



Il verde pensile e la gestione delle acque meteoriche in ambiente urbano

■ ANNA PALLA, LUCA G. LANZA

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA DELLE COSTRUZIONI, DELL'AMBIENTE E DEL TERRITORIO (DICAT),
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI GENOVA

@ panna@diam.unige.it

Gli effetti prodotti dagli interventi di impermeabilizzazione del suolo sull'ambiente urbano sono numerosi e comprendono l'incremento delle temperature medie e della produzione di polveri, l'incremento dell'immissione di sostanze inquinanti nell'aria, la generazione del deflusso superficiale, la difficoltà di regimazione delle acque meteoriche, l'inquinamento acustico, ecc.

Il verde pensile, ed in generale la diffusione di aree verdi in area urbana, si inserisce a pieno titolo tra gli strumenti di mitigazione e compensazione ambientale. In particolare, permette di contenere l'aumento delle temperature, attraverso l'evapotraspirazione e l'assorbimento della radiazione solare incidente, di abbattere considerevolmente il ricircolo delle polveri inquinanti mediante la capacità di assorbimento e trattenuta delle stesse, di ridurre e controllare gli afflussi ai sistemi di drenaggio mediante la ritenzione e la detenzione delle acque meteoriche, di mitigare l'inquinamento acustico con la riduzione della riflessione del suono all'esterno e della diffusione all'interno, ed infine di preservare la biodiversità grazie alla creazione di nuovi ambienti di vita per animali e piante. Oltre al suo intrinseco valore ecologico, il verde pensile presenta numerosi vantaggi rispetto alle coperture tradizionali dal punto di vista sia economico, sia costruttivo. Il verde pensile incrementa la vita tecnica media degli strati di impermeabilizzazione e di coibentazione proteggendoli da azioni meccaniche e limitando gli sbalzi termici, possiede capacità termoisolanti che consentono di ridurre i consumi ed i costi sugli impianti di riscaldamento e condizionamento, amplia in modo consistente le possibilità di progettazione e crea superfici fruibili che aumentano il valore dell'immobile.

Nei confronti della corretta gestione e controllo delle acque meteoriche in ambiente urbano il verde pensile rappresenta un'efficace intervento di carattere distribuito, ovvero una tecnica di drenaggio "naturale" che consente il controllo delle acque di scorrimento superficiale prima del loro ingresso nelle reti di drenaggio artificiali (fognature) o naturali (corsi d'acqua).

Le superfici impermeabili in ambiente urbano limitano infatti il naturale processo idrologico dell'infiltrazione, fino ad inibirlo in alcuni casi, e le acque di origine meteorica si trasformano rapidamente in deflussi superficiali che devono essere smaltiti dal sistema di drenaggio. Un aumento delle superfici impermeabili si traduce quindi in aumento delle portate al colmo di piena e dei volumi defluiti in rete. L'incremento delle portate e dei volumi defluiti, oltre ad essere la causa di problemi di fallanza delle reti di drenaggio urbano e di allagamenti delle aree urbanizzate, può comportare problemi di erosione e di inquinamento dei corpi idrici ricettori.

Le Pratiche distribuite di gestione delle acque meteoriche, in seguito richiamate con l'acronimo americano DSMP (*Distributed Stormwater Management Practice*), richiedono generalmente grandi aree disponibili per la realizzazione di strutture di infiltrazione ed immagazzinamento (trincee di infiltrazione, pozzi drenanti, vasche volano, elementi di disconnessione). Tra queste tuttavia la tecnica del verde pensile, sfruttando gli ampi spazi disponibili sulle coperture a tetto (altrimenti inutilizzate), può essere applicata anche in ambienti urbani densamente edificati.

Introducendo la pratica dei tetti verdi in un bacino urbano si interviene pertanto sulla regimazione idrica ripristinando almeno parzialmente il ciclo naturale dell'acqua attraverso i processi di percolazione, infiltrazione, evaporazione dal suolo ed evapotraspirazione dalla vegetazione. In questo modo si opera un controllo degli scorrimenti superficiali con conseguente riduzione delle portate al colmo, incremento del tempo di concentrazione del bacino ed abbattimento del carico inquinante.

Le tecniche costruttive

Il termine verde pensile rimanda culturalmente a tutta quella serie di interventi che coinvolgono l'installazione di sistemi vegetati su coperture o porzioni delle stesse; più propriamente per indicare le soluzioni a verde, studiate tecnologicamente per ottenere vantaggi prestazionali, si parla di coperture continue a verde o nel gergo comune di tetti verdi.

Il tetto verde si attua in condizioni di copertura piana ($i < 5\%$) o a limitata pendenza ($i < 30\%$) su edifici o manufatti di diverso tipo, in cui in alternativa all'impiego di materiali di rivestimento tradizionali si realizza un inverdimento con diverse tipologie e tecniche.

