
<b>CONCLUSIONI .....</b>	<b>55</b>
<b>ALLEGATI .....</b>	<b>56</b>
<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>63</b>
<b>SITOGRAFIA .....</b>	<b>65</b>
<b>INDICE DELLE FIGURE .....</b>	<b>67</b>

## **ABSTRACT**

L'elaborato prodotto prevede un'analisi sui problemi legati all'aumento delle superfici impermeabili dovute all'urbanizzazione, focalizzandosi sulla progettazione di nuovi sistemi di gestione dell'acqua, tra cui il suo riuso, anche alle luce degli effetti dei cambiamenti climatici che hanno portato piogge intense. Sistemi ideati come quelli presso: "L'edificio 25 Verde" a Torino, "Bertschi School" a Seattle, "La Espai Tabacalera" a Tarragona. Parte finale della tesi, riguarderà una proposta progettuale di gestione di acque piovane per una scuola materna ed elementare, situata nella regione Puglia, analizzando i benefici e le condizioni critiche di ogni tipologia di intervento, proponendo, una soluzione alternativa.

## INTRODUZIONE

La realizzazione di sistemi sotterranei per il trasporto di acqua meteorica, realizzati a partire dalla rivoluzione industriale, ha portato ad un progresso sulla gestione e sull'eliminazione dell'acqua stagnante dalle strade, permettendo di realizzare superfici impermeabili, ragione per cui, l'acqua non è più grado di infiltrarsi nel terreno, pertanto viene convogliata rapidamente nei sistemi di drenaggio pubblico, senza lasciar tempo di evaporare. Negli ultimi anni, a causa del cambiamento climatico, è stato necessario ideare nuove strategie e tecniche di drenaggio, che permettano il trattamento e la gestione dell'acqua, promuovendo il suo uso anche come elemento estetico della città. Questo approccio prende il nome di Water Sensitive Urban Design. Le soluzioni innovative prevedono strumenti per trattenere l'acqua, come tetti verdi, facciate verdi, pavimentazione permeabile, oppure strumenti per il suo riutilizzo. Importanti edifici esistenti, prevedono l'introduzione di questi sistemi innovativi.

## CAPITOLO 1

### LA GESTIONE DELL'ACQUA: DALLA CITTÀ ALL'EDIFICIO

Per comprendere appieno l'importanza della gestione dell'acqua a scala di edificio, è opportuno partire dal livello urbano, in quanto bisogna in primis capire quale è il ruolo di questo elemento fondamentale per la vita dell'uomo e quali sono gli approcci che finora sono stati utilizzati per trattarla.

L'acqua ha sempre svolto e svolge tuttora un ruolo significativo nella vita quotidiana dell'uomo; infatti, fin dall'inizio delle civiltà, le città nascevano lungo i fiumi o corpi idrici fornendo agli abitanti acqua dolce, cibo, possibilità di praticare l'agricoltura, anche se con modalità di raccolta molto semplici e con poche strumentazioni. Si è passati poi in epoca romana a una vera e propria gestione dell'acqua attraverso costruzioni idrauliche per l'avvicinamento dell'acqua pulita proveniente dalle montagne e dalle colline verso la città.<sup>1</sup>

Tuttavia, l'esigenza di trattare le acque nelle città divenne un serio problema alla fine del XVIII secolo con l'inizio della rivoluzione industriale, quando la crescita della popolazione urbana portò al sorgere di molti edifici addossati l'un l'altro, in cui vivevano un elevato numero di persone in pessime condizioni igienico sanitarie derivanti dall'assenza di servizi.

Queste condizioni portarono alla diffusione di epidemie di colera per cui i pianificatori iniziarono ad attuare progetti di urbanizzazione che prevedevano la canalizzazione sotterranea dell'acqua piovana e l'uso di fognature.

Questi piani miravano a eliminare l'acqua stagnante con l'impermeabilizzazione delle strade, rendendole così facilmente fruibili e rendendo i quartieri più vivibili. L'impermeabilizzazione, con la costruzione di sistemi sotterranei di acquedotti e fognature, è ancora il metodo primario di gestione dell'acqua nelle aree urbane<sup>2</sup>.

---

<sup>1</sup> Culligan Italia SPA (2020). *L'acqua nella storia dell'uomo*. In <https://www.culligan.it/acqua-nella-storia-delluomo/>

<sup>2</sup> Deppo L., Datei C. (2009), *Fognature*, Libreria Internazionale Cortina, Padova.

## 1.1 Gli effetti dell'urbanizzazione sulla gestione delle acque

In condizioni naturali, l'acqua opera in un ciclo di precipitazioni, infiltrazioni, deflusso superficiale ed evaporazione. Ciò però, viene limitato nelle aree fortemente urbanizzate, in quanto a causa delle superfici impermeabilizzate, non può infiltrarsi nel terreno, quindi, viene rapidamente raccolta e scaricata nei sistemi di drenaggio pubblico senza lasciare tempo di evaporare o di infiltrarsi. Si viene così a comprendere che il fenomeno dell'urbanizzazione, altera i processi idrologici. Attraverso il naturale ciclo dell'acqua, infatti, si ha un equilibrio tra evapotraspirazione, precipitazione, infiltrazione, ricarica delle acque sotterranee, assorbimento e traspirazione delle piante.

Fondamentale è il compito della vegetazione che intercetta, rallenta e restituisce acqua all'atmosfera, diminuendo il quantitativo d'acqua che si infiltra nel terreno.<sup>3</sup>

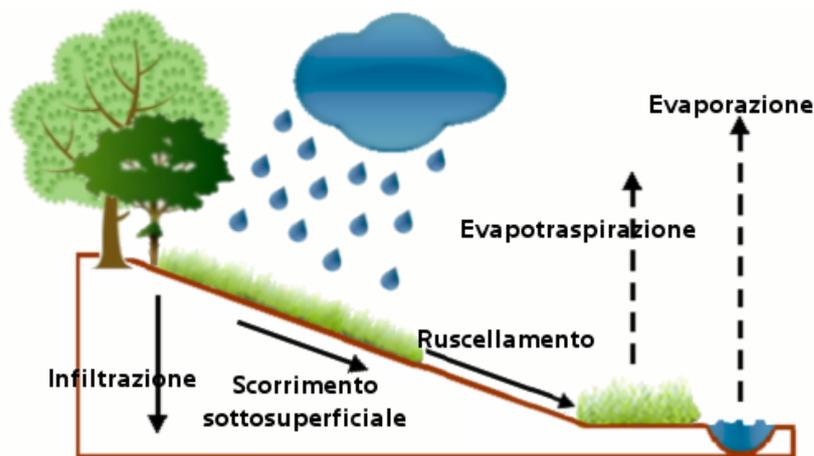


Figura 1 Ciclo dell'acqua

Con l'aumento delle questioni legate al cambiamento climatico, sono necessari nuovi modi di trattare il drenaggio urbano, e di conseguenza anche la gestione delle acque degli edifici.

<sup>3</sup> Andersson, E., Barthel, S., Borgström, S. et al. (2014) *Reconnecting Cities to the Biosphere: Stewardship of Green Infrastructure and Urban Ecosystem Services*. AMBIO 43, 445–453.

### 1.1.1 Impermeabilizzazione del suolo

L'inserimento di elementi come strade, parcheggi, tetti e marciapiedi comporta inevitabilmente l'impermeabilizzazione del suolo e di conseguenza un aumento del deflusso superficiale e un abbassamento dell'infiltrazione, dell'evapotraspirazione e dell'alimentazione delle falde.<sup>4</sup> 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. Pertanto, le acque meteoriche nelle superfici impermeabili trovano altri punti per infiltrarsi e hanno tempi di propagazione diversi. Quindi, la riduzione di aree drenanti, intensifica i volumi di piena e determina un incremento della portata al colmo e una riduzione del suo tempo caratteristico di formazione. Ovvero la bassa capacità delle aree urbanizzate di assimilare le acque di precipitazione comporta notevoli aumenti nel volume, velocità e portata del deflusso superficiale causando problemi legati agli allagamenti.<sup>5</sup> A peggiorare le problematiche legate all'elevata impermeabilizzazione del suolo si aggiungono i fenomeni di pioggia intensa, poiché l'acqua da smaltire aumenta e causa problemi al sistema di drenaggio.

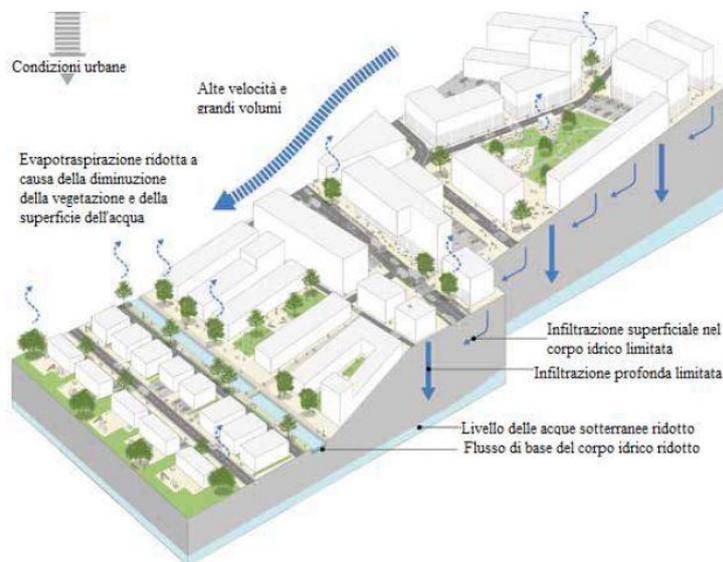


Figura 2 Processo di evapotraspirazione in un contesto urbano

<sup>4</sup> 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.

<sup>5</sup> 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.

### **1.1.2 Inquinamento delle acque**

Ulteriore problematica è rappresentata dal fatto che l'acqua urbana contiene un elevato livello di inquinanti, catturati durante il dilavamento sulla pavimentazione stradale, per cui questo aspetto ha un impatto negativo sulla qualità delle acque sotterranee e sull'approvvigionamento idrico.<sup>6</sup>

Senza un adeguato trattamento di depurazione, queste sostanze portate dall'acqua piovana confluiscono nei fiumi, nelle acque sotterranee e nei mari rappresentando un rischio per l'ambiente e la salute pubblica. L'inquinamento dipende dall'estensione e dal tipo di urbanizzazione (residenziale o industriale) e quasi sempre in tali acque si registra una concentrazione di sostanze chimiche come metalli, ammonio, idrocarburi, fosforo e solidi sospesi.<sup>7</sup> Gli ioni cloruro sono molto elevati nei flussi urbani, specialmente lì dove il cloruro di sodio viene usato come principale prodotto antigelo nelle strade. Altre sostanze rilevate sono i pesticidi (come insetticidi, erbicidi e fungicidi) e spesso la concentrazione di queste sostanze nei sedimenti urbani supera frequentemente quella osservata nelle aree agricole.

Nelle acque provenienti dal dilavamento della superficie stradale si trovano anche molti metalli che comprendono piombo, zinco, cromo, rame, manganese, nichel e cadmio, proprio perché questi elementi costituiscono i rivestimenti dei freni, gli pneumatici e parti del motore dei veicoli. Per evitare il problema dell'inquinamento delle acque, vi sono due tipologie di sistemi fognari sotterranei<sup>8</sup>:

- Sistemi fognari combinati in cui le acque reflue e le acque piovane non vengono suddivise ma sono raccolte in una rete di tubi. Questa acqua mista è diretta all'impianto di trattamento delle acque reflue, poi pulita e scaricata nel fiume.
- Sistemi fognari separati in cui le acque reflue e le acque piovane sono raccolte in due reti separate. Le acque reflue vengono convogliate verso l'impianto di trattamento mentre il tubo di scarico dell'acqua piovana direttamente nell'acqua ricevente.

---

<sup>6</sup> Woods Ballard B., Wilson S., Udale-Clarke H., Illman S., Scott T., Ashley R., Kellagher R. (2016), *The SuDS Manual*, CIRIA, London.

<sup>7</sup> Paul M.J. et al. 2001), *Streams in the Urban Landscape*. In: Annual Review of Ecology and Systematics, vol. 32:333-365.

<sup>8</sup> Da Deppo L., Datei C. (2009), *Fognature*, Libreria Internazionale Cortina, Padova.

## 1.2 Gli effetti del cambiamento climatico

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, che causano alluvioni urbane e allagamenti. Il sistema di infrastrutture di drenaggio urbano tradizionale risulta essere una difficile risposta alle crescenti sfide del clima, infatti, queste come abbiamo visto sono principalmente sotterranee e comprendono sistemi di tubazioni che risultano costosi da mantenere ma anche difficili da ampliare e riadattare alle nuove esigenze.<sup>9</sup> 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. In caso di pioggia, poi, tutta l'acqua piovana viene convogliata nel sistema fognario senza limiti di portata e ciò risulta molto spesso insostenibile, l'idea di una soluzione alternativa, quindi, potrebbe basarsi sulla creazione di un insieme di infrastrutture idrauliche che funzionando in sinergia alleggeriscano il carico dei meccanismi di drenaggio esistenti.<sup>10</sup>

L'attuazione di una gestione sostenibile delle acque meteoriche comporterebbe pertanto misure a scale diverse, partendo dalla pianificazione regionale, dove l'utilizzo del territorio potrebbe essere diversificato a seconda dalle condizioni topografiche e anche idrologiche, per passare al riadattamento delle città dove utilizzare sistemi innovativi e ad hoc, e passando a progettare la costruzione di impianti e il riciclo delle acque piovane all'interno dei singoli edifici costituenti il tessuto urbano.

---

<sup>9</sup> Costruzione di un sistema di paesaggio urbano di infrastrutture per la gestione delle acque piovane: Nanjing come caso di studio Xiao-ning Hua, Scuola di Architettura e Urbanistica, Nanjing University, Jiangsu, Cina.

<sup>10</sup> 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. Manual*. Published by jovis jovis Verlag GmbH, Kurfürstenstraße 15/16, D-10785 Berlin.

### 1.3 Nuove strategie e tecniche di gestione dell'acqua

Negli ultimi anni sono state proposte diverse strategie e tecniche per migliorare la gestione sostenibile dell'acqua partendo dalla città per arrivare ai singoli edifici, come<sup>11</sup>:

- Low-impact development (LID)
- Green Infrastructure (GI)
- Sustainable Urban Drainage System (SUSD, nel Regno Unito)
- Water Sensitive Urban Design (WSUD, in Australia)

La filosofia delle LID è di minimizzare gli impatti negativi provocati dal deflusso delle acque superficiali nelle aree sviluppate, migliorare le proprietà dell'acqua, supportare l'ecosistema. Le infrastrutture verdi, hanno come funzione principale quella di limitare il rischio di alluvione<sup>12</sup>, mentre il SUSD si fonda su sistemi di drenaggio sostenibili, che tengono conto della biodiversità e della quantità e qualità dell'acqua.

Il Water Sensitive Urban Design (WSUD) si basa sulla cooperazione tra gestione delle acque, progettazione urbana e pianificazione del paesaggio, ossia promuove l'uso dell'acqua come elemento estetico della città ma guardando ai temi di sostenibilità ecologia, economia, socialità e cultura<sup>13</sup>. La nuova strategia del WSUD è stata introdotta all'inizio degli anni '90, si basa sull'idea di introdurre più verde nelle città poiché 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.

Bisogna inoltre sottolineare che l'aumento della temperatura, non solo rende l'aria della città irrespirabile e insalubre, causando quindi problemi per la salute dell'uomo, ma determina anche elevati consumi energetici dei singoli edifici per l'uso di sistemi di condizionamento che rendano gli spazi interni più vivibili.

Altra strategia utilizzata per il riciclo delle acque è l'utilizzo delle cosiddette "infrastrutture verdi", progetti che includono elementi vegetali al loro interno, collegate

---

<sup>11</sup> Woods Ballard B., Wilson S., Udale-Clarke H., Illman S., Scott T., Ashley R., Kellagher R. (2016), *The SuDS Manual*, CIRIA, London.

<sup>12</sup> Woods Ballard B., Wilson S., Udale-Clarke H., Illman S., Scott T., Ashley R., Kellagher R. (2016), *The SuDS Manual*, CIRIA, London.

<sup>13</sup> 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. Manual*. Published by jovis jovis Verlag GmbH, Kurfürstenstraße 15/16, D-10785 Berlin.

a edifici o spazi aperti del tessuto urbano. Queste sono strettamente connesse alle “*infrastrutture blu*”, che sono quelle che svolgono funzioni idrologiche, durante le precipitazioni e le inondazioni, svolgono il compito di assorbire e gestire l’acqua<sup>14</sup>. 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 nel sito per non scaricarla nel sistema fognario.

### **1.3.1 Gli strumenti**

Per raggiungere gli obiettivi precedentemente descritti vengono utilizzati diversi strumenti<sup>15</sup>, questi vengono adottati sia nella progettazione di spazi pubblici sia per gli edifici. Nella prima fase verranno descritti in base alle loro capacità e funzioni e successivamente ci si focalizzerà su alcuni di essi.

Per quanto concerne la raccolta dell’acqua piovana, questa può essere sotterranea o in superficie. L’acqua viene stoccata in appositi contenitori per essere riutilizzata in diversi modi: per la fornitura di servizi igienici, per gli irrigatori antincendio, per l’irrigazione dei giardini, per fontane o piscine. Si progettano elementi fuori terra che diventano parte del paesaggio ed elementi di design. Inoltre, per il trasporto si possono prevedere canali aperti che rappresentano un’alternativa alle fognature.

Il trattamento delle acque piovane è un passo fondamentale prima di riutilizzare l’acqua per scopi domestici o prima dell’infiltrazione nel terreno. Vi sono diversi elementi di progettazione che vengono utilizzati in questo senso e sono:

- Aree di bioritenzione
- Biotopi

---

<sup>14</sup> Wouters P., Dreiseitl H., Wanschura B., Wörlen M., Moldaschl M., Wescoat J., Noiva K. (2016). *Blue-green infrastructures as tools for the management of urban development and the effects of climate change*. Ramboll, Environ

<sup>15</sup> 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. Manual*. Published by jovis jovis Verlag GmbH, Kurfürstenstraße 15/16, D-10785 Berlin.

