

LE COPERTURE A VERDE: ASPETTI INNOVATIVI E REALIZZAZIONI PRATICHE



Regione Lombardia

Fondo Europeo Agricolo per lo Sviluppo Rurale: l'Europa investe nelle zone rurali
PSR 2007-2013 Direzione Generale Agricoltura

A cura di:

Manuela Strada, Piero Frangi

Fondazione Minoprio

Viale Raimondi, 54 - 22070 Vertemate con Minoprio

Tel.: 031900224 - Fax: 031900248 - E-mail: mirtserv@fondazioneminoprio.it

Massimo Valagussa

MAC – Minoprio Analisi e Certificazioni S.r.l.

Viale Raimondi, 54 - 22070 Vertemate con Minoprio

Tel.: 031887127 - Fax: 031887834 - E-mail: maclab @tin.it

Hanno collaborato alla stesura di alcuni capitoli:

Paolo Abram, *forestale Comune di Bolzano*;

Helga Salchegger, *paesaggista, Scuola professionale Laimburg - Bolzano*

Valentina Lotto, *ingegnere libero professionista*

Matteo Fiori, *MSc Eng., Ph.D. in Building Engineering, Assistant Professor, Politecnico di Milano*

Si ringraziano i progettisti, realizzatori e ricercatori che hanno compilato le schede dei capitoli “Esperienze della ricerca” e “Esperienze di realizzazioni”

In copertina: Palazzo Lombardia, Milano, 2011

Progetto architettonico: Pei Cobb Freed & Partners Architects LLP - Caputo Partnership;

Progetto generale opere a verde: Fondazione Minoprio;

Progetto esecutivo e realizzazione opere a verde: Costituenda Peverelli S.r.l.; Bacchi S.r.l.; Edera S.r.l.; Franco Aprà e Giovanna Longhi architetti associati.

Responsabile del procedimento: Infrastrutture Lombarde S.p.a.

Foto: Peverelli S.r.l.

An aerial, high-angle photograph of a modern building with a curved facade and a glass curtain wall. The building's roof is covered in greenery, with rows of plants visible. In the background, a helipad is visible with the text "REGIONE LOMBARDA 6.4 E 17" and a yellow logo. The overall scene is brightly lit, suggesting a sunny day.

**LE COPERTURE A VERDE:
ASPETTI INNOVATIVI
E REALIZZAZIONI PRATICHE**

Indice

Introduzione	7
Definizione di verde pensile	8
Verde pensile estensivo e intensivo	8
Vantaggi e sostenibilità del verde pensile - a cura di Paolo Abram	10
Capacità di regimazione delle acque meteoriche	12
Effetto sul microclima	13
Influenza sulle prestazioni termiche degli elementi edilizi	14
Influenza sull'inquinamento acustico	16
Fissaggio delle polveri, riduzione dell'inquinamento, assorbimento di CO2	16
Influenza sulla durata dei sistemi di impermeabilizzazione	17
Assorbimento delle radiazioni elettromagnetiche	18
Verde pensile e pannelli fotovoltaici	19
Coperture a verde e aumento della biodiversità	19
Tecniche e tecnologie per il verde pensile	21
Copertura a verde: criteri generali	21
Tipologie di elementi drenanti: elementi prefabbricati o materiale sfuso	23
Lo strato colturale	24
Lo strato vegetale	28
Criteri di manutenzione	29
La scelta della vegetazione - a cura di Helga Salchegger	30
Elementi da considerare per la scelta della vegetazione	30
Cura	32
Indicazione di piante adeguate	33
Piante adatte per l'estensivo	33
Piante adatte per l'intensivo	38
Commento e applicabilità della norma UNI - a cura di Valentina Lotto	40
Analisi per la progettazione del sistema	41
Definizione dei requisiti e delle prestazioni degli elementi tecnici e progettazione	42
Esecuzione ed installazione degli elementi tecnici	42
Collaudo e manutenzione del sistema	43
Sviluppi della norma UNI 11235: 2007 - a cura di Matteo Fiori	44
Esperienze della ricerca	46
La copertura sperimentale presso la Scuola Professionale di Laimburg: sviluppo e ritenzione idrica di 12 coperture a verde estensivo	47
Prova dimostrativa di tetti verdi presso l'Istituto Agrario di S. Michele all'Adige (TN)	49
Selezione di specie idonee all'allestimento di tetti verdi in Lombardia	51
Monitoraggio energetico di una copertura verde nel Veneto	53
Analisi energetica e monitoraggio della copertura a verde dell'edificio sede del Dipartimento BEST del Politecnico di Milano	54

INDICE DA
MODIFICARE

Un suolo artificiale: il ruolo dell'acqua nella progettazione della copertura a verde. Implicazioni tecnologiche e verifica sperimentale	56
Progetto GREen_ENvelope_System (GRE_EN_S): sistema parete verde modulare ad alto contenuto tecnologico.	58
L'impatto delle coperture a verde sulla gestione delle acque.	60
Coprisuolo mediterraneo: tecniche ed innovazione per il verde ornamentale e funzionale.	62
Progetto AROMA - Le piante aromatiche tra ambiente ed attività produttive.	64
Monitoraggio del comportamento energetico di un tetto verde su un edificio della Regione Marche	66
Valutazione di specie xerofite mediterranee per la realizzazione di coperture a verde pensile	68
Il verde pensile estensivo in ambiente mediterraneo: una realizzazione nel centro Italia	70
Valutazione di specie coprisuolo mediterranee per coperture a verde estensivo	71
Esperienze di realizzazioni	73
Chicago City Hall.	74
High Line Park, New York City	75
Fusionopolis, Singapore.	77
Kensington Roof Gardens	79
Giardino pensile biblioteca comunale di Dobbiaco (BZ).	82
Copertura a verde pensile estensivo inclinato di 11° Complesso "Casanova EA2" a Bolzano.	84
Copertura a verde pensile estensivo Distilleria Marzadro a Nogaredo (TN).	85
Giardino attrezzato ad uso pubblico sulla copertura del Centro Commerciale 'Il Gigante'	86
Hortus conclusus con vista.	88
Pensile tra i monti.	91
Base operativa elisoccorso servizio di emergenza 118	93
Nuovo Ospedale Sant'Anna – giardini pensili.	94
Copertura a verde di Palazzo Lombardia - Milano	95
Bosco Verticale.	97
Progetto Bicocca Milano – Edificio 143	99
Copertura a verde del centro direzionale PIRELLI GUM QUARTERS Quartiere Bicocca (MI)	100
Copertura a verde Centro Commerciale Carosello	101
Verde pensile privato a Villafranca (VR)	102
Verde pensile privato a Mantova	104
Tetto verde Nuovo Padiglione "G." Ospedale Bellaria	106
Giardino pensile del complesso residenziale "La Piazzetta del Forte"	109
Progetto di un giardino pensile per una residenza privata	111
Il verde verticale	113

Introduzione

Il verde pensile negli ultimi anni ha avuto un notevole sviluppo, particolarmente nell'area del nord Europa, grazie ai notevoli vantaggi ambientali che l'utilizzo di tale tecnologia può apportare soprattutto in ambito urbano. Anche in Italia tali impianti suscitano un sempre maggiore interesse applicativo e sperimentale, riconosciuto anche da diverse Amministrazioni Pubbliche, come utile strumento per la mitigazione degli impatti negativi dei processi di edificazione in ambito urbano, il miglioramento del microclima, il risparmio energetico degli edifici, la riduzione dei picchi di deflusso idrico, la riduzione dell'inquinamento, l'aumento della biodiversità, la riduzione dell'impatto ambientale.

Il presente Quaderno, che continua la serie di pubblicazioni tecniche che da qualche anno Fondazione Minoprio, con la collaborazione di MAC Minoprio Analisi e Certificazioni, realizza nell'ambito delle attività di informazione finanziate dal Programma di Sviluppo Rurale della Regione Lombardia Direzione Generale Agricoltura, ha lo scopo di diffondere la conoscenza, condividere le competenze e approfondire le esperienze relative all'applicazione delle tecnologie di coperture verdi.

Il testo vuole essere una guida per i progettisti e i tecnici che si affacciano a tali tecnologie, fornendo gli strumenti per una corretta progettazione degli interventi affiancando con esempi di buona pratica e approfondimenti tecnici sullo stato dell'arte della ricerca in Italia e in particolare in Lombardia.

Inoltre il coinvolgimento diretto dei ricercatori che si interessano al tema, con contributi che espongono i risultati della ricerca, porta alla realizzazione di un utile strumento per chi si occupa di progettazione di verde pensile e un'occasione per aumentare la professionalità, oltre che il mercato di riferimento, delle aziende florovivaistiche e di manutenzione del verde.

DEFINIZIONE DI VERDE PENSILE

La volontà di realizzare coperture a verde integrate nel paesaggio circostante o veri e propri giardini pensili risale ad epoche remote, ma è solo negli anni '60 del novecento che le tecnologie idonee allo sviluppo di tali opere a verde sulle coperture degli edifici ne permettono una larga diffusione nei Paesi dell'Europa centrale e del nord, Svizzera, Austria, Finlandia, ma soprattutto Germania. La diffusione di tale tecnologia è chiaramente legata alla consapevolezza che le coperture piane, soprattutto i grandi tetti piani degli edifici adibiti ad attività artigianali, commerciali o industriali, la cui finitura superficiale spesso si limita alla stesura della guaina impermeabilizzante o al massimo protetta con materiali inerti, oltre a rappresentare spazi inutilizzati, sono superfici impermeabilizzate che concorrono notevolmente al peggioramento del microclima urbano e al dissesto nella regimazione delle acque meteoriche. Il riconoscimento del verde pensile come strumento di compensazione ambientale ne favorisce la diffusione e incentiva lo studio di tecnologie appropriate e l'applicazione di ricerche che portano all'evidenziazione dei vantaggi derivati soprattutto in ambito urbano.

Ad oggi esistono in commercio diverse soluzioni integrate per il verde pensile, pacchetti standardizzati che rispondono alle necessità relative alle diverse tipologie di verde che si intende realizzare. Infatti occorre innanzitutto precisare che con verde pensile si indica la realizzazione di superfici a verde senza il diretto contatto con il terreno, escludendo però l'introduzione su una superficie pavimentata, ad esempio un balcone, di fioriere e vasche. L'inverdimento pensile è un elemento di copertura, che interagisce e si relaziona con tutti gli elementi della struttura.

Verde pensile estensivo e intensivo

Sulla base delle scelte vegetazionali e a seconda del grado di manutenzione richiesto i sistemi a verde pensile si possono dividere in estensivo e intensivo.

I sistemi a verde pensile estensivi sono caratterizzati dall'utilizzo di vegetazione a sviluppo contenuto, non calpestabile, con valenza di mitigazione e compensazione ambientale, con costi contenuti di manutenzione a regime. Questi inverdimenti si concretizzano generalmente nella creazione di una sorta di copertura vegetale composta da specie erbacee resistenti all'aridità, alla siccità e al gelo, a sviluppo contenuto in altezza e con caratteristiche di veloce radicamento e copertura, buona autorigenerazione e che non necessitano di interventi manutentivi. Il verde pensile estensivo rappresenta certamente un qualificato strumento di compensazione e mitigazione ambientale,

con basso peso in massima saturazione idrica, certificate prestazioni in termini di accumulo, drenaggio e protezione, facilità ed economicità di posa, versatilità di applicazione, ridotta e quantificabile manutenzione e accurato studio delle specie applicate in funzione delle caratteristiche climatiche.



Copertura a verde pensile estensivo Distilleria Marzadro a Nogaredo (TN). Foto di Rottensteiner Srl

I sistemi a verde pensile intensivo rappresentano la soluzione ottimale quando si richiede uno spazio fruibile a tutti gli effetti con spessori e pesi contenuti. Questi sistemi di verde hanno caratteristiche diverse in funzione del campo di applicazione e delle prestazioni richieste: dal "giardino fruibile sul tetto" al giardino pensile in cui sono previsti carichi d'uso elevati e forti sollecitazioni meccaniche. Possono essere realizzate superfici a tappeto erboso calpestabile e specie cespugliose di media grandezza, orti pensili, giardini alberati completi di arredi.

La scelta della tipologia di verde dipende non solo dalla funzione attribuita alla copertura e dalle altre considerazioni di tipo tecnico, ma anche dal tipo di risultato che si intende ottenere e dai costi previsti, sia per la realizzazione che per la manutenzione del sistema.




Giardino pensile del complesso residenziale "La Piazzetta del Forte". Foto Studio Bellesi Giuntoli

VANTAGGI E SOSTENIBILITÀ DEL VERDE PENSILE

A cura di Paolo Abram

Dapprima episodicamente e, poi, sempre con maggiore diffusione, da circa una trentina d'anni in Italia si è cominciato a riconoscere alle coperture a verde il ruolo di strumento per la mitigazione degli impatti negativi dei processi di civilizzazione in ambito urbano. Si potrebbe ritenere che questo riconoscimento sia la logica conseguenza delle attuali condizioni dei nostri insediamenti urbani, aggravate dalle modificazioni climatiche o dall'espansione incontrollata o che sia frutto della moderna sperimentazione o ricerca scientifica. In verità, già nel corso del 1800, non solo si era a perfetta conoscenza dei benefici che le coperture a verde possono offrire, ma si era già anche consci dell'opportunità e necessità che tali soluzioni trovasero ampio spazio e applicazione.

Oggi, quindi, da questo punto di vista, utamente niente di nuovo, salvo il tentativo, da paré del mondo

della ricerca e della sperimentazione, di accertare e definire in modo più scientifico le diverse prestazioni e di cercare di elaborare modelli e algoritmi per l'applicazione e la misurazione.

Per rendersi conto di come la tecnica del verde pensile fosse ben conosciuta e valutata, sotto tutto gli aspetti, per esempio anche 150 anni fa, può essere interessante leggere alcune frasi tratte da una brochure che il "mastro muratore" Carl Rabitz di Berlino scrisse per illustrare al pubblico dell'esposizione mondiale di Parigi del lontano 1867 una sua proposta di sistema per verde pensile.

Sia pur con termini e linguaggio legati alle conoscenze e alla situazione del tempo in cui fu scritto, nel testo si ritrovano essenzialmente gli identici concetti che oggi, a distanza di tanti anni, vengono illustrati dai progettisti ed esperti del settore.

Alcune frasi tratte dalla brochure di presentazione di un sistema per giardini pensili ideato da Carl Rabitz a Berlino e presentato all'esposizione mondiale di Parigi del 1867. Traduzione dal testo originale in lingua tedesca di Paolo Abram e Helga Salchegger.

"... Contro gli sbalzi di temperatura stagionali il tetto naturale dona una protezione totale...; le temperature all'interno di edifici con una copertura naturale sono costantemente miti e svolgono un'azione benefica su tutto l'edificio.

I tetti naturali sono quindi molto indicati per granai, fienili, stalle, ecc... gli appartamenti al terzo o quarto piano delle grandi città verrebbero ricercati maggiormente e non evitati. Nei centri medio grandi bisogna camminare un quarto di miglio, mentre in quelli grandi anche mezzo per trovare il piacere di respirare aria fresca, questo elemento di vita.

Su un tetto naturale si riscopre lo stesso piacere, e questo sopra la propria abitazione.

... Se tutte le case disponessero di un tetto naturale ricoperto da un giardino o da un prato, l'aria bollente, che rende la vita di città grandi poco salutare, scomparirebbe quasi completamente...

Se i tetti naturali, comprensivi di giardini pensili, venissero annaffiati una volta al giorno verrebbe eliminata una tale quantità di calore con l'evaporare dell'acqua, che anche le strade sottostanti dovrebbero rinfrescarsi; questo a causa della legge fisica per la quale l'aria calda viene spinta verso l'alto sostituita dall'aria fredda più pesante; questo sarebbe facile nelle città che sono provviste di acquedotto.

... Le caratteristiche dei tetti naturali, tra le quali quella di non essere un conduttore termico che consente di avere degli ambienti freschi d'estate e caldi d'inverno, sono molto adatte per: macelli, mercati al coperto, magazzini, camere mortuarie, cantine di ghiaccio, vino e birra, maneggi e stalle, fienili, ecc.

Nelle città dotate di acquedotti pubblici la copertura con giardino pensile non solo è indicata per gli amanti della natura, ma anche perché gli effetti benefici sulla salute sono evidenti.

Chi ha notato quanto è piacevole la freschezza che si diffonde nelle strade di una grande città quando l'acqua evapora dopo un getto d'acqua, si può immaginare quanto sarebbe fresca e pura l'aria delle grandi città con i tetti naturali".

Testo tratto da: Paolo Abram, "Il Verde pensile. Progettazione dei sistemi - manutenzione", Napoli, Sistemi Editoriali SE, 2011; Fonte originale: Carl Rabitz, „Naturdächer von Vulkanischem Cement oder Moderne Hangende Gärten“, Berlin, Verlag von Theophil Bittkow, 1867



Storica copertura a verde realizzata nei primi anni del '900 sopra alla struttura dell'acquedotto di Zurigo. Lo scopo era, ed è tuttora, di ottenere una mitigazione delle temperature nei locali di stoccaggio e trattamento dell'acqua potabile.

Foto Paolo Abram

Attualmente, come centocinquanta anni fa, vi è la convinzione che il verde pensile può fornire al miglioramento dell'ambiente urbano un contributo notevole, e per questo motivo la tecnologia viene applicata sempre più diffusamente, ma, a parte alcuni aspetti specifici, non si è ancora in grado di effettuare delle valutazioni e misurazioni precise e definite dei benefici. I vantaggi e le prestazioni che le coperture a verde sono in grado di offrire si possono riassumere e schematizzare come segue.

- Capacità di regimazione delle acque meteoriche
- Effetto sul microclima
- Influenza sulle prestazioni termiche degli elementi edilizi
- Influenza sull'inquinamento acustico
- Fissaggio delle polveri, riduzione dell'inquinamento, assorbimento di CO₂
- Influenza sulla durata dei sistemi di impermeabilizzazione
- Assorbimento delle radiazioni elettromagnetiche
- Verde pensile e pannelli fotovoltaici
- Coperture a verde e aumento della biodiversità

Per alcuni degli ambiti elencati la valutazione e quantificazione delle prestazioni è più o meno resa possibile, grazie ai risultati ottenuti nel tempo dalla ricer-

ca. Per altri aspetti la quantificazione e valutazione precisa non è ancora possibile oppure, probabilmente, non lo sarà mai, oggettivamente, per la molteplicità di variabili in gioco e/o condizioni d'uso o stazionali.

Capacità di regimazione delle acque meteoriche

Ogni sistema a verde pensile è in grado di trattenere una certa quantità di acqua piovana, in funzione dei materiali con i quali è realizzato e delle caratteristiche costruttive della stratificazione, e di rilasciarne una parte in forme diverse e in modo differito all'ambiente. Questo è l'aspetto sul quale già da molto tempo sono state effettuate ricerche in tutta Europa e per il quale si ha a disposizione la maggiore quantità di dati. In sintesi il verde pensile è in grado di influire in modo efficace sulla quantità di acqua piovana che defluisce dalle coperture verso i sistemi di raccolta e smaltimento; ciò avviene sia attraverso una diminuzione della quantità di acqua defluita, sia attraverso un ritardo del picco di deflusso.

L'efficacia di questa prestazione è tale che molti comuni europei hanno già da molto tempo incentivato, in modo diretto o indiretto, la realizzazione di coperture a verde, in quanto la capacità di regimazione idrica consente alle amministrazioni un effettivo risparmio nei costi di costruzione, ampliamento e gestione dei sistemi di raccolta, laminazione e scarico.

La misurazione della capacità di regimazione idrica di una copertura a verde avviene utilizzando il coefficiente di deflusso Ψ (psi) che esprime il rapporto tra l'acqua che una determinata superficie rilascia e quella che viene captata. Una superficie caratterizzata da un valore $\Psi = 0$ trattiene tutta l'acqua captata mentre a valore $\Psi = 1$ corrisponde una superficie che rilascia totalmente l'acqua. Di conseguenza un valore $\Psi = 0,5$ individua una superficie che è in grado di trattenere il 50% dell'acqua captata. I coefficienti di deflusso specifici delle diverse tipologie di superficie vengono misurati in condizioni normalizzate (Inclinazione, area, intensità e durata della pioggia simulata) e si trovano diffusamente riportati in bibliografia.

È ovvio che, soprattutto per una copertura a verde, rispetto al coefficiente di deflusso specifico, il coefficiente di deflusso medio annuo effettivo varierà in funzione delle condizioni climatiche generali e, in particolare, dell'intensità e distribuzione della piovosità. Riguardo a questo aspetto sono state, nel corso del tempo, effettuate numerose ricerche e sperimentazioni, sia in Italia che all'estero e i dati e le informazioni reperibili in rete sono abbondanti (Cfr. anche cap. Esperienze delle ricerche).

Un dato interessante da sottolineare è che, recente-

mente, alcune aziende specializzate del settore hanno iniziato a certificare il coefficiente di deflusso Ψ dei loro sistemi consentendo ai progettisti una più precisa ed efficace valutazione delle prestazioni dei sistemi in funzione delle caratteristiche pluviometriche locali. A livello applicativo concreto può essere interessante citare l'Amministrazione comunale di Bolzano che, nell'applicazione della procedura R.I.E – Riduzione dell'impatto edilizio, ha previsto l'uso di specifici coefficienti di deflusso Ψ per le diverse categorie di verde pensile utilizzabili nel procedimento di certificazione della qualità dei lotti edificiali (vedere tabella xx)

Alcune schede di attribuzione del coefficiente di deflusso Ψ a categorie di copertura a verde ai fini dell'applicazione della procedura R.I.E. Fonte: Website Comune di Bolzano
http://www.comune.bolzano.it/urb_context02.jsp?ID_LINK=512&id_context=4663&page=10




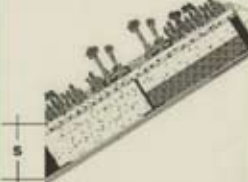
Effetto sul microclima

L'effetto di mitigazione della temperatura dell'aria circostante che viene esercitato dalla vegetazione è noto.

Mediante il processo di evapotraspirazione l'acqua assorbita dalle radici fuoriesce sotto forma di vapore acqueo dalle parti verdi delle piante e, conseguentemente all'assorbimento di energia termica, necessario per il processo, si ha un abbassamento di temperatura dell'aria rispetto a zone limitrofe non interessate.

È evidente che cercare di aumentare o riportare in ambiente urbano la maggior quantità di verde possibile è un'operazione necessaria ed augurabile per cercare, insieme ad altre misure, di ottenere un miglioramento del microclima anche attraverso la riattivazione dei moti convettivi.

Dato che, molto spesso, le superfici a terra per questo scopo sono carenti o assenti, ne deriva che l'inverdimento delle coperture, nuove o esistenti, può rimane-

N.rif.	Categoria di superficie	Sezione indicativa o immagine tipo	Specifiche o varianti	Norme di riferimento, valori limite o indicazioni	Ψ
N10	Copertura a verde pensile con spessore totale del substrato medio $25 < s \leq 35$ cm Fino ad un'inclinazione di 12°		Sistema a tre strati	Realizzato secondo normativa di riferimento: UNI 11235:2007 "Istruzioni per la progettazione, l'esecuzione, il controllo e la manutenzione di coperture a verde" Realizzato in difformità alle norme sopra indicate oppure quando le superfici, in conformità alle norme sopra indicate, siano parte integrante di un sistema per il riutilizzo delle acque piovane	0,25 Valore da determinare analiticamente e documentare
			Sistema monostrato	Non idoneo. Coefficiente Ψ applicato pari a 1,0	1,00
N11	Copertura a verde pensile con spessore totale del substrato medio $35 < s \leq 50$ cm Fino ad un'inclinazione di 12°		Sistema a tre strati	Realizzato secondo normativa di riferimento: UNI 11235:2007 "Istruzioni per la progettazione, l'esecuzione, il controllo e la manutenzione di coperture a verde" Realizzato in difformità alle norme sopra indicate oppure quando le superfici, in conformità alle norme sopra indicate, siano parte integrante di un sistema per il riutilizzo delle acque piovane	0,20 Valore da determinare analiticamente e documentare
			Sistema monostrato	Non idoneo. Coefficiente Ψ applicato pari a 1,0	1,00
N12	Copertura a verde pensile con spessore totale del substrato o terreno naturale (solo su volumi interrati) medio > 50 cm Fino ad un'inclinazione di 12°		Sistema a tre strati	Realizzato con substrato o terreno naturale con caratteristiche completamente rispondenti a quanto previsto nella normativa di riferimento UNI 11235:2007 "Istruzioni per la progettazione, l'esecuzione, il controllo e la manutenzione di coperture a verde" Realizzato in difformità alle norme sopra indicate oppure quando le superfici, in conformità alle norme sopra indicate, siano parte integrante di un sistema per il riutilizzo delle acque piovane	0,10 Valore da determinare analiticamente e documentare
			Sistema monostrato	Non idoneo. Coefficiente Ψ applicato pari a 1,0	1,00
N14	Copertura a verde pensile su falda inclinata con spessore totale del substrato medio $8 \leq s \leq 10$ cm con inclinazione $> 12^\circ$		Con applicazione di soluzioni specifiche per le coperture inclinate	Realizzato secondo normativa di riferimento: UNI 11235:2007 "Istruzioni per la progettazione, l'esecuzione, il controllo e la manutenzione di coperture a verde" con esclusione dell'applicazione dell'elemento "strato filtrante", non obbligatorio Realizzato in difformità alle norme sopra indicate oppure quando le superfici, in conformità alle norme sopra indicate, siano parte integrante di un sistema per il riutilizzo delle acque piovane	0,55 Valore da determinare analiticamente e documentare
			Con spessori del substrato < 8 cm	Tutte le soluzioni	Non idoneo. Coefficiente Ψ applicato pari a 1,0

re l'unica soluzione disponibile, almeno sotto questo aspetto.

Ci si potrebbe porre un quesito riguardante all'entità e alla misurazione di questo effetto di mitigazione o ad un eventuale monitoraggio dello stesso e la risposta potrebbe essere la seguente: quanto vale la pena di investire risorse in questa direzione? La determinazione di questo effetto di mitigazione risulta complesso per il grande numero di variabili da considerare. La misurazione a scala ridotta può risultare più facile rispetto alla scala più grande, ma, in ogni caso, risulta difficile individuare le correlazioni tra eventuali modificazioni positive e presenza del verde pensile in funzione dell'andamento climatico e delle modificazioni edilizie che caratterizzano l'intorno. Se può risultare agevole, ad esempio, determinare con misurazioni lisimetriche che, in inverno, una copertura a verde può presentare un rateo giornaliero di evapotraspirazione compreso tra 0,1 e 0,5 mm d'acqua, oppure, in estate, compreso tra 0,6 e 2,5 mm d'acqua, ben più complesso, se non impossibile, può poi risultare correlare direttamente questi dati con un effetto di mitigazione climatica.

Risulta, probabilmente, più utile semplicemente prendere atto di questa indubbia positiva caratteristica e cercare di diffondere il più possibile questa soluzione.

Ad esempio il Comune di Bolzano riconosce alle coperture a verde una efficacia di mitigazione delle temperature, e le promuove in questo senso, attraverso

la valutazione del valore del coefficiente di deflusso, ipotizzando che a migliore valore di Ψ corrisponda una maggiore capacità di trattenere e restituire all'ambiente l'acqua piovana, attraverso processi di evaporazione e ed evapotraspirazione, con conseguente mitigazione del microclima.

Influenza sulle prestazioni termiche degli elementi edilizi

Fin dall'antichità i tetti verdi sono stati utilizzati riconoscendone un'importante efficacia come regolatore del benessere ambientale. Come per il punto precedente l'efficacia è sicuramente concretamente tangibile, ma, al momento attuale, purtroppo ancora ben poco misurabile o, più correttamente, riconducibile a specifici modelli.

Dato che, inizialmente, questa tecnologia ha avuto uno sviluppo tecnologico notevole, se non talvolta quasi esclusivo, soprattutto nei paesi nordici e dell'Europa centrale, l'aspetto che maggiormente è stato oggetto di ricerca e sperimentazione è quello relativo all'efficacia invernale.

Per molto tempo si è parlato, erroneamente, di "isolamento" termico delle coperture a verde. In realtà, a causa delle specificità costruttive e alla natura dei materiali costituenti, le coperture a verde non possono essere considerate, e non si comportano, come materiali isolanti, soprattutto, ma non solo, a causa del



Coperture a verde estensivo sugli impianti del depuratore acque di Bolzano - Foto Helga Salchegger



contenuto idrico estremamente variabile
I meccanismi che regolano il comportamento delle coperture a verde sono complessi e tuttora oggetto di studio.

Attualmente le valutazioni che vengono fatte dai ricercatori rispetto alla capacità del verde pensile di influenzare il fabbisogno energetico di un edificio nel periodo invernale sono contraddittorie, anche perché di difficile valutazione risulta l'apporto della vegetazione al complesso del sistema.

Taluni riconoscono dei vantaggi energetici, mentre altri sottolineano, addirittura, un leggero effetto negativo in particolari condizioni ambientali¹. Sicuramente, allo stato attuale, non è ancora possibile attribuire alle stratificazioni a verde pensile dei valori definiti e concretamente utilizzabili di trasmittanza termica.

Un po' diverso è l'aspetto legato alle prestazioni estive, aspetto sul quale la ricerca e la sperimentazione si sono rivolti relativamente di recente a seguito della crescente diffusione delle coperture a verde in ambienti con clima mediterranei o sub-mediterranei.

Diversi autori sono concordi nel riconoscere alle coperture a verde la capacità di ridurre i consumi energetici per il condizionamento estivo fino al 25%². Anche in questo caso i meccanismi di azione sono molto complessi e coinvolgono sia la stratificazione che la vegetazione.

Al momento attuale non sono ancora disponibili modelli matematici previsionali che possano essere

concretamente utilizzati. Negli ultimi tempi in questa direzione la ricerca si è rivolta con impegno per cui si spera che, prima o poi, si possano raggiungere risultati apprezzabili in quanto, soprattutto nei nostri climi, le prestazioni estive delle coperture a verde possono risultare di notevole interesse anche perché, riducendo i costi energetici, si possono indirettamente ridurre i livelli delle emissioni e contribuire positivamente al bilancio della CO₂.

Influenza sull'inquinamento acustico

Una copertura a verde contribuisce a diminuire la riflessione, rifrazione e trasmissione delle onde sonore. Anche in questo caso si tratta di una affermazione di facile deduzione e praticamente verificabile, ma di difficile riconduzione a specifici modelli praticamente applicabili.

Le stesse motivazioni che rendono difficile la determinazione di modelli matematici previsionali per la definizione del comportamento termico delle coperture a verde rendono sostanzialmente difficile anche la definizione del comportamento nei confronti della propagazione del suono.

Per il momento ci dobbiamo accontentare, oltre che dell'oggettività della prestazione, dei valori che ormai diffusamente troviamo riportati nella documentazione tecnica di molte aziende: fino a 3 dB di riduzione nella riflessione superficiale e fino a 8 dB di riduzione nella trasmissione attraverso la stratificazione, valori per i quali, però, manca una fonte scientifica o sperimentale di riferimento.

¹ Sergio Andri in: Abram P.

“Il verde pensile, progettazione dei sistemi, manutenzione”.

Sistemi editoriali Esselibri, Napoli, 2011.

² Ibid.



Copertura a verde estensiva di una casa di Malmö – Svezia. Foto Paolo Abram

Fissaggio delle polveri, riduzione dell'inquinamento, assorbimento di CO₂

Altri temi sui quali spesso ci si interroga sono quelli legati alla capacità da parte del verde pensile di trattenere i particolati o, in modo più generale, di diminuire l'inquinamento atmosferico in termini di contenimento di CO, NO₂, O₃, PM₁₀, SO₂ oppure di assorbire la CO₂. Con riguardo all'approfondimento di tutti questi aspetti ricerca e sperimentazione si sono mosse e tuttora si stanno muovendo in diverse direzioni e ci si potrebbe dilungare a lungo per illustrarne obiettivi, metodi e risultati. Senza nulla voler togliere all'inevitabile importanza di questi temi è però opportuno sottolineare che la quantificazione e/o modellizzazione di queste prestazioni non si presenta agevole, per le specifiche caratteristiche delle stratificazioni a verde pensile e che, spesso, il tentativo o la proposta di applicazione in campo reale avvengono attraverso approssimazioni e/o applicazione di modelli di simulazione³, anche a causa della grande quantità di variabili in gioco e delle infinite specifiche condizioni stagionali di applicazione.

La decisione di impiegare le coperture a verde come strumento di compensazione e mitigazione ambientale, specie in ambiente urbano, può e deve essere sicuramente indipendente dall'attesa di una definizione più o meno realistica o precisa di tutte queste prestazioni che sappiamo, o possiamo ragionevolmente presumere, in qualche misura efficaci ed attive. Può sembrare una banalizzazione inopportuna, ma, in questo caso, forse potrebbe risultare "più utile fare che misurare".

Influenza sulla durata dei sistemi di impermeabilizzazione

Quando le moderne tecnologie per il verde pensile hanno iniziato a diffondersi hanno incontrato una certa resistenza e diffidenza da parte di progettisti e committenti, ma soprattutto da parte di operatori del settore dell'impermeabilizzazione in copertura, in quanto ritenute possibile causa di danneggiamento degli elementi di tenuta sui quali dovevano essere posate. L'esperienza pratica ha dimostrato, al contrario, che il verde pensile, ovviamente se correttamente posato, rappresenta una notevole protezione delle impermeabilizzazioni allungandone significativamente

³ Cfr. per es.: Anne Currie, Urban Space, Toronto, Canada. Brad Bass, Environment Canada, Adaptation and Impacts Research Group, Toronto Canada. "Estimate of air pollution with green plants and green roofs using the UFORE model. Beth."

la vita e riducendo gli interventi di manutenzione. Gli elementi di tenuta non protetti sono esposti a diversi fattori ambientali che ne provocano l'invecchiamento: pioggia, vento, neve, grandine, raggi UV, ma una delle più significative cause di deterioramento è rappresentata dagli sbalzi termici, spesso anche assai accentuati, ai quali i materiali di tenuta sono sottoposti con conseguenti oscillazioni dimensionali. Le coperture a verde rappresentano una efficace protezione meccanica nei confronti degli agenti atmosferici e dalle sollecitazioni generate dall'eventuale fruizione, ma soprattutto sono in grado di "appiattare" in modo significativo le oscillazioni termiche riducendone l'influenza negativa.

Questo comportamento è emerso in modo chiaro ed univoco in tutte le sperimentazioni effettuate in Italia e all'estero effettuate per determinare il comportamento termico delle coperture a verde. Anche stratificazioni sottili (a partire da 8-10 cm) sono in grado di smorzare in modo evidente le oscillazioni termiche. A scopo esemplificativo si riporta un grafico tratto dall'esperienza condotta negli anni 2009-2010 presso lo IASMA – Istituto Agrario di San Michele all'Adige e riportata nella scheda di ricerca Prova dimostrativa di tetti verdi presso l'Istituto Agrario di S. Michele all'Adige (TN).

Convenzionalmente, in tutta Europa, la maggior durata di un elemento di tenuta conseguente alla protezione fornita da una copertura a verde viene indicata in una misura che va dal doppio al triplo della vita media in condizioni di normale esposizione.

Assorbimento delle radiazioni elettromagnetiche

Attualmente l'unica indagine della quale si sia a conoscenza riguardo alla capacità del verde pensile di schermare le radiazioni delle onde radio ad alta frequenza è quella condotta dal Prof. Gernot Minke dell'Università di Kassel, che ha condotto una ricerca specifica presso l'Istituto per le onde ad alta frequenza e tecniche radar all'università militare di Monaco. Secondo il Prof. Minke una copertura a verde realizzata utilizzando uno spessore di substrato di 15 cm può ridurre il campo delle onde elettromagnetiche comprese tra 1,8 e 1,9 GHz del 99,4% e in misura ancora maggiore per le frequenze comprese tra 1,92 e 2,17 GHz. Per le onde amatoriali di 4 GHz la riduzione è risultata pari al 99,9999%.

Questa capacità delle coperture a verde potrebbe risultare di un certo interesse per applicazioni particolari, ma occorrerebbero ulteriori approfondimenti e verifiche dei risultati ottenuti dal prof. Minke anche considerando che le caratteristiche del substrato impiegato per condurre la prova sono solo parzialmente assimilabili a quelle che usualmente caratterizzano i substrati specifici per il verde pensile.

