

Edizioni dell'Assemblea  
135

Studi



# **Green Architectural Design**

**Atti del convegno tenutosi in data 26 Febbraio 2016**

A cura di Sandra Marraghini

REGIONE TOSCANA



Consiglio Regionale

**Green architectural design : atti del convegno tenutosi in data 26 febbraio 2016** / a cura di Sandra Marraghini ; [presentazione di Eugenio Giani]. - Firenze : Consiglio regionale della Toscana, 2017

1. Marraghini, Sandra 2. Giani, Eugenio

712.6

Recupero urbano – Impiego di giardini – Atti di congressi CIP (Cataloguing in publication) a cura della Biblioteca del Consiglio regionale

Catalogazione nella pubblicazione (CIP) a cura della Biblioteca della Toscana Pietro Leopoldo del Consiglio Regionale della Toscana

*Volume in distribuzione gratuita*

Consiglio regionale della Toscana

Settore “Biblioteca e documentazione. Archivio e protocollo.

Comunicazione, editoria, URP e sito web. Tipografia”

Progetto grafico e impaginazione: Daniele Russo

Pubblicazione realizzata dal Centro stampa del Consiglio regionale della Toscana ai sensi della l.r. 4/2009

Febbraio 2017

ISBN 978-88-89365-77-9

## Sommario

Presentazione	7
Prefazione	9
1. Saluti	11
di <i>Vincenzo Ceccarelli</i>	13
di <i>Fabrizio Ricci</i>	14
di <i>Alessandro Manni</i>	15
di <i>Egidio Raimondi</i>	16
2. Introduzione	19
<i>Sandra Marraghini</i>	
Nuovi scenari urbani sostenibili	21
<i>Marcello Scalzo</i>	
Dal parco all'orto urbano: nuove prospettive del verde per la città	29
3. Fosco il boscaiolo	35
3.1 La rigenerazione urbana con il verde pensile, il caso della piazza del comune di Calenzano e il concorso di idee "Il Brutto Anatroccolo" di <i>Alessio Biagioli</i>	37
3.2 Una prospettiva per il Design sostenibile di <i>Massimo Ruffilli</i>	47
4 Il verde pensile	51
4.1 Sviluppo sostenibile e verde pensile di <i>Sandra Marraghini</i>	53
4.2 Harpo verdepensile di <i>Maria Elena La Rosa</i>	91
4.3 Menotti Melani: una breve storia dell'azienda, dalla fondazione ai giorni nostri di <i>Vincenzo Corti</i>	125

5. Proposta di nuove linee guida per la progettazione e la diffusione delle coperture verdi	133
5.1 Intenti	135
5.2 Riferimenti normativi	137
5.3 Coperture verdi	139
5.4 Benefici delle coperture verdi	143
5.5 Principi di progetto ed attuazione	153
5.6 Componenti della copertura verde	157
5.7 Altri criteri di progettazione utili	167
5.8 Progettare la manutenzione	173
5.9 Categorie edilizie per installazioni di coperture verdi	177
5.10 Appendice A: lista di controllo per la manutenzione di un tetto verde	185
5.11 Appendice B: motivi per il fallimento del tetto verde	187
5.12 Appendice C: lista di controllo prima di iniziare la progettazione di un tetto verde	191
6. Best practices, alcuni esempi di progettazione	193
6.1 Progetti nazionali	195
6.2 Progetti internazionali	203

## Presentazione

Questo volume raccoglie gli atti di un bel convegno che abbiamo ospitato nel Febbraio 2016 - *Green Architectural Design* - un incontro sull'innovazione e sulle applicazioni del verde pensile. Materia apparentemente di nicchia, selettiva e ristretta ad un particolare campo d'azione, ma che tuttavia trova concentrata in sé una visione concettuale di più ampio respiro; il dialogo sullo sviluppo sostenibile, sul futuro delle nostre città e sul benessere dell'individuo.

Presupposti, questi, che contengono paradigmi derivati quali il rispetto verso l'ambiente, la disciplina della sostenibilità e il tema della rigenerazione urbana, argomenti che coinvolgono direttamente il nostro vivere contemporaneo e che premono concretamente su ognuno di noi. Concetti universali, la cui estensione è valida su scala planetaria, e che necessitano oggi di essere approfonditi allo scopo di invertire l'incessante tendenza alla *cementificazione* che ha caratterizzato la fine del passato secolo. Una direzione, questa, che sta incontrando – e che *deve* incontrare – il capolinea durante la nostra epoca, vivendo noi in un tempo dove non ci è più permesso rimandare l'intervento mirato a costituire un avvenire ecocompatibile.

Oggi, alle posture scorrette mantenute dalle edificazioni del XX secolo corrisponde spesso un patrimonio artificiale che non convive con la vocazione naturale dell'ambiente e dell'uomo, e che deteriora non solo gli spazi nei quali viviamo, ma la conduzione della vita stessa.

Nel caso particolare del nostro paese, questa attitudine al *costruire* dilagò a seguito di quell'atmosfera di rinato slancio del dopoguerra, una situazione tradottasi poi in ciò che la storia definirà il “*boom economico ed edilizio degli anni '60*”; un periodo in cui, unitamente al senso di ottimismo nazionale e ai consistenti flussi di inurbamento, si venne a diffondere un criterio di *edilizia selvaggia* basato sui principi di rivalutazione della rendita fondiaria e di speculazione sul costruito. Complice il sottosviluppo in cui versava la nazione assieme alla rapidità con cui si instaurò questo processo, l'esponentiale corsa all'edificare fu destinata a rimanere sfrenata, placata al possibile da strumenti urbanistici all'epoca insufficienti.

I risultati di queste azioni oggi sono rilevabili sul derma del nostro paese in più fattezze: nei rilevabili abusi edilizi, nel degrado in cui versano sovente le periferie cittadine, nelle pellicole di cemento che sigillano il suolo ed impediscono alla vegetazione di manifestarsi in un verde cittadino che vada oltre la puntiforme alberatura ai margini delle strade. Fenomeni, questi, che sono poi causa di problematiche pressoché non circoscrivibili, che spaziano dall'aggressione delle superfici naturali al condizionato malessere fisico e psicofisico

dell'individuo; parti di un complesso panorama di eventi, e che in quanto tali risultano essere questioni alle quali non basta più porvi rimedio, ma si rende necessario formare una coscienza comune che permetta una rivoluzione di pensiero collettiva.

Difatti, quella in cui ci troviamo è una condizione che non conosce distinzioni sociali, né di ruolo né di estrazione, e che interessa parimenti ogni individuo appartenente alla comunità; se la politica dei *microinterventi* puntuali può aiutare a stimolare il dibattito sullo sviluppo sostenibile e sul verde cittadino, serve un criterio che aiuti la regolamentazione di questi concetti, criterio che per sua definizione deve essere tale da potersi estendere ad ogni ambito, ogni settore, ogni disciplina. Che possa quindi coinvolgere sia professionisti e tecnici del ramo che imprenditori, cittadini e terzi di altra matrice.

Ciò di cui ha trattato questo convegno - e che viene riportato in questo volume - si riferisce propriamente a questi concetti; infatti, l'incontro si è posto come *incipit* di un dialogo eterogeneo, dove veniva compresa sia la domanda che la risposta, mostrata la problematica e dimostrata una possibile soluzione. Il sottinteso, il significato fondamentale di questo evento, era creare un precedente locale tale da consentire la riflessione sulle necessità della rigenerazione urbana e della crescita sostenibile, coscienti del voler ampliare la dimensione umana delle nostre città.

Il perno centrale attorno a cui ha gravitato l'intero discorso è stato costituito dai sistemi a verde pensile, innovazioni tecnologiche che permettono l'insediarsi della vegetazione sulle coperture e sulle pareti degli immobili; una possibilità di sviluppo eccellente che permette di poter godere di spazi verdi sempre più diffusi, garanti questi di un ampio numero di benefici sia diretti che indiretti, tra i quali il miglioramento della qualità dell'aria - e quindi la riduzione del livello di smog. Ambiente più salubri, più piacevoli alla vista, che vedranno la natura librarsi oltre le cortine del cemento e del mattone per restituirsi all'uomo.

Un tema a cui si è sempre più sensibili, e su cui è necessario investire maggiormente sia in diffusione che in ricerca; in particolare, visto il successo con cui si è visto essere accolto questo genere di convegno, appare evidente come sia essenziale creare associazioni di tale tipologia, dove si trovino a coesistere organismi apparentemente marginali al settore assieme a specialisti ed esperti del *Know How*. Poter raggiungere questo genere di collimazioni rappresenta una conquista importante, nonché una riscoperta volontà da parte di tutti di evolversi in meglio per il bene della nostra comunità.

*Eugenio Giani*

Presidente del Consiglio regionale della Toscana

## Prefazione

Il volume è stato sottoposto al processo di valutazione da parte di un Comitato Scientifico composto dai seguenti:

Alessio Biagioli  
Marco Dezzi Bardeschi  
Maria Elena La Rosa  
Sandra Marraghini  
Egidio Raimondi  
Massimo Ruffilli  
Franco Ricchi  
Marcello Scalzo

Questo testo nasce dalla pubblicazione degli atti del convegno *Green Architectural Design-Innovazione e applicazioni del verde pensile*, svoltosi il 26 Febbraio 2016 presso il Consiglio della Regione Toscana, in Palazzo Panciatichi a Firenze. La mattinata di studio è stata proposta per richiamare l'attenzione di un pubblico vasto, tra professionisti, tecnici, studenti, imprenditori, amministratori, etc., sul tema del verde urbano ed in particolare del verde pensile, nell'ottica della gestione delle future trasformazioni, della rigenerazione urbana e dei progetti di riqualificazione architettonica; interventi, questi, che nei prossimi anni interesseranno inevitabilmente gran parte del patrimonio edilizio, sia pubblico che privato, ai fini dell'adeguamento alle norme sul risparmio energetico e sul rischio sismico.

Il convegno è stato introdotto e organizzato da Sandra Marraghini, architetto Ph.D. e assegnista di ricerca, che con il professor Massimo Ruffilli, ordinario del Dipartimento di Architettura dell'Università di Firenze, ha sviluppato una ricerca sull'argomento mettendo in evidenza i benefici e le opportunità ambientali del verde pensile. In particolar modo è stato sottolineato come la vegetazione, posta direttamente sulle superfici edilizie orizzontali o verticali, possa migliorare esteticamente i tanti spazi e interstizi urbani semi abbandonati, recuperandoli a nuovi usi sociali ed implementando al contempo la qualità dell'ambiente (dell'aria, dell'acqua, del suolo e della temperatura) oltre che la percezione fisiologica e psicologica dell'ambiente stesso. All'incontro, che si è rivolto ai partecipanti come

tavolo di confronto in cui si proponeva di creare un primo strumento per l'inserimento del verde pensile cittadino, anche a livello di incentivi e di atti di programmazione urbanistica e paesaggistica, hanno partecipato con manifestazioni di interesse e di futuri impegni anche i rappresentanti di varie istituzioni ed enti territoriali.

La pubblicazione degli atti che segue riguarda gli interventi compiuti da parte di esponenti e professionisti di vari settori al convegno, per i quali la tematica del verde pensile e delle sue applicazioni risulta essere di particolare rilievo. L'iniziativa è stata promossa con il Dipartimento di Architettura dell'Università degli Studi di Firenze e la Fondazione degli Architetti di Firenze, con l'accREDITAMENTO del convegno come corso di formazione ed aggiornamento professionale.

## 1. Saluti



*Vincenzo Ceccarelli*  
Assessore infrastrutture, mobilità, urbanistica  
e politiche abitative Regione Toscana

Saluto il convegno *Green Architectural Design-Innovazione e applicazioni del verde pensile*; ringrazio il dipartimento di Architettura di Firenze, la Fondazione Architetti di Firenze ed il consiglio regionale per l'invito a questo convegno. Il tema del design architettonico *green*, ed in particolare del verde pensile, è un argomento che ben si inserisce nel dibattito urbanistico attuale, sia da un punto di vista tecnico che politico. Una delle parole chiave del piano urbanistico e della relativa legge è infatti *riqualificazione*, intesa sia come recupero delle aree gravemente compromesse o degradate che anche come ricostruzione di paesaggi urbani, rurali e naturali; interventi, questi, che oltre ad essere auspicabili, vengono promossi e privilegiati tramite misure premianti. Il verde pensile può costituire un esempio pratico ed innovativo della riqualificazione urbana, che arricchisce la funzione estetica con finalità di particolare rilievo, che sono quelle della sostenibilità ambientale e del risparmio energetico. Sono molteplici, difatti, le caratteristiche dei giardini pensili che li rendono innovativi strumenti per la diminuzione dell'inquinamento energetico, per la riduzione del carico termico, per migliorare l'isolamento acustico e per molto altro. Si tratta, peraltro, di interventi che necessitano di specifiche funzionalità, sia per la progettazione che per la realizzazione e la successiva manutenzione, costituendo così anche un aspetto positivo per l'economia e l'occupazione. Mi auguro quindi che questo convegno rappresenti un incontro cospicuo, che permetta di analizzare il tema in tutti i suoi aspetti, basato sulla condivisione di visioni e conoscenze che possano avviare pratiche innovative a disposizione futura di tutti gli amministratori e professionisti.

*Fabrizio Ricci*  
Consigliere del Comune di Firenze  
e Presidente della Commissione Ambiente, Vivibilità e Viabilità

Porto il saluto del Sindaco Dario Nardella e dell'assessore Bettini. Questo convegno tocca un argomento importante, poiché le nostre città hanno bisogno di valorizzare gli spazi verdi per diminuire l'impatto ambientale dei cambiamenti climatici, dell'inquinamento atmosferico e dell'innalzamento della temperatura. Sappiamo anche quanto possa giovare alla refrigerazione estiva e alla riduzione dell'escursione termica l'installazione delle pareti verdi e dei giardini pensili sui nostri edifici. La giunta di Firenze ha compiuto vari interventi di questo tipo (si pensi, ad esempio, al parcheggio del San Donato) ed è favorevole a compierne altri ancora, visti gli ottimi risultati conseguiti da questo tipo di tecnica. Stiamo scrivendo, a riguardo dell'arredo urbano, un'*Ars Bonus* per incentivare i privati ad investire nel verde attraverso delle detrazioni fiscali; i tetti e le pareti verdi potrebbero far scoprire nuove collocazioni alla vegetazione, soprattutto in una città come Firenze in cui questa è carente, e ciò andrebbe a favore della salute e del benessere di tutti ognuno di noi. Porremo molta attenzione, quindi, a ciò che nascerà da questo tipo di convegni.

Porto il saluto del sindaco della *Città Metropolitana* Dario Nardella e dell'amministrazione. Riteniamo che questo convegno sia importante, poiché i temi del verde devono essere messi al centro del nuovo piano strategico della città; in questa ottica, crediamo che il dipartimento di architettura di Firenze e l'Ordine degli Architetti di Firenze debbano collaborare alla scrittura di questo rinnovato piano, pensandolo soprattutto in favore del verde urbano. Sono ormai lontani gli anni in cui il verde pensile veniva considerato come un qualcosa di superfluo; oggi è un tema di centrale importanza, particolarmente attuale e coinvolgente. Le pareti verdi, ed in generale il verde pensile, possono aiutare a combattere i cambiamenti climatici e contribuire a diminuire il fabbisogno energetico dei nostri centri urbani. Credo sia necessariamente importante, quindi, affrontare queste tematiche con criterio e volontà. Nei paesi d'oltralpe il verde è un elemento che viene molto utilizzato nei progetti di architettura, mentre in Italia ci troviamo ancora in una condizione retrograda; dobbiamo quindi scrivere nuove normative e attivare degli incentivi fiscali che ne agevolino veramente l'utilizzo. Noi della *Città Metropolitana* crediamo che questi concetti necessitino di uno sguardo fondamentale e concreto, in un'ottica di rigenerazione dove il verde urbano verrà utilizzato come criterio di miglioramento per il benessere di tutti, soprattutto in quegli agglomerati urbani che risentono dell'assenza di una salubre vegetazione. Credo perciò che sia importante la collaborazione da parte di tutti, enti, professionisti e cittadini, nei confronti di una diffusione calibrata di queste tematiche essenziali, a partire dagli strumenti urbanistici per confluire fino a chi usufruirà direttamente dei benefici derivati del verde urbano.

*Egidio Raimondi*  
Presidente dell'Ordine degli Architetti Pianificatori Paesaggisti  
e Conservatori di Firenze

Ormai da qualche anno la pianificazione urbana si interroga sulle possibili strategie da adottare per attuare concretamente il principio sacrosanto dello *stop* al consumo di suolo. I numeri impressionanti delle statistiche e le città che attraversiamo e viviamo ogni giorno sono sotto gli occhi di tutti e testimoniano quanto ormai sia stato superato il limite nell'uso della risorsa suolo. L'espansione prima, degenerata nello *sprawl*, e la densificazione poi, in nome di una rendita fondiaria fuori controllo, hanno reso le nostre città sempre più impermeabili, cementificate, pavimentate, in una continua e inesorabile erosione degli spazi verdi, sempre più ridotti e sempre meno curati e vivi. Le ultime tendenze del disegno urbano e del progetto edilizio raccontano di operazioni di diradamento del tessuto denso, di perequazione con trasferimento di volumi dal centro alla periferia, di rammendo delle stesse periferie, con operazioni che vedono la sostituzione edilizia e la rigenerazione urbana come strumenti efficaci per immaginare una nuovo modello di città, o parti di essa. In questo scenario il verde è elemento di grande interesse e di grande potenzialità, sia in termini di qualità formale del progetto che per i suoi numerosissimi effetti benefici sul microclima esterno e sulla salute dei cittadini.

Ritengo superfluo elencare qui tutti i benefici del verde in città ma credo sia utile ricordare che, nella scarsa disponibilità di spazi liberi al suolo, una nuova frontiera ricca di stimoli e suggestioni per il progettista sia quella del verde pensile. Ancor di più che il verde al suolo questo deve essere integrato con l'edificio, e pertanto assume valenza di architettura ed edilizia, superando quella logica stantia di sistemazione esterna, di risposta alle prescrizioni di standard minimi, di triste verde pubblico attrezzato risolto con qualche panchina e qualche arbusto su un prato incolto di risulta tra i lotti edificati. Il verde pensile, che sia verticale in parete o orizzontale su tetti e superfici piane, è occasione imperdibile di miglioramento ambientale del contesto in cui si va ad intervenire e di mitigazione degli impatti che qualunque intervento edilizio comunque genera. Anche qui, come per altri elementi di linguaggio architettonico mediati da paesi in cui la sostenibilità è progettata e attuata da decenni, il rischio è quello di mutuare

forme, tecnologie e modelli operativi senza la necessaria riflessione critica e lo studio approfondito di dinamiche che consentano di inserire elementi naturali in un sistema artificiale (il costruito) in modo che entrambi si integrino e stabiliscano relazioni che portino ad un equilibrio che duri nel tempo. Uno sforzo culturale importante richiesto a tutti gli attori, dal committente al progettista, dall'amministrazione pubblica al cittadino, è la consapevolezza del fatto che ogni volta che si ha a che fare con l'elemento naturale ci si misura con il cambiamento continuo, con la metamorfosi, con il tempo. In natura nulla è fermo, tutto si evolve, nasce cresce e muore, si trasforma continuamente. in una parola: vive! Questo porta più vita in città e riporta il costruito a ricreare un legame con i cicli della natura e con la terra e, con esso, l'uomo che in quel costruito abita, ma comporta un cambio di mentalità e la riscoperta di una nuova attenzione alla cura e alla manutenzione che, negli ultimi decenni è stata spazzata via da materiali artificiali apparentemente eterni ma ricchi di incognite prestazionali. Basti pensare semplicemente ai campi da calcio sintetici che ormai invadono le nostre città o alla tristezza dei prati finti in molte rotatorie periurbane.

Concludo con un invito a riflettere sul rischio di arrivare ad eccessi che, dopo una fase mediatica di grande effetto in termini di diffusione di questi sistemi, possono portare ad un rapporto distorto con la natura in città, vanificando i risultati positivi ottenuti fino ad allora. Mi riferisco al dubbio che è sorto in me quando ho saputo che agli abitanti del *Bosco verticale* di Milano è vietato ogni contatto col verde che li avvolge su ogni terrazzo poiché la sua integrità è garantita da una intensa e competente manutenzione affidata dal condominio a uomini in corda specializzati. E' corretto e sano il rapporto uomo-natura se il primo può solo contemplare la seconda? E' ecologico un approccio simile, dato che l'ecologia è la scienza che studia le relazioni tra gli elementi della natura? A voi lettori la risposta, anche dopo aver letto questi atti di un interessantissimo convegno in cui, a quanto sin qui detto, si aggiunge un ulteriore elemento di valorizzazione e contaminazione: l'arte come elemento significativo e caratterizzante del paesaggio urbano, sempre ai fini del miglioramento della qualità della vita nelle città, con al centro l'uomo. Buona lettura.



## 2. Introduzione



## *Nuovi scenari urbani sostenibili*

*Sandra Marraghini*  
Architetto e Ph.D.



01 Fotomontaggio di un tappeto erboso sulla Cupola del Duomo di Firenze;  
l'immagine è l'emblema rappresentativo della ricerca universitaria  
*Green Architectural Design – Innovazione e applicazioni del verde pensile*,  
condotta dall'Arch. Ph.D. Sandra Marraghini

Ringraziamo la Regione Toscana per la collaborazione nella riuscita di questo incontro. Il convegno *Green Architectural Design-Innovazione e applicazioni del verde pensile* è stato mosso da uno studio tuttora attivo presso

il *Design Campus* di Calenzano, polo del Dipartimento di Architettura dell'Università degli Studi di Firenze. L'obiettivo di questo studio è quello di valutare quali siano le opportunità offerte da questo tipo di installazioni per le grandi tematiche progettuali, nonché per la riqualificazione del patrimonio urbanistico privato e pubblico. Il verde pensile ci permette infatti di avere la possibilità di creare nuovi spazi pubblici e di riqualificare quelli preesistenti, da un punto di vista sia estetico che ambientale. Uno strumento che si rivela quindi qualificante, costituendo un'opportunità per rivalorizzare il profilo edilizio esistente e per renderlo adeguato alle norme vigenti in tema di sicurezza e di risparmio energetico. Con l'utilizzo di soluzioni verdi avremo più bellezza intorno a noi, assieme a benefici energetici impareggiabili. Oltre a ciò, le soluzioni proposte dal verde verticale possono aumentare la presenza e la fruibilità della vegetazione in ambito urbano, soprattutto in città come le nostre dove questa scarseggia, a favore del benessere fisico e psicologico di tutti i cittadini. Questo può infatti creare spazi pubblici più accoglienti per le attività di carattere sociale, contribuendo quindi a migliorare la qualità della vita.

A riguardo di questi temi, sono di particolare interesse le prospettive che ci vengono offerte dalle nuove tecniche di coltivazione in *agroponica* e *areoponica*. Queste pratiche ci consentono infatti di poter coltivare frutta e ortaggi in verticale e all'interno dei nostri edifici. A Singapore la gente può acquistare frutta e ortaggi coltivati sulle coperture degli edifici, usufruendo di prodotti biologici e freschi ogni giorno; un fenomeno, questo, che ha riscosso un successo tale da indurre il governo cinese ad ampliare la diffusione di queste pratiche, costruendo edifici basati su questo concetto. Difatti, in queste città e non solo, è molto difficile reperire verdura e frutta fresca, ed i prodotti coltivati in *agroponica* rappresentano una soluzione di ottima qualità, superiore a quella che si trova nei nostri supermercati, in cui i prodotti coltivati vengono conservati con additivi chimici e tenuti molti giorni in esposizione dopo averli colti. Per tali edifici, denominati "*Urban Factory*", si prevede un'ampia diffusione per il 2050; verranno progettati per le grandi metropoli, ed al loro interno le persone potranno vivere e lavorare, coltivare, trasformare prodotti agricoli ed allevare bestiame.

Ad ogni modo, la tecnologia del verde pensile affascina non solo per le opportunità progettuali che rende possibili, ma anche per le ulteriori prospettive incredibili che ci permette di vagliare. Prima, comunque, vediamo di fare un po' di chiarezza su come nasce questa tecnica e come si è evoluta fino ai nostri giorni.



02 Torre Guinigi, Lucca. Sulla sommità di questa costruzione, di epoca medievale, l'omonima famiglia dei Guinigi volle impiantare una serie di lecci, atti ad ammorbidire la severità della loro dimora e che divennero poi simbolo di rinascita

Il termine “*verde pensile*” è stato adottato dalla normativa UNI-11235 del 2007, norma che disciplina i riferimenti da seguire per gli interventi di architettura verde. La tecnica del verde pensile si sviluppa a partire dal “*tetto verde*”, ovvero quel tipo di copertura su cui viene previsto un giardino vegetale; in virtù dei benefici riscontrati nel suo uso, la pratica ha cominciato ad essere adottata in modo diffuso e sistematico in paesi d’oltralpe, in luoghi che possiedono una sensibilità maggiore rispetto all’ambiente e climi più favorevoli all’applicazione di questa tecnica. La definizione di “*verde pensile*” si riferisce a tutte quelle installazioni vegetali edilizie, di copertura e di facciata, dove la vegetazione non è a diretto contatto con il suolo. Quindi, dalla terminologia originale, riferita appunto al tetto, si è passati a questa definizione per comprenderne all’interno anche l’estensione da copertura a parete verde, ovvero a *giardino verticale*. Invero come questi due sistemi siano differenti, sono stati riuniti dalla normativa sotto l’estensione dello stesso termine in quanto entrambi riguardano l’inserimento di vegetazione in un edificio.

Tra i primi esempi realizzati con questa tecnica si annoverano quelli di Patrick Blanc, a Parigi. La suggestione prodotta da questa innovazione nel linguaggio architettonico fu tale che sono state poi realizzate in tutto il mondo nuove realizzazioni basate sugli stessi principi; si pensi alla recente opera dell'architetto Boeri a Milano, il *Bosco verticale*. I benefici ambientali, della qualità di vita e del risparmio energetico di questo prodotto ne giustificano ampiamente i costi di installazione e manutenzione, talvolta piuttosto elevati.

Comunque, sebbene la normativa abbia voluto estendere il termine di *verde pensile* fino a comprendervi anche i *giardini verticali*, lo sviluppo è avvenuto in principio a partire dalle coperture, poiché il tetto verde rappresenta un provvedimento ambientale efficacissimo; il problema italiano è quello di non essere ancora riusciti a passare dalla singola architettura all'applicazione sistematica. Questo è quindi il motivo per avviare il dialogo di questo convegno, facendovi partecipare i rappresentanti dei vari enti territoriali interessati. Vogliamo mettere in atto degli strumenti che facilitino la realizzazione del verde pensile, poiché solo con un'applicazione di tipo sistematico potremo godere dei grandi benefici che ne conseguono.

Citavamo prima i sistemi con cui questa tecnica può venire applicata su di un edificio; i metodi industriali che si sono sviluppati negli ultimi decenni sono dei veri e propri strati che interagiscono tra di loro come un unico insieme, dove la vegetazione rappresenta la fascia superiore. La normativa UNI-11235 distingue due categorie principali per le coperture verdi:

- i tetti verdi di tipo *estensivo*
- i tetti verdi di tipo *intensivo*

Il primo caso riguarda l'installazione di vegetazione su di una copertura senza possibilità di fruizione da parte delle persone. Sono impiantati dei sistemi leggeri, con un carico strutturale inferiore ai 150 kg per metro quadro, dove vengono coltivate specie vegetali rustiche che necessitano di poca manutenzione. La seconda tipologia, di tipo intensivo, riguarda la costituzione di superfici vegetali fruibili, dove lo strato ed il substrato sono maggiori e quindi più spessi a seconda della specie che vi vogliamo inserire. Possono essere impiantati anche arbusti ed arboree di varia dimensione, anche se in questi casi il carico sulla struttura aumenta proporzionalmente alla manutenzione ed i relativi costi.



03 Dettaglio del giardino verticale del Quai Branly Museum, a Parigi, un'opera di Patrick Blanc realizzata nel 2006



04 La copertura a verde pensile della Seattle Public Library – Ballard Branch, 2005, USA



05 Il tetto verde del complesso della Scuola di Arte, Design e Media, istituto associato alla Nanyang Technological University di Singapore. L'intervento, accessibile alle persone, è stato realizzato nel 2006



06 Il giardino pensile della Vancouver Library Square, disegnato dall'architetto paesaggista Cornelia Oberlander e realizzato a Vancouver, in Canada, nel 2015

Infine, per concludere il mio intervento introduttivo, vorrei fare riferimento alle normative:

- La UNI-11235 uscita nel 2007. Questa normativa è stata rinnovata nel 2015 per affrontare la questione delle tecniche utilizzate e valutare le prestazioni da richiedere al tetto verde rispetto alle normative ambientali

- L'ISPRA (*Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale*) ha pubblicato altre linee guida nel 2012 per il verde pensile. Esse costituiscono un'ulteriore riferimento fondamentale dove con un linguaggio più comprensibile si facilitano le scelte da fare quando andiamo a progettare una superficie verde.

Se avremo a che fare con del materiale vegetale, nelle future progettazioni architettoniche ed urbane, sarà necessario pensare soprattutto agli sviluppi futuri ed alla sostenibilità, vero indice di qualità di un progetto; in questi requisiti, le due normative sono e saranno di grande aiuto.

A seguito di questa breve introduzione, presenteremo un lavoro svolto con l'Università e il comune di Calenzano; nel nostro "piccolo" crediamo di aver fatto qualcosa di importante, di aver mandato un primo segnale verso i criteri che vogliamo raggiungere. Il sindaco di Calenzano, Alessio Biagioli, ha messo a disposizione una cabina *e-distribuzione* da rivalorizzare con un'applicazione di verde pensile. Per questa realizzazione è stato chiamato Clet, un artista Francese di adozione fiorentina, e siamo riusciti a fare un intervento che per la prima volta usa del verde verticale per creare un'installazione artistica. Questo progetto ha suscitato un interesse tale che il comune di Calenzano ha bandito successivamente un concorso di idee sul tema della riqualificazione urbana dei piccoli immobili in stato di degrado; al concorso in questione sono stati presentati dei bellissimi progetti, per i quali si è rivelato particolarmente difficile scegliere un vincitore.



07 Un bozzetto di studio per *Fosco il Boscaiolo*, firmato dall'artista francese Clet Abraham, 2015



*Dal parco all'orto urbano:  
nuove prospettive del verde per la città*

*Marcello Scalzo*

Dipartimento DIDA - Università degli Studi di Firenze

Una componente importante del patrimonio naturale italiano è rappresentata dalle aree verdi che caratterizzano le nostre città, rappresentate dai parchi, giardini pubblici, ville storiche, viali alberati e orti botanici. Tale complessa rete di ambienti più o meno naturali forniscono alle comunità urbane una ricca gamma di benefici ambientali, sociali ed economici e vanno pertanto gestiti e tutelati con politiche mirate, dalla scala locale e quella nazionale. Infatti, alcune recenti leggi, come la 10/2013 “Norme per lo sviluppo degli spazi verdi urbani” hanno introdotto importanti indicazioni per gli Amministratori locali circa la promozione e l’incremento del verde urbano attraverso una serie di iniziative. Tra l’altro, tale legge prevede la tutela e sviluppo degli spazi verdi: dall’ampliamento e dalla conservazione del patrimonio arboreo esistente, al rinverdimento delle pareti degli edifici e alle coperture a verde, alla realizzazione di grandi aree di verde pubblico, alla creazione di micro progetti quali gli *orti urbani* oltre ad una generale sensibilizzazione della cittadinanza verso la cultura del verde. Non a caso la presenza del verde nei nostri centri abitati, la quantità degli spazi ad esso dedicati e la cura manutentiva dello stesso, sono alcuni degli principali parametri di civiltà e vivibilità su cui si basano le valutazione di una città.

Sin dal XIX secolo grande attenzione fu dedicata da architetti e urbanisti al progetto delle aree verdi urbane; non v’è grande città senza il suo caratteristico parco: i *Bois de Boulogne* a Parigi, l’*Hyde Park* di Londra, *Central Park* a New York o come i Giardini del Quirinale, il Pincio o Villa Giulia a Roma, Parco Sempione a Milano o Boboli e le Cascine a Firenze. In Italia, peraltro, la città “storica” è in massima parte una città fatta di pietra e mattoni (ora, aimè, anche di cemento) che spinge e confina la vegetazione ai propri margini, come accade ad alcuni dei parchi storici appena citati, o dove la campagna si inizia a frantumare sotto forma di orti; non mancano però all’ interno delle nostre città quanto resta dei parchi delle grandi famiglie di epoche passate (ad esempio, il Giardino della Gherardesca a Firenze), oppure piccole oasi di verde privato, recintate, occultate,

per giungere sino a quei frammenti, più simbolici che altro, di micro spazi verdi coltivati in vasi su terrazze e balconi; per giungere sino alle recenti pareti vegetate, conosciute meglio col nome di “*verde verticale*”. Un verde concepito, dunque, come memoria, citazione o elemento decorativo, utile per nobilitare e talvolta nascondere obbrobri ed errori architettonici tipici delle nostre moderne città. Oltre all’appena citato e recentissimo concetto del verde verticale (ma le “storiche pareti” ricoperte di edera o di vite americana non erano, forse, la stessa cosa?) un altro nuovo concetto di verde in città che si sta affermando è quello rappresentato dalla micro agricoltura urbana, gli “*urban farming*”, meglio conosciuti come *orti urbani*. In tempi di resilienza, la produzione locale ha un ruolo fondamentale per rendere una comunità autosufficiente. In questa direzione, soprattutto le produzioni artigianali e agricole, costituiscono la gran parte delle attività possibili da svolgere nella città. Negli ultimi anni poi, il fenomeno degli orti urbani è in continua espansione: la coltivazione collettiva si svolge generalmente in appezzamenti vuoti all’interno della città, oltre che sulle terrazze e balconi delle abitazioni urbane. In quest’ottica l’idea di orti urbani rappresentano un’ottima occasione per le amministrazioni comunali per recuperare aree abbandonate e degradate, rendendole ordinate e produttive. Oltre a tali vantaggi, altri, facilmente immaginabili, riguardano una produzione biologica e a chilometro zero; un progetto di coltivazione di orti urbani permette non solo autoproduzioni alimentari, ma rappresenta anche uno “scambi di saperi”, frutto di un’attività agricola sviluppata da piccole comunità spesso composte da anziani e bambini, una base favorevole per costruire valori comunitari, e che quindi contribuisce alla coesione sociale che è uno dei principi di una comunità resiliente ed ecologica.