Un tetto verde può essere realizzato mediante semina o messa a dimora di piante su uno strato di terra, oppure mediante posa sul tetto di stuoie precoltivate. I tetti verdi sono caratterizzati da substrati relativamente sottili; lo spessore di un tetto di muschio o di sedum è di circa 5 cm, mentre per un tetto erbaceo è di almeno 15 cm. Il substrato deve essere progettato primariamente in relazione al peso sopportabile dall'edificio, in relazione alle esigenze strutturali, e alla buona riuscita della vegetazione piantumata. Il risultato è il disegno di substrati con basse densità, scarso contenuto di materiale organico e di materiale a granulometria fine ed elevata permeabilità per l'acqua e l'aria. Nel caso di tetti di muschio o sedum, la manutenzione richiesta è ridottissima e l'acqua necessaria è normalmente fornita dalle precipitazioni naturali. Questa categoria di tetti, a manutenzione limitata, viene defi-



nita verde pensile estensivo; i tetti con vegetazione erbacea, arbustiva e prato, che richiedono una manutenzione maggiore ed un sistema di irrigazione, sono invece definiti verde pensile intensivo. Le fasi di realizzazione dei due sistemi sono analoghe: consolidamento e verifica del tetto preesistente, o realizzazione della copertura portante; posa della membrana antiradice; eventuale montaggio dell'impianto d'irrigazione; installazione dei manufatti per lo scarico delle acque; realizzazione dello strato per l'inverdimento ed impianto del verde.

Il supporto per l'inverdimento è costituito da un substrato drenante realizzato con geocompositi, con materiale sciolto o con pannelli preformati; viene quindi disposto uno strato filtrante ed

superfici piane devono avere uno spessore minimo di 15 cm o di 12 cm se si introducono delle tubazioni drenanti di diametro 50 mm con una densità pari a 0,5 m/m².

I sistemi con elementi drenanti preformati in piastre o rotoli, realizzati in materiale sintetico, polietilene, polistirolo o materiali termoisolanti hanno, a parità di spessore, capacità drenanti superiori a quelle dei materiali sfusi e comportano pesi più contenuti. In questi sistemi l'acqua viene immagazzinata in appositi incavi così da poter ottenere accumulo anche nel caso di coperture inclinate. Lo spessore di tali strati può variare da 2,5 a 12 cm.

Il compito dello strato filtrante è quello di impedire la discesa di particelle fini dal substrato verso lo strato drenante. Normalmen-

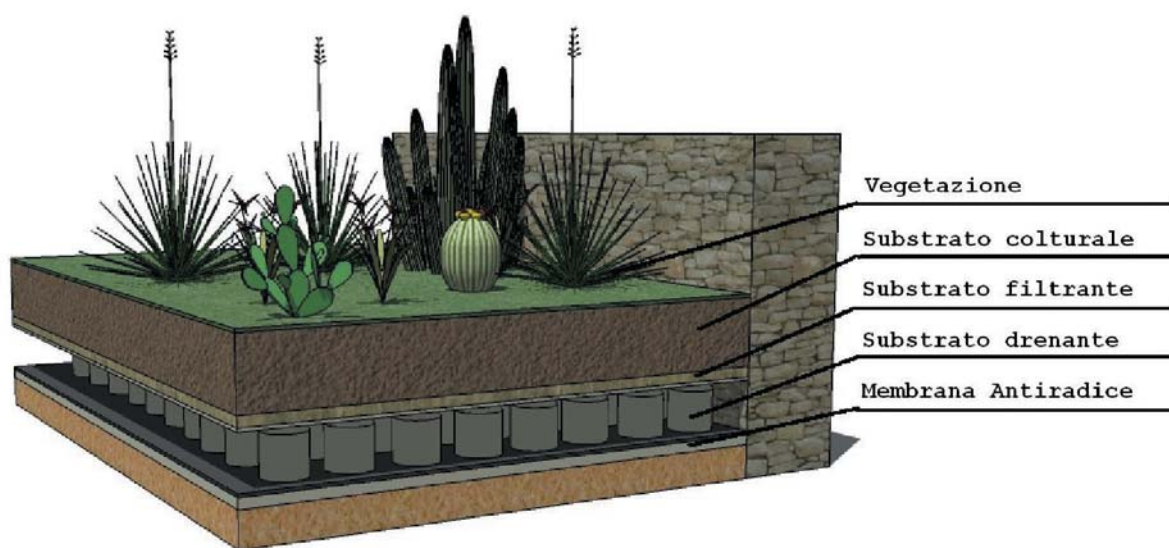


Figura 1 - Schema della composizione di un tetto verde.

un substrato colturale, comunemente chiamato suolo.

La progettazione del substrato drenante, reale cuore del sistema, è la fase che determina la differenziazione della risposta del tetto verde in termini di gestione quantitativa e qualitativa delle acque meteoriche. Le caratteristiche specifiche dello strato drenante, rilevanti ai fini della regimazione idrica, sono la distribuzione della curva granulometrica per i materiali sciolti, la compatibilità ambientale e chimica, la permeabilità e la capacità di accumulo. Per quanto riguarda la compatibilità ambientale e chimica, i componenti dello strato non devono rilasciare sostanze dannose per l'ambiente e devono essere chimicamente compatibili con gli altri materiali impiegati nella stratificazione. La conduttività idraulica satura deve essere superiore a 0.3 cm/s e per quanto riguarda la capacità di accumulo è necessario verificare che in corrispondenza dei massimi volumi d'acqua invasati sia sempre presente un adeguato volume d'aria, per non causare l'asfissia radicale.