Verde pensile e pannelli fotovoltaici

Quando i pannelli fotovoltaici hanno iniziato a trovare maggiore diffusione sono stati applicati spesso in “concorrenza” con le coperture a verde: dove trovava applicazione una soluzione l'altra veniva esclusa, ritenendo quella dell'integrazione una via non possibile o opportuna.

Fortunatamente negli ultimi tempi per i pannelli fotovoltaici e le coperture a verde è stata individuata la possibilità di una fruttuosa coesistenza, sulla medesima superficie, grazie alla constatazione di seguito descritta.

In corrispondenza di una copertura realizzata in bitume o manti polimerici si possono raggiungere con facilità temperature superficiali di 70-80°. Su coperture con zavorramento in ghiaia di 5-6 cm le temperature possono arrivare a 50-60°. Sulla superficie di una copertura a verde le temperature massime oscillano invece intorno ai 35° in conseguenza dei processi di evapotraspirazione e evaporazione.

Per la determinazione delle prestazioni dei sistemi fotovoltaici i modelli si basano sull'applicazione di parametri standard STC (Standard Test Conditions): 1.000W/m², 25°, AM 1,5 = STC. Lo standard STC prevede alcuni parametri fissi, tra gli altri la temperatura di esercizio del modulo in esame è fissata in 25°.

Dato che per ogni grado di aumento della temperatura

di esercizio, oltre allo standard dei 25°, si riconosce generalmente che il rendimento di un pannello fotovoltaico diminuisca mediamente almeno dello 0,5%, risulta evidente che il montaggio di un pannello fotovoltaico sopra ad una copertura a verde, anziché sopra un'usuale copertura inerte, consenta di ridurre significativamente le perdite di rendimento.

Occorre sottolineare il fatto che, se correttamente montate e collocate, le strutture dei pannelli fotovoltaici non impediscono un corretto ed adeguato sviluppo della vegetazione consentendo, al contrario, in determinati casi e per certe specie, la creazione di favorevoli condizioni microclimatiche.

Coperture a verde e aumento della biodiversità

Quello della progettazione e realizzazione di coperture a verde con criteri di biodiversità è un tema che sempre di più richiama l'interesse dei progettisti e degli specialisti. L'applicazione di criteri di biodiversità in copertura, però, richiede particolari e approfondite conoscenze, oltre ad una collaborazione sinergica tra diverse competenze tecniche e scientifiche.

Le motivazioni e gli strumenti di indirizzo che spingono verso l'aumento della biodiversità sono ben noti. La loro illustrazione esula dagli scopi di questa pubblicazione, ma in questo breve paragrafo può es-

Comparazione temperature arbusti pieno e vuoto periodo 26 luglio 30 luglio 2009 e relazione andamento con temperatura

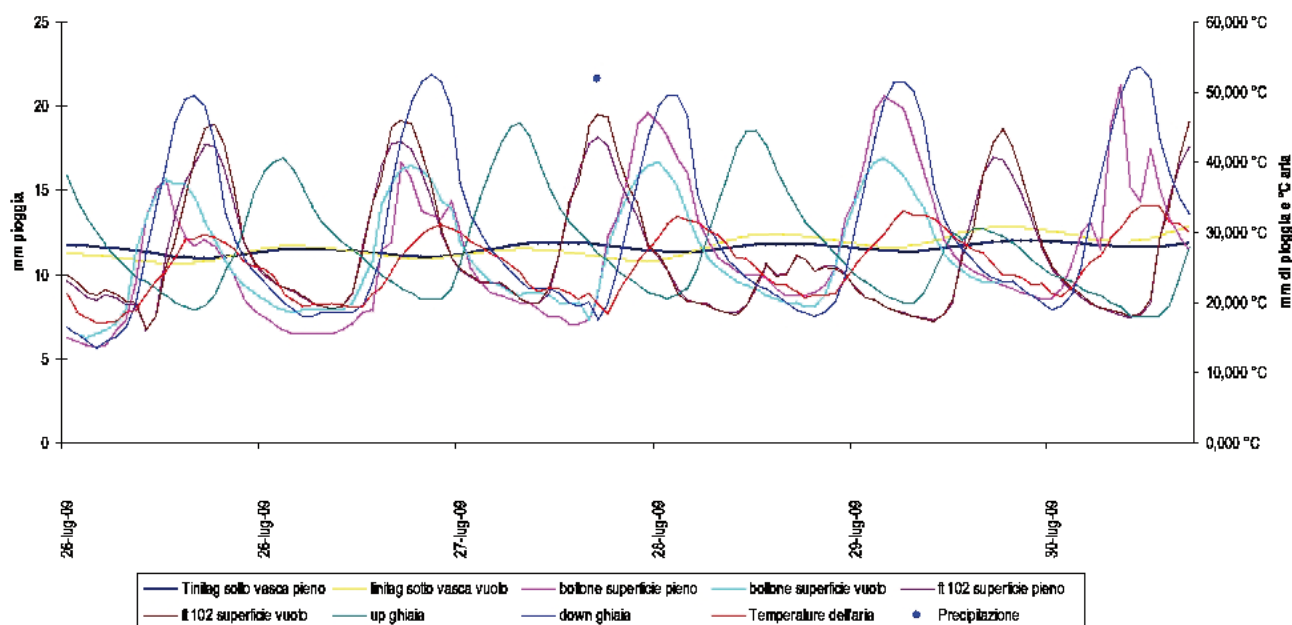


Grafico dell'andamento delle temperature, misurate a diversi livelli in una stratificazione di verde pensile sperimentale. La curva scura sostanzialmente piatta rappresenta le temperature misurate a livello dell'elemento di tenuta, al di sotto della stratificazione. Tratto da: "Tetti verdi, l'esperienza di San Michele all'Adige" - Corso per tecnico superiore del verde – IASMA – Istituto Agrario di San Michele all'Adige. A cura di Dario Nuzzo, relatore Barbara Battistello, correlatore Paolo Abram – 2011

sere utile mettere in evidenza la principale motivazione che rende le coperture a verde una valida e interessante opportunità in questa direzione.

Affinché adeguate condizioni di biodiversità possano trovare sufficiente sviluppo sono necessarie, non certo uniche, ma importanti, due condizioni fondamentali: la superficie destinata a questo scopo deve avere un'adeguata estensione e l'interferenza antropica deve essere la più ridotta possibile in quanto l'Uomo e le sue attività rappresentano, normalmente, un fattore di disturbo e di destabilizzazione degli equilibri di biodiversità. In ambiente urbano, se si escludono gli incolti a terra, queste due fondamentali condizioni si ritrovano quasi esclusivamente sulle grandi coperture piane, ad esempio nelle zone produttive, che sono suscettibili di essere trasformate in coperture a verde estensivo e quindi a bassissima frequentazione. Una volta verificate le due condizioni descritte, affinché si possano instaurare adeguate condizioni di biodiversità su una copertura a verde, è necessario che la progettazione preveda, oltre alla costruzione di stratificazioni che devono seguire specifiche indicazioni qualitative e dimensionali, un accurato studio preliminare ecologico comprendente l'analisi vegetazionale e faunistica della zona di intervento⁴.



Curioso dettaglio sulla copertura verde del centro sperimentale per il verde pensile di Augustenborg, Svezia. Foto Paolo Abram

⁴ In sede ISPRA-CATAP sono attualmente in corso di studio e redazione linee guida sulla biodiversità che dovrebbero essere pubblicate nel corso del 2012.



Copertura della fiera di Basilea. Integrazione tra pannelli fotovoltaici e verde pensile estensivo – Foto Paolo Abram

TECNICHE E TECNOLOGIE PER IL VERDE PENSILE

La copertura verde non è solo un luogo dove fare crescere piante, una tecnologia per la realizzazione di giardini e spazi verdi senza diretto contatto con il terreno e con obiettivi diversi. **È** anche e soprattutto un elemento costituente la copertura dell'edificio al di sopra del quale si realizza.

Per procedere alla progettazione e alla realizzazione di una copertura a verde occorrerà quindi avere delle competenze specifiche in merito alle tecniche di realizzazione delle coperture tradizionali e delle differenti esigenze.

Se il verde pensile viene realizzato al di sopra di una copertura esistente dovranno essere prese in considerazione e verificate tutte le variabili del progetto, a partire dagli aspetti più delicati riguardanti l'analisi dei carichi disponibili, ovvero del peso che la struttura esistente è in grado di sopportare, e le eventuali interferenze con gli elementi della stratigrafia della copertura.

Se il progetto del verde pensile in copertura rientra nel progetto complessivo dell'edificio occorrerà valutare tutti i dati e collaborare all'integrazione degli strati funzionali del sistema a verde con il sistema copertura.

Le coperture possono essere realizzate in modi differenti, in base alla presenza o meno dello strato di isolamento termico e dello strato di ventilazione, oppure in base all'ordine con cui i vari strati vengono realizzati.

Intendendo realizzare però una copertura a verde occorrerà sempre prendere in considerazione con attenzione le portate e verificare le caratteristiche di resistenza alla compressione della struttura portante, ma anche dei singoli elementi componenti la stratigrafia della copertura analizzando la documentazione relativa alla struttura architettonica su cui si interviene o, eventualmente, rivolgendosi ad un tecnico strutturista.

A fronte della valutazione della fattibilità della tipologia di copertura a verde, occorre prestare particolare attenzione all'impermeabilizzazione di tutta la struttura per evitare infiltrazioni d'acqua e al contenimento dello sviluppo radicale.

Appare importante sottolineare come l'impermeabilizzante debba essere realizzata in modo da garantire continuità della superficie, sovrapponendo gli elementi in modo da evitare eventuali infiltrazioni, e realizzando gli opportuni sormonti e raccordi con tutti gli elementi emergenti ed aggettanti della copertura, come gli scarichi dell'acqua o i bordi di contenimento.

Copertura a verde: criteri generali

Il progetto di una copertura in genere arriva alla definizione di tutti gli elementi, anche di finitura della copertura, sia essa piana o inclinata, identificando i materiali dei componenti e le corrette modalità di posa in opera, prevedendo quindi sia la presenza di una idonea guaina impermeabilizzante che la corretta inclinazione per garantire il deflusso delle acque ed evitare il ristagno idrico. Riguardo questi elementi occorre, intendendo realizzare una copertura a verde, definire con maggiore attenzione in particolare i materiali dell'impermeabilizzante e la correttezza e accuratezza della posa. Infatti occorre considerare che la ricerca e la riparazione di eventuali danni alla guaina potrà avvenire solo previa rimozione di tutta la stratigrafia specifica del verde pensile compresa la vegetazione, sebbene per questo non vi siano particolari differenze tra una guaina standard ed una per verde pensile, se non che quest'ultima deve avere una certificazione della capacità antiradice della stessa⁵.

Considerando la copertura a verde pensile come una tipologia di copertura occorre ricordare che questa deve, in ogni caso, offrire le medesime garanzie di rivestimento, difesa dagli agenti atmosferici, regimentazione delle acque meteoriche. Al contempo deve però assicurare un ambiente adatto alla messa a dimora della vegetazione.

Per far fronte a queste esigenze occorrerà prevedere la realizzazione di un sistema-copertura in cui diversi strati, con caratteristiche e funzioni differenti, concorrono ad assicurare la buona riuscita del progetto:

- elemento portante
- barriera al vapore
- isolamento termico
- elemento di tenuta (impermeabilizzazione) con protezione antiradice
- strato di protezione meccanico
- strato drenante
- strato filtrante
- substrato di coltivazione
- vegetazione

Lo strato drenante, lo strato filtrante e il substrato costituiscono il cuore della copertura e sono gli elementi che originano la definizione "multistrato", mentre gli altri strati, esclusa la vegetazione, sono generalmente parte di una comune copertura.

⁵ Per la definizione delle caratteristiche tecniche cui una guaina con certificazione antiradice deve **rispondere** si faccia riferimento al capitolo inerente la norma Uni, che fornisce indicazioni utili riguardo la progettazione dell'elemento.

Si è già in precedenza evidenziato come le differenze tra il tipo di inverdimento estensivo o intensivo che si intende realizzare riguardano sostanzialmente l'accessibilità e la manutenzione, appare evidente però che influiscono enormemente sulle scelte riguardanti gli elementi per la realizzazione della stratigrafia della copertura. Infatti il verde pensile di tipo estensivo, strutturato in modo da non richiedere complesse manutenzioni a fronte di un verde non fruibile sostitutivo di materiali inerti in genere utilizzati come finitura soprattutto per le grandi coperture piane, ha uno spessore della stratificazione ridotto, inferiore ai 15 cm e di conseguenza un peso contenuto (compreso tra 75 e 160 kg/mq a massima saturazione idrica). Il verde pensile di tipo intensivo, invece, strutturato come un giardino vero e proprio, fruibile e realizzato con molte diverse tipologie di piante, può avere spessori variabili tra i 15 cm, necessari per lo sviluppo del prato, fino ai 40-60 cm per la messa a dimora di vegetazione arbustiva o di alberi di piccola taglia, ma può anche essere superiore a seconda della vegetazione arborea impiegata. Chiaramente a fronte di un maggiore spessore anche il peso della stratificazione può variare molto, ma in genere è superiore ai 150 kg/mq a massima saturazione idrica delle coperture a verde intensivo.

Tipologie di elementi drenanti: elementi prefabbricati o materiale sfuso

L'elemento drenante è fondamentale per la buona riuscita della copertura, in quanto ha la fondamentale funzione di garantire il deflusso delle acque di origine meteorica o dovute all'irrigazione. La capacità di defluire delle acque deve in ogni caso essere governata dallo strato drenante in modo da garantire al contempo un accumulo e una riserva idrica necessaria al mantenimento della vegetazione, oltre che una corretta aerazione degli apparati radicali.

Tali funzioni possono essere correttamente assolte sia attraverso l'utilizzo di materiale sfuso, per esempio lava, pomice, ardesia o argilla espansa, laterizi riciclati e frantumati, o attraverso la posa in opera di pannelli preformati, che possono essere di polietilene, polistirolo, materie plastiche riciclate, ecc., purché adeguatamente progettate e valutate.

Infatti se appare evidente come la vegetazione sia generalmente poco tollerante a ristagni idrici, occorre precisare come l'asfissia radicale per mancanza di aria possa portare al sollevamento delle radici o alla sofferenza e all'indebolimento della pianta. Altrettanto importante è la funzione di accumulo idrico, che serve a garantire, soprattutto in mancanza di impianto di

irrigazione come spesso accade negli inverdimenti di tipo estensivo, una riserva d'acqua per il sostentamento della vegetazione stessa.

La scelta tra due sistemi spesso si limita alla valutazione dei pesi e degli spessori. Infatti i pannelli prefabbricati hanno il vantaggio di essere leggeri, facili da trasportare in quota e da posare, possono essere di spessori contenuti anche in relazione alla maggiore capacità drenante rispetto ai materiali sfusi.

I pannelli preformati inoltre offrono anche altri vantaggi: hanno buona resistenza alla compressione e possono essere utilizzati per realizzare un drenaggio continuo, costituendo così un basamento ininterrotto anche al di sotto di pavimentazioni ed altri elementi strutturali, garantendo maggiore libertà di progettazione e il libero e continuo deflusso delle acque meteoriche. Con questa modalità la copertura potrà essere considerata equivalente ad un'unica piastra realizzata direttamente sulla struttura, assicurando una maggiore affidabilità dell'impermeabilizzazione ed evitando aggetti di sottofondazioni e supporti, che potranno invece essere realizzati al di sopra dell'elemento drenante opportunamente dimensionato.

L'elemento drenante, sia esso sfuso o in pannelli preconfezionati, generalmente può essere semplicemente appoggiato al di sopra dell'elemento di tenuta, previa stesura di uno strato di separazione che, oltre a proteggere l'impermeabilizzazione al fine di garantirne la durata nel tempo ed evitare accidentali tagli nella guaina, collabora all'accumulo idrico utile a fornire una riserva idrica alla vegetazione.

Al di sopra dello strato drenante andrà invece inserito un telo filtrante, indispensabile ad evitare la discesa di particelle fini provenienti dallo strato culturale all'interno dell'elemento drenante, evitando quindi eventuali modifiche alle prestazioni in termini di accumulo idrico e di aria di quest'ultimo. La norma fissa le caratteristiche tecniche cui questi elementi, generalmente geotessili in polietilene o polipropilene, devono rispondere al fine di evitare danni al sistema copertura derivanti proprio dalla scelta sbagliata di questo elemento. Infatti è indispensabile evitare l'utilizzo di materiali impermeabili o quasi e non idonei al tipo di drenaggio scelto, in modo che gli elementi possano collaborare.

Lo strato culturale

Fra le diverse componenti della stratigrafia di una copertura a verde, lo strato culturale riveste un ruolo fondamentale per lo sviluppo ottimale della vegetazione. Lo strato culturale ospita gli apparati radicali che, oltre a dover assicurare uno stabile ancoraggio, respirano e sono deputati all'assorbimento di acqua e

sali minerali, all'accumulo di sostanze di riserva, ad interagire con i microrganismi. Le principali caratteristiche che uno strato colturale in una copertura a verde deve possedere sono: leggerezza (anche in condizioni di massima saturazione), elevata porosità, capacità di smaltimento dell'acqua in eccesso (permeabilità), adeguata ritenzione idrica tale da fornire alle radici acqua assimilabile, stabilità (mantenimento nel tempo delle proprietà fisiche di partenza), fertilità chimica potenziale (alta capacità di scambio cationico), dotazione di sostanza organica appena sufficiente alla formazione di un ecosistema biologico, ma non elevata al fine di evitare eccessive alterazioni strutturali nel tempo, assenza di effetti fitotossici.

A tale proposito, la norma UNI di riferimento del settore (11235:2007 e successivi aggiornamenti) fornisce indicazioni precise relative alle minime caratteristiche fisico-chimiche che uno strato colturale deve possedere. Alla luce di quanto esposto e considerando il ridotto spessore a disposizione (soprattutto in tipologie di coperture estensive), risulta abbastanza chiaro come il terreno naturale difficilmente possa garantire tali prestazioni, soprattutto in relazione al rapporto del sistema con l'acqua: in queste condizioni il terreno naturale tende a ridurre la propria porosità e permeabilità, con conseguenti problemi, oltre che di peso, di eccessi idrici. Il terreno naturale, causa la natura e dimensione delle particelle che lo compongono, possiede una quantità di acqua igroscopica (non utilizzabile dalle piante) elevata; pertanto, ad esempio con terreni naturali di medio impasto e in particolare per le coperture di tipo estensivo, si devono considerare alcuni aspetti problematici, relativi nello specifico alla minor porosità totale, alla bassa capacità di aerazione, ad una limitata disponibilità idrica per spessori limitati.

Per tali motivi il settore si è orientato alla preparazione di strati colturali appositi (denominati substrati), a forte componente minerale e ridotto contenuto di materiale organico. Le matrici minerali utilizzate risultano essere principalmente materiali trattati di origine vulcanica (pomicolite, lapillo, perlite), sabbie, vermiculiti, zeoliti, argilla espansa, lana di roccia, laterizio, tutte con proprietà fisico-chimiche che variano al variare della granulometria e dei trattamenti produttivi, oltre che con la natura del materiale stesso; le componenti organiche in genere torbe, ammendanti compostati, fibre di cocco e fibre di legno, ovviamente con caratteristiche fisico-chimiche assai eterogenee. La scelta di talune o altre tipologie di componenti, mescolate con rapporti percentuali diversi, porteranno alla realizzazione di miscele con proprietà fisico-chimiche variabili e personalizzate.

Un altro aspetto che può caratterizzare una miscela da destinarsi a strato colturale per coperture a verde è quello della sostenibilità del reperimento delle com-

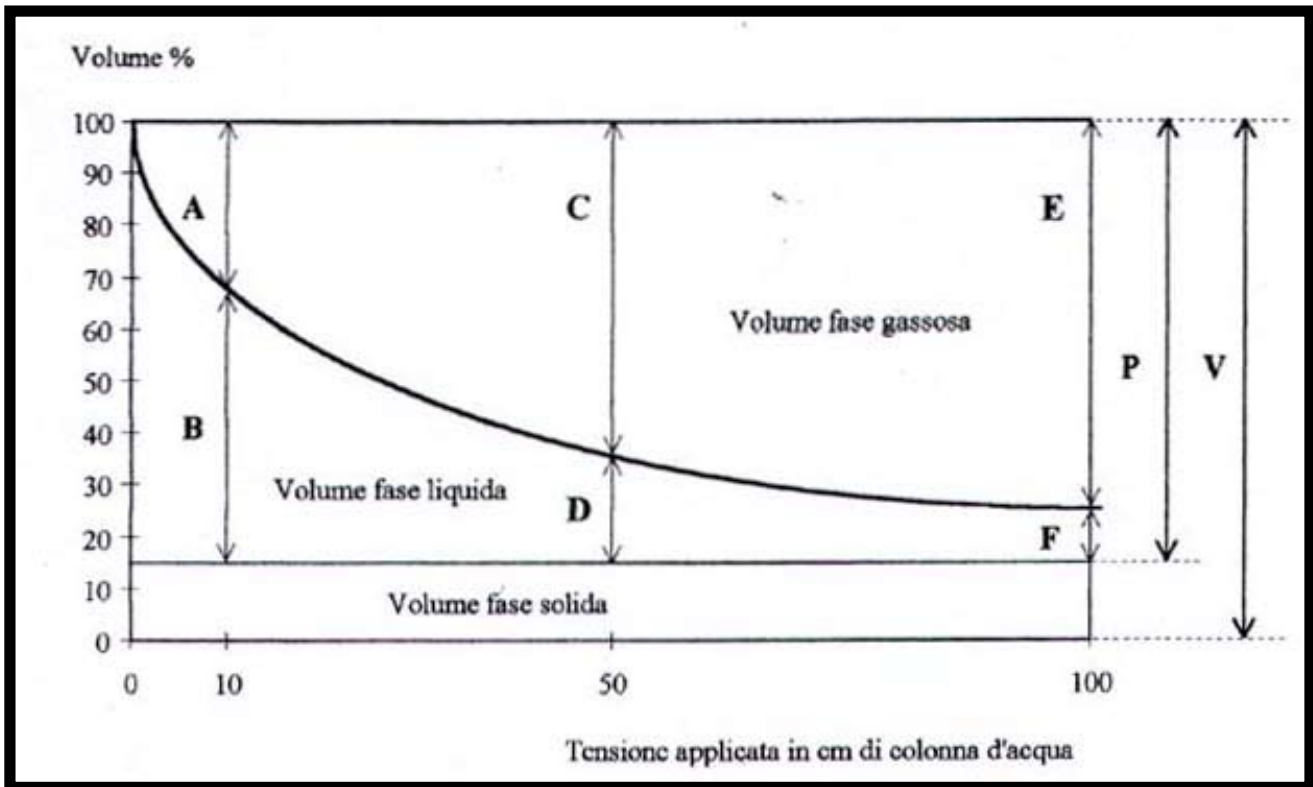
ponenti che la costituiscono; alcune matrici possiedono questa qualità (vedi ammendanti compostati e laterizi), altri sono prodotti che possiedono un valore economico ed un impatto ambientale significativi (vedi la torba); tuttavia raggiungere contemporaneamente gli obiettivi principali (prodotto a sostenibilità ambientale ed alto livello prestazionale con il minimo spessore) non è assolutamente semplice. Le condizioni di realizzazione delle coperture a verde impongono vincoli che, per quanto riguarda lo strato colturale, obbligano alla ricerca di una miscela che offra le prestazioni massime, sempre considerando il contesto di inserimento.

Al di là delle principali proprietà chimiche quali la reazione, la salinità, la capacità di scambio cationico, in condizioni limite quali sono quelle che si ritrovano nelle coperture a verde (soprattutto estensive), sono le proprietà fisiche che maggiormente influenzano l'effetto di crescita sulla vegetazione e, conseguentemente, il successo di una miscela: permeabilità, porosità, ritenzione idrica, tutte proprietà sostanzialmente influenzate sia dalla natura delle componenti, sia dalla granulometria del mix finale. Come detto, la norma UNI di riferimento fornisce le richieste di prestazioni minime per lo strato colturale, fornendo in taluni casi intervalli di misura entro il quale collocarsi. Tuttavia i limiti e gli intervalli proposti permettono di realizzare diverse tipologie di strati colturali con prestazioni assai differenti. Per questo motivo l'utilizzo di uno strato colturale a norma UNI 11235 non è di per sé garanzia di successo nella realizzazione di una copertura a verde; due substrati entrambi rispettosi delle indicazioni della norma possono fornire prestazioni completamente differenti. La scelta di uno strato colturale dipende in realtà da molteplici fattori, in primis l'ambiente climatico e le specie vegetali da impiegare. Considerando i ridotti spessori di strato colturale realizzabili, il fattore "disponibilità idrica" risulta determinante e la relativa prestazione richiesta ad un substrato (quantificazione della capacità di ritenzione idrica utilizzabile dalla vegetazione) dovrà considerare le condizioni climatiche del sito, in primis i dati di precipitazione e temperature: più dati storici si avranno a disposizione, più mirata sarà la preparazione del substrato ideale. Le proprietà idrologiche di un substrato vengono determinate attraverso la curva di ritenzione idrica, che esprime, in forma grafica, la capacità di ritenzione idrica dello stesso quando sottoposto a differenti potenziali idrici. La norma UNI 11235 ha avuto il merito di introdurre per prima la necessità di definire la curva di ritenzione idrica di un substrato per copertura verde, rifacendosi ai concetti base adottati ai substrati ortoforovivaistici, che prevedono la realizzazione della curva su 3 costanti idrologiche, definite ai seguenti punti di potenziale idrico:

pF 1 (tensione negativa applicata corrispondente a 10 cm di colonna di acqua), pF 1,7 (50 cm di colonna di acqua), pF 2 (100 cm di colonna di acqua). Alle suddette costanti idrologiche vengono attribuiti, nel campo delle coltivazioni in contenitore, i seguenti significati: l'acqua contenuta fino a pF 1 è considerata acqua non disponibile per le piante (acqua di drenaggio),

l'acqua compresa fra pF 1 e pF 2 è acqua disponibile per le piante (utilizzabile e di riserva), mentre oltre pF 2 l'acqua presente si ritiene difficilmente utilizzabile (individuato come momento dell'intervento di irrigazione). In figura viene schematizzata una tipica curva di un substrato compresa fra pF 0 e pF 2.

Curva di ritenzione idrica substrato per ortoflorovivaismo



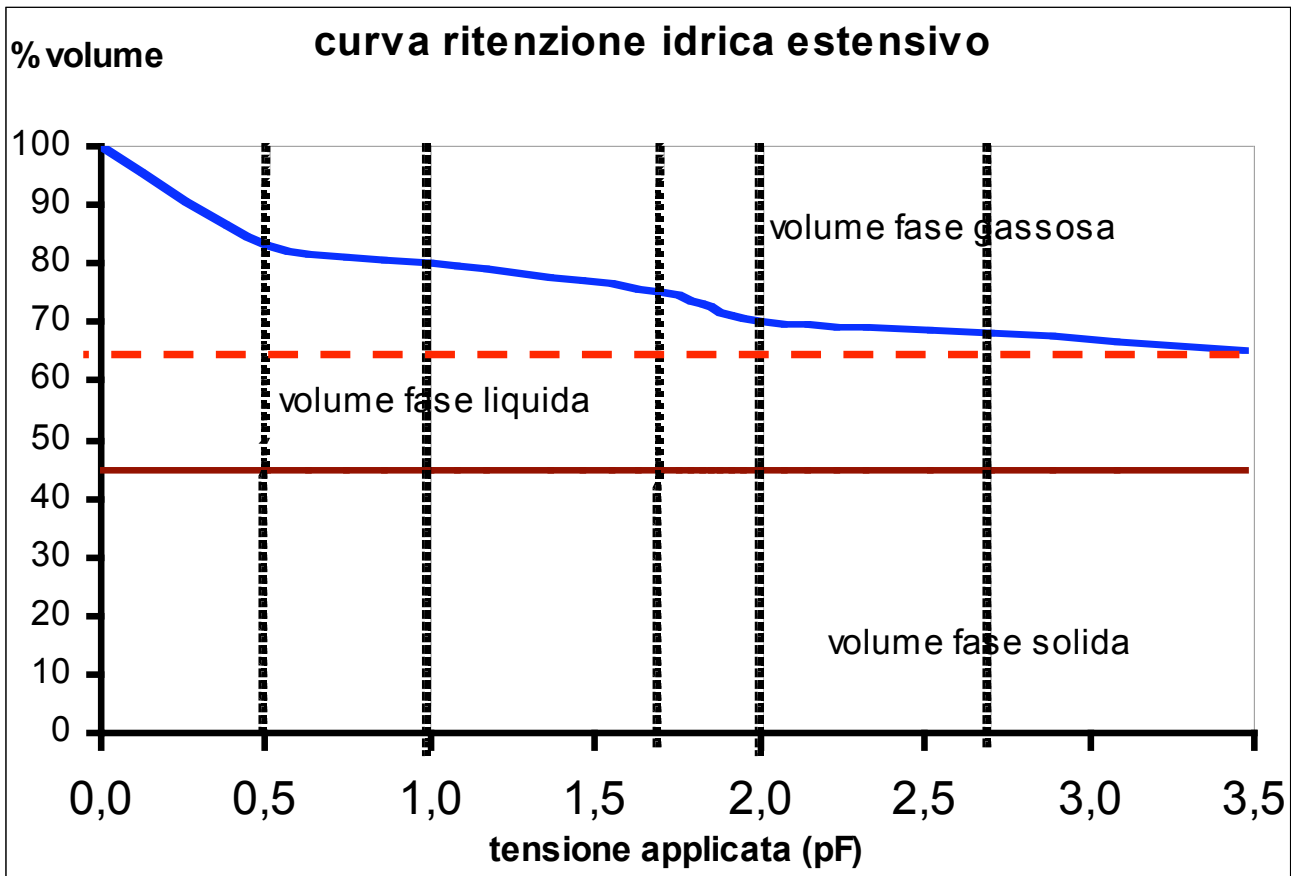
B-D = acqua facilmente disponibile / D-F = acqua di riserva
 F = acqua non disponibile / A = capacità aria dopo drenaggio
 P = porosità totale / V = volume apparente (fase solida + fase porosa)

Queste definizioni attribuite alle costanti idrologiche considerate hanno valore nell'ambito dell'ortoflorovivaismo, in quanto scopo di questo settore è quello di produrre nel più breve tempo possibile piantine di elevata qualità; pertanto risulta necessario evitare al massimo ogni tipo di stress idrico.

La caratterizzazione di un numero elevato di substrati professionali per coperture a verde e lo studio ed applicazione di metodi di prova differenti, ha permesso di evidenziare parecchi aspetti che portano a valutare in modo differente il significato della curva di ritenzione idrica appena esposto. La natura molto minerale di questi composti e l'approfondimento della curva di ritenzione idrica a diversi punti di pF porta a suggerire come l'acqua contenuta fino a pF 1 non sia in realtà completamente inutilizzabile per le piante, potendo limitare questa frazione a quella contenuta fino a pF 0,5; inoltre si può tranquillamente affermare che in queste matrici gran parte dell'acqua

contenuta oltre il punto di pF 2 sia in realtà ancora da considerarsi acqua utilizzabile dalle piante, spingendosi a considerare acqua disponibile quella contenuta fino alla costante idrologica di pF 4,2 (il punto di appassimento stabilito per i terreni naturali). Questi aspetti, se colti adeguatamente, permettono agli operatori del settore (progettisti, realizzatori, manutentori, produttori di substrati) di utilizzare i dati di ritenzione idrica nell'ottica dello sviluppo di un bilancio idrico e, conseguentemente, nella scelta idonea del substrato in relazione alla situazione climatica del sito di intervento ed alle esigenze idriche delle specie vegetali da irri...

Nella figura x si riporta a titolo di esempio la curva di ritenzione idrica di un substrato professionale determinata fino alla costante idrologica di pF 3,5 (vicino al punto di appassimento), che permette di evidenziare con maggior certezza la quota di acqua realmente disponibile per la vegetazione



capacità aria pF 1 (10 cm) = 20% v/v - capacità acqua pF 1 (10 cm) = 35% v/v
 acqua disponibile fra pF 1 e pF 2 = 10% v/v - acqua disponibile fra pF 0,5 e pF 3,5 = 18% v/v

Nell'esempio riportato, ipotizzando uno spessore di 10 cm di substrato, il 18% in volume di acqua disponibile equivale a 18 l/m² (18 mm).

In ultimo, si vuole porre l'attenzione su di un parametro che è di notevole importanza per i progettisti: il peso dello strato colturale (densità apparente). Nella UNI 11235 viene normata la densità apparente secca, mentre di maggiore interesse è il dato di densità apparente a saturazione (normata in Germania). Il valore di densità apparente a saturazione può essere comunque determinato anche attraverso i dati richiesti dalla norma UNI, sommando al dato di densità apparente secca quello del volume dei pori considerati saturi di acqua (leggera sovrastima). Tuttavia la misura diretta non pone particolari problemi e, considerata l'importanza di questo dato, si ritiene fondamentale la sua determinazione.

Lo strato vegetale

Seppur rimandando al capitolo dedicato alla scelta della componente vegetale, che senza dubbio è uno degli elementi caratterizzanti ma anche uno dei più

complessi, appare utile introdurre l'argomento, in particolare evidenziando le problematiche e le relazioni con gli strati sottostanti.

Innanzitutto occorre ricordare che la realizzazione di inverdimenti pensili richiede conoscenze tecniche specifiche, non solo per la scelta degli elementi di base ma anche per la scelta della vegetazione, che deve essere adatta a vivere e svilupparsi in condizioni estreme, resistenti al gelo, al sole e al vento. Inoltre appare utile sottolineare come la stratificazione, i materiali e lo spessore dello strato di supporto sono decisivi per la scelta delle piante.

Come si è già sottolineato in precedenza la vegetazione, che ricopre un ruolo fondamentale nel sistema del verde pensile, deve essere messa in condizioni di vita ottimali in modo che possa vivere e crescere rigogliosa, ma allo stesso tempo non deve interferire con gli elementi strutturali dell'architettura. A questo scopo concorrono tutte le scelte riguardanti i materiali e la composizione della stratigrafia; occorre però sottolineare come sia importante evitare che la vegetazione possa interferire anche tutti gli elementi tecnologici emergenti in copertura che devono essere ispezionabili, come ad esempio i pozzetti di scarico. Per fare questo occorre evitare che la vegetazione sia messa a

dimora a ridosso di tali elementi inserendo uno strato di acciottolato, ghiaia o altro materiale inerte, utile anche ad allontanare dal bordo e dalle aperture della copertura la vegetazione, come indicato nella norma di riferimento.

Criteria di manutenzione

La buona riuscita di un inverdimento pensile dipende da una corretta progettazione, da un'esecuzione dei lavori a regola d'arte e da un'adeguata e regolare manutenzione, non solo della vegetazione ma anche di tutti gli elementi tecnici e degli impianti. Infatti sia una copertura a verde estensivo che una a verde intensivo necessitano di interventi di ispezione ed eventuale sistemazione di tutti gli elementi strutturali e accessori della copertura, avendo evidentemente differenze sostanziali nella cura della parte vegetale. Particolare

importanza riveste la manutenzione del sistema di raccolta e smaltimento dell'acqua piovana, infatti tutti gli scarichi, realizzati in modo da essere ispezionabili tramite pozzetto adeguatamente impermeabilizzato in continuità con la superficie della copertura, dovranno essere controllati e puliti con cura da eventuali materiali depositati, come allo stesso modo dovranno essere verificati i raccordi degli elementi emergenti della copertura. Tutti gli elementi del sistema dovranno essere controllati e tenuti liberi da un eccessivo sviluppo della vegetazione o dalla presenza di vegetazione infestante, ponendo particolare attenzione allo strato di zavorramento, ovvero la fascia in materiale inerte, e agli erogatori dell'impianto di irrigazione.

La norma UNI 11235:2007 "Istruzioni per la progettazione, l'esecuzione, il controllo e la manutenzione di coperture a verde" contiene tutte le indicazioni di buona pratica per affrontare correttamente tutte queste fasi.

LA SCELTA DELLA VEGETAZIONE

A cura di Helga Salchegger

I fattori ecologici sui quali il progetto di una copertura a verde pensile può incidere sono, essenzialmente, la stratigrafia, lo spessore ed il tipo di substrato, e il suo contenuto idrico, mentre quelli biotici riguardano la scelta delle specie. La distribuzione della vegetazione sul territorio italiano dipende principalmente dai parametri climatici, temperatura e precipitazioni. L'Italia, a causa della grande variabilità geografica e morfologica, presenta una grande variabilità climatica e, quindi, una grande variabilità di vegetazione, con conseguente grande biodiversità. Le specie più avanti indicate sono adatte alla situazione climatica sub-mediterranea dell'Alto Adige. Per altre zone occorre eseguire una valutazione specifica.