## Aree di bioritenzione

Le aree di bioretentione simulano l'ecosistema di un bosco, sono degli spazi verdi in cui l'acqua viene filtrata e viene depurata dagli inquinanti servendosi della vegetazione e di strati di suolo drenante. All'interno di queste aree, è possibile piantare diversi tipi di vegetazione che migliorano la qualità del paesaggio e mantengono e purificano l'acqua, inoltre, quando non inondate, queste possono essere utilizzate come aree ricreative.<sup>16</sup>

Il loro compito, quindi, non è solo quello di intercettare le portate che transitano sul piano stradale, ma favoriscono l'inserimento di aree verdi che forniscono un habitat per determinate specie animali e vegetali, in modo tale da preservare la biodiversità.<sup>17</sup>

In questo modo attenuano le temperature del microclima agevolando l'evapotraspirazione.

Quindi abbiamo detto che l'acqua piovana viene raccolta temporaneamente in superficie e poi filtrata per mezzo della vegetazione nel suolo sottostante, successivamente questa può andare direttamente nel sistema di drenaggio, oppure, può essere rilasciato nel terreno circostante. Il vantaggio di tali pratiche è che una parte del deflusso iniziale verrà perso tramite l'evapotraspirazione e la traspirazione della vegetazione.



Figura 3 Componenti del sistema di bioretentione

Esistono diverse varianti dei sistemi di bioretentione, i più semplici sono i cosiddetti giardini di pioggia o rain gardens, utilizzati sia in giardini di strutture private sia in

<sup>16</sup> Woods Ballard B., Wilson S., Udale-Clarke H., Illman S., Scott T., Ashley R., Kellagher R. (2015), The SuDS Manual, CIRIA

<sup>17</sup> Stormwater management manual city of Portland

ambiente urbano<sup>18</sup>. Nei rain gardens, figura 4, il sistema delle bioretensioni si riduce a un unico strato di 200-500 mm, costituito da una miscela di terriccio e di sabbia che permette l'infiltrazione, e di acqua stagnante con una profondità massima di 150 mm. Di solito, per evitare lo straripamento fuori terra, di acqua in eccesso, viene installato un tubo che permette di farla defluire, come riportato in Figura 4.

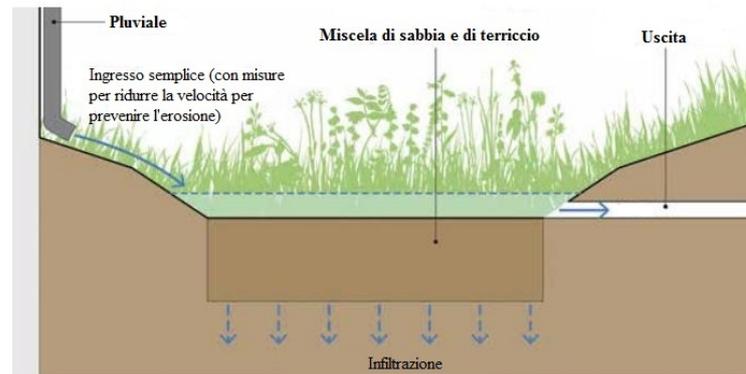


Figura 4 Esempio di rain garden

## Biotopi

Nascono dall'esigenza di sostenere la biodiversità proteggendo le specie minacciate dai continui cambiamenti climatici e di conseguenza degli habitat in cui vivono. Sono costituiti da un paesaggio di piante e da animali appositamente creati per la stabilità ecologica<sup>19</sup>, queste aree sono collegate ad altri spazi verdi più ampi per evitare la frammentazione degli ecosistemi. L'infrastruttura verde offre quindi un ambiente stabile per la fauna, dei percorsi per la migrazione di animali e un passaggio sicuro per il deflusso delle acque superficiali che superano la capacità del sistema di drenaggio.

<sup>18</sup> Abram P. (2011), *Il verde pensile. Progettazione dei sistemi. Manutenzione*. Sistemi editoriali.

<sup>19</sup> Stormwater management manual city of Portland



*Figura 5 Biotopi*

I biotopi possono essere utilizzati per migliorare la qualità dell'acqua attraverso, ad esempio, l'ossigenazione naturale<sup>20</sup>. Ovviamente questi elementi migliorano anche la qualità del paesaggio perché possono essere riprogettati per proteggere un edificio dal vento o da viste sgradevoli e incorniciare spazi pubblici o sentieri.

Per quanto concerne la questione dell'evapotraspirazione che è un passo essenziale nel ciclo dell'acqua, l'idea di base è quella di aumentare la superficie verde e porosa per promuovere un migliore processo di evapotraspirazione anche nelle città dove per l'elevata percentuale di superfici pavimentate aumenta l'effetto isola di calore. Ci sono due tipi di evapotraspirazione<sup>21</sup>:

- Evapotraspirazione passiva è attuato da ogni tipo di elemento vegetale e consegue la purificazione dell'aria
- Evapotraspirazione attiva è un processo che si ottiene utilizzando muri di acqua piovana, fontane e piscine, in quanto il movimento dell'acqua agisce direttamente sulla temperatura e sulla qualità dell'area. Questo sistema è chiaramente applicabile sia all'interno degli edifici, sia negli spazi pubblici, e svolge anche la funzione di migliorare l'estetica del luogo.

Gli strumenti che hanno la funzione di trattenerne l'acqua sono i seguenti:

---

<sup>20</sup> Hamel P. et al. (2013), *Source-control stormwater management for mitigating the impacts of urbanisation on baseflow: A review*. In: *Journal of Hydrology*, pp. 201-211.

<sup>21</sup> 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. Manual*. Published by jovis jovis Verlag GmbH, Kurfürstenstraße 15/16, D-10785 Berlin.

- Tetto verde
- Facciata verde
- Pavimentazione permeabile
- Zone di infiltrazione e trincee
- Swales
- Sistemi geo-cellulari
- Bacino di detenzione
- Water square.

Segue una panoramica generale su questi ultimi, e successivamente ci si soffermerà a descrivere più dettagliatamente quelli che sono gli strumenti pensati e utilizzati prettamente negli edifici: il tetto giardino, la facciata verde, pavimentazioni permeabili. **Zone di infiltrazione e trincee**, figura 6, sono spazi adibiti a giardini che vengono progettati proprio per la rapida infiltrazione delle acque superficiali durante le tempeste. Queste sono caratterizzate dall'uso di ghiaie sabbia e minerali, sono strumenti usati anche per abbellire giardini privati e zone delle città dove vi è una forte presenza di pavimentazione.<sup>22</sup>.

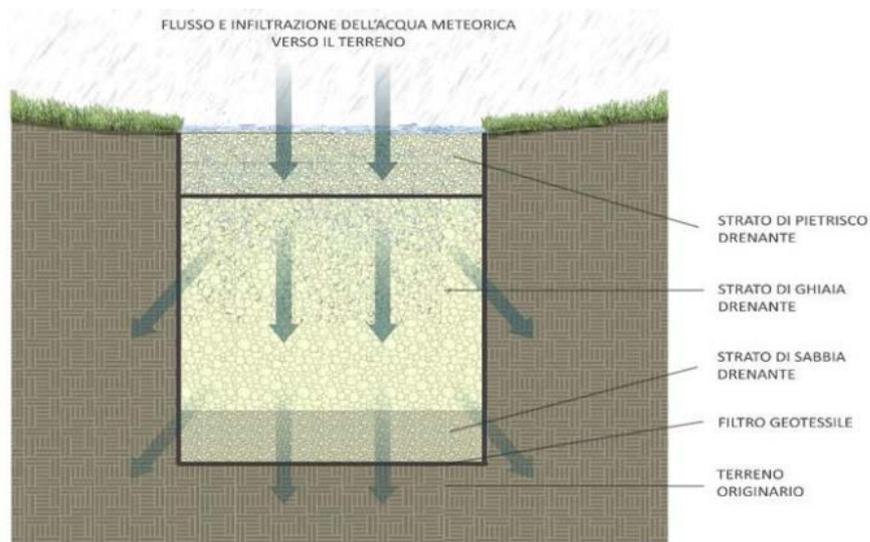


Figura 6 Zona di infiltrazione e trincea

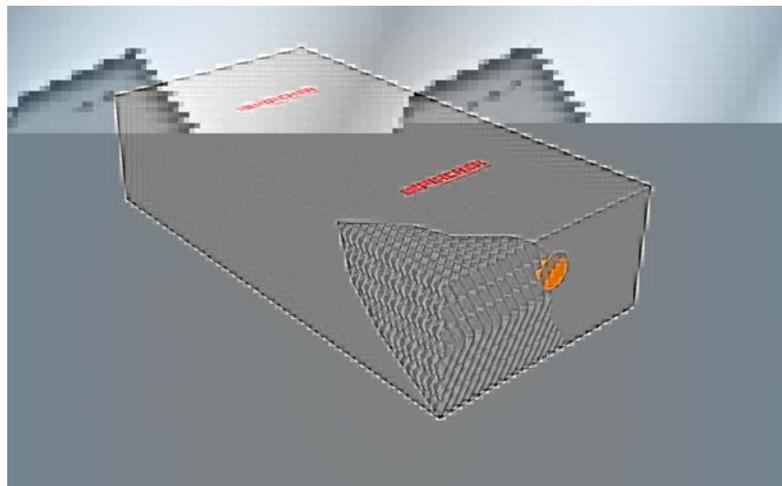
<sup>22</sup> Woods Ballard B., Wilson S., Udale-Clarke H., Illman S., Scott T., Ashley R., Kellagher R. (2015), The SuDS Manual, CIRIA

Gli **Swales**, Figura 7, sono canali ampi, poco profondi, coperti di vegetazione, in grado di rimuovere gli inquinanti, e sono progettati per immagazzinare o trasportare l'acqua.



*Figura 7 Swale*

I **sistemi geo-cellulari**, Figura 8, sono strutture prefabbricate e progettate per immagazzinare l'acqua piovana, queste vengono installate e sono usate prettamente nelle aree urbane.



*Figura 8 Sistema geo-cellulare*

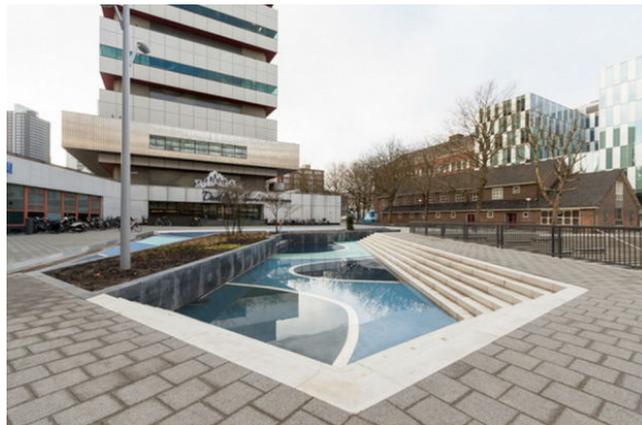
Il **bacino di detenzione**, Figura 9, sono spazi vegetati poco profondi, progettati per trattenere temporaneamente le acque di pioggia. Questi elementi sono inizialmente vuoti e utilizzati come spazi aperti, fino al periodo delle piogge quando l'acqua viene

raccolta e lentamente viene infiltrata nel terreno, ricreando, successivamente la situazione iniziale del bacino.



*Figura 9 Bacino di detenzione*

Il **Water square**, Figura 10, è una piazza pensata con una duplice funzione, funge da area fruibile durante i periodi in cui non piove e poi si trasforma in un bacino di raccolta di acqua piovana durante le giornate di pioggia<sup>23</sup>



*Figura 10 Water square in Rotterdam*

---

<sup>23</sup> 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.

### **1.3.1.1 Tetto giardino**

I tetti giardino sono delle aree verdi installate sulla sommità degli edifici, e comportano diversi benefici<sup>24</sup>:

- Migliorano le condizioni dell'edificio limitando l'effetto isola di calore
- Compensano la vegetazione che è stata rimossa in seguito alla costruzione della struttura
- Mitigano le condizioni dell'ambiente circostante pulendo l'aria e riducendo il deflusso delle acque meteoriche verso gli scarichi
- Migliorano la qualità dell'acqua
- Migliorano l'estetica dell'edificio

I tetti verdi vengono classificati in “estensivi” e “intensivi” a seconda del tipo di vegetazione che viene prevista sulla copertura, e che di conseguenza comporta maggiore o minore manutenzione del sistema.

Un tetto verde estensivo è un rivestimento ideale per qualsiasi tipologia di copertura, è costituito da una vegetazione a bassa crescita, come muschi, erbe spontanee, graminacee, tutte tipologie di piante che si adattano facilmente a qualsiasi clima e che non necessitano di un substrato molto elevato per crescere per cui non gravano sulle strutture. Solitamente queste tipologie non richiedono manutenzione per cui questa tipologia di tetto può essere anche non ispezionabile<sup>25</sup>.

I tetti verdi intensivi vengono anche chiamati “giardini pensili”, hanno substrati più profondi, poiché la vegetazione utilizzata comprende piante con dimensioni più elevate, come anche cespugli e arbusti. In questo caso sono accessibili per la manutenzione e possono essere anche pensati come luoghi di incontro. Per l'applicazione di queste strutture è chiaro che va progettata la capacità strutturale del tetto affinché sopporti i carichi, e va previsto un'impermeabilizzazione per proteggere l'edificio da possibili infiltrazioni. Tuttavia, queste coperture possono essere applicate a qualsiasi tipo di edificio, che sia una scuola, un edificio residenziale, un centro commerciale e apportano

---

<sup>24</sup> 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.

<sup>25</sup> Abram P. (2011), *Il verde pensile. Progettazione dei sistemi. Manutenzione*. Sistemi editoriali.

moltissimi benefici: sicuramente quello di gestire l'acqua piovana ma soprattutto attenuano le temperature del tetto nelle giornate afose grazie all'evapotraspirazione delle piante e ciò abbassa i consumi energetici dell'edificio. L'acqua immagazzinata viene rilasciata in modo controllato e utilizzata per l'irrigazione del tetto stesso per cui è un sistema autosufficiente<sup>26</sup>.

Il limite di queste strutture è il costo per la costruzione e manutenzione che è più alto rispetto a quello dei tetti tradizionali, ma sicuramente forniscono molti benefici riscontrabili a lungo termine.

Ci sono vari tipi di tetto giardino che variano a seconda del luogo dove vengono inseriti e delle strutture scelte, ma in linea generale i componenti sono questi spiegati di seguito, ovviamente a seconda che si tratti di un tetto verde estensivo o intensivo, cambiano le caratteristiche dei diversi strati<sup>27</sup>:

- 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.

Si riporta in Figura 11 un esempio di stratigrafia di tetto giardino.

---

<sup>26</sup> Woods Ballard B., Wilson S., Udale-Clarke H., Illman S., Scott T., Ashley R., Kellagher R. (2015), The SuDS Manual, CIRIA

<sup>27</sup> Abram P. (2011), *Il verde pensile. Progettazione dei sistemi. Manutenzione*. Sistemi editoriali.

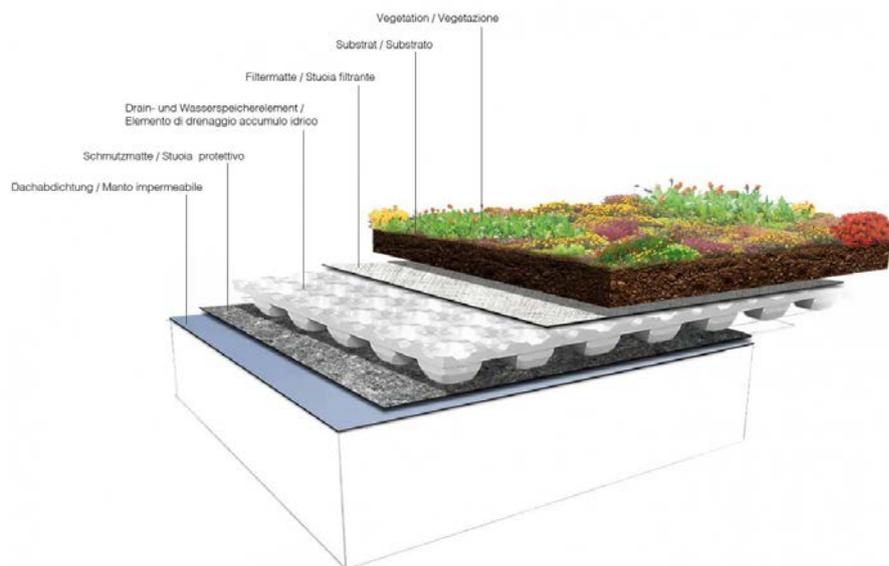


Figura 11 Stratigrafia tetto giardino

Le prestazioni dei green roof cambiano a seconda della stagione e del luogo in cui vengono messi in opera; infatti, non tutta l'acqua viene usata per irrigare il giardino per cui una parte viene scaricata nel sistema drenante dell'edificio. Per cui se l'edificio è situato in una zona caratterizzata da elevate precipitazioni avremo una maggiore quantità di acqua espulsa. In estate data la scarsità delle piogge si ha una riduzione del deflusso.