Nei sistemi realizzati con materiale sciolto lo strato drenante, costituito da materiali minerali leggeri quali pomice, lava, ardesia espansa, presenta valori di accumulo idrico valutabili, nel caso di copertura inclinata, attraverso la sola capacità di ritenzione idrica dei materiali e nel caso di coperture piane prevedendo un accumulo ulteriore dovuto alla presenza di una falda di pochi centimetri che si genera sul fondo. Lo spessore minimo dello strato deve garantire l'infiltrazione verticale dell'acqua meteorica e lo smaltimento orizzontale della stessa, evitando che le zone di ristagno idrico interessino lo strato filtrante. Secondo la norma tedesca DIN 4095, gli strati drenanti con granulometria 8/16 mm su

te si utilizzano geotessili con opportune caratteristiche di resistenza alla trazione, al taglio e al punzonamento e con idonea permeabilità idraulica.

Infine, al substrato colturale sono richiesti un'elevata capacità drenante in condizioni di massima saturazione idrica, un coefficiente di conduttività idraulica satura superiore a 0.4 cm/s, una buona capacità di ritenzione idrica (> 35% in volume) ed una struttura chimico-fisica che garantisca stabilità per eventi meteorici intensi, ovvero una struttura che non ammetta la formazione di fango connessa alla perdita di resistenza al taglio del terreno.

I materiali normalmente impiegati nella miscelazione dei substrati sono di origine vulcanica (lava, pomice) per la parte minerale, che conta circa il 60% in volume della frazione totale, e sono costituiti da torbe e residui vegetali compostati per la parte organica (mai in percentuale elevata) con rapporto carbonio-azoto inferiore a 30.

L'influenza del verde pensile sulla riduzione dello scorrimento superficiale

Il tetto verde viene generalmente descritto come una DSMP "naturalistica": il sistema opera infatti simulando i processi naturali del ciclo dell'acqua quali l'infiltrazione nel suolo, l'evapotraspirazione attraverso la vegetazione e l'evaporazione dalle superfici esposte.

In termini di generazione dello scorrimento superficiale, il contributo del verde pensile rispetto a quello della copertura tradi-



zionale impermeabile consiste nella riduzione del volume complessivo, nella riduzione dell'altezza di picco dell'idrogramma di piena e nel ritardo del picco stesso alla confluenza nella rete di drenaggio. La capacità di regimazione idrica del tetto verde è funzione non solo delle caratteristiche costruttive (composizione dello strato drenante, inclinazione del tetto, ecc.) e del tipo di vegetazione, ma anche delle condizioni climatiche (ietogramma di pioggia, evapotraspirazione potenziale, contenuto di umidità del suolo, ecc.). Attraverso una progettazione attenta degli strati, a parità di condizioni climatiche e di tipologia di vegetazione, si possono raggiungere risultati diversi in termini di capacità di accumulo e ritenzione.

In generale, i risultati raggiungibili in termini di controllo della generazione dello scorrimento superficiale mediante interventi di infiltrazione ed in particolare nelle pratiche d'infiltrazione decantate, sono fortemente influenzati dal regime delle piogge, direttamente connesso all'umidità del suolo. È stato verificato sperimentalmente, presso il Dipartimento Water Resource Engineering dell'Università di Lund in Svezia, che piogge uniformi nel tempo favoriscono buone prestazioni dei sistemi mentre le variazioni dell'intensità di pioggia su brevi intervalli temporali (picchi dello ietogramma) le riducono notevolmente. Infatti, in corrispondenza dei picchi dello ietogramma il sistema raggiunge rapidamente la saturazione dello strato drenante con conseguente istantanea generazione di deflusso superficiale e subsuperficiale.

Al contrario eventi uniformi di bassa intensità possono essere assorbiti completamente da un sistema con copertura continua a verde. Il tetto verde può essere paragonato ad un serbatoio che raccoglie l'acqua finché questa non raggiunge un livello prefissato oltre il quale l'acqua inizia a sfiorare (Bengtsson, 2002). Per piogge di bassa intensità e breve durata e condizioni del suolo secco, con contenuto di umidità del suolo praticamente corrispondente alla capacità di campo, non si ha generazione di deflusso superficiale.

L'effetto principale del tetto verde in relazione alla gestione delle acque meteoriche è pertanto la riduzione del volume cumulato di scorrimento superficiale su scala annuale. La ritenzione (immagazzinamento e dispersione) del volume di pioggia, da imputarsi al consumo per il fabbisogno idrico della vegetazione ed alla dispersione in atmosfera per evapotraspirazione attraverso la vegetazione e per evaporazione dalle superfici esposte, è il processo con cui si spiega tale riduzione.

Da studi sperimentali condotti in Germania è emerso che la percentuale di volume ritenuto risulta indipendente dalla tipologia di strato drenante (Koehler, 2002) mentre secondo gli studi condotti in Svezia risulta indipendente dall'inclinazione della copertura (Villarreal *et al.* 2005). I dati di letteratura indicano che la capacità di ritenzione su scala annuale varia dal 75% per il verde pensile intensivo al 45% per il verde pensile estensivo (Mentens *et al.* 2006); tuttavia i risultati sperimentali, essendo fortemente influenzati da fattori geo-climatici, devono essere valutati criticamente e non possono essere riportati in realtà climatologicamente differenti.