Elementi da considerare per la scelta della vegetazione

In cosa si differenzia l'ambiente sul tetto dall'ambiente a terra?

Sul tetto non esiste una connessione con gli strati profondi e quindi non esiste una risalita capillare. Le piante hanno una maggiore concorrenza radicale e rischiano essiccamento o infradiciamento. Le specie devono sopportare maggiori sbalzi termici e una maggiore esposizione al vento. L'esposizione a sud di coperture inclinate aumenta l'irraggiamento solare e

favorisce l'asciugamento dei substrati per l'aumentata percolazione. Genericamente, nel periodo estivo, su qualsiasi tipo di copertura le temperature sono più elevate che al suolo. L'approvvigionamento di sostanze nutritive è limitato mancando la connessione con il suolo naturale.

Questo porta a far sì che l'ambiente sia caratterizzato da maggiore evapotraspirazione, maggiore esposizione al freddo, più elevata perdita di CO₂, minore umidità atmosferica e ridotta formazione di condensa. Tutto sommato: un ambiente estremo! Nella progettazione di una copertura a verde pensile occorre tenere conto che le condizioni stazionali in copertura si possono discostare anche di molto dalle condizioni presenti a terra su suolo naturale.

Quali sono le considerazioni nella scelta della vegetazione su copertura?

Gli inverdimenti estensivi sono forme di vegetazione che si devono auto-mantenere nel tempo. Per questo motivo, gli apporti dall'esterno, per mantenere e garantire la sopravvivenza dei sistemi devono essere il più possibile ridotti. Le piante con caratteristiche di resistenza alla siccità e con elevata capacità di autorigenerazione sono sicuramente le più adatte per queste condizioni.

Per questi motivi la scelta delle specie da utilizzare negli inverdimenti estensivi risulta fortemente condizionata dalla capacità di accumulo idrico dei sistemi.

Fattori da tenere in considerazione:

- La Statica: la portata dell'elemento di supporto limita in modo assoluto la scelta della vegetazione.

Altezza substrato (cm)	Tipo vegetazione	Peso della vegetazione (Kg/m ³)
5-10	Estensivo, perenni	10
10-15	Estensivo, perenni, piccoli arbusti fino a 50 cm	15
15-20	Intensivo semplice, perenni, arbusti fino a 1 m	20
20-40	Intensivo, arbusti fino a 3 m	30
40-50	Intensivo, arbusti grandi, piccoli alberi fino a 6 m	60
>100	Intensivo, alberi fino a 10 m	100

Tipo di verde pensile	Vegetazione	Kg/m ²
Estensivo	Perenni	70-250
Intensivo semplice	perenni, cespugli (1 m)	180-300
Intensivo	Cespugli fino a 3 m (30 cm di substrato)	300-400
Intensivo	Cespugli, alberi	400-1500

- La stratificazione: il monostrato con pochi centimetri di substrato è molto difficile da inverdire.
- Le caratteristiche dei substrati (ritenzione idrica, contenuto d'aria) aiutano o limitano la sopravvivenza della vegetazione, particolarmente in estate.
- Macro-clima e micro-clima in copertura: ombreggiamento, vento, esposizione, estremi termici, variazioni di esposizione alla pioggia modificano l'impiego delle piante.

Generalmente, in copertura si dovrebbe avere come obiettivo una differenziazione delle specie elevata per aumentare il volano biologico. Evitando la monocoltura diminuisce il fabbisogno di manutenzione e il rischio di deperimento della vegetazione.

Caratteristiche distintive delle piante da impiegare in copertura

Negli inverdimenti estensivi

- Tolleranza alle variazioni di disponibilità idrica
- Capacità di rigenerazione (apparati radicali)
- Compatibilità e robustezza (cura)
- Resistenza al vento (foglie piccole)
- Prolungata valenza ornamentale
- Valenza ecologica (piante autoctone)

Negli inverdimenti intensivi

- In generale: moltissime (ma non tutte) le piante da giardino si adattano bene anche in copertura.

Esistono piante che vanno evitate? Piante “tabu”?

Sì, occorre evitare le specie non adatte alle condizioni stagionali. Uno specifico esempio di scelta inadatta riguarda, ad esempio, l'impiego di specie a foglie grandi con cuticola sottile, inadatte a sopravvivere in condizioni di prolungata esposizione al vento, al sole e alla limitata disponibilità idrica (ad es. *Tilia platyphyllos*).

Sì, occorre evitare le piante con rizomi o accrescimento radicale aggressivo!

In particolare piante di canneto, betulla, salice, pioppo, olivello spinoso, bambù con sviluppo rizomatoso, *Ficus carica*, *Ailanthus altissima*, *Paulownia tomentosa*, *Buddleja davidii* o *Miscanthus sinensis*.

Inoltre: *Aesculus parviflora*, *Aralia elata*, *Aronia melanocarpa*, *Berberis vulgaris*, *Cornus stolonifera*, *Elaeagnus commutata*, *Hippophae rhamnoides*, *Prunus spinosa*, *Pterocarya fraxinifolia*, *Rhus sp.*

Posa a dimora della vegetazione sul tetto

Nel verde estensivo si possano usare:

- piante in vaso (a zolla ridotta, ottimamente coltivate in substrati adatti);
- talee;
- semi;
- Idrosemina;
- stuoie precoltivate;

Le piante in vaso e le stuoie precoltivate sono i me-

todi più costosi ma il risultato è subito visibile per il cliente. Tutto che le piante sono coltivate in substrati torbosi e può creare, però, non pochi problemi nella fase di attecchimento sul tetto.

Le talee di *Sedum*, la semina o l'idrosemina sono i metodi più economici; l'apparato radicale della pianta si sviluppa direttamente nel substrato collocato nell'ambiente del tetto e vengono, in questo modo, superati i problemi di shock da trapianto.

Cura

Cura di avviamento (fino alla consegna/collaudo)

Nell'inverdimento intensivo la cura è simile (o maggiore) a quella delle normali superfici a terra. Nell'inverdimento estensivo la cura di avviamento comprende, normalmente, irrigazione e talvolta anche concimazione (se necessarie) e allontanamento delle specie infestanti.

La cura di avviamento comprende un'irrigazione controllata all'occorrenza e l'eliminazione delle specie infestanti. Il substrato deve essere libero da semi infestanti. In caso contrario occorre prevedere un maggior onere per la manutenzione.

Cura a regime

Nell'inverdimento intensivo la cura è molto simile (o maggiore) a quella delle normali superfici a terra. Nell'inverdimento estensivo la cura a regime comprende l'allontanamento di piante legnose indesiderate o piante infestanti e il controllo degli scarichi e dei pozzetti (1-2 volte/ anno).

Indicazione di piante adeguate

Le specie autoctone, oltre a fornire adatto nutrimento e habitat per fauna e microfauna, adattandosi meglio alle condizioni climatiche locali presentano minore sensibilità alle malattie e richiedono, di conseguenza, minor impegno manutentivo. Alla fine occorre sapere che le piante sane sono sempre anche più belle e meno costose.

L'obiettivo è di riproporre sui tetti fitocenosi autoctone diversificate, in funzione dell'estensione delle aree disponibili. La specie vanno scelte tra quelle:

- coerenti con la flora autoctona a livello, almeno, regionale;
- ecologicamente compatibili con i caratteri micro-stazionali;
- con la massima biodiversità;
- con riferimento alle associazioni vegetali degli ambienti più termo-xerofili del territorio (date le caratteristiche ecologiche microstazionali dei tetti), a meno di non realizzare artificialmente condizioni di maggiore umidità,

Piante adatte per l'estensivo

Molte piante autoctone si sviluppano in associazioni naturali tipiche di specifiche situazioni stazionali

- mura o del prato asciutto;
- zone di sabbia e di ghiaia;

- rive fluviali;
- steppe rocciose;
- macchia mediterranea o cespuglietti.

Fra le specie più usate nell'ambito del verde estensivo troviamo i *Sedum*: sono economici e facili da usare con talee o in vaso con zolla ridotta, ma non è il caso di fare ogni estensivo solo con tre specie di *Sedum*!...

"Sedum" e "Sempervivum" ...			
Nome botanico	Fioritura	Impiego	Note
<i>Sedum album</i>	Bianco, VI-VIII	Tappezzante Piantare in grandi gruppi (>20 pezzi.)	A partire da 8 cm di substrato. Copertura a media densità. Colorazione del fogliame.
<i>Sedum floriferum</i> 'Weihenstephaner Gold'	Giallo, VI-VII	Grandi gruppi, anche tappezzante. 3-15 pezzi/m ²	Apprezzata tappezzante! Scompare parzialmente la vegetazione epigea in inverno.
<i>Sedum hybridum</i> 'Immergrünchen'	Giallo, VII-VIII	Gruppi. 3-15 pezzi/m ²	Anche in penombra!
<i>Sedum reflexum</i>	Giallo, VII	Piccoli gruppi	Copertura molto rada, fino a 30 cm. fogliame verde-grigio.
<i>Sedum sexangulare</i>	Giallo chiaro, VI-VII	Piccoli gruppi. 3-10 pezzi/m ²	A partire da 8 cm di substrato. Copertura densa e compatta. 'Weiße Tatra' molto adatta per la formazione di cuscini.
<i>Sedum acre</i>	Giallo, VI-VII	Piantare in gruppi (10-20 pezzi.).	A partire da 8 cm di substrato. Copertura rada. Molto invadente! La vegetazione può scomparire dopo la fioritura! Si riproduce molto per seme.
<i>Sempervivum tectorum</i>	Rosa, VII-VIII	Isolati, p.es. bordi	Debole
<i>Sempervivum arachnoideum</i>	Rosso, VII-VIII	Isolati, p.es. bordi	Debole



Sedum album

Fam. Crassulaceae
Erbacea perenne
Nome volgare: Borracina bianca
Origine: Europa, Asia, N-Africa

Altezza circa 5 cm.
Portamento: tappezzante sempreverde
Foglie: rotonde
Fiori: bianchi, piccoli
Fioritura: giugno-luglio
Esposizione: sole

Gestione: Copertura rada, assume diverse colorazioni di foglia in stress idrico
Impianto: 15 piante al m²



Sedum hybridum

Fam. Crassulaceae
 Erbacea perenne
 Nome volgare:-
 Origine: Asia

Altezza circa 15 cm.
 Portamento: tappezzante sempreverde
 Foglie: ovata / dentata
 Fiori: gialli, piccoli
 Fioritura: luglio-agosto
 Esposizione: mezz'ombra

Gestione: Molto adattabile,
 anche in mezz'ombra
 Impianto: 8 piante al m²

... perchè non solamente i *Sedum* o i *Sempervivum* resistono alle condizioni estreme presenti sul tetto.

<u>Perenni ...</u>			
Nome botanico	Fioritura	Impiego	Note
<i>Antennaria dioica</i>	Bianco, VI	Piccoli – grandi gruppi	Forte, tappeti bassi (fino a 10 cm)
<i>Dianthus carthusianorum</i>	Rosso purpureo, VI-IX	Piccoli gruppi	Copertura rada, ama pH elevato, si riproduce molto per seme!
<i>Geranium sanguineum</i>	Rosso, V-VI	Piccoli gruppi	Colorazione del fogliame (rosso in autunno). Sole – penombra, ama pH elevato.
<i>Stipa pennata</i>	Argenteo, elegante	Isolata	Struttura , altezza fino a 50 cm
<i>Allium schoenoprasum</i>	Viola, V-VI	Piccoli gruppi	Erba cipollina
<i>Allium flavum</i>	Giallo, VI-VIII	Piccoli gruppi	Si riproduce per seme, sopporta stazioni molto secche

Graminacee come *Helictotrichon sempervirens*, *Stipa sp.*; *Melica ciliata*, *Koehleria cinerea*, *Sesleria sp.* Specie bulbose o tuberose come *Allium* (*Allium caeruleum*, *A. schoenoprasum*, *A. flavum*, *A. nutans*, *A. senescens*, *A. scorodoprasum*, *A.sphaerocephalon*) o *Iris* (*Iris pumila*) sono adatti anche per il verde estensivo. *Dianthus* (garofani), *Petrothagia saxifraga* o *Geranium sanguineum* sono specie selvatiche autoctone particolarmente interessanti dal punto di vista ecologico perché queste forniscono un habitat e sono una fonte di nutrimento per farfalle, insetti e volatili.

Esempi di scelta delle specie secondo l'altezza del substrato

Nella tabella alla pagina successiva sono riportate esperienze di più di 15 anni di verde pensile estensivo. Si tratta di un'indicazione di carattere generale perché, comunque, per ogni zona climatica occorre necessariamente effettuare una specifica valutazione floristica.

Specie per un verde pensile estensivo

a di substrato

nome botanico	italiano	8cm	12cm	15cm	20cm	25cm	mezz ombra	caldo, mediterraneo	altezza	autosemina	ama terreni calari	semprev erde
<i>Achillea millefolium</i>	Achillea setacea				x				60	x		
<i>Achillea nobilis</i>			x					x	30		x	
<i>Achillea tomentosa</i>	mkfobg gab			x	x			x	15			
<i>Acinos alpinus</i>		x							10		x	
<i>Adonis vernalis</i>			x						20		x	
<i>Anaphalis triplinervis</i>					x			x	30			
<i>Antennaria dioica</i>		x							15			x
<i>Anthemis tinctoria</i>			x					x	40			
<i>Aster ilinosyris</i>					x			x	40			
<i>Aurnia saxatilis (Syn. Alyssum saxatile)</i>				x					20		x	
<i>Calamintha nepeta</i>					x			x	40			
<i>Cerastium tomentosum</i>			x						15			x
<i>Dianthus carthusianorum</i>		x							25	x		
<i>Dianthus gratianopolitanus (caesius)</i>		x							15		x	
<i>Dianthus plumarius</i>		x							20		x	
<i>Dictamnus albus</i>				x				x	80		x	
<i>Echium vulgare</i>				x	x			x	60	x		
<i>Euphorbia cyparissias</i>			x					x	20	x		
<i>Euphorbia myrsinites</i>				x				x	20		x	x
<i>Geranium dalmaticum</i>			x				x		10			
<i>Geranium sanguineum</i>				x			x		30		x	
<i>Gypsophila repens</i>			x						20		x	
<i>Helianthemum nummularium</i>			x					x	15			
<i>Hieracium auranticum</i>		x							30	x		x
<i>Hieracium pilosella</i>		x							20	x		
<i>Hypericum polyphyllum</i>					x			x	15		x	
<i>Hyssopus officinalis</i>												
<i>Linum flavum</i>			x							x		
<i>Lychnis viscaria</i>					x					x		
<i>Organum vulgare</i>				x							x	
<i>Petrohragia saxifraga</i>			x					x		x		
<i>Potentilla aurea</i>			x	x					15			
<i>Potentilla neumanniana</i>			x									
<i>Potentilla recta</i>			x									
<i>Prunella grandiflora</i>			x				x				x	
<i>Pulsatilla vulgaris</i>				x							x	
<i>Salvia pratensis</i>			x					x				
<i>Sanguisoba minor</i>			x	x								
<i>Saponaria ocymoides</i>			x									
<i>Scutellaria alpina</i>				x							x	
<i>Thymus praecox</i>			x									
<i>Thymus serpyllum</i>		x	x									
<i>Thymus vulgaris</i>				x								
<i>Verbascum nigrum</i>												
<i>Verbascum phoeniceum</i>				x			x	x				
<i>Veronica austriaca</i>												
<i>Veronica teucrium</i>					x						x	

<i>Sedum (P)hedimus) + Sempervivium</i>												
<i>Sedum acre</i>										x		
<i>Sedum album</i>		x	x									
<i>Sedum album Coral Carpet'</i>		x										
<i>Sedum album Murale'</i>		x										
<i>Sedum floriferum Weihenstephaner Gold'</i>							x					x
<i>Sedum hybridum Immerguencher'</i>							x					
<i>Sedum reflexum</i>		x										
<i>Sedum reflexum Angelina'</i>												
<i>Sedum sexangulare</i>		x										
<i>Sempervivum tectorum</i>		x										
<i>Sempervivum wulfenii</i>		x										

Graminacee												
<i>Festuca cinerea</i>			x								x	
<i>Helictotrichon sempervirens</i>												x
<i>Melica ciliata</i>			x					x				
<i>Koeleria glauca</i>			x									
<i>Sesleria albicans</i>				x								
<i>Stipa pennata</i>				x				x		x		

bulbi etuberi												
<i>Allium flavum</i>												
<i>Allium moly</i>			x									
<i>Allium pulchellum</i>												
<i>Allium schoenoprasum</i>		x										
<i>Allium sphaerocephalon</i>				x								
<i>Anthericum ramosum</i>				x								
<i>Gladiolus italicus</i>					x							
<i>Iris pumila</i>				x								
<i>Tulipa sylvestris</i>				x								
<i>Tulipa humilis</i>				x								

Specie di Sedum per talee

S. acre
S. acre var. *majus*
S. album 'Coral Carpet'
S. album 'Laconicum'
S. album Micranthum
S. album 'Murale'
S. album 'Teretifolium'
S. bithynicum
S. caudicolum
S. douglasii
S. ellacombianum
S. ewersii
S. floriferum var. *diffusum*

S. floriferum 'Weihenstephaner Gold'
S. hybridum
S. hybridum 'Immergrünchen'
S. kamschatikum var. *kamschatikum*
S. kamschatikum var. *middendorffianum*
S. kamschatikum 'Variegatum'
S. lydium
S. lydium 'Glaucum'
S. reflexum
S. reflexum 'Elegant'
S. sexangulare
S. spurium 'Album Superbum'
S. spurium 'Coccineum'

Piante adatte per l'intensivo

In linea di principio, per gli inverdimenti intensivi si può affermare che è possibile utilizzare quasi tutte le specie di piante robuste. Esse devono, inoltre, essere resistenti al freddo, al caldo e al vento e devono essere compatibili con le esigenze statiche, oltre a non rientrare nel gruppo delle "piante tabù".

Su coperture con portata limitata è talvolta possibile realizzare inverdimenti intensivi, collocando lungo bordi, in corrispondenza di murature portanti, rilievi di substrato oppure fioriere. Il passaggio dall'inverdimento estensivo all'inverdimento intensivo può essere graduale.

Rampicanti

Sono principalmente piante legnose e perenni, ma esistono anche specie erbacee e annuali. Proprio per il loro tipico portamento che le costringe ad avvalersi di sostegni perché incapaci di reggersi con il loro proprio fusto, le rampicanti sono tra le piante maggiormente utilizzate per la copertura di superfici come muri, tralicci o grigliati e pergolati. Esistono piante a portamento strisciante, come le *Hedera* in varietà e *Parthenocissus* (Vite del Canada), che possiedono radici aeree o ventose in grado di aggrapparsi alle pareti o su tutte le superfici compatte senza bisogno di sostegni. Una volta poste a dimora non si fermano più finché arrivano alla loro altezza massima (Attenzione: senza potatura e controllo può accadere che queste specie si accrescano anche nelle strutture dei tetti danneggiando la costruzione).

Il *Glicine* (*Wisteria sinensis*, *Wisteria floribunda* e varietà) si avvolge in modo molto vigoroso su un supporto e per la sua profumata fioritura primaverile è fra le rampicanti più richieste per il giardino pensile. Purtroppo dopo un paio di anni comincia a rallentare la sua crescita perché ha bisogno di un terreno molto fertile e profondo – quindi non è adatta per un tetto verde.

Consigliato per mezzombra invece sono rampicanti

come il bellissimo sempreverde *Trachelospermum jasminoides*, a fioritura estiva e profumata, utilizzati per muri, pergolati e come tappezzanti.

Da tenere presente che, in via generale e fatte salve le specifiche più sopra riportate, dall'esperienza risulta che per un adeguato sviluppo delle specie rampicanti sia necessario applicare non meno di 30-40 cm di substrato, meglio se si può aumentare questo spessore.

Cespugli

In uno spessore da 15 a 50 cm di substrato possiamo mettere a dimora cespugli come *Cotinus coggygria*, *Caryopteris x clandonensis*, *Rosmarinus officinalis* o *R. prostratus* o il sempreverde *Viburnum tinus*. Si utilizzano in bordatura o come siepi fiorite o tappezzanti. Usati anche per costituire associazioni simili alla macchia.

Alberi

Per la scelta di alberi conviene valutare bene la tipologia di stazione climatica presente sul tetto. Quindi è sempre preferibile scegliere piante legnose a più fusti (resistono meglio alla pressione e alle turbolenze del vento), evitare alberi con una chioma compatta se si vuole limitare la pressione del vento, ma scegliere corone meno fitte. Le specie a foglie piccole vengono meno danneggiate rispetto a quelle a foglie grandi. Escludere piante legnose che producono radici aggressive ("tabù"), perché esse sfruttano senza pietà gli errori che si possono fare nell'utilizzo della impermeabilizzazione. Non "viziare" le piante: più sono elevati l'umidità e il nutrimento nel terreno, più le piante radicano in superficie.

Alberi adatti per un intensivo sono per esempio la *Tamerice* (*Tamarix parviflora*), albero nativo dalle regioni costiere/terre saline con fogliame sottile e generosa fioritura in maggio. L'*Acer monspessolanum* con foglie trilobate lucide o l'*Acer campestre* adatto anche alla potatura a siepe. L'*Orniello* (*Fraxinus ornus*) con fiori profumati che sbocciano dopo lo sviluppo delle prime foglie e considerato piccolo albero di terza grandezza per il verde pensile.

Commento e applicabilità della norma UNI

A cura di Ing. Valentina Lotto

La norma italiana UNI 11235, Istruzioni per la progettazione, l'esecuzione, il controllo e la manutenzione di coperture a verde, in vigore dal 2007, è l'unica normativa di riferimento nell'ambito delle coperture a verde.

La norma chiarisce l'importanza delle coperture a verde quale strumento di compensazione, mitigazione e miglioramento ambientale assimilandole ad un sottosistema, parte integrante del sistema edilizio, in grado di restituire in modo integrale o parziale le caratteristiche che l'ambiente aveva in origine e diminuendo quindi l'impatto ambientale. Il suo utilizzo qualifica i soggetti che ne dichiarano il rispetto e offre la garanzia di qualità del prodotto agli utenti finali. In questo senso rappresenta una tutela dei soggetti coinvolti che possono verificare la rispondenza della fornitura con quanto richiesto e, nei casi di difformità, procedere attraverso contestazione.

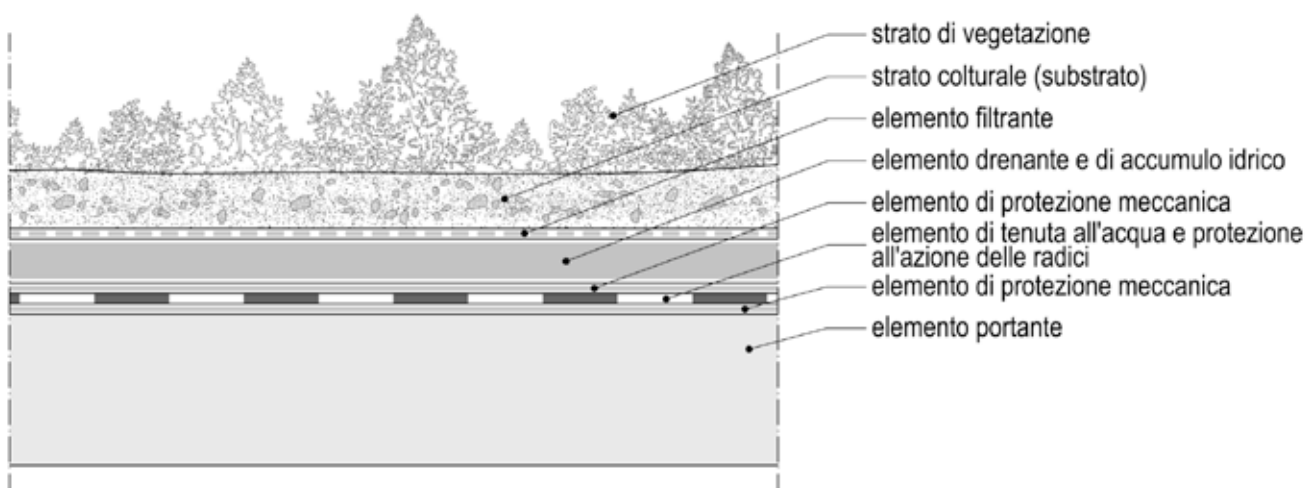
È auspicabile che, a distanza di 4 anni dall'entrata in

vigore, la norma venga a breve revisionata, al fine di renderla conforme alle nuove esigenze emergenti e risolvere le criticità e le lacune che contiene. La revisione è necessaria inoltre per evitare contraddizioni e errori interpretativi che hanno e avranno dirette conseguenze sulla qualità dei sistemi a livello progettuale, esecutivo, di controllo e di manutenzione.

Nell'ambito di questa pubblicazione vengono evidenziate solo alcune criticità al fine di sensibilizzare e rendere consapevoli i soggetti che, ricercando nella norma indicazioni e istruzioni operative chiare, si trovano talvolta a confrontarsi con difficoltà applicative e interpretative della stessa.

Il sottosistema a verde è scomposto in elementi primari, secondari e accessori. La presenza all'interno della stratigrafia di tutti gli elementi primari è condizione necessaria per poter definire la stessa "a verde"; elementi secondari e accessori vengono introdotti o meno in relazione alle esigenze rilevate.

Elementi primari:



Elementi secondari: strato termoisolante, impianto di irrigazione, strato di zavorramento e antierosione.

Elementi accessori: elementi di ancoraggio della vegetazione, elementi di trattenimento dello strato colturale, ecc.

Gli elementi devono essere valutati come parti integranti di un insieme in grado di soddisfare le esigenze grazie alla corretta progettazione delle singole parti e alle relazioni che tra esse si instaurano. In questo modo si garantisce funzionalità e durabilità del sistema. Valutazioni disgiunte degli elementi tecnici, o l'inserimento dei cosiddetti "sistemi a pacchetti preconfezionati" presenti sul mercato, non sono soluzioni idonee per il raggiungimento di risultati efficienti e di qualità.

La norma si rivolge a tutti i soggetti che prendono parte al processo edilizio ed è strutturata come segue:

Analisi per la progettazione del sistema

Cfr punti: 4 "Agenti e requisiti"

5 "Istruzioni per la progettazione"

6 "schemi funzionali e classificazione del sistema"

Fase fondamentale nell'ambito del processo edilizio definito come sequenza organizzata di fasi che portano dal rilevamento delle esigenze della committenza a un bene edilizio al loro soddisfacimento attraverso la progettazione, la produzione, la costruzione e la gestione del bene stesso (cfr UNI 10838). Analisi, progettazione ed esecuzione, e a seguire controllo e manutenzione, diventano quindi momenti

chiave di un processo edilizio finalizzato al soddisfacimento delle esigenze.

Obiettivo dell'analisi per la progettazione del sistema è rappresentato dall'individuazione delle variabili che influenzano e influenzeranno le scelte progettuali ed esecutive e soprattutto la scelta della vegetazione. Devono essere definite le condizioni ottimali per la crescita di una specie piuttosto che di un'altra tenendo conto che, al discostarsi dalle condizioni ottimali, aumenta la quantità di energia che il sistema necessita in fase di realizzazione e a regime.

Mancanza di connessione con gli strati profondi del terreno, spessori contenuti, concorrenza radicale, rischi di essiccamento e formazione di ristagni idrici, sbalzi termici, elevate esposizioni al vento, sono solo alcuni degli aspetti che differenziano le coperture a verde dai giardini tradizionali a terra.

Analisi del contesto climatico, per definire le condizioni atmosferiche al contorno, ed analisi del contesto territoriale, per definire l'interazione delle variabili climatiche con il contesto edilizio circostante, sono quindi fasi necessarie per la corretta progettazione di coperture a verde di qualità.

Malgrado l'importanza delle fasi di analisi per la progettazione, nella realtà, le "Istruzioni per la progettazione", non forniscono chiare ed esaustive indicazioni a riguardo.

È possibile che sia proprio questa la causa della spesa mancata realizzazione di analisi preliminari approfondite da parte dei progettisti.

La criticità principale è probabilmente rappresentata dalla mancanza di connessione con il punto 7 "Documentazione di progetto" dove, invece di chiarire come inserire all'interno del progetto l'analisi e la classificazione del sistema (estensivo, intensivo, ecc.), la norma limita il campo ai lavori pubblici e richiama il punto 6.1.2 "Classificazione della copertura a verde" che a sua volta contiene evidenti incertezze che ne pregiudica l'applicabilità.

Definizione dei requisiti e delle prestazioni degli elementi tecnici e progettazione

Cfr punti: 5.4 "Elementi, strati e impianti componenti il sub-sistema"

5.5 "Progettazione degli elementi o strati"

8 "Materiali e componenti"

La norma prescrive la valutazione delle prestazioni degli elementi ossia il loro comportamento nelle effettive condizioni d'uso e di sollecitazione (UNI 10838). La norma unifica le modalità di valutazione delle prestazioni attraverso standard minimi di accettabilità dell'opera nel suo insieme e del singolo prodotto. Ad

esempio, per la prestazione "invecchiamento artificiale tramite esposizione a lungo termine ad elevate temperature" dell'elemento di tenuta all'acqua e protezione all'azione delle radici, si rimanda al metodo di valutazione definito dalla UNI EN 1296 "Membrane flessibili per impermeabilizzazione - Membrane bituminose, di materiale plastico e gomma per impermeabilizzazione di coperture - metodo di invecchiamento artificiale tramite esposizione a lungo termine ad elevate temperature" che ne definisce le modalità di prova.

Nella definizione degli elementi primari, è contemplato sia l'elemento drenante che l'elemento di accumulo idrico. Si prevedono poi (punto 6.1.1) tipologie funzionali con accumulo idrico e senza accumulo idrico.

È evidente l'impossibilità di applicazione di tali istruzioni e la necessità invece di specificare e chiarire che la definizione dell'elemento di accumulo idrico come elemento primario o secondario del sistema è determinabile solo a seguito di un'adeguata fase di analisi progettuale che prenda in considerazione da un lato, le variabili climatiche e territoriali del luogo, e dall'altro le proprietà di ritenzione idrica del substrato che, progettato e realizzato di idoneo spessore e caratteristiche agronomiche, è caratterizzato da un'elevata capacità di accumulo idrico.

A questo proposito, in conformità con lo stato dell'arte, si evidenzia la necessità di revisione anche di alcuni parametri per la valutazione dei requisiti degli elementi.

Ad esempio, la capacità di ritenzione idrica del substrato deve essere analizzata, come previsto dalla norma, attraverso la curva di ritenzione idrica secondo la UNI EN 13041, ma ma ampliando i punti di determinazione oltre pF 2,0.

Esecuzione ed installazione degli elementi tecnici

Cfr punti: 9 "Istruzione per l'esecuzione e l'installazione"

La norma definisce delle linee guida per la posa in opera di alcuni elementi specificando ad esempio le dimensioni minime dei risvolti verticali e delle sovrapposizioni dell'elemento di tenuta e protezione all'azione delle radici.

Per quanto riguarda lo strato culturale e la vegetazione, le indicazioni sono frammentarie e piuttosto vaghe e quindi di difficile applicabilità. Ad esempio si prescrive che l'inverdimento avvenga in strati culturali esenti da infestanti, ma non viene fornita alcuna indicazione relativa alla modalità di valutazione di tale aspetto.

Collaudo e manutenzione del sistema

Cfr punti: 10 “Collaudi”
11 “Manutenzione”

L’obiettivo degli interventi di collaudo è la verifica dell’esecuzione a regola d’arte dell’opera, per assicurare la rispondenza alle prescrizioni progettuali e la garanzia del raggiungimento di qualità edilizia dell’organismo edilizio in termini di soddisfacimento di esigenze espresse o implicite. La manutenzione, definita come combinazione di tutte le azioni tecniche, amministrative e gestionali, previste durante il ciclo di vita di un’entità, destinate a mantenerla o riportarla in uno stato in cui possa eseguire la funzione richiesta

(UNI EN 13306), è l’insieme degli interventi per la corretta gestione di un sistema.

Nell’ambito delle coperture, anche non trattate a verde, tali interventi devono prevedere ad esempio verifiche sul funzionamento del sistema di smaltimento delle acque meteoriche. Per le coperture a verde si prevedono interventi aggiuntivi quali ad esempio la risemina, dove necessario la piantagione di vegetazione e soprattutto il controllo, l’allontanamento e l’asportazione delle specie infestanti.

A 12 mesi dalla posa della vegetazione la norma prescrive che venga effettuato un controllo delle opere a verde e fissa delle percentuali di copertura minima. Prevedere un controllo a 12 mesi è fondamentale, ma si sottolinea l’impossibilità, nella maggior parte dei casi, del raggiungimento dei valori prescritti che andrebbero quindi rivalutati.

Sviluppi della norma UNI 11235: 2007

A cura di Ing. Matteo Fiori

La norma UNI è stata redatta a seguito di numerose riunioni svoltesi nel corso di alcuni anni alla quale hanno partecipato numerosi esperti del settore.

La sua emanazione è stata, perciò salutata e vista favorevolmente dal mondo alla quale si è rivolta.

Essa è stata anche recepita da alcuni documenti normativi, fra tutti, il D.P.R. 2 aprile 2009, n. 59 Regolamento di attuazione dell'articolo 4, comma 1, lettere a) e b), del decreto legislativo 19 agosto 2005, n. 192 ma anche molti regolamenti edilizi locali.

Nel corso di questi quasi cinque anni si sono avute alcune soluzioni che hanno posto le premesse per alcuni possibili integrazioni della stessa. Ovviamente i pensieri che qui vengono sviluppati sono da intendersi esclusivamente personali.

Negli ultimi anni, sono state proposte soluzioni di verde pensile che si discostano da quelle standard previste nella norma. L'inserimento delle stesse nella norma è certamente una necessità al fine di potere utilizzare le stesse nella progettazione. Evidentemente, di esse ne deve essere dimostrata l'efficacia soprattutto in termini di efficacia e di durabilità nel tempo.

Sulla stessa scia si pongono singoli materiali di drenaggio, accumulo idrico, filtrazione e altro che possono svolgere in maniera efficace la propria funzione.

Inoltre si ritiene, globalmente, necessaria una integrazione di informazioni relative al rapporto verde pensile-edificio e verde pensile-intorno urbano, in relazione alle capacità mitigatorie del verde pensile.

Infatti, nell'attuale normativa, è ben sviluppata la parte dedicata all'idrologia, anche in virtù delle importanti sperimentazioni effettuate negli anni, ma sono poco sviluppate le parti dedicate al rapporto con l'isola di calore, alla dispersione degli inquinanti, alla valutazione della biodiversità, alla compensazione ambientale e alla riduzione dei flussi di energia negli ambienti confinati.

Tali parti dovrebbero poi sfociare in una classificazione molto ben caratterizzata al fine di potere favorire, in generale, enti pubblici, in termini di incentivazione di soluzioni effettivamente valide.

Infatti gli enti pubblici in genere, hanno una stretta necessità di avere un supporto normativo al fine di valutare oggettivamente i benefici indotti dal verde pensile. A ora queste informazioni non sono presenti nella norma.

A esempio, sull'isola di calore sono molto importanti i parametri di temperatura superficiale, di emissività alle varie frequenze e di albedo delle superfici nelle varie stagioni e in dipendenza dei vari tipi di vegetazione e del suo sviluppo nel tempo.

Per essi andrebbe quindi definito, in via semplificata, quali valori utilizzare al fine di una valutazione

dell'efficacia. Ciò anche sulla scia delle importanti classificazioni di impatto ambientale, quali LEED, che valuta l'indice SRI (Solar Reflectance Index), dato dalla moltiplicazione di riflettanza solare e ammettenza.

Per la misura di tali parametri, nel caso di coperture a verde, deve essere individuato un metodo di prova e di misura e, soprattutto, un "peso" rispetto all'effettivo comportamento della copertura a verde che, se parametrizzata unicamente come SRI, sembrerebbe comportarsi in modo peggiore rispetto a una copertura semplicemente bianca e altamente riflettente.