La capacità di trattenere le acque meteoriche viene misurata con il "coefficiente di deflusso"  $\phi$  che rappresenta, per una determinata superficie, il rapporto tra l'acqua<sup>28</sup> piovana che viene rilasciata e l'acqua piovana che viene immagazzinata in uno specifico intervallo di tempo, questo coefficiente varia tra 0 e 1. A coefficiente uguale a zero corrispondono superfici per le quali è nulla la quantità di acqua rilasciata. A coefficiente uguale a 1 corrispondono superfici che rilasciano il 100% dell'acqua captata, ovviamente più basso è il valore di  $\phi$  maggiore è la capacità di contenimento della stratigrafia del tetto giardino. La Norma UNI 11235, che è il riferimento per la realizzazione dei giardini pensili in Italia, esprime l'importanza del coefficiente di deflusso che viene usato come parametro sintetico della funzionalità idraulica ed ecologica del sistema.

<sup>28</sup> Bacini di infiltrazione e tetti verdi soluzioni per contenere situazioni di eccesso d'acqua. Edilportale. (2021) [https://www.edilportale.com/news/2021/06/focus/bacini-di-infiltrazione-e-tetti-verdi-soluzioni-per-contenere-situazioni-di-eccesso-d-acqua\\_83455\\_67.html](https://www.edilportale.com/news/2021/06/focus/bacini-di-infiltrazione-e-tetti-verdi-soluzioni-per-contenere-situazioni-di-eccesso-d-acqua_83455_67.html)

Lo spessore del terriccio è l'elemento determinante ai fini del contenimento dei deflussi delle acque meteoriche, questo dipende dal tipo di vegetazione si prevede di installare. Questi spessori sono standardizzati per le varie tipologie di vegetazione con opportuni spessori indicati dalla norma UNI 11235: maggiore è lo spessore degli strati maggiore è il trattenuto d'acqua e minore sarà il deflusso.

Bisogna inoltre fare attenzione alle pendenze dei tetti sui quali vengono progettati questi giardini<sup>29</sup>, in quanto se il tetto è ripido ha una minore capacità di stoccaggio dell'acqua perché ovviamente questa scorre più velocemente e necessita di sistemi di ancoraggio. Alcune tipologie di tetti verdi hanno anche capacità filtranti e possono contribuire ad abbassare la quantità di inquinanti nell'aria tramite processi fisici, biologici e chimici, che si verificano all'interno del suolo e della zona di assorbimento dell'acqua<sup>30</sup>.

Si riportano in Figura 12 e 13 a titolo di esempio, dei tetti giardini.



*Figura 12 California Academy of Science progetto di Renzo Piano*

---

<sup>29</sup> Abram P. (2011), *Il verde pensile. Progettazione dei sistemi. Manutenzione*. Sistemi editoriali.

<sup>30</sup> [www.fondoambiente.it](http://www.fondoambiente.it)



Figura 13 Nanyang School of Art, Singapore

### **1.3.1.2 Verde verticale**

È un sistema vegetativo verticale che a seconda delle modalità di costruzione, di coltivazione della vegetazione e di diverse applicazioni, bisogna distinguere in tre macrocategorie<sup>31</sup>:

- verde parietale;
- muro vegetale;
- giardino verticale.

Per **verde parietale**, Figura 14, si intende il rivestimento di pareti o di facciate di edifici tramite l'uso di vegetazione rampicante, che viene piantata a terra in vasi o vasche di calcestruzzo nelle vicinanze della superficie da coprire oppure viene posta in contenitori posti alla sommità dell'edificio stesso<sup>32</sup>. Il verde parietale prevede l'installazione di apposite strutture di sostegno come tralicci, telai e griglie ancorate alle pareti per sostenere la vegetazione. È importante che questi interventi mirino alla fusione tra vegetazione e manufatto, in modo tale da non provocare il degrado della parete o dell'edificio sul quale è installata. Altro aspetto fondamentale è la scelta delle specie botaniche da utilizzare per la realizzazione del verde, affinché la pianta venga collocata

---

<sup>31</sup> Fonte [www.lineeverdi.it](http://www.lineeverdi.it)

<sup>32</sup> Abram P. (2011), *Il verde pensile. Progettazione dei sistemi. Manutenzione*. Sistemi editoriali.

in aree climaticamente adatte alla sua specie, tenendo conto appunto di clima, luce, esposizione, terreno, acqua necessaria per la crescita<sup>33</sup>.



*Figura 14 Verde parietale applicato alla facciata di un edificio*

Per **muro vegetale**, Figura 15, si intende l'insieme di soluzioni che prevedono l'utilizzo di prodotti industriali per realizzare elementi verticali, rivestiti di vegetazione arbustiva. Il substrato dell'impianto consiste in un duplice strato di feltro sintetico e le piante sono collocate manualmente, dall'operatore, che le inserisce in apposite tasche ricavate nello spessore fra i due tessuti.

Obiettivo dei muri vegetali non è solo quello di riciclare acqua e aumentare la vegetazione nei tessuti urbani ma diventare barriere acustiche fonoassorbenti ed elementi di protezione e separazione spaziale per gli edifici stessi.

---

<sup>33</sup> Hamel P. et al. (2013), *Source-control stormwater management for mitigating the impacts of urbanisation on baseflow: A review*. In: *Journal of Hydrology*, pp. 201-211.



Figura 15 Piantumazione di un muro vegetale

Per **giardino verticale** si intende un'installazione polimerica per la coltivazione di un gran numero di specie erbacee e arbustive posizionate sul piano verticale e dotato generalmente di impianto di irrigazione integrato e automatico<sup>34</sup>. Questa soluzione sotto l'aspetto tecnico-costruttivo è più complessa del rivestimento di facciate tramite piante rampicanti in quanto possono essere realizzati sia tramite elementi prefabbricati sia mediante assemblaggio di diversi componenti di produzione industriale.

Il giardino verticale include un'ampissima e diversificata gamma di soluzioni tecniche; è possibile individuare, in base ad una divisione tipologica, tre sottocategorie, diversificate ampiamente tra loro a seconda delle modalità costruttive e gli esiti compositivi<sup>35</sup>.

- a contenitori integrati: sono giardini realizzati collocando nella struttura architettonica contenitori o vasche lineari per definire trame o partizioni in facciata di edifici
- a combinazione: sono quelle soluzioni realizzate tramite sistemi costruttivi che necessitano dell'installazione di cavi tesati, sostegni e impalcature abbinati a contenitori, vasche e fioriere
- a estensione continua complanare: questa tipologia è basata sull'assemblaggio tra componenti di produzione industriale, in modo da essere interconnessi in maniera solidale tra loro, per incastro, al fine di ottenere un piano verticale di coltivazione senza interruzioni.

---

<sup>34</sup> Berndtsson, J. C. et al. (2006), *The influence of extensive vegetated roofs on runoff water quality*. In: *Science of the Total Environment*, vol. 355, n. 1-3, 48-63.

<sup>35</sup> Abram P. (2011), *Il verde pensile. Progettazione dei sistemi. Manutenzione*. Sistemi editoriali.

Queste tecniche appena descritte, prevedono sia l'uso di substrati inorganici come feltro o perlite, sia organici ossia terriccio alleggerito. Nel primo caso parliamo di sistemi leggeri e a strati, aventi spessore compreso tra i 12 e i 20 cm, in cui è previsto l'utilizzo di griglie o telai di alluminio, legno o acciaio e substrato tessile; nel secondo, invece, parliamo di sistemi pesanti, assemblati tramite moduli a cassoni o gabbioni, materiali espansi, fibra<sup>36</sup>. Le piante opportunamente irrigate con una miscela di acqua e sostanze nutritive minerali essenziali, possono radicare e svilupparsi.

I giardini verticali riescono ad aumentare la biodiversità in ambiente urbano, e comportano benefici a livello microclimatico nelle zone d'installazione, tramite la produzione di ossigeno, con filtraggio delle sostanze inquinanti presenti nei centri urbani le cosiddette polveri sottili. Permettono inoltre, di riutilizzare le acque reflue grigie mediante un impianto di recupero assieme a quelle meteoriche, di ridurre l'impatto visivo delle costruzioni e di avere anche funzione di isolamento termico e acustico.

L'installazione di questi sistemi può essere fatta anche in spazi interni agli edifici, dove apporteranno isolamento acustico e miglioramento della qualità dell'aria e della temperatura, con la possibilità di regolare l'umidità in ambienti riscaldati o climatizzati, e senza tralasciare il ruolo estetico.

### **La fitodepurazione**

I sistemi di verde verticale possono essere impiegati nella purificazione passiva dei fluidi. La tecnica della fitodepurazione è un procedimento che sfrutta il principio di autodepurazione tipico degli ambienti acquatici; infatti, questo sistema nasce dalla sinergia che si viene a instaurare tra alcuni particolari tipi di piante, il suolo e i batteri che vi vivono. Utilizzare la fitodepurazione significa gestire l'acqua reflua grigia in uscita da un immobile, mediante un processo passivo reso possibile dagli elementi vegetali che vi sono presenti, in modo che alla fine del processo tale liquido purificato possa essere re-immesso nell'ambiente circostante o riutilizzato all'interno dell'edificio stesso<sup>37</sup>. Nella realizzazione di un impianto vegetale a fini fitodepurativi è importante non

---

<sup>36</sup> Abram P. (2011), *Il verde pensile. Progettazione dei sistemi. Manutenzione*. Sistemi editoriali.

<sup>37</sup> La parete verde come sistema di fitodepurazione, <https://www.teknoring.com/guide/guide-architettura/la-parete-verde-come-sistema-di-fitodepurazione/>

soltanto la selezione dei vegetali, ma anche la corretta concezione tecnologica del sistema e la progettazione delle componenti.

### **Descrizione del sistema fitodepurativo**

Gli impianti fitodepurativi sono dei sistemi biologici secondari costituiti da una successione di vasche e pozzetti interrati all'esterno dell'edificio che hanno diverse finalità. Il fluido da depurare dovrà passare attraverso una serie di stadi purificanti, prima che il liquido in uscita dall'ultima fase del processo, che è la fitodepurazione vera e propria, possa essere re-immesso in ambiente oppure riutilizzato a fini domestici. Prima del passaggio in questo impianto i fluidi devono essere pretrattati nel cosiddetto sistema primario, costituito da vasche di sedimentazione in cui vengono espulsi i solidi grossolani che non possono essere immessi nel sistema di fitodepurazione.



*Figura 26 Esempio sistema di fitodepurazione*

La vasca fitodepurativa è costituita da una camera impermeabilizzata contenente ghiaia di diverse granulometrie o sabbia, e delle particolari specie vegetali: il fluido che vi transita deposita le proprie sostanze in sospensione, uscendone chiarificato. L'azione depurativa viene svolta in maniera sinergica dagli elementi presenti e si basa su un processo di tipo fisico, chimico e biologico; infatti, sabbia e ghiaia contribuiscono ad intrappolare fisicamente le particelle sospese mentre la fisiologia delle piante è efficace nell'abbattimento di sostanze quali azoto e fosforo. Invece microrganismi e batteri

insediatisi in prossimità sia dei substrati che delle radici, svolgono un'azione d'indebolimento dei patogeni<sup>38</sup>.

Come già detto in precedenza è fondamentale la scelta delle specie vegetali da utilizzare, queste sono generalmente macrofite, ossia piante superiori acquatiche.

Alcune tra quelle considerate più efficienti sono *Phragmites australis*, *Typha latifolia*, *Scirpus lacustris*, *Iris pseudacorus*, *Juncus effusus*, *Caltha palustris*, *Alisma aquatica*, *Lithrum salicaria*, *Ceratophyllum demersum*, *Carex* spp, *Scirpus* spp, *Shoenoplectus* spp, *Miriophyllum spicatum*<sup>39</sup>.

### **Il verde verticale e la fitodepurazione**

L'integrazione della tecnica di fitodepurazione al verde verticale, si rivela interessante perché permette di considerare questo sistema in modo funzionale e innovativo nella gestione dell'acqua, ai fini della sostenibilità edilizia ed ecosistemica. L'aspetto positivo di questa integrazione consente una depurazione naturale e passiva delle acque in uscita dalle canalizzazioni di lavabi, docce, vasche da bagno e bidet di un edificio: mediante il transito delle acque saponate all'interno del sistema vegetativo, il refluo viene privato degli inquinanti presenti e può essere re-impiegato per altri usi o immesso nei normali sistemi di smaltimento urbano. Dal punto di vista tecnologico, la realizzazione di una chiusura fitodepurante non richiede particolari differenze rispetto a una qualsiasi altra facciata a verde basata su substrati inerti granulari. La differenza principale consiste nell'utilizzo di un pacchetto più spesso del substrato di ghiaia e sabbia rispetto a una facciata verde semplice. Inoltre, vi è una differenza anche per quanto riguarda il sistema di collettori utilizzati per la conduzione del liquido da trattare.

Qualora si decida d'impiegare i giardini verticali come sistemi atti alla fitodepurazione, sarà da considerare anche l'aumento delle attività di manutenzione e gestione legate alla presenza dei sottosistemi supplementari. Sarà prima di tutto necessario durante la progettazione prevedere uno spazio aggiuntivo dove predisporre pozzetti, vasche di pre e post trattamento del fluido e lo spazio per i vani tecnici. Oltre alla cura delle piante in facciata sarà necessario prevedere manutenzione ulteriore per tutto il sistema

---

<sup>38</sup>La parete verde come sistema di fitodepurazione, <https://www.teknoring.com/guide/guide-architettura/la-parete-verde-come-sistema-di-fitodepurazione/>

<sup>39</sup>Abram P. (2011), *Il verde pensile. Progettazione dei sistemi. Manutenzione*. Sistemi editoriali.

integrato. L'utilizzo di questa tecnologia associata alle pareti verticali permette non solo il riutilizzo a fini non igienici di alcuni reflui domestici ma anche il risparmio dell'acqua di irrigazione per le specie presenti in parete.

### **1.3.1.3 Pavimentazioni permeabili**

Le pavimentazioni permeabili<sup>40</sup> consentono ai pedoni e ai veicoli di circolare, e allo stesso tempo permettono l'infiltrazione delle acque meteoriche attraverso la superficie negli strati sottostanti. L'acqua viene temporaneamente immagazzinata, poi una parte si infiltra nel terreno e una parte viene scaricata più a valle. Tali strutture sono molto efficaci nella gestione delle portate superficiali, in quanto captano e trattano il deflusso. I processi che avvengono all'interno della matrice e dello strato geotessile sono: l'infiltrazione, la filtrazione, l'adsorbimento, la biodegradazione e la sedimentazione. Queste particolari pavimentazioni in base al tipo di materiale superficiale si distinguono in pavimentazioni porose e pavimentazioni permeabili, dove le prime permettono l'infiltrazione dell'acqua lungo tutta la superficie, come il calcestruzzo e l'asfalto poroso, la ghiaia legata con la resina e le superfici rinforzate di erba e ghiaia. Le seconde, invece, sono costituite da blocchi impermeabili, che vengono posizionati lasciando delle intercapedini, in modo che l'acqua piovana possa infiltrarsi negli strati sottostanti. Esistono diverse tipologie di superfici utilizzate per la realizzazione delle pavimentazioni: blocchi di calcestruzzo o altro materiale, asfalto e cemento poroso, erba e ghiaia. Una volta che l'acqua riesce a passare al di sotto della superficie, può essere gestita in tre modi diversi:

- tutta l'acqua penetra all'interno dello strato sottostante senza l'aiuto di alcuno scarico;
- la porzione di acqua, che non riesce ad infiltrarsi nel terreno, viene incanalata nel sistema di drenaggio ricevente, attraverso dei tubi forati;

---

<sup>40</sup> Woods Ballard B., Wilson S., Udale-Clarke H., Illman S., Scott T., Ashley R., Kellagher R. (2015), *The SuDS Manual*, CIRIA, London.

- tutta la portata viene raccolta e trasportata fuori dal sistema tramite l'utilizzo di tubi o scarichi.

Molti studi mostrano che, al contrario delle pavimentazioni tradizionali, quelle permeabili agiscono anche trattenendo gli inquinanti, queste sono quindi da preferire e utilizzare sia in ambito urbano ma soprattutto negli spazi comuni e aree parcheggio di edifici privati in modo tale da migliorare ancora di più la gestione delle acque<sup>41</sup>.

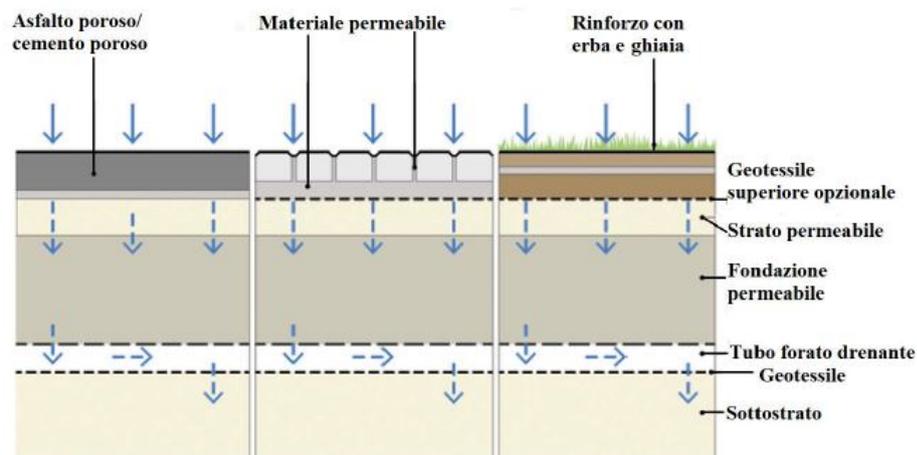


Figura 17 Composizione pavimentazione permeabile

L'applicazione di questi strumenti come i tetti giardino e il verde verticale nella progettazione di edifici risulta molto importante per una gestione innovativa dell'acqua e per migliorare le condizioni di vita di chi ne beneficia direttamente ma anche per le condizioni del contesto urbano in cui vengono collocate.

<sup>41</sup> 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.

## CAPITOLO 2

### I CASI STUDIO

In questo capitolo verranno descritti alcuni casi studio in cui vengono applicati gli strumenti per la gestione dell'acqua esposti al Capitolo 1.