La nuova frontiera delle DSMP prevede la valorizzazione degli interventi che amplificano il contributo dell'evapotraspirazione in rapporto a quello dell'infiltrazione. Nel caso del verde pensile l'evapotraspirazione è sicuramente il processo cruciale per la riduzione dei deflussi. Diversi studi sperimentali condotti in Germania si sono concentrati sulla relazione tra contenuto d'acqua nel suolo, evapotraspirazione potenziale ed evapotraspirazione effettiva in diverse condizioni climatiche. Le conclusioni mostrano che nella stagione invernale l'evapotraspirazione è notevolmente ridot-

ta in quanto l'evapotraspirazione potenziale ed in generale l'umidità del suolo sono più basse; il tetto verde quindi risulta essere uno strumento molto efficace nelle regioni con climi tropicali e sub tropicali dove il contributo dell'evapotraspirazione è notevole in tutto il corso dell'anno. La ritenzione del volume dipende anche dal tipo di vegetazione, sebbene da alcuni dati di letteratura sia emerso che l'influenza del tipo di pianta sulla ritenzione è minima ed addirittura nulla nella prima fase di vita del tetto, quando la vegetazione è stata appena piantumata (Forrester, 2006).

La detenzione (immagazzinamento temporaneo e successivo lento rilascio in rete) del volume di pioggia è il processo con cui si spiega l'attenuazione ed il ritardo del picco di scorrimento superficiale alla confluenza con la rete di drenaggio. L'attenuazione del picco è da imputarsi principalmente alla capacità di immagazzinamento del suolo a meno della capacità di campo, alla capacità di immagazzinamento dello strato drenante, alla pendenza della copertura e dipende dalla forma dello ietogramma di pioggia e dalle condizioni di umidità del suolo. Ad una capacità di campo del 10-30% su di un substrato di suolo di 10 cm corrisponde una capacità di immagazzinamento di 30 mm che significa una detenzione del 5% della precipitazione media annuale della regione di Berlino (Koehler 2001). In generale, il ritardo nella generazione dello scorrimento superficiale si presenta per ogni evento di pioggia, perché l'acqua prima di poter defluire deve saturare lo strato drenante. I ritardi maggiori nella risposta del deflusso subsuperficiale si registrano per basse intensità di pioggia e per condizioni di umidità del suolo prossime alla capacità di campo; al crescere dell'intensità di pioggia e dell'umidità del suolo il sistema risponde più velocemente. Il tetto verde può fornire ritardi allo scorrimento superficiale fino a 95 min (Liu, 2003) o anche 4 ore (Mora *et al.* 2004), rispetto alla generazione praticamente istantanea di deflusso nel caso di copertura tradizionale impermeabile (cfr. **Figura 2**).



Figura 2 - Risposta di una copertura impermeabile ad un evento meteorico intenso.

La ritenzione e la detenzione delle acque meteoriche riducono gli afflussi alla rete di drenaggio, prevenendo l'instaurarsi di situazioni critiche nei sistemi di drenaggio urbano e limitando le condizioni limite di esercizio con conseguente riduzione del rischio di allagamento e di contaminazione delle acque superficiali. Il rischio di allagamento cresce con la probabilità di fallanza di tratti di rete o di altri manufatti idraulici, quello di contaminazione con la probabilità di entrata in funzione degli scolmatori di piena che scaricano nel corpo idrico ricettore portate che non hanno

subito alcun trattamento di depurazione. La sola installazione di coperture a verde pensile non è sufficiente a risolvere il problema degli allagamenti in ambiente urbano né a ridurre i rischi di inquinamento ma, abbinata ad altri interventi distribuiti che operano la disconnessione delle aree impermeabili, quali la realizzazione di pozzi disperdenti, cunette drenanti, laghetti artificiali e canali aperti, rappresenta una soluzione decisamente efficace per la corretta gestione ed il controllo delle acque meteoriche in ambiente urbano.

L'influenza del verde pensile sulla qualità delle acque di scorrimento superficiale

Le acque di scorrimento dilavano un miscuglio eterogeneo di sostanze inquinanti che si deposita sulle superfici urbane nei periodi precedenti all'evento meteorico. Tale miscuglio (composto principalmente da solidi sedimentabili, elementi nutritivi, batteri, oli, grassi e metalli pesanti) dopo essere stato dilavato viene trasportato in fognatura, dove può subire successivi processi di trasformazione e reazioni chimiche

La qualità dello scorrimento superficiale, in termini di tipologie di inquinanti e relative concentrazioni, è funzione della destinazione d'uso della superficie dilavata, e generalmente tutte le superfici in ambiente urbano sono fonte di inquinamento.

Nello specifico, le fonti di inquinamento dello scorrimento superficiale generato da coperture vegetate sono la deposizione atmosferica, il suolo, il materiale drenante, ed i fertilizzanti; la principale tra queste è quella atmosferica, le cui caratteristiche di inquinamento sono a loro volta funzione delle emissioni gassose civili ed industriali, del traffico veicolare e delle particelle trasportate dal vento.

