

Il verde pensile: approfondimenti / 1

L'aspetto normativo

Negli ultimi anni si è riscontrato nel mercato italiano un interesse sempre crescente per la realizzazione di coperture a verde, le quali costituiscono uno strumento adatto per il miglioramento ambientale, in termini sia edilizi che territoriali. Esistono normative estere che affrontano l'argomento - la tedesca FLL innanzitutto - che non sono però totalmente applicabili in Italia a causa del differente contesto climatico, culturale e delle diverse tecnologie costruttive. Per questo motivo è in corso di redazione un **"Codice di pratica per la progettazione, l'esecuzione e la manutenzione delle coperture continue a verde pensile"**, a cura di un gruppo di lavoro in sede UNI coordinato dal DISET - Dipartimento di Ingegneria Strutturale e del Territorio - del Politecnico di Milano. Tale norma intende definire le regole di progettazione, esecuzione, collaudo e manutenzione di coperture a verde, in funzione delle particolari situazioni di contesto climatico, edilizio e di destinazione d'uso.

I vantaggi

Optare per una copertura a verde, in alternativa alle soluzioni di copertura tradizionali, consente di ottenere una serie di vantaggi:

- riduzione degli **sbalzi termici** a cui è soggetta la copertura: la copertura a verde permette infatti di ridurre gli sbalzi termici fino ad un massimo di 25°C;
- **risparmio energetico**;
- **riduzione della trasmissione del rumore**;
- capacità di **trattenimento dell'acqua piovana**;
- capacità di **trattenimento delle polveri**. Considerata anche la capacità di fotosintesi clorofilliana della copertura a verde, questo vantaggio porta come conseguenza la riduzione dell'anidride carbonica nell'aria, e contribuisce quindi in modo significativo al miglioramento della sua salubrità, in modo particolare nelle zone altamente urbanizzate;
- **prolungamento della vita dell'impermeabilizzazione**. Alla guaina è garantita protezione meccanica e protezione ai raggi U.V., protezione

termica (soprattutto nei confronti di sbalzi termici elevati in tempi brevissimi), nonché difesa di tipo chimico in ambienti industriali o altamente urbanizzati: la combinazione dell'acqua piovana con le anidridi presenti nell'atmosfera genera infatti acidi che nella prima pioggia possono essere presenti in alta concentrazione; una copertura a verde assorbe l'acqua di prima pioggia a livello di terriccio, per cui il contatto con il manto avviene solo in tempi successivi, con l'apporto di ulteriori volumi di pioggia in cui gli acidi sono molto più diluiti;

- guadagno in termini di **superfici vivibili**, nel caso di rivestimento a verde intensivo.

Le tipologie

Una copertura continua a verde è un giardino realizzato sopra ad una superficie che non si trova a contatto con il terreno naturale. **Le tecniche progettuali e costruttive per il verde pensile** devono essere necessariamente **diverse rispetto a quelle** conosciute **per il verde tradizionale** perché:

- le caratteristiche statiche del piano di posa possono rappresentare un vincolo;
- il piano di posa è coperto da una impermeabilizzazione che non può essere danneggiata;
- i tetti verdi devono assolvere alle funzioni classiche del giardino ma anche a quelle della copertura tradizionale, che sostituiscono completamente.

L'inverdimento pensile può essere pensato in due differenti soluzioni, intensivo o estensivo.

Verde pensile intensivo:

si tratta di un giardino con cespugli, fiori e alberi, e cioè del classico giardino da terra riportato in copertura. In genere necessita di molto impegno per la manutenzione (sfalci, irrigazioni, diserbi, concimazioni); richiede maggiori spessori di strato vegetativo, per garantire alle piantumazioni il giusto apporto degli elementi indispensabili per la sussistenza; è caratterizzato da elevate prestazioni in termini di accessibilità e fruibilità.

Verde pensile estensivo:

la differenza sostanziale rispetto alla tipologia di inverdimento intensivo è costituita dal fatto che, a parte l'irrigazione iniziale e l'approvvigionamento di sostanze nutritive al momento della realizzazione, non richiede che uno o due passaggi di manutenzione all'anno. Una copertura a verde estensivo è tipicamente realizzata con sedum, erbacee perenni tappezzanti, aromatiche e muschi, e cioè con essenze caratterizzate da un'alta adattabilità alle condizioni climatiche e da una elevata capacità di rigenerazione ed autopropagazione.