#### 2.1 L'edificio 25 Verde (Italia)

Il primo caso studio è l'edificio-foresta *25 Verde*<sup>42</sup>, progettato dall'architetto Luciano Pia, e sorge a Torino, in via Chiabrera, in una zona adiacente al Parco del Valentino e al Centro Storico Fiat. È un complesso residenziale di 63 appartamenti pensato come un bosco abitabile, situato nel centro del capoluogo piemontese, città con un altissimo tasso di inquinamento atmosferico

È caratterizzato da terrazzi, con circa 150 alberi ad alto fusto, insieme alle 50 piante nella corte, che producono ogni ora circa 150.000 litri di ossigeno, mentre nella notte assorbono circa 200.000 litri di anidride carbonica all'ora.

Uno degli obiettivi dell'intervento è il raggiungimento di una buona efficienza energetica, per questo sono state adottate numerose soluzioni integrate nell'edificio: l'isolamento "a cappotto", le pareti con le intercapedini ventilate, la protezione dall'irraggiamento solare diretto, gli impianti di riscaldamento e di raffrescamento, che utilizzano l'acqua di falda unita ad un sistema con pompa di calore, il recupero delle acque piovane, lo stoccaggio e il riutilizzo per l'irrigazione del verde. L'innovazione proposta dal progetto di 25 Verde si riesce a cogliere anche solo guardando l'involucro esterno dell'edificio: il verde ha un ruolo da protagonista nella facciata, gli elementi strutturali a forma di albero in Cor-Ten, che contornano l'edificio, nascono dal piano terra e crescono fino al tetto, sorreggendo le strutture in legno dei terrazzi; si fondono ed intrecciano con la vegetazione, fino a formare la facciata dell'edificio, unica nel suo

---

<sup>42</sup> Fonte [www.architectural-review.com](http://www.architectural-review.com)

genere. Il fabbricato ospita 63 unità immobiliari indipendenti, tutte diverse tra loro, e dotate sui due lati di grandi terrazze dalla pianta irregolare, che avvolgono la vegetazione, e di ampie pareti vetrate che si affacciano sia sulla strada che verso il giardino interno.



Figura 38 L'edificio 25 Verde

L'edificio è il risultato di uno studio attento per garantire le migliori prestazioni energetiche possibili e la durata nel tempo dello stesso: l'isolamento a cappotto, continuo su tutte le superfici esterne esposte, garantisce un buon isolamento termico generale, e, unito ai serramenti ad alto isolamento termico, con un sistema di telaio in legno e vetrocamera doppio, garantiscono elevate prestazioni. Inoltre, la ricca presenza di vegetazione ha anche l'obiettivo di abbattere le polveri sottili provocate dalle autovetture, protegge dal rumore, crea un microclima ideale all'interno dell'edificio mitigando gli sbalzi di temperatura in estate e inverno.

L'architetto Pia chiarisce così il concept del suo progetto torinese: *"Non avendo la possibilità di costruire una casa in mezzo a un parco abbiamo pensato di costruire un*

*parco in mezzo a una casa, ricreare la sensazione di vivere dentro a un bosco*".<sup>43</sup> Il sistema del verde è caratterizzato da una geometria multiforme: si parte dalle fioriere fino ad arrivare al giardino, dal verde pensile in copertura al verde verticale in facciata, caratterizzando l'edificio con forme, colori ed essenze uniche.



*Figura 49 Vista laterale 25 Verde*

Il 25 Verde è caratterizzato da diverse tipologie di verde, infatti, gli ambiti di intervento sono molteplici: sono state progettate le fioriere sui terrazzi, il giardino-corte interna, il verde pensile nella zona del soppalco, ed il verde pensile in copertura.<sup>44</sup> L'ultimo piano dell'edificio è un giardino pensile, suddiviso in tante proprietà, sono infatti privati in cui ogni proprietario ha piantato ciò che più preferiva, dando però un elevato contributo al benessere dell'intero edificio.

<sup>43</sup> Fonte [www.architectural-review.com](http://www.architectural-review.com)

<sup>44</sup> Fonte [www.lineeverdi.com](http://www.lineeverdi.com)

## **2.2 La fitodepurazione: l'esempio della Bertschi School a Seattle e la Espai Tabacalera a Tarragona**

### **2.2.3 Bertschi School a Seattle (USA)**

L'edificio Bertschi School Living Science, situato nel quartiere di Capitol Hill a Seattle, è un'ala del dipartimento di scienza della scuola elementare. La costruzione è iniziata nel giugno 2010 ed è stata occupata nel febbraio 2011, è un progetto ideato secondo i criteri Living Building Challenge che includono regole stringenti ossia acqua netta zero, energia netta zero e aderenza ad una "Lista Rossa" di materiali da evitare, 14 prodotti chimici di uso comune che non possono essere utilizzati in nessuna parte dell'edificio<sup>45</sup>.

L'involucro dell'edificio è una parete incorniciata in legno altamente isolata con isolamento ecologico, legno certificato FSC e di provenienza regionale, per le vetrate invece sono stati utilizzati muri divisorii isolanti e sistemi di vetrocamera con un'elevata trasmittanza della luce visibile. Questi materiali sono stati scelti a causa del loro basso impatto ambientale, dal contenuto riciclato, grande importanza ha avuto l'approvvigionamento locale. È installato un impianto fotovoltaico da 12 kW che produce tutta l'energia elettrica per l'edificio e consente agli studenti di partecipare al monitoraggio in tempo reale del consumo energetico degli edifici e della produzione fotovoltaica. In copertura vi è anche un tetto verde che riduce l'effetto isola di calore<sup>46</sup>. Tutta l'acqua necessaria per l'edificio viene raccolta e trattata in loco, questo viene fatto attraverso una varietà di metodi, tra cui cisterne per lo stoccaggio, una toilette di compostaggio per il trattamento dell'acqua nera<sup>47</sup>. Interessante è la parete di 300 metri quadri di piante tropicali in cui è installato un sistema di fitodepurazione che tratta l'acqua grigia all'interno della classe. Dà agli studenti un elemento naturale e fornisce aria pulita e benefici fisiologici.

---

<sup>45</sup>Bertschi School Living Science Building, <https://www.wbdg.org/additional-resources/case-studies/bertschi-school-living-science-building>

<sup>46</sup> Archdaily

<sup>47</sup> Bertschi School Living Science Building <https://www.wbdg.org/additional-resources/case-studies/bertschi-school-living-science-building>



*Figura 20 Vista esterna delle classi*



*Figura 21 Parete vegetale interna*

Inoltre, sempre all'interno della classe l'acqua scorre attraverso un flusso nel pavimento, come strumento di consapevolezza dell'importanza di questo elemento.

All'esterno vi è il giardino etnobotanico di piante autoctone, frutta e alberi circondano l'edificio con elementi più naturali. L'aspetto più importante del progetto è che tutte le caratteristiche sostenibili sono visibili e funzionali per gli studenti per imparare concetti ecologici che possono diventare valori intrinseci per le generazioni future.



*Figura 22 Vista interna*

La scuola ha installato un filtro al carbonio con sistema igienico U.V., con l'intenzione di utilizzare l'acqua piovana raccolta come approvvigionamento potabile; questa viene raccolta da tre tetti della proprietà: il tetto a farfalla, un piccolo tetto verde, e parte dell'acqua dal tetto di una chiesa vicina. Viene incanalata attraverso dotate di dispositivi di primo scarico in una cisterna sotterranea in cemento per l'acqua potabile trattata con l'impermeabilizzazione alimentare Xypex, dove è immagazzinata prima del trattamento con una luce UV e un sistema di filtrazione a carbone<sup>48</sup>. L'acqua piovana trattata può essere pompata in impianti di acqua potabile in classe, anche se attualmente è fisicamente isolato dal sistema potabile a causa del requisito del Dipartimento della Salute, che prevede l'uso dell'acqua solo se trattata con cloro. Quando la cisterna potabile raggiunge una capacità prefissata, l'acqua in eccesso viene trasportata attraverso un canale interno/esterno ad un'altra cisterna dove poi viene utilizzata per l'irrigazione.

---

<sup>48</sup> Building innovations data base [https://www.buildinginnovations.org/case\\_study/rainwater-harvesting-for-potable-use-at-the-bertschi-school/](https://www.buildinginnovations.org/case_study/rainwater-harvesting-for-potable-use-at-the-bertschi-school/)



*Figura 23 Trattamento dell'acqua*

#### ***2.2.4 La Espai Tabacalera a Tarragona (Spagna)***

La facciata verde dell'edificio dell'antica fabbrica di tabacco a Tarragona, oggi importante centro culturale, si estende per una superficie di 2500 m<sup>2</sup> e consente di fitodepurare l'acqua saponata proveniente dall'interno dell'edificio<sup>49</sup>. Questo progetto non solo è uno dei più grandi giardini verticali in Europa ma ha anche come obiettivo peculiare quello di promuovere il riuso dell'acqua, a partire da un sistema di depurazione che si realizza direttamente nel parco e che dipende dal giardino verticale stesso.

---

<sup>49</sup> Tarragona: muros vegetales en el espacio Tabacalera <https://regaber.com/proyectos/control-y-monitorizacion/muros-vegetales-espacio-tabacalera-tarragona/>



Figura 24 Facciata principale della Tabacalera

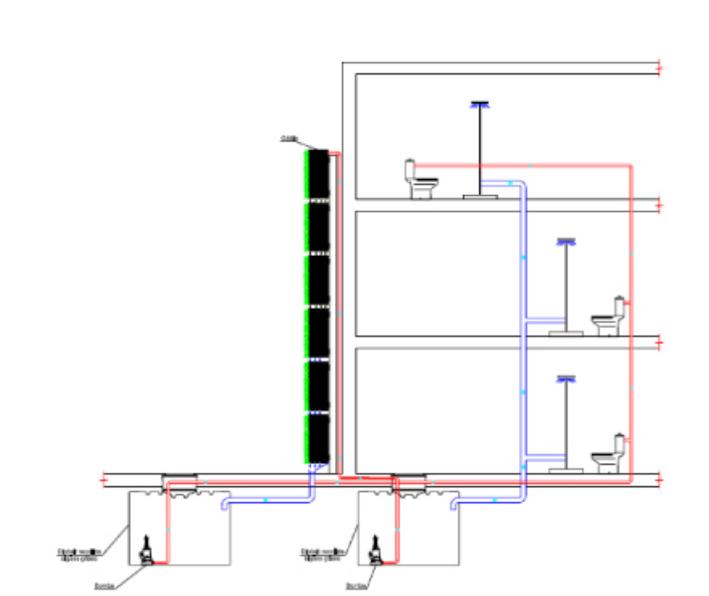


Figura 25 Schema di funzionamento

In Figura 25 è riportato lo schema di funzionamento della parete vegetale: all'interno della chiusura vegetata viene introdotta l'acqua saponata proveniente dai bagni dell'edificio, grazie all'azione di specie vegetali e substrati, il liquido refluo ne esce fitodepurato. Si noti che nella parte interrata in prossimità dell'edificio sono presenti delle cisterne di pre-trattamento e di stoccaggio finale del liquido<sup>50</sup>.

<sup>50</sup> La parete verde come sistema di fitodepurazione, <https://www.teknoring.com/guide/guide-architettura/la-parete-verde-come-sistema-di-fitodepurazione/>

Pertanto, la parete vegetale funge da filtro nel trattamento di depurazione e sfrutta i componenti dell'acqua generati dalla depurazione come nutrienti<sup>51</sup>. L'utilizzo di quest'acqua depurata permette l'irrigazione a gocce che è l'elemento chiave della manutenzione delle pareti vegetali. In questo caso, è previsto un impianto a goccia, in modo da fornire acqua lì dove c'è necessità. Per un'irrigazione efficiente e per assicurare il corretto sviluppo del muro vegetale, è spesso indispensabile l'utilizzo di sistemi di irrigazione telecomandati che permettono il controllo remoto dell'irrigazione dell'impianto, modificare i programmi, consultare i consumi d'acqua, rilevare guasti. Tutto ciò controllato in remoto tramite piattaforme collegate a Internet.

### **2.3 Il progetto Climateproof di Zoho Rotterdam (Paesi Bassi)**

Il concetto alla base del progetto è quello di raccogliere l'acqua utilizzando una superficie impermeabile per la necessità di aumentare la capacità del quartiere di trattenere l'acqua, in un'area che ha sempre sofferto di problemi di inondazioni. Zoho è stato scelto perché si trova in una zona vulnerabile a causa degli effetti di forti precipitazioni e stress da calore. Il progetto Zoho si propone di introdurre diversi strumenti in tutto il distretto che, lavorando insieme, possano raccogliere l'acqua e ridurre la percentuale che viene scaricata nel sistema fognario<sup>52</sup>. Oltre a strumenti che aumentano la permeabilità e che favoriscono il processo di evapotraspirazione, per affrontare il problema della gestione dell'acqua si è ricorsi alla progettazione di una piazza "cisterna", la Benthemplein Water Square. Il concetto di questa piazza è quello di mescolare la possibilità di sviluppare una realtà urbana dinamica e attraente con l'opportunità di risolvere il problema della gestione delle acque durante le piogge intense che sono aumentate molto negli ultimi decenni. La piazza si trova in una delle zone di Rotterdam dove c'è una maggiore probabilità di problemi di allagamento, è pensata come lo sbocco finale di un sistema più complicato che coinvolge gli edifici circostanti. Nei giorni di pioggia, l'acqua dal tetto degli edifici e gli spazi pubblici

---

<sup>51</sup> Tarragona: muros vegetales en el espacio Tabacalera <https://regaber.com/proyectos/control-y-monitorizacion/muros-vegetales-espacio-tabacalera-tarragona/>

<sup>52</sup> Municipality of Rotterdam et al. (2007a). *Waterplan 2 Rotterdam. Working on Water for an Attractive City* (English summary). Rotterdam.

circostanti viene raccolta utilizzando canali specifici e poi convogliata verso la piazza. Si avranno periodi in cui la piazza è asciutta e viene utilizzata come area giochi e altri usi pubblici, mentre nei periodi di pioggia l'acqua piovana viene raccolta all'interno di essa. In totale, è possibile raccogliere 1.700 m<sup>3</sup> di acqua, quantità che viene raggiunta in media ogni due anni<sup>53</sup>. Alla fine della pioggia intensa, l'acqua rimarrà nella piazza per non più di 36 ore, per questioni igieniche, e poi sarà scaricata nei sistemi fognari della città, e in parte può anche essere raccolta in un collettore sotterraneo e utilizzata per l'impianto di irrigazione nei tempi di secca.

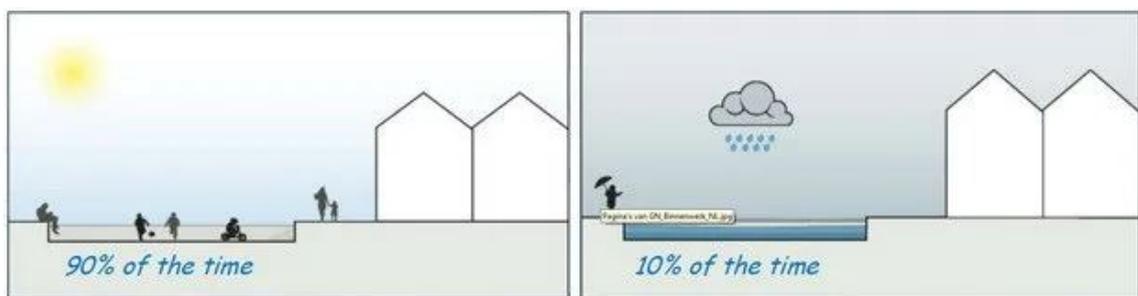


Figura 26 Utilizzo della Water square

L'acqua piovana viene trasportata attraverso grondaie in acciaio inox alla water square, queste sono di grandi dimensioni e vengono utilizzate dagli skaters che fruiscono della piazza. Mentre altre zone della piazza sono utilizzate come elementi di impianto per alberi, fiori, o altri tipi di piccola vegetazione che sono utili per ridurre l'effetto isola di calore<sup>54</sup>.

<sup>53</sup> Boer F. (2010). *Watersquares. The Elegant Way of Buffering Rainwater in Cities*. In: *TOPOS*, issue 70, 42-47

<sup>54</sup> "Water Square" in Benthemplein <https://www.publicspace.org/works/-/project/h034-water-square-in-benthemplein>

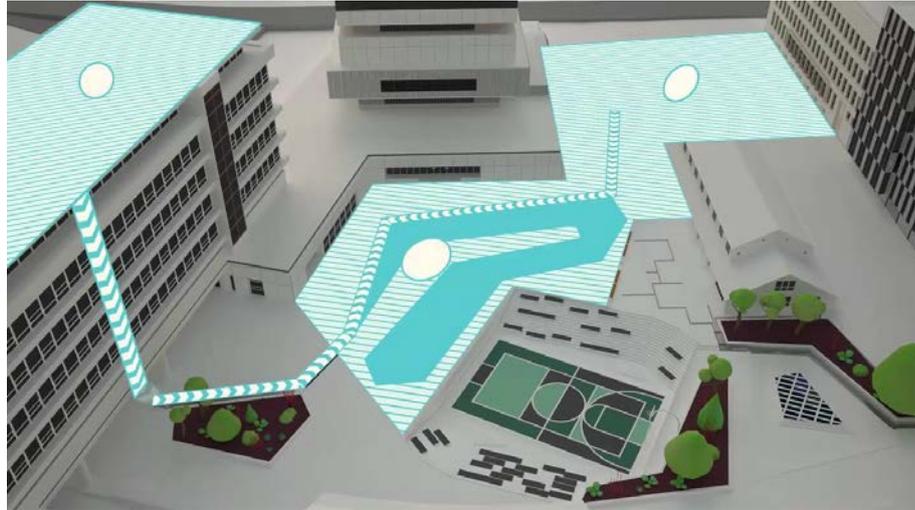


Figura 27 Funzionamento sistema di smistamento dell'acqua

Differentemente dall'uso degli strumenti del WSUD che sono realizzati con superfici permeabili con lo scopo di filtrare e pulire l'acqua, in questo caso, gli strumenti come canali, o swales sono impermeabili e come abbiamo visto hanno il compito di raccogliere l'acqua dai tetti degli edifici o formare gli spazi pubblici del quartiere. L'acqua piovana è poi convogliata in un impianto di filtraggio sotterraneo chiamato "camera dell'acqua." In questo caso, la camera dell'acqua completa il compito di filtrazione fatto dalla vegetazione e introduce l'acqua pulita nella piazza<sup>55</sup>. L'intervento di Zoho comprende anche il "Rain(a)Way garden" che consiste nell'utilizzo di una pavimentazione permeabile costituita da elementi geo-cellulari che possono trattenere l'acqua in piccole celle sotterranee permeabili e ne riducono la velocità di deflusso.