La qualità dell'acqua di scorrimento generata da un tetto vegetato, valutata come tipologie di contaminanti e relative concentrazioni, dipende da diversi fattori: dalla tecnica costruttiva utilizzata (spessore dello strato di suolo, composizione del suolo, vegetazione e tipo di strato drenante), dalle operazioni di manutenzione, dall'uso del suolo negli ambienti circostanti il tetto (aree residenziali, industriali), dalla presenza di sorgenti locali di inquinamento e dall'età del tetto stesso (tempo trascorso dall'installazione). A causa dell'evapotraspirazione, alcune sostanze tra quelle disciolte nell'acqua presente nel suolo precipitano e si legano al suolo o alla matrice solida del substrato drenante. Nel corso degli eventi di precipitazione le sostanze precipitate possono essere dilavate e trasportate dalle acque di scorrimento subsuperficiale.

Cambiamenti dei parametri fisico-chimici, legati principalmente allo sviluppo nel tempo della vegetazione e all'interazione tra apparato radicale, utilizzo di fertilizzanti, suolo e strato drenante possono influenzare l'assorbibilità di alcuni metalli e composti organici causando il loro rilascio nello scorrimento superficiale.

Gli studi in materia di qualità delle acque di dilavamento da copertura vegetata fanno riferimento a campagne di monitoraggio effettuate su porzioni di terreno delle dimensioni dell'ordine del metro quadrato o su coperture vegetate esistenti. Tuttavia fino ad oggi, pochi studi hanno analizzato l'incidenza che lo spessore dello strato drenante ed altri elementi costruttivi hanno sul rilascio di sostanze inquinanti e la letteratura sui substrati sottili è particolarmente carente.

Le campagne di monitoraggio prevedono l'acquisizione dei dati per la misura della portata drenata dal tetto, dei dati di precipitazione e la raccolta di campioni d'acqua per l'analisi dei parametri di qualità; in particolare i dati di precipitazione rivestono un ruolo cruciale nella comprensione dei processi di dilavamento.

I dati disponibili in letteratura riguardano i seguenti elementi: per i metalli pesanti Cd, Cr, Cu, Fe, Pb, Zn, per gli elementi minerali K, Mn e per i nutrienti $\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{NH}_4\text{-N}$, N, $\text{PO}_4\text{-P}$, P.

Per valutare correttamente la qualità delle acque di scorrimento generate da un tetto verde vengono effettuate misure di qualità "incrociate" analizzando contestualmente i campioni di acqua in uscita dallo strato drenante del tetto, i campioni di acqua meteorica, e quelli d'acqua di scorrimento da tetti limitrofi non vegetati. Le concentrazioni di inquinanti sono valutate sia in riferimento ai limiti di emissione per gli scarichi in acque superficiali, sia in riferimento alle concentrazioni presenti nelle acque meteoriche prima che queste raggiungano il suolo, sia in riferimento a quelle di dilavamento di altre superfici a tetto impermeabili localizzate nella stessa area.

I tetti verdi possono agire alternativamente come una sorgente di inquinanti, ovvero possono rilasciare inquinanti depositati e legati alla matrice solida dello strato drenante, e come un pozzo di inquinanti, cioè operare come un filtro. In generale, nella prima fase della propria vita tecnica, il tetto verde lavora come una sorgente di inquinanti quali i nutrienti, soprattutto fosforo, a causa della presenza di fertilizzanti nel terreno, mentre si comporta come un pozzo per i metalli. Con il passare del tempo il comportamento può essere invertito, ovvero il fertilizzante si esaurisce e alcuni nutrienti vengono metabolizzati e non più rilasciati, mentre iniziano ad essere rilasciati i metalli non più legati alla matrice solida.

Tuttavia, la riduzione dei carichi inquinanti in termini di masse annuali sversate nei corpi idrici ricettori sembra in generale da imputarsi alla riduzione dei volumi generati piuttosto che all'abbattimento delle concentrazioni ed in particolare, per i metalli pesanti, la capacità di ritenzione dipende principalmente dalla capacità di ritenere acqua del sistema tetto. Per quanto riguarda la ritenzione di metalli quali Cu, Zn, Cd, e Pb si sono osservate, nella stagione estiva, percentuali di ritenzione rispettivamente del 97%, 96%, 92% e 99% e nella stagione invernale del 34%, 72%, 62% e 91% (Steusloff, 1998).

Il comportamento delle installazioni a verde pensile, soprattutto nella risposta in termini di contaminanti organici, varia notevolmente nel tempo; per effettuare valutazioni sul rilascio di composti del fosforo e dell'azoto sul lungo termine è pertanto necessario condurre campagne di monitoraggio della durata minima di 4 anni dopo l'installazione del tetto (Berndtsson *et al.*, 2004). In particolare per i tetti più sottili, con substrato drenante sottile ad alta permeabilità, il quantitativo in eccesso di fertilizzanti e nutrienti viene rapidamente rilasciato dal sistema (Emillsson, 2005). La questione della fertilizzazione del tetto, azione cruciale per lo sviluppo delle piante e determinante per la risposta in termini di inquinanti organici, può essere risolta utilizzando fertilizzanti a rilascio controllato del tipo CRF (Controlled Release Fertiliser). Dall'osservazione dei dati disponibili in letteratura si evince che le concentrazioni di fosforo e di potassio (dovute alla fertilizzazione e alla defecazioni di volatili) sono generalmente superiori a quelle dell'azoto che viene assorbito dalla vegetazione, e che la concentrazione di fosforo decresce molto rapidamente con l'invecchiamento del tetto.