Purtroppo la crescente antropizzazione potrebbe portarci ad una pericolosa situazione di degrado che abbasserebbe i livelli di qualità dei nostri ambienti di vita in maniera preoccupante. Ma la presenza o l’incremento delle aree verdi non è sufficiente ad assicurarci *standard* accettabili di vita, in quanto tali iniziative devono necessariamente integrarsi alle politiche e agli interventi che possano offrire ai cittadini migliori qualità di vita, quali il potenziamento generalizzato di tutti gli spazi e i servizi pubblici.



08 Alcuni degli elaborati sviluppati nei Corsi di Grafica e Portfolio A.A. 2008/2010 tenuti dal Prof. Marcello Scalzo, Università degli studi di Firenze; nell'immagine, il rapporto tra campagna e città esplicito in una fusione tra caratteri emblematici di entrambi i soggetti. Sopra un elaborato di Marcello Scalzo



09 Elaborato grafico di Angela Masciullo



10 Elaborato grafico David Tripponcini



11 Elaborato grafico di Emanuele Cartechi

### 3. Fosco il boscaiolo



### *3.1 La rigenerazione urbana con il verde pensile, il caso della piazza del comune di Calenzano e il concorso di idee “Il Brutto Anatroccolo”*

*Alessio Biagioli*

Sindaco del comune di Calenzano

La rigenerazione urbana con il verde pensile è un tema molto sensibile, sul quale il comune di Calenzano ha voluto concentrare particolarmente l'attenzione. Con *Fosco il Boscaiolo*, operazione artistica di verde verticale, abbiamo voluto contribuire a fornire un riscontro pratico a questi principi. L'opera d'arte, costituita da verde pensile apposto su una vecchia cabina *e-distribuzione*, è stata pensata in occasione del restauro della piazza principale di Calenzano; il *concept* è dell'architetto Sandra Marraghini, l'ideazione artistica di Clet Abraham, noto esponente della *Street Art* sulla scena fiorentina e internazionale. *Fosco il boscaiolo* è risultato essere un esperimento riuscito, molto apprezzato, che ha dato uniformità alla piazza costituendo un'attrazione proprio per la sua originalità.

Nello specifico, vorrei raccontarvi come è nata questa sperimentazione, i cui derivati hanno costituito poi il concorso di idee *Il Brutto Anatroccolo*. La cabina *e-distribuzione* sulla quale è stata realizzata, sita nella neo riqualificata piazza della parte storica di Calenzano, necessitava di essere rivalorizzata; non era tuttavia facile risolvere il problema dell'impatto visivo che questo manufatto aveva, collocato in un punto così importante del comune. Le prime soluzioni proposte trattavano di banali ristrutturazioni, niente di troppo convincente, soprattutto a riguardo dei costi di realizzazione. Ad ogni modo, all'epoca era già nato un primo discorso a riguardo di progetti sperimentali sul tema del verde verticale con l'università di Architettura e il Design Campus, la cui sede si trova (con nostra grande fortuna) proprio a Calenzano. Inizialmente, il progetto in discussione riguardava la parte interna del nuovo polo universitario, appunto il Design Campus; poi, dopo aver incontrato l'architetto Sandra Marraghini, è nata l'idea che tuttora possiamo ammirare.

Al tempo, riguardo al discorso sulla riqualificazione urbana, ci siamo chiesti inizialmente perchè non utilizzare delle pareti verdi per rivalorizzare il manufatto in questione. Perciò, confrontandosi con l'architetto Mar-

raghini, troviamo un'ottima soluzione su come risolvere un problema rimasto aperto da troppo tempo; il verde pensile avrebbe potuto dare alla vecchia cabina una nuova identità. Progettammo, così, *Fosco il Boscaiolo*.



12 Una vista allo stato dell'arte della cabina *e-distribuzione* di piazza Vittorio Veneto, Calenzano, (FI)



13 Una vista allo stato dell'arte della cabina  
*e-distribuzione* di piazza Vittorio Veneto, Calenzano, (FI)



14 *Fosco il Boscaiolo*,  
visto dal palazzo comunale, 2015



15 *Fosco il Boscaiolo*,  
visto dalla piazza di Calenzano, Firenze, 2015

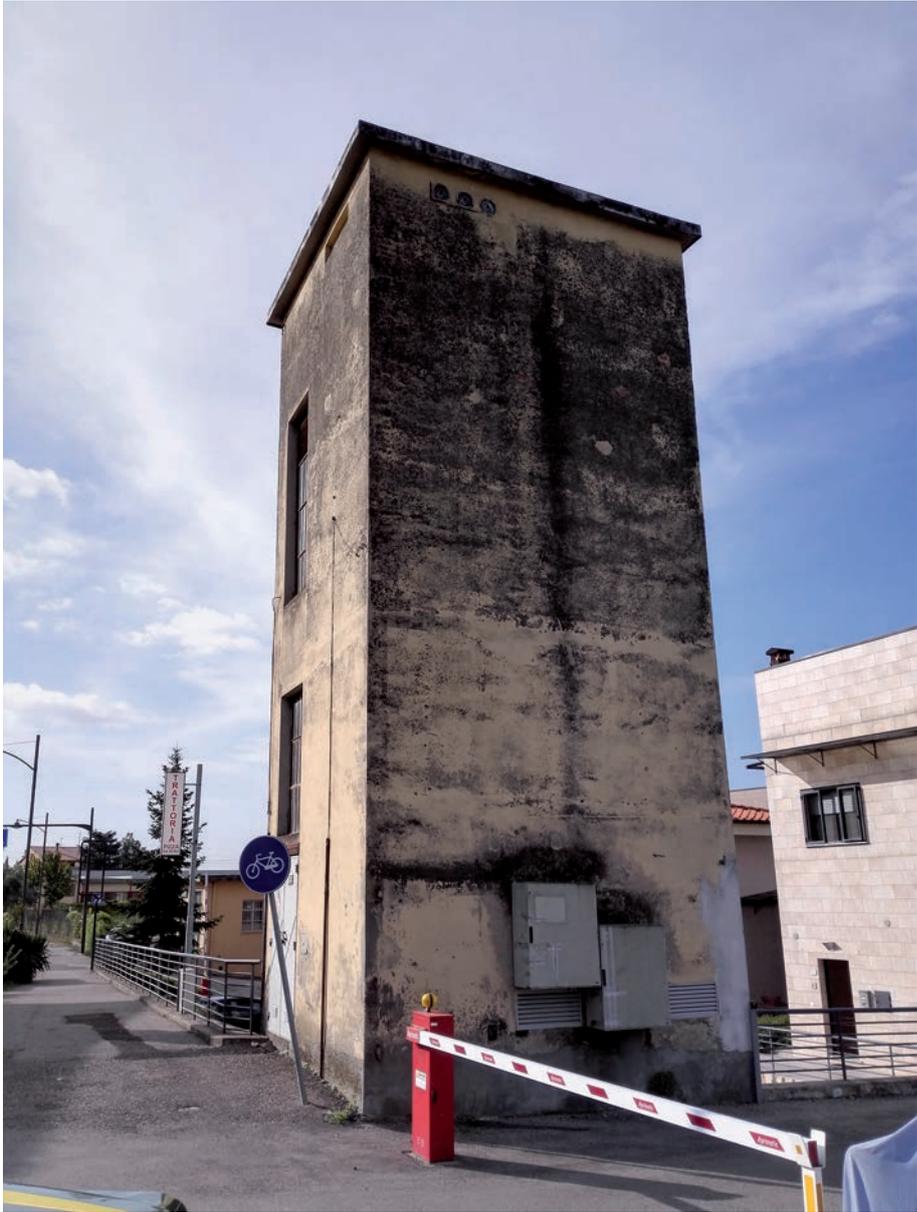
L'eccezionale risultato si misura oggi, ad un anno dalla realizzazione. Non era facile mettere in piazza un'opera contemporanea e all'avanguardia, poichè di solito nascono sempre grandi polemiche rispetto a qualsiasi iniziativa comunale; *Fosco*, invece, è stato subito amato da tutti. Il verde urbano è difatti visto dai cittadini come un elemento in grado di portare grandi benefici al benessere di ognuno di loro. L'allestimento si è collocato inoltre molto bene all'interno del panorama urbanistico di Calenzano, in quanto fa da cerniera tra il nuovo edificio degli uffici e la rinata piazza monumentale. Fondamentale e di grande rilevanza è stato poi il costo effettivo della realizzazione, di molto inferiore ad altre tipologie di intervento, anche sommato ai costi di manutenzione ordinaria. Perciò, possiamo affermare con certezza che esperimenti di questo tipo dovranno necessariamente essere di ispirazione per il futuro; l'opera ha lasciato un gran fermento negli ambienti del comune di Calenzano ed è stata ispiratrice per dei nuovi interventi urbani. Il tema del verde, inoltre, si è rivelato un forte stimolo per giovani architetti e designer. Oggi, a visione di questi fatti, stiamo studiando il modo di usare il tetto verde come *standard* per la rigenerazione urbana della nostra cittadina; vogliamo migliorare sul piano normativo il tema delle pareti verdi per incentivarne l'utilizzo, centralizzandone i temi più importanti, ovvero l'effetto di recupero delle acque piovane e la rivalorizzazione degli spazi in favore del verde; tutto questo al fine di migliorare la qualità della vita degli abitanti di Calenzano.

Perciò, questa sperimentazione ci ha incoraggiato, spingendoci a cercare le modalità per rendere questo originale sistema di decoro urbano una consuetudine per il nostro comune, nella consapevolezza che sia un buon modo per dare il proprio contributo creativo al *bello* e al *buon vivere* della nostra comunità. Su questa base concettuale è nato il concorso di idee di cui parlavamo prima, *Il Brutto Anatroccolo*, fondato sui principi del recupero urbano, sul trasformare un elemento scomodo in un "fiore all'occhiello". Questa è stata la sfida sulla quale abbiamo costruito il concorso, una sfida sul cui tema hanno risposto in tanti, ognuno con la propria visione, da quelle più artistiche a quelle più pratiche, da quelle universali a quelle calate nel contesto calenzanese. Ne è emersa una bella serie di proposte, riguardanti una galleria di cabine elettriche ed altri manufatti, ancora utili ma non più integrati nell'ambiente urbano, che invece di venire nascosti vengono messi in risalto, acquisendo una propria identità. È stato difficile scegliere i vincitori del concorso, poichè ogni progetto aveva un suo "perché", riusciva a comunicare un'idea di ambiente urbano e della sua frui-

bilità da parte dei cittadini e costituiva un elemento di pregio per la città. Perciò, a visione dei risultati ottenuti ad oggi, vorrei appassionatamente ribadire come per tutti noi *Fosco* abbia rappresentato un'opera stimolante, che ci ha dato nuove idee, ispirandoci nuovi progetti; ci ha permesso di guardare avanti, costruire le basi per un futuro sostenibile ed inserire nel nostro piccolo comune un'opera artistica all'avanguardia.



16 Immagini allo stato dell'arte di due dei tre manufatti oggetti del concorso di idee *Il Brutto Anatroccolo*, il cui tema riguardava la riqualificazione di opere versanti in stato di degrado site nel comune di Calenzano (FI)



17

43



18 Uno dei progetti proposti nel concorso di idee *Il Brutto Anatroccolo*; il vincitore della competizione, *Ottone il Soldatone*, progetto di Silvia Bartolini e Cristiano Troccoli



19 Uno dei progetti proposti nel concorso di idee *Il Brutto Anatroccolo*;  
*Attacca il cervello*, di Letizia Tralli e Michelangelo Verdelli



### 3.2 Una prospettiva per il Design sostenibile

*Massimo Ruffilli*

Architetto e Professore Ordinario, Università degli Studi di Firenze

Il *Bosco Verticale*, il complesso edilizio milanese dell'architetto Stefano Boeri che Sandra Marraghini aveva recensito in tempi non sospetti sulle pagine della rivista *l'Universo*, ha ottenuto il premio internazionale per l'architettura come l'edificio "più bello del mondo" del 2015. La caratteristica saliente di questo complesso, formato da due "grattacieli" gemelli, è la grande quantità di essenze verdi di varia altezza e consistenza, che fanno bella mostra sulle terrazze e sugli aggetti e che, a distanza variabile, compongono le facciate dei due edifici.



20 Il *Bosco Verticale*,  
il complesso di palazzi residenziali a torre progettati da Boeri Studio, Milano, 2014

Verde pensile, dunque, vere e proprie essenze arboree, anche alte, che riescono a vivere ed a ombreggiare gli spazi esterni di questa architettura alta, nel nuovo centro direzionale di piazza Garibaldi a Milano. Una tendenza in antitesi netta con la moda della parete continua in vetro "*curtain wall*", che ha caratterizzato gli edifici alti più famosi del novecento, gli anni in cui la "*facciata continua*" diede luogo a grandi progetti negli Stati Uniti; tra questi il notissimo *Seagram Building* di Mies van der Rohe ed il *Lever House* di Skidmore Owings and Merrill. La parete continua autoportante in acciaio e vetro aveva trovato, nelle tecnologie della prefabbricazione e nella tipologia di tipo terziario, l'applicazione più diffusa negli edifici a grande altezza divenendo nel tempo elemento simbolico ed emblematico della modernità. Tuttavia, la funzione abitativa residenziale, sempre attenta agli spazi verdi ed alla componente paesaggistica di contorno, veniva fortemente limitata dagli imponenti edifici rivestiti dal vetro e dall'acciaio. Con Emilio Ambasz e una nuova generazione di architetti e di designers, negli anni duemila si è fatta strada una antica tendenza definita "*Green Architecture*" per l'attualità, che è ritornata a valorizzare il verde pensile nell'architettura urbana. Il verde nelle terrazze, il verde nei giardini pensili, il verde nelle sopraelevate urbane. Sandra Marraghini ha affrontato inoltre una serie di ricerche specifiche sul tema del verde pensile, ovvero sulle applicazioni di vegetazione in testa o sulle facciate degli edifici. L'interesse di questa installazione specifica lo si evince anche da alcune realizzazioni che l'autrice ha curato personalmente, a Firenze e Calenzano, in Toscana. Il verde verticale conferisce un aspetto gradevole ed una *psico-percezione* positiva anche a superfici anonime ed indifferenziate, conferendo un senso di piacevole inserimento ambientale anche in contesti urbani periferici e degradati. Le tecnologie di piantagione e di manutenzione più avanzate fanno parte del bagaglio culturale che, in Italia, il vivaismo può vantare nella sua tradizione di alta qualità. Gli esperimenti e le ricerche di Sandra Marraghini offrono un contributo sensibile allo sviluppo di questa tematica originale ed attuale che può oggettivamente permettere al progettista designer di affrontare con successo crescente questa nuova prospettiva nell'ambito della cultura del progetto.



21 Il complesso polifunzionale *ACROS Building*, situato nella città di Fukuoka, in Giappone; progettato dall'architetto Emilio Ambasz, considerato tra i padri dell'architettura ecologica, è stato realizzato nel 2015



## 4 Il verde pensile



## 4.1 Sviluppo sostenibile e verde pensile

Sandra Marraghini

Nel suo testo teorico *Vers une architecture* (1923) Le Corbusier aveva già enunciato tra i suoi cinque punti dell'architettura moderna il tetto giardino:

*Il Toiterrasse (tetto a terrazza) restituisce all'uomo il verde, che non è solo sotto l'edificio ma anche e soprattutto sopra. Tra i giunti delle lastre di copertura viene messo il terreno e seminati erba e piante, che hanno una funzione coibente nei confronti dei piani inferiori e rendono lussureggiante e vivibile il tetto, dove si può realizzare anche una piscina. Il tetto giardino è un concetto realizzabile anche grazie all'uso del calcestruzzo armato: questo materiale rende infatti possibile la costruzione di solai particolarmente resistenti in quanto resiste alla trazione generata dalla flessione delle travi (gravate del peso proprio e di quanto vi viene appoggiato), molto meglio dei precedenti sistemi volti a realizzare piani orizzontali.*

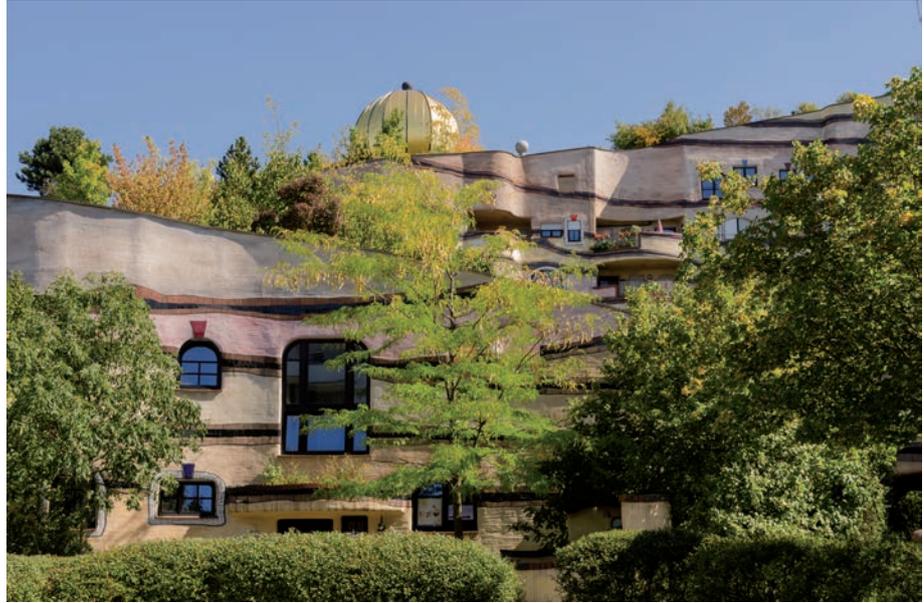
Dagli anni '60, quando si è diffuso il concetto di ecologia, il tetto giardino è visto come un'opportunità per il risparmio energetico e come risposta contro l'inquinamento. Da allora il tema del verde in generale si è affermato sempre di più come miraggio bucolico per un ritorno ad una dimensione della vita umana in armonia con la natura, collocandosi nell'ambito di un nuovo romanticismo volto al recupero della natura selvaggia e non solo per le caratteristiche pur rilevanti di vantaggi ambientali che riesce a risolvere, ma sulla base dell'idea che il verde aiuti a vivere meglio. Questa convinzione affonda le sue radici nelle concezioni ecologiste diffuse in Germania e in Austria, non a caso la patria di quel *Friedensreich Hundertwasser*, che già alla fine degli anni '80 progettava il suo *Hundertwasserhaus* nel quartiere di *Landstraße*, a Vienna: un complesso di case popolari immerso nel verde dei giardini pensili. La suggestione e il successo di pareti e tetti verdi si aggiungono come nuova prospettiva nell'ambito del *terzo paesaggio* di Gilles Clement, nello *Junkspace* di Rem Koolhaas, laddove la città (nei suoi segmenti abbandonati, i suoi retri, nei vuoti e interstizi) diventa foresta e, spontaneamente, consente lo sviluppo di forme antropiche

e naturali, regno della biodiversità.

L'applicazione dei *tetti verdi* in modo sistematico sostenuto da veri e propri incentivi urbanistici è cominciata ormai da decine di anni nei paesi del nord Europa, Germania Austria e Svezia, dove la cultura ambientalista e la sensibilità verso la natura sono molto elevate e dove, grazie al clima, è molto più facile realizzarli senza la necessità di particolari accorgimenti tecnologici. Ma il verde pensile si sta diffondendo in tutto il mondo e soprattutto sono le grandi metropoli che li stanno sperimentando per adottarlo come provvedimento per migliorare la qualità dell'ambiente metropolitano. Questo interesse si sta mostrando anche in Italia, dove sono sempre più numerose le nuove realizzazioni progettate al fine di mitigare l'impatto visivo e ambientale di nuove costruzioni in aree ad alto valore paesaggistico storico e architettonico, anche se siamo ancora lontani dall'adozione del tetto verde all'interno di strumenti urbanistici come provvedimento per la difesa del territorio. Anche il *giardino verticale* sta esplodendo come nuova "moda" assieme alla richiesta di rivestire pareti interne ed esterne con piante, questo a partire dal successo internazionale e la divulgazione delle architetture verdi di Patrick Blanc, il botanico francese che per primo ha trasformato la facciata di un edificio in un'esposizione di piante e in un suggestivo giardino verticale. Il *verde pensile* è quindi l'espressione di una nuova tendenza, motivata dal bisogno di migliorare la qualità dell'ambiente urbano, sia come qualità di aria, acqua e suolo, sia per il benessere fisiologico e psicologico che produce nelle persone.

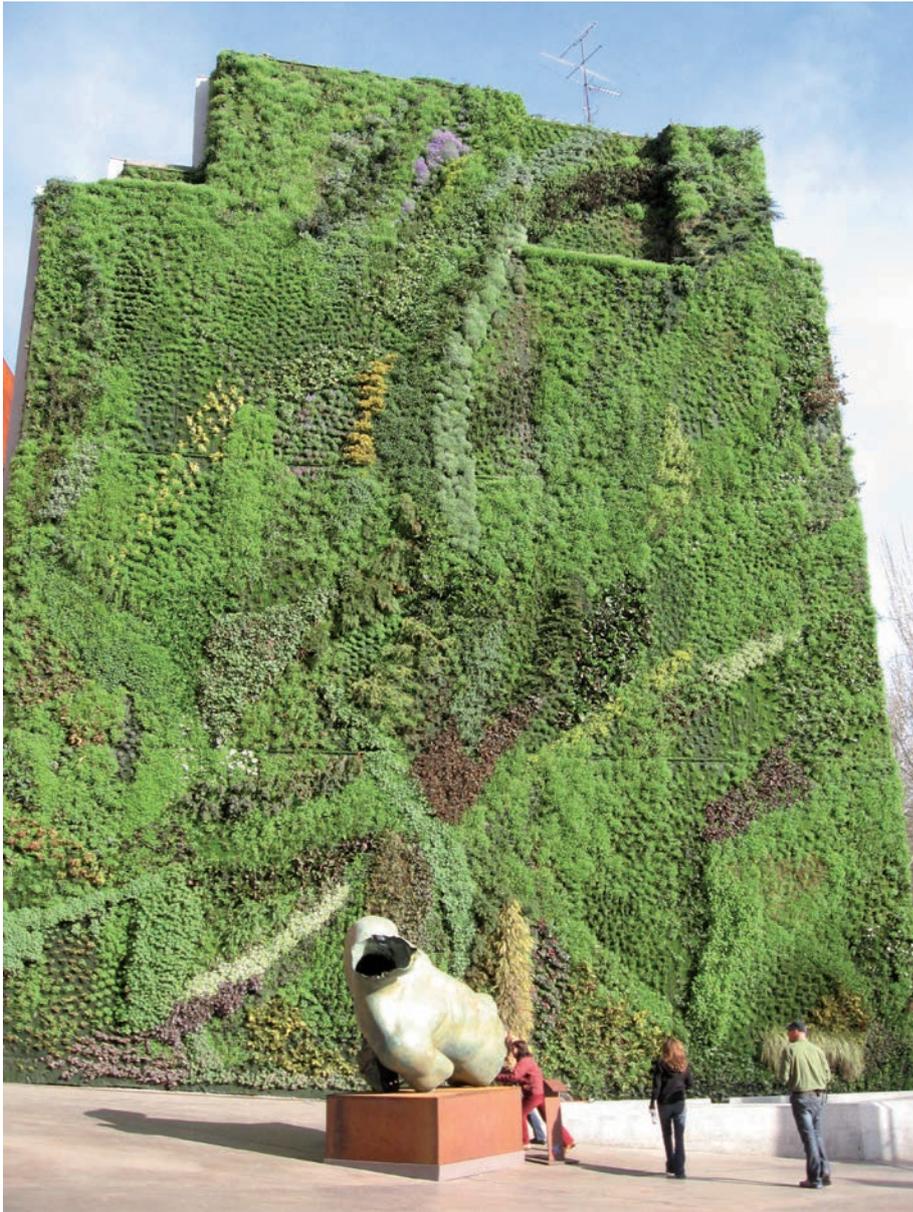


23 *Hundertwasserhaus*, un progetto di Friedensreich Hundertwasser, Vienna, 1986.  
L'edificio, di cui una porzione nell'immagine, contiene 50 appartamenti popolari  
e si trova ad Est del centro città



24 *Hundertwasserhaus Waldspirale*, un progetto di Friedensreich Hundertwasser, Darmstadt, Germania, 1986.

La realizzazione consiste in un complesso di edifici residenziali il cui nome, *Waldspirale*, si traduce letteralmente come *foresta a spirale*; questo per sottolineare sia la composizione generale dell'edificio sia l'innovazione del suo tetto verde



25 La parete verde installata sulla facciata del CaixaForum,  
su progetto di Patrick Blanc, Madrid, 2008

Certo è che la vivibilità dell'ambiente urbano e il miglioramento del microclima delle nostre città si possono raggiungere solo diffondendo le aree verdi e il verde pensile può essere il solo modo di introdurre vegetazione negli spazi urbani caratterizzati da un'edificazione di tipo intensivo per abbattere la percentuale di terreno sigillato. Il tetto verde è in grado di trattenere una quantità dell'acqua piovana in copertura restituendola all'ambiente con l'evaporazione e in grado di abbattere la velocità del deflusso dell'acqua nel sistema fognario. Questo aspetto è molto importante in quanto, a causa dei cambiamenti climatici in atto, è sempre maggiore la frequenza di temporali violenti e di precipitazioni copiose e improvvise, rispetto alle quali i nostri sistemi di smaltimento ad oggi risultano inadeguati. Le coperture verdi, trattenendo in parte l'acqua meteorica, possono compensare questo fenomeno traducendosi in un vantaggio anche per una minore usura dell'impianto di smaltimento. Questo ha motivato alcuni comuni, prima in Germania e per primo in Italia Bolzano, ad adottare degli incentivi urbanistici finalizzati a ridurre l'impatto delle precipitazioni sul sistema fognario. Ma questo non è l'unico vantaggio di un tetto verde; un tetto verde è infatti in grado anche di ristabilire un equilibrio tra vegetazione e costruito, riducendo sia le emissioni di anidride carbonica, che l'effetto "isola di calore". Questo fenomeno, conosciuto come *Urban Heat Island Effect (UHI)*, consiste nel processo che in estate innesca l'innalzamento della temperatura media in città rispetto a quella delle zone rurali limitrofe causato dall'elevato calore prodotto dalle superfici cementificate o pavimentate quando sono sottoposte al forte irraggiamento solare. Una prima e immediata conseguenza è il crescente consumo dell'energia elettrica, utilizzata per alimentare i climatizzatori per il raffrescamento estivo, che, in aggiunta alla produzione di polveri e all'immissione di sostanze inquinanti nell'aria, contribuisce all'innalzamento della temperatura, trasformando la città in un'isola di calore. Il processo *fotosintetico* delle piante può, in questo, esserci di grande aiuto; esso trasforma l'energia solare in energia biochimica assorbendo, in particolare, la radiazione più calda. Il verde assorbe una percentuale tra il 60% e il 90% della radiazione solare, ed inoltre l'ombreggiamento prodotto dalla vegetazione riduce il carico termico entrante negli edifici abbassando le temperature superficiali fino al 50%. Il tetto verde inoltre ha la capacità di fissare la polvere, evitando che resti sospesa nell'aria, polvere che è causa di allergie, oggi sempre più diffuse, ed è anche in grado di migliorare l'isolamento acustico abbattendo, sulla base del tipo di allestimento, fino a 3dB esternamente e 8dB all'inter-

no della costruzione. Una copertura vegetata riduce gli *shock* termici e le conseguenti dilatazioni del manto impermeabile e dei materiali della struttura, costituendo una vera e propria protezione della copertura edilizia che ne prolunga la durata. Questo ha fatto sì che le tecnologie del tetto verde si siano affermate nelle più grandi metropoli, come a New York e Singapore, dove intervenire in copertura per effettuare dei lavori di manutenzione risulta sempre molto problematico e costoso. In ultimo, ma non meno importante, il verde migliora l'impatto visivo delle coperture, sia piane sia a falde, e può essere pensato come luogo naturale, dove alcune specie di piante e animali possono trovare un *habitat* e svilupparsi in sintonia con l'ambiente. I tetti verdi, orti o giardini che ricoprono del tutto o in parte le coperture di abitazioni e non solo, sono un perfetto connubio fra estetica, funzionalità e sostenibilità, essi permettono non solo di rendere gli edifici gradevoli alla vista ma rappresentano un elemento importante del sistema ecologico urbano aumentando la biodiversità.



26 Hotel *PARKROYAL on pickering*, Singapore, 2013



27-28 Prima e dopo, la riqualificazione della *High Line* di New York; costruita negli anni '30, la ferrovia sopraelevata venne poi abbandonata, per disuso, nel 1980. Oggi, dopo le opposizioni di un'associazione di residenti contrari al suo abbattimento, è sede di un parco verde lineare progettato in collaborazione di vari studi di architettura e paesaggio. L'apertura al pubblico è avvenuta tra il 2009 e il 2015



29 Vista aerea dell'hotel *PARKROYAL on pickering*, Singapore, 2013

Per riassumere, di seguito l'elenco dei benefici ambientali del verde pensile:

- Riducono il carico che grava sulla rete di smaltimento delle acque piovane, perché una gran parte dell'acqua piovana è assorbita dalle piante verdi, oppure evapora
- Producono un miglioramento del clima circostante, con riduzione degli aumenti di temperatura causati nelle città dall'estendersi delle superfici artificiali (*urban heat island effect*)
- Proteggono i materiali strutturali del tetto stesso
- Lo strato vegetale vivo sul tetto contribuisce ad aumentare la biodiversità
- Sono più belli di un tetto in cemento o asfaltato o di lamiera verniciata e consentono soluzioni progettuali efficaci ai fini dell'inserimento di edifici in delicati contesti paesaggistici
- Attenuano i rumori
- Proteggono dal calore estivo e hanno un effetto isolante d'inverno

- Consentono di creare piccoli spazi verdi sulle coperture dei condomini utilizzabili da categorie di persone bisognose di maggiori servizi, come anziani o bambini o portatori di *handicap* che potrebbero avere difficoltà a spostarsi da casa per raggiungere le aree verdi pubbliche
- Migliorano l'efficienza dei pannelli solari
- Abbattono in alcuni casi i campi magnetici

Queste condizioni sono già un buon punto di partenza per una valorizzazione degli spazi, ma possono trovare un più largo campo d'azione nelle varie applicazioni nelle quali il verde è divenuto un aspetto essenziale e uno dei mezzi di riqualificazione più opportuni. Il crescente interesse verso un approccio responsabile all'edilizia cittadina e alla sua integrazione essenziale con la presenza di un verde funzionale è un fenomeno che attraversa e muta allo stesso tempo i metodi di progettazione fino a ora adottati. Nei prossimi anni gran parte del patrimonio edilizio, sia pubblico che privato, dovrà essere ristrutturato, ai fini dell'inevitabile e necessario *efficientamento energetico* e il verde pensile occorre sia inserito all'interno delle programmazioni di questi futuri interventi per il risanamento del patrimonio edilizio, quale strumento fondamentale per la riqualificazione di spazi pubblici degradati e delle zone periferiche, recuperandoli per nuove utilizzazioni e contribuendo a migliorare la qualità della vita sociale e il benessere nelle città. Il principale ostacolo alla sistematica applicazione del verde pensile è dovuta alla carenza di un piano strategico e di un quadro complessivo di programmazione urbanistica e paesaggistica che consentirebbero di passare da questa fase caratterizzata da installazioni puntuali, frutto di singole iniziative, ad un'applicazione programmata ai fini dell'ottenimento dei vantaggi ecologici e ambientali che il verde produce. Un'altra difficoltà consiste nel fatto che ogni sistema di applicazione nasce secondo una configurazione dipendente dalle condizioni climatiche delle aree sui cui si va ad intervenire, per cui le tecnologie e le tecniche di realizzazione non sono generalizzabili, ma sempre strettamente legate ai luoghi e alla variabilità delle condizioni sia microclimatiche che del contesto del paesaggio climatico.

## Orti Urbani

Questa stessa sensibilità ecologista e desiderio di ritorno alla natura ha motivato la diffusione del fenomeno degli orti urbani e degli orti sui tetti degli edifici, soprattutto nelle grandi metropoli, da New York, Berlino, Milano. Gli orti urbani possono essere gestiti come orti sociali e ciò rappresenta un altro strumento di rivalutazione degli spazi in comune, compresi quelli sui tetti, che possono essere efficacemente riconvertiti in aree utilizzabili per la coltivazione di frutta e ortaggi e per l'autoproduzione alimentare gestita dalla comunità. In alcune città come a Berlino, questi nuovi usi di territori urbani e di tetti cittadini si sono sviluppati spontaneamente per iniziativa degli abitanti, dando origine a questa nuova tendenza sociale che si sta sempre di più affermando nel mondo.

La distanza tra i luoghi di consumo e quelli della produzione agricola si è estesa al punto che il cibo compie viaggi molto lunghi prima di raggiungere il consumatore, tutto ciò è causa di un carico ambientale esagerato in *smog* e inquinamento. La necessità di mantenere per lunghi periodi gli alimenti vegetali per il loro trasporto costringe ad un utilizzo pesante di prodotti chimici per la loro conservazione e tutto ciò a detrimento della loro salubrità, quello che arriva sulle nostre tavole è forse molto più di origine chimica che non vegetale tanto che i prodotti li possiamo tenere in frigo per mesi senza che marciscano. Il bisogno e il desiderio di naturalità e di salubrità hanno sicuramente incentivato la coltivazione di prodotti alimentari anche sui tetti e anche sul terrazzo di casa, per la produzione di frutta e verdura senza uso di fertilizzanti e additivi chimici per la conservazione. Non secondaria è la valenza sociale di tali iniziative (ad esempio, a Milano, sono stati i pensionati a promuovere gli orti urbani sui tetti) così come molti sono gli orti come laboratori per scopi didattici e di educazione ambientale che si vanno realizzando sulle coperture di edifici scolastici.