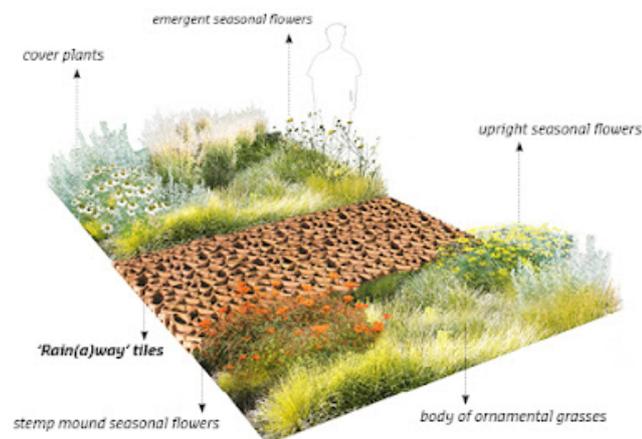


Figura 28 Sistema Rain(a)Way

<sup>55</sup> Boer F. (2010). *Watersquares. The Elegant Way of Buffering Rainwater in Cities*. In: *TOPOS*, issue 70, 42-47

Uno dei prossimi ambiziosi progetti di Rotterdam è la trasformazione del vecchio viadotto ferroviario Hofbogen, che collega alcuni quartieri settentrionali delle città, in un nuovo parco cittadino, pensato come un paesaggio elevato con un proprio ecosistema, un'ampia striscia verde dove si pone l'attenzione per la vegetazione e per gli animali e il loro habitat naturale, che funzionerà anche come una spugna, facendo un uso efficiente e circolare dell'acqua, riutilizzandola e purificandola<sup>56</sup>.



*Figura 29 Rendering del progetto di Hofbogen (Paesi Bassi)*

Vi è infine il progetto del Zoho Raingarten già realizzato, che trasforma un'abbondanza di superficie impermeabile e spazi di parcheggio non utilizzati all'ingresso del quartiere Zoho in un giardino che raccoglie l'acqua piovana da edifici vicini e spazi pubblici e la smaltisce per l'irrigazione della vegetazione esistente.

## **2.4 Il quartiere di Augustenborg a Malmo (Svezia)**

Augustenborg è uno dei primi quartieri della città di Malmo (Svezia) che ha avuto origine con la riconversione delle aree industriali della città in zone residenziali, con lo scopo di dargli un nuovo volto. Subito dopo la costruzione del quartiere alla fine degli

---

<sup>56</sup> De Urbanisten, Climate Proof Zomerhofkwartier, <http://www.urbanisten.nl/wp/?portfolio=climate-proof-zomerhofkwartier>

anni '80 questo fu interessato da problemi di alluvione.<sup>57</sup> Al fine di deviare l'acqua dal sistema fognario della città durante eventi di inondazioni estreme già dal 1998 il progetto “Ekostaden” prevedeva dei sistemi innovativi per risolvere il problema. Per cui sono stati previsti dei sistemi per rendere visibile il ciclo dell'acqua; sono stati creati piccoli canali per raccogliere il liquido dalle aree verdi mentre swales, fatti di elementi di cemento, accumulano l'acqua dalle superfici impermeabili. Tutti questi elementi sono stati utilizzati per trasportare acqua piovana verso diversi bacini di detenzione distribuiti lungo l'intera area del sito.



*Figura 30 Canali per l'acqua piovana*

Un'alta percentuale di vegetazione copriva già il quartiere di Augustenborg nel piano iniziale degli anni '40 e '50. Il parco e diversi giardini erano già elementi essenziali per contenere l'acqua nel sito, permettendo evapotraspirazione e permeabilità.

Tuttavia, è stata implementata la presenza di vegetazione utilizzando i tetti verdi, per aiutare quelli che sono i punti di detenzione per l'acqua, disposti per diminuire ancora di più la quantità di acqua da smaltire nella rete fognaria.

Il primo giardino botanico è stato inaugurato ad Augustenborg nel 2001, è una struttura espositiva e di ricerca che copre più di 9.000 m<sup>2</sup> e mira a promuovere l'uso di strati di

---

<sup>57</sup> Malmö stad. Ekostaden Augustenborg, on the way towards a sustainable neighborhood. <https://climate-adapt.eea.europa.eu/metadata/case-studies/urban-storm-water-management-in-augustenborg-malmo/augustenborg-brochure.pdf>

vegetazione leggeri sui tetti in Scandinavia<sup>58</sup>. Questo giardino pensile si trova in cima al Green Roof Institute scandinavo, uno dei più importanti istituti al mondo per quanto riguarda la ricerca su questo argomento.



*Figura 31 Botanical roof garden*

---

<sup>58</sup> Malmö stad (2008). Sustainable urban development in Malmö. Sweden. Augustenbog and Bo01/Western harbor.  
<https://www.fomento.gob.es/NR/rdonlyres/9D6A5DD0-D460-4728-9882-71E4E5EDD3EF/95899/5>.

# CAPITOLO 3

## PROPOSTA PROGETTUALE:

### “TERZO ISTITUTO COMPRENSIVO DE AMICIS – SAN FRANCESCO”

Capitolo finale della tesi, verte su una proposta progettuale di un sistema innovativo di gestione di acque piovane, ideato su una struttura situata nel Sud Italia.

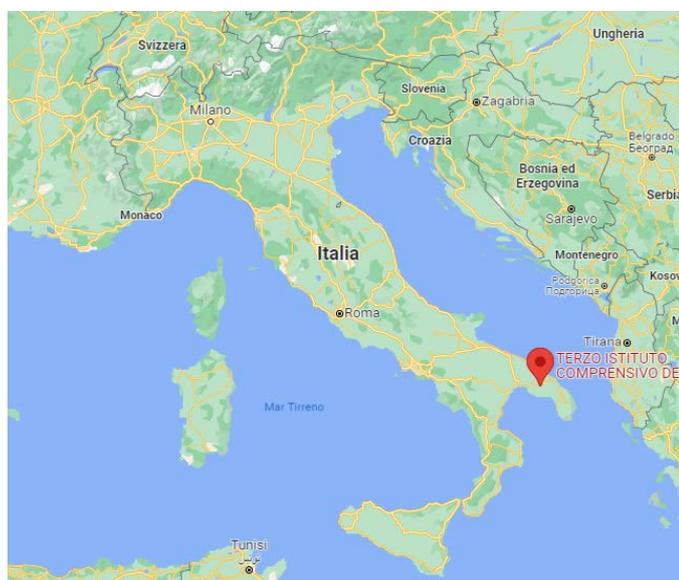


Figura 32 Localizzazione caso studio

### 3.1 Analisi del contesto e obiettivi

Oggetto di studio è il complesso del “Terzo Istituto Comprensivo De Amicis – San Francesco”, situato nel Comune di Francavilla Fontana, in Provincia di Brindisi, al viale Giuseppe Abbadessa n.11, costituito da una costruzione isolata, adibita a scuola materna ed elementare.

La scelta dell’edificio scolastico nasce dall’ubicazione della scuola stessa, sita in una zona di case popolari e in un quartiere già oggetto di interventi di riqualificazione urbana.

Sorge su un terreno di circa 9440 m<sup>2</sup>, di cui 3471 m<sup>2</sup> di edificio, mentre i restanti 5969 m<sup>2</sup>, rappresentano aree di parcheggio, pedonali e aree svago con giardini.

La zona è caratterizzata da un clima mite, con estati calde ed inverni con basse precipitazioni, così come indicato dai dati forniti dalla Protezione Civile (*ALLEGATO A*).

La struttura costruita in calcestruzzo armato, si compone di due piani fuori terra, più un seminterrato. La copertura del lastrico solare, accessibile solo per manutenzione, è realizzata da chianche, ovvero lastre di pietra calcarea pugliese, resistente all'usura e allo stesso tempo impermeabile. Il giardino realizzato da una pavimentazione di conglomerato bituminoso, non presenta grosse qualità di drenaggio, pertanto permette la creazione di pozzanghere, lì dove non ha la giusta pendenza per far defluire l'acqua all'interno dei grigliati di fognatura, che circondano l'edificio.

Ridurre al minimo i problemi del sistema fognario riducendo le aree impermeabili, proteggere le risorse naturali presenti in sito, aumentare l'evapotraspirazione creando aree verdi, sono stati i punti essenziali per progettare il nuovo sistema di gestione delle acque. In particolare le azioni progettuali scelte, sono state identificate con lo scopo di "Garantire entro il 2030 che tutti i discenti acquisiscano la conoscenza e le competenze necessarie a promuovere lo sviluppo sostenibile, anche tramite un'educazione volta ad uno sviluppo e uno stile di vita sostenibile, ai diritti umani, alla parità di genere, alla promozione di una cultura pacifica e non violenta, alla cittadinanza globale e alla valorizzazione delle diversità culturali e del contributo della cultura allo sviluppo sostenibile"<sup>59</sup>, ma anche con quello di "costruire e potenziare le strutture dell'istruzione che siano sensibili ai bisogni dell'infanzia, alle disabilità e alla parità di genere e predisporre ambienti dedicati all'apprendimento che siano sicuri, non violenti e inclusivi per tutti"<sup>60</sup>.

---

<sup>59</sup> Punto 4.7: obiettivo 2030 ONU

<sup>60</sup> Punto 4.A: obiettivo 2030 ONU



Figura 33 Scuola Terzo Istituto Comprensivo De Amicis - San Francesco

## 3.2 Interventi

### 3.2.1 *Pavimentazione permeabile*

Primo intervento proposto riguarda la realizzazione di aree pedonali e carrabili mediante l'utilizzo di pavimentazione permeabile: un sistema che permette di conciliare la gestione dell'acqua piovana con l'ambiente, favorendo il passaggio del liquido e restituendo le acque piovane direttamente al terreno sottostante, senza cedere sostanze inquinanti.

A seconda dell'uso della pavimentazione è possibile ipotizzare due soluzioni simili ideate da PietraNet srl:

- Solidgravel
- Pavigravel

#### ***Solidgravel: Eco-pavimentazione filtrante e traspirante***

Il solidgravel (*ALLEGATO B*) rappresenta una soluzione ideale per pavimentare le aree pedonali che circondano la scuola. Questo tipo di pavimentazione si compone di un massetto portante costruito a secco, sul quale viene creata un'armatura alveolare costampata a geotessile, di dimensione 115,5x75,5 cm e di spessore 3,2 cm. L'interno dell'armatura, viene successivamente riempita da graniglia e rifinita da uno strato di

usura di ghiaia solidificata con SolidNet. Questa soluzione permette di garantire durabilità, manutenzione e ma soprattutto prestazioni, come riportato in tabella:

Resistenza a flessione	1.6 Mpa
Resistenza a compressione	41 kg/cm <sup>2</sup>
Resistenza allo scivolamento	70 SRVdry
Capacità drenante	1500 l/m <sup>3</sup>

Tabella 1 Caratteristiche Solidgravel

La peculiarità di suddetta pavimentazione è che a differenza dei comuni masselli autobloccanti, permette di avere una pavimentazione continua e di assorbire meno il calore, contribuendo ad abbassare la temperatura circostante.

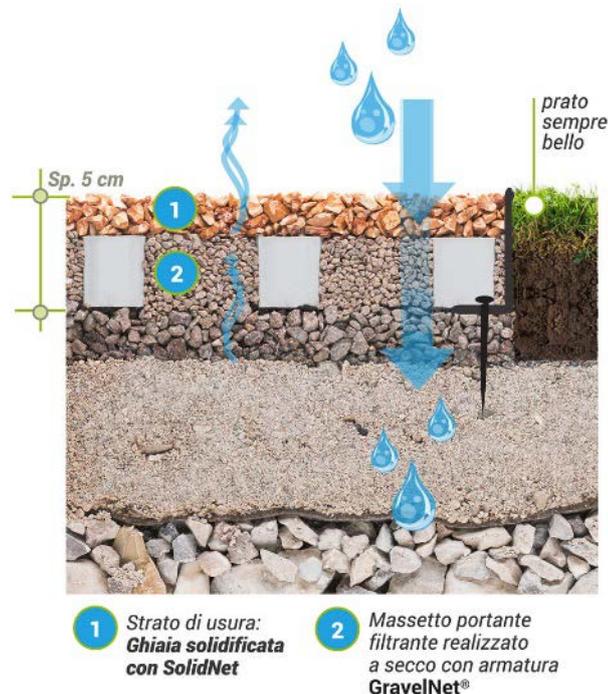


Figura 34 Solidgravel

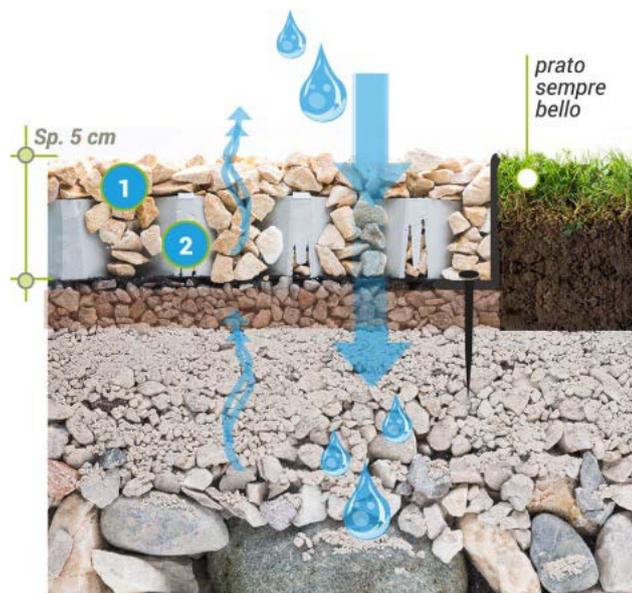
### **Pavigravel: Eco-pavimentazione carrabile filtrante e traspirante**

Pavigravel (ALLEGATO C) è una soluzione ideale per pavimentare le aree carrabili o di sosta. L'intervento prevede inizialmente la realizzazione di uno strato di sottofondo a secco e successivamente la realizzazione di un'armatura alveolare costampata a

geotessile, così come riportato nella soluzione precedente. Il tutto viene riempito da ghiaia selezionata con granulometria appropriata alla stabilizzazione, ottenendo un unico strato di usura costruito a secco e molto performante anche in condizioni critiche. Questa soluzione permette di garantire durabilità, manutenzione e ma soprattutto prestazioni, come riportato in tabella:

Resistenza a compressione	55 kg/cm <sup>2</sup>
Capacità drenante	1800 l/m <sup>2</sup>

Tabella 2 Caratteristiche Pavigravel



1 2 Monostrato portante filtrante realizzato a secco con armatura GravelNet® e Ghiaia selezionata

Figura 35 Pavigravel

### 3.2.1.1 Vantaggi

Le pavimentazioni permeabile proposte precedentemente, permettono di avere soluzioni rapide, filtranti e traspiranti senza l'utilizzo di cemento e ferro. La loro composizione contribuisce ad evitare lo scorrimento garantendo prestazione, durata nel tempo e resistenza agli sbalzi termici. Sono compatibili con l'ambiente ed hanno un

un'elevata resistenza alle alte temperature. La loro applicazione può avvenire direttamente su terreni portanti.

### **3.2.2 Tetto verde estensivo**

Il secondo intervento proposto riguarda la progettazione di un tetto verde estensivo, sulla maggior superficie della copertura dell'edificio. La scelta dell'estensivo rispetto a quello intensivo, è in funzione alla localizzazione della scuola e alle caratteristiche strutturali dell'edificio. Come detto precedentemente, essendo un territorio con un clima tipicamente mediterraneo, vicino alla costa, con estati calde, inverni miti e relativamente piovosi, è opportuno seminare piante a bassa crescita, o che non richiedano molta acqua. Il tetto estensivo è una soluzione che non necessita di manutenzione, in quanto è autosufficiente e può essere applicato su qualsiasi edificio senza apportare un peso eccessivo. Il pacchetto utilizzato di 160 mm dalla "Daku S.r.l." (*ALLEGATO D*), prevede un'applicazione sul solaio così composta:

- Manto impermeabile Nova Garden
- Pannelli Daku Fsd 30
- Filtri Daku Stabilfilter Sfe
- Sub strato Daku Roof Soil 2
- Miscela di sedum.

Peso a secco	75 kg/mq
Peso saturo d'acqua	115 kg/mq
Spessore	16 cm

*Tabella 3 Caratteristiche tetto verde estensivo*

#### **Manto Impermeabile antiradice Nova Garden**

L'applicazione del manto impermeabile antiradice Nova Garden, permette di salvaguardare la copertura dalle radici delle piante presenti al di sopra, e di impermeabilizzare la struttura da eventuali infiltrazioni di acqua. La membrana Nova Garden è composta da una massa impermeabilizzante stratificata in bitume ad alta

omogeneità e stabilità termodinamica, rinforzata da armatura per garantire un'elevata stabilità al prodotto. Si tratta di un prodotto a bassissimo impatto ambientale e può essere applicato a fiamma.