Contrariamente a quanto ci si aspetterebbe, anche per lo scorrimento superficiale da un tetto verde si verifica l'effetto del "first flush" per un consistente numero di inquinanti, nonostante il suolo e l'attività biologica legata alla vegetazione agiscano come fattori equilibranti per tutta la durata dell'evento meteorico. Il "first-flush" è il fenomeno che si verifica ogni qualvolta la prima parte del volume delle acque di scolo trasporta la parte prepon-



derante del carico inquinante dilavato durante l'intero evento di precipitazione. In un sistema a verde pensile il fenomeno del "first-flush" sembra sia legato alla presenza dello strato drenante nel quale le particelle rilasciate dal suolo vengono ritenute e quindi dilavate nella prima parte dell'evento meteorico.

Il verde pensile estensivo ed intensivo, pur non essendo un vero e proprio sistema di trattamento delle acque meteoriche opera, se confrontato con le coperture tradizionali impermeabili, una riduzione della contaminazione delle acque superficiali: le concentrazioni di inquinanti riscontrate in uscita da una copertura vegetata sono in generale più basse di quelle in uscita da una copertura impermeabile, e le masse trasportate risultano nettamente inferiori (Berndtsson *et al.* 2004)

In particolare, per quanto riguarda i metalli, le concentrazioni che si ritrovano nelle acque di scolo da tetti in cemento o tegole sono superiori a quelle riscontrate nelle acque di scorrimento superficiale da tetti verdi, poiché nella costruzione delle coperture impermeabili si utilizzano metalli che evidentemente sono soggetti ad un processo di corrosione dovuto agli agenti atmosferici. Al contrario, per quanto riguarda i composti organici (quali composti del fosforo e dell'azoto), le acque di scolo da tetti vegetati presentano concentrazioni nettamente superiori rispetto alle coperture impermeabili, poiché i tetti vegetati sono soggetti a fertilizzazione e sono maggiormente esposti alla defecazione degli uccelli.

Prospettive future e linee guida nella progettazione del verde pensile

L'utilizzo dei tetti verdi come strumento di mitigazione per i problemi connessi con la crescente impermeabilizzazione dei suoli ha inizio negli anni '80. Negli ultimi 20 anni, soprattutto nei paesi dell'Europa del Nord e negli Stati Uniti, si sono affrontate le problematiche del verde pensile studiando materiali e sviluppando tecnologie che potessero rendere economico e sicuro l'utilizzo di tali coperture. Sono sorte molte aziende specializzate e attualmente diversi istituti universitari si occupano di ricerca in questo campo, attivando corsi e cattedre specifiche. Progetti di ricerca riguardanti l'impatto del verde pensile sulla generazione dei deflussi sono in corso in America del Nord e Canada, presso l'Università dello Stato del Michigan, Università dello Stato della Pennsylvania, la Pace University della città di New York, l'Università del Wisconsin-Milwaukee, l'Università del Southern Illinois a Edwardsville (SUIE) e il British Columbia Institute of Technology (BCIT).

Nel Nord America il concetto di tetto verde è stato introdotto relativamente in ritardo rispetto al Nord Europa e non è stato accettato immediatamente; attualmente tuttavia il mercato dell'industria legata al verde pensile è nettamente in espansione (Green Roof Research Program, MSU). Dagli anni '90 ad oggi il mercato dei tetti verdi è universalmente in crescita: l'azienda leader svedese nella commercializzazione di soluzioni prefabbricate per i tetti verdi nel periodo 1998-2001 ha registrato un aumento del volume d'affari del 600%.

In alcuni paesi tecnologicamente sviluppati, come il Giappone, Singapore, la Germania ed il Belgio, il vantaggio ecologico del verde pensile è stato riconosciuto dal Governo che ha introdotto forme di incentivazione per incoraggiare (o in alcuni casi imporre al privato) l'installazione di coperture vegetate.

L'introduzione di prescrizioni a tutela del verde può avvenire attraverso esplicito mantenimento delle quote di verde esistenti in caso di manutenzione ordinaria; nella progettazione obbligatoria di verde privato nuovo o di sostituzione; nel ripristino della quota di superficie filtrante o alternativa tecnica perseguibile ed infi-

ne attraverso l'introduzione di nuovi elementi normativi basati su requisiti volontari, oltre a quelli cogenti, da attribuire alla qualità delle costruzioni.

L'introduzione di incentivi diretti, non sempre possibile da parte delle casse dei Comuni, può essere sostituita o supportata da incentivi indiretti sotto diverse forme: premi di cubatura, possibilità di maggiori altezze interne per recupero sottotetti; premi di superficie; ma soprattutto riduzione delle tasse e delle tariffe (ad es. per l'Italia sconti sull'ICI e sulla tariffa acqua/smaltimento).