Anche ad *Expo 2015* a Milano il verde pensile è stato protagonista come nuova opportunità di produzione agricola direttamente negli e sugli edifici e ciò può oggi avere un grande sviluppo grazie delle colture idroponiche. Questo metodo di coltivazione è una tecnica di agricoltura avanzata e intensiva, dove le piante sono cresciute in un ambiente controllato con acqua arricchita di minerali essenziali. In questo modo è possibile produrre frutta e ortaggi utilizzando fino a venti volte in meno di terra e dieci volte in meno di acqua rispetto all'agricoltura convenzionale, ed eliminando pesticidi chimici, fertilizzanti ed emissioni di CO<sub>2</sub> (quelle derivate dalle

macchine agricole e dai trasporti a lunga distanza). L'agricoltura idroponica può aiutare la gente a vivere in modo sostenibile grazie alla diffusione dell'agricoltura urbana, che consente di produrre ciò di cui si ha bisogno senza danneggiare il mondo intorno a noi. Gli scienziati sperano di poter rendere realizzabili questi sistemi sui tetti per produrre frutta e verdura a *chilometri zero* da consumare fresca appena colta. Si punta molto verso la diffusione dell'autoproduzione e si stanno progettando nuove tipologie residenziali in cui è previsto per ogni abitazione uno spazio esterno o sul tetto o sul terrazzo per coltivare i vegetali da portare direttamente sulle proprie tavole. Sono già numerosi in quasi tutte le più grandi metropoli del mondo i progetti di enormi edifici denominati "*Urban Factory*", il cui fascino è indiscutibile per il farci sperare di rendere realizzabile ciò che fino a poco tempo fa era addirittura impensabile. I nuovi modelli dell'abitare e del vivere sociale rendono ipotizzabili nuovi idilliaci scenari di un futuro possibile di progresso e di benessere egualmente distribuito tra tutte le persone, senza depauperare la natura e le sue risorse.



30 La facciata del padiglione di Israele per EXPO 2015, *Fields of tomorrow*. Sulla parete esterna della struttura è posto un campo coltivato in verticale, dove vi cresce grano, riso e mais utilizzando un sistema di irrigazione a basso impatto ambientale tipico delle tecniche israeliane



31 Un prospetto del padiglione USA per EXPO 2015, *American Food 2.0: Uniti per Nutrire il Pianeta*. L'elemento distintivo del padiglione, che ricorda le linee tradizionali di un granaio, è il grande orto verticale da cui si otterrà un raccolto quotidiano

## Sistemi di coperture

Per *verde pensile* si intendono i sistemi per impiantare la vegetazione su superfici edilizie non in contatto con il suolo sia orizzontali, denominate comunemente *tetti verdi*, sia verticali, *le pareti verdi*. Le stratificazioni di una copertura edilizia a verde sono parte integrante dell'edificio e devono essere progettate in un unico sistema con esso. Le coperture verdi possono essere realizzati con sistemi modulari, dove il substrato di crescita e le piante sono posti in moduli o vassoi, o con sistemi continui su misura, che consentono di variare a proprio piacimento gli elementi e gli strati della copertura e lo spessore del substrato. Sulla base della profondità del substrato è prassi ormai affermata suddividere le coperture verdi in due categorie: coperture verdi *estensive* e *intensive*.

Nelle coperture verdi *estensive*, lo spessore del substrato va dal minimo di 8 cm, sconsigliato in climi a forte siccità come quelli mediterranei, ad almeno 10 cm fino anche a 15 cm; è da rilevare che le prestazioni del tetto per i benefici ambientali ed ecologici aumentano in proporzione allo spes-

sore. Le coperture verdi estensive normalmente non sono fruibili, devono essere rese accessibili per consentire sopralluoghi e regolare manutenzione, in conformità alle norme vigenti, devono essere provviste di sistemi di ancoraggio per le linee *salva-vita*. Impiantare vegetazione in meno di 10 cm di profondità in zone *mediterranee-temperate* non è consigliato, è una sfida non sempre possibile, dipende dalle particolari condizioni microclimatiche e pedologiche del contesto di progetto e dall'utilizzazione di specifici sistemi modulari proposti dall'industria, che hanno dimostrato di essere in grado di supportare un buon numero di specie diverse anche con bassi spessori, grazie a particolari accorgimenti tecnici nella predisposizione degli strati del *pacchetto verde*. Il peso di un tetto estensivo è compreso tra 50-150 kg per metro quadrato. I vantaggi sono i seguenti: maggior leggerezza, scarsa manutenzione, scarsa irrigazione, minori investimenti e sono adatti per ricoprire grandi aree; sono semplici da sostituire e possono essere utilizzati su progetti già avviati o su edifici già esistenti.

Nella tipologia di coperture verdi *intensive* rientrano sistemi di verde con un substrato di crescita che va oltre i 20 cm fino anche a 40-50 cm, dove vi si possono mettere a dimora molte specie vegetali di diversa grandezza: erbacee, arbustive ed anche alberi di piccola taglia, fino alla *III grandezza* (richiedono solo 50 cm di profondità di substrato). I tetti intensivi consentono una grande varietà di piante, ma sono più costosi e necessitano di manutenzione assidua. Il peso di un tetto intensivo è minimo di 150 kg per metro quadro ed aumenta in proporzione all'aumento dello spessore del substrato. I vantaggi sono i seguenti: biodiversità, un maggior controllo sul deflusso delle acque piovane e maggiori proprietà isolanti e di mitigazione dell'isola di calore, maggiori possibilità di utilizzo, fruibilità quotidiana, risultati estetici di qualità, adeguati ad inserimenti in contesti di qualità architettonica, come centri storici.

### **Pareti verdi: storia, tipologia e composizione**

Il primo più famoso esempio di questa applicazione di "*green alternativo*" a livello urbano è il progetto di Patrick Blanc per una parete verticale di 800 mq nel Museo del Quai Branly a Parigi, che risale al 2004. In quest'opera l'irrigazione automatizzata consente lo sviluppo vegetativo delle piante, mentre la manutenzione dell'intera superficie inverdita è effettuata solo due volte l'anno. Nell'esecuzione delle sue installazioni l'artista si avvale di un *team* di giardinieri e di *montatori-arrampicatori*. La

tecnologia introdotta da Blanc consiste nell'applicazione di tre elementi fondamentali: un pannello in PVC, strati di feltro con integrato l'impianto d'irrigazione, una cornice metallica di sostegno e finitura. I pannelli di fogli di feltro sintetico che ospitano le piante sono continuamente irrorati da un sistema di irrigazione che utilizza acqua piovana e fertilizzanti. L'acqua piovana che scorre attraverso le tubazioni dell'impianto è controllata da un *timer* che ne regola l'intensità. Circa l'80% è costituito da piante sempreverdi, in modo da ridurre al minimo le opere di manutenzione, mentre il 20% è realizzato da piante caducifoglie che creano suggestive colorazioni con il passare delle stagioni. Grazie a questa varietà si possono ammirare macchie di colore e disegni sulle pareti come quadri di un *giardino-pittura*. Queste installazioni richiedono uno studio approfondito sulla capacità della vegetazione di adattarsi alle diverse altezze e ai relativi microclimi. L'ombra a livello del suolo favorisce maggiormente la crescita di rare varietà di ortiche asiatiche; mentre, sulla parte superiore, molto più luminosa, possono trovarsi tutte quelle varietà di piante resistenti ai venti umidi e freddi. I limiti per l'applicazione di questo genere di pareti verdi sono gli alti costi, da rintracciare nella complessità della struttura reticolare per il fissaggio delle piante, unita al sistema d'irrigazione capillare che ne attraversa tutta la superficie e nella gestione nel tempo di un programma di regolari interventi di manutenzione, senza i quali non sarebbe possibile garantire la conservazione delle qualità botanica ed estetica della parete. Queste difficoltà costruttive e manutentive, unite agli alti costi, limitano la diffusione di questa tecnologia nella comune edilizia residenziale o pubblica. La ricerca sta comunque andando avanti, sia per la suggestione estetica di queste stupefacenti realizzazioni, sia per i vantaggi ambientali e climatici che esse producono. A oggi esistono numerose altre installazioni in tutto il mondo di pareti verdi, di cui alcune sono state realizzate come interventi di recupero di facciate e di strutture già esistenti.

Le pareti verdi per esterni si distinguono in due tipologie di base a secondo delle tecnologie di realizzazione:

- Pannelli applicabili su pareti esterne preesistenti
- *Muri vegetali* integrati alla struttura architettonica

L'installazione del primo tipo, il rivestimento applicato alla parete, è effettuata utilizzando vari tipi di sostegni, come fili o trame di vari materiali (plastica, legno o metallo) oppure pannelli grigliati sui quali è indotto lo

sviluppo di piante rampicanti o ricadenti. Questo genere di parete verde consente una maggior facilità e versatilità di applicazione, rispetto ai più complessi muri vegetali, pur garantendone tutti i benefici effetti ambientali. I pannelli sono fissati sulle pareti degli edifici attraverso dei distanziali che consentono di creare un'intercapedine tra il verde e l'edificio per l'aerazione delle piante e per evitare danni alla struttura. Sui pannelli possono essere montati i vasi contenitori, dove è messa a dimora la vegetazione. Possono essere utilizzate piante con fioriture, sempreverdi o caducifoglie, di solito a struttura rampicate o ricadente. La scelta dipende dal clima, dall'esposizione della parete e dal risultato estetico e percettivo che si intende ottenere.

Per *muro vegetale* si intende invece una struttura edilizia verticale che ingloba come parte integrante del suo sistema costruttivo i componenti necessari per la realizzazione di un vero e proprio giardino pensile, con la messa a dimora di specie vegetali. La struttura occorrente per l'impianto del verde è di solito fornita dalle aziende sotto forma di sistema, si compone di una serie di strati coagenti, il peso variabile si attesta di solito intorno ai 25 kg per metro quadrato. I pannelli possono essere montati su strutture modulari in modo che siano indipendenti l'uno dall'altro. Le colture impiantate nel pannello sono di solito monoculture di una sola specie, ma possono essere predisposte in *fitoassociazioni*, cosa che può complicare molto la gestione e la manutenzione della vegetazione (le *fitocenosi* devono essere ampiamente sperimentate, perché le piante non si associano tra loro con facilità). La scelta dipende dal risultato che si desidera ottenere e dalla gestione degli interventi di manutenzione. I pannelli che ospitano più specie diverse offrono maggiori possibilità di composizioni e sono maggiormente adatti a restituire in ambienti artificiali effetti molto naturali, attraverso varietà di forme e di toni di verde e colori diversi, come in bosco o in una foresta vera. Queste tipologie di inverdimenti su parete sono molto belle e utilizzate anche per allestimenti in ambienti interni, dove occorre di solito integrare l'illuminazione naturale con apposite lampade a LED.



32 Il giardino verticale di Città del Messico, Messico, 2013



33 Un'altra opera di Patrick Blanc, la parete verde di Avignone, Francia, 2005



34 La parete verde installata da Patrick Blanc sull'angolo dell'Athenaeum Hotel, a Londra, 2009

## Sui benefici del verde pensile

Di seguito, un approfondimento sui benefici che il verde pensile apporta, approfondendo l'argomento.

*Diminuzione del ruscellamento delle acque meteoriche;* uno dei vantaggi ottenibili con l'utilizzo del verde pensile è sicuramente quello dovuto alla quantità d'acqua meteorica che tale tipo di copertura è in grado di trattenere, con i dovuti benefici in termini di manutenzione e costruzione di impianti per lo smaltimento delle acque. Nelle città dove l'urbanizzazione eccessiva negli anni non ha tenuto conto di queste problematiche, la spesa per la regimazione delle acque, a seguito della scelta di utilizzare coperture impermeabili, si è molto elevata. La diffusione di coperture verdi è, a oggi, tra tutte le strategie possibili, la più efficace per l'abbattimento di queste spese.

*Effetto delle coperture sul microclima;* altro consistente beneficio che si può trarre dall'installazione di coperture verdi è costituito dal naturale fenomeno di eva traspirazione delle coperture verdi e del loro impatto sulle aree immediatamente circostanti. L'acqua assorbita dalle piante è restituita sotto forma di vapore, che genera così un abbassamento globale della temperatura. Il calore assorbito durante il giorno è restituito durante la notte poiché il cielo, comportandosi da corpo oscuro, tende ad attirare il calore, consentendone così il rilascio e l'abbassamento della temperatura della copertura. Studi recenti rilevano come le differenze di temperatura delle diverse tipologie di copertura offrano benefici diretti sulla qualità della vita e sul risparmio energetico. Una copertura nera registra, durante la stagione estiva, 80°C; una costituita di coppi in media 50°C; una copertura con vegetazione ne registra addirittura 30°C. Un tetto verde è in grado di mantenere bassa la temperatura all'interno dell'abitazione anche durante la notte.

*Fissaggio delle polveri sottili;* le coperture verdi contribuiscono alla diminuzione delle polveri sottili sospese nell'aria. Questo effetto è dato dalla vegetazione, grazie alla presenza, sulla superficie delle foglie delle piante, di uno strato d'aria umida che è in grado di trattenere il pulviscolo atmosferico e le polveri prodotte dalle emissioni inquinanti del traffico e dell'industria, impedendo che si diffonda nell'aria che respiriamo. Questo

è un beneficio per la salute delle persone molto importante per contenere la preoccupante diffusione, soprattutto nelle grandi città ad alto livello d'inquinamento, di casi di allergie da polveri.

*Isolamento termoacustico;* un altro fattore importante e piuttosto noto è che la differenza di temperatura tra le coperture verdi e quelle inerti e nere è enorme: a parità di condizioni la temperatura di una copertura verde non supera i 32°C in estate, contro gli oltre 80°C che si registrano su una copertura nera. Beneficio direttamente connesso a questo tipo di comportamento della copertura è anche il conseguente isolamento termico dell'edificio, grazie al quale si ottiene una diminuzione dei consumi energetici sia d'estate che d'inverno.

*Sfruttamento delle superfici e aumento del valore degli immobili;* le coperture verdi rendono fruibili (qualora siano agibili) aree che, nel caso ad esempio di tetti condominiali, diversamente potrebbero non essere utilizzate. La rivalutazione di queste superfici offre l'opportunità di avere a disposizione nuovi spazi comuni utili per l'aggregazione e la coesione sociale, con molte possibilità d'uso, dal semplice giardino a scopo ricreativo fino anche all'orto sociale. Un tetto giardino utilizzabile dalle persone aggiunge valore all'immobile, aumentandone l'appetibilità e il prezzo di mercato.

*Aumento della durata delle coperture degli edifici;* la dilatazione termica a cui è soggetta una copertura è il fenomeno più stressante per la parte edilizia del tetto e rappresenta la principale causa del suo deterioramento. Le parti inerti della copertura al di sotto di un'installazione di verde pensile, non essendo soggette ad insolazione diretta, non raggiungono più le alte temperature e le dilatazioni che ne causano il precoce degrado, consentendo di aumentare notevolmente la normale durata di una tetto prima di dover effettuare un intervento di manutenzione. Questo vantaggio acquista maggiore importanza dove l'accesso a una copertura è complicato e particolarmente dispendioso.

*Aumento della durata degli impianti di smaltimento delle acque meteoriche;* la quantità d'acqua meteorica trattenuta dal tetto verde in occasione di precipitazioni abbatte la velocità del deflusso negli impianti di smaltimento fognari prolungandone la durata.

*Assorbimento delle radiazioni elettromagnetiche;* sono in questo periodo in atto ricerche e sperimentazioni, per quanto riguarda la capacità della vegetazione e del verde pensile su di un tetto, di assorbire le radiazioni elettromagnetiche e di schermare le emissioni di onde radio ad alta frequenza. I risultati emersi sono molto incoraggianti; in particolare una ricerca portata avanti dal prof. Gernot Minke dell'Università di Kassel in Germania presso l'Università militare di Monaco ha mostrato che una copertura verde con uno spessore di riferimento di substrato di circa 15 cm, è in grado di ridurre il campo delle onde elettromagnetiche comprese tra 1,8 e 1,9 Ghertz di più del 99%. Per le frequenze UMTS (quelle dei cellulari di nuova generazione) la riduzione del campo magnetico è risultata ancora maggiore, per i valori compresi tra 1,92 e 2,17 Ghertz, mentre per il campo delle onde amatoriali di 4 Ghertz si arriva addirittura all'abbattimento del campo. Se confrontiamo questo dato con il valore del 50% della riduzione del campo delle onde elettromagnetiche dato da una copertura edilizia con struttura tradizionale, possiamo comprendere l'importanza di questa prestazione delle coperture verdi, e nel risolvere un problema di estrema attualità, come quello di dover tutelare le abitazioni e gli edifici collocati in prossimità di antenne, di emittenti o trasmettitori, ma non solo, perché tutto l'ambiente è soggetto ormai in maniera diffusa all'inquinamento elettromagnetico. Non si tratta, dunque, soltanto di salvaguardare i casi più pericolosi, ma di salvaguardare il territorio.

*Aumento della resa dei pannelli fotovoltaici ad energia solare;* fino a circa una decina di anni fa, non si proponeva di realizzare delle coperture a verde in cui interagiva un impianto di pannelli a energia solare, oggi si è costatata l'esistenza di una sinergia positiva tra la copertura verde e l'impianto per la captazione per l'energia solare. Gli impianti fotovoltaici, nel periodo estivo, aumentano la resa dei pannelli solari quando questi sono collocati su superfici a verde, grazie alle temperature più basse che si registrano nel loro intorno. È provato che temperature più contenute influiscono positivamente sull'efficienza dei componenti elettronici aumentandone sensibilmente le prestazioni. Nel periodo estivo, le temperature delle coperture tradizionali, raggiungono anche i 60 °C e addirittura 70-80 °C, fino anche a 90 °C su una copertura nera realizzata in bitume o con manti polimerici. È ovvio che dipingere il tetto di bianco con le speciali vernici riflettenti consente di ridurre la temperatura su di un tetto e che questa è una prima decisiva strategia da adottare, ma l'efficacia di una copertura

verde è sempre maggiore. La temperatura di un tetto verde si mantiene piuttosto bassa, non oltre i 35 °C, e di solito si contiene sui 25 °C; questo minor calore attorno al fotovoltaico migliora le prestazioni dell'impianto ad energia solare.

*Biodiversità e corridoi ecologici;* il verde pensile è riconosciuto come strumento di compensazione delle superfici naturali in ambito urbano e per il suo importante contributo al fine di ricostruire dei corridoi ecologici che si sono persi con l'edificazione, sottraendo a molte specie animali e vegetali l'*habitat* adeguato alla loro sopravvivenza. Questo bilancio negativo ai fini della biodiversità è il risultato di una sommatoria d'incauti interventi effettuati sul territorio senza un'adeguata pianificazione. Le coperture verdi possono offrire un valido contributo per ricreare in città una rete di superfici, un connettivo di corridoi verdi, tra le superfici edificate e cementificate che permetta alla micro e macro fauna e a specie vegetali che richiedono *habitat* particolari di potersi insediare all'interno del tessuto urbano, in modo da ottenere una migliore quota di biodiversità. La problematica si differenzia secondo i casi di tetti verdi intensivi o estensivi. Nel primo caso la utilizzo da parte dell'uomo è abbastanza continuo, e ciò fa sì che solo alcune specie di fauna possano trovarvi dimora. Nel caso invece di coperture a verde estensivo, il disturbo di origine antropica è in pratica nullo e questo fa sì che si possa pensare a utilizzare tali superfici a verde per contribuire a una maggiore biodiversità. A oggi la ricerca in Italia non è in grado di dare risultati efficaci sulla valutazione dei livelli delle prestazioni dei tetti verdi in questo senso, perché non c'è, nel nostro paese, una sufficiente diffusione di questo tipo di coperture che ci permetta di studiare quanto queste possano aumentare la microfauna e offrire possibilità per l'avifauna di nidificare e riprodursi. Gli studi sono stati sviluppati soprattutto in Svizzera e Germania, grazie alla maggiore diffusione di questa tecnologia. Da tali ricerche sono fornite alcune indicazioni di massima come per esempio quella di non impiegare spessori di substrato inferiori agli 8 cm, al fine di poter ottenere un sufficiente livello di biodiversità. È inoltre consigliabile mettere a dimora il maggior numero di specie possibili anche utilizzando spessori variabili di substrato. La città di Basilea è all'avanguardia nella ricerca nel campo della biodiversità.

*Orti Urbani e Sociali;* gli orti sociali rappresentano un altro strumento di rivalutazione degli spazi in comune, compresi quelli sui tetti, che pos-

sono essere efficacemente riconvertiti in aree utilizzabili per la coltivazione di frutta e ortaggi e per l'autoproduzione alimentare. Gli orti urbani sono importanti per la coltivazione ma anche per una maggiore coesione sociale come spazi di autoproduzione gestiti dalla comunità. In alcune città questi nuovi usi di territori urbani si sono sviluppati spontaneamente per iniziativa degli abitanti, dando origine a una nuova tendenza che si sta affermando anche in altre città.

*Riqualificazione e rigenerazione urbana;* con il verde pensile è possibile sottrarre al cemento vaste superfici in ambiente urbano densamente abitato, per nuovi usi sociali e pubblici, e riqualificare gli edifici che necessitano di ristrutturazioni anche ai fini dell'efficientamento termico imposto dalla legge sul risparmio energetico. Si può mitigare l'impatto visivo e paesaggistico in ambienti antropizzati o naturali ad alto valore paesaggistico storico e culturale.

### **Strumenti normativi a sostegno del verde pensile in Italia**

I primi riferimenti normativi sono state le direttive tedesche "*Richtlinien für die Planung Ausführung und Pflege von Dach Begrünungen*", redatte dall'associazione di ricerca dei costruttori del paesaggio, e le direttive austriache ONR 121131, "*Qualitätssicherung im Grünraum, Grunddach, Richtlinien für die Planung, Ausführung und Erhaltung*".

Dal 2007 è entrato in vigore il codice di pratica UNI-11235, "*Istruzione per la progettazione e l'esecuzione di coperture a verde*", che costituisce un testo fondamentale di riferimento per l'attività di progettazione, realizzazione, collaudo, manutenzione e controllo di coperture a verde e che costituisce anche un efficace strumento da utilizzare in caso di contenzioso.

Nel 2012 l'ISPRA (*Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale*) ha pubblicato delle nuove ulteriori linee guida: "*Verde pensile: prestazioni di sistema e valore ecologico*". Si tratta un ulteriore valido strumento di sostegno alla progettazione e alla installazione di coperture a verde, linee guida che si aggiungono alle normative UNI e che rispetto ad esse, molto dirette a aspetti di carattere esclusivamente tecnologico, declinano in aspetti di carattere progettuale, in particolare per quel che riguarda la scelta della vegetazione più adatta, le modalità di installazione e la gestione e i costi della manutenzione, in rapporto soprattutto all'utilizzabilità e alle opportunità sociali che nuovi spazi verdi possono offrire.

Il 14 gennaio 2013 è stata varata la legge nazionale n.10 “*Norme per lo sviluppo degli spazi verdi urbani*” che tra gli interventi da incentivare a livello urbano prevede il pensile come strumento fondamentale per abbattere l’isola di calore e migliorare le condizioni ambientali nelle città, e che incentiva le regioni, le province e i comuni, ciascuno nell’ambito delle proprie competenze e delle risorse disponibili, a promuovere l’incremento degli spazi verdi urbani.

La norma UNI-11235 del 2007 è stata adottata al fine di sostenere tutte le fasi di realizzazione del verde pensile, dalla progettazione alla messa in opera fino anche alla fase di collaudo e al programma di manutenzione. È possibile anche richiedere la certificazione del prodotto, in maniera tale che sia documentata la sua conformità a determinati standard di qualità, e nel settembre 2015 la norma è stata integrata proprio a questo proposito consentendo la possibilità di documentare la certificazione energetica dei sistemi di verde pensile ai fini degli incentivi fiscali previsti dalla legge sul risparmio energetico. Una particolare capitolo è dedicato alla manutenzione e al suo costo, che costituisce uno dei prerequisiti di un progetto e uno degli aspetti prioritari sulla base del quale decidere la soluzione progettuale più idonea per ogni diversa situazione. Ogni opera a verde pensile deve essere soggetta a regolare e specifica manutenzione, in maggiore o minore misura, in funzione del grado di *intensività* ed *estensività*. Il codice di pratica UNI definisce le tipologie degli interventi di manutenzione necessaria ed introduce una ripartizione di tali interventi in tre classi distinte: manutenzione di avviamento al collaudo, manutenzione di avviamento a regime, manutenzione ordinaria

### **Nuovi scenari di innovazione urbana ecosostenibile: le Vertical Farms**

La crescita demografica e il progressivo inurbamento, secondo le previsioni, porteranno nel 2050 l’80% delle persone a vivere nelle città. Dobbiamo prepararci fin da oggi a rendere attuabili nuovi modelli insediativi e nuovi scenari urbani per una società veramente egualitaria ed inclusiva, che *in primis* sia in grado di sfamare tutti, offrendo pari opportunità per tutte le persone. Tutto ciò è possibile, a condizione di ricercare e trovare soluzioni per le due grandi criticità che riguardano la sopravvivenza sul pianeta: l’emergenza *energetica* e *alimentare*. Nel 2050 le superfici di terreno a disposizione per produrre alimenti saranno gravemente insufficienti per soddisfare la necessità di cibo della popolazione mondiale, e non

basteranno provvedimenti mirati a rendere più efficiente la produzione agricola e più equa la distribuzione delle risorse alimentari; dovremo aver già rivoluzionato totalmente i modelli di produzione e il sistema abitativo e urbano.

Per risolvere questi problemi di livello planetario è stata concepito un nuovo modello di produzione agroalimentare, realizzabile in modo intensivo e concentrato all'interno di edifici collocati direttamente nelle metropoli urbane. Sono le *Vertical Farms*, organizzate in volumi architettonici sviluppati in altezza, dove si coltivano frutta, ortaggi e prodotti destinati all'alimentazione, in modo che il cibo così prodotto possa essere acquistato direttamente nel luogo di produzione e arrivare sulle tavole per essere consumato fresco, appena raccolto. Questo nuovo modello di produzione è reso possibile dall'innovazione in campo agronomico della coltivazione *idroponica*, una tecnica produttiva in grado di rivoluzionare i nostri stili di vita e i modelli degli insediamenti umani. La coltivazione idroponica è realizzata facendo crescere le piante anche in totale assenza di terra; queste vengono irrigate artificialmente attraverso un apposito impianto, che distribuisce acqua arricchita di sostanze nutritive e fertilizzanti. Le coltivazioni possono avvenire anche in assenza di luce naturale, utilizzando speciali lampade a LED, mentre vengono controllate la ventilazione, la temperatura e l'umidità dell'ambiente grazie a impianti di climatizzazione che mantengono le condizioni ottimali per lo sviluppo delle piantine. Il padre di questa nuova modalità di produrre cibo è Dickinson Despommier, docente di Scienze Ambientali alla Columbia University, che dal 2000 promuove il *vertical farming* come nuovo modello di metodo produttivo agricolo integrabile all'interno di enormi edifici abitativi in un contesto urbano. I prodotti così ottenuti, coltivati direttamente nel cuore delle città, potranno essere consumati freschi perché acquistati direttamente nel luogo di produzione. Esistono già alcune sperimentazioni: in Inghilterra, presso lo zoo di Paignton, dove viene realizzata la produzione delle lattughe per il nutrimento degli animali all'interno di un ambiente di appena 100 metri quadri; a Suwon, in Corea del Sud, dove è stata aperta una prima fattoria verticale; a Nuvege, in Giappone, all'interno di un edificio murato, senza finestre; in Olanda poi, dove un gruppo d'imprenditori ha approntato il progetto di una sorta di vivaio in scatola chiamato *PlantLab*.

La ricerca in campo architettonico e urbanistico ha concepito sulla base di queste opportunità nuovi avveniristici progetti di enormi grattacieli in molte metropoli nel mondo. Gli edifici saranno a impatto energetico e am-

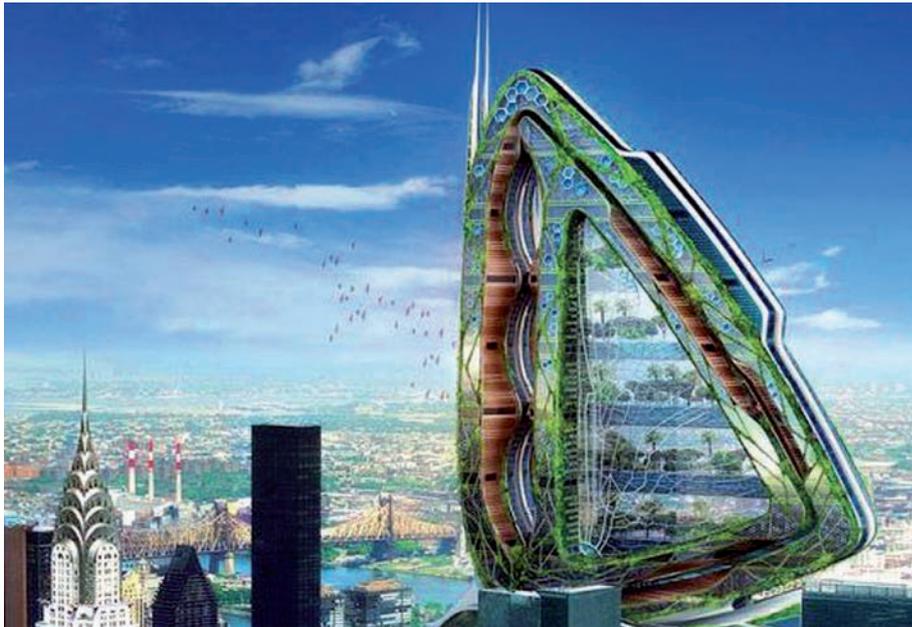
bientale *zero*, con l'uso esclusivo di fonti energetiche pulite e rinnovabili quali il solare, eolico e geotermico, mentre i rifiuti verranno utilizzati per la produzione di biomassa; sarà poi previsto il riuso e il riciclo dei materiali di scarto e dell'acqua, assecondando un nuovo modello produttivo-residenziale e un modello di insediamenti urbani del tutto nuovo e rivoluzionario, basato sulle *Vertical Farms*. Questi enormi grattacieli sono concepiti in modo completamente autonomo e autosufficiente a livello energetico e produttivo. Al loro interno sono previsti gli ambienti abitativi e, contemporaneamente, quelli per il lavoro; grazie al fatto che ospiteranno tutta la filiera della produzione alimentare, dalla coltivazione alla trasformazione, vi si troveranno contemporaneamente residenze e luoghi di produzione, abitazioni e fattorie. Il modello degli insediamenti urbani futuribile che si apre è completamente nuovo e di portata rivoluzionaria, in quanto le *Vertical Farms* sono una sorta di moduli residenziali completamente autonomi e ripetibili all'infinito, in grado di generare nuove tipologie di assetti urbani in metropoli, ottenuti dalla sommatoria di più *Vertical Farms*; metropoli che potranno sorgere *ex-novo* in zone oggi disabitate o poco popolate, e potranno continuamente essere ampliate senza che ne venga messo in crisi il sistema e il funzionamento. Le distanze tra i luoghi di residenza e di lavoro, delle persone e di produzione degli alimenti, verranno praticamente azzerati, con il conseguente abbattimento di costi, sprechi, inquinamento e di tutti i disagi legati agli insensati spostamenti che le persone (come i prodotti) si trovano oggi quotidianamente a sostenere.



35 Il giardino idroponico realizzato all'interno dell'aeroporto O'Hare di Chicago, USA, nel 2011. Dalle immagini si può apprezzare come si possa riuscire a coltivare varie tipologie di ortaggi su di una struttura totalmente artificiale



36 Un'altra vista del giardino idroponico realizzato all'interno dell'aeroporto O'Hare di Chicago, USA, nel 2011.



37 *Dragon Fly*, La proposta dell'architetto Vincent Callebaut per una fattoria urbana completamente autosufficiente, sita nella città di New York, USA 2009



38 Un altro progetto teorizzato dall'architetto Vincent Callebaut, la *vertical farms Asian Cairns*, proposta per la città di Shenzhen, in Cina, 2013

## Verde pensile e rigenerazione urbana

Il crescente interesse verso un approccio responsabile all'edilizia urbana e alla sua integrazione essenziale con la presenza di un verde funzionale è un fenomeno che attraversa e muta allo stesso tempo i metodi di progettazione fino a ora adottati. L'analisi e la comprensione delle realtà ad oggi esistenti e dei *concept* per gli sviluppi futuri consente di capire quali siano, a livello effettivo, gli ambiti di intervento più concretizzabili. Il verde utilizzato come connettivo all'interno delle città è in grado di ricomporre in un insieme sensato e ricco di significato la sommatoria di singoli interventi edilizi senza qualità e assolutamente incoerenti tra loro: nello stile, nelle altezze, nei colori etc. Il *connettivo verde* può aiutare a ritrovare un disegno alla città che è spesso tristemente assente e può costituire un modo praticabile di restituire dignità e fruibilità per uso pubblico a periferie e zone industriali. Con il verde pensile si potranno creare giardini pensili e orti sulle terrazze e sui tetti di edifici privati, ma è soprattutto lo spazio pubblico che potrà essere riqualificato e rigenerato laddove per mancanza di spazio sufficiente non è possibile far altro che usare le coperture verdi orizzontali o verticali per introdurre nuova vegetazione.



39 Un giardino terrazzato di *Awaji-Yumebutai*, che si trova a Hyogo, in Giappone; disegnato dall'architetto Tadao Ando, è stato progettato per rivalorizzare l'ambiente sul quale si insedia, dopo il forte terremoto del 1995. E' stato costruito nel 2000



40 Un'altra immagine del complesso polifunzionale *ACROS Building*, progettato dall'architetto Emilio Ambasz, Giappone, 2015

### Un giardino verticale alle Murate

La parete vegetale realizzata sulla facciata del complesso architettonico dell'ex-carceri di Firenze delle Murate è stata promossa per due motivazioni principali: la *prima*, per una valorizzazione estetica del paramento murario che affaccia sul viale Giovine Italia, la *seconda* per aprire un campo di sperimentazione ed un dibattito sulle installazioni di verde in verticale al fine di contribuire, attraverso una maggiore presenza di vegetazione, al miglioramento delle condizioni ambientali e di microclima in città.

La parete dell'ex-carceri delle Murate è una cortina muraria priva di affacci verso l'esterno, orlata sulla sommità da una fila di merli; essa fa parte di un complesso monumentale tutelato e vincolato all'interno del centro storico di Firenze, e costituisce una memoria storica che non è ammissibile cancellare. Il muro di recinzione rappresenta un monito a ricordo del limite invalicabile che segnava la linea di demarcazione tra lo spazio della libertà e quello della reclusione e della sofferenza del carcere. L'idea di un allestimento in facciata, con pannellature verticali *vegetate*, che si possono smontare e rimontare in qualsiasi momento, è stata la chiave di volta che ha convinto l'amministrazione e la Sovrintendenza a promuovere l'intervento, il cui obiettivo non è stato solo quello di realizzare un *maquillage* estetico ma anche di trasformare un messaggio di negatività e tristezza in

un messaggio positivo. Per questa ragione si è scelto di usare l'allestimento di vegetazione, un modo per simboleggiare la vita e la speranza nella rinascita che non può essere negata nemmeno a chi, chiuso nel carcere, paga per aver commesso degli errori.