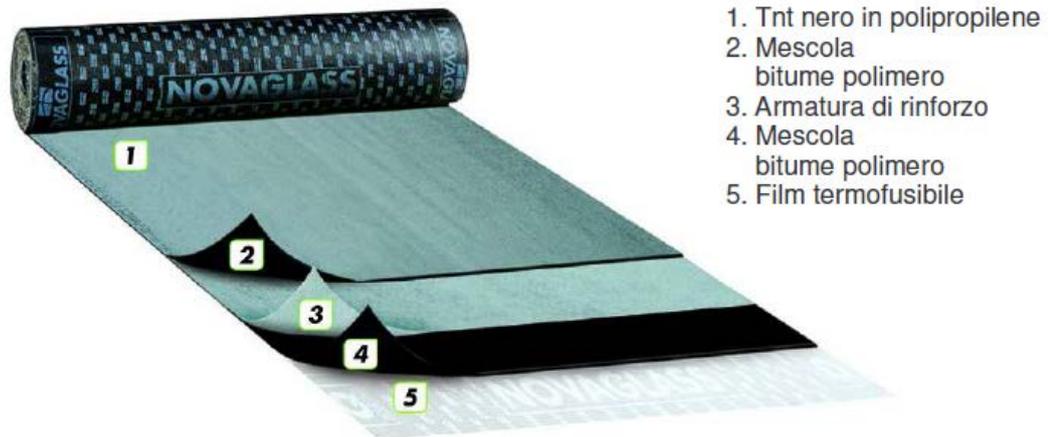


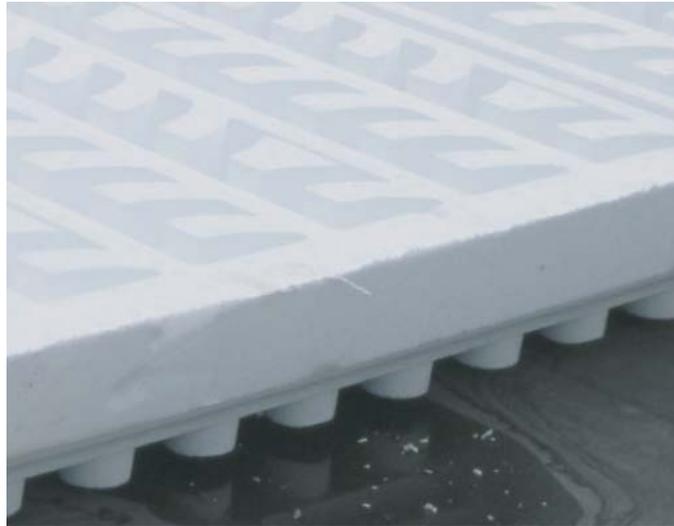
Figura 36 Membrana impermeabile

### **Pannelli Daku Fsd 30**

I pannelli Daku Fsd 30 dello spessore di 80 mm e di dimensioni 125x100 cm, sono realizzati in polistirene espanso sintetizzato, impermeabili. La loro funzione è quella di immagazzinare l'acqua piovana e di restituirla alla vegetazione attraverso un processo di trasmissione (micro evaporazione e condensazione) definito "acqua di diffusione". Ogni pannello è realizzato da: una parte superiore composta da celle, dotate di un accumulo idrico fino ad un massimo di circa 20 lt/mq e di un troppo pieno, ed una parte inferiore formata da ben 252 piedini a sezione tronco-conica, di diametro di circa 36 mm e di altezza 20 mm, che permettono di sollevare la struttura, rendendo la base sottostante drenante per l'acqua in eccesso. Difatti, mediante una serie di fori di diametro 15 mm, comunicanti con il troppo pieno e lo spazio di aerazione posto sulla faccia superiore, si crea una camera drenante continua per l'acqua non immagazzinabile. Lo strato tra la quota massima del troppo pieno e l'estradosso della lastra è dello spessore di 13 mm ed è la funzione di aerazione tra il substrato.

Per di più i pannelli dotati di marcatura CE, assolvono secondariamente la funzione di isolamento termico e sono conformi alle prescrizioni in materia di coperture verdi la UNI 11235/2015.

L'applicazione di tale pannello avviene a secco direttamente sullo strato della membrana impermeabile e in caso di punti critici, possono essere tagliati con cutter, avendo cura di danneggiare il minor numero di celle, per consentire la minor perdita di riserva idrica.



*Figura 37 Membrana impermeabile Pannelli Daku Fsd 30*

### **Filtri Daku Stabilfilter sfe**

I filtri Daku sono costituiti da geotessili realizzati con fibre di polipropilene agugliato e termostabilizzato senza collanti. Possiedono uno spessore di 1.30 mm e 220 gr/mq e hanno la funzione di separare il substrato dai pannelli.

La sua struttura fibrosa omogenea e stabile, permette di garantire un'ottima filtrazione delle particelle fini presenti del substrato e di distribuire l'umidità uniformemente. I filtri Daku, vengono posizionati sui pannelli di accumulo idrico, ma separati dalla falda artificiale costituita dalle celle di accumulo attraverso lo spazio d'aria presente, impedendo il contatto diretto con l'acqua.



*Figura 38 Filtri Daku Stabilfilter sfe*

### **Substrato Daku Roof Soil 2**

Il substrato alleggerito Daku Roof Soil 2 di 80 mm, è costituito da un miscuglio di materiali minerali di origine vulcanica e di sostanze organiche. È caratterizzato da una granulometria variabile, il quale permette una velocità di infiltrazione superiore ai 30 mm/min, quindi conforme ai limiti di 10 mm/min previsti dalla normativa UNI 11235. La sua posatura avviene direttamente sul geotessile.

### **Miscela di sedum**

La miscela sedum riguarda piante succulenti adatte a vivere in ambiente caratterizzati da ridotta piovosità e da stratificazioni poco profonde. Vengono piantate per talee o in vasetto.

#### **3.2.2.1 Vantaggi**

I sistemi estensivi sono particolarmente adatti su strutture con ridotta accessibilità e strutture esistenti che non richiedono calcoli su capacità portante affinché supporti il carico. Il caso in esame, riguarda una struttura con queste ultime caratteristiche e l'applicazione del green roof, richiede bassissima manutenzione ed apporti irrigui nulli o estremamente limitati. Il substrato dei sistemi estensivi non molto elevato, permette la seminazione di vegetazione specifica, il quale si adatta alle condizioni climatiche, ma

soprattutto ai periodi di siccità, in grado di auto propagarsi in maniera rapida. Garantiscono un miglior isolamento con un conseguente risparmio energetico e nel caso venga richiesto un miglior isolamento termico è possibile applicare un elemento termoisolante tra la membrana e i pannelli. La realizzazione di tetti verdi permette di valorizzare l'estetica dell'edificio e protegge la membrana impermeabilizzante dal sole e dalle piogge, garantendo maggiore durata. Qualità importante è la capacità di utilizzare le acque meteoriche, riducendo il carico della rete fognante ed in caso di troppo pieno, garantiscono il drenaggio in fogna. Realizzare un tetto verde, vuol dire migliorare la qualità dell'aria, riducendo i livelli di biossido di carbonio e di polveri sottili, aiutando la biodiversità fornendo habitat a uccelli e insetti.

Il costo per la realizzazione di tale opera varia dai €30 al €40 al mq.

### **3.3 Analisi critica e soluzioni progettuali.**

Gli interventi proposti, rappresentati in *ALLEGATO E*, possono essere considerati delle soluzioni ottimali nella zona di Francavilla Fontana, in quanto le poche giornate di pioggia che caratterizzano la città, creano dei limiti nella scelta progettuale. Pensar di creare sistemi innovativi differenti, che richiedono più quantità di acqua piovana, può essere controproducente in termini economici, in quanto si avrebbe un intervento poco efficace.

Gli interventi proposti presso il complesso scolastico, sono stati identificati valutando le condizioni climatiche che caratterizzano la zona: clima mite, con estati calde ed inverni relativamente piovosi.

Sebbene la pavimentazione permeabile sia un sistema traspirante e filtrante, può portare comunque a situazioni di nascita di erbetta o muschio. Difatti, si preferisce posare un geotessuto al di sotto dell'armatura alveolare, per ovviare a situazioni di questo genere.

Occorre però osservare, che se l'istituto fosse situato in zone interessate da numerose precipitazioni, la soluzione proposta, non sarebbe valida. In tal caso, associare alla pavimentazione, canali drenanti continui interrati, sarebbe la miglior soluzione, per

raccogliere la maggior parte dell'acqua in serbatoi, per poi riutilizzarla, previo trattamento.

Stesso limite può essere posto per la seconda proposta progettuale dei tetti verdi estensivi.

Realizzare un verde estensivo sul lastrico solare, determina dei vincoli in copertura, ovvero l'impossibilità di renderla calpestabile. Pertanto in caso di lastrici solari calpestabili, sarebbe opportuno pensare a soluzioni di tetti verdi intensivi, in cui permettono di avere substrati più spessi, ma che richiedono più manutenzione e capacità strutturali particolari.

## CONCLUSIONI

La realizzazione e la scelta di impianti per la gestione dell'acqua deve dipendere dai parametri climatici che caratterizzano la zona e dalla tipologia di impianto già esistente. È necessario valutare i benefici e i relativi costi di investimento.

Credo che pensar di adeguare un edificio esistente, può indurre ad avere una soluzione troppo costosa, ma energetica, pertanto, occorre in primis valutare la gestione dell'edificio, il suo utilizzo e le abitudini delle persone che ci vivono all'interno. Difatti, l'idea di utilizzare dei sistemi di gestione ecosostenibili, come quelli proposti nella scuola a Francavilla Fontana o quello che riguarda il caso studio a Seattle, possono rappresentare un importante strumento didattico per educare alla sostenibilità i bambini, così come richiesto tra gli obiettivi 2030 proposti dall'ONU.

Tuttavia, nel caso di un cambiamento climatico esponenziale nel brindisino, sarebbe opportuno valutare anche una parete vegetale, come quella che caratterizza La Espai Tabacalera a Tarragona. Ritengo comunque che anche questa soluzione può essere considerata molto funzionale, ma occorre valutare anche gli aspetti negativi di determinate tipologie di impianto innovativo. Infatti, se il caso studio fosse stato un grattacielo, realizzare un verde verticale sulla sua facciata, richiede maggiore attenzione in termini di sicurezza sul lavoro. Ogni operazione di manutenzione, gestione ed installazione, occorre che sia effettuata da operai specializzati in quota.

Rimane comunque un'ottima soluzione progettuale per la realizzazione di un polmone naturale all'interno di una città, in cui presenta un elevato tasso di inquinamento.

Concludendo, sarebbe opportuno incentivare i cittadini all'innovazione dei loro edifici, istituendo dei contributi che possano aiutare, nella realizzazione di tali opere.

# ALLEGATI

## ALLEGATO A

Tabella II - Progge medie mensili

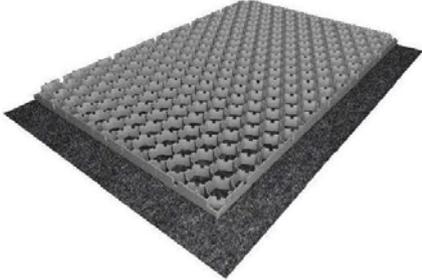
Dati Storici

REGIONE PUGLIA																											
SEZIONE PROTEZIONE CIVILE																											
Centro Funzionale Decentrato																											
BRINDISI																											
latitudine 40° 38' 42,70" N														longitudine 17° 55' 40" E													
ANNO	Gennaio		Febbraio		Marzo		Aprile		Maggio		Giugno		Luglio		Agosto		Settembre		Ottobre		Novembre		Dicembre		Anno		
	mm	giorni di pioggia	mm	giorni di pioggia	mm	giorni di pioggia	mm	giorni di pioggia	mm	giorni di pioggia	mm	giorni di pioggia	mm	giorni di pioggia	mm	giorni di pioggia	mm	giorni di pioggia	mm	giorni di pioggia	mm	giorni di pioggia	mm	giorni di pioggia	mm	giorni di pioggia	
1921	31,0	4	20,0	5	54,0	3	22,0	7	76,0	7	178,0	5	0,0	0	0,0	0	159,0	3	9,0	2	50,0	6	284,0	10	883,0	52	
1922	57,0	10	72,0	7	6,0	2	11,0	5	17,0	3	0,0	0	0,0	0	0,0	0	17,0	4	63,0	8	34,0	14	66,0	9	343,0	62	
1923	90,0	12	65,0	11	82,0	13	45,0	7	2,0	1	14,0	3	0,0	0	33,0	3	71,0	4	64,0	4	171,0	9	57,0	10	694,0	77	
1924	131,0	6	122,0	11	90,0	13	32,0	7	2,0	2	86,0	5	0,0	0	13,0	1	0,0	0	96,0	6	148,0	14	35,0	6	755,0	71	
1925	4,0	2	78,0	7	21,0	5	25,0	5	29,0	6	9,0	1	44,0	3	2,0	1	43,0	5	103,0	3	131,0	13	9,0	5	498,0	56	
1926	54,0	10	6,0	3	53,0	5	37,0	4	25,0	5	15,0	3	40,0	3	6,0	1	13,0	2	34,0	4	59,0	6	24,0	8	366,0	54	
1927	28,0	5	26,0	5	33,0	4	13,0	4	20,0	4	8,0	3	0,0	0	0,0	0	4,0	2	111,0	11	30,0	4	179,0	16	452,0	58	
1928	20,0	4	39,0	2	56,0	7	2,0	0	19,0	3	0,0	0	0,0	0	3,0	1	62,0	6	41,0	6	47,0	9	299,0	38			
1929	41,0	11	107,0	8	36,0	6	24,0	8	30,0	2	23,0	0	0,0	0	26,0	2	17,0	3	46,0	7	202,0	7	88,0	8	641,0	66	
1930	74,0	9	78,0	7	24,0	2	37,0	6	1,0	1	20,0	2	4,0	2	0,0	0	17,0	3	57,0	6	41,0	4	219,0	11	572,0	54	
1931	47,0	5	101,0	15	18,0	5	182,0	11	3,0	1	13,0	2	0,0	0	0,0	0	16,0	4	30,0	6	96,0	8	111,0	9	617,0	66	
1932	55,0	3	71,0	8	209,0	10	62,0	7	4,0	2	12,0	2	1,0	1	2,0	1	12,0	3	21,0	2	149,0	9	93,0	4	691,0	52	
1933	146,0	14	110,0	6	17,0	4	8,0	2	11,0	4	37,0	4	0,0	0	114,0	3	33,0	2	31,0	4	92,0	7	148,0	16	747,0	66	
1934	19,0	6	43,0	4	48,0	7	31,0	5	0,0	0	16,0	1	16,0	4	2,0	1	11,0	3	3,0	1	11,0	4	98,0	8	298,0	44	
1935	36,0	8	20,0	5	26,0	6	5,0	1	4,0	1	5,0	2	37,0	2	13,0	3	53,0	2	42,0	4	50,0	5	44,0	10	335,0	49	
1936	27,0	4	81,0	8	47,0	7	84,0	7	92,0	7	42,0	4	13,0	1	7,0	2	23,0	2	41,0	8	75,0	6	74,0	5	606,0	61	
1937	15,0	2	110,0	6	71,0	5	41,0	9	21,0	5	3,0	2	0,0	0	6,0	3	66,0	8	74,0	9	179,0	11	158,0	12	744,0	72	
1938	107,0	9	25,0	5	19,0	2	73,0	7	46,0	7	11,0	1	0,0	0	38,0	4	7,0	2	12,0	4	31,0	5	213,0	16	582,0	62	
1939	60,0	7	42,0	4	133,0	17	14,0	1	35,0	7	25,0	3	0,0	0	1,0	0	72,0	9	87,0	9	82,0	10	94,0	11	645,0	78	
1940	130,0	16	23,0	6	11,0	5	40,0	6	33,0	5	21,0	4	81,0	1	21,0	3	6,0	2	74,0	6	15,0	5	107,0	10	562,0	69	
1941	50,0	9	26,0	7	9,0	1	58,0	7	22,0	7	11,0	2	5,0	1	0,0	0	47,0	4	24,0	6	80,0	7	14,0	4	346,0	55	
1942	69,0	12	110,0	9	54,0	11	25,0	4	7,0	2	16,0	4	19,0	2	1,0	0	0,0	0	21,0	2	72,0	7	22,0	3	416,0	56	
1943	44,0	9	37,0	4	56,0	7	47,0	6	4,0	1	5,0	2	1,0	1	0,0	0	45,0	2	84,0	10	140,0	9	68,0	7	531,0	58	
1944	40,0	5	100,0	5	116,0	13	31,0	6	2,0	1	1,0	0	10,0	1	3,0	1	34,0	5	149,0	11	8,0	2	119,0	11	613,0	61	
1945	37,0	12	6,0	3	42,0	5	13,0	4	19,0	5	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	42,0	6	62,0	7	109,0	13	400,0	57	
1946	43,0	10	58,0	6	8,0	2	4,0	1	24,0	4	0,0	0	0,0	0	31,0	1	46,0	2	51,0	7	38,0	8	95,0	14	398,0	55	
1947	45,0	10	58,0	6	8,0	2	4,0	1	24,0	4	0,0	0	0,0	0	31,0	1	46,0	2	51,0	7	38,0	8	95,0	14	398,0	55	
1948	46,0	7	54,0	8	1,0	1	49,0	7	24,0	8	12,0	3	5,0	1	4,0	1	12,0	3	98,0	8	71,0	9	58,0	7	434,0	63	
1949	36,0	7	0,0	0	96,0	13	7,0	3	17,0	3	39,0	4	5,0	2	14,0	3	38,0	7	113,0	5	148,0	15	26,0	4	539,0	66	
1950	59,0	9	44,0	6	17,0	4	24,0	6	37,0	4	1,0	0	0,0	0	27,0	1	43,0	5	56,0	3	31,0	4	73,0	13	412,0	55	
1951	95,0	13	77,0	11	36,0	7	29,0	6	38,0	6	1,0	0	7,0	2	22,0	3	102,0	6	158,0	13	67,0	6	65,0	5	695,0	78	
1952	112,0	10	74,0	14	75,0	6	4,0	1	17,0	4	0,0	0	110,0	3	2,0	1	34,0	7	41,0	3	113,0	14	113,0	11	699,0	74	
1953	126,0	13	9,0	4	5,0	1	20,0	5	35,0	6	32,0	5	0,0	0	102,0	2	28,0	2	63,0	11	68,0	8	206,0	8	714,0	65	
1954	136,0	13	157,0	14	117,0	11	46,0	5	68,0	6	3,0	1	0,0	0	0,0	0	24,0	2	138,0	7	125,0	16	58,0	5	674,0	80	
1955	137,0	16	46,0	9	54,0	9	55,0	6	2,0	1	8,0	1	19,0	4	116,0	5	78,0	10	120,0	9	72,0	11	14,0	3	721,0	65	
1956	50,0	12	242,0	21	56,0	9	65,0	10	39,0	3	37,0	4	2,0	1	0,0	0	25,0	3	44,0	3	129,0	13	100,0	11	789,0	90	
1957	114,0	15	3,0	1	36,0	7	14,0	5	47,0	11	1,0	0	11,0	1	34,0	7	51,0	5	191,0	9	101,0	13	98,0	12	701,0	86	
1958	80,0	14	1,0	0	81,0	13	63,0	11	34,0	5	33,0	1	0,0	0	3,0	1	51,0	4	70,0	4	270,0	17	28,0	5	714,0	75	
1959	51,0	10	1,0	0	38,0	6	134,0	8	67,0	9	57,0	5	18,0	3	56,0	6	32,0	2	34,0	5	88,0	14	38,0	7	614,0	75	
1960	108,0	8	161,0	11	95,0	13	118,0	11	45,0	5	7,0	1	4,0	4	0,0	0	53,0	7	26,0	6	116,0	8	112,0	12	882,0	86	
1961	58,0	13	13,0	6	16,0	4	10,0	2	43,0	4	11,0	1	41,0	1	0,0	0	1,0	0	132,0	5	72,0	9	59,0	8	419,0	53	
1962	16,0	3	41,0	7	104,0	8	26,0	5	47,0	2	6,0	2	0,0	0	0,0	0	24,0	4	118,0	8	61,0	12	99,0	14	542,0	65	
1963	81,0	15	98,0	17	72,0	8	26,0	6	49,0	6	74,0	6	23,0	2	27,0	3	28,0	3	154,0	10	32,0	3	61,0	11	715,0	80	
1964	27,0	8	42,0	9	75,0	14	34,0	6	22,0	4	21,0	5	69,0	3	3,0	2	21,0	4	85,0	11	164,0	10	71,0	10	634,0	84	
1965	36,0	8	41,0	8	62,0	6	52,0	10	9,0	1	5,0	1	0,0	0	5,0	3	32,0	6	5,0	1	15,0	5	101,0	6	363,0	55	
1966	131,0	13	9,0	2	84,0	10	17,0	3	44,0	9	10,0	1	16,0	2	44,0	2	75,0	5	56,0	7	64,0	9	89,0	12	639,0	75	
1967	41,0	10	23,0	4	24,0	4	68,0	12	0,0	0	45,0	2	22,0	2	5,0	2	82,0	4	27,0	3	11,0	3	91,0	11	439,0	57	
1968	44,0	13	28,0	5	34,0	8	6,0	3	74,0	6	59,0	5	1,0	1	92,0	4	5,0	2	134,0	9	168,0	12	650,0	70			
1969	51,0	8	65,0	10	126,0	15	16,0	4	55,0	2	34,0	7	4,0	2	36,0	4	128,0	7	35,0	2	29,0	5	143,0	18	722,0	84	
1970	82,0	11	31,0	6	82,0	9	5,0	2	54,0	5	5,0	1	17,0	2	1,0	0	0,0	0	24,0	4	118,0	8	61,0	12	940,0	87	
1971	54,0	10	110,0	10	95,0	14	32,0	4	1,0	0	2,0	1	12,0	2	0,0	0	125,0	11	7,0	2	9,0	4	12,0	5	458,0	63	
1972	97,0	13	89,0	15	31,0	5	56,0	7	9,0	1	19,0	4	17,0	4	108,0	4	92,0	9	130,0	12	4,0	2	144,0	10	600,0	79	
1973	85,0	12	88,0	11	107,0	10	40,0	9	11,0	1	19,0	5	23,0	2	13,0	3	25,0	5	31,0	4	25,0	3	69,0	8	536,0	73	
1974	71,0	9	63,0	9	99,0	6	78,0	10	15,0	4	23,0	2	15,0	2	64,0	5	57,0	4	194,0	10	52,0	5	65,0	6	796,0	72	
1975	24,0	4	77,0	8	63,0	8	7,0	2	17,0	5	12,0	2	21,0	2	30,0	6	5,0	1	189,0	11	70,						