Gli elementi

La successione degli strati che costituiscono il verde pensile adatto a colture deve ricreare le condizioni ideali per il loro sviluppo, provvedendo a fornire adeguata alimentazione e sostegno, garantendo assorbimento di riserva idrica e contemporaneamente drenaggio dell'acqua in eccesso.

Gli elementi funzionali del verde pensile sono:

- l'elemento di supporto;
- i contenimenti;
- lo strato di pendenza;
- la rete di deflusso delle acque dal-solaio;
- lo strato impermeabile;
- lo strato di protezione alle radici;
- lo strato di protezione del pacchetto impermeabile;
- l'elemento drenante;
- lo strato di compensazione igrometrica;
- l'elemento filtrante;
- il substrato di coltivazione;
- la vegetazione.

Oltre a tali elementi è buona norma tenere nella giusta considerazione, già a partire dalla fase progettuale, una serie di altri elementi quali:

- il sistema di ispezione della rete di deflusso delle acque;
- l'impianto di irrigazione;
- il sistema di trattenimento (per coperture in pendenza);
- il sistema di ancoraggio della vegetazione.

Le pendenze e il deflusso delle acque

Nel verde pensile lo strato drenante è parte costituente di un sistema di deflusso dalla copertura delle acque in eccesso, nel quale gli elementi devono essere progettati in funzione dello strato drenante stesso. Nella progettazione del sistema drenante pertanto sarà necessario definire:

- i piani di scorrimento dell'acqua di deflusso e la loro pendenza;
- il numero, la dislocazione e la dimensione dei canali di gronda.

Il numero e la dislocazione dei piani di scorrimento determinano infatti il numero e la dimensione dei pluviali da asservire ai relativi settori di deflusso della copertura, i quali devono essere progettati in modo da consentire l'allontanamento agevole delle acque.

È consigliabile prevedere a questo proposito due distinti canali di scarico per ogni settore di deflusso, in modo che l'eventuale intasamento dell'uno non comporti il blocco totale della capacità di scarico. I bocchettoni devono essere naturalmente posizionati nel punto più basso della relativa superficie di deflusso, e devono essere facilmente ispezionabili; pertanto sarà opportuno prevedere attorno allo scarico un pozzetto con piastra amovibile.

È opportuno inoltre suddividere la **superficie della copertura in aree di drenaggio ridotte (80-120 m²) con pendenze maggiori o uguali all'1,5%** convergenti verso i bocchettoni di pertinenza, e tali per cui la distanza massima percorsa dall'acqua prima di raggiungere il punto di scarico sia compresa tra i 15 ed i 20 m; queste indicazioni consentono di evitare che ristagni eventuali dovuti ad avvallamento dei massetti di pendenza vengano in contatto con lo strato filtrante o con il substrato di coltura, procurando un tasso di umidità non omogeneamente distribuito agli strati sovrastanti e causando problemi alla vegetazione. In ogni caso la realizzazione dei massetti di pendenza dovrebbe essere particolarmente curata, al fine di evitare tali ristagni.

La compensazione igrometrica

In genere gli strati più profondi del terreno, anche in assenza di acqua di falda poco profonda, sono in grado di fornire alla vegetazione un apporto prolungato di umidità attraverso il fenomeno della diffusione del vapore verso l'esterno, dovuto all'evaporazione dell'acqua contenuta in tali strati. Nelle coperture a verde questo effetto è ridotto a causa degli spessori limitati di substrato riportati in copertura: prevedere in stratigrafia uno strato di compensazione igrometrica permette alle radici di avere **il necessario apporto idrico nella stagione**

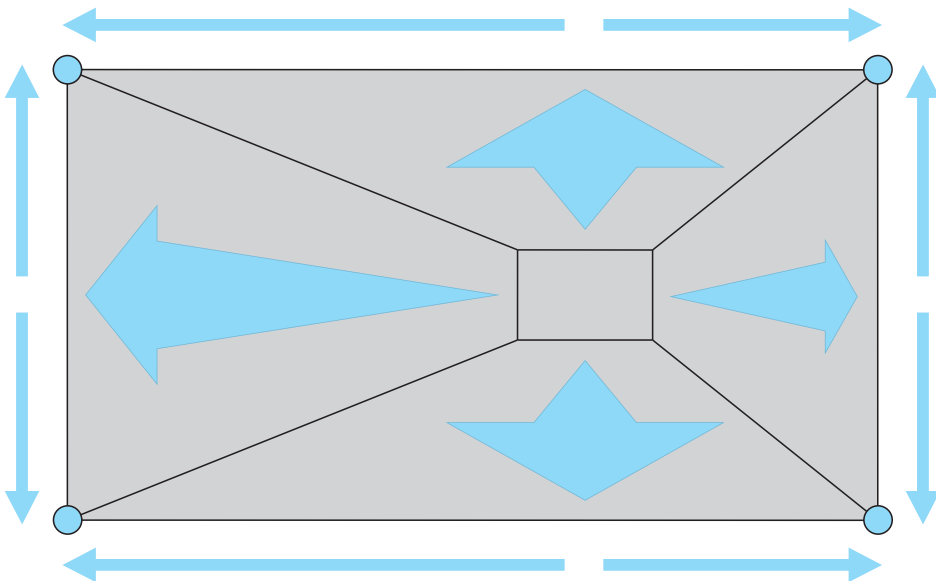
secca, ed al terriccio sovrastante di mantenere **costante il tasso di umidità**.