L'intento è quello di comunicare, attraverso il nuovo volto verde, un'immagine più sorridente, nonché di manifestare contemporaneamente un contenuto simbolico rappresentativo del valore che la comunità attribuisce alla presenza di vegetazione e natura in città e alla tematica della salvaguardia dell'ambiente. Un modo efficace per esemplificare davanti a migliaia di persone che tutti i giorni percorrono il viale Giovine Italia il desiderio e la volontà dei fiorentini di promuovere una maggiore presenza di natura dentro la città. Un'operazione molto importante, quindi, anche per l'effetto mediatico e comunicativo di un nuovo concetto di installazione verde in facciata e in verticale, che tutte le persone possono vedere con i propri occhi concretamente realizzato davanti a sé; un modo per testimoniare che il verde pensile in città è possibile e soprattutto auspicabile, e che può essere applicato anche in molte altre situazioni, fino anche in casa propria.

Questo tipo di interventi promossi e realizzati dalle amministrazioni di molte metropoli e città del mondo ci consentono di sfruttare nuove superfici in verticale ma anche in orizzontale, sui tetti, in sostituzione di antiestetiche coperture di cemento o magari di asfalto, spazi prima impensati per introdurre nuova vegetazione in ambiente urbano, dove la presenza di verde risulta sempre più risicata e sacrificata, anche se l'inquinamento e il traffico la rendono sempre più necessaria. Un bel campo di applicazione e di ricerca quindi, anche riguardo alla sperimentazione che si rende necessaria sulle tecniche di installazione e sulla vegetazione, con l'obiettivo di arrivare a contenere i costi di realizzazione e di manutenzioni del verde pensile rendendolo economicamente conveniente, per arrivare ad una maggiore diffusione sino anche nell'edilizia più comune.

Solo una presenza massiccia di verde può contribuire in modo efficace al miglioramento della salubrità e del benessere ambientale nei nostri contesti urbani, devastati dal cemento e sottoposti a carichi di traffico insopportabili. Numerosi, anche ovvi, sono i vantaggi di una maggior presenza di biomassa, come il controllo dell'ecosistema urbano attraverso l'assorbimento dell'anidride carbonica, la produzione di ossigeno, il fissaggio e l'assorbimento delle polveri sottili e delle sostanze inquinanti, oltre ad un benefico effetto sulla riduzione effetto isola di calore.

Quindi queste pareti, oltre che belle e utili, rappresentano il manifesto

di una volontà politica del comune e del desiderio di natura di un'intera comunità. Di seguito si riporta l'estratto da *Le invasioni botaniche Firenze 2012: un giardino verticale alle murate*

*La scelta di realizzare un'installazione verde risponde ad una richiesta di "ambiente" per permeare il cemento con la biodiversità del verde per fare della città un organismo bionico che sfrutti al massimo il benessere derivante dalla simbiosi biologico artificiale. Quest'installazione non è una classica parete verde, ma piuttosto una composizione di elementi verdi e metallici che realizzano una sorta di quadro "biologico-artificiale" appeso alla facciata delle Murate. Per dare ancora maggior risalto al contrasto tra la rigidità materica del metallo e la morbidezza delle piante è stato scelto un modello compositivo che, con lo spunto dell'astrattismo geometrico pittorico, utilizzasse pochi elementi semplici con rapporti dimensionali fissi tra i lati permettendo all'interno dello schema dei moduli di giocare con i colori delle foglie, con le forme dei rami, con il portamento dei fusti. L'idea progettuale di comporre elementi modulari, permetterà, in termini di funzionalità tecnica, di mettere punto un sistema di fissaggio alla parete tale da consentire durante il corso dell'anno anche la sostituzione degli elementi in modo da creare geometrie e composizioni di colori che potranno segnare il passaggio delle stagioni. Lo schema progettuale che è stato messo a punto vuole rappresentare dunque un'idea generale del rapporto tra natura e città che non sia banalizzato nell'utilizzo di elementi verdi per creare soltanto un'estetica migliore, ma che testimoni la simbiosi che nelle moderne concezioni di città si ritiene necessaria per ricercare equilibri nuovi e più funzionali al miglioramento della qualità dell'aria, del clima, dell'acustica e quindi più in generale alla qualità della vita urbana.*

Le pareti verticali verdi sono state rese famose grazie all'idea del botanico francese Patrick Blanc, che le ha realizzate per la prima volta sulle pareti del museo Quai Branly, a Parigi, nel 2006. Blanc ha studiato per molti anni nelle foreste tropicali, selezionando la vegetazione più adatta da far sviluppare in verticale anche a seconda dell'esposizione delle facciate e sperimentando la capacità di adattamento delle piante alle varie situazioni, compreso la reciproca capacità di convivere tra specie diverse. Le sue installazioni sono tutelate da un brevetto e vengono realizzate con migliaia di piante e una vasta varietà di specie, accostate sapientemente in un vero e proprio *melange* di sfumature verdi componenti un quadro che appare come un vero e proprio paesaggio, che con la sinuosa naturalezza delle sue

linee e la morbidezza di diversi spessori di vegetazione evoca il movimento tridimensionale di un territorio collinare in verticale.

La scelta fiorentina invece appare dettata anche da necessità logistiche: è grazie alla modularità della concezione geometrica di una maglia di pannellature rettangolari che è possibile effettuare sostituzioni in qualsiasi momento, o smontare per intero tutta la parete vegetale per rimontarla in un'altra installazione. Dopotutto, la geometria risulta una scelta particolarmente pertinente alla cultura fiorentina; Firenze è, con il Rinascimento, la patria della geometria e della prospettiva applicata all'arte, nonché la patria del giardino all'italiana, il tipico giardino quadrato delle dimore signorili quattrocentesche, che spartito dalle classiche 4 aiuole simmetriche adibite a prato, umanizza con la regolarità geometrica dell'organizzazione spaziale la spontanea e confusa crescita della vegetazione, rendendola partecipe di armonie universali. Si tratta sempre di una geometria non banale e nemmeno casuale, ma dalle connotazioni altamente intellettuali, la stessa geometria che utilizzò cinque secoli dopo Mondrian, artista astratto ma che quanto a geometria non fantasticava, utilizzando nelle sue composizioni una struttura di dimensionamento tra le parti armonica e basata sulla sezione aurea. Per agevolare la lettura del nastro verde delle Murate si è scelto di interporre tra i diversi riquadri degli spazi vuoti con uno sfondo nero, al fine di consentire fisicamente e visivamente un distacco fra i vari elementi, ispirandosi anche in questo alle opere di Mondrian. Alcuni pannelli metallici sono stati inseriti tra le parti vegetali svolgendo una funzione di contrasto tra mondo materiale e mondo naturale, tra regno minerale e regno vegetale, così come si trova in natura nei paesaggi con i naturali connubi tra terra o rocce e vegetazione.

Per la realizzazione della parete verde sono stati utilizzati dei pannelli *prevegetati* di spessore 6 cm, realizzati mediante telai in acciaio inox o alluminio con supporto in materiale plastico, tipo policarbonato alveolare, che consente la massima leggerezza unita ad una notevole rigidità del sistema. La vegetazione è inserita all'interno di una struttura formata da vari strati di *tessuto-non tessuto* di diverse qualità e consistenza, finalizzata a fornire un adeguato substrato agli apparati radicali delle piante. I *pannelli verdi* sono uniformati alle dimensioni di 150x100 cm e 100x100 cm per un agevole ricambio, e sono fissati alla parte verticale mediante perni in acciaio inox infissi nel muro; viene previsto un fissaggio per ogni spigolo del pannello allo scopo di rendere indipendente il montaggio e lo smontaggio di ogni singolo elemento. Il necessario apporto idrico per garantire

l'adeguata quantità di acqua alle piante viene fornito da un impianto di *micro-irrigazione* automatica opportunamente inserito all'interno del substrato, in modo da evitare danni alla parete muraria dovuti al gocciolamento dell'acqua d'innaffiatura. Inoltre, dietro al nastro verde si trova affisso uno strato di polietilene di colore nero, con la doppia valenza di ulteriore elemento impermeabilizzante il muro e di colorazione nera per creare le linee di separazione delle schema compositivo. Sotto la parete, all'interno del marciapiede esistente, è stato realizzato un canale di raccolta dell'acqua di annaffiatura, delimitato da una piccola ringhiera metallica per tenere lontani i passanti.

La necessità di garantire un effetto compositivo tridimensionale attraverso specie vegetali di spessori e toni di verde diversi è stata indirizzato verso la scelta di piante a sviluppo massivo con portamento fogliare ricadente, combinate opportunamente con pannelli con vegetazione di spessore ridotto ed uniforme. Tre sono i temi del verde affrontati:

- Prato, intendendo una superficie vegetativa di scarso spessore
- Verde in rilievo da realizzare utilizzando piante che hanno maggiore spessore
- Macchie di colore da realizzare utilizzando piante con foglia colorata o ricche di fioriture

Lo studio di fattibilità del progetto è stato condotto dal gruppo di progettazione composto da Pietro Rubellini, Stefano Cerchiarini, Gianluigi Mazzei, Irene Romagnoli, Silvia Baldi.



41 - 42 Alcune immagini del giardino verticale realizzato a Firenze; questo è stato realizzato nel contesto del progetto *Le E/Invasioni Botaniche*, e viene intitolato ufficialmente *Giardino verticale alle Murate*. I moduli prevegetati e precoltivati a pronto effetto sono un'esecuzione e una fornitura della Menotti Melani.  
Foto di Menotti Melani



43 - 44 Alcune immagini del giardino verticale realizzato a Firenze; questo è stato realizzato nel contesto del progetto *Le E/Invasioni Botaniche*, e viene intitolato ufficialmente *Giardino verticale alle Murate*. I moduli prevegetati e precoltivati a pronto effetto sono un'esecuzione e una fornitura della Menotti Melani.

Foto di Menotti Melani



## 4.2 Harpo verdepensile

Maria Elena La Rosa  
Responsabile Ufficio tecnico Haspo

### Il verde pensile

Se i *rooftop garden* fino a qualche tempo fa erano vanto esclusivo delle città del nord Europa, oggi il verde pensile si sta diffondendo sempre di più in Italia. Le moderne tecnologie per realizzare coperture a verde consentono tecnicamente oramai di vivere con un orto o un giardino sopra la testa, con la sicurezza di potersi affidare a sistemi certificati e installati a regola d'arte. I giardini pensili garantiscono indiscussi benefici economici ed ambientali: sono belli da vedersi ed *ecofriendly* perché migliorano il microclima (il verde pensile contribuisce nella riduzione delle emissioni di anidride carbonica) migliorano la temperatura urbana fino ad arrivare alla riduzione dell'inquinamento acustico, trattengono le polveri. La ritenzione idrica che apportano può toccare picchi del 70-90%, con alleggerimento del carico idraulico sulla rete di smaltimento delle acque meteoriche, rendendo percorribile la strada del riutilizzo delle acque piovane per usi irrigui, previo recupero e filtrazione. Sempre più Comuni, tra cui anche Milano, impongono vincoli nello sversamento di acque piovane negli impianti fognari, per cui i progettisti sono costretti a valutare dispositivi spesso molto costosi per lo stoccaggio provvisorio delle acque piovane; quindi, il verde pensile da questo punto di vista diventa strumento interessantissimo. I giardini pensili, inoltre, contribuiscono alla tutela della biodiversità, potendo infatti ricreare veri e propri *micro-habitat*.

### **La regola dell'arte, norma UNI-11235: "Istruzioni per la progettazione, l'esecuzione, il controllo e la manutenzione di coperture a verde"**

Richiedere che un sistema sia a norma UNI-11235 significa assicurarsi che, sia per il sistema che per i suoi componenti, vengano soddisfatti requisiti minimi e verificabili. Oltre a ciò, va considerato che in un sistema ogni elemento interagisce intimamente con gli altri, per cui è necessario conoscere i meccanismi intrinseci nell'insieme in termini meccanici, idraulici e

fisiologici, anche a distanza di anni. Una corretta messa a punto del sistema garantisce una vita molto lunga dello stesso, con bassa manutenzione ed elevate prestazioni.

Tutti i singoli componenti del sistema *Harpo verdepensile* sono rispondenti a quanto previsto dalla normativa UNI-11235. La realizzazione di una copertura a verde a norma garantisce alcuni aspetti fondamentali, tra cui: la possibilità di esprimere le prestazioni della copertura in modo preciso ed univoco; la conformità allo stato dell'arte, cioè ad una "regola" chiaramente definita; la possibilità per la Direzione Lavori di controllare le prestazioni in base a precisi riferimenti normativi.

A tali propositi, si riporta di seguito, si riporta una scaletta dei concetti principali di cui vogliamo trattare, a titolo esplicativo.

*Benefici e vantaggi del verde pensile:*

- Verde pensile, i rischi del *fai-da-te*
- La regola dell'arte: la normativa UNI-11235, cosa cambia con il suo aggiornamento al Settembre 2015
- Perché progettare a norma
- I sistemi verde pensile e gli elementi primari

*Tipologie di verde pensile:*

- Estensivo
- Intensivo leggero
- Intensivo a giardino pensile
- Orti urbani

*Perché progettare una copertura a verde pensile a norma?*

- Le caratteristiche principali che il progettista può prendere in considerazione, ovvero le prestazioni

*Il bilancio tecnico:*

- Progettazione e dettagli tipo dei principali nodi tecnici
- Gli errori da evitare

## **Harpo Spa: I servizi, il supporto offerto dall'Ufficio Tecnico ed il Team Applicatori**

L'Ufficio Tecnico *Harpo verdepensile* è a disposizione del progettista nel fornirgli assistenza tecnica completa e dettagliata delle stratigrafie proposte, relative ai punti peculiari di un progetto a verde pensile, rispondendo alle sue esigenze in tutti gli aspetti. Il personale tecnico svilupperà quindi le soluzioni tecniche ritenute più affidabili per la realizzazione di una copertura zavorrata a verde pensile, rendendola adatta alle esigenze specifiche del progetto.

Squadre di applicatori autorizzati assicureranno l'installazione delle stratigrafie *Harpo verdepensile* a regola d'arte. Gli installatori collaborano costantemente con l'Ufficio Tecnico *Harpo* per l'analisi di progetti specifici e per fornire dettagliate indicazioni tecniche ai progettisti in fase di progettazione e in fase di realizzazione, combinando le loro specifiche conoscenze applicabili a tutte le sfaccettature dei diversi sistemi a verde pensile con il *Know-How* del nostro Ufficio Tecnico. Questa stretta collaborazione assicura al cliente un'attenta analisi di tutti gli aspetti riferiti al progetto, consentendo una corretta progettazione e programmazione dei lavori interfacciandosi *step by step*.

*Harpo* vanta referenze prestigiose in tutta Italia da nord a sud, da Ferrara, Maranello, Lecce e Catania; si rimanda, a fini informativi, al *reference book* residente nel nostro sito.

([https://issuu.com/thailaharpo/docs/harpo\\_verdepensile\\_reference\\_book](https://issuu.com/thailaharpo/docs/harpo_verdepensile_reference_book))



45 Alcuni dei progetti di verde pensile realizzati da *Harpo*; il giardino pensile intensivo situato sulla copertura dell' *International English School* di Padova, 2007; il prato fruibile realizzato in piazzale Azzarita, a Riccione, 2007



46 Alcuni dei progetti di verde pensile realizzati da *Harpo*; il prato fruibile realizzato in piazzale Azzarita, a Riccione, 2007



47 Alcuni dei progetti di verde pensile realizzati da *Harpo*; il sistema estensivo pedonale a prato verde installato per un edificio residenziale a Bari, 2015



48 Alcuni dei progetti di verde pensile realizzati da *Harpo*; un'altra soluzione a giardino pensile intensivo per uno spazio di residenze ed uffici a Benevento, 2007

## Le soluzioni tecniche: il drenaggio continuo

Con i sistemi *Harpo* è possibile creare al di sotto del giardino una rete multidirezionale di canali pervi all'acqua che consentono un drenaggio continuo su tutta la superficie, senza interruzioni. La progettazione e gestione dello smaltimento delle acque meteoriche risulta così completamente svincolata dalle scelte relative alla finitura superiore della copertura, ovvero, anche se la superficie finita verrà trattata con diverse soluzioni (zone a verde pensile, pavimentate pedonali, pavimentate carrabili, etc.) la copertura potrà essere considerata come un'unica piastra continua impermeabilizzata. Perciò, ove sarà necessario realizzare pavimentazioni di qualsiasi natura, cordoli o muretti di delimitazione o confinamenti, zone verdi e zone pavimentate, plinti per ancoraggio di pergole o gazebo, strutture di arredo pesante, vasche d'acqua, etc., sarà possibile realizzarli al di sopra del pannello di drenaggio *Harpo*. Di seguito, si elencano i vantaggi di tale soluzione tecnica.

- Libera progettazione dei massetti delle pendenze; i massetti delle pendenze potranno essere realizzati indipendentemente dalle scelte architettoniche del progetto paesaggistico della copertura
- Libera progettazione e gestione del sistema di smaltimento delle acque meteoriche verso gli scarichi, che saranno posizionati liberamente in funzione dei massetti delle pendenze e indipendentemente da quanto realizzato sopra al pannello; si eviterà quindi un inutile soprannumero di scarichi che sarebbe inevitabile invece creando i confinamenti delle diverse aree sulla struttura
- Nessun problema costruttivo; il progettista non è vincolato a subordinare la progettazione dell'evacuazione delle acque meteoriche alle esigenze della soluzione estetica
- Sarà possibile la modifica del progetto paesaggistico della copertura in qualsiasi fase del progetto (variazioni percentuali in metratura fra aree verdi e aree pavimentate, per esempio) grazie al posizionamento degli scarichi in totale indipendenza dalle stratigrafie sovrastanti
- Maggiore affidabilità dell'impermeabilizzazione, poiché l'installatore si troverà ad eseguire l'impermeabilizzazione di una superficie continua e regolare, riducendo in modo significativo l'esecuzione di dettagli costruttivi, che risultano essere i punti critici di una impermeabilizzazione, quali risvolti ed angoli, fissaggi che saranno necessari solo sui perimetri della

copertura o eventualmente solo in prossimità di corpi emergenti.

Si consiglia quindi, per una corretta installazione del sistema, di procedere come di seguito descritto.

*Prima fase:*

1. Definizione del numero e posizionamento degli scarichi
2. Definizione dei massetti delle pendenze
3. Impermeabilizzazione di tutta la superficie, complanare e continua

*Seconda fase:*

1. Posa del drenaggio su tutta la superficie della piastra; a seconda delle soluzioni che seguiranno sarà possibile integrare diversi tipi di drenaggio
2. Realizzazione di cordoli di delimitazione e/o confinamento zone verdi e zone pavimentate con elementi prefabbricati, elementi in pietra o gettati direttamente in opera sul drenaggio sottostante
3. Definizione e realizzazione delle diverse finiture direttamente al di sopra dei pannelli di drenaggio

### **I rischi del fai-da-te**

Il primo motivo per cui bisogna rivolgersi a dei professionisti sono i rischi nei quali si può incorrere con il *fai-da-te*. Sottovalutando le difficoltà tecniche legate al verde pensile, c'è chi pensa di potersi improvvisare da solo. Le problematiche che ne possono conseguire sono molteplici: superfici che non drenano, permeabilità insufficiente, zone dove manca la vegetazione, infiltrazioni, guaine non idonee e non certificate antiradice, fango ristagni d'acqua, oneri per il diserbo, scarichi non idonei. Un argomento spesso dibattuto è poi l'irrigazione. C'è anche chi pensa che questa non serva, e che un verde pensile possa sopravvivere affidandosi solo ai contributi gratuiti degli eventi meteorici. In clima mediterraneo è dimostrabile quanto l'assenza di irrigazione può compromettere completamente il risultato e la durata del verde progettato.

In riferimento al tema irrigazione, i sistemi *Harpo verdepensile* sono progettati per essere a basso consumo idrico. *Harpo*, consapevole dei costi economici ed ambientali che l'irrigazione può comportare, si sta da tempo

impegnando nella ricerca di sistemi che sfruttino nel migliore dei modi le precipitazioni naturali del luogo, riducendo in modo consistente il volume d'acqua da fornire. Per raggiungere l'obiettivo del risparmio idrico è necessario un approccio che coinvolga tre *step*: l'efficace accumulo degli apporti gratuiti di precipitazione; la riduzione del consumo d'acqua per evapotraspirazione; il controllo dell'irrigazione. In questa ottica *Harpo verdepensile* ha messo a punto una linea specifica: *Linea R.I.C. (Risparmio Idrico Controllato)*, che viene abbinata ad una speciale centralina *MediWatersafe*, che legge le variazioni di potenziale tramite sonde elettromagnetiche.

### **Strumenti normativi per il progettista: le novità introdotte dall'aggiornamento normativo UNI-11235 al Settembre 2015**

Tra gli strumenti normativi che il progettista ha a disposizione, troviamo: La norma UNI-11235 e le linee guida ISPRA. La norma UNI-11235 del 2015 individua una serie di requisiti indispensabili alla progettazione e realizzazione di sistemi a verde pensile sicuri e duraturi nel tempo. Di seguito riassumiamo gli elementi di maggior importanza. Rimarchiamo inoltre che tutti i punti di seguito indicati e tutte le ulteriori indicazioni contenute nella norma sono state recepite da *Harpo verdepensile*, incluse le più recenti novità introdotte dalla revisione del 2015.

- Per calibrare l'irrigazione e descrivere la qualità del sistema a verde pensile nel rifornire d'acqua la vegetazione in modo efficace ed efficiente, la norma richiede ai produttori di substrato di dichiarare il contenuto idrico a  $pF\ 0,7$ , a  $pF\ 2$  ed a  $pF\ 4,2$ . Queste informazioni sono indispensabili per rispondere alle esigenze di cui sopra attraverso i parametri di "massima acqua trattenuta (*MT*)", "acqua totale disponibile (*ATD*)", "rapporto di utilizzabilità (*UT*)" e "rapporto di efficienza (*EF*)".
- Di prioritaria importanza per una copertura a verde pensile è garantire una rapida evacuazione delle acque meteoriche apportate dagli eventi più intensi, evitando così i fenomeni di allagamento, sovraccarico, infiltrazione ed erosione. La norma UNI fornisce al progettista gli strumenti di calcolo essenziali per tali verifiche. Ai produttori dei sistemi a verde pensile viene richiesto di fornire precisi dati di conducibilità idraulica dell'elemento drenante, con riferimento alla pendenza del solaio in progetto. Per i sistemi drenanti granulari, la norma indica la procedura di calcolo per individuare la capacità drenante in funzione della permeabilità del materiale e dunque

lo spessore di drenante minimo richiesto. Produttori di sistemi a verde pensile che avessero testato in laboratorio certificato il coefficiente di afflusso dei propri sistemi a verde pensile, possono fornire tale parametro al progettista per ottimizzare il dimensionamento di tutto il sistema di drenaggio e smaltimento delle acque meteoriche. Sottolineiamo che i sistemi a verde pensile *Harpo* sono stati studiati dall'Università di Genova la quale ha rilasciato certificati attestanti i coefficienti di afflusso corrispondenti a cui si aggiunge una perfetta conoscenza della capacità drenante di tutti i pannelli.

- Per garantire una rapida infiltrazione delle acque meteoriche nel substrato, la norma UNI richiede ai substrati una permeabilità minima di 5 mm/min. Non viene al momento definito un limite superiore di permeabilità, tuttavia riteniamo importante segnalare che un aumento eccessivo della permeabilità comporta una pericolosa perdita di capacità del sistema nel trattenere le precipitazioni e rifornire di acqua la vegetazione (*diminuzione della conducibilità capillare*). I substrati *TerraMediterranea* hanno una permeabilità che si attesta attorno ai 50 mm/min, sufficienti a garantire una adeguata diffusione dell'acqua e, al tempo stesso, adeguati a garantire un ottimo drenaggio anche a fronte di una progressiva perdita di permeabilità legata alla deposizione secca del pulviscolo atmosferico.

- La norma sottolinea l'importanza del coefficiente di deflusso come parametro sintetico della funzionalità idraulica ed ecologica del sistema. In particolare chiarisce che qualora sia necessario impiegare il coefficiente di deflusso per procedure di calcolo (ad esempio, dimensionamento di serbatoi d'accumulo, serbatoi di laminazione, etc.) è necessario che il coefficiente di deflusso sia certificato da laboratorio indipendente. Segnaliamo che i sistemi *Harpo* possiedono coefficienti di deflusso certificati dall'Università di Genova che possono essere impiegati per il calcolo del RIE.

### **Risparmio energetico con il verde pensile, le prestazioni estive ed invernali**

I giardini pensili *Harpo* esprimono la loro massima performance soprattutto d'estate, riducendo le temperature negli ambienti interni, diventando un meraviglioso strumento per il raffrescamento estivo passivo. Al di sotto di coperture a verde pensile *Harpo* le temperature si mantengono inferiori a 26 °C, corrispondente al minimo *set point* per la climatizzazione imposto dalla normativa. Questo significa che la copertura a verde pensile

non si comporta solo come isolamento dalla radiazione solare in copertura, ma come un vero meccanismo di refrigerazione passiva con conseguente riduzione significativa dei costi di raffrescamento e refrigerazione. Il verde pensile si propone quindi come tecnica all'avanguardia per la sua impareggiabile capacità di attutire le oscillazioni termiche diurne ed annue, raffrescando in estate e proteggendo dal gelo in inverno, il tutto in modo naturale, senza alcun consumo energetico.

Il verde pensile da lungo tempo viene proposto come sistema di raffrescamento estivo passivo, ma solo recentemente la normativa, grazie al DPR 59/2009, ne ha sottolineato l'importanza. *Harpo verdepensile* sta conducendo da tempo studi al fine di quantificare il comportamento estivo dei propri sistemi; le sperimentazioni sono in corso presso diversi istituti universitari, integrando sia le competenze dei dipartimenti di biologia ed agronomia, sia quelli di ingegneria. Dai dati raccolti in periodo estivo nelle nostre coperture sperimentali sono stati stimati dei valori medi di sfasamento riferiti alla sola stratigrafia *Harpo verdepensile* fino a 9,5 ore con 20 cm di substrato e vegetazione a tappezzanti arbustive. Il risultato è estremamente importante, soprattutto alla luce del fatto che fra gli elementi dell'involucro confinanti con l'ambiente esterno, il tetto è maggiormente sottoposto al carico termico estivo a causa dell'orientamento rispetto agli altri elementi edilizi. Il mantenimento di una superficie di copertura a basse temperature, oltre a ridurre il fabbisogno energetico di climatizzazione, migliora anche il comfort all'interno dell'ambiente, evitando elevate temperature radianti ed asimmetrie soffitto-pavimento, come indicato nella norma UNI EN ISO 7730.

In un'altra ricerca sono stati studiati i flussi termici in coperture a verde pensile estensivo *SEIC* con spessori di substrato pari a 10 cm e 15 cm, collocati al di sopra di un edificio coibentato secondo le più recenti normative. I dati ricavati in questa sperimentazione in una tipica giornata estiva confermano la fuoriuscita di calore attraverso la copertura. In questo caso, l'eccessivo isolamento termico ha limitato i benefici estivi dati dal sistema *SEIC*. Nella stratigrafia con 12 cm si è rilevato uno sfasamento complessivo della copertura maggiore a 12 ore, in quella con 15 cm lo sfasamento era sempre superiore a 14 ore con punte fino a 16-18 ore. In base a queste osservazioni riteniamo che un sistema con erbacee o suffrutici su spessore di substrato di 12-15 cm sia in grado di offrire il miglior rapporto costi benefici in fatto di contenimento delle temperature estive. Per quanto riguarda le prestazioni invernali, grazie ad approfonditi test condotti dal

CNR con termoflussimetro, siamo in grado di fornire la resistenza termica della *TerraMediterranea* per diversi contenuti idrici e diversi rapporti spessore/compattazione. Infine, ogni pannello drenante individua una camera d'aria non ventilata, che a sua volta apporta una ulteriore resistenza termica, conformemente alla norma ISO 6946.

Ci sono molti comuni che hanno già inserito il tetto verde nei loro regolamenti edilizi, come Bolzano, Bologna, Trento, Forlì, perché hanno capito come queste soluzioni possono offrire vantaggi a livello urbanistico e di gestione dello smaltimento delle acque meteoriche. Per questi comuni è stato molto importante avere norme chiare a cui riferirsi. Un'altro strumento utile per la progettazione è la linea guida ISPRA, sviluppata da un organo del Ministero dell'Ambiente e scaricabile gratuitamente.

Di seguito, si elencano le prestazioni principali del verde pensile professionale.

- Peso definito (leggerezza)
- Basso spessore
- Performance note del sistema
- Comportamento idraulico
- Coefficienti di afflusso e deflusso certificati
- Proprietà strutturali definite e permanenti
- Elevata permeabilità
- Elevata capacità di assorbire acqua
- Coefficienti di deflusso (per verifiche idrauliche)
- Isolamento termico
- Raffrescamento passivo estivo
- Apporto idrico ridotto e definito

Le superfici dove viene installato un tetto verde devono avere almeno una pendenza dell'1%. Premessa fondamentale è poi la protezione all'acqua e alle radici. *Harpo* propone una membrana sintetica antiradice certificata a norma UNI-11235 secondo EN 13948.

### **Durabilità' e bassa manutenzione dei sistemi Harpo Verdepensile**

*Harpo* ha dedicato grande attenzione affinché i suoi prodotti possiedano una elevata stabilità, non solo per evitare l'insorgenza di problemi a distanza di anni, ma addirittura per mantenere intatta nel tempo la qualità

agronomica che contraddistingue i nostri sistemi a verde pensile. Nella norma UNI-11235 è possibile individuare i principi necessari a garantire una buona durabilità del verde pensile, ed in particolare la raccomandazione che fra tutte viene maggiormente rimarcata è di realizzare almeno sistemi tri-stratificati aventi uno strato drenante, un elemento filtrante ed uno strato colturale. Desideriamo enfatizzare che questi tre strati non sono semplicemente necessari ma devono anche essere sufficienti a svolgere pienamente e stabilmente la funzione per cui vengono richiesti. Approfondiamo di seguito ogni strato cercando di evidenziare la qualità dei sistemi *Harpo*.

### **Strato drenante**

Il deflusso delle acque da un tetto prevede due componenti di moto: l'infiltrazione verticale nel substrato ed il movimento suborizzontale verso gli scarichi. La seconda componente risulta pericolosa per il funzionamento a lungo termine del verde pensile, infatti risulta molto più intensa in quanto cumulativa dell'acqua intercettata da tutta la superficie e può causare erosione del substrato (ovvero perdita del materiale fino e migrazione differenziale delle diverse granulometrie) allagamenti ed infiltrazioni. Ciò rende necessario prevedere uno spazio separato dal substrato colturale dove l'acqua può sfogare la sua violenza e venir rapidamente allontanata. Tale strato deve essere sufficiente a gestire autonomamente anche gli eventi più intensi, impedendo all'acqua di risalire fino al filtro o al terriccio. I sistemi *Harpo verdepensile* sono altamente performanti sia per quanto riguarda la portata dell'elemento drenante che per il comportamento idrologico complessivo (i coefficiente di afflusso). Qualora si temano delle difficoltà nel gestire le acque di deflusso, l'Ufficio Tecnico *Harpo* è disponibile a condurre delle verifiche sulla base delle planimetrie, delle sezioni e della pluviometria di progetto. Grazie a tali verifiche è possibile individuare i pannelli drenanti adeguati per garantire sempre la funzionalità del drenaggio (e dunque l'integrità degli altri strati) in prospettiva decennale o superiore.

### **Elemento filtrante MediFilter MF1**

L'elemento filtrante ha molteplici funzioni. Innanzitutto deve impedire la perdita della granulometria fine del substrato, pertanto l'apertura dei pori deve avere un limite massimo oltre ai quali il trattenimento del

materiale diventa insufficiente. Allo stesso tempo deve mantenere una elevata permeabilità all'acqua di infiltrazione, ciò implica anche un limite al diametro minimo dei pori, al di sotto del quale l'acqua non riesce a passare rapidamente. La norma UNI-11235 fissa pertanto un *range* di apertura di pori che permette di ottenere un comportamento accettabile. *Harpo* si è spinta oltre: avendo il controllo sia della granulometria del substrato che dell'apertura del filtro, ha coordinato le caratteristiche dei due strati per garantire un ottimo trattenimento del materiale e la massima permeabilità nel tempo. Inoltre, l'elemento filtrante deve essere poco deformabile altrimenti l'apertura dei pori potrebbe variare ed il filtro potrebbe lasciare che il substrato si compenetri all'elemento drenante. Anche in questo la *Harpo*, attraverso la scelta di un elemento filtrante termosaldato a bassissima deformabilità, ha scelto il meglio per garantire la massima durabilità.

### **Struttura del substrato TerraMediterranea**

Un suolo naturale in piena terra, per diventare fertile richiede un complesso di processi chimici e biologici estremamente lenti che portano all'aggregazione delle particelle di substrato in strutture complesse e porose, che conferiscono struttura al terreno. Tuttavia queste strutture sono molto fragili e se un terreno naturale viene prelevato dal suo sito e trasferito su un tetto, la struttura viene compromessa e la fertilità viene completamente perduta. *TerraMediterranea* possiede un'ottima struttura conferita dalla componente minerale vulcanica, caratterizzata da macrostrutture porose. Questa struttura permette di aumentare l'accumulo idrico e lo scambio di nutrienti tra la fase minerale e l'acqua, inoltre aumenta l'arieggiamento del terreno. Queste tre caratteristiche sono tra le più importanti per la fertilità. I lapilli che compongono la *TerraMediterranea* presentano inoltre elevata resistenza meccanica, pertanto la struttura e dunque la fertilità viene mantenuta anche sotto l'usura della movimentazione in fase di cantiere, del calpestio delle contrazioni termiche o delle sollecitazioni da gelo. *TerraMediterranea* non richiede aratura né opere di arieggiamento. Il deflusso delle acque da un tetto prevede due componenti di moto: l'infiltrazione verticale nel substrato ed il movimento suborizzontale verso gli scarichi. L'acqua si infiltra nel substrato, attraversa il telo filtrante e in parte si accumula nelle vaschette della piastra di drenaggio preformata fino a imbibire anche il feltro ritentore sottostante. Una volta che il sistema è a massima saturazione, l'acqua in eccesso viene trasportata dal pannello di drenaggio

verso gli scarichi (va previsto un massetto dalle pendenze almeno > 1%).