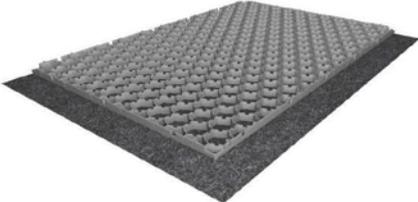
<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;">  <div style="text-align: center;"> <p><b>REGIONE PUGLIA</b></p> <p><b>SEZIONE PROTEZIONE CIVILE</b></p> <p>Centro Funzionale Decentrato</p> <p><b>BRINDISI</b></p> </div>  </div>																										
latitudine 40° 38' 42,70" N													longitudine 17° 55' 40" E													
ANNO	Gennaio		Febbraio		Marzo		Aprile		Maggio		Giugno		Luglio		Agosto		Settembre		Ottobre		Novembre		Dicembre		Anno	
	mm	giorni pioggia	mm	giorni pioggia	mm	giorni pioggia	mm	giorni pioggia	mm	giorni pioggia	mm	giorni pioggia	mm	giorni pioggia	mm	giorni pioggia										
2013	103.4	9	110.6	15	61.4	13	21.8	5	14.2	4	23.6	4	0.8	0	15.8	3	10.6	2	143.4	6	164.0	9	77.2	8	746.8	78
2014	82.2	8	60.4	10	67.2	7	100.8	13	25.4	5	53.6	6	14.8	3	4.6	1	159.6	10	69.0	10	90.4	6	26.0	5	754.0	84
2015	64.0	11	76.0	11	115.6	11	19.8	4	26.6	3	30.4	4	0.2	0	33.6	5	43.8	5	143.0	11	54.8	6	3.8	1	610.8	72
2016	34.0	7	31.2	6	57.6	9	18.8	6	117.4	7	1.2	0	4.6	2	8.8	3	115.4	9	117.2	8	75.4	11	9.2	1	590.8	69
2017	96.6	8	19.6	6	21.4	3	27.2	6	24.0	3	9.6	1	3.6	2	4.4	1	32.4	7	38.4	2	97.0	10	22.6	7	395.8	56
2018	51.2	8	105.8	11	70.0	8	6.0	2	22.2	6	56.6	8	24.2	1	17.2	2	14.6	2	123.8	9	45.4	8	68.0	8	605.0	73
2019	53.6	9	4.0	2	38.0	4	21.2	5	62.6	9	2.0	1	68.4	4	0.0	0	10.0	2	19.4	4	114.6	10	51.6	7	445.4	57
<b>MEDE</b>	<b>64.7</b>	<b>9</b>	<b>61.0</b>	<b>7</b>	<b>57.3</b>	<b>7</b>	<b>41.5</b>	<b>6</b>	<b>28.2</b>	<b>4</b>	<b>19.8</b>	<b>2</b>	<b>15.3</b>	<b>1</b>	<b>20.6</b>	<b>2</b>	<b>46.9</b>	<b>4</b>	<b>71.5</b>	<b>6</b>	<b>84.5</b>	<b>8</b>	<b>78.8</b>	<b>9</b>	<b>590.0</b>	<b>67</b>
2020	7.0	1	29.2	5	23.2	5	57.0	6	16.6	2	2.6	2	2.2	1	66.0	3	65.8	5	35.6	6	37.8	4	86.6	9	429.6	49

ALLEGATO B

  <p>Eco-pavimentazione filtrante e traspirante</p>		    																														
<p>Questo documento fornisce le caratteristiche tecniche essenziali del prodotto da costruzione denominato <b>SOLIDgravel®</b> secondo il Regolamento CPR 305/2011</p>																																
<p>Fabbricante</p>		 <p>via C.B. Cavalcabò, 23 38068 ROVERETO - TN</p>																														
<p>Tipo di prodotto</p>		<p>Nome tecnico: <b>Agglomerato lapideo consolidato</b></p> <p>Nome commerciale: <b>SOLIDgravel® - versione ciclo-pedonale</b></p> <p>Luogo di origine degli aggregati: <b>Italia - siti di produzione accreditati ed attestati</b></p>																														
<p>Laboratorio prove</p>		<p>CET SERVIZI srl - loc. Secchiello - 38060 ISERA (TN)</p> <p>data: 18/02/2020</p> <p>rif. n° 160/20/c</p>																														
<p>Descrizione prodotto tipo testato</p>		<p>Il prodotto testato è costituito da un supporto a struttura alveolare prodotto con compound contenenti il 75% di materia prima seconda coesa ad un geotessuto, riempita a secco da un aggregato lapideo certificato e strato superiore eseguito con aggregato lapideo certificato, granulometria 4/8, solidificato in sito con legante monocomponente in modo da costituire una pavimentazione portante e drenante.</p>																														
		<p>GRANIGLIA DI RIEMPIMENTO</p>  <p>conforme alla norma EN 13242</p>	<p>STRATO DI FINITURA</p>  <p><b>versione Localgravel</b> Colorazione eterogenea granulometria 4-8</p>																													
<p>Test</p>		<table border="1"> <tr> <td rowspan="2">Caratteristiche essenziali</td> <td>Resistenza a flessione (EN 14617-2)</td> <td>Mpa</td> <td><b>1,6</b></td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Durabilità</td> <td>n°50 cicli gelo/digelo (EN 14617-5)</td> <td>MPa <b>1,5</b></td> </tr> <tr> <td></td> <td>n°20 cicli shock termico (EN 14617-6)</td> <td>MPa <b>1,5</b></td> </tr> <tr> <td></td> <td>Resistenza a compressione</td> <td>Kg/cm²</td> <td><b>41</b></td> </tr> <tr> <td></td> <td rowspan="2">Resistenza allo scivolamento</td> <td>SRVdry</td> <td><b>70</b></td> </tr> <tr> <td></td> <td>SRWwet</td> <td><b>53</b></td> </tr> <tr> <td></td> <td>Capacità drenante (minuto primo)</td> <td>l/m²</td> <td><b>1.500</b></td> </tr> <tr> <td colspan="2">Tipo di prove</td> <td colspan="2">                     iniziali del prodotto tipo: di data 12/02/2020 rif. n° 160/20/c                      verifica di conformità: Bonato per.ind. Matteo                 </td> </tr> </table>		Caratteristiche essenziali	Resistenza a flessione (EN 14617-2)	Mpa	<b>1,6</b>	Durabilità	n°50 cicli gelo/digelo (EN 14617-5)	MPa <b>1,5</b>		n°20 cicli shock termico (EN 14617-6)	MPa <b>1,5</b>		Resistenza a compressione	Kg/cm²	<b>41</b>		Resistenza allo scivolamento	SRVdry	<b>70</b>		SRWwet	<b>53</b>		Capacità drenante (minuto primo)	l/m²	<b>1.500</b>	Tipo di prove		iniziali del prodotto tipo: di data 12/02/2020 rif. n° 160/20/c verifica di conformità: Bonato per.ind. Matteo	
Caratteristiche essenziali	Resistenza a flessione (EN 14617-2)	Mpa	<b>1,6</b>																													
	Durabilità	n°50 cicli gelo/digelo (EN 14617-5)	MPa <b>1,5</b>																													
		n°20 cicli shock termico (EN 14617-6)	MPa <b>1,5</b>																													
	Resistenza a compressione	Kg/cm²	<b>41</b>																													
	Resistenza allo scivolamento	SRVdry	<b>70</b>																													
		SRWwet	<b>53</b>																													
	Capacità drenante (minuto primo)	l/m²	<b>1.500</b>																													
Tipo di prove		iniziali del prodotto tipo: di data 12/02/2020 rif. n° 160/20/c verifica di conformità: Bonato per.ind. Matteo																														
<p>Prodotti ottenibili:</p>		<p><b>Pavimentazioni esterne di tipo portante e drenante</b> supporta traffico leggero fino a 1 TON</p> <p>Peso: Kg/m² <b>75</b></p>																														

<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  </div> <div style="text-align: center;"> <b>Modulo GravelNet®</b>   </div> <div style="text-align: center;">  </div> </div>		
<i>Descrizione</i>	Armatura alveolare monolastra di grandi dimensioni realizzata con compound riciclati (post-consumo e post-industria) con co-stampato alla base un geotessile calandrato in fibre di polipropilene esente da collanti e leganti chimici.	
<b>Caratteristiche principali</b>		
DIMENSIONI DELL'ARMATURA	Unità di misura mm	Valori tipici 1150x750x32
DIMENSIONI DELLE CELLE ESAGONALI	mm	58
PESO DELL'ARMATURA A VUOTO	Kg/m <sup>2</sup>	3,43
PESO DEL GEO-TESSUTO TERMOSALDATO	Kg/m <sup>2</sup>	0,12
PROVA PUNZONAMENTO STATICO (ISO 12236) - def. Alla lacerazione	mm	31,08
ALLUNGAMENTO MEDIO (ISO 10319) - resistenza incastro=sgancio	mm	16,1
RESISTENZA A FLESSIONE (ISO 14617-2) - freccia media su 1 mt=cm 8	%	8
RESISTENZA A COMPRESIONE (ISO 14617-15)	TON/m <sup>2</sup>	612
STABILITA' CHIMICA	molto elevata	
STABILITA' AI RAGGI UV	molto prolungata	
ALLE BASSE TEMPERATURE	mantiene la flessibilità	
<b>SolidNet®</b>		
<i>Descrizione</i>	Legante poliuretanico monocomponente, igroindurente, trasparente che non altera i colori delle pietre e con un ottimo comportamento ai raggi UV (non ingiallisce). Allo stato solido non rilascia composti organici volatili (zero VOC) e non è pericoloso per l'ambiente e per le persone.	
<b>Caratteristiche principali</b>		
PESO SPECIFICO	Unità di misura g/cm <sup>3</sup>	Valori tipici 1,12
VISCOSITA' A 20°C	mPas	2500
Tempo di indurimento a 20°C e 40% di umidità relativa (spessore applicato di 20 mm)	h	ca. 24
Tempo di utilizzo della miscela (a 20°C - 40% u.r.)	min.	40 - 50
Temperatura di lavoro e posa	°C	tra 10 e 30
Presenza iniziale (a 20°C - 40% u.r.)	h	1,5 - 2
Reticolazione completa	gg.	3

ALLEGATO C

 				
<p><b>Questo documento fornisce le caratteristiche tecniche essenziali del prodotto da costruzione denominato PAVIgravel® secondo il Regolamento CPR 305/2011</b></p>				
Fabbricante	 <p>via C.B. Cavalcabò, 23 38068 ROVERETO - TN</p>			
Tipo di prodotto	Nome tecnico: <b>Agglomerato lapideo stabilizzato</b>			
	Nome commerciale: <b>PAVIgravel®</b>			
	Luogo di origine degli aggregati: <b>Italia - siti di produzione accreditati ed attestati</b>			
Laboratorio prove	CET SERVIZI srl - loc. Secchiello - 38060 ISERA (TN)			
	<table border="0"> <tr> <td>data:</td> <td>18/10/2018</td> </tr> <tr> <td>rif. n°</td> <td>244/18/a</td> </tr> </table>	data:	18/10/2018	rif. n°
data:	18/10/2018			
rif. n°	244/18/a			
Descrizione prodotto tipo testato	<p>Il prodotto testato è costituito da un supporto a struttura alveolare prodotto con compound contenenti il 75% di materia prima seconda coesa ad un geotessuto, riempita a secco da un aggregato lapideo certificato in modo da costituire una pavimentazione portante e drenante.</p>			
				
Test	Resistenza al carico concentrato (M.I.N.V.)	Resistenza a compressione	Kg/cm <sup>2</sup> <b>55,6</b>	
		Deformazione minima con carico da 50 ton.	mm. <b>11,3</b>	
		Deformazione massima con carico da 50 ton.	mm. <b>14,2</b>	
		Capacità drenante (minuto primo)	l/m <sup>2</sup> <b>1.800</b>	
	Tipo di prove	iniziali del prodotto tipo: di data 24/09/2018 rif. n° 244/18/a verifica di conformità: Bonato per.ind. Matteo		
Prodotti ottenibili:	<b>Pavimentazioni esterne di ghiaia di tipo stabilizzato e drenante</b>	Peso: Kg/m <sup>2</sup> <b>75</b>		
<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  </div> <div style="text-align: center;"> <p><b>Modulo GravelNet®</b></p>  </div> <div style="text-align: center;">  </div> </div>				
Descrizione	Armatura alveolare monolastra di grandi dimensioni realizzata con compound riciclati (post-consumo e post-industria) con co-stampato alla base un geotessile calandrato in fibre di polipropilene esente da collanti e leganti chimici.			
Caratteristiche principali		Unità di misura	Valori tipici	
DIMENSIONI DELL'ARMATURA		mm	1150x750x32	
DIMENSIONI DELLE CELLE ESAGONALI		mm	58	
PESO DELL'ARMATURA A VUOTO		Kg/m <sup>2</sup>	3,43	
PESO DEL GEO-TESSUTO TERMOSALDATO		Kg/m <sup>2</sup>	0,12	
PROVA PUNZONAMENTO STATICO (ISO 12236) - def. Alla lacerazione		mm	31,08	
ALLUNGAMENTO MEDIO (ISO 10319) - resistenza incastro=sgancio		mm	16,1	
RESISTENZA A FLESSIONE (ISO 14617-2) - freccia media su 1 mt=cm 8		%	8	
RESISTENZA A COMPRESSIONE (ISO 14617-15)		TON/m <sup>2</sup>	612	
STABILITA' CHIMICA		molto elevata		
STABILITA' AI RAGGI UV		molto prolungata		
ALLE BASSE TEMPERATURE		mantiene la flessibilità		