La perlite espansa ben si presta ad assolvere questa funzione, e garantisce adeguata ossigenazione, diffusività e riserva di acqua e sostanze nutritive per lo sviluppo degli apparati radicali.

I percettori igroscopici della **perlite** richiamano infatti acqua se in difetto e la smaltiscono se in eccesso; l'acqua può essere piovana, o diffusa da un impianto di irrigazione le cui tubazioni sono poste in opera a diretto contatto con lo strato di perlite stessa. In genere sono previsti additivi a base di elementi minerali per migliorare lo scambio ionico e la ritenzione delle soluzioni fertilizzanti.

Una precisazione importante infine, riguarda quei **prodotti che garantiscono un elevato accumulo d'acqua**: tali prodotti hanno in genere una bassa capacità drenante, che può causare la marcescenza per asfissia della vegetazione prevista in copertura.

È consigliabile pertanto provvedere ad un utilizzo combinato di uno strato di compensazione igrometrica e di uno strato drenante che garantisca uno smaltimento veloce dell'acqua in eccesso. In tal modo si può evitare il ristagno che causerebbe asfissia radicale soprattutto alle radici più profonde, mantenendo in efficienza solo le radici situate nello strato più superficiale, e facendo così in modo che la vegetazione risulti particolarmente vulnerabile ai periodi di siccità.



Il verde pensile: approfondimenti / 2

Il substrato di coltivazione

Il substrato di coltivazione rappresenta l'ambiente di vita della vegetazione, in quanto fornisce alle piante l'ancoraggio e gli elementi nutritivi: acqua ed ossigeno.

Dal momento che su una copertura a verde è molto difficile ed oneroso intervenire per ripristinare o modificare le caratteristiche di eventuali substrati inadeguati, è opportuno adoperarne di specificatamente studiati per l'utilizzo su tali coperture, invece di utilizzare terreno vegetale o tradizionali substrati per giardinaggio e vivaismo: l'elevato contenuto di argilla e di torba, la scarsa presenza di elementi minerali e curve granulometriche non adatte possono infatti determinare conseguenze dannose come l'eccessivo compattamento del substrato, il ristagno idrico, l'asfissia delle radici, lo sviluppo di patogeni e la perdita di fertilità.

Il tipo e lo spessore del substrato devono essere scelti in funzione del tipo di inverdimento desiderato, della della modalità di impianto e della portata a disposizione: **il substrato infatti è spesso lo strato di maggior peso**, per cui se ne deve tenere conto nella scelta dei materiali per non gravare eccessivamente la struttura.

Il sistema di trattenimento per coperture in pendenza

Una copertura in pendenza viene inverdita secondo la stessa stratigrafia di una copertura piana; in aggiunta è però necessario prevedere sistemi di trattenimento quali: **traverse per l'assorbimento della spinta di scivolamento** (interrotte in modo opportuno per consentire il deflusso dell'acqua); prodotti di **contenimento e di protezione dall'erosione superficiale** dei substrati freschi di riporto.

In particolare i contenimenti devono essere realizzati con opportune travi di gronda fissate con elementi angolari metallici in modo che la spinta generata dall'inverdimento sia orientata verso la struttura del tetto; lo scarico delle acque nelle coperture a verde in pendenza è infatti ottenuto generalmente con una grondaia esterna.

Un prodotto quale **Tenax PROMAT impedisce inoltre i danni da erosione fino all'avvenuto radicamento dello strato di vegetazione**. Nella fase iniziale dell'inerbimento il substrato di coltivazione è infatti soggetto al dilavamento ed all'erosione superficiale provocati dalle acque

meteoriche, dal ruscellamento che ne consegue e dall'azione del vento. Tali azioni possono provocare importanti perdite di materiale del substrato e la formazione di solchi, vista la ridotta penetrazione delle radici dello strato di vegetazione nel substrato stesso.