### **Istruzioni per la progettazione, l'esecuzione, il controllo e la manutenzione di coperture a verde**

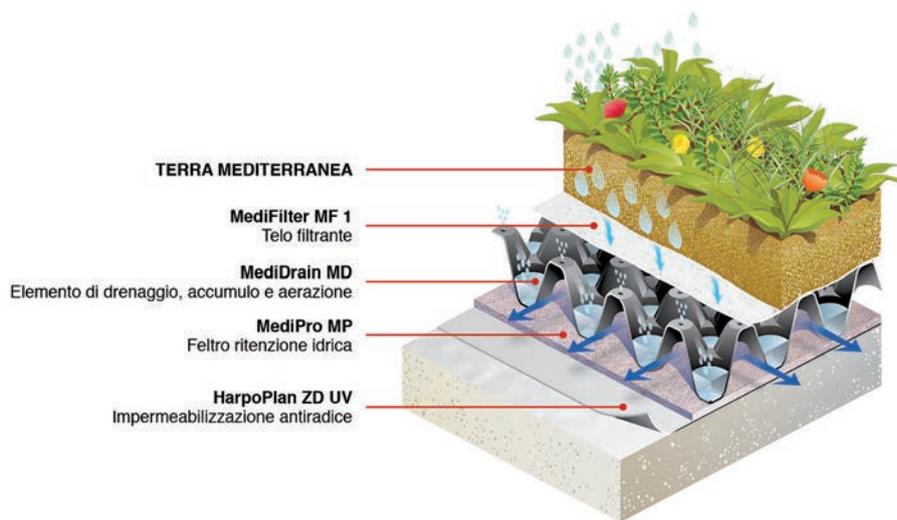
Torniamo adesso a parlare della normativa UNI, esplicando con chiarezza a cosa serve:

- È un codice di pratica
- Definisce la regola dell'arte
- Definisce quali sono gli strati primari
- È una norma prestazionale
- Definisce i parametri per la progettazione, il collaudo e la manutenzione

La norma UNI è sempre più di sistema, e serve a fornire precise indicazioni:

- Acqua disponibile, utilizzo efficiente
- Dimensionamento capacità drenante
- Scarichi, laminazione e serbatoi
- Prestazioni termiche
- Biodiversità
- Irrigazione

È opportuno sottolineare che qualora l'oggetto della verifica idraulica sia la *portata*, cioè l'espressione numerica del flusso istantaneo di acqua attraverso un pluviale o un elemento drenante, deve essere utilizzato il *coefficiente di afflusso*  $\emptyset$  (impiegato per calcolare i fori necessari allo smaltimento delle acque meteoriche) che esprime di fatti la riduzione che il verde pensile induce sulla portata massima di scarico. *Il coefficiente di deflusso*  $\Psi$  (che viene impiegato per il calcolo dei serbatoi di laminazione) descrive invece l'effetto del verde pensile sullo scarico da un punto di vista volumetrico, cioè l'integrale della portata in un dato intervallo di tempo. I tetti delle fabbriche delle aree industriali si prestano benissimo per lo sviluppo di particolare vegetazione e di avifauna e insetti, in quanto luoghi dove non è presente l'uomo. Tutto ciò in favore della biodiversità.



49 Nel disegno, la spiegazione illustrata del funzionamento di deflusso del sistema *Harpo Verdepensile*

Il drenaggio va scelto in funzione delle portate idrauliche da smaltire e in funzione delle lunghezze di drenaggio di progetto. Ad ogni modo, gli interventi di verde pensile vanno considerati come veri e propri progetti per cui utilizzare specifiche formule per la progettazione idraulica e tecnologica.

### **Detrazioni fiscali**

Il decreto legislativo del 3 Marzo 2011, n.28, reca disposizioni per l'attuazione della direttiva 2009/28/CE sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili. All'Art. 11 comma 1 si specifica che:

*[...] Nel caso di edifici nuovi o ristrutturazioni rilevanti, gli impianti di produzione di energia termica devono essere progettati e realizzati in modo da garantire il contemporaneo rispetto della copertura, tramite il ricorso ad energia prodotta da impianti alimentati da fonti rinnovabili, del 50% dei consumi previsti per l'acqua calda sanitaria e delle seguenti percentuali della somma dei consumi previsti per l'acqua calda sanitaria, il riscaldamento e il raffrescamento:*

*a) il 20% quando la richiesta del pertinente titolo edilizio è presentata dal 31*

*maggio 2012 al 31 dicembre 2013*

*b) il 35% quando la richiesta del pertinente titolo edilizio è presentata dal 1° gennaio 2014 al 31 dicembre 2016*

*c) il 50% quando la richiesta del pertinente titolo edilizio è rilasciato dal 1° gennaio 2017.*

In questo contesto normativo il verde pensile acquisisce un'importanza preminente in quanto riduce drasticamente i consumi energetici per il raffrescamento e contribuisce a ridurre i consumi di riscaldamento in inverno. In questo modo conferisce un contributo diretto per alleggerire il fabbisogno di energia da fonti rinnovabili, riducendo l'investimento obbligatorio in pannelli solari, fotovoltaici e pompe di calore.

La normativa vigente sul risparmio energetico prevede misure di incentivo fiscale in caso di interventi di miglioramento delle prestazioni energetiche delle unità immobiliari. Grazie al chiarimento del comitato per il verde pubblico (delibera 1/2014) è ora possibile riconoscere il diritto alla detrazione anche per le coperture a verde pensile per le quali venga fornita una adeguata documentazione tecnica descrittiva delle performance termodinamiche. L'inclusione del verde pensile tra le misure che possono fruire della detrazione fiscale era già altresì deducibile dalla legge 10/2013, dove all'art. 6, comma 1 si specifica che:

*[...] le regioni, le province e i comuni, promuovono l'incremento degli spazi verdi urbani [...], adottano misure volte a favorire il risparmio e l'efficienza energetica, l'assorbimento delle polveri sottili e a ridurre l'effetto "isola di calore estiva", favorendo al contempo una regolare raccolta delle acque piovane, con particolare riferimento alle coperture a verde, di cui al D.P.R. 2 aprile 2009, n. 59, quali strutture dell'involucro edilizio atte a produrre risparmio energetico, al fine di favorire, per quanto possibile, la trasformazione dei lastrici solari in giardini pensili.*

Gli interventi di miglioramento delle prestazioni energetiche per i quali è ammessa la fruizione del regime fiscale di favore dalla normativa vigente (art. 1, comma 344 e ss., L. n. 296/2006; art. 14, L. 90/2013 con aliquota al 65% fino al 31 dicembre 2014; Legge di stabilità L. 147/2013) riguardano la riqualificazione globale dell'edificio esistente, gli interventi sull'involucro, l'installazione di pannelli solari e sostituzione di impianti

di climatizzazione invernale. L'assenza di un elenco ricognitivo con valore tassativo della tipologia di interventi ammessi alla fruizione delle misure anzidette non è però circostanza che può ostare alla detraibilità delle spese sostenute per le coperture a verde, come chiaramente si evince dalla Circolare n. 29/E dell'Agenzia delle Entrate del 18/09/13, la quale puntualizza che qualsiasi intervento che incida sulla prestazione energetica dell'edificio, nella misura richiesta, è ammessa al beneficio fiscale. Si sottolinea invece che non potranno dare titolo alla fruizione delle detrazioni fiscali, quelle installazioni di verde pensile dal mero valore estetico e/o paesaggistico, privi di apprezzabili effetti sul piano del risparmio energetico. Inoltre, il verde pensile è nella nuova legge di stabilità.

Per quanto riguarda il comportamento estivo, è stato calcolato che le coperture verdi portano grandi benefici sul bilancio energetico; questo si traduce in un aumento di intervallo di tempo con cui si manifestano le variazioni della temperatura esterna all'interno degli edifici. Le misurazioni dei termotecnici sulle coperture verdi hanno messo in evidenza una riduzione del 10% della trasmittanza.

### **La soluzione a prato naturale Semenostrium: biodiversità, bassa manutenzione, elevata integrazione paesaggistica, basso consumo idrico**

Il sistema a "prato naturale" proposto da *Harpo Semenostrium* è la soluzione in grado di esaltare al massimo le prestazioni tecniche ed il valore ecologico allo stesso tempo. È una soluzione particolarmente adatta a coperture non fruibili. Il naturale mutamento dell'aspetto legato alla stagionalità (verde brillante in primavera, seguito dalle intense colorazioni delle fioriture fino ai colori spenti e bruciati del periodo invernale) offre la possibilità di usare un linguaggio estetico non convenzionale che invita ad una analisi del contesto sia paesaggistico che sociologico. Il *prato naturale* viene ottenuto attraverso la semina a spaglio di una miscela di sementi sviluppata in collaborazione con la ditta sementiera *Semenostrium*. La miscela contiene sementi provenienti da prati stabili del nord Italia e può essere calibrata per un utilizzo dalla pianura alla zona montana fino ai 1000-1500 m di quota. Molte specie estendono il loro areale anche nelle regioni dell'Italia centro-meridionale, permettendo l'impiego del sistema a prato naturale in gran parte della penisola italiana. Le sementi, venendo prelevate da piante autoctone e selvatiche, permettono di propagare un patrimonio genetico integro della sua diversità, nel pieno rispetto dei fondamentali principi

di ecologia. L'autoctonia genetica di queste specie ne garantisce anche un ottimo adattamento alle condizioni climatiche locali.

La soluzione a prato naturale *Harpo Semenostrium*, illustrata nel progetto di seguito, possiede le caratteristiche tecniche idonee a ricreare un sistema ad elevata biodiversità. La conservazione della biodiversità rappresenta una delle priorità nella politica ambientale dell'unione europea e le coperture a verde pensile hanno dimostrato di costituire un ambiente di grande interesse soprattutto per avifauna ed entomofauna, grazie al fatto di essere degli ambienti poco disturbati. In diversi casi le coperture a verde pensile si sono trasformate in rifugio per molte specie animali rare o addirittura a rischio di estinzione. Anche la componente floristica incontra in questi ambienti artificiali particolari nicchie ecologiche che permettono la conservazione di specie di grande pregio, spesso rare sul territorio. Il prato naturale è uno strumento adatto alla realizzazione di coperture con elevato valore ecologico secondo quanto previsto dalle linee guida ISPRA 2012, "Verde pensile: prestazioni di sistema e valore ecologico".





50 - 51 Nelle immagini, l'effetto finale ottenuto dalla soluzione a prato naturale *Semenostrum*; la copertura, consistente in 2000 mq di giardino pensile, è stata realizzata con un sistema estensivo che favorisce lo sviluppo di un'elevata biodiversità

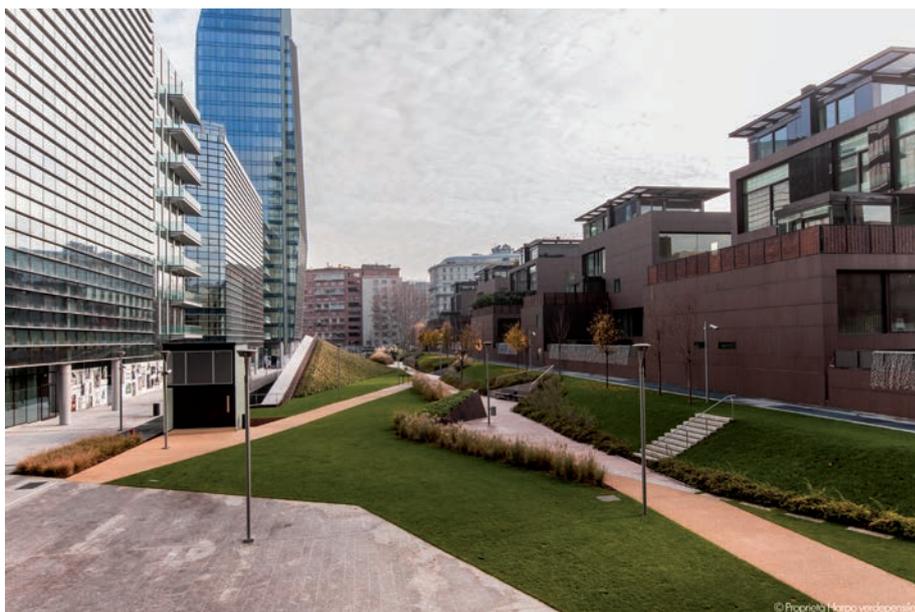


## I sistemi a verde pensile Harpo

*Harpo* utilizza per le coperture a verde pensile solo substrati vulcanici che contano innumerevoli vantaggi nelle loro qualità, in quanto sono:

- Drenanti
- Leggeri
- Elevata durabilità
- Elevata capacità di scambio cationico
- Capacità di trattenere nutrienti
- Minore bisogno di fertilizzanti
- Elevata ritenzioni idrica

Inoltre, la giusta variazione di spessore e peso dei substrati sono i parametri fondamentali per mantenere bassi i costi. Il corretto spessore di substrato in un progetto verde pensile è fondamentale. A questo proposito, la norma UNI-11235 indica gli spessori di substrato minimi in funzione del tipo di vegetazione. Comunque lo spessore minimo richiesto non è molto; per un tappeto erboso sono sufficienti 15 cm. Le soluzioni a verde pensile possono essere del tipo *estensivo* o *intensivo*, in funzione al grado di manutenzione e fruibilità attesa. Una soluzione *estensiva* verrà prescelta ove il requisito principale sia la bassa manutenzione; la fruibilità sarà concessa solo ai manutentori. Una soluzione *intensiva*, invece, rappresenta il vero e proprio giardino pensile, dove il requisito principale è la sua fruibilità e dove verrà messa in conto l'energia necessaria per la manutenzione.



53 Il progetto a verde pensile intensivo per la piazza del centro direzionale Porta Nuova Varesine, Milano, 2014



54 *Superortopiù*, una realizzazione *Harpo* a sistema intensivo ed estensivo; la realizzazione prevede un giardino pensile ed un orto urbano progettati su di una copertura utilizzata come *meeting point*, Milano, 2014



55 Un progetto di verde pensile estensivo con soluzione a perenni; la realizzazione per la scuola pubblica di Agliana, Pistoia, 2008



56 Un progetto di verde pensile estensivo con soluzione a perenni; la soluzione per l'Hotel Resort e Golf Club Argentario, Grosseto, 2007

L'orto pensile è oggi a tutti gli effetti uno strumento di socializzazione ma anche di risparmio economico. Grazie al progresso tecnologico, oggi gli orti sul tetto si realizzano con pochi centimetri di terreno, hanno una bassissima manutenzione e costi contenuti. Non solo, sono uno strumento molto efficace di risparmio energetico e offrono la possibilità di avere ortaggi a *kilometro 0* anche in città. Le piante coltivate in città risultano più sane di quelle coltivate in campagna, prodotte con lavorazioni, pesticidi e concimi.



57 Orto pensile realizzato da Harpo



58 Un altro orto pensile realizzato da Harpo

### **Stratigrafie di verde pensile: soluzioni di tipo Estensivo e Intensivo**

Per chiarezza espressiva, si esplicano di seguito le due tipologie di soluzioni proposte per il verde pensile.

*Tipologia estensiva;* sono soluzioni a verde pensile a bassa manutenzione fruibili solo per la manutenzione. Un accurato studio delle specie applicate in funzione delle caratteristiche climatiche rendono questi sistemi la migliore soluzione ecologica alternativa alle tradizionali coperture inerti. Sono possibili diverse soluzioni, tra cui il sistema di copertura con piante perenni, questo applicabile nei casi in cui venga richiesta, oltre alle prestazioni di mitigazione e compensazione, anche una prestazione di tipo estetico.

*Tipologia intensiva;* sono sistemi per coperture a verde pensile fruibili con dimensionamento delle stratificazioni e bilanciamento del rapporto aria/acqua nello strato di vegetazione e nello strato di accumulo/drenaggio atti a consentire un equilibrato sviluppo a vegetazione erbacea, arbustiva ed arborea con limite di sviluppo in altezza in funzione dello spessore

totale del sistema. Questi sistemi a giardino pensile offrono la possibilità quindi di realizzare superfici a tappeto erboso calpestabile e contemporaneamente superfici ricoperte con specie cespugliose di media grandezza e posa a dimora di alberatura.

### **Il R.I.E: indice di Riduzione dell'Impatto Edilizio**

Il comune di Bolzano, per ottenere un quadro generale sulle problematiche e sulle possibili misure di mitigazione e compensazione, al fine di elaborare una proposta concreta di inserimento di norme nell'ordinamento edilizio comunale, ha commissionato uno studio che si è concluso con la scelta del modello "*indice R.I.E.*" e con l'elaborazione di una proposta definitiva e operativa di inserimento dello stesso negli strumenti urbanistici.

*L'indice di Riduzione dell'Impatto Edilizio*, RIE, è un indice numerico di qualità ambientale applicato al lotto edificabile al fine di certificare la qualità dell'intervento edilizio rispetto alla permeabilità del suolo ed al verde. Si tratta, sinteticamente, del rapporto tra gli elementi che concorrono a modificare il territorio rispetto alla gestione delle acque meteoriche. Questa modificazione può avvenire sia in senso positivo, una maggiore captazione, sia in senso negativo, una minore captazione e conseguentemente un maggiore deflusso idrico. Più elevato è l'indice RIE migliore è la gestione del territorio, anche dal punto di vista edificatorio, in relazione alla quantità di acqua meteorica afferente e ai benefici derivanti per il microclima e il benessere ambientale.

Elemento importante e caratterizzante di quest'algorithmo è lo stretto legame tra quantità, qualità e rapporto con la gestione del patrimonio idrico e del verde. Il Regolamento Edilizio del Comune di Bolzano rende obbligatoria l'adozione della procedura RIE per tutti gli edifici di nuova costruzione e in quelli soggetti ad interventi di ristrutturazione edilizia. Con la nuova procedura viene dato un forte impulso all'applicazione congiunta e sinergica, nei processi edificatori, di soluzioni, sistemi e tecnologie di compensazione e mitigazione ambientale. L'adozione di queste soluzioni, insieme al verde tradizionale, diventa necessaria per rispettare o raggiungere standard di qualità dell'intervento edilizio, individuati da indici RIE, indicati dall'Amministrazione comunale in funzione della localizzazione della zona interessata dall'intervento o in funzione della destinazione d'uso.

## Fruizione delle superfici e aumento del valore degli immobili

Il verde pensile rende fruibili superfici che, altrimenti, non lo sarebbero o potrebbero esserlo in modo insufficiente o inadeguato. Pensiamo alle coperture di molti edifici e condomini magari solo usate come stenditoio, o a tante superfici che, a causa della loro pavimentazione, sono invivibili sia d'inverno che d'estate. Al di là dell'aspetto estetico o romantico e volendo completamente tralasciare, in quanto noti ed evidenti, molti aspetti sociali o sanitari che rendono importante l'aumento delle superfici a verde in città, quindi anche le superfici a verde pensile, si può affermare che la presenza di una copertura a verde può portare ad un aumento del valore di un immobile. Considerando che la costruzione di edifici con elevate caratteristiche di *eco-compatibilità* energetica sta prendendo lentamente piede, anche grazie a strumenti urbanistici come il regolamento "*Casa Clima*" di Bolzano, possiamo affermare che il verde pensile rientra in quella categoria di applicazioni edilizie "virtuose" che possono qualificare fortemente un edificio a basso consumo energetico rendendolo appetibile all'acquirente.



59 Nell'immagine, una soluzione per l'edilizia residenziale privata; la realizzazione per Palazzo Casana, consistente in una corte di verde pensile intensivo applicato sulla copertura di un'autorimessa, Torino, 2009



© Proprietà Harpo verdepensile

60 Il tetto verde realizzato per il settecentesco Palazzo Tiso, a Lecce; il progetto rappresenta il primo giardino pensile mediterraneo mai realizzato sulla copertura di un palazzo storico

## **Il progetto tecnologico del verde pensile: Harpo Verdepensile per il progetto realizzato a Porto Piccolo Sistiana, Trieste, 2010**

*Location:* Porto Piccolo Sistiana (Trieste), Italia

*Date:* 2010

*Commissioned by:* Serenissima S.G.R S.p.a.

*Designer:* LAND Milano S.r.l.: Andreas Kipar , Giovanni Sala

*Tecnologia verde pensile:* Harpo verdepensile (ca 20.000 mq)

Il progetto di *landscape* per la riqualificazione paesaggistica del nuovo insediamento turistico a Porto Piccolo Sistiana è finalizzato all'integrazione ed all'inserimento ambientale con il paesaggio circostante del progetto architettonico. Il *concept* progettuale si basa sul recupero della naturalità del contesto della cava e sull'individuazione di una serie di tematiche ed elementi paesaggistici ricorrenti nel tessuto naturalistico circostante: il paesaggio carsico, le falesie, il sentiero *Rilke*. Il progetto si articola in tre fasce trasversali di naturalità che seguono la morfologia a terrazze dell'intero complesso e sono caratterizzate da una densità alberata degradante; dalle macchie boscate più cospicue in sommità alla piccola darsena, dove gli spazi aperti diventano più minerali e le presenze arboree più scultoree. Alle tre fasce naturali trasversali si sovrappongono le scale fiorite, i terrazzamenti verdi e un sistema di piazze verdi e minerali che creano una rete di percorsi, aree di sosta e connessioni naturali. Un progetto dunque di fruizione integrata volto a stabilire un'eccellenza ambientale e paesaggistica in un territorio unico.

Portopiccolo è un borgo residenziale con caratteristiche che lo rendono unico nel Mediterraneo. Progettato per sanare una ferita inferta al territorio da una secolare attività di escavazione, reintegra la naturalistica bellezza della costa esistente. Tutto è pensato in un'ottica di risparmio energetico e salvaguardia ambientale: si fa consistente ricorso a energie rinnovabili (geotermica e solare) e all'impiego di coperture a verde pensile per gli edifici con tetti piani che si attestano nella parte alta del progetto a ridosso della roccia, con l'intento di ricucire il paesaggio con prati carsici pensili su tecnologia *Harpo verdepensile*.

L'estesa superficie a verde pensile (ca 20.000 mq) ha suggerito una attenta analisi del progetto paesaggistico portando all'individuazione di idonei spessori di substrato, offrendo significative ottimizzazioni tecniche ed economiche. Le soluzioni installate prevedono spessori di substrato da 20

cm e, ove previsti, tappeti erbosi fino a 50 cm, per le “*stanze dell’albero*”. Nelle zone a ridosso della roccia il progetto richiedeva che la vegetazione si sviluppasse in modo quanto più somigliante alla vegetazione naturale circostante. Le numerose sperimentazioni condotte dall’Università di Trieste con la tecnologia installata verde pensile hanno dimostrato un’ottima compatibilità con le specie locali autoctone previste, garantendo una sopravvivenza delle specie tipiche anche su substrati molto ridotti, pari a 15 cm. Per quanto riguarda l’aspetto morfologico della vegetazione, ridurre lo spessore di substrato è stato fondamentale; di fatto, lo spessore di terreno sull’altopiano carsico è di una decina di centimetri, e un eccesso di substrato avrebbe creato un ambiente troppo ricco per lo sviluppo radicale, favorendo fenomeni di gigantismo e l’ingresso spontaneo di specie diverse da quelle previste che avrebbero compromesso la continuità naturale, obiettivo del progetto di ricucitura paesaggistica fra il verde pensile e dintorni naturali.

Il substrato impiegato è un substrato *tecnogenico*, prevalentemente minerale, completamente naturale, in grado di accumulare il 30% in più di acqua disponibile rispetto a un terreno argilloso di provenienza naturale. Questo si distingue per la struttura stabile, una elevata permeabilità e ossigenazione (non si allaga, non si appesantisce, non forma fango ed è sempre fruibile) e un’ottima capacità drenante (> 10 mm/min).



61 Un immagine del progetto per Porto Piccolo Sistiana, Trieste, 2010; per questa realizzazione di verde pensile sono stati installati sistemi estensivi a prato naturale ed intensivi leggeri con substrato tecnogenico *TerraMediterranea*



62 Un'altra immagine del progetto per Porto Piccolo Sistiana, Trieste, 2010

### **Il progetto per lo Store Esselunga di Galluzzo, Firenze: Il tetto giardino sulla struttura commerciale, il parco pubblico sopra l'autorimessa e il parco urbano**

*Location:* Galluzzo (Firenze), Italia

*Date:* 2014

*Commissioned by:* Esselunga S.p.a

*Designer:* Studio Gurrieri Associati, Giuliano Arcari

*Tecnologia verde pensile:* Harpo verdepensile (ca 7.000 mq)

Sulla copertura della struttura commerciale è stato realizzato un sistema *Harpo verdepensile intensivo* per soluzione a tetto rovescio con soluzione a tappeto erboso su spessore di substrato 25 cm e arbusti su spessore substrato 35 cm. Trattandosi di soluzione che prevedeva la posa di isolamento termico all'estradosso dell'impermeabilizzazione la stratigrafia a verde pensile ha previsto come primo strato un telo di diffusione - permeabile al passaggio del vapore (a cui sono seguiti gli elementi primari di una stratigrafia verde pensile a norma UNI-11235) drenaggio, geotessile filtrante e substrato; vista la particolare tipologia di tetto andava evitata la posa di un tessuto

ritentore sopra l'isolante in quanto si sarebbe andati a creare una barriera al vapore sopra all'elemento che invece deve essere lasciato libero di traspirare. Il sistema verde pensile che è stato impiegato è molto sofisticato e offre le migliori prestazioni dal punto di vista dell'acqua disponibile per le piante, ovvero l'acqua legata alle particelle del substrato. Il primo parametro di fatti per descrivere l'efficacia dal punto di vista del bilancio idrico di un sistema a verde pensile è la capacità di ritenzione idrica dello strato colturale come definito nella norma UNI-11235. Le caratteristiche che presenta il substrato impiegato gli consentono di funzionare ottimamente come volano d'acqua, essendo in grado di accumulare il 30% in più di acqua disponibile rispetto ad un terreno argilloso di provenienza naturale.

L'elevata permeabilità del sistema *Harpo* installato composto da *substrato-filtro-drenaggio* è stata confermata da simulazioni presso l'università di Genova, dove con intensità pluviometriche notevolmente superiori a quelle previste nel caso in esame, l'intensità del deflusso in uscita non risultava attenuata e il sistema dimostrava di agire efficacemente al fine di convogliare rapidamente l'acqua agli scarichi durante i temporali estremi. Per il calcolo idraulico e il dimensionamento della rete di smaltimento di tutta la copertura pensile è stato impiegato il *coefficiente di afflusso* certificato *Harpo*, pari a 0,90.

L'area a parco pubblico ha interessato invece l'impiego a terra di un substrato *tecnogenico* prescelto al posto di un più generico terriccio comunemente a base di sabbia ammendata o terra vagliata. Il terriccio impiegato *TerraMediterranea* è costruito a partire da materie prime controllate garantendo un prodotto con caratteristiche chimico-fisiche note e costanti. Nella produzione di questo materiale si evita il consumo di suolo naturale e si riduce il consumo di torba, con notevoli vantaggi di carattere ambientale. Il materiale è leggero, essendo composto all'80% da materiale minerale poroso. La leggerezza riduce i costi di trasporto e semplifica le operazioni di posa che sono diventate semplici e rapide. Trattandosi di un materiale con caratteristiche costanti e povero di sostanza organica, è nota la perdita percentuale di volume in seguito alla compattazione (circa del 20% inferiore quindi rispetto a terricci comuni, circa del 30%). Dal punto di vista idraulico il materiale ha messo da subito in evidenza la buona capacità drenante e stabilità anche dopo intense precipitazioni a cantiere ancora in esecuzione: il substrato è poverissimo di limi ed argille e garantisce quindi un drenaggio ottimale, maggiore a 10 mm/min, permettendo la fruibilità delle aree così trattate, anche dopo e durante abbondanti eventi meteorici.





63 - 64 - 65 Alcune foto del progetto dello Store Esselunga di Galluzzo, Firenze, 2014; la realizzazione ha previsto, oltre alla copertura del supermercato, l'area a parco pubblico affiancata al volume di progetto

Per chi volesse approfondire, può consultare il sito: [www.harpogroup.it](http://www.harpogroup.it)



### 4.3 *Menotti Melani: una breve storia dell'azienda, dalla fondazione ai giorni nostri*

Vincenzo Corti

Titolare dell'Azienda Menotti Milani

L'azienda *Menotti Melani* viene fondata nel 1927 ad Aglia, in provincia di Pistoia, dal Cav. Menotti Melani e con il nome di "*Stabilimento Botanico Menotti Melani*". All'inizio, l'attività della ditta era concentrata soprattutto su alberi da frutto ed alcune varietà di piante ornamentali, poiché non esisteva ancora in Italia un vero e proprio mercato per il verde ornamentale. Nel 1934 viene rilasciata la prima autorizzazione all'attività da parte della Prefettura di Pistoia e l'azienda entra a far parte dell'*AOPI (Associazione Orticola Professionale Italiana)*. Già in quegli anni l'azienda si distingue per le sue produzioni, vincendo premi a mostre del settore. Con la fine del conflitto mondiale riparte tutto il settore, e nel 1946 il Prefetto della Provincia di Pistoia rilascia la prima "*autorizzazione per l'esercizio all'Ortovivaismo ed il commercio di piante e semi*". Negli anni sessanta, mentre nelle città nascono i primi quartieri residenziali e comincia a diffondersi la cultura del verde, l'azienda incrementa il settore del giardinaggio specializzandosi nella realizzazione di giardini privati e di verde pubblico.

Nell'intento di un continuo miglioramento qualitativo della produzione ed un aumento dell'efficienza dei processi aziendali, nel 2003 attiva un *Sistema di Gestione della Qualità* secondo quanto previsto dalle norme UNI EN ISO 9001: 2000. Negli ultimi tempi la *Menotti Melani* ha destinato una parte della sua azienda per la coltivazione di piante usando la tecnologia dei vasi *air pot*. Nel 2004 indirizza i suoi interessi anche sui *Giardini Verticali*, cominciando una serie di studi per ottimizzarne la realizzazione.

#### **I Giardini Verticali**

I giardini verticali rappresentano soluzioni ineguagliabili per una molteplicità di fattori: abbelliscono i luoghi, portando il verde dove non sarebbe altrimenti possibile; danno la possibilità di realizzare qualsiasi forma artistica; riducono lo stress cittadino, purificando l'aria in maniera naturale. Trasformando gli ambienti in luoghi vivi e di natura, i giardini verticali si

compongono in sistemi di pannelli (moduli) che permettono di realizzare aree verdi senza ingombro, in complessi abitativi e spazi architettonici di varia misura, creando un rapporto armonico tra uomo e natura. Si può convertire così un ufficio, un salotto o un ingresso in un ambiente del tutto naturale, dove vivere un'esperienza quotidiana a contatto con la natura, rappresentata da un'espressione innovativa di ecologia, sostenibilità ed architettura organica. Ci basti poi pensare, in termini di benefici tradotti in valori concreti, che un giardino verticale di 30 metri quadri contribuisce in un anno a trattenere un quantità di CO<sub>2</sub> pari a quella prodotta da una macchina che percorre 2000 km.

Ad ogni modo, conosciamo tutti i benefici fisici e psicologici dati dalla vicinanza di giardini, parchi o piccole aree verdi alle nostre abitazioni. Le pareti verdi formano un *continuum* tra superfici di pietra, intonaco o cemento con composizioni di foglie, erba e piante ornamentali; permettono di poter modificare radicalmente le qualità di uno spazio, favorendo in modo ineguagliabile l'ombreggiamento estivo nei locali più esposti al sole. Le pareti verdi sono perciò oggetti unici, formati su un sistema di elementi interagenti con la struttura dell'edificio stesso, inseriti ed integrati con lo spazio abitativo.

I Pannelli Modulari progettati dall'azienda Menotti Melani sono concepiti con un'innovativa tecnica di coltivazione, basata sull'utilizzo di feltri compositi, in sostituzione alla terra o al terriccio, dove poter far sviluppare le radici. Questo sistema ci permette di realizzare rivestimenti verdi esterni a palazzi e strutture di qualsiasi tipo, consentendo di trasformare edifici convenzionali in *green building* con un metodo semplice e duraturo. Il giardino verticale viene dotato di un impianto di ricircolo delle acque automatizzato, in cui vengono disciolti i sali minerali necessari al nutrimento delle piante e distribuiti con un sistema di irrigazione automatico e garantito; in questo modo viene creato un ecosistema vivente, una soluzione suggestiva atta a decorare e migliorare le prestazioni di pareti di qualsiasi dimensione. Può infatti essere installato dovunque, in qualsiasi ambiente e luogo, e può essere composto da molti tipi di piante; erbacee, arbustive, per funzioni specifiche o di ornamento, con tessiture particolareggiate e disegni personalizzati.

La progettazione che proponiamo viene costituita su misura, con un sistema di realizzazione adattabile allo stato dell'arte, al clima, al *budget* ed alla creatività del progettista; un sistema modulare unico, strutturato su di una tecnologia brevettata, che rende possibile realizzare facilmente

superfici di qualsiasi morfologia, geometria, cromatismo e composizione floreale. Questa straordinaria versatilità, unita ad una semplice manutenzione ed una lunga durata nel tempo, vede le pareti verdi come parte integrante dell'*architettura bio sostenibile* teorizzata dall'architetto Frank Lloyd Wright. Costituite da uno o più moduli *precoltivati*, senza l'utilizzo di substrato naturale e senza terra o terriccio, vengono ancorate al muro o ad un telaio autoportante. Quest'ultimo ha la possibilità di essere anche mobile, utilizzato come parete di separazione da collocare al centro di un qualsiasi ambiente. Attraverso arbusti ornamentali dai vari portamenti, tappeti erbosi, piante erbacee perenni, piante da fiore e sempreverdi, si creano le diverse composizioni che cambiano la loro colorazione al passare delle stagioni, regalando bellezza e benessere allo spazio abitativo. Inoltre, racchiuse in dimensioni modulari minime, possono diventare anche ornamento da parete noto come "*quadro vegetale*".

Di seguito, riassumiamo i passaggi necessari alla realizzazione ed alla messa in opera di queste tecnologie.

- Si realizza una struttura composta da un telaio di profili in legno di *teak* o in legno di conifere trattato con sali acuprici in autoclave, montata poi su profilati portanti in alluminio ancorati al muro
- Su questa struttura, che accoglierà i moduli della parete verde, viene realizzato l'impianto di irrigazione principale a circuito chiuso; l'acqua in eccesso viene così recuperata con un sistema di ricircolo. Questo impianto di distribuzione sarà composto da tubazioni e raccorderia varia di dimensioni e tipologie variabili: pompe, filtri, elettrovalvole, sistema di controllo ed analisi dell'acqua, programmatore, etc.
- Verranno infine apposti, sulla struttura nel suo insieme, gli appositi moduli di verde premontati e precoltivati. Questi sono costituiti da pannelli in PVC, rivestiti da un mantello di feltri e completi di un impianto idrico indipendente a bassa pressione, su cui verranno messi a dimora un insieme di arbusti idonei per il giardino verticale; la composizione e il premontaggio sono eseguiti in azienda
- Alla base del struttura viene poi posto in opera un sistema di raccolta, composto da scoline, griglie, etc., che convoglierà l'acqua in una vasca o un polmone di recupero. Si calcola, in media, un polmone di accumulo delle acque in eccesso di circa 20-30 litri ogni metro quadro.