Sostanzialmente vi è una forte necessità di individuare, prima a livello di ricerca e poi normativamente, come è possibile semplificare i molteplici parametri che influiscono sull'efficacia delle coperture a verde per i vari aspetti (isola di calore, dispersione degli inquinanti, stante il fatto che dal punto di vista idrologico la questione è già ben strutturata) al fine di un semplice utilizzo in documenti normativi.

Un discorso simile può essere fatto per la dispersione degli inquinanti, per la valutazione della biodiversità, per la compensazione ambientale e per la riduzione dei flussi di energia negli ambienti confinati.

Sulla dispersione degli inquinanti (esempio: composti organici volatili) sono presenti alcune ricerche che valutano il comportamento di differenti specie vegetali nell'assorbimento di alcune particelle.

Sulla riduzione dei flussi di energia negli ambienti confinati esistono molte sperimentazioni e alcune modellazioni che hanno cercato di definire quali siano i parametri di maggior incidenza sul comportamento generale.

In ultimo, pur essendo stato oggetto di discussione, durante il processo normativo, un ampliamento delle informazioni dedicate alle specie vegetali con una decisione ~~X~~ introdurre solo informazioni generali, l'inserimento ~~X~~ di esempi, così come l'inserimento di criteri e criticità progettuali sulla progettazione del verde potrebbe essere molto utile.

Evidentemente l'inserimento di questi dati in un documento normativo oltre che permettere la sopracitata classificazione, potrebbe anche favorire un ulteriore sviluppo del verde pensile, proprio perché consentirebbe di avere dati più certi sul quale fare valutazioni.

Una ultima riflessione: e le pareti verdi?

Sono in fase di forte crescita... sarebbe importante cercare di stendere un documento normativo che strutturi le conoscenze attuali.

Esperienze della ricerca

Negli ultimi anni è cresciuto in Italia l'interesse del mondo della ricerca verso il tema del verde pensile e si sono moltiplicate le iniziative di ricerca, sperimentazione e dimostrazione, con lo studio sia degli aspetti energetici e idraulici sia delle problematiche agronomiche delle coperture a verde. Le iniziative di ricerca sono nate con lo scopo di raccogliere dati in un ambiente differente da quello del nord Europa, dove la diffusione del verde pensile è maggiore che in Italia.

Sono di seguito riportate alcune schede di ricerche sul tema del verde pensile/verde verticale svolte o in corso di svolgimento in Italia. Le schede sono state compilate in base al materiale bibliografico reperito o a seguito di richieste a colleghi che si occupano di ricerca nel settore del verde ornamentale (che colgo l'occasione per ringraziare). Sono state ordinate da nord a sud, secondo la latitudine del sito di prova. Per esigenze di spazio le schede riportano solo una sintesi dei risultati, che si trovano in modo più completo nelle pubblicazioni citate in fondo alle schede.

Dal punto di vista energetico il tetto verde si conferma, anche in ambiente mediterraneo, un efficiente strumento per la riduzione del consumo di energia per il raffrescamento degli ambienti grazie all'aumento dell'inerzia termica ed all'effetto di schermatura della radiazione solare. Le ricerche effettuate hanno confermato anche la funzione di regimazione idrica del tetto verde (riduzione dei picchi di deflusso idrico, ritardo nel deflusso), pur mettendo in luce che in ambiente mediterraneo questa funzione è ridotta, rispetto alle aree più continentali, in corrispondenza di prolungati periodi di intense precipitazioni.

Le numerose sperimentazioni agronomiche in corso da nord a sud dell'Italia stanno ampliando la gamma di specie potenzialmente utilizzabili nelle coperture a verde estensivo. In particolare si sta cercando di valorizzare l'utilizzo di piante autoctone adattabili alle particolari condizioni climatiche del tetto verde, in modo da garantire un impatto paesaggistico il più fedele possibile alle caratteristiche di ogni specifico ambiente in cui viene realizzata la copertura a verde pensile.

La copertura sperimentale presso la Scuola Professionale di Laimburg: sviluppo e ritenzione idrica di 12 coperture a verde estensivo

Autori/enti di appartenenza

Helga Salchegger, Peter Kompatscher, Scuola Professionale Laimburg - Bolzano, Ufficio Tutela Acque della Provincia di Bolzano, Centro per la sperimentazione agraria e forestale Laimburg - Bolzano

Sede ricerca/sperimentazione

Scuola Professionale Laimburg - Bolzano

Anni prova

2005 – 2010

Obiettivi della ricerca

Osservazioni sullo sviluppo della vegetazione e la manutenzione, indicazioni sullo spessore minimo delle stratificazioni, raccolta dati sulla riduzione e il ritardo dei picchi di deflusso idrico, indicazioni sulla ritenzione idrica (capacità di evapotraspirazione nei diversi inverdimenti estensivi), analisi chimiche sulla qualità dell'acqua di deflusso.

Metodi utilizzati

Realizzazione di un tetto verde sperimentale di circa 400 m² presso la Scuola Professionale di Laimburg, suddiviso in 12 settori di circa 30 m² ciascuno, e costruito con materiali e substrati usualmente reperibili sul mercato. I sistemi di stratificazione variano dal monostrato al multistrato e sono stati realizzati con strati drenanti dotati o privi di elementi di accumulo idrico, oppure con materiale sciolto. Lo spessore del substrato varia da 3 fino a 15 cm. Nella posa della vegetazione sono state utilizzate piante in contenitore, talee di Sedum, stuoie precoltivate, oppure semina diretta.

Sotto le coperture inverdite è stata collocata una stazione di misurazione che ha rilevato, per ciascun evento meteorico e per ciascun settore, l'entità e il ritardo del deflusso (misurazione continua con sonde e controllo manuale). Le cure colturali si sono limitate agli interventi irrigui nella fase di attecchimento delle piante e ad un intervento di manutenzione annuale.

Rilievi sperimentali sulla vegetazione:

valutazione del grado di copertura, analisi dei tempi necessari per la manutenzione. Analisi chimico-fisiche dei substrati di coltivazione.

Risultati conseguiti

I valori medi annuali di ritenzione idrica, misurati in un periodo di cinque anni, sono risultati compresi tra il 55 e il 72%, e confermano le coperture a verde come valido strumento per la regimazione idrica. Nei mesi di giugno e luglio 2006 i valori di evapotraspirazione potenziale a terra, misurata dal Servizio meteorologico del Centro sperimentale di Laimburg, sono risultati molto alti (191,3 e 194,4 mm) in confronto a tutti i valori dell'intero periodo di ricerca. Ciò ha avuto ripercussioni anche sul degradamento della vegetazione in molti settori. Il mese di aprile 2007 è stato definito nel rapporto sul clima

Prova di Laimburg.

Immagini dello sviluppo della vegetazione in un settore in anni successivi.



2004



2006



2008



2010

della provincia di Bolzano come uno dei più caldi finora misurati. Le temperature medie mensili del 2007 risultano mediamente superiori di circa 5 °C rispetto alle medie pluriennali e, in parte, addirittura superiori ai valori record finora misurati. Di conseguenza, Nel mese di agosto 2007 la vegetazione ha mostrato una forte riduzione accompagnata da sviluppo di specie infestanti. Nell'Agosto 2008 i settori hanno mostrato una leggera ripresa, ma lo sviluppo delle infestanti negli spazi liberi lasciati dalla moria della vegetazione originaria è ben visibile.

Lo spessore del substrato in due settori era inferiore al limite di 8 cm fissato per gli inverdimenti estensivi dalla norma italiana UNI 11235:2007 (un settore con 3 cm, un settore con 6 cm). Il valore di pH dei substrati è risultato, al termine della prova, superiore a 8,0 in 11 dei 12 settori. Per quanto riguarda il contenuto d'aria e d'acqua, quattro substrati sono risultati fuori dai limiti della norma mentre in due il contenuto in sostanza organica era superiore all'8% in peso. Quattro substrati hanno mostrato una curva granulometrica non rispondente alla norma UNI 11235:2007. Le caratteristiche dei substrati (specialmente il contenuto idrico a $pF=1$) hanno avuto un influsso diretto sulle possibilità di sopravvivenza della vegetazione in presenza di elevata evapotraspirazione.

Si sono riscontrati strati filtranti che non vengono perforati e superati dagli apparati radicali della vegetazione e che limitano, di conseguenza, l'assorbimento dell'acqua presente negli strati di accumulo. Si è inoltre osservato che la messa a dimora di piante in vaso ha come conseguenza che, per lungo tempo, le piante non sviluppano gli apparati radicali al di fuori del substrato di coltivazione originario, limitandone l'affrancamento.

Per quanto riguarda lo sviluppo della vegetazione, il grado di copertura al termine della prova è risultato essere superiore all'80% in soli cinque settori, ed i valori più bassi erano compresi tra il 40 e il 55%. In molti settori è stato riscontrato uno sviluppo di muschio, da valutare non positivamente. Inverdimenti monostrato e spessori di substrato inferiori ai 10 cm hanno fornito, a lungo termine, prestazioni non soddisfacenti.

Nel mese di settembre degli anni 2005, 2006, 2007 e 2009 sono stati effettuati interventi di manutenzione nei quali, in tutti i settori, è stata eliminata ogni pianta che non corrispondesse alla forma di vegetazione prevista oppure che potesse essere causa di danni all'elemento di tenuta (per es. specie pioniere). In totale per l'estirpamento e l'allontanamento si è impiegato mediamente 1,9 secondi per pianta. La quantità di piante estirpate annualmente è oscillata tra 2 e 6.966 unità per settore. I costi risultanti per l'allontanamento delle specie indesiderate negli inverdimenti estensivi sono risultati compresi tra 0,003 e 3,346 €/m²/anno.

Prova dimostrativa di tetti verdi presso l'Istituto Agrario di S. Michele all'Adige (TN)

Autori/enti di appartenenza/canale di finanziamento

Dario Nuzzo, Barbara Battistello, Paolo Abram, Fondazione E. Mach, S. Michele all'Adige (TN). Sperimentazione realizzata nell'ambito del Corso di Alta Formazione per Tecnici Superiori del Verde Provincia Autonoma di Trento - Servizio per lo sviluppo e l'innovazione del sistema scolastico e formativo.

Sede ricerca/sperimentazione

IASMA (Istituto Agrario di S. Michele all'Adige - TN)

Anni prova

2008-2011

Obiettivi della ricerca

Valutazione delle prestazioni globali del tetto verde attraverso la lettura e la elaborazione dei dati raccolti.

Metodi utilizzati

Realizzazione, sul tetto piano in ghiaia dell'edificio dell'ex mensa dell'Istituto Agrario di S. Michele all'Adige, di sei vasche di simulazione di un tetto verde, secondo lo schema seguente:

Numero vasca	Spessore substrato (cm)	Tipo vegetazione	Peso incidente sul solaio (kg/ m ²)
1	8	<i>Sedum</i>	112
2		Vuoto	
3	12	Fiorume	168
4		Vuoto	
5	20	Arbusti	280
6		Vuoto	

Il peso incidente calcolato in condizione di massima saturazione corrisponde a 14 kg/ m² per ogni cm di spessore, esclusa la vegetazione.

Le vasche hanno una superficie di 12 m² (m 4 x 3) e riproducono fedelmente la tecnologia di costruzione del sistema tetto verde. Differiscono tra loro per spessore del substrato e il tipo di vegetazione. Tre di esse sono inverdite con materiali vegetali differenti e con spessore del substrato in funzione degli stessi (vedi tabella sopra riportata). Le altre tre vasche hanno gli stessi spessori di substrato ma senza alcun tipo di vegetazione. Questo allo scopo di valutare la funzione dei materiali vegetali utilizzati rispetto al substrato nudo. Per scelta si è deciso di non forzare in alcun modo lo sviluppo della vegetazione, escludendo irrigazione artificiale e concimazioni. Ogni vasca è stata collegata ad un serbatoio graduato di raccolta dell'acqua reflua per poter quantificare la quantità di acqua consumata e/o rilasciata dal sistema.



Vista d'insieme delle vasche per la sperimentazione



La vasca con gli arbusti



Alcuni dei contenitori per la misurazione dell'acqua di deflusso

Sono stati monitorati circa 1275 giorni, raccogliendo i dati provenienti dalla centralina (dati meteorologici) e dagli strumenti (sonde di temperatura) posti all'interno dei cassoni in superficie, sotto i cassoni stessi e sul tetto in ghiaia circostante i cassoni. È stata inoltre misurata l'acqua rilasciata da ogni singola vasca di simulazione in corrispondenza di ogni evento pluviometrico, mentre lo sviluppo vegetazionale è stato valutato mediante una dettagliata documentazione fotografica.

Risultati conseguiti

Nel corso della prova (maggio 2008-novembre 2011) sono stati monitorati circa 1.275 giorni, raccogliendo dati di temperatura in 22 posizioni diverse, sotto e sopra le 6 vasche, sotto e sopra la ghiaia, e dati dell'aria, millimetri di pioggia precipitata, accumulo nei serbatoi di raccolta acqua.

L'elaborazione dei dati raccolti ha permesso di individuare alcuni momenti rappresentativi per la descrizione delle prestazioni. Particolarmente interessanti si sono rivelate le temperature tra il solaio e il "sistema tetto verde" nei tre diversi spessori di substrato. Si è potuto individuare il concetto di isola di calore nel confronto con le temperature registrate sul tetto in ghiaia. Infine i dati relativi al consumo/rilascio dell'acqua confermano quanto questa tecnologia sia concretamente utile alla regimazione del deflusso idrico. La prova, sinteticamente descritta, è tuttora attiva ed è stata oggetto della tesi finale del corso sopra citato.

Selezione di specie idonee all'allestimento di tetti verdi in Lombardia

Autori/enti di appartenenza/canale di finanziamento

Alberto Tosca, Marco Faoro, Paola Spoleto, Fondazione Minoprio, Vertemate con Minoprio (CO).

Massimo Valagussa, Minoprio Analisi e Certificazioni (MAC), Vertemate con Minoprio (CO).

Sperimentazione realizzata con il contributo della Fondazione Comunitaria del Varesotto, Varese

Sede ricerca/sperimentazione

Vertemate con Minoprio (CO)


Anni prova

2011-2012

Obiettivi della ricerca

- 1) Selezione di specie adatte alla realizzazione di tetti verdi estensivi nell'areale lombardo, per migliorare la qualità ambientale, ecologica e paesaggistica e del risparmio energetico delle aree urbanizzate.
- 2) Valutazione della più opportuna profondità del substrato per la buona riuscita dell'impianto e per la sua persistenza in assenza di significativi lavori di manutenzione, per definire le migliori tecniche di messa a dimora e favorire l'adattamento delle specie al particolare ambiente urbano che si viene a realizzare sui tetti.
- 3) Redazione di protocolli di propagazione e coltivazione delle specie considerate per ottimizzarne la crescita in ambito vivaistico.

Metodi utilizzati

Realizzazione di una struttura sperimentale di 40 m², appositamente costruita per simulare le condizioni pedo-ambientali riscontrabili sui tetti, e composta da 2 file da 20 parcelle di dimensioni 1 m x 1 m. Sono confrontate due profondità del substrato di coltivazione (Brill TV UNI Estensivo), 10 e 15 cm, composto da pillo, pomice e torba neutra, con aggiunta di concime minerale, ed è conforme alla norma UNI 11235:2007 per quanto riguarda le proprietà fisico chimiche e rispondente alle caratteristiche climatiche del sito di impianto. Sono in prova 17 specie in purezza e 3 consociazioni.

Elenco specie: *Ajuga reptans*, *Cerastium bieberstenii*, *Ceratostigma plumbaginoides*, *Dianthus barbatus*, *Dianthus gratianopolitanus*, *Geranium sanguineum*, *Hieracium pilosella*, *Iberis sempervirens*, *Mesembrianthemum cooperi*, *Petrorhagia saxifraga*, *Plantago serpentina*, *Potentilla neumanniana*, *Santolina marchii*, *Sedum acre*, *Sedum album*, *Sedum palmeri*, *Thymus serpyllum*.

Consociazione 1: *Sedum acre*, *Sedum album*, *Sedum palmeri* (specie più tradizionalmente utilizzate nella realizzazione di tetti verdi).

Consociazione 2: *Geranium sanguineum*, *Hieracium pilosella*, *Iberis sempervirens* (specie di ambienti aridi, soleggiate, aperte, ghiaiosi).

Consociazione 3: *Cerastium bieberstenii*, *Ceratostigma plumbaginoides*, *Plantago serpentina* (specie molto aggressive).

Trapianto nella struttura sperimentale nel novembre 2011, ad una densità di 25 piante/ m².

Rilievi sperimentali: crescita, sopravvivenza e stato fitosanitario delle piante; valutazione della capacità di ritenzione idrica del substrato in relazione all'evalotraspirazione.

Risultati conseguiti

Prove attualmente in corso.



L'area sperimentale durante la realizzazione



Veduta delle parcelle di prova



Veduta delle parcelle di prova

Monitoraggio energetico di una copertura verde nel Veneto

Autori/enti di appartenenza

Renato M. Lazzarin, Francesco Castellotti, Filippo Busato, Dipartimento di tecnica e gestione dei sistemi industriali Università degli studi di Padova

Sede ricerca/sperimentazione

Ospedale S. Bortolo, Vicenza

Anni prova

2002-2004

Obiettivi della ricerca

Valutazione della refrigerazione passiva determinata nel periodo estivo dalla evapotraspirazione (scambi di calore latente che prendono luogo all'interno e sulla superficie del substrato colturale, dovuti alla diffusione del vapore negli spazi vuoti). Valutazione delle proprietà isolanti della copertura verde nei mesi invernali.

Metodi utilizzati

Si è utilizzata una copertura verde di 1000 m² di superficie presso l'Ospedale S. Bortolo di Vicenza; tale copertura ha un substrato con spessore di 20 cm e la vegetazione è costituita da *Sedum* pre-seminato nel substrato.

Parametri misurati: temperatura della copertura verde a 4 profondità, umidità del substrato, leaf area index (LAI) temperatura superficiale interna della copertura, temperatura dell'aria interna, dati meteorologici (temperatura dell'aria, radiazione globale, umidità relativa, piovosità).

Risultati conseguiti

Nel periodo estivo ed in assenza di eventi meteorici la copertura verde ha permesso una attenuazione di circa il 60% del flusso termico in entrata nell'edificio rispetto ad una copertura isolata tradizionale; questo risultato è stato raggiunto con una umidità del substrato intorno al 10%, ed è stato reso possibile da alti valori di energia riflessa ed assorbita da parte della vegetazione, mentre il contributo dell'evapotraspirazione è risultato limitato. In condizioni estive di saturazione del substrato, non soltanto il flusso di calore entrante è drasticamente ridotto ma, grazie all'effetto di raffreddamento dell'evapotraspirazione, viene altresì prodotto un piccolo flusso uscente dagli ambienti sottostanti. Il tetto verde funziona quindi da raffrescatore passivo.

Durante l'inverno il processo evapotraspirativo è in larga parte dovuto al deficit di pressione di vapore (VPD), che produce un flusso termico in uscita dall'edificio che risulta maggiore del 40% rispetto ad una copertura ad isolamento tradizionale.

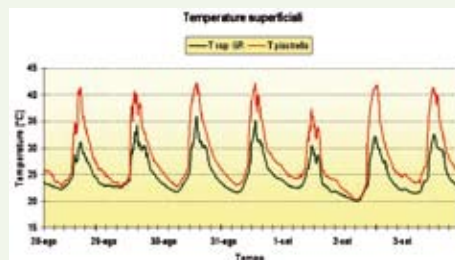
È stato messo a punto un modello predittivo che, mediante un software di simulazione, è in grado di calcolare le caratteristiche termiche ed energetiche di un edificio con tetto verde al variare del set di dati meteorologici di una determinata zona geografica.

Lavori pubblicati

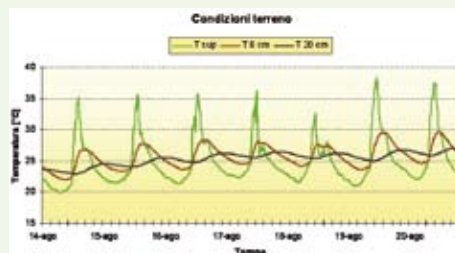
Lazzarin R.M., Castellotti F., Busato F., 2005. Experimental measurements and numerical modelling of a green roof. *Energy and Buildings*, 37(12): 1260-1267.



Vista del green roof a copertura di ampio spazio sottostante



Green roof 1: Vista del green roof a copertura di un ampio spazio sottostante



Green roof 2: Temperature superficiali della copertura in piastrelle e del terreno del green roof nel corso della settimana più calda del 2001

Analisi energetica e monitoraggio della copertura a verde dell'edificio sede del Dipartimento BEST del Politecnico di Milano

Autori/enti di appartenenza/canale di finanziamento

Matteo Fiori, Riccardo Paolini, Dipartimento di Scienza e Tecnologie dell'Ambiente Costruito, Politecnico di Milano, Milano
Sponsor della ricerca: Antologia snc – Burago Molgora (MB), CASP – Cooperativa agricola Sviluppo Piemonte – Orbassano (TO), Europomice srl – Milano, HARPO spa – divisione SEIC verde pensile – Trieste, Optima Giardini Pensili – Città Sant'Angelo (PE), Perlite Italiana srl – Corsico (MI).

Sede ricerca/sperimentazione

Dipartimento BEST del Politecnico di Milano

Anni prova

Dal 2010

Obiettivi della ricerca

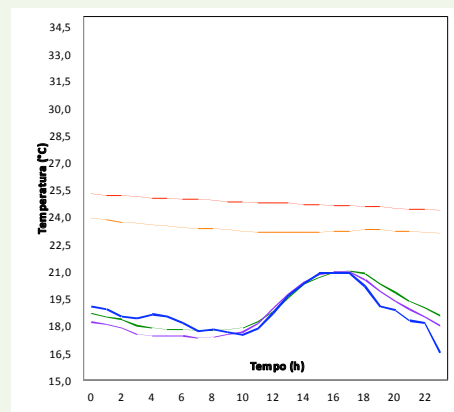
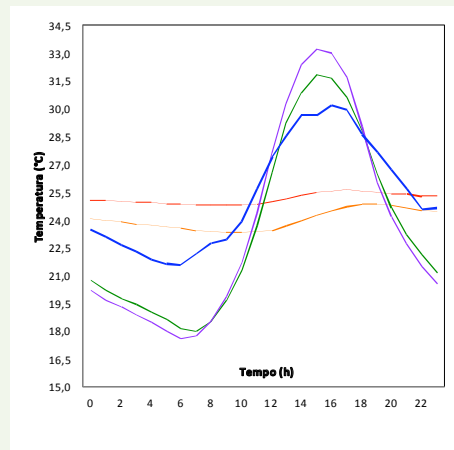
Valutazione dell'efficienza e dell'efficacia dei sistemi di copertura a verde per la riduzione dei carichi termici estivi e la mitigazione dell'isola di calore urbana.

Metodi utilizzati

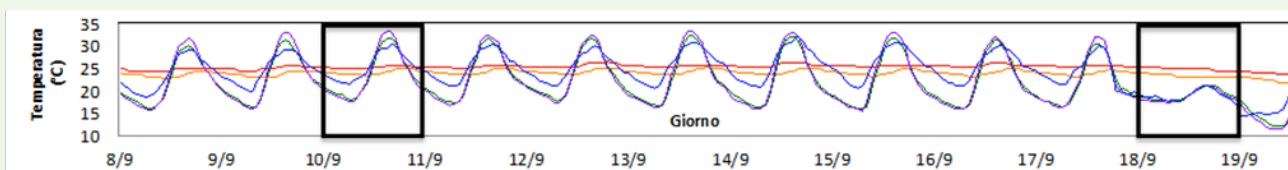
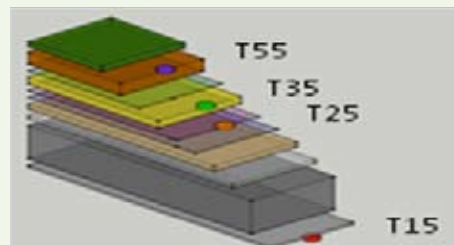
La copertura sperimentale ha una superficie di circa 400 m² ed è stata suddivisa in 8 campi con differenti tipologie di stratificazione e di vegetazione oltre a un campo non a verde che è stato mantenuto come campo di comparazione per gli altri. La copertura è di tipo rovescio ed è realizzata mediante un elemento portante in laterocemento, una camera d'aria, uno strato di supporto in tavole e getto integrativo in calcestruzzo, posato in pendenza, un elemento di tenuta realizzato mediante una membrana poliolefinica, un elemento termoisolante realizzato con polistirene espanso oltre agli elementi e strati propri della copertura a verde (drenante, filtrante, colturale e vegetazione). Il sistema di misura prevede il monitoraggio in continuo di temperatura e contenuto idrico del substrato, temperatura e flusso termico alle interfacce fra gli elementi e strati, temperatura e flusso termico sulla superficie di intradosso della copertura. Vengono inoltre misurate in continuo la temperatura e l'umidità dell'aria esterna (al di sopra dello strato di vegetazione a 30 cm e 100 cm dal suolo, la piovosità. A intervalli di tempo costanti viene infine misurata la riflettanza dei vari sistemi di copertura a verde.

Risultati conseguiti

I dati sono in corso di acquisizione. Si riportano di seguito alcuni grafici esemplificativi.



Andamento delle temperature in corrispondenza dei vari strati nei giorni dall'8/9/2011 al 19/9/2011



Andamento delle temperature in corrispondenza dei vari strati nei giorni dall'8/9/2011 al 19/9/2011

Un suolo artificiale: il ruolo dell'acqua nella progettazione della copertura a verde. Implicazioni tecnologiche e verifica sperimentale

Autori/enti di appartenenza/canale di finanziamento

Elena Giacomello. Tutor: prof. Giovanni Zannoni - Università degli Studi di Ferrara, Università Iuav di Venezia, Università degli Studi di Bologna. Università consorziate per il dottorato di ricerca in Tecnologia dell'architettura.

Sede ricerca/sperimentazione

Università degli Studi di Ferrara, Università Iuav di Venezia, ZinCo GmbH Unterensingen - Stoccarda.

Anni prova

2008-2010

Obiettivi della ricerca

L'obiettivo principale perseguito attraverso l'attività di ricerca è stato indagare il rapporto che intercorre tra la copertura a verde, intesa come sistema tecnologico, e l'acqua. Obiettivi specifici della ricerca:

- 1) rilevare le caratteristiche tecniche dei "componenti organici" pertinenti alla definizione delle prestazioni del sistema di copertura a verde e definire le relazioni che intercorrono fra i tradizionali materiali edilizi e gli strati umidi della copertura;
- 2) esplicitare le varie prestazioni della copertura a verde dando particolare rilievo alle conseguenze tecnologiche e prestazionali derivanti dalla continua variazione del contenuto idrico della stratigrafia (i benefici presi in considerazione hanno riguardato principalmente le proprietà termiche - per l'ambiente interno e per l'ambiente esterno - e le proprietà idrologiche);
- 3) analizzare la capacità di ritenzione idrica della copertura a verde attraverso una "camera della pioggia" e fornire scenari di progettazione integrata per la regimazione idrica dei suoli costruiti.

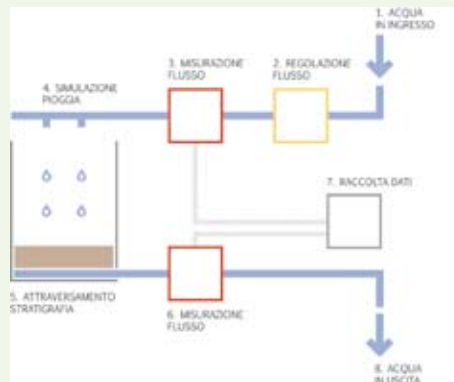
Metodi utilizzati

L'indagine si è sviluppata su due distinti livelli di metodo: uno di carattere induttivo per quanto attiene allo studio delle soluzioni tecnologiche, del funzionamento complessivo della copertura a verde e delle prestazioni termiche. In particolare queste ultime sono state oggetto di un'indagine organizzata attraverso un'accurata selezione di studi e sperimentazioni presenti nella letteratura scientifica nazionale e internazionale, ordinati secondo la scala di influenza (edilizia, urbana, territoriale/ambientale).

L'altro livello di metodo è, al contrario, di carattere deduttivo, ordinato cioè secondo una progressione di azioni e verifiche aderenti al metodo scientifico, necessarie alla verifica sperimentale condotta. In particolare la verifica sperimentale, che ha prodotto dati utili a indagare la capacità di ritenzione idrica di questa tecnologia, si è avvalsa di una camera della pioggia, cioè di un dispositivo che è capace di riprodurre, modulare e misurare gli eventi piovosi. La sperimentazione è stata effettuata presso i laboratori dell'azienda ZinCo GmbH di Unterensingen - Stoccarda. L'apparato principale della camera della



Camera della pioggia utilizzata nella sperimentazione



Schema funzionale della camera della pioggia

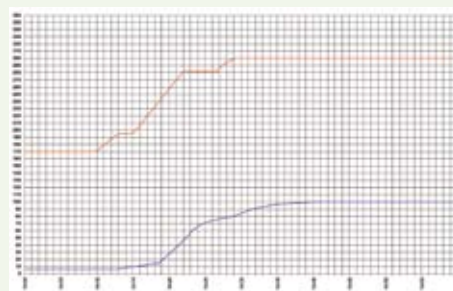


Grafico di una simulazione di pioggia

pioggia è una stanza di 5 m³ delimitata ai lati da pareti vetrate, superiormente dal simulatore di pioggia e inferiormente dalla falda di copertura a verde. Grazie ad essa una falda campione di inverdimento estensivo è stata sottoposta a una serie di eventi piovosi intensi e, dal confronto dei volumi d'acqua intercettata e rilasciata dalla copertura nelle varie sessioni, è stato possibile descrivere il comportamento idrico della stratigrafia oggetto d'indagine durante e dopo il verificarsi di eventi piovosi diversi per intensità e durata.

In una fase successiva alcuni dei dati ottenuti sono stati impiegati per verificare l'efficacia della tecnologia di copertura a verde nel regimare l'acqua alla scala urbana: scelto un territorio antropizzato - il comune della città di Vicenza - e ipotizzati alcuni valori di conversione delle coperture esistenti in coperture a verde - 10, 20, 50 e 100% - è stata calcolata, per ciascuno di questi ultimi valori, la riduzione dei deflussi annuali dell'intera città.

Risultati conseguiti

Dalla sperimentazione, sono stati ottenuti dati che descrivono le prestazioni idriche - ritenzione e detenzione idrica - di una stratigrafia di copertura a verde estensivo, impiegando valori meteorici statistici della città di Vicenza, in particolare alcuni dei più alti valori di piogge intense registrati nell'ultimo ventennio. In figura 3 è riportato il grafico di una simulazione di pioggia. La linea rossa rappresenta la curva cumulata della pioggia (l'acqua intercettata dalla copertura), mentre la linea blu la cumulata del deflusso. Oltre alla riduzione dei volumi di deflusso le curve evidenziano il ritardo della risposta idrologica della copertura a verde rispetto al verificarsi dell'evento meteorico.

Dal calcolo della riduzione dei deflussi annuali della città di Vicenza è emerso che una conversione del 20% delle coperture esistenti in coperture a verde porterebbe una riduzione del 5% rispetto ai deflussi in atto, attribuendo alle coperture a verde ipoteticamente sostituite un coefficiente di deflusso pari a $\psi = 0,40$.

In conclusione, posto a premessa della ricerca il ruolo fondamentale del componente acqua per la copertura a verde, lo studio ha confermato l'efficacia della tecnologia nel contrastare significativamente gli effetti ambientali negativi derivanti dall'impermeabilizzazione del suolo, che comprendono l'effetto isola di calore e l'incremento dei deflussi superficiali. Nell'ambito della sperimentazione, pur avendo intenzionalmente scelto di adottare una stratigrafia a verde estensivo e particolarmente drenante, la tecnologia ha dimostrato di reagire con significativo ritardo alle piogge simulate, conferendo volumi di acqua inferiori a quelli intercettati.

Lavori pubblicati

Gaspari J., Giacomello E., 2010. Green living technologies in sustainable refurbishment strategies. CIB World Congress "Building a better world", 10-13 maggio 2010 - Salford Quays, Regno Unito. (<http://www.cib2010.org/post/advsearch.php>)

Giacomello E., 2012. Copertura a verde e risorsa idrica: sinergie per la sostenibilità urbana. Libro in corso di pubblicazione.

Progetto GREen_ENvelope_System (GRE_EN_S): sistema parete verde modulare ad alto contenuto tecnologico

Autori/enti di appartenenza/canale di finanziamento

Sperimentazione agronomica coordinata da Federica Larcher - Dipartimento di Agronomia, Selvicoltura e Gestione del territorio - Università degli studi di Torino

Progetto finanziato dal Polo di Innovazione Green-building & Hydrogen Technologies – Finpiemonte, sviluppato in collaborazione tra 3 unità di ricerca (Dipartimento di Scienze e Tecniche per i Processi di Innesamento e Dipartimento di Energetica - Politecnico di Torino, Dipartimento di Agronomia, Selvicoltura e Gestione del territorio - Università degli studi di Torino) e 4 aziende (Ricrea, Skyline, Ceit e Reviplant).

Sede ricerca/sperimentazione

Vivaio Reviplant (Revigliasco, Torino)

Anni prova

2010-2012

Obiettivi della ricerca

Obiettivi generali del Progetto: sperimentazione di materiali eco-compatibili applicati alla coltivazione del verde verticale, concezione e realizzazione di un sistema di parete verde modulare e disassemblabile caratterizzato da un rivestimento vegetale e da materiali riciclati, valutazione della capacità di assorbimento energetico delle pareti verdi.

Obiettivo della sperimentazione agronomica: valutazione delle specie vegetali più adatte alla coltivazione su parete verde con materiali riciclati.

Metodi utilizzati

Per l'allestimento dei muri verdi è stato scelto il sistema modulare Reviwall® dei Vivai Reviplant (Revigliasco – Torino), composto da moduli 40 x 50 cm con telaio in alluminio ed all'interno una geostuoia con 6 tasche riempite con substrato a base di fibra di cocco con l'aggiunta di polimeri idroretentori e micorrize.

Specie in valutazione: *Lonicera nitida* (I e II anno), *Bergenia cordifolia* (I anno), *Heuchera hybr.* (II anno).

Nel primo anno come materiale alternativo nel substrato sono stati impiegati i residui della produzione industriale dei feltrini sottosedia come materiale inerte in sostituzione della fibra di cocco. Nel secondo anno sono stati anche impiegati strati di viscosa, materiale di origine organica, nella preparazione dei pannelli modulari, per sostituire i geotessuti sintetici. Di seguito viene riportata l'articolazione dei diversi materiali saggiati nelle prove



Greens 1 – Pannelli Reviwall® preparati con *Heuchera hybrida* per l'allestimento dei muri nella primavera 2011



Greens 2 – Vista generale della prova sperimentale



Greens 3 – Particolare dell'impianto di irrigazione automatico a goccia

Prima prova (2010-2011)	
Codice	Composizione substrati
SS	Fibra di cocco + idroretentori + micorrize (testimone)
SF50	50% fibra di cocco + 50% feltrini sminuzzati
SF50_B	50% fibra di cocco + 50% feltrini sminuzzati + strati di feltrino non sminuzzato come tessuto strutturale
SF100	100% feltrini sminuzzati

Seconda prova (2011-2012)	
Codice substrato	Composizione substrati
SSi	Fibra di cocco + idroretentori + micorrize (testimone)
SSsi	Fibra di cocco + micorrize
SF50	50% fibra di cocco + 50% feltrini sminuzzati
Codice geotessuto	Composizione geotessuto
PE	Polietilene (standard)
V	Viscosa

Per quanto riguarda lo schema sperimentale nel primo anno sono state coltivate 18 piante (3 moduli) per ognuna delle 12 combinazioni specie-substrato sono state sistemate a random in blocchi. La superficie sperimentale è dunque composta da 6 blocchi di 216 pannelli per una superficie totale di 43 m² di verde verticale con esposizione a ovest. Nel secondo anno invece l'unità sperimentale è costituita da un blocco con 4 ripetizioni di 18 piante (3 moduli) nelle diverse combinazioni specie-substrato per un totale di 4 blocchi e 144 pannelli (29 m²) sempre con esposizione a ovest.

Rilievi effettuati: accrescimento (lunghezza rami e dimensioni piante), area fogliare, contenuto fogliare di clorofilla, velocità di copertura, qualità della copertura, epoca e intensità di fioritura, biomassa aerea, presenza di fitopatie.