Parallelamente allo sviluppo delle incentivazioni è necessario provvedere all'elaborazione di linee guida precise e dettagliate sulla progettazione ed installazione per evitare il proliferare del cosiddetto verde pensile alibi, realizzato con stratificazioni minimali e materiali scadenti, senza valenza ambientale, atto ad aggirare le prescrizioni per accedere ai contributi diretti ed indiretti. L'auspicio che anche in Italia si giunga ad incentivare l'uso delle coperture, come sta accadendo in Germania ed a Tokyo, è verosimile ed appartiene ad un futuro ormai prossimo. Un comune che si è mosso, con decisione, verso questa direzione è Bolzano. Nel febbraio 2004 il Consiglio comunale ha approvato un progetto denominato "indice R.I.E." (Riduzione Impatto Edilizio), un indice numerico applicato al lotto edificabile che certifica la qualità dell'intervento edilizio rispetto alla permeabilità del suolo ed al verde. La procedura si applica a tutti gli interventi di trasformazione edilizia ed urbanistica del territorio comunale soggetti a concessione edilizia, sia nelle nuove costruzioni che nei risanamenti. All'interno della procedura R.I.E. il verde pensile è considerato strumento primario per compensare la sigillazione dei suoli, per l'aumento del benessere ambientale e per il miglioramento del microclima.

L'Amministrazione Comunale di Torino, con delibera del Consiglio Comunale n. 306 del 16.9.96, ha adottato un programma di supporto tecnico e sovvenzioni per restituire alla città aree verdi, incentivando l'installazione di verde pensile.

Nei Paesi in cui le incentivazioni sono molto sviluppate, quali Austria, Svizzera e soprattutto Germania, le linee guida redatte per la pianificazione, progettazione ed installazione sono più complete e dettagliate. La normativa di riferimento più completa è probabilmente quella tedesca redatta da FLL (Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau), Associazione tedesca per la ricerca, lo sviluppo e la costruzione del paesaggio. Anche l'Italia si sta dotando di una normativa specifica; in data 30/08/2006 è terminata infatti la fase di inchiesta pubblica della normativa tecnica UNI U87022590 - Istruzioni per la progettazione, l'esecuzione e la manutenzione di coperture a verde. La norma definisce i criteri di progettazione, esecuzione, collaudo e manutenzione di coperture continue a verde, in funzione delle particolari situazioni di contesto climatico, di contesto edilizio e di destinazione d'impiego.

Benché i tetti verdi costituiscano una soluzione adottata sempre più frequentemente nel Nord America come in Europa ed in Estremo Oriente (Giappone in testa) le ricerche sulle prestazioni di ogni tipologia di installazione e le analisi a scala urbana sui benefici ambientali effettivi e sulla loro misurabilità sono ancora in corso di svolgimento.

Le principali limitazioni all'utilizzazione diffusa e i principali ostacoli che si incontrano nel coinvolgere enti pubblici e soggetti privati nella pianificazione delle sistemazioni a verde pensile, sono la carenza di dati tecnici quantitativi sulle prestazioni climatiche, igrometriche ed idrauliche, la mancanza di un archivio e di catalogazione dei progetti esistenti e un'insufficiente comprensione dei fenomeni idrologici ed idraulici coinvolti.