## I benefici del nostro sistema

Il sistema da noi brevettato per le pareti verdi presenta una lunga serie di vantaggi e benefici, conferiti innanzitutto dalla composizione della tecnologia e dalla qualità che vogliamo offrire. Il sistema difatti, *preallestito* e *precoltivato*, presenta il suo vantaggio nella modularità indipendente ed intercambiabile, composto da piante selezionate e testate in azienda prima di essere messe in opera; i moduli vengono posti in quarantena per un periodo variabile tra i 15 e i 20 giorni, in modo da verificarne il perfetto funzionamento e controllarne le eventuali mortalità. Questa prefabbricazione, inoltre, permette un lavoro di montaggio della singola componente della struttura molto più rapido e semplice, che necessita solamente di essere allacciata al sistema di irrigazione dell'impianto principale. Perciò, in questo procedimento calcolato, il giardino verticale ha la possibilità di avere un impatto visivo immediato nell'ambiente urbano, in cui si integra senza alcun tempo di attesa. Tra i benefici di questo metodo di realizzazione nel suo complesso, si elencano di seguito:

- Maggiore accuratezza del lavoro
- Maggiore velocità di esecuzione e quindi minor costo di produzione
- Possibilità di variazione scenografica o sostituzione della composizione
- Dissipazione del calore e isolamento, con maggiore regolazione naturale della temperatura
- Risparmio energetico
- Riduzione del riverbero
- Abbattimento dei rumori, in quanto la superficie è fonoassorbente
- Miglioramento della qualità dell'aria, grazie alla capacità di trattenere polveri sottili, fumi e particolati

Oltre ai pregi sopraelencati, si consideri che la mancanza totale di substrati e terricci rende i moduli leggeri e dal minimo ingombro; ogni modulo ha una naturale funzione di regolazione della temperatura e di dispersione termica, fornendo un utile strumento per i professionisti del settore. Quindi, con le pareti ed i giardini verticali, si possono progettare ambienti ed edifici di elevata classe energetica, classe che si può ottenere anche in occasione di una ristrutturazione, senza dover ricorrere a coibentazioni complesse o edificare strutture in materiali edili. Le piante utilizzate possono essere scelte in funzione dell'ambiente, delle necessità e delle richieste pro-

gettuali. Le pareti verdi realizzate in interni possono anche essere integrate da un sistema di illuminazione artificiale, in funzione della quantità di luce a cui sono esposte. Inoltre, assieme ad una rapida messa in opera, la manutenzione è ridotta ed equiparabile a quella di un qualsiasi giardino. La posa dei pannelli, modulari ed estensibili anche per grandi superfici, è analoga a quella attuata per le facciate ventilate. Viene composta da montanti prefabbricati su cui si applicano i singoli moduli, totalmente indipendenti e formanti un sistema unico una volta collegati tra loro, sia come copertura di vegetazione sia come impianto di irrigazione. Un giardino verticale in esterno viene realizzato su una struttura portante costituita da un telaio ancorato al muro, che svolge anche la funzione di creare una camera per il ricircolo dell'aria.

Per entrare nello specifico di alcune qualità appena descritte, vediamo quali effettivi vantaggi (dati "alla mano") conferisce questo tipo di realizzazione: parlando innanzitutto dell'*isolamento termico*, e della funzione di parete ventilata che riesce ad assumere un giardino verticale. Assorbendo il calore attraverso l'evapotraspirazione, raffredda di conseguenza la superficie della parete e l'aria circostante, consentendo dunque un importante effetto climatizzante (ed un notevole risparmio energetico) durante le stagioni più calde; in particolare, grazie alla camera d'aria che si crea nello spazio tra sistema e muro perimetrale del volume, assieme all'acqua che circola internamente ai pannelli della parete verde, è stato osservato che si può arrivare ad ottenere una temperatura fino a 15 °C inferiore tra interno ed esterno. In inverno, invece, il sistema offre un valido contributo alla coibentazione della parete, con conseguente contenimento dei costi di riscaldamento ed emissioni inquinanti.

I vantaggi in termini di *insonorizzazione* sono valutabili in quanto una superficie vegetale riesce per sua natura ad assorbire i suoni molto più di una superficie piatta o rigida; è stato osservato che, grazie ad un nostro giardino verticale, si riesce ad ottenere un abbattimento dell'inquinamento acustico fino a 40 dB. La presenza di piante che compone il nostro sistema riduce poi l'effetto di riverbero, che al contrario viene favorito dalle superfici lisce delle comuni facciate.

In termini di *sostenibilità* è invece importante ribadire quanto un giardino verticale contribuisca a migliorare la qualità dell'aria, grazie alla sua capacità di trattenere le polveri sottili, i fumi ed i particolati che si depositano su di esso; come detto prima, una parete verde riesce in un anno a fissare una quantità di CO<sub>2</sub> pari a quella che viene prodotta da un auto

che percorre 2000 km. Oltre a questi benefici, la struttura si presenta come elemento nel suo complesso ecosostenibile e riciclabile. Infatti, tutti i componenti derivano da prodotti già riciclati o comunque totalmente riciclabili: la configurazione di assemblaggio è basata su montanti in legno ed alluminio riciclabile; l'impianto di irrigazione è composto da tubazioni in Polietilene a bassa densità (*PEBD*) comunemente riciclato; le stratigrafie dei moduli sono formate da feltri, la cui composizione è variabile tra cotone e filati sintetici di origine riciclata; le piante che vi vengono innestate sono, ovviamente, materiale completamente riciclabile. Di seguito, si presenta un breve confronto tra il sistema classico di parete verde ed il nostro sistema, al fine di evidenziarne i pregi e dimostrarne le soluzioni.

*Sistema classico:*

- Alti costi di cantierizzazione, dovuti alla necessità di installare dei ponteggi
- Lentezza nella costruzione, causata dal peso generalmente maggiore di altri sistemi
- Alta percentuale di mortalità delle piante, conseguenza della non precoltivazione
- Difficoltà ad intervenire sulle sostituzioni, non essendo la struttura composta in moduli
- Sistema unico di irrigazione, che predispone ad un rischio di zone incolte

*Sistema modulare Menotti Melani:*

- Bassi costi di cantierizzazione, vista la semplicità e la velocità di applicazione dei moduli
- Rapidità nella costituzione, dovuti alla prefabbricazione in azienda dei pannelli
- Bassa percentuale di mortalità delle piante, dovuti al sistema di precoltivazione
- Facilità di intervento nelle sostituzioni, possibile grazie alla modularità del sistema
- Sistema settorizzato di irrigazione, che consente un controllo totale dell'impianto
- Struttura interamente ecosostenibile e riciclabile

## **Possibilita' di applicazione**

Le pareti verdi che proponiamo trasformano la facciata di un edificio in un elemento naturale, architettonicamente inserito nell'ambiente con armonia; queste arredano le città, coprendo ampie superfici cementificate e trasformandole in elementi di paesaggistica. La leggerezza complessiva dei nostri giardini pensili è tale da non necessitare di ponteggi per il montaggio, favorendo l'applicazione del verde in ogni ambiente e con costi ridotti in modo decisivo. Fresche d'estate e calde d'inverno, le pareti verdi hanno un livello elevato di coibentazione, aumentando non solo la capacità di isolamento termico ma termoregolarizzando la casa con la naturale traspirazione delle piante. Riducendo la dispersione del calore durante le stagioni fredde e mantenendo gli ambiente interni freschi durante le calure estive, queste si prestano a migliorare la classe energetica degli edifici, permettendo un risparmio energetico fino al 20%.

Inserire le piante tramite i giardini verticali nei propri spazi abitativi è semplice e gradevole; le pareti verdi possono infatti trasformare una terrazza in un luogo fiorente e rigoglioso, dove stare in compagnia vivendo la natura senza l'ingombro di vasi e contenitori. In superfici eccessivamente soleggiate, questo sistema riduce il riverbero e migliora la qualità dell'aria, rendono lo spazio più fresco e abitabile. Negli spazi interni, le pareti verdi rendono il microclima ottimale in termini di vivibilità, trasformando una parete convenzionale in un giardino vivente ricco di profumi e colori. Questi fattori, abbinati alla riduzione dei rumori, dell'inquinamento e dello smog delle città favoriscono le qualità del buon vivere all'interno di qualsiasi spazio abitato.

Negli spazi di lavoro, le pareti verdi permettono disposizioni semplici, veloci e poco ingombranti, per poter svolgere la propria professione in un ambiente dinamico e sano. Occupando la superficie di una parete inutilizzata, lasciano libere da vasi e piante di genere le scrivanie, favorendo l'ampiezza dei luoghi di lavoro; completamente automatiche, necessitano di una manutenzione praticamente nulla, così da non intralciare i ritmi dell'ufficio. Inoltre, è dimostrato come il verde nell'ambiente lavorativo riduca sensibilmente lo stress e renda maggiormente gradevole lo svolgimento delle attività. Possono essere disposte come elementi decorativi, di separazione degli spazi e disposizione degli ambienti; salutari e lussureggianti, portano la natura nel quotidiano vivere.



**5. Proposta di nuove linee guida  
per la progettazione e la diffusione delle coperture verdi**



## 5.1 Intenti

Occorre oltre ad un impegno specifico per la ricerca sul prodotto anche intervenire con un'azione di sensibilizzazione sulla tematica del verde pensile sia nei confronti di comuni, aree metropolitane, regioni etc., sia nei confronti di professionisti e cittadini. Si propone pertanto, sulla base di questa riflessione, un primo testo di linee guida per il verde pensile pensate per un pubblico vasto e le municipalità che le potrebbero adottare come riferimento per norme urbanistiche di incentivazione del verde pensile, come è già stato fatto in molti paesi nel mondo, come in Svezia e Germania. Esistono già le linee guida sul verde pensile redatte dall'UNI-11235 del 2007 e 2015, ma si tratta di un testo molto tecnico concepito specificamente per professionisti e addetti ai lavori, cioè si tratta di uno strumento di "fondamento" ma rivolto a persone che sono già sensibili e a conoscenza del tema. Ciò che serve in Italia è una maggiore consapevolezza che si potrebbe contribuire a raggiungere con l'adozione e la diffusione di linee guida dall'approccio più semplice e divulgativo.

Questo documento consiste in linee guida per la progettazione, la realizzazione e la manutenzione di coperture verdi in aree climatiche mediterranee temperate. Contiene: descrizioni di sistemi, indicazioni metodologiche tecniche, raccomandazioni e una serie di schede in appendice per valutazioni preliminari sulla soluzione di copertura verde.

Questo documento è rivolto a professionisti, a enti, istituzioni locali, aziende e utenti pubblici e privati. Esso non sostituisce ma integra le norme UNI-11235, del 2007 e 2015, "*Linee guida per le coperture verdi*", che rimangono il riferimento normativo per il progetto, la messa in opera, il collaudo delle coperture verdi. Pur tuttavia si rende necessario uno strumento intermedio di supporto alla progettazione, che coadiuvi il fruitore attraverso una serie di percorsi guidati di analisi e valutazioni nell'individuazione e nella progettazione per installazioni verdi in zona climatica mediterranea temperata, come quella italiana. L'obiettivo è far sì che la prassi progettuale di coperture verdi esca dall'improvvisazione e da una descrizione sulla base di pochi parametri dipendenti più dalle proposte di sistemi sul mercato, che non dalle reali necessità dell'utente, in modo particolare per quel che riguarda gli aspetti relativi alla vegetazione, che spesso sono quelli che fanno la vera differenza nel rispondere o meno alle reali esigenze

che ogni diverso contesto di riferimento richiede.

Ci si propone inoltre di promuovere la diffusione di verde pensile in ambiente urbano in modo da poter essere incluso in una serie di strategie ambientali, tra cui la riduzione dell'effetto isola di calore e il controllo del flusso delle acque piovane.

## 5.2 Riferimenti normativi

Sono state redatte nel 2007 le norme UNI-11235, "*Linee guida per le coperture verdi*", che costituiscono uno strumento tecnico di riferimento fondamentale e imprescindibile per la progettazione e la realizzazione di coperture verdi. Le norme UNI costituiscono il riferimento anche per il collaudo delle opere e per la soluzione di qualsiasi contenzioso.

Altro importante riferimento normativo è la legge nazionale n.14 del 10 gennaio 2013, "*Norme per lo sviluppo degli spazi verdi urbani*", che prevede le coperture verdi tra gli interventi da incentivare ai fini della riduzione dell'effetto *isola di calore urbana* e del contenimento del deflusso delle acque piovane.



### 5.3 Coperture verdi

Per *copertura verde* si intende un'installazione di verde pensile orizzontale integrata con l'edificio come sistema che svolge la stessa funzione di una normale copertura edilizia. I sistemi di coperture verdi sono sistemi viventi estesi su superfici in cui le piante non hanno contatto diretto con il suolo. Un sistema verde contiene una membrana idrorepellente di alta qualità, una barriera anti-radice, uno strato drenante, un substrato e infine la vegetazione. Le coperture verdi possono avere una struttura modulare preconfezionata che include tutti gli strati previsti: impermeabile, anti-radice, drenante, substrato di crescita e piante; altrimenti ogni componente del sistema può essere installato separatamente in soluzioni personalizzate. Il substrato di una copertura verde può essere poco profondo, adatto per sistemi di verde *estensivo*, o più profondo, adatto per sistemi di verde *intensivo*.

Possono essere installati anche in edifici già esistenti, ma in questi casi la prima fondamentale raccomandazione è quella di verificare il carico strutturale che l'edificio può sopportare, non sempre infatti sarà possibile realizzare coperture verdi a meno di interventi di adeguamento statico.

Una copertura verde fa parte delle strategie di controllo del deflusso delle acque meteoriche, migliorando notevolmente l'efficienza dei sistemi di smaltimento. La vegetazione trattiene e filtra le acque piovane, riducendo i flussi abbondanti migliora la qualità dell'acqua che viene rilasciata nei sistemi di scarico della città.

Sebbene le coperture verdi siano utilizzate in Europa da decine d'anni e più recentemente anche in aree temperate, aride e semiaride del continente americano, in particolare Canada e Stati Uniti, la progettazione, l'implementazione e i parametri di misurazione delle prestazioni non sono ancora compresi per quanto riguarda i climi temperati mediterranei come quello italiano. In queste zone, caratterizzate in estate da scarse precipitazioni, alta esposizione solare, possibilità di venti forti soprattutto in quota tetto e abbondanza di giorni con tempo soleggiato, la crescita delle piante in copertura è resa più difficile che in altri climi. Per questo devono essere sviluppate specifiche strategie di progetto, selezione delle piante e del substrato di crescita, metodi di irrigazione. Questi possono essere considerati punti chiave come parametri per lo sviluppo della progettazione dei tetti verdi in climi difficili.

Occorre precisare che le coperture verdi e il verde pensile sono appli-

cazioni che vengono classificate come verde tecnico, come installazioni di elementi naturali (*la vegetazione*) in ambienti artificiali (*l'edificio*) e fortemente caratterizzati da aspetti tecnici complessi e tecnologicamente evoluti. Pur tuttavia si rende necessario, per ogni nuova realizzazione edilizia che comporti nuova cementificazione e pavimentazione, prevedere una superficie di compensazione ecologica, sviluppando le applicazioni di verde tecnico adeguate allo scopo.

### **Sistemi di coperture verdi**

Le coperture verdi possono essere realizzati con sistemi modulari, dove il substrato di crescita e le piante sono posti in moduli o vassoi, o con sistemi continui su misura, che consentono di variare a proprio piacimento gli elementi e gli strati della copertura e lo spessore del substrato. Sulla base della profondità del substrato è prassi ormai affermata suddividere le coperture verdi in due macrocategorie: coperture verdi estensive e intensive.

### **Coperture verdi estensive**

Lo spessore del substrato di un tetto estensivo va dal minimo di 8 cm, sconsigliato in climi a forte siccità come quelli mediterranei, ad almeno 10 cm fino anche a 15 cm; è da rilevare che le prestazioni del tetto per i benefici ambientali ed ecologici aumentano in proporzione allo spessore. Le coperture verdi estensive normalmente non sono fruibili, devono essere rese accessibili per consentire sopralluoghi e regolare manutenzione, in conformità alle norme vigenti, devono essere provviste di sistemi di ancoraggio per le linee salva-vita. Impiantare vegetazione in tetti meno profondi di 10 cm in zone mediterranee temperate non è consigliato, è una sfida non sempre possibile, dipende dalle particolari condizioni microclimatiche e pedologiche del contesto di progetto e dall'utilizzazione di specifici sistemi modulari proposti dall'industria, che hanno dimostrato di essere in grado di supportare un buon numero di specie diverse anche con bassi spessori, grazie a particolari accorgimenti tecnici nella predisposizione degli strati del pacchetto verde. Il peso di un tetto estensivo è compreso tra 50-150 kg per metro quadrato. I vantaggi sono i seguenti: maggior leggerezza, scarsa manutenzione, scarsa irrigazione, minori investimenti e possibilità di ricoprire grandi aree; sono semplici da sostituire e possono essere utilizzati su progetti già avviati o su edifici già esistenti.

## Coperture verdi intensive

In questa tipologia rientrano sistemi di verde con un substrato di crescita che va oltre i 20 cm fino anche a 40-50 cm, vi si possono mettere a dimora molte specie vegetali di diversa grandezza: erbacee, arbustive ed anche alberi di piccola taglia, fino alla *III grandezza* (richiedono solo 50 cm di profondità di substrato). I tetti intensivi consentono una grande varietà di piante, ma sono più costosi e necessitano di manutenzione assidua. Il peso di un tetto intensivo è minimo di 150 kg per metro quadro ed aumenta in proporzione all'aumento dello spessore del substrato. I vantaggi sono i seguenti: biodiversità, un maggior controllo sul deflusso delle acque piovane e maggiori proprietà isolanti e di mitigazione dell'isola di calore, maggiori possibilità di utilizzo, fruibilità quotidiana, risultati estetici di qualità adeguati ad inserimenti in contesti di spessore architettonico, come centri storici.



## 5.4 Benefici delle coperture verdi

Le coperture verdi presentano molti benefici che sono stati suddivisi in tre categorie: di tipo *economico*, *sociale* e *ambientale*. Si è cercato di delineare la relazione che intercorre tra le possibilità di applicazione del verde pensile e le funzioni economiche, sociali e ambientali che esse possono svolgere oltre al loro valore ecologico.

Le categorie di benefici sono state create con la consapevolezza che molti di questi potrebbero rientrare in più o tutte e tre le categorie. I benefici sono stati suddivisi in ulteriori categorie per evidenziarne gli aspetti più significativi, di seguito esplicate previa definizione delle classificazioni.

Benefici economici:

- Efficienza energetica, riduzione dei costi di riscaldamento e raffrescamento degli edifici
  - Maggiore efficienza degli impianti solari a pannelli fotovoltaici
  - Prolungamento della durata della membrana della struttura edilizia di copertura
  - Prevenzione degli incendi
  - Creazione di occupazione locale
- Soddisfazione di requisiti normativi per il trattamento delle acque di deflusso urbano
- Aumento del valore degli edifici

Benefici ambientali:

- Creazione e conservazione di *habitat*, aumento della biodiversità
- Regolazione della temperatura e diminuzione dell'effetto "*isola di calore urbana*"
- Miglioramento della qualità dell'aria e abbattimento delle polveri sottili
- Gestione delle acque piovane e riduzione del deflusso delle acque
- Filtraggio dell'acqua
- Riduzione degli agenti inquinanti
- Contenimento dei campi elettromagnetici

Benefici sociali:

- Miglioramento della qualità estetica

- Creazione di nuovi spazi ricreativi
- Miglioramento della salute
- Miglioramento del benessere percepito
- Riduzione del rumore
- Possibilità di sviluppo dell'orticoltura
- Agricoltura urbana e possibilità di produzione del cibo direttamente in città
- Educazione ambientale
- Riduzione del volume dei rifiuti

### **Benefici economici**

*Efficienza energetica e riduzione dei costi di riscaldamento e raffrescamento degli edifici;* le coperture verdi sono in grado di ridurre il consumo di energia per riscaldare e raffreddare l'edificio moderando il flusso di calore attraverso la struttura edilizia. Alcuni studi hanno dimostrato che un tetto verde può ridurre il flusso di calore dal 70% al 90% in estate e dal 10% al 30% in inverno, oltre ad abbassare il fabbisogno energetico per la climatizzazione degli ambienti nell'edificio fino al 75%. Il tutto si traduce in un minore e più efficiente impiego dei sistemi di climatizzazione dell'aria e in un consistente risparmio energetico complessivo. Il risparmio prodotto da un tetto verde e le considerazioni sulla sua efficienza sono le seguenti: riduzione delle spese elettriche, migliore isolamento e maggiore efficienza degli impianti di climatizzazione.

*Efficienza dei pannelli solari;* nuovi studi sono in corso per sperimentare il rapporto tra le coperture verdi e l'efficienza dei pannelli solari quando sono installati al di sopra di una superficie a verde. La temperatura costantemente più bassa attorno all'impianto solare fotovoltaico assicura una maggiore efficienza dei pannelli e un minor costo della produzione dell'energia elettrica.

*Prolungamento della durata e della longevità della membrana;* la struttura edilizia e la membrana impermeabile di un tetto verde possono durare fino a 2-3 volte più a lungo di quella delle coperture tradizionale, soprattutto in regioni climatiche che presentano forti variazioni termiche. Alcuni tetti verdi in Germania sono durati fino a 30-40 anni in più, cioè il doppio, della durata di un tipico tetto tradizionale, e nel Nord America di 10-15

anni in più. Gli strati necessari alla copertura verde funzionano da perfetti isolanti per la membrana impermeabile, evitano forti escursioni termiche e limitano considerevolmente le conseguenti dannose dilatazioni, oltre a ridurre l'impatto del carico sulla membrana stessa. Ciò è particolarmente importante nei climi mediterranei temperati, dove i cicli di gelo e disgelo, gli sbalzi di temperatura e l'esposizione ai raggi ultravioletti (UV) possono raggiungere valori elevati.

*Prevenzione degli incendi;* un tetto verde ben progettato può essere efficace nel prevenire la propagazione del fuoco. Il livello della prestazione antincendio dipende dal tipo di vegetazione. La resistenza al fuoco delle coperture verdi è diversa a seconda della specie vegetale adottata ed è proporzionale alla capacità delle piante di trattenere maggiori quantità di acqua; questa proprietà risulta minore in particolare nelle specie erbacee che si seccano nella stagione estiva. Va tenuto presente che gli strati di materia organica risultano sempre e comunque efficaci nel prevenire la propagazione degli incendi ed è importante usare la vegetazione per mantenere adeguate fasce tagliafuoco sulle coperture degli edifici, in conformità con le norme antincendio locali. Va inoltre considerato che, in presenza della richiesta di prestazione antincendio di una copertura verde, alcune piante richiedono una "bruciatura stagionale" necessaria alla loro germinazione e riproduzione; queste pericolose operazioni, che sarebbe sempre meglio evitare in linea di principio, devono avvenire con la supervisione dei vigili del fuoco locali e previa una verifica di rispondenza alle norme antincendio ed ai regolamenti locali.

*Creazione di nuovi posti di lavoro;* in Germania è stato dimostrato (da Hammerle F. nel 2001), che se tutte le nuove coperture piane realizzate nell'anno 2000 fossero state ricoperte con sistemi di verde si sarebbero ottenuti 100.000 nuovi posti di lavoro. La diffusione del verde pensile produce sicuramente un incremento dell'occupazione nel settore; anche in America è stato dimostrato che l'aumento della produzione, installazione, progettazione e manutenzione del verde pensile ha fatto incrementare di oltre l'80% il numero degli addetti nel settore del verde tecnico (negli anni 2004-2005). Questo settore in rapida crescita richiede nuovi posti di lavoro, sia all'interno delle professioni ad esso direttamente collegate sia in quelle legate alle nuove utilizzazioni di questi spazi, che possono ospitare attività produttive, come ristoranti panoramici o altre strutture di tipo ri-

creativo.

*Soddisfare i requisiti normativi per il trattamento delle acque di deflusso urbano;* nel corso dell'espansione delle città, l'aumento delle superfici di suolo sigillate con cemento e asfalto hanno contribuito e contribuiscono a incrementare il volume e la velocità del deflusso delle acque meteoriche, con conseguenze devastanti per il territorio, con sempre più frequenti casi di allagamenti, straripamenti e disastrosi eventi franosi. Le coperture verdi sono una valida soluzione per rallentare la velocità del deflusso dell'acque meteoriche e possono aiutare a filtrare l'acqua rilasciandola più purificata nei fiumi e nei corsi d'acqua. Le politiche che vengono attuate per aumentare la qualità dell'acqua dovrebbero prendere in considerazione il fatto che i tetti verdi possono essere un grande investimento per soddisfare le esigenze future di tutela del territorio e di sicurezza ambientale. Sarebbe necessaria una ricerca per testare l'efficienza e la velocità con cui un tetto verde riesce a trattenere, controllare e pulire l'acqua. L'efficienza del sistema, all'interno di una stessa zona climatica, dipende dalla profondità del substrato, dal tipo di coltura, dalla scelta di specie vegetali e della qualità dello strato di drenaggio, questi sono tutti fattori importanti da considerare quando si progetta un sistema di copertura verde ai fini del contenimento del deflusso dell'acqua meteorica.

*Aumento del valore degli edifici;* l'espansione delle città è sempre più pressante e verticale. L'introduzione nelle nuove costruzioni e addirittura nei grattacieli di spazi verdi dedicati a scopi ricreativi, come terrazze per giardini pensili, per l'orticoltura o per fornire una vista interessante con valore estetico producono un aumento del valore degli immobili.

### **Benefici ambientali**

*Creazione e mantenimento di habitat e della biodiversità ecologica;* l'espansione urbana ha influenzato la salute dei sistemi ecologici interrompendo i corridoi di migrazione e riducendo la vegetazione e le risorse degli ambienti naturali. Le coperture verdi possono comportarsi come un anello intermedio di congiunzione per la migrazione di specie di insetti e uccelli, come basi di appoggio e sosta per gli spostamenti in ambiente urbano. Il potenziale di biodiversità dipende dalle specie vegetali, dalla dimensione della superficie, dalle fonti di cibo e dall'altezza dell'edificio. La presenza

non sporadica ma diffusa di coperture verdi in ambiente urbano può configurarsi come un nuovo elemento con funzioni di corridoio ecologico.

*Regolazione della temperatura e riduzione dell'effetto "isola di calore urbana"*; le superfici cementate e asfaltate degli edifici, dei parcheggi e delle pavimentazioni in ambiente urbano sono responsabili dirette dell'aumento della temperatura rispetto a quella della campagna circostante. Il fenomeno è noto con il nome di "effetto isola di calore urbana". La carenza di vegetazione e la concentrazione di edifici alti e superfici impermeabili impediscono il raffreddamento naturale dell'aria prodotto dal vento e dalla evapotraspirazione delle piante, di conseguenza, le città raggiungono temperature più elevate e rimangono più calde rispetto all'ambiente circostante. Tale condizione ha dimostrato di avere ripercussioni negative sulla salute delle persone a causa del caldo estremo negli ambienti urbani. Inoltre, le reazioni chimiche delle emissioni gassose causate da un aumento della temperatura contribuiscono alla formazione di ozono a livello del suolo, causando irritazioni delle vie respiratorie e problemi cardiaci alle persone. L'aumento della temperatura fa aumentare la richiesta di aria climatizzata in estate e in proporzione il consumo di energia elettrica, che a sua volta produce un ulteriore riscaldamento dell'aria in aggiunta. Va considerato anche che la climatizzazione dell'aria non è percepita del tutto positivamente dalle persone ai fini del proprio benessere fisico, nonostante il raffrescare gli ambienti sia divenuta un'esigenza inevitabile. La vegetazione, attraverso l'evapotraspirazione e la sua capacità di assorbire i raggi solari, può far diminuire notevolmente le temperature sulle coperture. La copertura verde si tradurrà anche in significativi vantaggi economici per la riduzione dei costi energetici associati all'installazione di sistemi di raffreddamento.

*Miglioramento della qualità dell'aria*; le emissioni inquinanti nell'atmosfera, combinate con l'elevata temperatura dell'ambiente urbano, amplificano le loro conseguenze negative per la qualità dell'aria. Le coperture verdi aiutano contro l'inquinamento atmosferico, assorbendo quantità di gas e trattenendo le polveri e le particelle sospese grazie alla traspirazione della vegetazione. A seconda del tipo di specie vegetale utilizzata, della superficie delle foglie e dalla densità d'impianto delle piante, il contributo della copertura verde alla qualità dell'aria può essere più o meno significativo, perciò la scelta della vegetazione deve essere precisamente orientata in questa direzione, soprattutto nel caso in cui la richiesta di questa prestazio-

ne rientri tra gli obiettivi prioritari di progetto.

*Contenimento dei campi elettromagnetici;* gli effetti dei campi elettromagnetici dovuti alle linee elettriche, alla diffusione dei telefoni cellulari e ai dispositivi *wireless* devono ancora essere pienamente compresi e testati. Esistono studi che dimostrano che i campi elettromagnetici in determinate condizioni possano risultare pericolosi per la salute. Le coperture verdi hanno dimostrato di ridurre i campi elettromagnetici dovuti ai cellulari fino addirittura al 94%, un valore che risulta molto incoraggiante, non solo per gli edifici con impianti di telecomunicazione installati sul tetto ma per tutto l'ambiente ormai diffusamente pervaso da campi elettromagnetici.

### **Benefici sociali**

*Spazi ricreativi ed estetici;* il paesaggio urbano delle aree edificate costruite a partire dal dopoguerra in Italia è visivamente anonimo, con poca caratterizzazione architettonica e scarsa qualità dei materiali degli edifici, ed è diventato obsoleto e degradato nel giro di poche decine di anni. Le coperture verdi e le installazioni di verde pensile possono contribuire in modo determinante a restituire un'immagine dignitosa e qualità architettonica alle vaste aree anonime o lasciate nel degrado, a migliorare il *comfort* per la vita delle persone che vivono e lavorano in città. I nuovi spazi verdi possono essere utilizzati a scopo ricreativo ed offrire occasioni di maggiori e migliori incontri sociali con nuove opportunità di uso a scopo sia pubblico sia privato. L'introduzione di coperture verdi nelle costruzioni crea una qualità unica ed un grande impatto visivo. È stato dimostrato anche che la presenza di verde nel paesaggio urbano riduca lo stress e negli ospedali, addirittura, migliori i tempi di recupero dei pazienti. Studi hanno riscontrato che l'accesso visivo a un ambiente naturale ha come risultato la riduzione dello stress, il calo delle assenze per malattia, un miglioramento complessivo della salute generale, un aumento della soddisfazione sul lavoro e della produttività.

*Miglioramento della salute;* il contributo delle coperture verdi al miglioramento delle condizioni di salubrità è da riscontrare nel benefico effetto *anti-smog* e *anti-inquinamento* che si può ottenere grazie all'evapotraspirazione delle piante. La vegetazione è il polmone del pianeta ed in città

è particolarmente utile: purifica l'aria, trattiene le polveri in sospensione, assorbe gas inquinanti e anidride carbonica, assorbe il rumore, abbassa la temperatura estiva dell'aria, abbatte i campi elettromagnetici. E' indubbio che la presenza di vegetazione produca enormi benefici per la salute delle persone; è stato dimostrato inoltre che le viste di ambienti naturali con vegetazione possiedono un impatto positivo sulla salute umana.

*Riduzione del rumore;* una copertura verde può ridurre il livello di rumore all'interno di un edificio di 40-60 decibel. Lo spessore del substrato colturale, il tipo di impianto, il tipo di copertura vegetale possono influenzare la prestazione di isolamento acustico.

*Creazione di zavorra contro vento ad alta quota;* i tetti, nelle regioni soggette a forte ventilazione, devono essere progettati per gestire l'effetto del vento forte sulla copertura. La vegetazione contribuisce a contenere la ventilazione e il materiale che ricopre la membrana impermeabile funziona da zavorra per questi strati delicati del tetto. Tuttavia, tutti gli elementi verticali installati in una copertura come arredi da giardino, alberi e arbusti, devono essere opportunamente ancorati attraverso appositi sostegni per sostenere l'impatto dei forti venti in quota copertura.

*Agricoltura urbana;* la distanza dei centri urbani dalla produzione agricola si è estesa al punto che il cibo compie viaggi molto lunghi prima di raggiungere il consumatore medio. A causa del carico ambientale dovuto a questo tipo di distribuzione, è stata introdotta la coltivazione idroponica, un nuovo metodo che permette la produzione di frutta e verdura a livello locale sul terrazzo o sul tetto di casa propria. Gli effetti della sinergia tra l'agricoltura urbana e i tetti verdi devono essere ancora sperimentati, ma lo spazio aggiuntivo disponibile per la produzione alimentare che un tetto è in grado di fornire non deve essere trascurato. L'obiettivo della ricerca in atto sull'agricoltura urbana è di consentire alla città attraverso la produzione di cibo di essere indipendente, almeno in parte, dall'aberrante modello di distribuzione alimentare attuale. Le coperture verdi non possono sostituire le aziende agricole di grandi dimensioni, ma possono aiutare nello sviluppo di un modello per la piccola produzione di cibo. Ad ogni modo, i tetti verdi per la produzione alimentare richiedono che alcuni fattori debbano essere considerati con la massima attenzione in fase di progetto e di realizzazione: una profondità del substrato sufficiente per l'ancoraggio e il

sostegno di piante alimentari e una membrana di impermeabilizzazione adeguatamente protetta dal frequente uso di attrezzi da giardinaggio. La fertilizzazione può essere richiesta al fine di sostenere la disponibilità di nutrienti nel terreno di coltura; inoltre, è necessario tenere in considerazione la sicurezza e la commestibilità dei prodotti così ottenuti.