Risultati conseguiti

La sperimentazione si sta concludendo ed i dati sono ancora in fase di analisi. Tuttavia le osservazioni condotte fino ad ora hanno evidenziato come sia possibile sostituire parti del sistema modulare aumentandone la sostenibilità ambientale senza inficiare le prestazioni della copertura verde.

Ad esempio nel primo anno per *Lonicera nitida*, SF50 e SF50_B sono equivalenti al testimone (SS), e per *Bergenia cordifolia*, SF50 e SF50_B appaiono addirittura migliori del testimone.

Parallelamente alle prove agronomiche, i partner del Politecnico hanno realizzato una cella di prova per il monitoraggio delle prestazioni ambientali delle pareti con e senza la presenza della copertura vegetale.

L'impatto delle coperture a verde sulla gestione delle acque

Autori/enti di appartenenza/canale di finanziamento

Anna Palla, Ilaria Gnecco, Matteo Colli, Luca G. Lanza, Paolo La Barbera, Dipartimento di Ingegneria delle Costruzioni, dell'Ambiente e del Territorio (DICAT), Università degli studi di Genova.

Progetto sviluppato in collaborazione tra l'Università di Genova e l'Associazione Italiana Verde Pensile, con il contributo del Comune di Genova.

Sede ricerca/sperimentazione

Copertura a verde del Laboratorio di Idraulica "E. Marchi", Università degli studi di Genova

Anni prova

Dal 2007 (in corso)

Obiettivi della ricerca

La ricerca si propone di analizzare e di interpretare attraverso opportune modellistiche di simulazione numerica la risposta idrologica di singole installazioni a verde pensile nonché l'impatto di tali coperture sulla risposta idrologica complessiva alla scala del bacino. La ricerca si propone inoltre di approfondire gli aspetti relativi alle prestazioni idrologiche accoppiate agli aspetti qualitativi di mitigazione del carico inquinante in ambiente urbano. In particolare si intende analizzare la copertura a verde come sistema di riduzione del carico inquinante associato alle deposizioni atmosferiche sia nei periodi di tempo secco che nel corso delle precipitazioni in quanto può favorire processi di filtrazione e adsorbimento degli inquinanti.

Metodi utilizzati

- Monitoraggio di variabili idrologico-ambientali: presso il sito sperimentale è disponibile una centralina meteorologica, una stazione per la misura della portata di deflusso un set di 8 sonde TDR (Time Domain Reflectometry) per la misura del contenuto di umidità del suolo e 14 termocoppie per la misura della temperatura nei substrati.
- Implementazione di modelli numerici per la simulazione del comportamento idrologico di una copertura a verde: sviluppo modellistiche concettuali e fisicamente basate a diverso grado di dettaglio
- Caratterizzazione della precipitazione e del deflusso sub-superficiale (mediante analisi di laboratorio dei principali parametri chimico-fisici e di alcuni elementi minerali, metalli e nutrienti ritenuti significativi) e speciazione della frazione disciolta metalli;
- Confronto con la risposta idrologico quantitativa e qualitativa di coperture impermeabili di tipo tradizionale.

Risultati conseguiti

La modellazione alla scala del singolo tetto ha consentito di effettuare un confronto tra la risposta della copertura impermeabile (simulata impiegando il metodo del Curve Number) e la risposta della copertura vegetata e quindi di esprimere in termini quantitativi la capacità di ritenzione e detenzione di un sistema a verde pensile. La base dati sperimentale osservata presso il sito sperimentale ha inoltre permesso di calibrare e validare le modellistiche numeriche utilizzate. Le indagini relative alla qualità delle acque meteoriche di scorrimento sub-



Il sito sperimentale a verde pensile per il monitoraggio quali-quantitativo delle acque meteoriche a Genova.



Sistema di monitoraggio delle prestazioni idrologiche: dispositivo per la misura del deflusso (a) con particolare della sonda piezoresistiva (b); stazione meteorologica (c); autocampionatore per il prelievo dei campioni di deflusso (d); dispositivo per il campionamento della deposizione atmosferica (e).

superficiale sono state rivolte alla verifica del comportamento della copertura in termini di pozzo ovvero sorgente di inquinanti associati alle acque meteoriche.

L'installazione di coperture a verde in ambiente densamente edificato consente di controllare efficacemente la generazione dei deflussi superficiali, sfruttando gli ampi spazi disponibili sulle coperture degli edifici riducendo significativamente i volumi complessivi scaricati e l'altezza dei picchi dell'idrogramma e rallentandone il conferimento alla rete di drenaggio urbano. Il potenziale beneficio delle coperture a verde nel mitigare l'impatto dell'ambiente urbano sulla qualità delle acque di scorrimento superficiale e dunque la pressione ambientale sui corpi idrici ricettori appare anch'esso elevato sulla base delle prime evidenze sperimentali disponibili.

Il monitoraggio delle temperature nel corso degli eventi meteorici evidenzia la capacità isolante del sistema a verde pensile: La temperatura della soletta del lato esterno resta alla temperatura pressoché costante ed in equilibrio con la temperatura del lato interno dell'edificio.

Lavori pubblicati

Palla A., Lanza L.G., 2009. L'impatto delle coperture a verde sui sistemi di drenaggio urbano. *Ingegneria Ambientale*, 28(3): 90-99.

Palla A., Lanza L.G., 2009. Installazioni a verde pensile per il controllo della formazione dei deflussi superficiali. *L'Acqua*, 1: 19-32.

Fioretti R., Palla A., Lanza L.G., Principi P., 2010. Green roof energy and water related performance in the Mediterranean climate. *Building and Environment*, 45(8): 1890-1904.

Lanza L.G., Palla A., 2010. Prestazioni idrologiche delle coperture a verde pensile. *Il Progetto Sostenibile*, 27: 100-103.

Palla A., Gnecco I., Lanza L.G. 2011. La gestione delle acque nelle coperture a verde. In: M. Fiori (a cura di): *Coperture a verde. Ricerca, progetto ed esecuzione per l'edificio sostenibile*, Cap. 6, pp. 169-189, Hoepli Editore.

Palla A., Sansalone J.J., Gnecco I., Lanza L.G. 2011.. Storm water infiltration in a monitored green roof for hydrologic restoration. *Water Science and Technology*, 64(3): 766-773.

Palla A., Gnecco I., Lanza L.G. 2012. Compared performance of a conceptual and a mechanistic hydrologic model of a green roof. *Hydrological Processes*, 26(1): 73-84.

Coprisuolo mediterranee: tecniche ed innovazione per il verde ornamentale e funzionale

Autori/enti di appartenenza

Carla Dalla Guda, Enrico Farina, Claudio Cervelli, CRA - FSO (Unità di Ricerca per la Floricoltura e le Specie Ornamentali), Sanremo (IM)

Questa linea di ricerca è inserita nel progetto AR.CO.VERDE (Valutazione di specie arbustive e coprisuolo per il verde urbano ed extraurbano in ambiente mediterraneo), finanziato dal Mi.P.A.A.F.

Sede ricerca/sperimentazione

CRA - FSO (Unità di Ricerca per la Floricoltura e le Specie Ornamentali), Sanremo (IM)

Anni prova

2009-2011

Obiettivi della ricerca

Valorizzazione di specie tappezzanti a fioritura vistosa, adatte o adattabili al clima mediterraneo, utilizzando alcune tipologie di supporti modulari per pareti verdi.

Metodi utilizzati

Valutazione di supporti di crescita di diverse tipologie: 1) Perliwall® (Perlite Italiana), sistema a moduli sovrapponibili con parete posteriore stagna e substrato a base di perlite, fibra di cocco e polimeri idroretentori; 2) pannelli multistrato di feltro, contenuti da rete di recinzione; sacchi di geotessuto riempiti di substrato a base di perlite e fibra di cocco, contenuti da rete di recinzione.

Utilizzo di specie rupicole o tappezzanti per esterno, adattabili al clima mediterraneo: *Campanula carpatica*, *C. fragilis*, *C. isophylla*, *C. muralis*, *C. poscharskyana*, *Lantana montevidensis*, *Iberis sempervirens*, *Chlorophytum comosum*.

Allevamento delle giovani piante (da seme o da talea) in contenitori alveolari e successivo inserimento nei supporti di crescita con tagli della superficie. Prove di semina diretta nei supporti di crescita.

Esperienze di base per automazione irrigua di precisione.

Rilievi sperimentali: crescita, sopravvivenza e stato fitosanitario delle piante, copertura della vegetazione, epoca e durata della fioritura. Monitoraggio dello stato idrico del substrato attraverso sensoristica avanzata (sonde Vegetronix).

Risultati conseguiti

È stata osservata una differente capacità di copertura da parte delle specie di *Campanula* saggate: su parete verticale *C. fragilis* ha raggiunto il 100% di copertura in 6 mesi, mentre *C. carpatica* e *C. isophylla*, hanno raggiunto rispettivamente il 90% ed il 100% di copertura dopo 8 mesi dalla messa a dimora. *C. muralis*, ha mostrato capacità di copertura inferiore: nel primo anno ha raggiunto al massimo il 50% di copertura, mentre nel secondo anno ha coperto al 70% il pannello verticale. Questa *Campanula* è risultata particolarmente interessante su tutti i tipi di supporti per rifiorenza e per il mantenimento di abbondante vegetazione anche nei mesi invernali.

La maggior parte delle specie saggate viene valorizzata da un intervento di toelettatura dopo la fioritura. *Lantana montevidensis* e *Iberis*



Pannelli PERLIWALL®.
Visione generale della vegetazione in giugno.
Fioriture di *Lantana montevidensis*,
di *Campanula poscharskyana* e *C. fragilis*



Pannelli PERLIWALL®.
Fioritura in giugno di *C. carpatica*
e di *Lantana*.



Fioriture spettacolari in aprile di *C. muralis*.
Da dx a sin: sacco in geotessuto con substrato
interno cocco/perlite; pannello sandwich di
feltro con substrato interno; pannello feltro a
più strati. Tutti i supporti sono stati realizzati
racchiusi in rete metallica e poi appesi.

sempervirens sono specie molto interessanti per l'abbondante e prolungata fioritura. Tra i supporti utilizzati, i moduli Perliwall® hanno permesso fioriture particolarmente copiose; anche i supporti con feltro ed i sacchi in geotessuto sono risultati idonei per una buona resa ornamentale di *Campanula*. La sensoristica utilizzata ha dimostrato sufficiente sensibilità di risposta al variare del contenuto idrico dei supporti Perliwall ed è pertanto ipotizzabile l'uso della stessa in applicazioni di automazione irrigua.

Progetto AROMA Le piante aromatiche tra ambiente ed attività produttive

Autori/enti di appartenenza/canale di finanziamento

Sperimentazione sulle pareti verdi condotta da Marco Devecchi, Francesco Merlo, Federica Larcher - Dipartimento di Agronomia, Selvicoltura e Gestione del territorio - Università degli studi di Torino

Progetto realizzato nell'ambito del Programma di Cooperazione transfrontaliera Italia – Francia “Alcotra 2007-2013”, e sviluppato in collaborazione tra 6 enti:

- CRA - FSO (Unità di Ricerca per la Floricoltura e le Specie Ornamentali), Sanremo (IM);
- CREAT (Centro di ricerca e assistenza tecnica) - Camera di commercio di Nizza;
- CERSAA (Centro Regionale di Sperimentazione e Assistenza Agricola), Albenga (SV);
- Università degli Studi di Genova (DCTFA - DIMES - DISCMIT), Genova;
- EPLEFPA (Etablissement Public Local d'Enseignement et de Formation Professionnelles Agricoles d'Antibes) – Antibes;
- AGROSELVITER (Dipartimento di Agronomia, Selvicoltura e Gestione del territorio), Università degli studi di Torino).

Sede ricerca/sperimentazione

CRA-FSO (Sanremo) e EPLEFPA (Antibes)

Anni prova

2010-2011

Obiettivi della ricerca

Obiettivi generali del Progetto: recupero e valorizzazione di specie aromatiche e piante tradizionalmente presenti nell'ambiente rivierasco collegate a utilizzazioni ornamentali, estrattive ed alimentari; valorizzazione di nuove risorse botaniche mediante l'identificazione di prodotti “mediterranei” per favorire l'incremento della competitività e delle vendite del settore ornamentale e dell'arredo urbano; studio e riorientamento della paesaggistica ambientale con particolare riguardo all'utilizzo di specie aromatiche erbacee, arbustive ed arboree.

Obiettivo della sperimentazione sulle pareti verdi: Valutazione agromeconomica della potenzialità di utilizzo di specie aromatiche ornamentali per il rinverdimento di pareti, evidenziandone le proprietà colturali quali resistenza alla siccità, ridotta manutenzione, abbondanti e profumate fioriture, interessanti colorazioni (es. grigio) e possibilità compositive.

Metodi utilizzati

Per l'allestimento dei muri verdi è stato scelto il sistema modulare Reviwall® dei Vivai Reviplant (Revigliasco – Torino), composto da moduli 40 x 50 cm con telaio in alluminio ed all'interno una geostuoia con 6 tasche riempite con substrato a base di fibra di cocco con l'aggiunta di polimeri idroretentori e micorrize. Specie in valutazione: *Cistus purpureus*, *Teucrium x lucydris*, *Helicrysum italicum*, *Hyssopus officinalis ssp. aristatus*, *Salvia maxima*, *Salvia purpurea*, *Myrtus communis*, *Santolina chamaecyparissus*. Lo schema sperimentale ha previsto la realizzazione di oltre 120 m² di muri verdi,



Prova sperimentale ad Antibes



Prova sperimentale a Sanremo



Particolare dei muri in coltivazione ad agosto 2010

esposti nei quattro orientamenti (N-S-E-O) con 3 ripetizioni per specie e orientamento.

Rilievi effettuati: accrescimento (lunghezza rami e numero internodi), velocità di copertura, qualità della copertura, durata e intensità di fioritura, biomassa aerea, presenza di fitopatie.

Risultati conseguiti

La sperimentazione si sta concludendo ed i dati sono ancora in fase di analisi. Tuttavia le osservazioni condotte nei due anni di coltivazione hanno evidenziato come le specie scelte risultano particolarmente adatte a ricoprire velocemente e con grande effetto scenico i muri in ambiente mediterraneo, garantendo vantaggi anche in termini di sostenibilità economica ed ambientale. Alcune differenze sono state riscontrate tra le specie e le esposizioni.

Monitoraggio del comportamento energetico di un tetto verde su un edificio della Regione Marche

Autori/enti di appartenenza/canale di finanziamento

Paolo Principi, Roberto Fioretti, Dipartimento di Energetica, Università Politecnica delle Marche, Ancona

Progetto realizzato con il finanziamento della Regione Marche

Sede ricerca/sperimentazione

Palazzo Leopardi (sede della Regione Marche), Ancona

Anni prova

2008

Obiettivi della ricerca

Quantificazione dei vantaggi energetici di una copertura verde

Metodi utilizzati

La copertura a verde pensile ha una superficie totale di 3800 m². Nella zona sperimentale la copertura vegetale è stata realizzata con arbusti dell'areale mediterraneo (*Lavandula officinalis*, *Rosmarinus officinalis*, *Spartium junceum*).

Raccolta di dati in 4 punti dell'edificio:

- microclima sotto la vegetazione della copertura verde (temperatura dell'aria, radiazione globale, temperatura all'interno del tetto verde sopra l'impermeabilizzazione, temperatura e contenuto idrico del substrato)
- su copertura analoga di riferimento non inverdita (temperatura superficiale del lastricato di copertura);
- entro l'edificio con copertura a verde (temperatura dell'aria a 20 e a 150 cm dal pavimento, temperatura dell'aria a 20 cm dal soffitto, temperatura superficiale interna della copertura, flusso termico entrante);
- entro l'edificio di riferimento (temperatura dell'aria a 20 cm dal soffitto, temperatura superficiale interna della copertura, temperatura dell'aria nel controsoffitto, flusso termico entrante).

Raccolta parametri climatici tramite stazione meteorologica.

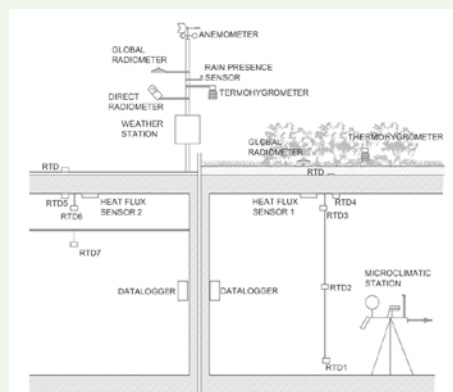
Risultati conseguiti

In una campagna di rilevazione dei dati compresa tra maggio e settembre 2008 la presenza di vegetazione ha fortemente ridotto la quantità di radiazione solare che raggiunge la superficie, con valori compresi tra l'80 e il 90%. È stata inoltre osservata la riduzione della temperatura esterna dell'edificio e, soprattutto, l'attenuazione delle oscillazioni termiche giornaliere. La minore temperatura estiva della copertura a verde è dovuta all'effetto combinato della minore insolazione dovuta all'ombreggio da parte della vegetazione e alla evapotraspirazione da parte degli apparati fogliari della vegetazione. Si è registrato entro l'edificio un flusso termico entrante minore in presenza di copertura verde, e questo ha determinato una riduzione della domanda energetica per il raffrescamento degli ambienti.

I diversi confronti effettuati, sia a livello teorico sia utilizzando i dati acquisiti durante la campagna sperimentale, evidenziano in maniera chiara quali siano benefici apportati dall'utilizzo di questa tecnologia per le chiusure orizzontali di copertura. Tra le varie considerazioni



Copertura verde di Palazzo Leopardi ad Ancona



Schema strumentazione e particolare del sistema di monitoraggio del tetto verde



Particolare area sperimentale del tetto verde

possibili c'è da evidenziare come il miglioramento delle prestazioni energetiche sia più rilevante durante la stagione estiva, soprattutto per la tipologia di tetto verde intensivo, caratterizzato da uno sviluppato apparato fogliare. Più in particolare si può affermare come questa tecnologia sia particolarmente adatta per il clima mediterraneo o meglio per aree caratterizzate da condizioni climatiche gravose durante la stagione calda.

Lavori pubblicati

Fioretti R., Palla A., Lanza L.G., Principi P., 2010. Green roof energy and water related performance in the Mediterranean climate. *Building and Environment*, 45(8): 1890-1904.

Valutazione di specie xerofite mediterranee per la realizzazione di coperture a verde pensile

Autori/enti di appartenenza

Stefano Benvenuti, Davide Bacci - Dipartimento di Biologia delle Piante Agrarie, Università degli studi di Pisa

Sede ricerca/sperimentazione

Roselle di Grosseto (GR) e Pisa

Anni prova

Dal 2007 ad oggi

Obiettivi della ricerca

Valutazione delle caratteristiche agronomiche di specie xerofite mediterranee su un impianto sperimentale a verde pensile estensivo con differenti profondità del substrato.

Metodi utilizzati

Raccolta di semi di 20 specie xerofite mediterranee da ambienti estremamente secchi (garighe, ex-cave, rupi e dune litoranee): *Anthemis maritima*, *Armeria pungens*, *Calamintha nepeta*, *Centranthus ruber*, *Crithmum maritimum*, *Dianthus carthusianorum*, *Euphorbia characias*, *Euphorbia pithyusa*, *Glaucium flavum*, *Helichrysum italicum*, *H. italicum subsp. microphyllum*, *Helichrysum stoechas*, *Lavandula stoechas*, *Leontodon tuberosus*, *Otanthus maritimus*, *Satureja montana*, *Scabiosa columbaria*, *Scrophularia canina*, *Sedum rupestre*, *Verbascum thapsus*. Semina in contenitori alveolari. Costruzione di una struttura simulante una copertura a verde estensivo, costituita da 4 blocchi di 5 x 5 m; 2 blocchi sono stati riempiti con 7 cm di substrato mentre gli altri 2 sono stati riempiti con 12 cm di substrato (Agriteram® TVS - Perlite Italiana, composto da 35% di lapillo, 35% di pomice, 5% di zeoliti e 15% di torba, con aggiunta di un concime a cessione controllata). Trapianto nella struttura sperimentale nel marzo 2008 (Roselle) ed anno successivo a Pisa, ad una densità di 20 piante/m². Controllo dei parametri climatici tramite sonde di temperatura e umidità relativa a differenti profondità della struttura. Valutazione dell'attecchimento delle piante 30 giorni dopo il trapianto. Valutazione della copertura delle parcelle a partire da 3 mesi dopo il trapianto. Misura della biomassa aerea (su campione) 6 mesi dopo il trapianto. Valutazione dell'epoca e della durata di fioritura.

Risultati conseguiti

Il comportamento delle specie saggiate è stato influenzato dalla profondità del substrato, anche se le specie hanno reagito in maniera differente. I taxa caratterizzati da piccole dimensioni e basso potenziale di crescita, come *Sedum rupestre* e *Crithmum maritimum*, non sono stati influenzati dallo spessore del substrato, mentre specie più vigorose come *Centranthus ruber* e *Verbascum thapsus* hanno presentato valori di crescita e di copertura inferiori nelle parcelle con il minore spessore del substrato. Il rallentamento dello sviluppo verificatosi in corrispondenza della minore profondità del substrato non ha impedito comunque la fioritura delle specie saggiate (18 su 20 sono fiorite), anche se in queste condizioni si è registrato un ritardo dell'antesi di circa 10 giorni.



Fase di fioritura delle specie xerofite testate al primo anno di impianto del tetto verde simulato a terra nel sito sperimentale di Roselle (GR).



Fasi di impianto del tetto verde simulato a terra nel sito sperimentale di Pisa: da notarsi lo strato sottostante di cuscini di perlite ricoperto da AgriTERRAM® (come da sistema PERLIGARDEN®), entrambi gentilmente forniti da Perlite Italiana.

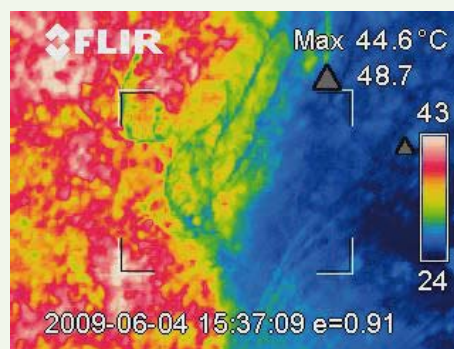


Immagine termografica scattata a circa un metro dal suolo con evidente abbattimento della temperatura (colorazione blu a destra al di sopra della vegetazione inserita) rispetto ad una superficie priva di vegetazione (area rossa a sinistra).

Durante il periodo estivo la vegetazione ha dimostrato elevate capacità di stress-tolleranza, evidenziate da buoni livelli di turgidità anche in presenza di potenziali idrici del substrato fortemente negativi dovuti ad un lungo periodo di siccità occorso nei mesi di luglio e agosto. In questo periodo le specie saggiate hanno evidenziato la loro tolleranza agli stress termici (temperature massime alla superficie del substrato prossime a 45°C nelle ore centrali del giorno).

Gli andamenti termici registrati hanno mostrato la capacità di isolamento termico della copertura verde: anche nei periodi più caldi la temperatura a livello dello strato drenante posto sotto il substrato è rimasta compresa tra 25 e 28°C.

Dalla sperimentazione è emerso che nelle zone a clima mediterraneo, caratterizzate da prolungati periodi di siccità estiva, non è raccomandabile usare un substrato di profondità inferiore ai 12 cm senza avere la possibilità di irrigazione. In alternativa, occorre scegliere le specie più tolleranti alla siccità quali *Sedum rupestre* e *Helichrysum italicum subsp. microphyllum*.

Lavori pubblicati

Benvenuti S., Bacci D., 2010. Copertura al cento per cento. *Acer*, 26(2): 31-35.

Benvenuti S., Bacci D., 2010. Initial agronomic performances of Mediterranean xerophytes in simulated dry green roofs. *Urban Ecosystems*, 13(3): 349-363.

Il verde pensile estensivo in ambiente mediterraneo: una realizzazione nel centro Italia

Autori/enti di appartenenza

Maria Elena Provenzano¹, Mariateresa Cardarelli¹, Elvira Rea², Giuseppe Colla¹

¹Dipartimento di Geologia e Ingegneria meccanica, Naturalistica e Idraulica per il Territorio, Università degli studi della Tuscia, Viterbo

²CRA-Centro di ricerca per lo studio delle relazioni tra pianta e suolo, Roma

Sede ricerca/sperimentazione

Facoltà di Agraria dell'Università degli Studi della Tuscia, Viterbo

Anni prova

Ricerca iniziata nel 2009

Obiettivi della ricerca

Valutare le potenzialità di specie erbacee commerciali ed autoctone per l'impiego nel verde pensile estensivo con diverso spessore di substrato. Studiare l'effetto termico indotto dal sistema di coltivazione sia in presenza che in assenza di vegetazione.

Metodi utilizzati

Realizzazione di un impianto sperimentale nel mese di maggio 2009 sulla copertura a tetto del fabbricato adibito ad aule didattiche della Facoltà di Agraria dell'Università degli Studi della Tuscia, utilizzando moduli forniti dalla Harpo S.p.A. Impianto costituito da 8 moduli di 12 m², con 2 spessori di substrato (9 e 15 cm).

Risultati conseguiti

Dai risultati preliminari, relativi ai primi sei mesi di sperimentazione, emergono significative differenze riguardanti la crescita delle diverse specie. Tra i *Sedum* spp., coltivati su substrato di 8 cm di profondità, tutti gli ecotipi hanno evidenziato una notevole velocità di crescita rispetto alle specie commerciali presentando in inverno valori di copertura variabili tra il 60 ed il 70%. In particolare, gli ecotipi di *S. sexangulare*, *S. acre* e *S. album* hanno raggiunto i valori massimi di copertura pari rispettivamente al 72, 68 e 67%.

Tra le specie erbacee perenni utilizzate nei moduli con substrato profondo 8 cm, il *Cerastium tomentosum* è quella che ha mostrato un maggiore sviluppo, arrivando a coprire in inverno il 90% della superficie, seguito da *Thymus* spp. e *Delosperma cooperi* con valori di copertura medi di circa l'80%.

Su substrato profondo 15 cm, l'*Hyssopus officinalis* subsp. *aristatus* e l'accessione autoctona di *Helychrisum italicum*, nonostante abbiano risentito in maniera più accentuata dello stress iniziale dovuto al trapianto, manifestando disseccamenti della parte aerea, hanno mostrato una buona ripresa raggiungendo livelli di copertura (circa 60%) paragonabili a quelli delle altre specie, *Helychrisum italicum* e *Teucrium x lucrydis*. Gli scarti termici tra le temperature registrate nello strato superficiale del substrato e sulla copertura a tetto hanno superato nelle ore più calde i 10°C. Inoltre, la presenza della copertura vegetale ha determinato una riduzione della temperatura nello strato superficiale del substrato fino a 10°C rispetto all'assenza di vegetazione. Tali differenze sono risultate di minore entità nel fondo del modulo di coltivazione.



Specie erbacee ornamentali per tetti verdi estensivi: panoramica della sperimentazione



Specie diverse di *Sedum* a confronto



Armeria maritima (a destra) e *Cerastium tomentosum* (a sinistra) per un verde pensile estensivo

Valutazione di specie coprisuolo mediterranee per coperture a verde estensivo

Autori/enti di appartenenza/ canale di finanziamento:

Giovan Vito Zizzo, Simona Aprile, CRA-SFM (Unità di ricerca per il recupero e la valorizzazione delle Specie Floricole Mediterranee), Bagheria (PA)

Questa linea di ricerca è inserita nel progetto AR.CO.VERDE (Valutazione di specie arbustive e coprisuolo per il verde urbano ed extra-urbano in ambiente mediterraneo), finanziato dal Mi.P.A.A.F.

Sede ricerca/sperimentazione:
CRA-SFM, Bagheria (PA)

Anni prova:
2009-2011

Obiettivi della ricerca:

Valutazione dei caratteri agronomici e tecnici di specie coprisuolo inserite all'interno di sistemi di coperture a verde estensivo per il risparmio energetico - tetti verdi - (Prova 1). La prova è svolta in collaborazione con il Dipartimento di Ricerche Energetiche ed Ambientali dell'Università degli Studi di Palermo.

Valutazione ex-situ di associazioni di specie tappezzanti per il verde pensile estensivo (Prova 2).

Metodi utilizzati:

Prova 1 – Realizzazione, nel novembre 2009, di un tetto verde sperimentale di circa 100 m² con il sistema Perliroof® (Perlite Italiana), costituito da due tesi principali che prevedono il confronto di due spessori dello strato di accumulo idrico del sistema (10 cm e 15 cm). Substrato di coltivazione: Agriterram® TVS (miscela di lapillo, pomice, zeoliti, torbe e concimi a cessione controllata). Confronto tra 3 specie (*Halimione portulacoides*, *Crithmum maritimum*, *Rosmarinus officinalis* 'Prostratus'). Schema sperimentale fattoriale (2 strati di accumulo x 3 specie x 3 repliche).

Ogni parcella sperimentale è stata dotata di un sistema di monitoraggio per l'analisi termica del tetto verde mediante termocoppie installate a diverse altezze del profilo dei "pacchetti verdi"; altre termocoppie sono state installate all'interno del fabbricato per il rilievo di parametri energetici ed indoor.

Rilievi sperimentali: percentuali e tempi di copertura vegetale del tetto; epoca e durata delle fioriture; capacità di auto semina o ricaccio/accestimento; presenza (quantità/m² e tipi) di erbe infestanti; presenza di fitopatie; volume dei percolati e stima dei volumi idrici trattenuti dai sistemi; monitoraggio continuo dei parametri energetici.

Prova 2 – Valutazione di associazioni di specie tappezzanti mediterranee in cassoni di circa 2 m². Confronto tra 2 tipi di associazioni e 3 spessori dello strato di accumulo idrico (5, 10 e 15 cm). Substrato di coltivazione: Agriterram® TV (miscela di torbe, lapillo, pomice, perlite espansa, cortecce, fibre di cocco, argille speciali, sostanze ammendanti, concimi organici). Inizio prova: novembre 2010.



Specie erbacee ornamentali per tetti verdi estensivi: panoramica della sperimentazione



Specie diverse di *Sedum* a confronto



Armeria maritima (a destra) e *Cerastium tomentosum* (a sinistra) per un verde pensile estensivo

Spessore strato accumulo idrico (cm)	Specie e % di impianto	Sesto di impianto (cm x cm)
5	30% <i>Sedum sediforme</i> , 20% <i>S. orolecum</i> , 30% <i>S. album</i> , 20% <i>S. hispanicum</i>	20 x 20
	35% <i>Drosanthemum floribundum</i> , 35% <i>Lampranthus var.</i> , 15% <i>Aptenia cordifolia</i> , 15% <i>Carpobrotus edulis</i>	30 x 30
10	20% <i>Dianthus rupicola</i> , 30% <i>Centaurea ucriae</i> , 30% <i>Scabiosa cretica</i> , 20% <i>Lippia nodiflora</i>	30 x 30
	20% <i>Glaucium flavum</i> , 30% <i>Polygonum maritimum</i> , 30% <i>Asteriscus maritimum</i> , 20% <i>Helicrysum siculum</i>	30 x 30
15	30% <i>Iberis semperflorens</i> , 30% <i>Sarcopoterium spinosum</i> , 20% <i>Thymus capitatus</i> , 20% <i>Polygonum maritimum</i>	30 x 30
	20% <i>Glaucium flavum</i> , 20% <i>Senecium cineraria</i> , 30% <i>Limonium ionicum</i> , 30% <i>Thymus serpyllum</i>	30 x 30

Rilievi sperimentali: come nella prova 1.

Risultati conseguiti:

Prova 1. I volumi idrici trattenuti dai due strati di accumulo confrontati sono risultati simili nei 2 anni di prova *Halimione portulacoides* ha coperto molto velocemente il substrato indipendentemente dallo strato di accumulo (100% di copertura in meno di 4 mesi dal trapianto). *Rosmarinus officinalis 'Prostratus'* ha impiegato circa 8 mesi a coprire al 100% il terreno con lo strato di accumulo idrico maggiore, mentre con lo strato di 10 cm la massima copertura dopo 2 anni era del 90%. *Crithmum maritimum* è risultata la specie più lenta nella copertura del terreno (100% dopo 2 anni dall'impianto). La temperatura del tetto all'interno del fabbricato, in corrispondenza delle parcelle che hanno presentato una vegetazione più rigogliosa, è risultata più uniforme, portando quindi ad un miglior comfort indoor.

Prova 2. Dopo 12 mesi dall'impianto l'associazione dei *Sedum* aveva coperto per il 45% il terreno, mentre l'altra associazione di *Crasulaceae* ha meglio coperto il terreno (70%). Le due associazioni saggiate con 10 cm di strato di accumulo idrico hanno mostrato una copertura equivalente e pari a circa il 50%. Con lo strato maggiore di accumulo idrico le due associazioni saggiate hanno raggiunto una copertura del terreno del 90% in meno di 5 mesi dalla messa a dimora delle piante.

Esperienze di realizzazioni

Come si è visto nei precedenti capitoli la progettazione di una copertura a verde, sia di tipo intensivo sia estensivo, necessita di conoscenze e competenze diverse. Infatti per ottenere un risultato soddisfacente e duraturo nel tempo occorre attenersi a normative e prassi di buona pratica e fare le giuste scelte per evitare inconvenienti e problemi. L'osservazione e l'analisi di realizzazioni di coperture di questo tipo può certamente aiutare nella comprensione di tutti gli elementi che concorrono ad una buona realizzazione. Si è cercato, quindi, in questa parte della pubblicazione di presentare esperienze e realizzazioni in diversi ambiti e diverse tipologie di verde pensile in Italia e all'estero, redatte direttamente dai/dal progettista.

Le schede proposte hanno lo scopo di raccogliere esperienze rappresentative di tipologie di progetto o particolarmente interessanti per via delle soluzioni tecniche e tecnologiche utilizzate. Inoltre si è cercato di fare emergere la molteplici possibilità offerte da queste tecnologie per il conseguimento di risultati vari, molto differenti e di grande effetto.

Le informazioni contenute nelle schede intendono fornire un facile strumento di lettura e comprensione della realizzazione, a partire da dati semplici, localizzazione e dimensionamento, fino ad arrivare alla descrizione degli obiettivi e degli elementi dei progetti, supportata da schemi e immagini fotografiche. Particolare attenzione si è riservata alle scelte vegetazionali, certamente elemento tra i più sensibili della composizione, evidenziando le modalità di scelta e le modalità di impianto. A conclusione si sono inseriti dati relativi a costi e tempi di progettazione e realizzazione, utili per la comprensione dell'impegno non solo economico per l'ottenimento di interessanti risultati.

Chicago City Hall

Luogo: **Chicago, IL, USA**
 Committente: Città di Chicago
 Team di progetto: Conservation Design Forum, Inc
 Impresa realizzatrice: Roofscapes Inc, Optima System, Sarnafil
 Dati dimensionali: **2000 m² di cui il 56 % a verde**

Obiettivi del progetto

(indicazioni riguardo la situazione di partenza del progetto, criteri base del progetto, situazione al contorno)

Sistemazione a verde estensiva ed intensiva, di natura sperimentale, realizzata sulla copertura dell'edificio municipale, realizzata con lo scopo di combattere l'isola di calore urbana e migliorare la qualità dell'aria.

Descrizione sintetica della realizzazione:

Soluzione con miscugli di perenni da fiore e specie autoctone; 20000 piante di oltre 150 varietà fra cui 100 di arbusti, 40 di rampicanti.

Struttura/stratigrafia della realizzazione:

Strato di tenuta in PVC; strato di drenaggio in argilla espansa di spessore variabile dai 5 ai 20 cm; strato colturale in spessori di 10, 15 e 45 cm.

Pesi a massima saturazione idrica:

per spessori di 10 cm 13 kg/sqf; per spessori di 15 cm 27 kg/sqf; per spessori di 45 cm 40 kg / sqf

Vegetazione di progetto:

Per adattarsi alle difficili condizioni di insediamento sono state selezionate molte specie originarie delle praterie erbacee del contesto di riferimento. Le piante vengono allevate in un substrato volutamente povero di elementi nutritivi e, per poter resistere alla perdita di umidità del suolo dovuta alla particolare ventosità della città di Chicago, sono state scelte specie tolleranti la siccità. L'elenco completo delle specie impiegate è visionabile sul sito www.cityofchicago.org

Impianti:

Il sistema è dotato di impianto di irrigazione a goccia; è prevista la raccolta dell'acqua di pioggia che viene riciclata per l'irrigazione.