BIBLIOGRAFIA

- [1] Abram, P. (2004), "Giardini Pensili. Coperture a verde e gestione delle acque meteoriche", Sistemi Editoriali Se, 89-98.
- [2] Bengtsson, L. (2005), "Peak flows from thin sedum-moss roof", Nordic Hydrology 36(3), 269-280.
- [3] Bengtsson, L., Grahn, L. e Olsson, J. (2005), "Hydrological function of a thin extensive green roof in southern Sweden", Nordic Hydrology 36 (3), 259-268.
- [4] Berndtsson, J.C., Emilsson, T. e Bengtsson, L. (2005), "The influence of extensive vegetated roofs on runoff water quality", Sci. Tot. Env. 355, 48-63.
- [5] Bucheli, T.D., Müller, S.R., Heberle, S. e Schwarzenbach, R.P. (1998), "Occurrence e behavior of pesticides in rainwater, roof runoff, and artificial stormwater infiltration", Environ. Sci. Technol. 32(22), 3457-3464.
- [6] Connelly, M. e Liu, K. (2005), "Green roof research in British Columbia - An Overview", 3rd Annual Greening Rooftops for Sustainable Communities Conference", Washington, Washington D.C., 4-6th May, 2005.
- [7] Centgraf, S.C. e Schmidt, M. (2005), "Water Management to save energy, a decentralized approach to an integrated sustainable urban development", Report for the Rio5 - World Climate and Energy Event, Rio de Janeiro 15-17th Feb. 2005.
- [8] Emilsson, T. (2006), "Extensive Vegetated Roofs in Sweden Establishment, Development and Environmental Quality", Doctor's dissertation. ISSN 1652-6880, ISBN 91-576-7086-2.
- [9] Forrester, K., Jost, V., Luckett, K., Morgan, S., Yan, T. e Retzlaff, W. (2006), "Evaluation of storm water runoff from a Midwest green roof system", Abstract for the Illinois State Academy of Science annual meeting, April 21th, 2006, Chicago.
- [10] Getter, K.L. e Rowe, D. B. (2006), "The Role of Extensive Green Roofs in Sustainable Development", HortScience 41(5), 1276-1285.
- [11] Jeffries, J. M. (2005), "Prospective power analysis of green roof stormwater performance factorial experiments", Research Paper Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Master of Science Degree Department of Civil Engineering Southern Illinois University, Edwardsville.
- [12] Köehler, M. (2005), "Urban storm water management by extensive green roofs", In Proc. World Green Roof Congress/ Welt Gründach-Kongress, 15-16. September, 2005. Basel, Switzerland, 150-156
- [13] Köheler, M., Schmidt, M., Grimme, F.W., Laar, M., De Assunção, Paiva VL e Tavares, S. (2002), "Green roofs in temperate climates and in the hot-humid tropics - far beyond the aesthetics", Environ. Manag. Health. 13(4), 382-391.
- [14] Kolb, W. (2004), "Good reasons for roof planting - green roofs and rainwater", Acta Hort. 643, 295-300.
- [15] Mason, Y., Ammann, A.A., Ulrich, A. e Sigg, L. (1999), "Behavior of heavy metals, nutrients, and major components during roof runoff infiltration", Env. Sci. and Tech. 33(10), 1588-1597.
- [16] Mentens, J., Raes, D. e Hermys, M. (2006), "Green roofs as a tool for solving the rainwater runoff problem in the urbanized 21st century?", Landscape and Urban Planning 77(3), 217-226.
- [17] Monterusso, M.A., Rowe, D.B., Rugh, C.L. e Russell, D.K. (2004), "Runoff water quantity and quality from green roof systems", Acta Hort. 639, 369-376.
- [18] Moran, A., Hunt, B. e Jennings, G. (2003), "A North Carolina field study to evaluate greenroof runoff quality, runoff quantity, and plant growth", ASAE Annual International Meeting. Am. Soc. Of Agric. Eng., Las Vegas, Nevada, USA. Paper 032303.
- [19] Oliveri, E., Freni, G. e La Loggia, G. (2002), "Efficienza delle tecniche distribuite di mitigazione degli allagamenti in ambiente urbano", Atti del 28° Convegno di Idraulica e Costruzioni idrauliche, Potenza 16-19 Settembre 2002.
- [20] Sieker, F. (1998), "On-Site Stormwater management as an alternative to conventional sewer systems: a new concept spreading in Germany", Wat. Sci. & Tech. 38(10), 65-71.
- [21] Scholtz-Barth, K. (2001), "Green roofs: Stormwater management from the top down", Environ. Design and Construction, January/February.
- [22] Steusloff, S. (1998), "Input and output of airborne aggressive substances on green roofs in Karlsruhe", In Urban ecology, Edited by J. Breuste, H. Feldmann & O. Uhlmann. Springer Verlag. Berlin Heidelberg.
- [23] VanWoert, N.D., Rowe, D.B., Andresen, J.A., Rugh, C.L. e Xiao, L. (2005), "Watering regime and green roof substrate design affect Sedum plant growth", HortScience 40(3), 659-664.
- [24] Villarreal, E.L., Semadeni-Davies, A. e Bengtsson, L. (2004), "Inner city stormwater control using a combination of best management practices", Ecol. Eng. 22, 279-298.
- [25] Villarreal, E.L. e Bengtsson, L. (2004), "Response of a Sedum-green-roof to individual rain events", Ecol. Eng. 25, 1-7.
- [26] Zobrist, J., Müller, S.R., Ammann, A., Bucheli, T.D., Mottier, V., Ochs, M., Schoenenberger, R., Eugster, J. e Boller, M. (2000), "Quality of roof runoff for groundwater infiltration", Wat. Res. 34(5), 1455-1462. ■

Logistica dei rifiuti e gestione delle risorse idriche

Logistica e ciclo integrato dei rifiuti, recupero e gestione delle risorse idriche i temi dominanti del programma congressuale di SEP, il Salone Internazionale delle Ecotecnologie che si terrà alla Fiera di Padova dal 18 al 21 aprile 2007.

Attenzione focalizzata per SEP, sulle soluzioni tecnologiche per la gestione e la logistica integrata dei rifiuti, un settore fondamentale per operare su una delle voci che incidono maggiormente sulle aziende fornitrici di servizi di igiene urbana.

Al centro del dibattito le nuove soluzioni operative per ridurre l'impatto economico e ambientale (traffico, inquinamento, congestione) mediante nuovi prodotti e modalità di trasporto. Tra gli argomenti "Aspetti economici e finanziari nell'avvio e la gestione per il recupero di energia da rifiuti" organizzato da ISWA con il contributo delle maggiori associazioni di categoria, "Lo stato di meccanizzazione dello



spazzamento stradale e i servizi collaterali", "Riutilizzo di rifiuti industriali nell'edilizia".

Previsti incontri istituzionali, tra cui "Recupero dei rifiuti industriali organici: l'esperienza maturata in Piemonte attraverso un progetto Docup", organizzato dall'Università di Torino e dalla Regione Piemonte.

A Hydrica il tavolo di confronto sui grandi temi dello sviluppo sostenibile, risparmio, recupero, disinquinamento e riutilizzo di questa risorsa sempre più preziosa. Saranno presentati gli

in breve ►►

innovativi sistemi di gestione e trattamento industriale delle acque e le applicazioni biotech delle risorse rinnovabili.

Nel corso delle giornate, spazio agli sviluppi tecnologici della potabilizzazione con esperienze concrete svolte in ambito nazionale, processi e case histories aziendali. In calendario un incontro sulla riduzione e riutilizzo dei fanghi di depurazione, dalle problematiche gestionali allo sviluppo delle applicazioni per il recupero energetico, con una tavola rotonda dedicata agli interventi programmati di gestori di impianti.

www.sepeurope.org