*Educazione ambientale;* come i giardini comuni, i tetti verdi offrono molteplici possibilità educative. È possibile far capire che un tetto verde, così come ogni impianto vegetale, non è solo un componente urbano che da un contributo esclusivamente estetico e visivo, ma un elemento del sistema ecologico urbano che migliora la qualità dell'ambiente. L'aspetto educativo dei tetti verdi è una delle sue funzioni più comuni e può fornire un esempio incoraggiante per gli sviluppi di altre applicazioni verdi in tutta la città. Potrebbe essere anche concepito un parco giochi didattico sul tetto con un orto dove creare un laboratorio didattico. In questi casi è possibile prevedere ed organizzare una serie di piccole aree di coltivazione dove crescere erbe, verdure, frutta e fiori. I bambini potrebbero partecipare a tutte le fasi della coltivazione: dalla semina in primavera, alla cura durante l'estate, fino alla raccolta in autunno. La produzione ottenuta da questi piccoli orti potrebbe essere utilizzata ogni giorno presso le mense delle scuole o dei luoghi di ritrovo estivi.

*Accessibilità aree ricreative per diversamente abili, bambini e anziani;* le coperture verdi intensive rendono possibile la realizzazione di particolari spazi per accogliere categorie sensibili e svantaggiate, sia in edifici ad uso pubblico che privato. Sul tetto di un condominio potrebbe rappresentare un'opportunità importante avere un giardino destinato a categorie di persone con difficoltà di spostamento, come bambini piccoli, anziani o portatori di handicap, persone che hanno difficoltà nel raggiungere aree di verde pubblico e che sul tetto giardino potrebbero avere occasioni di incontro e di migliorare la propria qualità di vita quotidiana.

*Riduzione del volume dei rifiuti;* il semplice atto di costruire qualcosa fatto per durare per un lungo periodo è uno dei principali modi per ridurre le centinaia di milioni di tonnellate di rifiuti che raggiungono le discariche ogni anno. I tetti verdi sono progettati per durare fino a 2-3 volte più a lungo dei tetti tradizionali, prolungando la vita della membrana, diminuendo così più della metà dei materiali per il rifacimento della copertura nel corso

della vita della struttura. La maggiore efficienza dei sistemi di riscaldamento e raffreddamento dell'edificio grazie all'isolamento supplementare fornito dal tetto verde può comportare una minor frequente sostituzione dei sistemi di climatizzazione. La progettazione attenta e la scelta dei materiali possono permettere al tetto di comprendere molti componenti riciclati disponibili attualmente sul mercato. L'utilizzo di componenti riciclati assicura la mancanza di tossine e metalli pesanti.



## 5.5 Principi di progetto ed attuazione

I passi iniziali per il progetto di una copertura verde servono a determinare lo scopo dell'intervento: da questo è necessario individuare i consulenti appropriati e professionisti da includere nel *team* di progettazione. Determinare gli obiettivi è poi un altro passo fondamentale per arrivare all'installazione di una copertura verde. Devono essere fissati i risultati da raggiungere, il piano di attuazione, i margini finanziari, il *cronoprogramma* di sviluppo e l'intento finale del lavoro. Innanzitutto, comunque, evidenziamo primariamente i fattori e le problematiche che devono essere affrontate.

### **Analisi preliminare dei fattori e delle problematiche**

*Determinazione obiettivi prioritari*; la funzione primaria della copertura verde e le relazioni che avrà con l'edificio fanno parte degli obiettivi di progetto. La capacità di carico strutturale, le considerazioni ambientali ed estetiche e il tipo di utilizzo, determineranno la scelta del tipo di copertura verde da progettare.

*Budget*; la pianificazione del *budget* è necessaria per un grande numero di fattori, inclusi l'accessibilità e la manutenzione a lungo termine. A differenza degli standard per i tetti normali, le coperture verdi richiedono lungimiranza e un *budget* che tenga in considerazione anche degli aspetti successivi alla fase di costruzione, quali operazioni di manutenzione della vegetazioni, degli impianti e della struttura edilizia.

*Accessibilità*; l'accessibilità del tetto è una componente critica nell'installazione di ogni copertura verde. Il risultato dipende anche dalla sicurezza dell'accesso delle persone durante e dopo l'installazione, siano essi visitatori o manutentori, per i quali devono comunque essere rispettate le norme vigenti quanto a installazione di linee salva-vita per il personale addetto.

### **Team di lavoro per un progetto di design integrato di verde pensile**

Un *processo di design* integrato può essere di grande vantaggio, specialmente in progetti complessi. Un tetto verde è un sistema completo che beneficerà del contributo di ogni membro del *team* di progetto, dalla fase

iniziale fino al prodotto finale. Nella squadra dovrebbero essere incluse le seguenti figure professionali:

- Cliente
- Architetto
- Paesaggista
- Consulente di coperture verdi
- Ingegnere strutturale
- Agronomo
- Ingegnere ambientale
- Ingegnere idraulico e impiantista
- Fornitori di sistemi di coperture e impianti

La collaborazione tra gli specialisti è un passaggio importante dell'intero progetto, in particolare nel corso della fase iniziale di progettazione, al fine di evitare errori e favorire così la completa integrazione del sistema. La stabilità strutturale di un edificio, l'ambiente che lo circonda e le condizioni climatiche sono fattori essenziali per determinare il successo di una copertura verde. Molto importante, in caso di aree climatiche che presentano periodi di particolare siccità, sono le considerazioni sull'orientamento e l'insolazione della superficie da ricoprire, determinanti per scegliere le piante da installare che devono essere adatte alle condizioni climatiche e ambientali in cui vengono introdotte.

### **Considerazioni sul progetto e sull'implementazione**

Per gli edifici esistenti, l'integrità strutturale deve essere verificata prima di pensare all'installazione di una copertura verde. Sia per quelli già esistenti che per quelli di nuova costruzione è essenziale che il *team* multidisciplinare, tra cui l'ingegnere strutturale, civile, l'architetto e il paesaggista, siano coinvolti per determinare a priori se l'edificio possa essere adatto ad ospitare una installazione verde. La conoscenza dei carichi strutturali nel corso dell'installazione è un fattore di assoluto rilievo. La capacità di carico è una combinazione di pesi costanti (tutte le parti permanenti sopra e sotto il tetto) e pesi variabili (neve, persone, macchinari temporanei). Durante la costruzione, l'utilizzo di componenti pesanti come alberi, vasche di cemento e pietre deve essere accuratamente calcolati e pianificati. L'analisi del carico strutturale deve comprendere inoltre i seguenti fattori:

- Membrane idrorepellenti
- Piante adulte
- Strati di drenaggio per l'impianto
- Il peso di tutti i componenti, compresi i pesi costanti e i pesi variabili

Tipi differenti di tetto verde richiedono diverse capacità di sopportazione del carico. È possibile variare il tipo di tetto per venire incontro alle esigenze strutturali dell'edificio.

### **Trattamento delle acque piovane e smaltimento**

Occorre collaborare con le istituzioni e gli enti locali per risolvere e affrontare i problemi di drenaggio e delle acque reflue, per salvaguardare le persone, gli edifici e l'ambiente. L'applicazione del tetto verde è una delle soluzioni proposte a livello normativo nazionale e internazionale per il controllo e la soluzione del problema. La normativa UNI-11235 sulle coperture verdi fornisce il riferimento tecnico essenziale nella progettazione del sistema di smaltimento delle acque piovane in un'installazione di questo tipo. Il manuale individua la realizzazione di copertura verde tra le soluzioni tecniche atte alla regolazione del volume e del deflusso delle acque meteoriche nei sistemi di scarico urbani. Un tetto verde può essere progettato anche con lo scopo di raccogliere e accumulare le acque piovane, per irrigare la vegetazione della copertura.

### **Coperture verdi inclinate: ritenzione dell'umidità ed esposizione a vento e sole**

La componente più critica di un tetto verde inclinato è il sistema di contenimento che deve trattenere il substrato di crescita durante la fase di allestimento dell'impianto; il sistema tenderà sempre a deteriorarsi e a "scivolare via" sotto l'effetto di forti piogge, a causa dell'eccessiva irrigazione o per la scarsa crescita delle piante se non debitamente fissate. Esistono efficaci e differenti strategie per la distribuzione del carico e il contenimento dell'*effetto scivolo* e del fenomeno dell'erosione. Altre criticità sono il drenaggio scarso, l'irrigazione poco bilanciata e l'effetto della forza di gravità, tutte cause potenzialmente responsabili dell'instabilità del sistema.

La maggior parte dei tetti sono stati progettati con un'inclinazione minima compresa tra 1% e 2%, per assicurare il corretto drenaggio della

superficie. Le piante poste in coperture verdi inclinate dovranno affrontare condizioni più difficili, come la secchezza del substrato dovuto all'inclinazione del tetto. Per ovviare a questo problema sarà necessario stabilire uno schema di irrigazione efficace e uniforme, così come prevedere l'utilizzo di piante resistenti a condizioni climatiche impervie.

Un tetto inclinato è maggiormente soggetto alle condizioni climatiche avverse rispetto ad un tetto piano. Si rende essenziale analizzare le condizioni microclimatiche dei tetti inclinati relativamente a: esposizione al vento, illuminazione, variabilità di temperatura e condizioni a cui può essere più soggetto di un tetto piano. Le aree esposte al sole o all'ombra cambiano nel corso degli anni. È necessario dunque scegliere piante che possano ambientarsi a condizioni di temperatura ed esposizione alla luce nelle aree più soggette a variazioni. Il vento può causare l'erosione del substrato dopo la piantumazione. È consigliabile quindi inserire uno strato di protezione ulteriore e di verificarne periodicamente la condizione e l'integrità.

### **I sistemi di coperture verdi**

Le coperture verdi possono essere realizzate in *sistemi modulari*, in strisce o vassoi, oppure in *sistemi ad impianto libero*. Questi generalmente comprendono: uno strato drenante, un substrato, una barriera per la crescita delle radici, un sistema di chiusura dei bordi, vegetazione. *I sistemi modulari* sono composti di strati già pronti e possiedono i componenti essenziali di un sistema completo già assemblati, fatta eccezione per l'impianto di irrigazione. Il vantaggio è un minor costo, lo svantaggio è una soluzione vegetale molto orientata al sistema di copertura prodotto e per questo poco personalizzabile; le prestazioni in compenso sono certificate e garantite, ed i costi risultano mediamente inferiori. Diversamente, *i sistemi liberi* prevedono l'installazione separata dei vari strati e componenti, consentendo quindi una maggior personalizzazione e originalità di soluzioni progettuali. È da rilevare infatti che con i sistemi modulari la scelta della vegetazione è molto limitata a poche soluzioni predisposte appositamente per il sistema.

## 5.6 Componenti della copertura verde

Quando si progetta una copertura verde è necessario prendere decisioni oculate riguardo l'inclusione o meno di certi strati nel sistema, sapendo che, come gli anelli di una catena, quello più debole rischia di compromettere la *performance* generale. Alcuni strati sono assolutamente necessari per i sistemi, mentre altri sono opzionali. Gli strati opzionali possono apportare benefici all'installazione verde, particolari esigenze progettuali possono decretare la loro inclusione nel progetto. Il seguente elenco descrive lo schema di assemblaggio dei vari strati:

- Membrana impermeabile
- Barriera anti-radice
- Bordo di protezione
- Strato isolante
- Strato drenante
- Strato di ritenzione idrica
- Strato per il controllo dell'erosione
- Strato di tessuto filtrante
- Substrato di crescita
- Vegetazione
- Sistema di irrigazione
- Eventuali strati accessori

### **Membrana impermeabile**

La componente più critica di un tetto verde, e di qualsiasi tetto, è la sua capacità di impedire all'acqua di penetrare nell'edificio, agevolandone il deflusso. Questa funzione è svolta dalla membrana impermeabile, costituita da un materiale in grado di sopportare la pressione idrostatica per periodi di tempo prolungati. La membrana impermeabile deve essere installata da un professionista esperto, poiché la corretta installazione di questo strato è essenziale per il successo complessivo del sistema. I requisiti e le prestazioni del materiale, le condizioni di installazione e gli obblighi da rispettare devono essere chiaramente definiti e stabiliti all'interno dei documenti contrattuali e di tutti gli elaborati progettuali (disegni, particolari costruttivi, computo metrico estimativo, capitolato d'appalto, relazione tecnica) e durante la fase di cantiere e messa in opera fino al suo collaudo.

Prima di passare all'impianto degli strati per la vegetazione, devono essere previsti obbligatoriamente una serie di verifiche e controlli sulla perfetta messa in opera e funzionalità membrana impermeabile, la cui *performance* condiziona il risultato finale complessivo della copertura. Nel caso in cui l'installazione della copertura verde debba avvenire su di un tetto preesistente, occorre in prima istanza verificare se sia necessaria la completa sostituzione della vecchia membrana sulla base di considerazioni come l'età e la sua condizione. E' necessario considerare anche i limiti della garanzia del tetto preesistente rispetto al suo stato di conservazione. Tra i materiali utilizzati per le membrane impermeabili ricordiamo:

- Bitume
- Asfalto gommato
- Membrane termoplastiche in PVC o TPO
- Membrane elastomeriche
- Membrane biopolimeriche di nuova generazione

La membrana impermeabile può essere applicata sul tetto utilizzando un certo numero di metodi. La capacità della membrana di resistere alle infiltrazioni di umidità dipende dal tipo, dallo spessore, dal fissaggio, dalla qualità di installazione e dei materiali usati. E' importante evitare l'utilizzo di apparecchiature o macchinari troppo pesanti durante l'installazione degli strati o di oggetti appuntiti, in quanto questi potrebbero compromettere la membrana impermeabile durante la fase di costruzione. Tra i tipi di applicazione della membrana si elencano:

- Rigenerazione con applicazione a caldo o a freddo
- Membrana autoaderente
- Applicazione meccanica
- Posa libera con zavorra temporanea

Dopo l'installazione della membrana deve essere effettuato obbligatoriamente un test di allagamento, per verificare che la membrana non presenti perdite e risulti effettivamente impermeabile.

### **Barriera anti-radici**

La *barriera anti-radice* protegge l'integrità della membrana impermea-

bile impedendo alle radici delle piante di raggiungere il livello e la struttura di supporto. I sistemi radicali delle piante tendono ad essere aggressivi ed è indispensabile per qualsiasi copertura verde impedire che essi raggiungano la membrana impermeabile. Esistono le seguenti tipologie di barriere:

- Polietilene ad alta densità (HDPE) con vari spessori
- Idrossido di rame impregnato
- Calcestruzzo impermeabile
- PVC
- TPO

La barriera anti-radice deve essere completata con delle scossaline di contenimento ai bordi, per prevenire l'eventualità che le radici, cercando l'umidità e le sostanze nutrienti al di là del terreno di coltura, danneggino lo strato impermeabilizzante, quello di drenaggio e la struttura stessa.

### **Bordo di protezione**

La membrana impermeabile va protetta ai lati innalzando sulla parte superiore un bordo di protezione. Lo spessore tipico di un bordo di protezione della membrana deve essere compreso tra 10 e 15 cm ed è costituito da un materiale resistente ed inalterabile all'acqua.

### **Strato isolante**

L'isolamento è una prestazione richiesta in edilizia per risparmiare energia: in inverno, l'isolamento può prevenire la perdita di calore e contribuire a mantenere una temperatura costante del terreno della copertura verde; in estate contiene l'innalzamento della temperatura all'interno dell'edificio e riduce la necessità di aria climatizzata. I tipi più comunemente usati di isolante sono i seguenti:

- Schiuma poliuretana
- Polistirene espanso o estruso
- Fibra di vetro

Lo strato isolante può essere installato all'interno dello spessore della struttura edilizia, oppure sotto o sopra la membrana impermeabile. A cau-

sa degli effetti negativi dovuti alla condensazione, e per non ridurne l'efficienza, la posizione preferita è al di sopra della membrana impermeabile. Quando l'isolamento è installato in questa posizione, il tetto viene definito tetto rovescio. Il materiale isolante come la schiuma di polistirene espanso o estruso viene spesso utilizzato per creare strutture leggere sui tetti verdi dove sarebbe stato altrimenti necessario una grande quantità di substrato di crescita o materiale di riempimento. L'utilizzo di prodotti in polistirene è un'alternativa vantaggiosa per la leggerezza, la maneggevolezza e la facilità di taglio *in loco*, risultando una soluzione poco costosa e facilmente disponibile.

### **Strato drenante**

Lo strato drenante è addetto alla rimozione dell'acqua trattenuta dal sistema. Permette di mantenere l'umidità e l'aerazione necessaria a sostegno della vita dello strato vegetale. Può svolgere poi funzioni ulteriori, come fare da strato aggiuntivo alla barriera anti-radice, aumentare la resistenza alla compressione e la capacità dello strato isolante. Tipi di strati drenanti e componenti di drenaggio sono i seguenti:

- Mezzi granulari: pietrisco, ghiaia o ciottoli di fiume, lavati e privi di particelle di piccole dimensioni
- Scarico rigido in pannelli appositamente preformati, usato per i sistemi modulari
- Stuoie porose di polistirolo, plastica o materiale organico
- Scarichi per tetti
- Gronde
- Stuoie di ritenzione di umidità
- Tubi

Tutte le componenti del sistema di drenaggio devono essere libere dai detriti e dal materiale vegetale affinché l'acqua possa scorrere correttamente. Una piastra, di solito di acciaio *inox*, separa i substrati di crescita dal materiale che circonda gli scarichi. I tetti inclinati hanno il vantaggio della gravità e di un sistema di gronda sempre presente; i tetti con pendenza, invece, richiedono uno schema di drenaggio più complesso che può essere coordinato e integrato con il sistema dell'edificio. Superfici molto estese possono richiedere un certo numero di strati di drenaggio per trasportare

l'acqua a tubi e pluviali. Uno strato addizionale di substrato di crescita può essere aggiunto allo strato drenante per incrementare l'assorbimento d'acqua e ridurre gli scarichi dovuti ai temporali. Alcuni strati concavi di drenaggio sono stati progettati per aumentare la ritenzione temporanea d'acqua.

### **Giunture**

Le giunture devono essere costituite da materiali resistenti agli agenti corrosivi, come l'acciaio inossidabile. La barriera per le radici deve proseguire anche sulle scossaline. Le giunture sono necessarie per sigillare la membrana impermeabile nei punti di interruzione, come in presenza di pareti o di tubi di raccolta di scarico. I problemi più consistenti di un tetto verde, come in ogni tetto, si trovano nei punti di interruzione, come le giunture. È fondamentale quindi che questi punti di debolezza siano adeguatamente progettati, installati, collaudati e mantenuti.

### **Ritenzione idrica**

Lo strato per la ritenzione idrica imprigiona l'acqua e trattiene l'umidità, per poi restituirla all'ambiente o allo strato vegetale. Tale strato incrementa la performance dello strato drenante e del sistema di irrigazione. Alcuni tipi di strato sono:

- Teli di plastica
- Coppe di uretano
- Stuoie assorbenti

### **Strato per il controllo dell'erosione**

Particolare attenzione è necessaria per i casi di tetti verdi inclinati, molto più soggetti all'erosione e in cui il controllo di questo fenomeno risulta un passaggio progettuale di particolare criticità, condizionando la riuscita complessiva del sistema di copertura verde. Durante i periodi in cui si effettua la piantumazione della vegetazione, quando il tetto è lasciato spoglio o in aree con forti venti, uno strato di protezione dall'erosione è necessario per non compromettere l'efficienza del sistema. Tipi di materiale di controllo dell'erosione sono:

- Tessuto non tessuto
- Aggregante
- Stuoie di juta
- Telo protettivo

### **Strato di tessuto filtrante**

Il tessuto filtrante è un materiale leggero e resistente, che impedisce l'infiltrazione di particelle nello strato drenante e si comporta come una barriera protettiva per evitare l'intasamento del sistema di drenaggio. Tra i tipi di tessuto filtrante troviamo:

- Tessuto non tessuto
- Tessuto non biodegradabile in fibra di poliestere
- Stuoia di polipropilene
- Stuoia in polietilene

### **Substrato di crescita**

Durante la progettazione di una copertura verde, particolare attenzione deve essere prestata alla scelta alle caratteristiche del terreno di coltura, poiché questo materiale ha un ruolo determinante nel successo o nel fallimento del futuro sviluppo della vegetazione. Il terreno di coltura è in genere una combinazione di *materia inorganica* (sabbia, ghiaia o aggregato leggero), *materia organica* (torba, compost o humus), aria e acqua. Di seguito, l'elenco delle caratteristiche del substrato di crescita, che sono da rispettare in gradi di priorità diverse in base alla vegetazione utilizzata:

- Buon drenaggio e aerazione
- Capacità di trattenere l'acqua
- Durabilità
- Capacità di distribuzione dei nutrienti

Il terreno di crescita deve essere specificatamente studiato per soddisfare le esigenze della vegetazione e deve essere adeguato a fattori come il carico strutturale, la pendenza, il drenaggio e le condizioni climatiche. Il substrato fornisce i nutrienti per il sostentamento delle piante e deve essere composto per soddisfare le specifiche funzioni richieste dal tipo di coper-

tura verde. Per le installazioni che richiedono bassi spessori di substrato, sotto i 10 cm, o in progetti con soluzioni colturali complesse, è necessario consultare un tecnico del suolo. Le coperture verdi in genere richiedono un terreno di coltura leggero con caratteristiche che devono essere bilanciate attentamente per fornire sistemi di supporto per il sano sviluppo delle piante. Il terreno di coltura deve:

- Conservare le quantità necessarie di aria e acqua per lo sviluppo delle radici delle piante
- Permettere all'acqua di penetrare attraverso lo strato intermedio
- Fornire stabilità alle radici e sostegno alle piante
- Resistere a compattazione e mantenere l'integrità della struttura
- Avere buone capacità di deflusso idrico in modo che le radici non siano costantemente sature
- Essere in grado di resistere e rimanere in posizione durante raffiche di vento particolarmente forti

Per tutti questi motivi è assolutamente sconsigliato usare normale terreno del suolo o proveniente dallo scotico del cantiere.

## **Vegetazione**

La scelta delle piante è la parte maggiormente distintiva di una copertura verde. La vegetazione deve essere selezionata attentamente sulla base delle caratteristiche climatiche, microclimatiche, pedologiche e botaniche del contesto, pena il fallimento del progetto. Nella maggior parte dei casi è consigliabile utilizzare piante autoctone, originarie del territorio circostante o anche provenienti da altre regioni con un clima simile, ma di cui è stato dimostrato il loro adattamento. Una valutazione importante riguarda la richiesta di acqua, un costo che deve essere ridotto al minimo possibile e che ha ripercussioni sulla sostenibilità ambientale della copertura verde.

Le piante sulle coperture devono essere capaci di sostenere il calore, la mancanza di acqua, l'intenso irraggiamento solare, la forte ventilazione, gli sbalzi termici, l'erosione del substrato e in generale condizioni ambientali più estreme che al suolo. Nei climi temperati mediterranei sono raccomandabili piante perenni con poca profondità e scarsa ramificazione di radici, capaci di cambiare direzione quando incontrano ostacoli. Non è consigliabile utilizzare esemplari maturi per ottenere un pronto effetto, poiché

è alta la possibilità che non riescano a sopravvivere nel nuovo ambiente; le piante giovani si adatteranno meglio alle difficili condizioni climatiche del tetto se fatte sviluppare direttamente sul luogo. Sono preferibili piante giovani che si adattino gradualmente. Tra le caratteristiche ideali che le piante devono includere:

- Caratteri perenni
- Sistemi radicali adattabili
- Basse richieste nutritive
- Bassa manutenzione
- Peso leggero
- Alta resistenza in ambienti molto freddi d'inverno e molto caldi d'estate
- Non invasività
- Crescita compatta
- Resistenza al fuoco

L'installazione della vegetazione deve seguire delle precise tempistiche, da concordare con i fornitori e gli installatori. Deve essere valutata la presenza di muretti, pareti ed edifici vicini che potrebbero generare ombra in alcune parti della superficie di copertura, determinando condizioni di crescita scarsamente soleggiate adatte allo sviluppo solo di alcune specie vegetali. L'orientamento di un edificio e l'esposizione della copertura sono altri aspetti molto importanti da considerare; se la superficie da impiantare è rivolta a nord, durante i mesi invernali, può subire il congelamento del substrato di crescita e non tutte le piante sono in grado di sopportare questa condizione.

Il carico strutturale è una delle condizioni principali quando si va a scegliere il tipo d'installazione di una copertura verde. Alberi più grandi e cespugli possono essere posizionati strategicamente sopra i pilastri portanti, vicino ai parapetti o al di sopra di strutture di supporto, per aumentare la possibilità progettuali. Piante più grandi sono considerevolmente più costose e risulta più oneroso anche il loro trasporto. Sarà comunque necessario prevedere manutenzioni annuali nel corso dei primi anni dall'installazione, per far sì che l'impatto visivo sia gradevole nel corso della crescita e prevedere appositi ancoraggi, affinché la chioma della pianta possa resistere alle sollecitazioni del vento, sempre più forte in quota tetto rispetto al suolo. Altre valutazioni riguardano la prossimità a locali tecnici ed impianti di riscaldamento, a ventole e apparecchiature per la climatizzazione

dell'aria, che comportano un aumento di temperatura. Le coperture verdi realizzate su superfici non riscaldate, come tettoie di parcheggi o ponti, devono essere calibrate su valori di temperatura più bassa rispetto a quelle che sovrastano ambienti riscaldati. In generale, i fattori da considerare per la selezione delle piante si riassumono in:

- Fattore di crescita
- Richiesta nutritiva
- Polline
- Resistenza al vento
- Esposizione ai raggi solari
- Resistenza al fuoco
- Tolleranza alla siccità
- Capacità associativa



## 5.7 Altri criteri di progettazione utili

### **Spessore**

La norma UNI-11235 2007 sulle coperture verdi definisce lo *spessore minimo* raccomandato dello strato colturale in funzione della struttura della vegetazione da impiegare (Tabella 4.1. “Spessore minimo dello strato colturale in funzione della vegetazione da impiegare”).

Gli spessori indicati devono essere però valutati in funzione delle condizioni contingenti, esposizione, inclinazione del solaio, vento, età delle piante, etc. Potrebbe quindi essere necessario variare leggermente gli spessori. Per ragioni di costi e sostenibilità si deve cercare di utilizzare sempre gli spessori minimi possibili.

### **Concimazione**

Da considerare anche il tasso di concimazione che varia in funzione delle specie vegetali e del relativo substrato, e che i concimi moderni sono in grado di rilasciare le sostanze in modo graduale e controllato. E' fondamentale evitare un eccesso di concimazione, che per dilavamento può apportare un carico inquinante alle acque di deflusso dalla copertura.

### **Tipo sistema**

Elenco dei sistemi più comuni in Italia ed in Europa (secondo le indicazioni delle Norme UNI-11235 del 2007 sulle coperture verdi) espressi in base alla vegetazione prevista:

- Prato fruibile
- Tappeto di Sedum
- Prato pascolo
- Tappeto di perenni
- Arbusti e suffrutici
- Orto
- Siepi ed alberi

Le norme indicano anche i relativi spessori di substrato necessari per ogni tipo di sistema.

## **Serbatoio di accumulo acqua e sensori per irrigazione**

È importante che ogni copertura verde abbia un efficiente impianto di scarico delle acque piovane e, nei casi in cui sia possibile, siano previsti dei serbatoi di accumulo dell'acqua raccolta. Va predisposto anche un accesso per la manutenzione degli impianti di scarico. I serbatoi permettono di sfruttare l'apporto gratuito di acqua piovana attraverso il relativo accumulo. Una delle principali difficoltà nell'utilizzo di serbatoi di raccolta è data dalla mancanza di spazio; è di fondamentale importanza effettuare il dimensionamento del serbatoio in funzione dei coefficienti di deflusso certificati dei sistemi a verde pensile utilizzati. Risulta molto utile, ai fini dell'ottimizzazione dell'apporto idrico alla vegetazione e per evitare al massimo gli sprechi, l'installazione di un sensore di umidità collegato all'impianto di irrigazione, che possa mettere in funzione l'irrigazione in condizioni di criticità idrica per le piante.

## **Impianto di irrigazione**

Il comportamento dei tetti verdi in zone temperate mediterranee è estremamente variabile. Alcune piante resistenti alla siccità possono sopravvivere senza acqua supplementare una volta attecchite. Le bocchette per l'irrigazione molto spesso sono più efficienti se installate sotto lo strato di vegetazione, metodo atto a consentire una migliore irrigazione delle radici. L'irrigazione dovrebbe essere considerata indispensabile per le installazioni poco profonde. Alcune ricerche portate avanti del Politecnico di Torino, sul comportamento della vegetazione riguardo l'apporto di acqua, hanno condotto alla scoperta che le piante non grasse perdono più facilmente le quantità d'acqua incamerata, mentre quelle grasse la mantengono più a lungo. Di contro, le piante grasse, nel corso di periodi di prolungata siccità, tendono a morire invece che a seccarsi, al contrario delle piante non grasse. Il monitoraggio dell'umidità presente nel substrato di crescita attraverso strumenti come *timers*, sensori di scorrimento e sensori per l'abbondanza delle precipitazioni possono migliorare ed ottimizzare le procedure di irrigazione.

## Altri elementi, componenti e prodotti per il verde pensile

- Elementi di giunzione
- Strutture mobili per l'ombra
- Illuminazione
- Fioriere e pareti di contenimento
- Ringhiere e schermature verdi
- Sfiati e tubi per l'irrigazione
- Passerelle e sentieri
- Giochi d'acqua

Bordi appositamente progettati devono separare le aree verdi da quelle occupate dai muri e dai vialetti; questi possono anche essere utilizzati come elementi tagliafuoco e come protezione dal vento. I bordi possono essere appositamente aumentati di dimensione per diventare sedute e per creare zone di *relax*. Cordoli, bordi, fioriere, etc. possono essere prodotti prefabbricati in cemento, alluminio, legno, in materiali riciclati e riciclabili. È estremamente importante, poi, che qualsiasi punto di penetrazione sia reso impermeabile così da garantire che la membrana non venga compromessa nel tempo.

Arredi e strutture per l'ombra (tra cui panchine, bidoni, tralicci, attrezzature ludiche) devono essere adeguatamente fissate e ancorate al tetto, per evitare che possano venir fatti precipitare dai forti venti in copertura. L'illuminazione, lungo i percorsi e degli eventuali spazi giardino, è altresì da tenere in considerazione tra le caratteristiche del progetto. Passaggi pedonali, con pavimentazione o percorsi, sono utili come mezzo per permettere la percorrenza sul tetto. Ringhiere e schermi verdi sono importanti componenti di sicurezza, forniscono protezione dalle cadute durante la costruzione, nonché durante l'uso abituale. Possono anche funzionare come barriere per la *privacy*, fornire ombra ed essere un'aggiunta estetica per un giardino pensile. Giochi d'acqua, stagni, fontane e cascate possono essere incorporati nel sistema di drenaggio. Potrebbe essere utile avere sistemi di impermeabilizzazione separati, come prevenzione ulteriore contro le perdite. I giochi d'acqua possono essere integrati nel sistema di gestione delle acque piovane o nei sistemi di raffreddamento meccanici.

## **Integrazione di coperture verdi con impianti a pannelli solari fotovoltaici**

Una nuova ed efficace tendenza che si sta diffondendo è quella di integrare i sistemi di coperture verdi con l'installazione di pannelli solari. Alcuni studi hanno dimostrato che esiste una relazione diretta tra i due sistemi. La presenza della vegetazione abbassa la temperatura della superficie del tetto, assicurando una maggior efficienza ai pannelli solari fotovoltaici. Il pannello solare impedisce che la superficie di tetto sottostante sia raggiunta dall'acqua piovana; è possibile perciò migliorare la distribuzione dell'umidità, montando i pannelli su una struttura che possa consentire il drenaggio dell'acqua all'interno del sistema di copertura verde.

Un altro fattore da considerare è l'ombra proiettata dai pannelli sulle aree sottostanti, che non è un elemento necessariamente negativo, in quanto richiede l'introduzione di una maggiore varietà di specie vegetali adatte a vivere in questa diversa condizione della superficie del tetto (quindi, a contribuire ad una maggiore biodiversità, creando un *habitat* per ulteriori piante e insetti). Le piante adatte al giardino fotovoltaico sono piante erbacee perenni appartenenti alla famiglia delle *Crassulaceae*; ad esempio, il genere *Sedum* e analoghi, che risultano particolarmente frugali e resistenti agli stress termici ed idrici. Queste piante si sviluppano in associazioni naturali tipiche delle specifiche situazioni stagionali sui tetti verdi.

### **Ricerca dei difetti**

Un giro di ispezione prima dell'installazione della membrana è fortemente consigliato. Si ritiene inoltre indispensabile che la superficie coperta sia preparata correttamente prima di installare la membrana. Comunque, dopo l'installazione della membrana impermeabile e prima dell'installazione di tutti gli strati aggiuntivi del tetto verde, è necessaria una prova di tenuta che deve essere condotta per assicurarsi che la membrana impermeabile non abbia perdite.

Il *test della membrana* può aiutare ad individuare gli errori di progettazione e di costruzione, oltre a fornire la possibilità di massimizzare la protezione del tetto secondo le vigenti normative. Sono comunque disponibili sul mercato sistemi di rilevamento automatico delle perdite, in grado di notificare al proprietario dell'edificio le eventuali perdite anche dopo l'installazione del tetto verde. Tra le possibili scelte di test da effettuare c'è

quella di *allagamento*, che consiste nel creare uno spessore di circa 5 cm d'acqua e osservarne la variazione nell'arco di circa 24-48 ore. In alternativa, esiste un altro tipo di prova che prevede il flusso continuo per un minimo di 24 ore senza chiusura dei sistemi di scolo. Altre strategie per la rilevazione di eventuali perdite includono l'utilizzo di immagini termiche, prove di capacità e sensori di umidità.



## 5.8 *Progettare la manutenzione*

Un piano di manutenzione dovrebbe essere stabilito prima del completamento di tutti i nuovi tetti verdi. La manutenzione deve riguardare soprattutto l'efficienza degli impianti, con l'ispezione dei punti di raccordo dove la membrana impermeabile è soggetta a maggior criticità e debolezza. I tetti verdi richiedono un programma di procedure di manutenzione regolari che consistono in: irrigazione, potatura, concimazione e reinnesto. Alcune procedure di manutenzione devono essere previste dopo eventi meteorologici rilevanti, mentre gli altri vengono programmati in base ai passaggi stagionali.