Risultati raggiunti dell'intero progetto:

Nei soli primi 5 anni dalla sua realizzazione, i risparmi sui costi di condizionamento dei locali sottostanti sono stati calcolati in 25.000 USD. Ospita una stazione di rilevamento dei dati meteo, di ventosità e temperatura .

Costi:

450 USD / m² (costo totale 2.5 milioni di dollari)

Tempi di progettazione e realizzazione:

Realizzazione: 2000



High Line Park, New York City

Luogo: **New York City -**
 Committente:
 Team di progetto: **architetto E. Diller della Diller Scofidio + Renfro**
 architetto paesaggista **James Corner della Field Operations**
 Impresa realizzatrice: **Kelco Landscaping**
 Dati dimensionali: **2.400 metri di lunghezza**
 da 9 a 18 metri di larghezza,
 con realizzazione di 3 settori ciascuno
 di lunghezza pari a 800 metri

Obiettivi del progetto:

Intorno al 1930 nasceva la High Line di New York, una sopraelevata pensata per diminuire gli incidenti dovuti al transito dei treni merci a livello della strada. Un tragitto di dall'odierno Javits Convention Center alla Gansevoort Street si snodava in mezzo alla città per 2,5 km su piloni alti tra i 5 e i 9 metri e con arcate variabili tra i 9 e i 18 metri di ampiezza. Nel 1980 questo tragitto venne dimesso e dimenticato per lunghi anni. Da allora molto è cambiato: il tetro quartiere industriale di Chelsea è diventato una delle zone con la maggior concentrazione di gallerie d'arte al mondo; nella zona di Meatpacking hanno aperto le loro boutique designer di moda e di architettura. Su pressione di alcuni proprietari fondiari si voleva allora abbattere la vecchia struttura della sopraelevata, ma la neonata associazione "Friends of the High Line", vi si oppose fermamente riuscendo alla fine a farla dichiarare monumento storico nel 2002. Nel 2003 la gara internazionale "Design the High Line" per la trasformazione in giardino sospeso, fu vinta da un team costituito dall'architetto paesaggista James Corner con il suo studio Field Operations, dallo studio di architettura Diller Scofidio e Renfro e dall'esperto botanico Piet Oudolf che già aveva realizzato il Millennium Park a Chicago. Il loro progetto comprendeva laghi e panchine oltre a dei punti panoramici da dove ammirare l'Empire State Building, il fiume Hudson e la statua della Libertà. A distanze regolari furono previste delle rampe e degli ascensori di accesso. Venne mantenuta la larghezza originale che permetteva il passaggio affiancato di due treni merci e si rinunciò a installarvi delle attività commerciali. Lo scopo era quello di riprodurre la naturale flora che si era impossessata della High Line negli ultimi 20 anni di inattività senza togliere nulla al suo passato industriale evidenziando la presenza dei binari.

Descrizione sintetica della realizzazione:

Field Operations ha sviluppato un percorso pedonale composto da elementi in cemento armato rastremati a punta su di un lato in maniera che a inverdimento avvenuto le parti solide e le parti verdi si confondano. Questa superficie pedonale è l'elemento che unisce l'intero percorso e accompagna i visitatori nelle diverse zone verdi che vanno dal paludoso ricco di muschi al secco con diversi tipi di erbee. Sono state selezionate 210 diverse specie vegetative, tra le quali parecchi cespugli e alberi, che fioriscono sopra a mediamente 45 cm di substrato. Volutamente si è evitato l'effetto "decorativo" lasciando spazio all'estro proprio della natura. In alcuni punti particolarmente angusti si è ovviato con dei ponti a ca. 2,5 metri di altezza che sovrastano l'antico percorso ferroviario all'ombra delle fronde degli alberi. Dovunque si trovano delle panchine che "crescono" da sotto



L'High Line Park è diventata un'attrazione per la città di New York e non solo per gli abitanti della città.



Gli elementi ZinCo-Floradrain® coprono completamente lo strato di cemento impermeabile assicurando un drenaggio perfetto e fanno da base sicura per le zone verdi e per i percorsi pedonali



Accessi pedonali e ascensori permettono di salire sul "giardino sospeso"



Sono state impiegate più di 200 specie vegetali tra muschi, erbacee e fiori si fanno strada tra gli elementi in cemento.



Alcuni tratti hanno mantenuto l'aspetto per ricordarne l'uso e l'origine industriale.



I percorsi pedonali in prefabbricati di cemento ricordano la forma dei binari e creano delle zone di sovrapposizione con il verde.

il verde per lasciare al visitatore il tempo del meritato riposo e della meditazione. Lungo il percorso vi sono numerose attrazioni come le sedie a sdraio su rotaia, dei giochi d'acqua, una "viewing box", una lente di ingrandimento sul traffico sottostante voluta dagli architetti per mettere in correlazione la città con il parco

Struttura/stratigrafia della realizzazione:

Per la realizzazione si sono utilizzati elementi drenanti ZinCo-Floradrain® che grazie alla loro conformazione trattengono l'acqua piovana necessaria all'irrigazione permettendo contemporaneamente il deflusso dell'acqua in eccesso. Gli elementi ZinCo-Floradrain® sono stati posati sull'intera superficie anche sotto alle canalizzazioni per l'acqua e per l'elettricità. La velocità di posa e la possibilità di gettate in cemento sopra agli elementi drenanti erano fondamentali quanto la precisione nella logistica per evitare chiusure delle trafficate strade del centro cittadino di New York.

La stratigrafia realizzata al di sopra della struttura del tetto con telo antiradice impermeabile, è composta da materassino di protezione, sistema di drenaggio Floradrain® FD 25 intasato con Zincoblend M, FILTRO Sheet SF.

Vegetazione di progetto:

Impianti:

Risultati raggiunti dell'intero progetto:

Il "nastro verde" non attira soltanto amanti della natura, fotografi, artisti e musicisti ma anche parecchi imprenditori. Sulla 14th Street nasce così l'Hotel Standard degli architetti Polshek & Partners e sulla 23th Street la torre in vetro e acciaio "HL 23" di Neil Denarie. Anche il nuovo Whitney Museum disegnato da Renzo Piano al terminale Sud ha un accesso diretto all'High Line Park. L'idea verde dell'High Line park ha fatto proseliti. Urbanisti da Rotterdam, Hong Kong, Singapore e Gerusalemme già hanno visitato i terrazzamenti. Anche a Chicago esiste un progetto per trasformare una linea ferroviaria in disuso da anni. A Filadelfia si vuole trasformare un viadotto alto 18 metri e ad Atlanta si vuole intervenire su una circonvallazione ferroviaria (Beltline- Project) in una cintura verde di ben 35 km.

Costi:

L'importo complessivo del progetto ammonta a USD 170 milioni, di cui la gran parte finanziata da privati e in parte con soldi pubblici. L'associazione "Friend of the High Line" ha finanziato il 90% dell'importo complessivo per la realizzazione ed è responsabile del mantenimento e della gestione del parco.

Tempi di progettazione e realizzazione:


Nel 2006 iniziò la realizzazione dei primi 800 metri, 800 metri inaugurati nel 2009. Nel frattempo si è completato anche il secondo lotto di altri 800 metri, che verrà inaugurato nel giugno 2011.


Fusionopolis, Singapore

Luogo: **Fusionopolis nel centro High Tech**
 “One North”, Singapur/SGP
 Committente dell’opera: JTC Corporation, Singapur/SGP
 Team di progetto: Architetto/progettista:
 Dr. Kisho Kurokawa Architects &
 Associates, Tokyo/JP
 Impresa realizzatrice opere a verde:
 Horti-Flora Services Pte Ltd
 Tecnologia ZinCo Singapore Pte Ltd
 Dati dimensionali verde pensile: **circa 1.600 m²**

Obiettivi del progetto:


La città-stato di Singapore ha una superficie pari alla metà di Roma e per questa ragione si sviluppa sempre più in altezza.

La nuova realizzazione delle tre nuove  denominate “Fusionopolis” si erge per 24 piani in altezza e una superficie complessiva di 120.000 m². Insieme al vicino centro “Biopolis” per la ricerca in campo biomedico forma il neonato quartiere di “One North”.

A breve inizieranno i lavori per sei nuove realizzazioni. L’architetto giapponese Kisho Kurokawa ha concepito Fusionopolis come “layered city” (stratificata).

Nascono cose, sovrapposti, uffici, centri commerciali, residenze, uffici pubblici, ristoranti e un centro fitness con piscina. I giardini pensili acquistano in questo contesto una funzione centrale per equilibrare design e fruibilità. Per poter realizzare i “giardini del cielo” sui grattacieli si sono dovute affrontare problematiche legate al vento, al deflusso delle acque e alla logistica.

Descrizione sintetica della realizzazione:

Fusionopolis è un altissimo grattacielo commerciale ad elevato grado di sicurezza alquanto frequentato. Consiste di 3 alte torri (una da 22 ni e due da 24) ed un podio con una superficie di oltre 12000 m² sopra un parcheggio. Ai livelli strategici (5. piano, 17.-18. piano, 21-22. piano) si trovano i giardini di maggior suggestione e anche i “ponti nel cielo” in vetro che collegano le varie torri. Un totale di 13 giardini tematici con alberi alti fino a 4-5 metri e arbusti da 1-2 metri. Altri giardini sono sui balconi esterni degli uffici che si distribuiscono sull’intera altezza delle tre torri. In questo ambiente unico, il cielo, i giardini ed i tetti verdi hanno giocato un ruolo particolarmente importante nel fornire un equilibrio tra il progetto paesaggistico previsto e l’uso reale e pratico di chi usufruisce questi spazi, inoltre attenuano l’effetto del clima tropicale di Singapore (temperature medie tra i 24°C e i 31°C con umidità media al 75%). I giardini principali sono collocati nei punti di connessione fra le torri. Queste coperture a verde hanno una vegetazione densa con alberi di altezza fino a 5 metri e arbusti fino a 1,5 metri. Inoltre sono stati realizzati altri piccoli ma visibili giardini sui balconi esterni degli uffici; la vegetazione si è sviluppata lungo tutta l’altezza del complesso. Molte strutture, come la grande “S” al 18° piano alta più di 15 metri, sono state inverdite con piante rampicanti, che affondano le loro radici nei sistemi ZinCo. Oltre a questo troviamo altre realizzazioni architettoniche nel paesaggio di Fusionopolis: passeggiate con diverse tipologie di soluzioni pedonali, aree relax con panchine in mezzo al verde rigoglioso o tra uno stagno e l’altro.



Il verde pensile intensivo del ventiduesimo piano



Le tre torri sono fra loro collegate da passaggi sospesi



Particolare della struttura con i supporti per la vegetazione in verticale





Un giardino che galleggia nel cielo



Vasca d'acqua al 22° piano
in posizione esposta

Struttura/stratigrafia della realizzazione:

Sistema di costruzione:

Floradrain® FD 60 con prato, arbusti e alberi

Struttura del tetto con telo antiradice impermeabile

Materassino di protezione ISM 50

Sistema di drenaggio Floradrain® FD 60, intasato con Zincolit® Plus
Filtro Sheet SF

Substrato – ZinCo Zupermix Plus. Il substrato a base laterizia è stato importato dalla Malesia e dal sud della Cina, dimostrando quindi anche l'impronta ecologica data al progetto "Fusionopolis".

Vegetazione di progetto: prato, arbusti e alberi. L'azione del vento a Singapore non richiede particolari attenzioni in quanto la città-stato non è soggetta a venti forti o a tifoni stagionali. Ciononostante le piante messe a dimora ad altezze anche di 80 metri dal suolo sono state ancorate con cavi in acciaio alle paratie delle vasche e dei giardini, creati appositamente per questo scopo e senza influenzare minimamente il drenaggio dell'acqua. In questa maniera si sono potuti fissare i cavi senza perforare la guaina impermeabilizzante.

Impianti:

L'irrigazione di tutti i giardini, necessaria per l'esposizione ai forti venti che asciugano rapidamente lo strato superficiale, è assicurata da 54 stazioni che quotidianamente assicurano un apporto di 14.000 litri di acqua e fresca e di ricircolo.

Tempi di progettazione e realizzazione:

anno di costruzione 2008

Kensington Roof Gardens

Luogo: **Kensington High Street, Londra**

Committente dell'opera: Privato

Team di progetto:

Consulente opere a verde: Tal Aisenberg, Antonia Serantoni
Randle Siddeley Associates

Consulente/progettista dell'intervento di impermeabilizzazione:
Peter Davies - Colwyn Foulkes and Partners

Storico del paesaggio: Sarah Couch, Sarah Rutherford
Sarah Couch Historic Landscape

Capo giardiniere: David Lewis - The Roof gardens

Impresa realizzatrice opere a verde:

John Sisk and Son Ltd (intervento di impermeabilizzazione)

Kingston Garden Services Ltd (interventi di soft landscaping)

Dati dimensionali verde pensile:

Area complessiva 6000 m²; superficie a verde pensile 3000 m² circa

Obiettivi del progetto:

Il Derry and Toms Roof Garden di Londra, o Kensington Roof Garden, fu costruito negli anni 30 del Novecento al sesto piano di un edificio su High Street Kensington su disegno di Ralph Hancock (1893-1950). Questo giardino pensile di 6000m² ha conservato in gran parte l'assetto del progetto originale e presenta un gran numero di alberi maturi, alcuni dei quali risalgono al primo impianto. A circa 70 anni dalla creazione importanti infiltrazioni d'acqua, che avevano reso inutilizzabile il piano sottostante, hanno reso necessario un intervento di restauro.

Il Derry and Toms Roof Garden è formato da tre parti distinte, tutte caratterizzate da una forte struttura architettonica. Il giardino spagnolo, che trae ispirazione dalla reggia dell'Alhambra, è delimitato da un fondale di facciate di edifici completi di arcate ed un campanile. Basata su un impianto formale, questa parte del roof garden presenta sul lato orientale una loggia in stile moresco, una fontana con getti d'acqua sul lato opposto e una vasca ottagonale di piastrelle decorate al centro. Le specie erano in prevalenza esotiche e dai colori accesi. Il Tudor garden, influenzato dall'interesse degli anni 20 e 30 del XX secolo per la cultura del Cinquecento, presenta pavimentazione e muri in mattoni e arcate di pietra. Le piante scelte erano quelle che all'epoca venivano considerate piante tradizionali inglesi (rose, lavanda, alcea rosea, geranei, wisteria, clematis, parthenocysus). L'English garden infine, che presenta un lago artificiale attraversato da un ponte ed è circondato da vegetazione 'naturale' di piante principalmente autoctone, è basato sul giardino paesaggistico inglese in scala ridotta.

Il progetto di restauro mira a restaurare il giardino sulla base dell'idea di Hancock del 1936, considerata la fase progettuale più significativa del roof garden. Le alterazioni successive infatti, dovute principalmente ad adattamenti ed ampliamenti dell'edificio, non hanno modificato il progetto originale in modo importante.

Inizialmente era stata presa in considerazione l'ipotesi di 'sollevare' il giardino, realizzare un nuovo sistema di verde pensile e ricostruire il giardino fedelmente. Questo approccio però è stato ostacolato da English Heritage e dal Conservation Officer del comune di Kensington e Chelsea che hanno invece suggerito un approccio orientato alla conservazione. Si è deciso pertanto di procedere con una serie di



Immagine aerea del 1945



Immagine storica dell'English garden



Vista dell'English garden oggi



Vista dello Spanish Garden

interventi localizzati che hanno interessato solo le aree in cui l'impermeabilizzazione era stata danneggiata.

Descrizione sintetica della realizzazione: La realizzazione dei lavori è avvenuta in fasi distinte per permettere il funzionamento della struttura durante il restauro. Gli interventi di impermeabilizzazione sono stati effettuati nei luoghi in cui le perdite sono state localizzate, ma i lavori sulle parti a verde hanno avuto una maggiore estensione per garantire un risultato uniforme e bilanciato.

L'impresa di costruzione ha sub-appaltato gli interventi di soft landscaping ad una ditta specializzata che si è occupata della messa a dimora degli alberi, mentre l'head-gardener ed il suo team si sono occupati di arbusti e piante erbacee.

Struttura/stratigrafia della realizzazione: Il Kensington Roof Garden fu realizzato tra il 1936 ed il 1938. Sulla soletta in calcestruzzo fu steso uno strato bituminoso di impermeabilizzazione. Il drenaggio originale era costituito da uno strato di aggregati e laterizi su cui furono posati circa 90 cm di terriccio. Vennero piantati 500 fra arbusti e alberi. L'originale impermeabilizzazione in asfalto era stata danneggiata da lavori successivi alla prima realizzazione e logorata dall'usura.

Il nuovo progetto di impermeabilizzazione è stato sviluppato da Peter Davies dello studio di architetti Colwyn Foulkes and Partners. Inizialmente era stata presa in considerazione l'opportunità di effettuare le riparazioni con asfalto, ma questa opzione è stata scartata per le difficoltà di trasportare materiali ad alta temperatura negli ambienti ristretti di questo cantiere e per le emanazioni prodotte durante la posa. Si è scelto pertanto un'impermeabilizzazione liquida applicata a freddo che ha buone capacità di adesione ai materiali esistenti.

Il sistema usato, Kemperol, è costituito da resine poliuretane rinforzate con uno speciale tessuto sintetico. Sul sottofondo è stato applicato un promotore di adesione (primer) specifico per il sottofondo esistente, nel caso del Kensington Roof Garden asfalto e muri di mattoni. Un primo strato di resina liquida è stato quindi applicato sopra al primer. Per resistere alle fessurazioni del supporto ed aumentare la resistenza dell'impermeabilizzante è stato steso un tessuto di rinforzo, su cui è stato poi applicato un secondo strato di resina.

Nel progetto originale il terriccio era stato posato su uno strato di ghiaia e mattoni. A causa della compattazione del terreno e della crescita delle radici, questo strato aveva perso la capacità drenante. Nelle aree interessate dai lavori si è deciso pertanto di introdurre i pannelli Bauder PLT 20 per l'accumulo dell'acqua e il drenaggio assieme ad un tessuto filtrante in polipropilene. Nel progetto originale l'acqua veniva convogliata tramite pendenze della soletta verso il perimetro esterno dell'edificio. Poiché proprio in queste zone si verificavano infiltrazioni di acqua, il drenaggio è stato migliorato con la posa di tubi perforati circondati da aggregato e da un geotessuto di polipropilene che agisce da filtro.

Per evitare il trasporto di materiali non strettamente necessari il terriccio esistente è stato filtrato, ripulito dalle radici, ammendato con sostanza organica e riciccolato in sito.

Vegetazione di progetto: Molti degli alberi esistenti, compresi quelli che fanno parte dell'impianto originale, sono oggi troppo grandi per la loro collocazione. Il team di progetto ha ritenuto che, in un giardino pensile con queste caratteristiche, non sia opportuno permettere che gli alberi raggiungano la loro massima grandezza a causa dei problemi di peso, stabilità, danni all'impermeabilizzazione e profondità del substrato. Il progetto di restauro prevede pertanto la sostituzione, nel corso dei prossimi 10 anni, di buona parte degli alberi, che, attraverso

un programma di manutenzione, dovranno essere contenuti, anche al fine di mantenere il giardino alla scala originariamente progettata da Hancock.

La grande varietà di specie che caratterizzava il giardino è oggi andata perduta e nel corso degli anni sono state aggiunte specie non solo coerenti con l'impianto originale. Attraverso lo studio del materiale documentario ed in particolare delle numerose fotografie, le specie originarie sono state re-introdotte.

Il progetto tiene in considerazione le esigenze attuali di manutenzione e uso: Il giardino, che fin dalle sue origini ha avuto una vocazione commerciale, fa oggi parte di una struttura che comprende un ristorante, spazi destinati ad eventi ed una discoteca. Il carico di visitatori è molto maggiore di quello per cui il giardino era stato originariamente progettato e la scelta delle piante è stata compiuta tenendo conto di questo fattore e delle esigenze di utilizzare il giardino durante la notte, nell'illuminazione artificiale.

Le immagini storiche dello Spanish Garden mostrano piante dal carattere esotico quali *Clivia nobilis*, *Yucca* spp., *Agave americana*, *Cordyline australis*, *Phoenix canariensis* e *Trachycarpus fortunei*. Per accentuare questa caratterizzazione la scelta delle piante si è orientata su specie mediterranee e su tonalità di colori accesi e contrastanti. Alcuni alberi, fra cui un tasso ed un eucalipto di notevoli dimensioni, sono stati abbattuti, mentre tra gli alberi introdotti figurano *Punica granatum*, *Fraxinus excelsior* "Pendula", *Olea europea* e *Ficus carica*. I rampicanti che crescevano sulla loggia occidentale sono stati ridotti e, gradualmente, il glicine sarà sostituito con piante di vite (*Vitis vinifera*) rigorosamente potate. Lo studio delle immagini storiche ha permesso di individuare due file di piante fastigate ai lati della vasca con getti d'acqua nella parte orientale del giardino, pertanto si è deciso di reintrodurre 24 *Cupressus sempervirens* di un'altezza di circa due metri.

Nel Tudor Garden il restauro ha previsto la sostituzione degli alberi esistenti, fra cui eucalipto ed acero platanoidi, con *Tilia x europaea* e *Liquidambar styraciflua*, documentati nell'impianto originale del giardino. Nel passaggio che collega il Tudor garden con l'adiacente Woodland garden gli alberi di tasso sono stati sostituiti con *Laburnum anagyroides*. Le aiuole alla base dei muri sono state ripiantate con erbacee ed arbusti. Piccole siepi di bosso, che originariamente le cingevano, sono state re-introdotte.

I lavori di impermeabilizzazione hanno interessato il Woodland Garden in misura minore rispetto alle altre due aree del Roof Garden. Interventi in tre zone distinte tuttavia hanno comportato la sostituzione di alberi ed una rivisitazione dell'impianto di perenni ed arbusti. L'area adibita a prato di fronte alle porte finestre del locale è stata ampliata eliminando alcuni degli arbusti piantati lungo lo specchio d'acqua che erano cresciuti eccessivamente. Il progetto di restauro prevede inoltre interventi che verranno realizzati nei prossimi 10 anni e che riguardano soprattutto importanti potature e le sostituzioni di alcuni degli alberi.

Tempi di progettazione e realizzazione:

Il progetto condotto dallo studio Randle Siddeley Associates di Londra è stato sviluppato tra il 2006 ed il 2008 e la realizzazione si è compiuta nel 2010.

Giardino pensile biblioteca comunale di Dobbiaco (BZ)

Luogo: **Dobbiaco Toblach (BZ)**
 Committente: **Comune di Dobbiaco (BZ)**
 Team di progetto: **Ufficio tecnico Rottensteiner Srl**
 Impresa realizzatrice: **Rottensteiner idee nel verde Srl**
 Dati dimensionali: **Area complessiva a verde pensile intensivo 240 m²**

Obiettivi del progetto:

realizzare un giardino pensile utilizzabile dai fruitori della biblioteca per leggere all'aria aperta e dalle classi della sottostante scuola materna per fare lezione all'aperto.

Descrizione sintetica della realizzazione:

Si sono combinate aree a prato con superfici e sedute in legno di larice, realizzando un drenaggio continuo su tutta la superficie del tetto. Per creare maggiore confort e fornire ombreggiatura sono stati piantati piccoli alberi in apposite vasche in acciaio cor-ten senza il fondo. Le vasche in metallo, utili al fine dell'ottenimento di uno spessore di substrato culturale maggiore per la messa a dimora di alberature e cespugli, hanno funzionato anche da contrappeso per i parapetti e da schienale per le sedute continue in larice. Il verde pensile è stato dotato di impianto irriguo automatizzato e il taglio del prato è stato gestito con un tosaerba-automatizzato.

Struttura/stratigrafia della realizzazione:

Elemento di tenuta: guaina antiradice in PVC;

Elemento di protezione: TNT 500 g/m²;

Elemento di drenaggio/accumulo:

zona a prato - 10 cm Ardesia espansa granulometria 2/10 integrata con profili di drenaggio triangolari

vasche con piccoli arbusti - 10 cm Ardesia espansa granulometria 2/10 integrata con profili di drenaggio triangolari

vasche con alberi - 10 cm Ardesia espansa granulometria 2/10

Elemento filtrante: TNT 130 g/m²

Strato di vegetazione: Substrato per inverdimento intensivo

zona a prato - 15 cm

vasche con piccoli arbusti - 22 cm

vasche con alberi - 50 cm

Vegetazione di progetto

zona a prato - prato pre-coltivato in rotoli

vasche con piccoli arbusti - rose tappezzanti, erbacee perenni, graminacee ornamentali

vasche con alberi - rose botaniche, betulle, sorbo degli uccellatori, evonimo alato

Impianti:

zona a prato - impianto irriguo a pioggia a scomparsa
 + tosaerba automatizzato

vasche con piccoli arbusti - impianto irriguo a pioggia

vasche con alberi - ancoraggio radicale degli alberi
 + impianto irriguo a goccia





Risultati raggiunti (se valutati) dell'intero progetto:

Crescita perfetta del tappeto erboso (con manutenzioni e concimazioni regolari); dopo un diserbo manuale iniziale delle aree ad aiuola, scarsa presenza di erbe infestanti e conseguente riduzione delle manutenzioni (potatura di rose e graminacee ornamentali). Buon utilizzo del giardino da parte degli utenti. Ottima resistenza al forte carico di neve.

Costi:

opere da fabbro:	
vasche e parapetti	€ 34.000,00
opere da falegname:	
pavimentazioni sedute	€ 30.000
struttura verde pensile:	€ 20.000
vegetazione + pacciamatura e ancoraggi radicali:	€ 13.500
impianto idraulico e tosaerba:	€ 5.900



Tempi di progettazione e realizzazione:

preparazione progetto: autunno 2009

realizzazione progetto: maggio 2010



Copertura a verde pensile estensivo inclinato di 11° Complesso "Casanova EA2" a Bolzano

Luogo: Bolzano (BZ)
Committente: I.P.E.S. BZ Edilizia Agevolata
Team di progetto: Ufficio tecnico IPES;
revisione esecutiva a cura di
Ufficio tecnico Rottensteiner Srl
Impresa realizzatrice: Rottensteiner idee nel verde Srl
Dati dimensionali: Area complessiva a verde pensile estensivo 1.500 m²

Obiettivi del progetto:

realizzazione di verde pensile estensivo come misura di compensazione ambientale in un nuovo quartiere ad alta densità edilizia .

Descrizione sintetica della realizzazione:

Realizzazione di una copertura inclinata di 11° a verde pensile estensivo con ridotti oneri di manutenzione e senza impianto irriguo.

Struttura/stratigrafia della realizzazione:

Elemento di tenuta: guaina antiradice in PVC;
Elemento di protezione: massetto in CLS 10 cm (necessario per la particolare conformazione del tetto);
Elemento di drenaggio/accumulo: piastra drenante ed elemento di contenimento in Polistirolo riciclato H 7,5 cm
Elemento filtrante: nessun elemento filtrante
Strato di vegetazione: 11 cm Substrato per inverdimento estensivo

Vegetazione di progetto:

semina con talee di *Sedum* in 4 specie differenti

Impianti:

nessun impianto irriguo



Risultati raggiunti (se valutati) dell'intero progetto:

buona tenuta del materiale allo scivolamento e al ruscellamento.

Costi:

costo stratigrafia verde (escluso guaina antiradice e massetto in CLS): € 30,00/m²

Tempi di progettazione e realizzazione:

preparazione progetto: estate 2010

realizzazione progetto: estate 2011



Copertura a verde pensile estensivo Distilleria Marzadro a Nogaredo (TN)

Luogo:	Nogaredo (TN)
Committente:	Distilleria Marzadro - Nogaredo (TN)
Team di progetto:	Ufficio tecnico Rottensteiner Srl
Impresa realizzatrice:	Rottensteiner idee nel verde Srl
Dati dimensionali:	Area complessiva a verde pensile estensivo 7.000 m²

Obiettivi del progetto:

realizzazione di verde pensile estensivo godibile dai clienti della distilleria attraverso grandi vetrate

Descrizione sintetica della realizzazione:

Si è voluto realizzare un tetto molto curato nella scelta delle specie vegetali ma al contempo di bassa manutenzione e di scarsa necessità idrica.

Struttura/stratigrafia della realizzazione:

Elemento di tenuta: guaina antiradice bituminosa;
 Elemento di protezione: TNT 300 g/m²;
 Elemento di drenaggio/accumulo: 5 cm Ardesia espansa
 Elemento filtrante: TNT 105 g/m²
 Strato di vegetazione: 8 cm Substrato per inverdimento estensivo

Vegetazione di progetto:

piantine di *Sedum* in 12 specie e varietà e *Delosperma* in microzolla, 12 piante/m² piantate a “pennellate”.

Impianti:

nessun impianto irriguo



Risultati raggiunti (se valutati) dell'intero progetto:

Ottima copertura con manto vegetale molto colorato, persistente anche nella stagione invernale, ottima espansione del *Sedum* con conseguente riduzione della crescita delle infestanti e riduzione della manutenzione.

Costi:

costo stratigrafia verde (escluso guaina antiradice): € 25,00/m².

Tempi di progettazione e realizzazione:

preparazione progetto: inverno 2004
 realizzazione progetto: primavera 2004



Giardino attrezzato ad uso pubblico sulla copertura del Centro Commerciale 'Il Gigante'

Luogo:	B via B. Bono – Bergamo
Committente:	Broseta 2 srl - Brescia
Team di progetto:	Teat[red]der – Progettazione architettonica: De8 Architetti – Orio al Serio - Bergamo
Progetto del Verde:	Emanuela Borio & Laura Gatti
Impresa realizzatrice:	Percassi (Opere edili) Peverelli Srl (Opere a verde)
Dati dimensionali:	Oltre 2600 m² di superficie di cui 1600 a verde intensivo; 41 grandi arbusti; oltre 6500 fra perenni, tappezzanti e graminacee; 340 m² di tappeto erboso in zolle.

Obiettivi del progetto:

La sistemazione si realizza nell'ambito del progetto di recupero di area dismessa che prevede la realizzazione di edifici residenziali a torre e edifici commerciali di sviluppo in altezza più ridotto; il progetto degli spazi aperti del comparto prevede la realizzazione di una serie articolata e diffusa di piazze e giardini caratterizzati da una forte impronta architettonica. Il disegno dell'intera area ha un carattere fortemente unitario che definisce un paesaggio a parco urbano nel quale gli elementi delle 'placche', le aiuole del verde profondo, e quello del verde pensile dell'area commerciale si integrano creando un paesaggio aperto urbano di notevole riconoscibilità.

La copertura dell'edificio commerciale, realizzata a quota + 8, si raggiunge attraverso una lunga rampa che costeggia due lati dell'edificio. Gli impianti a servizio della struttura commerciale sono relegati in spazi appositamente predisposti in modo da minimizzare il disturbo e la copertura è resa pienamente fruibile grazie alla realizzazione di percorsi, di una area gioco e sport destinata ai ragazzi e di un giardino di perenni e graminacee caratterizzato da un marcato disegno architettonico.

Descrizione sintetica della realizzazione:

Il giardino pensile è organizzato in superfici di diversa inclinazione, di forma geometrica subtriangolare: con questa soluzione si realizzano i raccordi fra le diverse quote del progetto e si integra la copertura dell'edificio commerciale al sistema delle piazze realizzate alla quota stradale. L'impiego di specie di diversa specie, tessitura e colore in gruppi monospecifici accentua l'impronta architettonica della sistemazione.

Struttura/stratigrafia della realizzazione:

Sul massetto di pendenza, che svolge anche il ruolo di protezione dell'impermeabilizzazione, viene steso uno strato di geopolimero tridimensionale accoppiato a tessuto non tessuto che ha la funzione di favorire il drenaggio profondo. Laddove necessario, le pendenze e i rilevati vengono realizzati stratificando pannelli di polistirene, a loro volta rivestiti da uno strato di separazione in tnt. Al di sopra dello strato che realizza i diversi spessori vengono stesi da 8 a 15 cm di agriperlite in sacchi di tnt (strato di accumulo), ed al di sopra di essi da 20 a 25 cm di substrato per verde pensile intensivo. Le diverse sezioni della copertura sono separate da una fascia in cor-ten.



La posa dei pannelli di polistirene, stratificati a realizzare pendenze e rilevati



Agriperlite in sacchi di tnt (strato di accumulo)



Stesura del substrato per verde pensile, le diverse sezioni della copertura sono separate da una fascia di cor-ten



Pev.jpg: stesura dell'impianto di sub irrigazione con ala gocciolante. Le canalizzazioni rimangono al di sotto dello strato più superficiale del substrato.



La messa a dimora delle piante graminacee su telo pacciamante biodegradabile.

L'ala gocciolante viene stesa sul terriccio livellato, e rimane posizionata al di sotto dello strato più superficiale del substrato e della pacciamatura realizzata con telo biodegradabile, rimanendo così protetta da manomissioni e rotture.

Vegetazione di progetto:

Graminacee: *Carex morrowi* 'Ice Dance'; *Calamagrostis x acutiflora* 'Karl Foester'; *Deschampsia caespitosa* 'Goldschleier'; *Miscanthus sinensis* 'Morning Light'

Perenni e tappezzanti: *Echinacea purpurea* 'Magnus'; *Euonymus fortunei* 'Coloratus'; *Euonymus fortunei* 'Minimus'; *Leucanthemum x superbum*; *Liriope muscari* 'Big Blue'; *Perovskia atriplicifolia* 'Blue Spire' e *Anemone* 'Serenade'; *Teucrium chamaedrium*; *Teucrium hircanum*; *Veronica longifolia*

Impianti:

Il sistema è dotato di impianto di sub irrigazione con ala gocciolante, e di recupero e riuso delle acque piovane.

Costi:

€ 98,00 / m²

Tempi di progettazione e realizzazione:

Progettazione preliminare: 2008

Progettazione esecutiva: 2009-2010

Realizzazione: 2011

Hortus conclusus con vista

Luogo: Bergamo – Città Alta
 Committente: Privato
 Team di progetto: Dr. Agr. Maurizio Vegini,
 Dr. Agr. Lucia Nusiner, Studio GPT (Bg)
 Impresa realizzatrice: Giardini Arioldi di Medolago (Bg)

Obiettivi del progetto:

La situazione di partenza era composta da una parte di giardino pensile, sopra ad autorimessa, permessa dal Comune di Bergamo col vincolo di mantenere il *Cedrus deodara* pre-esistente, poi abbattuto causa taglio di importanti radici che ne hanno compromesso la sopravvivenza.

Il progetto di ristrutturazione dell'abitazione prevedeva un muretto di contenimento del giardino, dopo un piccolo marciapiede, che a nostro avviso segnava una cesura tra giardino e abitazione. La proposta è stata di sostituirlo con delle scale che invitano a entrare nel giardino per viverlo.

Le abitazioni di Città Alta di Bergamo hanno l'ingresso dal borgo storico, stretto e buio, in questo caso rivolto a Nord, e il giardino, sul lato opposto dell'abitazione, si apre, come uno scrigno, al sole e alla luce, rivolto verso il bellissimo panorama della Città Bassa e della pianura.

Il giardino, di forma rettangolare, è un piccolo Hortus conclusus, cinto da due muri sui lati principali, verso Nord si affaccia sulla casa e verso Sud sembra un terrazzo a sbalzo sul paesaggio.

Ai lati del marciapiede, molti vasi in cotto con erbe aromatiche, Agave americana e Hosta fortunei 'Albomarginata' nelle parti ombreggiate dal glicine (*Wisteria sinensis*) che sale su un pergolato in acciaio brunito, per incorniciare il piano terra della casa.

Il percorso di segnapassi si inoltra in modo formale lateralmente al prato, dalla scala al fondo del giardino, fino alla casetta per gli attrezzi.

Alla fine del percorso si giunge al ricovero per gli attrezzi, ricoperto da roselline primaverili (*Rosa 'Blush Noisette'*) rifiorente e Clematis 'Comtesse de Bouchard' dalla fioritura estiva. Sul muro esterno si arrampicano le Clematis montana 'Tetrarose' con la delicata fioritura primaverile. Tra i segnapassi fioriscono i Crocus in primavera e i Colchicum autumnalis all'inizio dell'autunno.

Un Malus 'John Downie' da fiore produce bellissimi fiori primaverili e bacche a fine estate, e crescerà come fosse un rampicante, potato e legato sul muro.

Per non utilizzare la pacciamatura, si è giocato con le essenze vegetali "a più strati", utilizzando erbacee perenni tappezzanti da mezz'ombra/ombra sotto agli arbusti, tanto che per una più semplice lettura della planimetria, abbiamo rappresentato separatamente i livelli di: essenze arboree, essenze arbustive, essenze rampicanti, erbacee perenni e bulbose.