Tenax PROMAT garantisce pertanto una azione antierosiva efficace nella fase che precede l'attecchimento della vegetazione, prevenendo la formazione di solchi e interagendo con le radici delle essenze seminate, costituendo il loro ancoraggio ed impedendone lo strappo ed il dilavamento.

Una condizione che deve essere infine soddisfatta nel caso di coperture a verde sia piane che inclinate, è la **stabilità** anche in presenza di forte vento. In genere infatti nella parte centrale della copertura è sufficiente il peso del substrato per impedire il sollevamento della stratigrafia dovuto all'effetto aspirante del vento; in corrispondenza di angoli e bordi invece è opportuna la posa in opera di ghiaia o di piastre in cls per raggiungere l'appesantimento necessario.

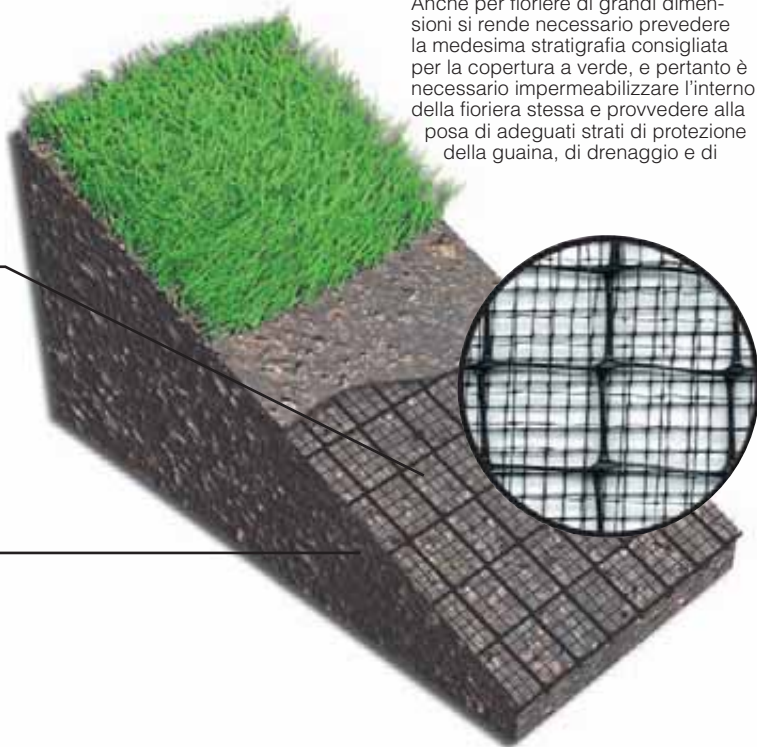
Fioriere e fosse per alberi

Anche per fioriere di grandi dimensioni si rende necessario prevedere la medesima stratigrafia consigliata per la copertura a verde, e pertanto è necessario impermeabilizzare l'interno della fioriera stessa e provvedere alla posa di adeguati strati di protezione della guaina, di drenaggio e di

Stuoia antierosione Tenax PROMAT

Tenax PROMAT viene facilmente installato srotolando le bobine da monte a valle e fissandole al substrato con opportuni picchetti; deve inoltre essere riportato e fissato alla chiusura più alta, facendo uso di opportuni pro fili. Il prodotto può essere poi ricoperto con uno spessore di substrato non superiore ad 1 cm.

Substrato di coltivazione seminato



filtrazione, nonché di un apposito sistema di smaltimento delle acque meteoriche.

Nel caso inoltre di opere di giardinaggio di un certo impegno, dove si preveda la messa a dimora di piante da fusto di una certa altezza, si devono prevedere vasconi che forniscano un interrimento in profondità per la crescita delle radici. Tali vasche possono essere poste in opera sulla guaina, separata da uno strato ripartitore di pesi, ed al loro interno dovranno disporre di uno strato drenante con relativi scarichi e di uno strato filtrante.

La portata idraulica di Tenax DP1 e della ghiaia

Per assicurare una capacità drenante equivalente a quella del composito **Tenax DP1**, sono necessari spessori importanti di ghiaia.

Esempio: sistema per il drenaggio dell'acqua a contatto con un supporto impermeabilizzato pressoché orizzontale (pendenza pari al 3%: gradiente idraulico $i = 0,03$).