ALLEGATO D



**ITALIA DAKU**<sup>®</sup>  
...la natura sul tetto

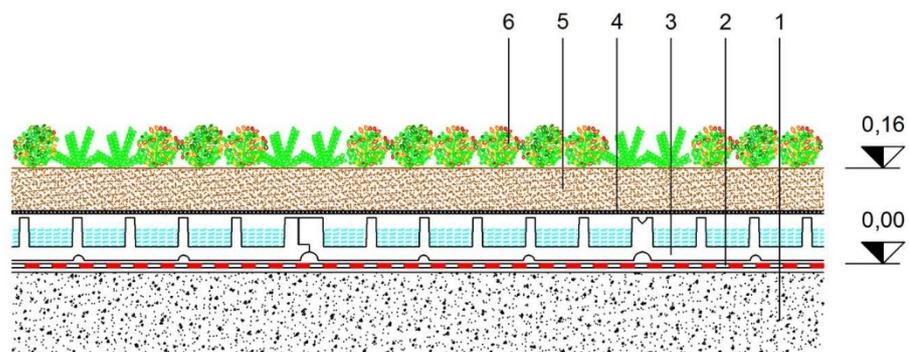
## TETTO VERDE

### Stratigrafia standard

- Peso a secco: 75 Kg/mq
- Peso saturo d'acqua: 115 Kg/mq
- Spessore: 16 cm

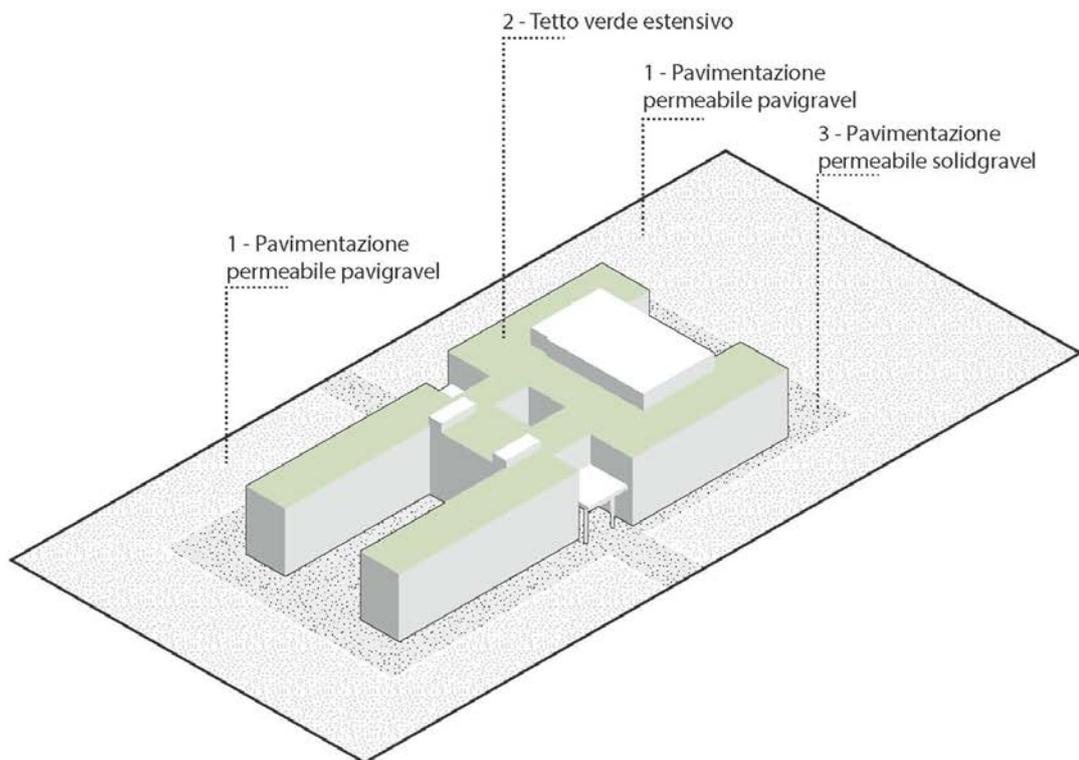
**LEGENDA:**

- 1 Solaio pendenziato
- 2 Manto impermeabile antiradice
- 3 DAKU FSD 30 [80 mm]
- 4 DAKU STABILFILTER SFE [1,30 mm]
- 5 DAKU ROOF SOIL 2 [80 mm]
- 6 Miscela di sedum



Il presente disegno è di proprietà di DAKU ITALIA S.r.l. Società Unipersonale - Tutti i diritti riservati

ALLEGATO E



## 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.
- Andersson, E., Barthel, S., Borgström, S. et al. (2014), *Reconnecting Cities to the Biosphere: Stewardship of Green Infrastructure and Urban Ecosystem Services*. *AMBIO* 43, 445–453
- Berndtsson, J. C. et al. (2006), *The influence of extensive vegetated roofs on runoff water quality*. In: *Science of the Total Environment*, vol. 355, n. 1-3, 48-63.
- Boer F. (2010). *Watersquares. The Elegant Way of Buffering Rainwater in Cities*. In: *TOPOS*, issue 70, 42-47.
- Deppo L., Datei C. (2009), *Fognature*, Libreria Internazionale Cortina, Padova.
- Hamel P. et al. (2013), *Source-control stormwater management for mitigating the impacts of urbanisation on baseflow: A review*. In: *Journal of Hydrology*, pp. 201-211.
- 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. Manual*. Published by jovis jovis Verlag GmbH, Kurfürstenstraße 15/16, D-10785 Berlin.
- Costruzione di un sistema di paesaggio urbano di infrastrutture per la gestione delle acque piovane: Nanjing come caso di studio Xiao-ning Hua, Scuola di Architettura e Urbanistica, Nanjing University, Jiangsu, Cina.
- Lloyd, S.D., Wong, T.H.F., and Chesterfield, C.J. (2002). *Water sensitive urban design a stormwater management perspective*. Cathy Sage, Melbourne.
- Municipality of Rotterdam et al. (2007a). *Waterplan 2 Rotterdam. Working on Water for an Attractive City* (English summary). Rotterdam.
- Paul M.J. et al. 2001), *Streams in the Urban Landscape*. In: *Annual Review of Ecology and Systematics*, vol. 32:333-365.

- Salerno F. et al. (2018), *Urbanization and climate change impacts on surface water quality: Enhancing the resilience by reducing impervious surfaces*. In: Water research.
- Woods Ballard B., Wilson S., Udale-Clarke H., Illman S., Scott T., Ashley R., Kellagher R. (2016), *The SuDS Manual*, CIRIA, London.
- Wouters P., Dreiseitl H., Wanschura B., Wörlen M., Moldaschl M., Wescoat J., Noiva k. (2016). *Blue-green infrastructures as tools for the management of urban development and the effects of climate change*. Ramboll, Environ

## SITOGRAFIA

[www.architectural-review.com](http://www.architectural-review.com)

Bertschi School Living Science Building,

<https://www.wbdg.org/additional-resources/case-studies/bertschi-school-living-science-building>

Building innovations data base

[https://www.buildinginnovations.org/case\\_study/rainwater-harvesting-for-potable-use-at-the-bertschi-school/](https://www.buildinginnovations.org/case_study/rainwater-harvesting-for-potable-use-at-the-bertschi-school/)

Culligan Italia SPA (2020). *L'acqua nella storia dell'uomo*.

<https://www.culligan.it/acqua-nella-storia-delluomo/>  
[www.edilportale.com/news/2021/06/focus/bacini-di-infiltrazione-e-tetti-verdi-soluzioni-per-contenere-situazioni-di-eccesso-d-acqua\\_83455\\_67.html](http://www.edilportale.com/news/2021/06/focus/bacini-di-infiltrazione-e-tetti-verdi-soluzioni-per-contenere-situazioni-di-eccesso-d-acqua_83455_67.html)

La parete verde come sistema di fitodepurazione

<https://www.teknoring.com/guide/guide-architettura/la-parete-verde-come-sistema-di-fitodepurazione/>

[www.lineeverdi.it](http://www.lineeverdi.it)

Malmö stad. Ekostaden Augustenborg, on the way towards a sustainable neighborhood:

<https://climate-adapt.eea.europa.eu/metadata/case-studies/urban-storm-water-management-in-augustenborg-malmo/augustenborg-brochure.pdf>

Malmö stad (2008). *Sustainable urban development in Malmö. Sweden. Augustenborg and Bo01/Western harbor*.

<https://www.fomento.gob.es/NR/rdonlyres/9D6A5DD0-D460-4728-9882-71E4E5EDD3EF/95899/5.pdf>

Tarragona: muros vegetales en el espacio Tabacalera:

<https://regaber.com/proyectos/control-y-monitorizacion/muros-vegetales-espacio-tabacalera-tarragona/>

"Water Square" in Benthemplein

<https://www.publicspace.org/works/-/project/h034-water-square-in-benthemplein>

Tetto verde estensivo

<https://www.isolpansrl.it/tetto-verde-estensivo/>

<https://www.daku.it/it/sistemi/estensivo>

Membrana impermeabilizzante

<https://giemmegroup.it/wp-content/uploads/downloads/2014/09/Scheda-tecnica-NOVA-GARDEN.pdf>

Pavimentazione permeabile

<https://www.ecopavimentazioni.com/it/>

## INDICE DELLE FIGURE

*Figura 5 Ciclo dell'acqua*

[<http://www.fitodepurazionevis.it/evapotraspirazione-totale-con-scarico-nullo/>]

*Figura 2 Processo di evapotraspirazione in un contesto urbano*

[Woods Ballard et al. 2015. "The SuDS Manual"]

*Figura 3 Componenti del sistema di bioretensione*

[Woods Ballard et al. 2015. "The SuDS Manual"]

*Figura 4 Esempio di rain garden*

[Woods Ballard et al. 2015. "The SuDS Manual"]

*Figura 5 Biotopi*

[<http://www.sgarbigiardini.ch/servizi/biotopi/>]

*Figura 6 Zona di infiltrazione e trincea*

[[https://www.cittametropolitana.mi.it/export/sites/default/Life\\_Metro\\_Adapt/documenti/TRINCEE-INFILTRANTI\\_fin.pdf](https://www.cittametropolitana.mi.it/export/sites/default/Life_Metro_Adapt/documenti/TRINCEE-INFILTRANTI_fin.pdf)]

*Figura 7 Swale*

[<https://www.susdrain.org/delivering-suds/using-suds/suds-components/swales-and-conveyance-channels/swales.html>]

*Figura 8 Sistema geo-cellulare*

[<https://water.pircher.eu/it/vasche-e-impianti/sistemi-geocellulari-per-accumolo-o-drenaggio-acqua/116-0.html>]

*Figura 9 Bacino di detenzione*

[<https://en.wikipedia.org/wiki/File:WidemereDetentionBasin.jpg>]

*Figura 10 Water square in Rotterdam*

[<https://www.rinnovabili.it/bozze/water-squares-piazze-dacqua-attirano-la-pioqqia-564>]

*Figura 11 Stratigrafia tetto giardino*

[[https://buildingcue.it/il-tetto-giardino-tipologie-funzioni-e-vantaggi/12916/ex-climadrain-55-2\\_besch/](https://buildingcue.it/il-tetto-giardino-tipologie-funzioni-e-vantaggi/12916/ex-climadrain-55-2_besch/)]

Figura 12 California Academy of Science progetto di Renzo Piano

[\[https://www.inexhibit.com/it/mymuseum/california-academy-of-sciences-san-francisco/\]](https://www.inexhibit.com/it/mymuseum/california-academy-of-sciences-san-francisco/)

Figura 13 Nanyang School of Art, Singapore

[\[https://inhabitat.com/amazing-green-roof-art-school-in-singapore/\]](https://inhabitat.com/amazing-green-roof-art-school-in-singapore/)

Figura 14 Verde parietale applicato alla facciata di un edificio

[\[https://www.teknoring.com/wikitecnica/tecnologia/parete-verde/\]](https://www.teknoring.com/wikitecnica/tecnologia/parete-verde/)

Figura 15 Piantumazione di un muro vegetale

[\[https://www.architetturaecosostenibile.it/architettura/criteri-progettuali/tecniche-verde-verticale-muro-vegetale-423\]](https://www.architetturaecosostenibile.it/architettura/criteri-progettuali/tecniche-verde-verticale-muro-vegetale-423)

Figura 66 Esempio sistema di fitodepurazione

[\[https://www.lavorincasa.it/impianto-di-fitodepurazione/\]](https://www.lavorincasa.it/impianto-di-fitodepurazione/)

Figura 17 Composizione pavimentazione permeabile

[Woods Ballard et al. 2015. "The SuDS Manual]

Figura 78 L'edificio 25 Verde

[\[http://www.lineeverdi.com/portfolio/25-verde/\]](http://www.lineeverdi.com/portfolio/25-verde/)

Figura 89 Vista laterale 25 Verde

[\[https://www.stefano-boeri-architetti.net/vertical-forest/luciano-pia-torino-2/\]](https://www.stefano-boeri-architetti.net/vertical-forest/luciano-pia-torino-2/)

Figura 20 Vista esterna delle classi

[\[https://www.wbdg.org/additional-resources/case-studies/bertschi-school-living-science-building\]](https://www.wbdg.org/additional-resources/case-studies/bertschi-school-living-science-building)

Figura 21 Parete vegetale interna

[\[https://www.wbdg.org/additional-resources/case-studies/bertschi-school-living-science-building\]](https://www.wbdg.org/additional-resources/case-studies/bertschi-school-living-science-building)

Figura 22 Vista interna

[\[https://www.wbdg.org/additional-resources/case-studies/bertschi-school-living-science-building\]](https://www.wbdg.org/additional-resources/case-studies/bertschi-school-living-science-building)

Figura 23 Trattamento dell'acqua

[\[https://www.wbdg.org/additional-resources/case-studies/bertschi-school-living-science-building\]](https://www.wbdg.org/additional-resources/case-studies/bertschi-school-living-science-building)

Figura 24 Facciata principale della Tabacalera

[\[https://regaber.com/proyectos/control-y-monitorizacion/muros-vegetales-espacio-tabacalera-tarragona/\]](https://regaber.com/proyectos/control-y-monitorizacion/muros-vegetales-espacio-tabacalera-tarragona/)

*Figura 25 Schema di funzionamento*

[\[https://www.teknoring.com/guide/guide-architettura/la-parete-verde-come-sistema-di-fitodepurazione/\]](https://www.teknoring.com/guide/guide-architettura/la-parete-verde-come-sistema-di-fitodepurazione/)

*Figura 26 Utilizzo della Water square*

[\[https://www.rinnovabili.it/bozze/water-squares-piazze-dacqua-attirano-la-pioqqia-564\]](https://www.rinnovabili.it/bozze/water-squares-piazze-dacqua-attirano-la-pioqqia-564)

*Figura 27 Funzionamento sistema di smistamento dell'acqua*

[\[https://www.rinnovabili.it/bozze/water-squares-piazze-dacqua-attirano-la-pioqqia-564\]](https://www.rinnovabili.it/bozze/water-squares-piazze-dacqua-attirano-la-pioqqia-564)

*Figura 28 Sistema Rain(a)Way*

[\[http://www.urbanisten.nl/wp/?portfolio=climate-proof-zomerhofkwartier\]](http://www.urbanisten.nl/wp/?portfolio=climate-proof-zomerhofkwartier)

*Figura 29 Rendering del progetto di Hofbogen (Paesi Bassi)*

[\[https://www.viaggiareinolanda.it/sette-nuovi-progetti-urbanistici-per-migliorare-la-vita-dei-residenti-e-degli-ospiti-di-rotterdam/\]](https://www.viaggiareinolanda.it/sette-nuovi-progetti-urbanistici-per-migliorare-la-vita-dei-residenti-e-degli-ospiti-di-rotterdam/)

*Figura 30 Canali per l'acqua piovana*

[\[https://www.klimatilpasning.dk/\]](https://www.klimatilpasning.dk/)

*Figura 31 Botanical roof garden*

[\[https://www.trackdesign.net/en/Storie/malmo-history-of-a-green-city-with-an-industrial-style-b36.html\]](https://www.trackdesign.net/en/Storie/malmo-history-of-a-green-city-with-an-industrial-style-b36.html)

*Figura 32 Localizzazione caso studio*

[\[https://www.google.it/maps/\]](https://www.google.it/maps/)

*Figura 33 Scuola Terzo Istituto Comprensivo De Amicis - San Francesco*

[\[https://www.sit.puglia.it/\]](https://www.sit.puglia.it/)

*Figura 34 Solidgravel*

[\[https://www.ecopavimentazioni.com/it/\]](https://www.ecopavimentazioni.com/it/)

*Figura 35 Pavigravel*

[\[https://www.ecopavimentazioni.com/it/\]](https://www.ecopavimentazioni.com/it/)

*Figura 36 Membrana impermeabile*

[\[https://giemmegroup.it/\]](https://giemmegroup.it/)

*Figura 37 Membrana impermeabile Pannelli Daku Fsd 30*

[\[https://www.daku.it/it/sistemi/estensivo\]](https://www.daku.it/it/sistemi/estensivo)

*Figura 38 Filtri Daku Stabilfilter sfe*

[\[https://www.daku.it/it/sistemi/estensivo\]](https://www.daku.it/it/sistemi/estensivo)