Descrizione sintetica della realizzazione

Rispetto alla costruzione di un comune giardino, l'impegno più importante è consistito nel trasporto di tutti i materiali, piante comprese, all'interno dell'area di cantiere tramite argano posto nella stradina posta a sud e a livello inferiore al giardino. Il piccolo calibro della strada non ha poi permesso di arrivare con grossi mezzi, quindi anche le essenze arboree dovevano essere di limitate dimensioni.



L'area di intervento all'avvio dei lavori



La posa dello stato drenante in pannelli preformati al di sopra del quale viene steso un telo filtrante



Il giardino appena terminato con la messa a dimora delle fasce arboreo-arbutive e pronto per la realizzazione del tappeto erboso.



Il giardino dopo un anno dal termine dei lavori

Struttura/stratigrafia della realizzazione

sono state seguite le norme UNI11235.

Per la stratigrafia del giardino pensile si è utilizzato il sistema SEIC, composto da **S**orto: piano di copertura in cemento armato, strato di pendenza in malta cementizia (pendenza >1 %), Strato di regolarizzazione in geotessile, impermeabilizzazione antiradice in membrana sintetica HarpoPlan ZDUV, feltro di protezione e accumulo MediPro MP500, strato di accumulo, drenaggio aerazione MediDrain MD40, Sp. ca. 4 cm, Telo filtrante MediFilter MF1, strato di compensazione ZU20 in spessore compattato pari a 10 cm, miscela di substrato SEIC per inverdimenti intensivi, spessore a compattazione avvenuta variabile in funzione delle zone: da 30 a 50 cm, vegetazione.

Vegetazione di progetto:

Le piante utilizzate nella realizzazione non sono state oggetto di particolari preparazioni, gli alberi introdotti sono stati scelti in zolla di dimensione idonea al successivo posizionamento nello spessore disponibile, ma soprattutto a causa degli elevati oneri di trasporto ed elevazione per via della stratta strada di accesso. Le piante arbustive, rampicanti ed erbacee sono scelte in vaso, indicativamente di 18 cm per le piante erbacee perenni e 24 cm per gli arbusti.

Per creare una zona di ombra, che accoglie la panchina per la sosta, vi sono quattro peri da fiore (*Pyrus calleryana* 'Chanticleer') con *Clematis rampicante* sui tronchi, in segno di naturalità. Ai lati, ortensie bianche (*Hydrangea arborescens* 'Annabelle') dal fiore interessante. Sull'altro lato crescono dei fichi a spalliera (*Ficus carica*), con al piede lavanda nana (*Lavanda* 'Boston Blue') e *Peonia suffruticosa fucsia*. Il muro è ornato da edera sempreverde (*Hedera helix* 'Hibernica') alternata a vite canadese (*Parthenocissus tricuspidata* 'Veitchii').

Lungo i due lati principali del giardino, si sviluppa il bordo misto: arbusti, erbacee perenni e bulbose si susseguono nelle fioriture.

L'annuncio della primavera è dato dai narcisi e *Hyacinthoides hispanica* (blu), e poi dai *Geranium x cantabrigense* sempreverdi, nelle varietà 'Biokovo' bianco e 'Karmina' rosa intenso e spoglianti *Geranium hybridum* 'Johnson Blue' color blu e *Geranium sanguineum* 'Max Frei' color fucsia, gli *Iris barbata blu* e *Iris foetidissima*, gli *Hemerocallis hybrida rosa*, l'*Alchemilla mollis* e la *Salvia nemorosa* 'Blau Konigin'. Segue la *Rosa rugosa* 'Hansa', molto interessante anche in bocciolo, e in estate la *Rosa* 'Gertrude Jekyll', inglese profumata, gli *Agapanthus africanus* e le *Clematis* 'Rouge Cardinal', 'The President', 'Ville de Lyon', rampicanti.

A fine estate fioriscono gli anemoni (*Anemone hybrida* 'Honorine Jobert' e 'Pamina'), di un fiore leggero e i *Sedum spectabilis* 'Brillant', in autunno il *Chrysanthemum koreanum* nano color bianco. L'alternanza di fioriture è accompagnata da una varietà di foglie, diverse per forma e colore.

Si trovano, inoltre, alcuni sempreverdi per poter godere del giardino anche in inverno: i bellissimi bossi potati a palla (*Buxus sempervirens*) che danno un segno di ordine; una imponente *Yucca gloriosa*, che con la sua architettura rigida ben contrasta con le forme morbide delle vicine erbacee perenni; *Pittosporum tobira*, *Olea fragrans* 'Aurantiacus' con intenso profumo, *Arbutus unedo* dai bellissimi frutti.

Alcuni piccoli alberelli creano piccole zone d'ombra e parziale schermatura: *Crataegus lavelli carrierei*, interessante per fioritura e per bacche autunno-invernali, *Laurus nobilis* e *Ligustrum japonicum* a alberello, *Sophora japonica* 'Pendula', tipica dei giardini storici di fine secolo.

Impianto irrigazione progettato di tipo standard

Risultati raggiunti (se valutati) dell'intero progetto:

L'attecchimento delle piante è risultato ottimale, c'è stato un rigoglio della vegetazione ed una crescita generale delle piante notevole, probabilmente dovuto soprattutto al particolare terriccio alleggerito, e all'esposizione a sud con microclima favorevole. Inoltre il progettista di consuetudine fornisce a committente e manutentore un libretto della manutenzione in cui si trovano indicate per ogni essenza l'epoca e la modalità di potatura, in modo da evitare tagli scorretti, soprattutto per piante poco conosciute (erbacee perenni e graminacee) o conosciute ma con particolari richieste di potatura (come per rose ed ortensie).

Costi: 14.500 €, IVA esclusa

Tempi di progettazione

1 mese (anno 2005), mentre per la realizzazione sono occorsi 1-1,5 mesi a partire da fine gennaio per la preparazione sottofondo e da metà giugno realizzazione giardino 2006.

Pensile tra i monti

Luogo	Vilminore di Scalve (Bg)
Committente	Privato
Team di progetto	Dr. Agr. Maurizio Vegini, Dr. Agr. Lucia Nusiner, Studio GPT (Bg)
Impresa realizzatrice	Visini di Schilpario (Bg)
Dati dimensionali:	superficie a verde pensile: 227 m², senza comprendere la zona di sosta, e vasca d'acqua compresa.

Obiettivi del progetto:

Il giardino è sito a 1000 m slm. Si inserisce all'interno di un giardino pre-esistente, come copertura della nuova autorimessa.

I due ingressi al nuovo giardino vogliono essere intimi, di invito: dello spezzato di ghiaia si inoltra insieme a segnapassi in pietra tra la vegetazione morbida delle graminacee. Non si vede subito tutto il giardino, si è chiamati ad entrare per scoprirlo, in tal modo si ha anche l'impressione che sia più grande.

Una margherita gialla fiorisce in estate davanti alle graminacee, preannunciata dai narcisi primaverili.

Sulla porzione di muro più alta vi è un pero a spalliera.

L'area di sosta è contornata sempre da graminacee, interessanti in ogni stagione: verde chiaro in primavera, più scure in estate col penacchio, e poi gialle per tutto l'inverno. Solo alla comparsa della nuova vegetazione si taglia quella vecchia. Sono morbide e facilmente mosse dal vento, hanno un aspetto naturale, di prati e radure.

Elemento di notevole interesse è una vasca d'acqua, dove si rispecchia il cielo. La vasca sarà poco profonda (cm 10-15) in acciaio inox. Il deck sarà immediatamente sopra alla vasca, quasi sospeso sull'acqua. Una passerella in legno permette di attraversarla e andare oltre la vegetazione sul verde prato.

Due tubi in acciaio portano l'acqua, che col suono della caduta, ritma il tempo che passa.

Sui montanti della struttura si arrampica una rosa rifiorente.

Sul confine Est vi è una doppia quinta vegetale di mascheramento: sul retro una siepe alta di carpino, che mantiene la foglia secca in inverno, con davanti, alta cm 190-200, una siepe sempreverde di tasso.

Sul confine Ovest, per mascherare alcuni edifici vi è ancora la siepe alta di carpino, che incornicia su entrambi i lati il giardino e la visuale principale verso il Monte Presolana.

Al piede della siepe alta fiorirà in primavera un Geranium perenne e delle bulbose blu.

Oltre a una siepe di faggio, vi è l'orto dei fiori, memoria di forme, colori e profumi del giardino dell'infanzia. In fondo al percorso principale dell'orto vi è un vaso con rosmarino. Nei settori, rialzati da doghe di legno cm 20 fuori terra e tra i vialetti in spezzato fine di ghiaia fioriranno Iris, piselli odorosi, Solidago, lupini e Delphinium, in un alternarsi di colori.

Davanti nel prato, in primavera fiorisce una grossa macchia di Crocus, e nello stesso spazio in autunno fioriscono i Colchicum.

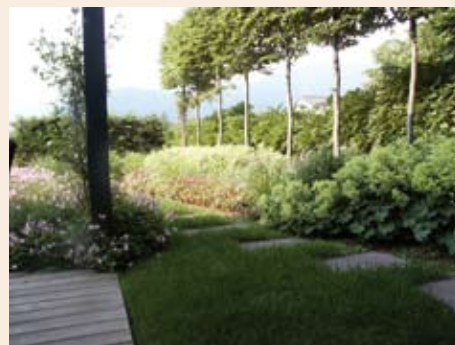
Sulla recinzione di confine si arrampica il glicine, a richiamo del cortile d'ingresso, e in alcuni punti ricade all'esterno la Lespedeza che fiorisce di rosa fucsia a fine estate.



L'area di intervento all'avvio dei lavori



La realizzazione dell'orto dei fiori



Siepe alta di caprino sul confine ovest, che incornicia i lati del giardino e la vista principale verso il Monte Presolana



La vista sul paesaggio e sul giardino dal portico



L'orto dei fiori con, in fondo al percorso principale, un vaso di rosmarino



La vasca d'acqua, elemento caratterizzante del giardino, attorno al quale si è realizzata una bordura di piante graminacee

Struttura/stratigrafia della realizzazione

La stratigrafia era già stata effettuata da ditta sconosciuta e formata da uno strato di protezione, drenaggio, e terra di coltivo.

Vegetazione di progetto:

Le piante utilizzate nella realizzazione non sono state oggetto di particolari preparazioni; gli alberi introdotti, *Carpinus betulus* e *Fagus sylvatica*, sono stati scelti in zolla di dimensione idonea al successivo posizionamento nello spessore disponibile. Le piante arbustive, rampicanti ed erbacee sono scelte in vaso, indicativamente di 18 cm per le piante erbacee perenni e 24 cm per gli arbusti.

Essenze arbustive: *Fagus sylvatica* (per siepe), *Rosmarinus officinalis*, *Lespedeza thunbergii*, *Cotoneaster dammeri* "Radicans", *Buxus sempervirens*, *Taxus baccata*

Essenze rampicanti: *Wisteria sinensis*, *Clematis montana* "TetRARose", *Rosa*

Essenze erbacee perenni: *Iris barbata* "Wabash", *Delphinium* (rosa), *Solidago virgaurea hybrida* "Laurin", *Lupinus polyphyllus* "Nanus", *Rudbeckia fulgida sullivantii* "Goldsturm", *Alchemilla mollis*, *Geranium sanguineum* "Max Frei", *Narcissus* (bianchi e gialli)

Impianti:

Impianto di irrigazione progettato di tipo standard

Risultati raggiunti (se valutati) dell'intero progetto:

L'attecchimento delle piante è risultato ottimale, c'è stato qualche problema per alcune bulbose ed erbacee perenni, dovute certamente alle gelate e alle abbondanti neviccate. Inoltre il progettista di consuetudine fornisce a committente e manutentore un libretto della manutenzione in cui si trovano indicate per ogni essenza l'epoca e la modalità di potatura, in modo da evitare tagli scorretti, soprattutto per piante poco conosciute (erbacee perenni e graminacee) o conosciute ma con particolari richieste di potatura (come per rose ed ortensie).

Costi

18.000 €, IVA esclusa

Tempi di progettazione

2 mesi (anno 2005) e realizzazione, considerando che sottofondo e pergolato erano già realizzati, in parte a giugno (bossi, tassi, glicine), in parte a settembre (carpini, orti e perenni) 2005.

Base operativa elisoccorso servizio di emergenza 118

Luogo: **Villaguardia - COMO**
 Concessionario: Progetto Nuovo Sant'Anna srl
 Committente dell'opera: Infrastrutture Lombarde S.p.A
 Committente opere a verde: GDM Costruzioni S.p.A
 Progetto architettonico generale:
 ing. A. Bortolazzi Consulting Srl
 Progetto costruttivo: Pool Milano
 Progetto generale opere a verde pensile:
 Studio Tecnogreen di E. Paoli – Como
 Impresa realizzatrice opere a verde:
 Ati Euroambiente srl_ Impernovo srl
 Dati dimensionali verde pensile:
2250 m² di cui 1025 in forte pendenza

Obiettivi del progetto e descrizione sintetica della realizzazione:

la sezione longitudinale del fabbricato evidenzia una costruzione a forma di paraboloide che sembra avere origine, quasi in verticale, dal pavimento del cortile per innalzarsi fino a m 9,50 e poi tuffarsi di nuovo, posteriormente, nel suolo circostante.

Lo studio di base è stato indirizzato ad individuare le modalità tecniche più adatte a trattenere e fissare stabilmente il pacchetto vegetazionale, che, una volta messo in opera, fosse in grado sia di dare stabilità all'ammasso per evitare lo scivolamento verso valle, sia di resistere alle spinte depressive generate dai rotori degli elicotteri, che in fase di sorvolo e di atterraggio passano in prossimità della copertura, in quanto la piattaforma si trova proprio a ridosso del fabbricato.

Struttura/stratigrafia della realizzazione:

SISTEMA PERLIROOF®

Drenaggio: geotessuto da g. 1000, ECODREN SD5 ed integrazione con tubi drenanti.

Accumulo idrico: IGROPERLITE® tipo T2 spessore 5 cm contenuta in sacchi dotati di asole metalliche sui quattro lati legati in modo solidale fra loro tramite apposite fascette.

Substrato: AgriTERRAM® spessore 5 cm.

Raffrenamento: rete tridimensionale da 45 mm irrigidita da maglia metallica.

Vegetazione di progetto:

prato di graminacee messo in opera tramite idrosemina rinforzata.

Impianti:

Impianto irriguo con sub-irrigazione.

Impianto linea salva vita.

Tempi di progettazione e realizzazione:

costruzione edile 2009/2010; opere a verde 2010



Nuovo Ospedale Sant'Anna – giardini pensili

Luogo: **COMO**
 Concessionario: Progetto Nuovo Sant'Anna srl
 Committente dell'opera: Infrastrutture Lombarde S.p.A
 Committente opere a verde: S.AN.CO s.c. a r.l
 Progetto architettonico generale: ing. A. Bortolazzi Consulting Srl
 Progetto costruttivo: Pirelli Re Facility
 Progetto strutturale: ing. Franco Imola
 Progetto generale opere a verde pensile:
 Studio Tecnogreen di E. Paoli- Como
 Impresa realizzatrice opere a verde:
 Euroambiente srl
 Dati dimensionali verde pensile: **5700 m²**

Obiettivi del progetto e descrizione sintetica della realizzazione:

trattandosi di una struttura ospedaliera, partendo dalla considerazione che le piante trasmettono armonia e benessere al corpo ed allo spirito, sono state piantumate essenze che per le proprie caratteristiche di forma, colore, tessitura sono capaci di indurre un rapporto immediato con i pazienti ed i visitatori. Il processo naturale della variazione dei colori del fogliame nel mutare delle stagioni, i profumi, la struttura stessa dei rami e la forma di ogni singola essenza, la produzione di bacche induce un benessere fisico e mentale in quanti usufruiscono delle strutture, riducendo, in ciascuno, il livello di ansia. Sono state utilizzate essenze che hanno connotazioni simboliche e curative. I profumi ed i colori di ciascuna pianta sono significanti in qualunque periodo dell'anno. In aree particolari sono state inserite piante ad alto fusto fino a 15 metri di altezza. Sono state introdotte, inoltre, alcune aiuole organizzate a Giardini Zen all'interno delle quali i principi fondamentali della meditazione e del relax coinvolgono lo spirito ed i sensi, tramite una particolare rappresentazione simbolica del microcosmo.

Altro importante tema è quello relativo alla manutenzione che viene resa meno onerosa tramite la messa in opera di piante copri-suolo a rapido sviluppo.

Struttura/stratigrafia della realizzazione:

SISTEMA PERLIROOF®

Drenaggio: lastra Supergarden o Ecodren SD5

Accumulo idrico: IGROPERLITE® Tipo T1 o Tipo T2 spessore 5 – 10 cm

Substrato: AgriTERRAM® spessore 10 – 20 cm con incremento adeguato e circoscritto per le aree con piante ad alto fusto.

Vegetazione di progetto:

arbusti, tappezzanti, prati in semina, alberature.

Impianti:

irriguo con sub-irrigazione comandato da sensori di umidità presente nella falda artificiale.

Tempi di progettazione e realizzazione:

costruzione edile 2007/2010; opere a verde 2010



Copertura a verde di Palazzo Lombardia Milano

Luogo: **Milano (MI)**
 Committente dell'opera: Regione Lombardia
 Stazione appaltante: Infrastrutture Lombarde S.p.A
 Progetto architettonico generale:
 Pei Cobb Freed & Partners Architects LLP
 Caputo Partnership
 Progetto generale opere a verde: Fondazione Minoprio
 Progetto esecutivo e realizzazione opere a verde:
 Costituenda Peverelli S.r.l.; Bacchi S.r.l.;
 Edera S.r.l.; Franco Aprà
 e Giovanna Longhi architetti associati

Dati dimensionali: **verde pensile estensivo ai piani 1-2-7-9 per un totale di 2500 m²; verde pensile intensivo al piano 9 per un totale di 250 m²**

Obiettivi del progetto:

Il progetto ha riguardato la sistemazione delle coperture ai livelli 1, 2, 7 e 9 del complesso Altra Sede Regione Lombardia. L'intervento ha previsto la realizzazione di una cospicua parte delle coperture a verde pensile di tipo estensivo, non calpestabile e non fruibile, con funzione di miglioramento estetico alla vista dall'alto delle coperture e la realizzazione di una parte delle coperture, in adiacenza al percorso privilegiato tra l'eliporto e l'accesso alla torre, a verde intensivo leggero, in considerazione della maggior fruizione e della necessità di un più alto valore estetico in adiacenza al suddetto percorso. L'intervento ha previsto inoltre la realizzazione di tutte le opere accessorie e di finitura, compresi i percorsi, i mascheramenti delle tubazioni e delle canalizzazioni presenti in copertura per mezzo di grigliati metallici, la realizzazione di ringhiere di protezione, la realizzazione degli impianti.

La progettazione dell'intervento si è sviluppata in fase ultima di realizzazione dell'edificio, a seguito della realizzazione di pacchetto impermeabilizzante, strato coibente di cm 6 e massetto di pendenza in cls armato con rete elettrosaldata di spessore medio di cm 10 con superficie finita liscia. Su tutte le coperture erano predisposti, in corrispondenza delle vasche verdi da realizzare, gli arrivi delle adduzioni idriche per la sistemazione degli impianti di irrigazione di ogni singola vasca (vedi planimetria impianti idrici). Tutte le portate erano già state previste nella progettazione architettonica ed erano quindi verificate.

Per lo sviluppo del progetto esecutivo e la realizzazione si è ricorso allo strumento dell'appalto concorso cui hanno partecipato 5 associazioni temporanee di impresa che, a partire dalla valutazione dello stato di fatto e dal progetto definitivo fornito in sede di gara, hanno sviluppato il progetto esecutivo e realizzazione dell'opera a verde.

Descrizione sintetica della realizzazione:

Struttura/stratigrafia della realizzazione: l'esecuzione delle coperture ha previsto: realizzazione di contenimento verde pensile, fornitura e posa elemento di protezione dall'azione delle radici al di sopra strato di livellamento, regolarizzazione e formazione pendenze, fornitura e posa elemento di protezione meccanica, fornitura e posa elemento drenante, fornitura e posa elemento filtrante, realizzazione di striscia di protezione perimetrale, fornitura e posa substrato di coltivazione, fornitura e posa della vegetazione.



Verde pensile intensivo lungo il percorso presidenziale



La realizzazione delle vasche per il verde intensivo lungo il percorso presidenziale



La messa a dimora delle piante arbustive nell'area a verde intensivo



Il percorso presidenziale



La realizzazione del verde verticale



Il muro vegetale



La realizzazione della stratigrafia telo di impermeabilizzazione, feltro di protezione meccanica, elemento drenate in pannelli preformati



La posa del substrato di coltivazione al di sopra di un telo filtrante a protezione degli elementi sottostanti



La distribuzione a spaglio dei Sedum

Vegetazione di progetto:

il progetto ha suddiviso i piani delle coperture individuando differenti consociazioni a seconda della visibilità e della fruibilità della composizione. Per le aree a verde estensivo, servendosi dell'andamento curvilineo dell'architettura e della naturale suddivisione dovuta alla complessità della copertura, si sono realizzate delle vasche monospecifiche in modo da avere grandi aree con colori uniformi a creare un effetto cromatico di grande impatto. Le varietà utilizzate nella realizzazione, ai piani 7 e 9, di verde estensivo a *Sedum* sono: *Sedum album* "Coral Carpet", *Sedum album f. murale*, *Sedum reflexum*, *Sedum sexangulare*, *Sedum spurium* "Coccineum", *Sedum spurium* "Tricolor". Al piano 1 e 2, e in parte del piano 7, sono stati realizzate aree a verde estensivo ad aromatiche, in cui si sono inseriti: *Ceratostigma plumbaginoides*, *Convolvulus cneorum*, *Erigeron karvinskianus*, *Lavandula angustifolia* "Hidcote", *Nepeta x fraserii*, *Rosmarinus officinalis prostratus*, *Stachys bizantina*, *Thymus serpyllum* in varietà. Per quanto riguarda la realizzazione del verde lungo il percorso "presidenziale", compreso tra l'arrivo dell'eliporto e l'ingresso alla torre, si è individuata una parte a verde intensivo leggero realizzata a formare una quinta degradante verso l'interno con: *Azalea* "Palestrina", *Camellia sasanqua* in varietà, *Erica carnea*, *Trachelospermum jasminoides*, in una porzione marginale della composizione. Inoltre, adiacente all'ingresso all'edificio, è stato realizzato un muro verde composto da: *Sedum spurium* "Tricolor", *Sedum reflexum*, *Dianthus barbatus*, *Dianthus deltoides*, *Festuca scoparia*, *Heuchera sanguinea*.

Impianti:

la realizzazione del verde in copertura ha previsto la realizzazione di un impianto di irrigazione ad ala gocciolante auto compensante, utilizzando le predisposizioni idriche ed elettriche previste in fase di progetto architettonico e già presenti al momento dell'avvio del progetto delle coperture a verde.

Costi:

costo medio da 150,00€ a euro 250,00€ per verde intensivo e/o verde estensivo compreso impianti di irrigazione per una superficie di 2600 m² di cui 500 m² di ghiaia a vista.

Tempi di progettazione e realizzazione:

per la progettazione delle coperture circa 20 giorni, la realizzazione compreso i tracciamenti è durata dal 20 gennaio 2011 alla fine di maggio 2011 (circa 4.5 mesi)



Dopo lo spaglio i Sedum vengono coperti da un sottile strato di substrato successivamente rullato



Verde pensile estensivo ad aromatiche

Bosco Verticale

Luogo:	Milano, Quartiere Porta Nuova - Isola
Committente:	Hines Italia SGR SpA
Team di progetto:	Team leader – Progettazione architettonica: Boeri Studio (Stefano Boeri, Gianandrea Barreca, Giovanni La Varra)
Progetto del Verde:	Emanuela Borio & Laura Gatti
Progettazioni specialistiche:	Arup Italia (Strutture), Tekne SpA (Progettazione architettonica esecutiva), Hilson Moran (Impianti)
Impresa realizzatrice:	ZH General Construction Company S.p.A. (Componenti edilizie) Peverelli Srl (Opere a verde)
Dati dimensionali:	Oltre 1500 m² di superficie netta; oltre 1700 ml di sviluppo lineare; 120 alberi grandi; 544 fra alberi medi e grandi arbusti; oltre 4000 piccoli arbusti; oltre 11000 fra perenni e tappezzanti

Obiettivi del progetto:

Il Bosco Verticale è un nuovo modello di diffusione del verde all'interno della città costruita che propone un sistema diffuso e adattabile di verde sviluppato in altezza. Le due torri residenziali di circa 110 e 80 metri, realizzate nel centro di Milano ai margini del quartiere Isola, contribuiranno a rigenerare l'ambiente e la biodiversità urbana tramite la presenza di alberi e arbusti, costantemente distribuiti sui prospetti nella sezione esterna dell'edificio. Il Bosco Verticale aiuta a costruire un microclima favorevole e a filtrare le polveri sottili nell'ambiente urbano.

Descrizione sintetica della realizzazione:

La novità della soluzione progettuale proposta è insita nella scala dell'intervento previsto, ovvero la dimensione degli alberi da utilizzare e l'estensione dei sistemi verdi continui in altezza lungo le facciate degli edifici. La diversità delle piante e le loro caratteristiche producono umidità, assorbono CO₂ e polveri, producono ossigeno, proteggono dall'irraggiamento e dall'inquinamento acustico, migliorando il comfort dell'abitare.

Struttura/stratigrafia della realizzazione:

Le vasche che accolgono gli alberi sono realizzate in calcestruzzo in continuità con la struttura. Per ottimizzare i carichi, profondità e sviluppo sono variabili a seconda del tipo di pianta che ospitano, arrivando a garantire 100 cm di profondità e fino a 5,5 metri cubi di substrato esplorabile dalle radici per ciascun albero di grandi dimensioni. Il substrato è sviluppato a partire da una base di terreno di coltivo, pomice, lapillo e compost da scarti vegetali e si articola in tre strati a diversa composizione e granulometria per ricreare le migliori condizioni di sviluppo. Sul fondo di ogni vasca una rete metallica permette di fissare il sistema di ancoraggio delle zolle. Per la sicurezza degli alberi più alti è previsto un ancoraggio supplementare della zolla e un ancoraggio del tronco con fasce collegate a un cavo d'acciaio fissato alle solette dei terrazzi superiori.



Rendering del progetto – Boeri studio Milano



Rendering del progetto – Boeri studio Milano



La preparazione del materiale vegetale in vivaio

Vegetazione di progetto:

La scelta delle specie tiene conto, oltre ai criteri estetici e compositivi che fanno del Bosco Verticale un sistema di verde di facciata riconoscibile e fortemente caratterizzato, che si esprime in un controllo dell'evoluzione stagionale delle piante e della struttura arborea per l'intero complesso delle facciate, anche di fattori legati alla sicurezza quali la resistenza strutturale, l'attitudine alla coltivazione in contenitore, la tipologia degli apparati radicali; sono poi escluse le piante allergeniche, quelle facilmente soggette a malattie, quelle che emettono composti organici volatili. Le situazioni microclimatiche individuate ai differenti piani hanno consentito di selezionare la gamma di piante più adatte al sistema della facciata verde. Con l'incrementare dell'altezza aumentano le piante caratterizzate da una migliore resistenza al vento (disidratazione, fragilità delle ramificazioni). Per la prima volta in Italia è stato attivato un contratto di pre-coltivazione in vivaio della durata di 2 anni per ricercare il massimo controllo della qualità del materiale vegetale impiegato, ottimizzare il rapporto tra parte aerea e parte sotterranea degli alberi.

Impianti:

Il sistema è dotato di impianto di sub irrigazione con ala gocciolante e centrale di fertirrigazione. L'impianto di ogni singola vasca è controllato in remoto attraverso un sistema di sonde che registrano gli eventuali malfunzionamenti e inviano un segnale di allarme alla centrale di controllo. La manutenzione del verde e la gestione degli impianti avvengono a livello centralizzato: il singolo proprietario non può apportare modifiche alla programmazione degli interventi. Per la manutenzione del verde è previsto l'ausilio di una gru in copertura che si muove lungo le facciate dell'edificio.


Risultati raggiunti dell'intero progetto: Le stime preliminari valutano in 2° C in meno l'entità della mitigazione termica per effetto dell'ombreggiamento della facciata e in 19,8 t/anno la quantità di anidride carbonica assorbita dalla vegetazione presente sulle facciate degli edifici .

Costi:

I più elevati fanno riferimento ai rinforzi strutturali, rispetto ad una costruzione tradizionale.

Tempi di progettazione e realizzazione:

Progettazione preliminare: 2007-2008

Progettazione esecutiva: 9

Realizzazione: 2010-2012

Progetto Bicocca Milano – Edificio 143

Luogo: **Milano, Viale Sarca**
 Committente: **Privato**
 Team di progetto: **Land Srl - Arch. Andreas Kipar,
 Dott. Agr. Giovanni Sala.
 www. landsrl.com**
 Impresa realizzatrice: **Euroambiente S.r.l.**
 Dati dimensionali: **1200 m²**

Descrizione sintetica della realizzazione

Il giardino è collocato in copertura di un grande spazio collettivo (circa 5mt dal suolo), illuminato da lucernari che compongono nel giardino una serie di volumi imponenti, emergenti rispetto al piano di calpestio. Il progetto del verde è stato realizzato a seguito della progettazione esecutiva dell'immobile.

Il giardino pensile, non fruibile se non per le operazioni manutentive, si compone di una sequenza di fasce arbustive e a prato, che, con andamento organico, si muovono nello spazio tra i volumi dei lucernari, relazionandosi anche in altezza ad essi.

Struttura/stratigrafia della realizzazione

Per la preparazione del substrato di impianto si è realizzato uno strato drenante continuo con sacchi di igroperlite e successiva stesa di un mix alleggerito a prevalenza di lapillo al fine di assicurare, pur con ridotti spessori, adeguato drenaggio e accumulo di sostanze nutritive e umidità per gli impianti vegetali.

La stratigrafia si compone di: georete tridimensionale in filamenti di polietilene accoppiata a strato di tessuto non tessuto posata nel substrato per migliorare la stabilità degli apparati radicali; strato separatore e di polipropilene/polietilene termolegato a filo continuo; igroperlite in sacchi; lapillo; prato pronto e arbusti.

Vegetazione di progetto:

La scelta delle specie vegetali mira ad assegnare un carattere unitario allo spazio verde frammentato dalla disposizione apparentemente casuale dei volumi architettonici, introducendo linee morbide e curve organiche.

Sul prato masse fluide di arbusti sempreverdi (*Osmanthus fragrans*) accompagnano fasce di arbusti spoglianti con fioriture 'cangianti' particolarmente prolungate nel tempo (*Rosa chinensis* 'Mutabilis'). Vegetazione arborea inserita: *Betula alba*.

Impianti:

Impianto di subirrigazione ad al gocciolante posto tra materassini di igroperlite e terriccio.

Costi:

120676,27



Tempi di progettazione e realizzazione:

Tempi di progettazione: 2005 – 2006;

Tempi di realizzazione: primavera 2007



La preparazione della stratigrafia per il verde pensile intensivo



La messa a dimora della vegetazione



Il verde in copertura a regime

Copertura a verde del centro direzionale PIRELLI HEADQUARTERS Quartiere Bicocca (MI)

Luogo: **Milano**
Committente: **Pirelli RE**
Progettazione: **Gregotti Associati - Milano**
Progetto ambientale: **LAND - Milano**
Studio realizzazione del sistema:
Studio Tecnogreen di Enzo Paoli - Como
Imprese realizzatrici: **Euroambiente Srl – Pistoia**
Dati dimensionali: **superficie a verde 2000 m²**

Obiettivi del progetto e descrizione sintetica della realizzazione:

L'intervento ha riguardato la realizzazione di giardini di copertura parziale dell'edificio adibito a centro direzionale, di nuova costruzione. L'inverdimento si è svolto su superficie impermeabile in parte piana ed in parte inclinata. L'utilizzo di diverse tipologie di perlite ha permesso di realizzare superfici cementate, come marciapiedi perimetrali al fabbricato, in aree accessibili direttamente dagli uffici ed utilizzabili come zone relax.

Struttura/stratigrafia della realizzazione

Drenaggio Ecodren SD5

Accumulo idrico IGROPERLITE® tipo T1 spessore 10 - 20 cm (multistrato per compensare i dislivelli)

Substrato AgriTERRAM® TV sp. 10 - 25 cm in funzione della vegetazione

Vegetazione di progetto:

prato in rotoli, tappezzanti varie e siepi

Impianti:

subirrigazione con tubo in PE rivestito con TNT

Tempi di realizzazione:

2003



Copertura a verde Centro Commerciale Carosello

Luogo: **Carugate (MI)**
 Committente: Eurocommercial Properties Italia s.r.l.
 Team di progetto:
 Progettazioni: Systematica Works - MI
 Dunnet Craven Ltd - London UK
 LAND Landscape A.N.D.- MI

Studio realizzazione del sistema:
 Studio Tecnogreen di Enzo Paoli - CO

Imprese realizzatrici: Euroambiente (PT) - Impernovo (MO)

Dati dimensionali: **Area complessiva 13.000 m²**
superficie a verde pensile 11.500 m²

Obiettivi del progetto e descrizione sintetica della realizzazione:

La Eurocommercial Properties Italia s.r.l. ha ampliato di ulteriori 13.000 m² la superficie del centro commerciale Carosello di Carugate con un intervento innovativo, migliorando l'impatto estetico ed ambientale dell'intera area commerciale.

La copertura del nuovo fabbricato - in parte piana e in parte inclinata e curva - è visibile sia dalla quota parcheggio sia dai vicini nodi autostradali ed è realizzata a verde pensile intensivo leggero.

È completamente fruibile e la vegetazione è costituita da un tappeto erboso a pronto effetto e da vegetazione arbustiva.

La copertura è in lamiera grecata e comprende una barriera al vapore con membrana bituminosa e foglio in polietilene, un pannello coibente in polistirene, uno strato impermeabilizzante antiradice in lega di poliolefine.

Struttura/stratigrafia della realizzazione:

SISTEMA PERLIROOF®
 Drenaggio ECODREN SD5
 Accumulo idrico IGROPERLITE® tipo T 2 spessore 5 cm
 Substrato AgriTERRAM® TV S spessore 10 cm
 lapillo 10-14 spessore 5 cm

Vegetazione di progetto:

tappeto erboso in rotoli a pronto effetto e da vegetazione arbustiva

Impianti:

impianto di subirrigazione, elettrico gabbia di Faraday integrati nello spessore della stratigrafia

Tempi di progettazione e realizzazione:

2004 – 2008 (realizzazione 2008)



Verde pensile privato a Villafranca (VR)

Luogo:	Villafranca (VR)
Committente:	Privato
Team di progetto:	Paesaggista Giusto Variara Dott. For. Anna Dal Canal
Impresa realizzatrice:	Dal Canal Gianni srl Manti Impermeabili e Giardini pensili Verona
Dati dimensionali:	mq 1000 di giardino di cui 400 pensili su garages interrati.

Obiettivi del progetto:

Il progetto ha riguardato il giardino di una residenza unifamiliare, realizzato a seguito di ristrutturazione di una corte, con aggiunta di autorimessa interrata, sopra la quale viene realizzata una porzione di verde pensile. La Committenza desiderava un giardino con funzione estetica ricreativa e di rappresentanza, in particolare si richiedeva un'attenzione specifica all'omogeneità dell'intervento, volendo realizzare un intervento integrato di verde pensile e verde in piena terra, senza alcuna delimitazione tra le parti.

In fase di progetto di autorimessa interrata erano già state calcolate dal progettista le portate necessarie alla realizzazione di un verde pensile, infatti erano stati determinati in 800 kg/m^2 i carichi considerati fissi per tale impianto, di cui solo 230 kg/m^2 utilizzati dal pacchetto di verde pensile di spessore forzatamente contenuto, a causa dello spessore disponibile e della soglia moto bassa.

Il progetto ha quindi previsto la realizzazione di un vasto prato in diretta comunicazione con il portico di accesso, nel punto in cui lo spessore a disposizione (come si vede chiaramente nelle immagini) era di soli 20 cm, mentre lungo il perimetro, anche in prossimità di altre edificazioni, si sono potuti realizzare dei sopralzi in quota di terriccio in modo da poter collocare alberi e arbusti di maggiore dimensione a realizzare barriere visive e quinte di mascheramento. Inoltre il giardino pensile confina direttamente con la parte di giardino in pieno campo, ed era fondamentale non far percepire la minima differenza tra i due tipi di realizzazione: anche questo obiettivo è stato pienamente raggiunto non notandosi né differenze di quota né di colore tra i due tappeti erbosi.