Si assume, a scopo cautelativo, un valore di permeabilità k elevato per la ghiaia lavata:

$$k = 1,00 \cdot 10^{-1} \text{ [m/s]}$$

La portata d'acqua Q che può essere smaltita da uno strato drenante è espressa dalla legge di Darcy:

$$Q = kAi \text{ [m}^3\text{/s]}$$

essendo

$$A \text{ [m}^2\text{]}$$

l'area della sezione drenante (assumendo la larghezza unitaria, A è lo spessore dello strato drenante).

La portata idraulica di un composito è dipendente dal carico verticale applicato. Ipotizzando pertanto che la profondità di posa t (ossia lo spessore di terreno sovrastante) sia:

$$t = 0,5 \text{ [m]}$$

e che il peso g del volume del terreno sia:

$$g = 20 \text{ [kN/m}^3\text{]}$$

Il carico verticale applicato s_v è:

$$s_v = g t = 10 \text{ [kPa]} = 0,1 \text{ [kg/cm}^2\text{]} = 1 \text{ [t/m}^2\text{]}$$

Dai diagrammi di trasmissività di **Tenax DP1**, riportati sulla relativa scheda tecnica, si ricava la portata idraulica per un gradiente $i = 0,03$ e sotto un carico applicato di 10 kPa; lo spessore di ghiaia equivalente si ricava dividendo la portata ricavata per la sua permeabilità, per la larghezza di raffronto (e.g.: 1 m) e per il gradiente. Quindi:

Spessore di **Tenax DP1**:

$$8 \text{ [mm]}$$

Portata idraulica di **Tenax DP1**:

$$5,83 \cdot 10^{-4} \text{ [m}^3\text{/s m]} \\ = 35 \text{ l/min m}$$

Spessore di ghiaia equivalente:

$$20 \text{ [cm]}$$

L'esempio evidenzia che, a parità di portata idraulica garantita, i sistemi di drenaggio tradizionali comportano il reperimento di notevoli volumi di materiale drenante, nonché maggiori costi di trasporto e posa in opera. Il drenaggio con ghiaia comporta inoltre un aggravio di carico sul supporto:

1 m² di ghiaia di spessore 20 cm pesa oltre 400 kg; Tenax DP1 riduce invece il carico a soli 1,38 kg.

Come verificare l'idoneità del composito drenante

Per la buona esecuzione di una copertura a verde è indispensabile la scelta corretta di uno strato drenante che permetta una rapida evacuazione dell'acqua, in modo da evitare travasi o ristagni che possano risultare dannosi alla vegetazione.

Quando è un composito drenante chiamato ad assolvere a tale funzione, è possibile fare riferimento al seguente schema per l'eventuale verifica dell'adeguatezza del prodotto al contesto specifico.

Data una certa piovosità j , intesa come intensità della massima precipitazione locale annua:

$$j \text{ [mm/h]} = h/t$$

essendo

$$h \text{ [mm]}$$

l'altezza della precipitazione e

$$t \text{ [h]}$$

la durata della precipitazione, la portata idraulica q richiesta per unità di superficie è:

$$q \text{ [m}^3\text{/s m}^2\text{]} = 2,777 \cdot 10^{-7} j$$

La portata idraulica Q per metro lineare di scorrimento è ottenuta moltiplicando q per la lunghezza in orizzontale della pendenza:

$$Q \text{ [m}^3\text{/s]} = q \cos(a) f L$$

essendo

$$a \text{ [}^\circ\text{]}$$

l'angolo di pendenza,

$$L \text{ [m]}$$

la lunghezza del pendio, e

$$f \text{ [m]}$$

il coefficiente di infiltrazione della stratigrafia considerata in occasione dell'evento j (infatti l'acqua che non si infiltra attraverso la stratigrafia scorre in superficie).

Date inoltre le caratteristiche del terreno sovrastante, ossia:

$$t \text{ [m]}$$

spessore di terreno e

$$g \text{ [kN/m}^3\text{]}$$

peso del volume del terreno, si ottiene che il carico verticale applicato s_v è:

$$s_v \text{ [kPa]} = g t$$

A questo punto se il gradiente

$$i = \text{tg}(a)$$

è indicato nei diagrammi o nelle tabelle di portata idraulica del composito, allora è necessario scegliere quel composito che soggetto al carico s_v e per il gradiente i garantisce una portata idraulica maggiore o uguale a Q . Se i non è un gradiente indicato nei diagrammi di caratterizzazione del composito, è possibile determinare la portata idraulica corrispondente del prodotto con la formula empirica:

$$Q_{i1} = Q \cdot \sqrt{\frac{i_1}{i}}$$