Descrizione sintetica della realizzazione:

la ditta Dal Canal ha realizzato sul solaio dei garages un'impermeabilizzazione in poliolefine, procedendo successivamente alla realizzazione del verde pensile e poi del verde in pieno campo sulla superficie circostante.

Struttura/stratigrafia della realizzazione:

Per la realizzazione si è utilizzato un pacchetto pensile con sistema Daku composto da pannello di drenaggio e accumulo nello spessore 6 cm posato omogeneamente sull'intera superficie direttamente al di sopra e a contatto con il manto impermeabilizzante, non necessitando la posa di uno strato di separazione meccanica da separazione. Al di sopra dell'elemento drenante è stato successivamente posato un filtro di separazione e radicamento su cui si è depositato il substrato di coltura per uno spessore di 15 cm.



La posa degli elementi componenti la stratigrafia nella zona a verde pensile



La messa a dimora della vegetazione nell'area a verde pensile



Vista della zona mista verde pensile e pieno campo a lavori terminati



Vista della zona verde pensile a lavori terminati



Particolare del tappeto erboso in zona di confine tra pensile e pieno campo

Il terriccio utilizzato è composto da circa il 95% di lapillo di lava e il restante 5% circa di compost, idoneo ed appositamente studiato per il verde pensile, reperibile in commercio.

Vegetazione di progetto:

Il progetto dell'area ha previsto l'inserimento di una grande area a prato, e la composizione di macchie arboree e arbustive in prevalenza sempreverde per creare una barriera permanente durante l'anno. Per la realizzazione della parte a prato si è utilizzato del prato a rotoli, che presenta il vantaggio di poter essere messo a dimora in qualsiasi epoca. Per lo stesso motivo la vegetazione arborea ed arbustiva inserita è stata preferita in vaso, messa a dimora realizzando delle modellazioni del terreno, partendo da 15 cm a disposizione per il prato si arriva alla quota di circa 60 cm idonea alla piantumazione delle specie di maggiori dimensioni.

Le piante inserite sono *Rhyncospermum jasminoides*, *Olea fragrans*, *Laurus nobilis*, *Nerium oleander*, *Buxus spp*, *Pittosporum spp*, *Camelia spp*, inserite nella porzione con profondità di terriccio idoneo in relazione alla dimensione del vaso. Le piante non hanno subito particolari lavorazioni per l'adattamento al tipo di terriccio utilizzato, solo per la messa a dimora di piante acidofile, come la camelia, si è creata una vasca di tnt in cui poter correggere il pH.

Come di consueto al completare la messa a dimora si è posizionato un telo pacciamante sopra il quale si è sistemato uno strato di lapillo di grosse dimensioni, in modo da avere una continuità di superficie, seppure garantendo una protezione dalle infestanti che avrebbero potuto svilupparsi.

Impianti:

Esecuzione contestuale dell'impianto d'irrigazione e predisposizione dei punti luce. L'impianto di irrigazione predisposto è del tipo ad ala gocciolante nella parte destinata agli arbusti, mentre si sono inseriti irrigatori dinamici, di altezza ridotta in relazione allo spessore di terriccio in cui sono inseriti, nella porzione a prato. Gli elementi irrigatori nella porzione di verde pensile si sono inseriti senza particolari differenze rispetto alla porzione di verde in piena terra, collegati ad un unico sistema di comando seppur settorializzato per andare incontro alle differenti necessità idriche, in particolare nei periodi di maggiore siccità.

Risultati raggiunti dell'intero progetto: realizzazione di verde pensile con basso spessore perfettamente integrato nel resto del giardino su terra, con ottima resa estetica complessiva. La realizzazione ha mantenuto stabili nel tempo le sue caratteristiche, non evidenziandosi modifiche o decadimenti vegetativi, anche a fronte di una manutenzione correttamente eseguita in tutta l'area del giardino, sia la parte di verde pensile, sia in pieno campo.

Costi:

€ 250/m² per la parte pensile, comprensivo di vegetazione ed impianti.

Tempi di progettazione e realizzazione:

Complessivamente 2 mesi, tra settembre e novembre 2007, considerando tutte le variabili-imprevisti di cantiere e di tempi morti.

Verde pensile privato a Mantova

Luogo:	Mantova
Committente:	Privato
Team di progetto:	Arch. Tiziano Lera – Forte dei Marmi
Impresa realizzatrice:	Dal Canal Gianni srl Manti Impermeabili e Giardini pensili Verona
Dati dimensionali:	complessivi mq 400 pensili suddivisi su tre terrazze piane.

Obiettivi del progetto:

Il progetto ha riguardato il giardino di una residenza unifamiliare, realizzata ex novo: si tratta di un edificio costituito da due torrette ed un corpo centrale sul quale è stato creato anche un laghetto: su tutte e tre queste strutture si è realizzato un giardino pensile. La Committenza desiderava un giardino con funzione estetica ricreativa e di rappresentanza, in particolare si richiedeva un'attenzione specifica alla visibilità dell'opera anche dall'esterno oltre che dalle stanze dell'abitazione.

In fase di progetto erano già state calcolate dal progettista le portate necessarie alla realizzazione di un verde pensile, infatti erano stati determinati oltre 400 kg/mq i carichi considerati fissi per tale impianto, di cui 350 kg/m² utilizzati dal pacchetto di verde pensile, dello spessore medio di cm. 40: più precisamente cm 30 per la zona a prato, spessore dettato dal raccordo con le soglie delle terrazze, e cm 50-60 nelle zone perimetrali ad arbusti.

Il progetto ha quindi previsto la realizzazione di un prato in diretta comunicazione con gli ingressi alle terrazze, mentre lungo il perimetro si sono realizzati dei sopralzi in quota di terriccio in modo da poter collocare alberi e arbusti di maggiore dimensione a realizzare barriere visive e quinte di mascheramento oltre che ben visibili e decorative dall'esterno.

Obiettivo principale è stato il corretto ancoraggio degli alberi d'alto fusto particolarmente esposti ai venti, trattandosi di giardino pensile in quota, senza danneggiare l'impermeabilizzazione.

Dal punto di vista del cantiere si sono posti tutti i problemi organizzativi del lavoro in altezza, come le assistenze d'impresa per il tiro al piano di lavoro dei materiali e di conseguenza il dilatarsi dei tempi di realizzazione.

Descrizione sintetica della realizzazione:

la ditta Dal Canal ha realizzato sulle coperture in quota un'impermeabilizzazione in poliolefine, procedendo successivamente alla realizzazione del verde pensile.

Struttura/stratigrafia della realizzazione:

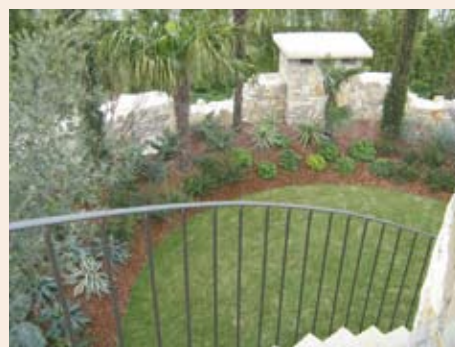
Per la realizzazione si è utilizzato un pacchetto pensile con sistema Daku composto da pannello di drenaggio e accumulo nello spessore 6 cm posato omogeneamente sull'intera superficie direttamente al di sopra e a contatto con il manto impermeabilizzante, non necessitando la posa di uno strato di protezione meccanica da separazione. Al di sopra dell'elemento drenante è stato successivamente posato un filtro di separazione e radicamento su cui si è depositato il substrato di coltura per uno spessore di 15 cm.



La messa a dimora della vegetazione



La posa del prato a rotoli



I lavori terminati



Il complesso a lavori terminati

Il terriccio utilizzato è composto da circa il 95% di lapillo di lava e il restante 5% circa di compost, idoneo ed appositamente studiato per il verde pensile, reperibile in commercio.

Vegetazione di progetto:

Il progetto dell'area ha previsto l'inserimento di un'area a prato su ciascuna terrazza, e la composizione di macchie arboree e arbustive in prevalenza sempreverde per creare una barriera permanente durante l'anno, con piante di una certa altezza per la visibilità e l'estetica anche dall'esterno. Per la realizzazione della parte a prato si è utilizzato del prato a rotoli, che presenta il vantaggio di poter essere messo a dimora in qualsiasi epoca. Per lo stesso motivo la vegetazione arborea ed arbustiva inserita è stata preferita in vaso, messa a dimora realizzando delle modellazioni del terreno, partendo da 30 cm a disposizione per il prato si arriva alla quota di circa 60 cm idonea alla piantumazione delle specie di maggiori dimensioni.

Tra le piante *Chamaerops excelsa*, *Rhynchospermum jasminoides*, *Cupressus sempervirens*, *Acer spp*, *Olea europaea*, inserite nella porzione con profondità di terriccio idoneo in relazione alla dimensione del vaso. Le piante non hanno subito particolari lavorazioni per l'adattamento al tipo di terriccio utilizzato.

Per l'ancoraggio sono state stese sul filtro di separazione delle reti elettrosaldate alle quali sono stati agganciati i cavetti di fissaggio delle zolle.

Come di consueto al completare la messa a dimora si è posizionato un telo pacciamante sopra il quale si è sistemato uno strato di lapillo di grosse dimensioni, in modo da avere una continuità di superficie, seppure garantendo una protezione dalle infestanti che avrebbero potuto svilupparsi.

Impianti:

Esecuzione contestuale dell'impianto d'irrigazione e predisposizione dei punti luce. L'impianto di irrigazione predisposto è del tipo ad ala gocciolante nella parte destinata agli arbusti, mentre si sono inseriti irrigatori dinamici nella porzione a prato.

Risultati raggiunti dell'intero progetto:

realizzazione di verde pensile con ottima resa estetica complessiva ed alberi alti stabili e ben ancorati come desiderato dal progettista e dalla Committenza, senza naturalmente compromettere l'impermeabilizzazione. La realizzazione ha mantenuto stabili nel tempo le sue caratteristiche, non evidenziandosi modifiche o decadimenti vegetativi.

Costi:

€ 280/m² per la parte pensile, comprensivo di vegetazione ed impianti.

Tempi di progettazione e realizzazione:

Complessivamente 3 settimane nel marzo 2009, considerando tutte le variabili-imprevisti di cantiere e di tempi morti.



Tetto verde Nuovo Padiglione "G." Ospedale Bellaria

Luogo:	Ospedale "Bellaria" a Bologna in via Altura, 3
Committente:	AUSL città di Bologna
Team di progetto:	Arch. Enzo Zacchioli (struttura), Agr. Gabriele Dall'Olio (tetto verde)
Impresa realizzatrice:	SCAM (Società Consortile Adanti Manutencoop a.r.l.)
Dati dimensionali:	Area complessiva 5.000 m² superficie a verde pensile 3.800 m².

Obiettivi del progetto:

Visto la natura dell'intervento, che amplia in maniera significativa la volumetria dell'Ospedale, ed il luogo dove questo intervento è stato realizzato, precisamente all'interno del parco che abbraccia tutta l'area del policlinico, risulta chiaro l'intento da parte dei progettisti di realizzare una struttura che provochi il minor impatto ambientale possibile. La scelta di costruire un edificio con tetto piano inverdito va senz'altro in questa direzione.

Descrizione sintetica della realizzazione:

Il tetto verde in oggetto è stato realizzato secondo la tecnica del tetto verde estensivo, cioè a bassa manutenzione. Il Consorzio aggiudicatario ha cercato di contenere i costi di realizzazione operando al proprio interno, cioè con tecnici e operai del settore verde appartenente ad una delle consorziate (Manutencoop). Si è voluto realizzare un pacchetto in proprio, al di fuori dei brevetti normalmente proposti, utilizzando e assemblando materiali di prima qualità che andassero a comporre un pacchetto con caratteristiche che assecondassero e migliorassero quelle richieste in capitolato.

Stratigrafia della realizzazione: per la realizzazione tetto verde si è utilizzata una stratigrafia comprendente: elemento drenante in plastica riciclata con serbatoi di riserva idrica, fori e canali per il deflusso dell'acqua; riempimento con substrato drenante di pomice 4-16 mm; strato di separazione in geotessile non tessuto; substrato poroso a matrice organica e minerale; strato vegetale. In particolare la descrizione del CME riporta:

- Esecuzione di strato di drenaggio e stoccaggio idrico con fornitura e posa in opera di elementi drenanti "MODI", in plastica riciclata, prestampata, imputrescibile, resistente alle sostanze chimiche ed organiche, resistente alla compressione, spessore cm 9, con dimensioni in pianta di cm 58x58. Ogni elemento è fornito di n° 39 serbatoi il m², con base liscia, circolare, arrotondata e predisposti sfalsati, con riserva idrica di 18 l/ m². La superficie totale di appoggio piedi serbatoi è di cm²/m² 609, con una resistenza alla compressione di oltre kg/ m². 10 000. Gli elementi sono dotati di n° 192 fori per m². con diametro di mm 8, per evitare il passaggio delle radici e mantenere un'eccezionale drenaggio dell'acqua, potere drenante 1.300 litri-ora/ m².
- Fornitura e posa di substrato drenante alleggerito, formato da pomice con tessitura 4-16 mm per il completo riempimento dei serbatoi ed il miglioramento delle caratteristiche meccaniche nonché di rilascio dell'acqua di stoccaggio.
- Fornitura e posa di strato di separazione in Geotessile non tessuto agulgiato da fiocco in polipropilene alta tenacità, tipo TECNOGEO HTE o equivalente, per la separazione, la protezione, la filtrazione, il rinforzo, avente le seguenti caratteristiche: massa areica non inferiore a 200 g/ m² (EN 965), spessore sotto 2 kPa non superiore a 1,7 mm (EN 964-1), resistenza a tra-



La posa dello strato di impermeabilizzazione e del feltro di protezione meccanica al di sopra



La posa dell'elemento Drenante



Riempimento dei serbatoi dell'elemento drenante con substrato drenante alleggerito



Stesura del substrato di coltivazione sopra il telo filtrante



Distribuzione a spaglio dei *Sedum*



Rullatura dei *Sedum* dopo la semina



La copertura dopo 18 mesi dal termine dei lavori

zione L/T non inferiore a 12,0/12,0 kN/m, deformazione a rottura L/T non superiore a 80/110% (EN ISO 10319), resistenza a punzonamento statico non inferiore a 1,7 kN (EN ISO 12236), resistenza a perforazione dinamica non inferiore a 21 mm (EN 918), un'efficacia protezione non inferiore a 65 N (prEN14574), diametro di filtrazione O90 non superiore a 96 micron (EN ISO 12956), permeabilità normale al piano non inferiore a 0,06 m/s (EN ISO 11058).

- Fornitura e posa di strato di drenaggio perimetrale eseguito con ghiaia di fiume, tonda, lavata, avente granulometria 20/30 mm, posata in corrispondenza dei perimetri, dei volumi tecnici, dei lucernai, per uno spessore pari al terriccio di coltura ed una larghezza di cm 20 ca.
- Fornitura e posa di substrato di coltura, nello spessore finale di 10 cm, poroso a matrice prevalentemente minerale specifico per tetti verdi, con granulometria corretta ed esente da semi infestanti, costituito da pomice, zeolite, lapillo e torba, compreso una concimazione di fondo azotata. Inoltre il substrato è integrato da acidi umici e fulvici da leonardite selezionata e da fertilizzanti complessi a cessione differenziata con tecnologia dell'urea metilica, completati da zinco per la divisione cellulare e bioattivatori organici. Ciò consente un progressivo rilascio dei nutrienti, riducendo le perdite per dilavamento ed una nutrizione costante sino allo sviluppo finale. Le sabbie silicee vulcaniche, ad elevata porosità, assicurano alle piantine presenti una grande frazione di acqua facilmente disponibile e favoriscono il radicamento, riducendo le fallanze.
- Fornitura e semina di essenze vegetali composte da piante erbacee perenni in vasetto e/o in talea, appartenenti alla famiglia delle crassulacee, particolarmente adatte in queste situazioni di forte insolazione e mancanza di irrigazione. La loro forte capacità tappezzante fa sì che arrivino a coprire la superficie nel giro di pochi mesi. Densità 6-8 piante/ m² oppure nella dose di 80-100 g/m².
- Manutenzione del primo anno con visite periodiche dell'impianto (bimensili nei mesi compresi fra aprile e settembre e trimestrali negli altri sei) al fine di verificarne lo stato ed intervenire con diserbi manuali che limitino la crescita di infestanti mono e dicotiledoni. Concimazioni specifiche con prodotti granulari, ternari, a lenta cessione con microelementi due volte all'anno. Trattamenti antiparassitari se necessari. Ripristino delle aree di scarso o nullo attecchimento compreso nelle manutenzioni solo nel caso di presenza dell'impianto irriguo automatico. Pulizia degli scarichi con eventuali ripristini della loro efficienza.

Vegetazione di progetto: la vegetazione che compone la miscela floristica è essenzialmente composta da crassulacee ed in particolare *Sedum album*, *Sedum reflexum*, *Sedum hispanicum* e *Mesembryanthemum cooperi*; tutte piantate in talea.

Impianti: non sono stati montati impianti irrigui automatici, ma solo una linea centrale con prese d'acqua a disposizione per eventuali irrigazioni di soccorso.

Risultati raggiunti: i risultati sono stati assolutamente soddisfacenti, l'intera superficie risultava coperta dalla vegetazione pochi mesi dopo la semina primaverile. L'impianto vegetale ha anche risposto positivamente ad eventi negativi quali forti gelate invernali e lunghe siccità estive che hanno provocato forti diradi temporanei. Solo in Mesembriantemo si è rivelato, alle nostre latitudini, eccessivamente delicato alle gelate e – soprattutto – alla neve. Gli interventi di irrigazione di soccorso sono stati tre il primo anno per poi ridursi a due il secondo anno. Non vi sono mai stati problemi di ristagno idrico ed il sistema, da questo punto di vista, ha risposto efficacemente alle aspettative iniziali.

Tempi di realizzazione: la realizzazione è stata eseguita fra febbraio e maggio del 2008.

Giardino pensile del complesso residenziale "La Piazzetta del Forte"

Luogo: **Forte dei Marmi**
 Committente: Hotel La Versilia srl Massa
 Team di progetto Architettura:
 Arch. Andrea Pacchiarini Guastalla (RE) e
 Massa (MS) (www.pacchiarini.net)
archpac@pacchiarini.net
 Team di progetto Architettura del paesaggio:
 Studio Bellesi Giuntoli – Firenze
 (www.studiobellesi.com)
info@studiobellesi.com
 Impresa realizzatrice del verde:
 Duemila uno srl Viareggio
 (www.duemilaunosrl.it)
info@duemilaunosrl.it
 Dati dimensionali: **superficie a verde pensile 1.100 m²**

Obiettivi progetto:
 riqualificazione ambientale di un'area urbana di pregio

Descrizione sintetica della realizzazione:

Il progetto si inserisce nel centro storico del Forte dei Marmi in una zona ad intenso transito pedonale. Il giardino pensile permette infatti il raggiungimento del lungomare dalla confinante piazza centrale del Forte costituendo una occasione di shopping nei negozi che si affacciano sul lato interno del giardino. La rilevante valenza architettonica del disegno, per il quale è stato privilegiato l'uso del marmo bianco di Carrara, ha determinato la composizione e la scelta delle specie del giardino pensile che da un lato dialogano con le sinuosità del disegno delle varie aiuole e dall'altro ne ammorbidiscono le linee arricchendo il progetto con le tessiture ed i colori delle piante. La componente vegetale ha provveduto ad equilibrare l'impatto del costruito con un fabbisogno di verde che un senso elementare di bellezza reclama in ogni contesto urbano ben progettato. La scelta delle specie è stata molto condizionata dalla tipologia di aiuole caratterizzate da uno spessore di substrato molto ridotto, variabile da un minimo di 10 cm ad un massimo di 1 metro.

Ciò nonostante dall'osservazione dell'evoluzione del lavoro dalla preparazione delle aiuole alla messa a dimora delle piante si evince come sia davvero possibile anche con poco spazio poter realizzare "un quasi giardino", uno spazio godibile nelle diverse stagioni con sfumature sempre diverse.

In alcuni punti si sono inserite piante rampicanti sia su substrato che in vaso per realizzare una schermatura verde capace di mascherare i locali tecnici o per mitigare l'effetto riflettente del marmo bianco. La morfologia delle aiuole è stata studiata per sfumare la rigorosa geometria verticale delle architetture mediante la realizzazione di una moderata movimentazione di substrato ricoperto dalla vegetazione, cercando di ricreare un aspetto naturalistico evocativo delle dune marine.

Struttura/stratigrafia della realizzazione:

La sequenza dei vari strati prevede una guaina impermeabilizzante, un telo antiradice, uno strato drenante tipo Geodrein (spessore 6



La realizzazione dei cordoli di contenimento e preparazione della struttura del giardino



Strato drenante tipo Geodrein spessore 6 cm circa su tutta la superficie dell'aiuola e successivo riempimento degli interstizi con lapillo vulcanico



La posa del substrato di coltivazione composto da substrato minerale, agriperlite e torba bionda



Impianto di irrigazione ad ala gocciolante, messa a dimora della vegetazione e pacciamatura con lapillo vulcanico, per ottenere un raccordo più naturale tra i cordoli e le aiuole sui bordi sono stati posizionati ciottoli di marmo



cm circa su tutta la superficie dell'aiuola e successivo riempimento degli interstizi con lapillo vulcanico), uno strato di T.N.T (di separazione 130 gr/ m² sull'intera superficie dell'aiuola e con risvolti di 5 cm circa) ed infine il substrato di coltivazione composto da substrato minerale costituito dalla miscela di inerti vulcanici naturali (pomice e vulcaniti, di cui il 50% sabbia di lapillo vulcanico e il 50% sabbia di pomice) 40% circa, agriperlite 10 % circa; torba bionda 50 % (v/v) concimato con Osmocote 12/14 mesi, privo di materiali inerti estranei e semi di infestanti. Per la conciamatura si è utilizzato lapillo vulcanico di pezzatura 10/15mm con spessore medio di circa 8 cm. Sui bordi, per ottenere un raccordo più naturale tra i marciapiedi di marmo e le aiuole, sono stati posizionati ciottoli di marmo bianco e di Bardiglio (una varietà più grigia del bianco di Carrara) di varie dimensioni mediante posizionamento manuale secondo le indicazioni fornite dal disegno e della D.L.

Vegetazione di progetto

Le molte piante utilizzate nei diversi ambiti trovano una ragion d'essere sia nella disponibilità di spazio, in termini di volumi e superfici disponibili, che nella sinergia che le combinazioni scelte possiedono. Per meglio comprendere il tipo di progetto si specifica che in tutte le aiuole i gruppi vegetali presentano una copertura totale ossia non ci sono spazi liberi fra le piante; questo per dare un pronto effetto alla sistemazione e allo stesso tempo per contenere il numero di infestanti che vi si possono sviluppare e che risultano uno dei maggiori problemi nella manutenzione degli spazi verdi, la cui minimizzazione è stata uno degli obiettivi complementari del progetto. Laddove lo spessore di terreno disponibile risultava inferiore ai 15 cm abbiamo giocato con l'uso di soli ciottoli di marmo; dove avevamo almeno 20 cm di substrato sono state inserite delle piante grasse con fabbisogni minimi.

Nella sistemazione a verde del complesso di Forte dei Marmi l'obiettivo primario è quello di ottenere un quadro di insieme di piacevole presenza lungo il corso delle stagioni sia nell'epoca di fioritura che nelle altre fasi fenologiche. A tal proposito sono state scelte una notevole varietà di specie e cv. che presentano aspetti, portamenti e fioriture che presentano variabilità di forme, colori e mutabilità temporale lungo tutto il corso dell'anno. Per comprendere a pieno tale scelta si fa notare come la presenza di una buona biodiversità vegetale garantisca un aspetto formale dell'intera aiuola anche con piccole fallanze derivate da problemi che possono occorrere ad una singola specie, ma che non necessariamente possono attaccare le altre varietà.

Impianti:

Data la particolare organizzazione delle aiuole con specifici volumi a disposizione, la calibrazione di un impianto di irrigazione a goccia adeguato ha permesso un buon attecchimento delle piante che già dopo pochissimo tempo dalla piantagione hanno accettato con forza.

Costo impianto irrigazione: 9200 euro



Costi opere a verde comprensive di piante messa a dimora e preparazione dei substrati: 49.000 euro

Tempi di progettazione e realizzazione: sono occorsi ca. due mesi per la predisposizione del progetto esecutivo e ca. 3 mesi per la realizzazione (in particolare per ritardi dovuti al tempo meteorico).

Progetto di un giardino pensile per una residenza privata

Luogo:	Benevento
Committente:	Privato
Team di progetto:	Edward E. Tangredi, paesaggista socio AIAPP – riferimenti www.officinagiardini.it info@officinagiardini.it
Impresa realizzatrice:	SEIC Verde Pensile Votino Piante Montesarchio (BN)
Dati dimensionali:	780 m² complessivi 400 m². di verde pensile

Obiettivi del progetto:

Realizzare un giardino pensile su di un solaio di CLS armato rinforzato situato dinnanzi l'abitazione, schermato lo spazio verde dagli edifici residenziali presenti su ogni lato del futuro giardino. Comporre il giardino articolandolo in "tre stanze": una radura erbosa disseminata di bulbi a fioritura primaverile e contornata di aiuole perimetrali fiorite; una seconda area dedicata ad un gazebo con fontana scenografica; una terza area di pertinenza della piscina, completa di solarium e spogliatoio.

Descrizione sintetica della realizzazione

L'ampio lastrico solare, ubicato dinnanzi all'abitazione, ha consentito la realizzazione di un grande giardino pensile privato (verde pensile c.d. "Intensivo pesante", tecnologia SEIC). L'articolazione dell'area di progetto in tre "stanze" suggerisce una sensazione di dilatazione spaziale, stimola la curiosità di scoprire i vari ambienti e distrae dall'intorno edificato percepibile oltre l'alta siepe di bambù. Apre la scena una geometrica radura erbosa – delimitata da lastre rettangolari di pietra calcarea locale - dove la presenza asimmetrica dell'annosa Lagerstroemia indica consente alla vista di osservare il gioco d'acqua inquadrato dal gazebo "cornice". Qui, una seconda piccola stanza precede l'area piscina, ben celata agli sguardi da siepi di bambù e fotinia. Ovunque, phormium, rose, abelie, peonie, piante di iperico e ceratostigma assicurano una fioritura primaverile ed estiva interminabile. Sul finire dell'inverno, migliaia di bulbi di crocchi, narcisi e tulipani animano il prato ed annunciano l'inizio della primavera.

Struttura/stratigrafia della realizzazione

Si è provveduto ad impermeabilizzare la soletta di CLS armato mediante l'impiego di guaina in PVC termosaldato – spessore circa 2 mm. Su di essa è stato steso un tessuto ad alta densità c.d. "geotessile di protezione" – spessore circa 5 mm- indispensabile per assicurare una sicura protezione meccanica della guaina in PVC. È utile come elemento che, impregnandosi di acqua e sali minerali (provenienti per gravità dagli strati superficiali del terreno) li restituisce alla vegetazione per evapo-traspirazione.

Un terzo strato di spessore di 5 cm è stato realizzato posando sul "geotessile di protezione" elementi in plastica c.d. di "drenaggio ed accumulo"; elementi che, adeguatamente intasati di lapillo vulcanico, assicurano alla vegetazione un adeguato drenaggio delle acque di irrigazione e meteoriche, una efficiente aerazione degli strati profondi del terreno ed una utile riserva d'acqua per la vegetazione.



Le fasi di realizzazione della copertura a verde



Il giardino terminato

Posato in opera su detto strato di “drenaggio ed accumulo”, un quarto strato c.d. tessuto-non-tessuto avente funzione di filtraggio delle acque di irrigazione e meteoriche da eventuali micro detriti: questi, provenendo dal terreno sovrastante, trascinati per gravità dall’acqua, potrebbero nel tempo progressivamente intasare lo strato di “drenaggio ed accumulo, impedire così drenaggio ed aerazione degli strati profondi del terreno.

Un quinto strato di lapillo vulcanico – spessore 10/15 cm. – svolgente funzione di substrato drenante del terreno di coltura, è stato steso sugli strati innanzi descritti.

Completa il “pacchetto” del verde pensile intensivo uno strato di terreno di coltura– spessore 25/30 cm. – costituito essenzialmente di una miscela di inerti di laterizio riciclato e frazione organica (stallatico), avente peso di 1400 kg. per ogni metro cubo di terreno a massima saturazione idrica.

Vegetazione di progetto:

Siepe perimetrale: *Sinobambusa tootsik*

Siepe perimetrale piscina: *Sinobambusa tootsik* e *Photinia* “Red Robin”

Aiuole: *Abelia grandiflora*, *Rosa chinensis* “Mutabilis”, *Ceratostigma willmottianum*, *Hypericum calycinum* “Hidcote”, *Phormium tenax* “Purpureum”, *Phormium tenax* “Variegatum”, *Zantedeschia aethiopica*, *Plumbago capensis*, *Cordyline indivisa*, *Paeonia arboorea*, *Abelia grandiflora* “Prostrata”.

Albero unico utilizzato: esemplare di *Lagerstroemia indica*

Prato: miscuglio di graminacee marca SGARAVATTI, tipo EVERGREEN

Bulbi: *Crocus tommasianus* “Ruby Giant”, *Crocus korolkowii*, *Narcissus* x “Sugarbush”, *Tulipa* x “Angelique”.

Impianti:

Impianto di irrigazione automatico a pioggia (pop up) per il prato e a goccia (ala gocciolante) per le aiuole marca TORO

Risultati raggiunti dell’intero progetto:

Estrema velocità di crescita del piano erbaceo ed arbustivo. Bassa incidenza di malattie causate da parassiti animali e vegetali

Costi:

Anno di riferimento 2007

Pacchetto verde pensile: € 60000,00 + IVA circa

Opere verdi (fornitura e messa a dimora piante, bulbi e irrigazione): € 28000,00 + IVA circa

Tempi di progettazione e realizzazione:

Tempi di progettazione: 30 giorni lavorativi;

Tempi di realizzazione: 90 giorni lavorativi

Il verde verticale

Con il termine verde verticale si fa riferimento ad un complesso sistema di tecniche e tecnologie costruttive per il rivestimento delle facciate degli edifici con vegetazione. Con questa definizione si intende comprendere tutte le tecnologie che da qualche anno si sono introdotte in edilizia che permettono l'inserimento di piante a sviluppo generalmente orizzontale a coprire superfici in verticale, come le facciate degli edifici, escludendo quindi la più tradizionale delle tecniche di rinverdimento in verticale: l'utilizzo di piante rampicanti. Infatti la copertura di una superficie con vegetazione rampicante piantata a terra o in contenitore alla base della facciata è tradizionalmente realizzato in tutto il mondo attraverso lo sfruttamento di un caratteristico portamento di alcune piante.



In questo caso l'elemento tecnologico in genere si limita all'introduzione di strutture di sostegno che nel corso della storia del giardino hanno talvolta assunto forme e sono stati elaborati a formare delle vere opere d'arte giardinistica a complemento di architetture più complesse, in sinergia con altri elementi del giardino. La buona riuscita di tali inverdimenti è garantita essenzialmente da valutazioni di tipo agronomico che conducono alla corretta scelta della specie idonea all'uso, come clima, esposizione, terreno, necessità idriche, anche tenendo in considerazione le caratteristiche della facciata da ricoprire, in particolare la necessità o meno di elementi di sostegno e l'altezza.



Con l'introduzione di nuove tecnologie costruttive la pratica dell'inverdimento di facciate di edifici ha trovato nuova vitalità. La realizzazione di facciate giardino con verde verticale si avvale di strutture, autoportanti o solidali con la facciata stessa, in cui sono ricavati alloggiamenti per la messa a dimora di piante tappezzanti o arbusti, generalmente di piccola taglia. Il successo di tali sistemi è da ricercarsi innanzitutto nell'alto valore estetico che se ne ricava: soprattutto in ambiente urbano la realizzazione di una parete verde certamente aumenta il valore dell'architettura di nuova realizzazione con un linguaggio contemporaneo, ma allo stesso tempo una parete verde può valorizzare pareti cieche, patii e androni esistenti. Costituendo una "seconda pelle" degli edifici, inoltre si ipotizza che questi inverdimenti possano contribuire al miglioramento dell'isolamento termico degli edifici, evitando l'irraggiamento diretto dei raggi solari sulla parete, che non si scalda e non irradia il calore all'interno e alla cattura delle polveri sottili (PM10) in ambiente urbano.

Per la realizzazione di tali inverdimenti si sono studiate diverse soluzioni identificabili in due macro categorie, escludendo in questo caso la realizzazione in quota di vasche o contenitori integrati nell'involucro edilizio che di fatto rappresentano una variante o una estremizzazione di pratiche edili ben note. Infat-

ti l'alloggiamento su piani differenti dell'edificio di vasche-fioriere mobili o fisse di dimensioni anche notevoli e sufficienti all'alloggiamento di piccoli alberi, può essere considerata contemporanea alla costruzione di edifici pluripiano.



Le tipologie di pareti vegetali invece prevedono entrambe la costruzione di un piano di coltivazione in verticale continuo, le differenze tra le due riguardano essenzialmente la tipologia di struttura, che può essere saldamente ancorata alla facciata o semplicemente addossata ad essa. Il primo sistema, portato alla fama dal noto "Mur Vegetal" ideato da Patrick Blanc, prevede l'ancoraggio all'edificio di una struttura in acciaio che funge da supporto a elementi in PVC, spessi un centimetro, che irrigidiscono il tutto e rendono la struttura a prova d'acqua. Ai pannelli viene addossato un feltro a ricoprire interamente la struttura ed un secondo nel quale sono ricavati alloggiamenti, piccole tasche con terriccio alleggerito o altro materiale inerte, per la messa a dimora della vegetazione, sotto forma di semi con una densità media di 30 piante per metro quadro. Questo sistema ha avuto molta fama soprattutto grazie alla grande conoscenza di Blanc della vegetazione di tutto il mondo e alla grande maestria nell'utilizzarla in verticale sfruttando le caratteristiche botaniche, in particolare la capacità di vivere anche in poco terreno, purché non ci siano carenze di sostanze nutritive e di acqua, e accostandole a creare

pareti di grande suggestione. Di fatto questo sistema potrebbe essere interpretato come elemento di finitura e rivestimento esterno della facciata di un edificio, partecipando alla formazione di una parete ventilata e quindi concorrendo al miglioramento del comfort termico e igrometrico dell'edificio.



Il secondo sistema, di introduzione più recente ma ormai ampiamente diffuso, si compone di elementi modulari a cassoni o gabbioni all'interno del quale si introduce terriccio alleggerito, sfagno o altro materiale, anche di riciclo, nel quale è messa a dimora la vegetazione. Questo sistema è ovviamente di spessore e peso maggiore rispetto al primo tipo, ma entrambi sono basati sull'applicazione della tecnica di coltivazione idroponica o fertirrigazione, che permette di sostituire la terra con substrato biologicamente inerte su cui le piante, irrigate con una soluzione nutritiva possono radicare e svilupparsi.

Questi sistemi di inverdimento tecnologico in verticale, come si è detto, sono in grande crescita soprattutto a giudicare dai brevetti e dalle ricerche che ogni anno vengono affrontati, tuttavia non sono ancora tecnologie di cui sono inequivocabilmente riconosciuti i benefici sia per gli edifici e per il contesto urbano in cui sono inseriti, come nel caso del verde pensile, cui sono spesso assimilati.

Infatti mentre per gli inverdimenti pensili sono stati riconosciuti i meriti in termini ambientali, i sistemi di verde verticale potrebbero apportare benefici al microclima urbano, certamente possono influire sul sistema di riciclo delle acque meteoriche, possono interagire ad incrementare la biodiversità dell'ambiente urbano, possono incrementare l'assorbimento degli inquinanti e del rumore.

Tuttavia il rapporto costi-benefici di tali sistemi li relegano ancora in elementi di design, impedendone una larga diffusione. Infatti se i costi di installazione di pareti verdi sono superiori alle normali finiture di facciata, i costi di manutenzione del sistema possono talvolta, anche in relazione alle condizioni di contorno come accessibilità e altezza della facciata oggetto di intervento, risultare eccessivi.