### **Manutenzione della membrana**

La membrana impermeabilizzante è lo strato fondamentale di ogni tetto verde e può compromettere la sua stabilità e longevità. In prossimità di giunti, bordi, pareti verticali, tubi di sfiato, unità di aria condizionata e perimetri, le ispezioni periodiche sono raccomandate almeno due volte l'anno. Per rendere facile l'ispezione e per evitare situazioni di perdite nei punti critici si consiglia di prevedere questi ulteriori accorgimenti:

- I giunti devono offrire un accesso aperto per l'ispezione, la manutenzione e il controllo
- Eventuali aree (come prese d'aria, condotti, scarichi e giunti di dilatazione, etc.), dove la copertura viene penetrata, dovrebbero essere regolarmente ispezionate e mantenute liberi da radici, foglie e detriti
- Si consiglia di stabilire una zona priva di piante di almeno 25- 40 cm lungo i bordi perimetrici del tetto

### **Controllo dell'efficienza degli scarichi**

Le piante dello strato vegetale del tetto potrebbero risentire del malfunzionamento del sistema di drenaggio. Se fosse presente troppa acqua le piante potrebbero essere sommerse e quindi marcire. Le ispezioni regolari dei canali di scolo sono raccomandate almeno tre volte l'anno, con l'aggiunta di particolari controlli nel caso di eventi eccezionali.

Tutti i canali di scolo devono essere liberi dalle piante e da corpi estranei e deve essere effettuata l'ispezione accurata del percorso dei flussi di dre-

naggio. Al fine di consentire sia le ispezioni che le operazioni di manutenzione, ogni scarico presente su un tetto verde deve restare costantemente accessibile. Le bocchette di scarico, i canali di scolo, le grondaie e gli scarichi di emergenza devono essere tenuti liberi da ostruzioni fornendo una schermatura per il drenaggio (ad esempio uno strato di ghiaia tra il tetto ed i canali di emergenza) o dotati di un pozzetto di ispezione.

### **Strutture presenti sul tetto**

Ciò che fa parte del tetto deve essere progettato e installato tenendo presente la necessità di mantenere la corretta integrità strutturale della membrana impermeabile del tetto e del sistema di drenaggio dell'acqua. Componenti verticale che gravano sulla struttura principale come pareti, camini, sistemi di condizionamento e cabine elettriche non dovrebbero generare pressioni tali da inficiare parti della membrana, evitando di causare così rotture o parziali ristagni d'acqua. Le ispezioni regolari di questi componenti dovrebbero mirare a tenerli puliti dai detriti. Potrebbe essere buona regola effettuare questi controlli in concomitanza con quelli per gli scarichi.

### **Strato di crescita e strato vegetale**

La cura della vegetazione del tetto verde, subito dopo il suo impianto, richiede la massima attenzione durante la fase di attecchimento fino al pieno sviluppo delle piante. La durata di questa fase è compresa tra 18 e 24 mesi (a meno che il tetto verde non sia preconstituito, come nel caso di alcuni sistemi modulari). Un agronomo professionista provvederà a redigere il programma degli interventi e ad organizzare le procedure per la manutenzione. Tra i compiti essenziali ci saranno:

- *Estirpazione manuale*, necessaria per tutta la durata dell'impianto
- *Irrigazione*, necessaria soprattutto durante la fase di creazione
- *Sfoltimento*, necessario per favorire il corretto sviluppo delle piante
- *Fertilizzante*, utilizzato durante la fase iniziale. Sono consigliabili prodotti biocompatibili. Il fertilizzante in eccesso deve essere indirizzato verso gli scarichi.
- *Sostituzione* del materiale vegetale e riempimento delle zone in cui è necessario sostituire gli esemplari morti.

Il tetto verde richiede un'attenzione particolare per estirpare le erbacce, considerato che i semi arrivano sul tetto tramite l'azione del vento, degli uccelli e delle scarpe di chiunque vi avrà accesso. Per la salute complessiva del tetto verde è necessario provvedere all'eliminazione prima possibile delle piante infestanti.

### **Irrigazione**

Il sistema di irrigazione deve essere ripulito completamente prima del primo gelo invernale. Si raccomanda di controllare le testine di spruzzo in primavera e per tutta la stagione. L'installazione o l'aggiunta di una linea principale di irrigazione a tubo potrebbe essere considerata per l'irrigazione a mano supplementare durante periodi di installazione, durante le stagioni secche, durante l'autunno e la primavera e mentre l'irrigazione è disattivata per la pulizia.



## 5.9 Categorie edilizie per installazioni di coperture verdi

Di seguito un elenco di categorie di edifici su cui è possibile prevedere verde pensile.

*Coperture di capannoni industriali, artigianali, supermercati, stazioni di servizio, scuole biblioteche e in generale edifici pubblici con tetti non fruibili:* le coperture di questo genere di edifici presentano una vocazione quasi naturale ad essere inverdite con tipologie di tetti verdi estensivi. L'efficacia per l'abbattimento dell'isola di calore, la miglior regimazione delle acque meteoriche e la funzione di corridoi ecologici risulterebbe significativa se estesa su larga scala. Esteticamente si potrebbero ottenere risultati interessanti, creando forme disegnate sulle superfici di copertura visibili dall'alto. Questo è in grado di dare un carattere e connotare fortemente il panorama delle zone industriali diventando un elemento di riconoscimento e anche di comunicazione e di *marketing* per le aziende, quali portavoce di valori per la difesa dell'ambiente.

*Coperture condominiali, di edifici abitativi, scuole, biblioteche e in generale edifici pubblici e privati (servizi e attività produttive) con coperture fruibili:* le coperture di questo genere di edifici possono essere utilizzate, a condizione di una prioritaria verifica della compatibilità statica e strutturale e della vocazione funzionale, come verde ricreativo e giardino pensile. Per chi abita in città, soprattutto nei condomini delle zone residenziali urbane, non sempre risulta facile poter uscire per una piccola passeggiata; per raggiungere dei giardini pubblici occorre spesso superare percorsi particolarmente disagiati. Questo problema si presenta per alcune categorie in particolare, quali mamme, bambini, anziani e persone con disabilità, che proprio per le loro difficoltà quotidiane necessitano di spazi adeguati per la ricreazione all'aria aperta ed avere vitali occasioni di incontro sociale, facili da raggiungere come potrebbero essere dei giardini pensili sui tetti di abitazioni private e condomini. Per queste persone, poter avere sopra l'abitazione o sulla scuola un tetto giardino o un orto potrebbe risultare un'opportunità per migliorare notevolmente la qualità della vita giornaliera.

*Restyling delle facciate e allestimenti verdi in contesti urbani:* si tratta di un'importante opportunità di abbinare risanamento ambientale e riqualificazione estetica. Per questo scopo risulta particolarmente interessante l'im-

piego di pareti verdi, una tipologia di verde tecnico che si sta affermando come soluzione efficace come azione per l'abbattimento dell'inquinamento dell'aria e delle polveri estive, il raffrescamento estivo degli edifici, la mitigazione dell'isola di calore. Un altro risultato auspicabile è la sostituzione dei tetti in *eternit* con coperture verdi.

Di seguito, si sviluppano considerazioni riguardo le principali tipologie edilizie interessate dalle applicazioni di coperture verdi. Per ogni tipologia si delineano brevemente le caratteristiche più comuni, gli aspetti critici ed alcune considerazioni tecniche generiche. L'elenco non è esaustivo, ma va considerato a titolo di *incipit* per la progettazione e per offrire spunti ed idee.

### **Giardini pensili privati**

In questa categoria si considerano le terrazze di dimensioni medio-piccole fruibili ad uso ricreativo privato e con finalità estetiche. I loro benefici sono soprattutto di carattere estetico e sociale. Vi si può impiegare una grande varietà di vegetazione: tappeti erbosi, siepi, grandi arbusti e anche piccoli alberi. Il costo dell'intervento è di solito elevato, può essere ottimizzato il rapporto costi-benefici attraverso una buona progettazione. Il progettista dovrà prevedere spessori variabili del substrato in proporzione alle necessità di ogni tipologia vegetale nel minimo spessore richiesto. Queste installazioni sono caratterizzate di solito da una notevole complessità delle finiture superficiali, con una conseguente grande frammentazione di pavimentazioni e cordoli ancorati al solaio, con un incremento notevole di risvolti, interruzioni, saldature e fissaggi meccanici del manto impermeabile, con conseguente aumento dei costi. Queste rappresentano situazioni di particolare criticità per i rischi di infiltrazione e come potenziali impedimenti per il libero deflusso dell'acqua e come criticità costruttive nella corretta esecuzione di nodi tecnici, giunture ed elementi di connessione. Le soluzioni tecniche avanzate, ampiamente sperimentate e standardizzate, riducono i costi del progetto. Le terrazze private richiedono di solito un'elevata manutenzione opportunamente organizzata e programmata. E' opportuno prevedere un impianto di irrigazione, anche se, in teoria, potrebbe bastare solo una presa d'acqua per l'irrigazione manuale (una modalità che tuttavia non si sposa con le esigenze lavorative e gli impegni delle persone nella vita di oggi).

## **Palazzi condominiali**

In questa applicazione le coperture a verde possono svolgere una o più funzioni; tuttavia, l'importanza della copertura dal punto di vista termodinamico ed ambientale risulta condizionata dal fattore di forma e numero di piani del palazzo: se il condominio si sviluppa in orizzontale e su pochi piani, il vantaggio risulta maggiore rispetto ai casi di sviluppo in verticale a molti piani. Nei casi di progetti di ristrutturazione su edifici esistenti ai fini dell'adeguamento delle prescrizioni normative sulle prestazioni termiche per il contenimento energetico, le coperture a verde possono rappresentare una soluzione molto positiva. Si sta affermando inoltre una nuova tendenza di utilizzazione di questi spazi condominiali sui tetti per la coltivazione di ortaggi e frutta; in questo caso la maggior criticità riguarda la compatibilità con le lavorazioni del terreno, senza che queste interferiscano con la struttura edilizia e senza danni per il manto impermeabile. Le soluzioni botaniche da preferire saranno quelle di prato naturale, erbe aromatiche e piccoli arbusti tappezzanti autoctoni, riferendosi in particolare alle associazioni vegetali del paesaggio circostante, non tanto o soltanto per ragioni estetiche, ma in quanto queste piante risultano solitamente più rustiche e resistenti e richiedono minori costi di manutenzione, resistono eccellentemente all'ingresso di piante infestanti e sono estremamente stabili alle oscillazioni climatiche tipiche dell'area sub-mediterranea. E' opportuno dotare l'installazione verde di dispositivi di irrigazione automatizzati, possibilmente con sensori idrici che consentano di ridurre al minimo il consumo di acqua per l'inaffiamento.

## **Piazze ed aree verdi pubbliche sopra volumi interrati**

Queste coperture verdi riguardano di solito superfici molto estese in ambienti urbani e possono offrire soprattutto due importanti benefici: quello termico di contenimento dell'effetto isola di calore e di controllo del deflusso delle acque meteoriche. La gestione dei deflussi è accentuata dalla complessità delle soluzioni progettuali di queste importanti aree urbane soggette a intensa fruizione pubblica. Tutto ciò obbliga il progettista a effettuare le verifiche di tipo idraulico, in modo da scegliere il sistema di copertura verde più adatto, sulla base del coefficiente di deflusso e per calcolare correttamente il numero e la dimensione degli scarichi e la portata del sistema drenante. Vanno tenuti presenti inoltre i cambiamenti climati-

ci in atto che comportano precipitazioni sempre più violente e abbondanti, “*bombe*” improvvise di acqua, che devono essere calcolate nei progetti, anche di fronte a vecchie normative urbanistiche che non ne tengono conto. E’ raccomandabile l’adozione di sistemi atti a semplificare il drenaggio e prevedere la raccolta in appositi serbatoi per il riutilizzo dell’acqua piovana per l’irrigazione. La funzione termica del verde pensile in questa circostanza va circoscritta ai benefici che può offrire nel moderare l’effetto di isola di calore. Per questo scopo è importante utilizzare vegetazione ad elevata traspirazione e prevedere se possibile anche alberature; le più adatte per ottenere un buon ombreggiamento sono in genere alberature di terza grandezza, realizzabili con 50 cm di substrato. E’ raccomandabile utilizzare spessori variabili di substrato a seconda delle necessità della vegetazione impiantata; va ricordato inoltre che il progetto deve evitare il più possibile scalini e interruzioni del manto impermeabile, che rimane comunque l’oggetto di maggior criticità di qualsiasi sistema di copertura verde. Qualora fossero richieste soluzioni carrabili, è necessario che anch’esse abbiano le stesse caratteristiche drenanti dell’intera superficie, per evitare pericolosi ristagni di acqua.

### **Capannoni industriali**

Gli elementi caratterizzanti questo tipo di coperture sono grandi superfici ed elevate lunghezze di drenaggio. Le prestazioni richieste quali obiettivi prioritari di progetto sono solitamente l’aumento di durata dell’impermeabilizzazione, la riduzione del numero degli scarichi, il raffrescamento passivo. Queste coperture verdi assolvono anche ad un’importante beneficio ambientale, quello della mitigazione dell’effetto dell’isola di calore urbana. Potrebbero quindi diventare anche in Italia sempre di più oggetto di prescrizioni normative per queste categorie edilizie. Le coperture dei capannoni sono molto estese e molto esposte all’insolazione, perciò soggette a forte carico termico estivo, tale da creare condizioni di forte *discomfort* per i lavoratori. In questi casi si ottengono grandi miglioramenti delle condizioni microclimatiche negli spazi lavorativi con spessori di substrato relativamente contenuti. Il ruolo del verde è importante anche ai fini dell’inserimento paesaggistico e come strumento per aumentare il valore ecologico di una costruzione. Vengono utilizzati sistemi di verde estensivo con bassi costi di impianto e di gestione; sono per questo raccomandabili soluzioni a prato arido autoctone, che richiedono bassissima manutenzione e basse

esigenze idriche. Su queste coperture, non fruibili, dovranno essere predisposti i dispositivi di ancoraggio anticaduta per i manutentori, nel rispetto delle norme vigenti.

### **Cantine vitivinicole**

La progettazione di cantine vitivinicole richiede misure assolutamente peculiari per garantire grande inerzia termica, oltre che umidità e ventilazione adeguate. Il verde pensile in questo settore può offrire prestazioni eccellenti in virtù delle sue caratteristiche inerziali uniche. Dal punto di vista termodinamico si raccomanda di utilizzare soluzioni tali da portare lo sfasamento attraverso l'intera copertura a valori superiori alle 12 ore, riducendo il più possibile le oscillazioni della temperatura superficiale interna della copertura. Vanno adottati preferibilmente dispositivi di irrigazione basati sul rilevamento del potenziale idrico, in grado di indurre il sistema a mantenere bassi contenuti idrici ed aumentando così l'effetto di isolamento diffuso, favorevole al miglioramento delle prestazioni termodinamiche. Il verde pensile va progettato in modo da contribuire all'inserimento paesaggistico, tentando di riprodurre nel modo più aderente possibile associazioni vegetali autoctone, con particolare attenzione alle serie dinamiche caratteristiche (da ISPRA *"Linee guida per il verde pensile 2012"*).

### **Scuole ed edifici pubblici**

Le coperture di questi edifici presentano una vocazione quasi naturale ad essere inverdite con tipologie verdi estensive o intensive. Dal punto di vista termodinamico, questi edifici, in particolare quelli scolastici, sono caratterizzati da importanti carichi termici interni, dovuti all'affollamento delle persone e alle grandi vetrate. Proprio le grandi vetrate, necessarie per la corretta illuminazione degli ambienti di lavoro, sono responsabili di un importante ingresso di calore solare per radiazione; perciò nel caso di un'installazione verde in copertura vanno preferibilmente utilizzati sistemi di verde pensile con elevate prestazioni inerziali, più che resistive. Nei casi di progetti di ristrutturazione su edifici esistenti, ai fini dell'adeguamento delle prescrizioni normative sulle prestazioni termiche per il contenimento energetico, le coperture a verde possono rappresentare una soluzione molto vantaggiosa. Ciò che occorre in questi casi è la prioritaria verifica della compatibilità statica e strutturale dell'edificio all'installazione delle

coperture verdi; da questo dato discenderà la scelta di realizzare o meno una copertura verde e se potrà essere solo estensiva o piuttosto intensiva. In questo secondo caso il nuovo spazio potrà essere allestito come un vero e proprio giardino fruibile, da utilizzare per scopi ricreativi o didattici; nel caso di edifici scolastici o biblioteche, il parco o l'orto didattico potrebbero risultare soluzioni funzionali molto vantaggiose. Obiettivo del progetto è ridurre all'indispensabile lo spessore del substrato, variandolo in funzione della necessità della vegetazione, così come vanno ridotte al minimo le opere che richiedano interruzioni della continuità della membrana impermeabile. Nel caso di verde estensivo, l'obiettivo prioritario di progetto sarà quello di creare opportunità di conservazione o diffusione di nicchie ecologiche presenti sul territorio regionale, abbattendo il più possibile la richiesta di interventi di manutenzione. Le associazioni vegetali da prediligere saranno preferibilmente di origine autoctona e presenti nel contesto paesaggistico circostante, tali da favorire gli sviluppi dinamici spontanei della vegetazione. Queste coperture non sono fruibili e vi dovranno essere predisposti i dispositivi di ancoraggio anticaduta per i manutentori, secondo le norme vigenti. È raccomandato prevedere serbatoi per il recupero delle acque di deflusso per l'irrigazione e, nel caso di sistemi intensivi, anche un impianto di irrigazione automatica, possibilmente fornito di sensore.

### **Infrastrutture impattanti in paesaggi di pregio estetico e naturalistico**

Questa è un'utilizzazione delle coperture verdi molto importante per controllare l'impatto sul paesaggio delle infrastrutture, quali gallerie artificiali stradali e ferroviarie, sovrappassi faunistici per deframmentazione di *habitat*, pensiline ferroviarie, palazzine in ambito stradale e ferroviario. Queste opere possono trarre vantaggio dall'utilizzo di sistemi di coperture verdi; la problematica più importante che le affligge è legata agli alti costi dovuti all'elevato spessore di terreno, che bisogna riportare al di sopra della struttura per consentire che negli anni si sviluppi la vegetazione. Per permettere che si ricrei l'equilibrio ecologico in grado di permettere uno sviluppo dinamico spontaneo della vegetazione, è consigliabile fare un attento studio preliminare botanico e agronomico. I costi sono molto elevati, legati al fatto che occorrono alcuni anni per ottenere risultati accettabili dal punto di vista estetico e naturalistico, e sono comunque richieste nel tempo operazioni di controllo, monitoraggio e regolare manutenzione. In generale, nella scelta della vegetazione da impiantare è consigliabile pre-

diligere piante di origine autoctona o coerenti con le comunità vegetali presenti nel paesaggio circostante. L'utilizzo di sistemi a verde pensile professionali in questo settore comporta notevoli benefici, garantendo pesi ridotti, bassa manutenzione e raggiungimento di ottimi risultati nello sviluppo della vegetazione già nel primo anno. Riguardo al valore ecologico, una particolare attenzione occorre in quei casi in cui la copertura verde sia in diretta continuità con il terreno di sovrappassi per la fauna, dove sarà particolarmente opportuno cercare di ricreare una comunità vegetale coerente con le associazioni vegetali presenti nel paesaggio circostante o in rapporto con queste.

### **Barriere antirumore, antismog e di protezione visiva lungo le infrastrutture urbane**

E' questa una categoria di opere di verde pensile che sta prendendo sviluppo in alternativa o ad integrazione alle barriere in materiale inerte, normalmente utilizzate per mitigare l'impatto ambientale di strade a grande intensità di traffico, grandi infrastrutture nel loro percorso all'interno di centri abitati o paesaggi di particolare pregio naturalistico. Consistono in soluzioni di coperture verdi o pareti verdi che offrono molti vantaggi ambientali, per il controllo termico degli edifici, per quel che riguarda il trattenimento delle polveri sottili e l'abbattimento dell'inquinamento dell'aria prodotto dall'emissioni degli autoveicoli. I costi non solo elevati, se le scelte di progetto sono fatte tenendo conto per quel che riguarda la scelta della vegetazione, in rapporto alle caratteristiche del contesto paesaggistico in cui vengono inserite.

### **Restyling delle facciate di edifici degradati, allestimenti verdi in contesti urbani di pregio e centri storici**

Si tratta di un'importante opportunità di abbinare risanamento ambientale e riqualificazione estetica in ambito urbano. Interessante è la possibilità di riqualificazione di edifici e condomini ormai degradati e inefficienti dal punto di vista energetico, presenti in modo diffuso in Italia, soprattutto nelle aree urbane costruite a partire dal dopoguerra. Per questo scopo risulta particolarmente interessante l'impiego di pareti verdi, una tipologia di verde tecnico che si sta affermando come soluzione efficace ai fini dell'abbattimento dell'inquinamento dell'aria, del raffrescamento esti-

vo degli edifici, della mitigazione dell'isola di calore e dell'incremento della biodiversità. A questi benefici tipicamente ambientali si sommano i benefici di percezione visiva e di opportunità di riqualificazione estetica e sociale di intere aree urbane. Il limite di queste applicazioni sono gli alti costi di impianto e di manutenzione. Gli interventi manutentivi dovrebbero essere gestiti dalle comunità condominiali, sulla base di una programmazione attenta, pianificata fin dall'iniziale concezione progettuale dell'opera. Sono di solito necessari impianti di irrigazione e la predisposizione di serbatoi di accumulo dell'acqua piovana. Queste installazioni vanno considerate anche come possibilità di interventi di qualità estetica, da introdurre all'interno di contesti storici dove di solito la vegetazione è molto carente, al fine quindi di incrementarne la presenza. Un altro risultato auspicabile è rappresentato dalla possibilità di sostituire le coperture in *eternit* con installazione di verde pensile.

## 5.10 Appendice A: *lista di controllo per la manutenzione di un tetto verde*

Un manuale di manutenzione o un contratto di manutenzione devono essere attentamente formulati per ogni tipo di tetto verde progettato, e devono essere presi in considerazione tutti i componenti e i dettagli per ogni tetto. Un manuale tipico o un contratto di manutenzione dovrebbero contenere almeno le seguenti indicazioni, elencate di seguito sotto forma di quesiti da porre in sede di stipulazione di contratto o manuale.

### *Fertilizzazione:*

- Quanto spesso saranno fertilizzate le piante?
- Che tipo di fertilizzante sarà impiegato? È fornito da un produttore specifico?
- Esistono applicazioni particolari per bisogni specifici delle piante e colori stagionali?
- Gli insetti saranno trattati attraverso l'olio per orticoltura o tramite detergenti e pesticidi?
- È necessario qualche tipo di trattamento per i batteri aerobici?

### *Potatura:*

- Quanto spesso le piante saranno potate?
- I rametti e le foglie morte saranno compostati? Dove?

### *Controllo delle erbacce:*

- Quanto spesso le erbacce saranno rimosse manualmente?

### *Pulizia:*

- Quanto spesso i canali di drenaggio, le sorgenti d'acqua e i filtri saranno puliti?
- Quanto spesso i bordi, i vialetti, etc. saranno puliti?

### *Manutenzione degli arredi, percorsi, terrazze, fioriere e ringhiere:*

- Quali prodotti sono consigliati per la manutenzione dei bordi, arredi, rivestimenti, etc.?
- Quali prodotti non sono raccomandati a causa di potenziali effetti chimici su altri componenti del tetto?
- Quali sono le raccomandazioni specifiche e quali strumenti utilizzare (o

non usare) per il mantenimento e la manutenzione? Dove sono localizzati gli strumenti di manutenzione (scaletta, tubi, imbracature di sicurezza e altre attrezzature)?

*Irrigazione:*

- Come saranno irrigate le piante sul tetto? A mano e/o tramite il sistema di irrigazione? Con quale frequenza saranno irrigate durante l'estate? È prevista l'irrigazione manuale durante l'inverno? Con quale frequenza?
- Quante volte sarà controllato il sistema operativo?
- Sono stati installati sistemi di irrigazione con una valvola di tipo antiriflusso che può essere svuotata in caso di congelamento? Ci sono dei requisiti specifici per la manutenzione e la pulizia di giochi d'acqua?
- Qual è la durata tipica delle piante utilizzate sul tetto verde?

*Raccomandazioni stagionali:*

- Esistono raccomandazioni a favore o contro le modifiche stagionali del terreno e/o l'aggiunta di materiale fertilizzante? Quante volte le biomasse saranno rimosse, se necessario?
- Quanto spesso saranno eliminate?

*Informazioni generali*

Creare e mantenere aggiornato un elenco di contatti per tutte le parti coinvolte nella progettazione, realizzazione e manutenzione del tetto verde.

## 5.11 Appendice B: *motivi per il fallimento del tetto verde*

Di seguito, si esprimono le principali cause del fallimento del tetto verde, atte a poter coadiuvare la ricerca di una soluzione da parte di progettisti, tecnici e committenti.

### *Manutenzione:*

E' il principale motivo per l'insorgenza di problemi prematuri al tetto verde. Si consiglia vivamente di creare un manuale di manutenzione siglato dall'intero *team* di progettazione.

### *Errori di progettazione e installazione:*

Hanno spesso implicazioni negative molto costose. Carenze di progettazione e realizzazione possono essere dovute a responsabilità progettuali di professionisti che possono aver frainteso e/o ignorato i requisiti fondamentali del sito. Per correggere gli errori di solito è necessaria una sostituzione del tetto.

### *Esempi di errori di progettazione e di installazione:*

- Errata protezione della membrana durante l'installazione
- Movimento della struttura e fallimento dell'installazione della copertura come risultato di allungamenti e frazionamento
- Un sistema di tetto verde scorrevole a causa di una distribuzione insufficiente di carico in base alla pendenza del tetto
- Ristagni non intenzionali d'acqua a causa della posizione insufficiente e/o scarso numero di canali di scolo
- Mancanza o insufficienza di dilatazione/contrazione dei giunti tra i vari strati dei materiali del tetto verde (fioriere, sentieri, etc.) e/o ai bordi, dove materiali incompatibili si incontrano.

### *Cause di infiltrazioni attraverso la membrana del tetto:*

- Progettazione impropria e/o installazione dei raccordi nel punto di penetrazione
- Errori di saldatura e connessione (bordi metallici, cordoli in cemento, etc.) a causa dell'espansione e della contrazione
- Movimento tra i componenti di penetrazione (tubi di sfiato, etc.)
- Installazione impropria dei componenti di penetrazione di metallo

- Raccordi mancanti
- Acqua ristagnante nel punto di penetrazione

*Guasti a punti di raccordo:*

E' uno dei guasti più comuni per i tetti verdi. La maggior parte dei guasti ai punti di raccordo avvengono a causa del progetto difettoso dell'elemento di raccordo e/o la costruzione di un raccordo improprio. È fortemente consigliato avere punti di raccordo ispezionati attentamente durante tutta l'installazione del tetto verde e sono da includere regolari ispezioni degli elementi nel manuale di manutenzione per tutta la durata del tetto.

*Scarichi:*

E' importante che il sistema di drenaggio sia progettato e installato correttamente per garantire il flusso continuo di acqua. Inoltre, il numero di canali di scolo nei parapetti e nel tetto è indispensabile per evitare che l'acqua raccolta ristagni in caso di pioggia. Qualsiasi accumulo di acqua è un'indicazione di drenaggio inadeguato. Sono raccomandati controlli regolari dei canali di scolo per garantire che gli scarichi siano privi di detriti.

*Invecchiamento:*

E' una componente critica nel deterioramento di un tetto. Questo è vero soprattutto in climi mediterranei e temperati con elevata esposizione ai raggi UV, inquinanti atmosferici e grandine. Un tetto verde può prolungare la vita della struttura di copertura, ma è anche suscettibile di danni permanenti in caso di condizioni estreme non controllate.

*Vento e detriti:*

Possono danneggiare i tetti verdi. Bisogna tenere necessariamente in considerazione i cambiamenti climatici che stanno influenzando il clima mediterraneo, con la comparsa di forti fenomeni a carattere temporalesco e ventoso, improvvise "bombe" d'acqua meteoriche, violenti nubifragi con effetti devastanti sul territorio. L'effetto di questi eventi è ancora più accentuato su questo tipo di coperture. Forti raffiche possono danneggiare in modo permanente un tetto verde. Venti moderati con raffiche di 80 km/h possono anche causare gravi danni. Tutti i componenti del tetto verde, comprese le piante, il terreno di coltura, l'isolante e la membrana impermeabilizzante devono essere adeguatamente fissati al tetto e al perimetro del tetto.

*Componenti aggiuntive di arredo:*

Quali condizionatori, sistemi meccanici, pannelli solari, antenne, insegne, pali, traverse, etc., che devono essere attentamente valutati quando vengono installati sul tetto. Questi componenti devono essere montati ad una struttura di supporto o su una struttura tipo marciapiede. In questo modo il tetto viene mantenuto a tenuta stagna durante la riparazione e la manutenzione delle attrezzature, e può essere recuperato o sostituito senza rimuovere questi componenti.

*Ghiaia, zone prive di vegetazione e bordi in metallo:*

Sono strumenti usati per chiudere i bordi del tetto per prevenire i danni del vento, la perdita di aggregazione nei pressi del perimetro e, talvolta, hanno il compito di creare un facile accesso alla manutenzione. Si raccomanda di ispezionare i bordi metallici, le zone prive di vegetazione e i bordi delle aree di sosta di ghiaia dopo i grandi eventi atmosferici (come le forti piogge, inondazioni, tempeste, etc.). Un problema tipico di queste parti sono le perdite di materiale attraverso i giunti e i bordi aperti o rotti.



*5.12 Appendice C:  
lista di controllo prima di iniziare  
la progettazione di un tetto verde*

1. Aspettativa del cliente
2. Posizione geografica e climatica, esposizione al vento prima e dopo la costruzione
3. Destinazione attuale e futura dell'edificio
4. Analisi strutturale
5. Carichi della neve e delle acque
6. Temperatura interna ed esterna, umidità e condizioni di utilizzo
7. Tipo di copertura verde
8. Membrana idrorepellente del tetto
9. Infiltrazioni
10. Pendenza e drenaggio del tetto
11. Tipologia e condizioni dello strato di crescita
12. Tipologia e quantità di isolamento, protezione dai raggi UV e drenaggio necessari
13. Sicurezza dei lavoratori
14. Normative vigenti
15. Necessità di ventilazione durante l'installazione
16. Compatibilità con gli edifici adiacenti
17. Programma dei lavori di costruzione
18. Gestione del programma di costruzione
19. Configurazione dell'accessibilità alla costruzione
20. Controllo degli odori
21. Manutenzione futura di tutti i componenti
22. Possibili integrazioni future con altre costruzioni



## 6. Best practices, alcuni esempi di progettazione

Di seguito, si riportano alcuni approfondimenti su esempi di buona progettazione, luoghi simbolo riguardanti giardini pensili, pareti verdi e fattorie urbane, in modo tale da mettere in evidenza gli ottimi risultati che si possono raggiungere con questo tipo di pratica.



## 6.1 Progetti nazionali

### **BiblioteCaNova Isolotto, Firenze**

Importante realizzazione del Comune di Firenze, si tratta di una nuova sede costruita per riunire e potenziare i servizi bibliotecari del Quartiere 4, in precedenza gestiti dalle due biblioteche Isolotto e Argingrosso. BiblioteCaNova Isolotto aspira ad essere una biblioteca “amichevole”, che accoglie ed invita ad entrare, senza barriere ai saperi, impegnandosi a trovare con efficienza e dinamicità una risposta alle diverse domande e ad interpretare la domanda inespressa. Sulla copertura di questo volume ha sede un tetto verde su cui si stabilisce il “BibliOrto”, un laboratorio permanente di orticoltura, nato nel 2010 e destinato all’apprendimento delle tecniche di produzione di frutta e verdura, ma anche di concetti più ampi quali coscienza alimentare, educazione sensoriale, difesa della biodiversità, consumo consapevole, economia solidale, educazione ambientale, cittadinanza attiva. Gli orti si trovano sul tetto e in un ritaglio di terra davanti alla sezione destinata ai ragazzi della biblioteca; lo scopo dell’organizzazione non è la produzione, poiché è una vera e propria comunità dell’apprendimento. Inizialmente ha ricevuto sostegni da parte degli *Slow Food Toscana*, del Quartiere 4 e della stessa BiblioteCaNova. L’intento del gruppo è quello di privilegiare l’autoproduzione delle sementi, il compostaggio e il sovescio, oltre all’utilizzo di tecniche dell’orto sinergico. BibliOrto ha dato vita ad un gruppo di acquisito solidale e ad un mercato/laboratorio denominato “AgriKulturae”, che viene svolto mensilmente. Alla radice del progetto c’è probabilmente la necessità, sempre più avvertita, di interpretare la città come scenario di un recupero della socialità attorno al fare e al progettare, attorno all’idea di un mondo che ci assomigli un po’ di più.

### **Cassa di Risparmio di Firenze, Novoli, Firenze**

La nuova sede della Cassa di Risparmio di Firenze ingloba, fra le strutture ospitanti gli uffici e altri locali destinati alle funzioni dell’istituto, un giardino con un grande prato verde al centro, attorniato da aiuole con alberi e arbusti, quale copertura del parcheggio e dell’auditorium interrato della banca stessa.



66 Il giardino pensile costruito sulla copertura dell'edificio della Cassa di Risparmio di Firenze, nel quartiere di Novoli, Firenze

### **Bosco verticale, Milano**

La concezione di uno sviluppo in altezza del verde riprende i temi di inizio secolo di sviluppo in altezza delle unità abitative, ripensate però in funzione della particolare attenzione che la città di Milano sta rivolgendo al verde e alla creazione di ambienti tali da garantire un rinnovato benessere alla popolazione. Il progetto, che comprende due torri ad alta densità abitativa alte rispettivamente 110 e 80 metri, sorge nel centro della città, presso la zona Porta Nuova. È stato calcolato che la presenza di verde nelle due torri equivarrà e apporterà nel mentre benefici pari alla presenza di un bosco di circa 10.000 mq. Le due torri sono in grado di ospitare 480 alberi di grande e media altezza, 250 alberi di dimensioni piccole, 11.000 fra perenni e tappezzanti e 5000 arbusti. Altro importante parametro per la valutazione del progetto, dello studio Boeri di Milano, è la sua interattività: le coperture verdi registrano dati utilizzabili come base per studi sul settore delle coperture verdi e dell'utilizzo integrato di piante nello sviluppo urbano responsabile. Il *bosco verticale* è l'idea di un'architettura che

demineralizza le superfici urbane, utilizzando la mutante policromia delle foglie per le sue facciate e che affida ad uno schermo vegetale il compito di creare un adeguato microclima e di filtrare la luce solare. Un'architettura biologica che rifiuta un approccio strettamente tecnologico e meccanico alla sostenibilità ambientale.



67 Una vista aerea dei “grattacieli” gemellari del Bosco verticale, Milano, 2015

### **Centro commerciale Fiordaliso, Rozzano (MI)**

Il giardino verticale del centro commerciale di Rozzano vanta il primato di “parete verde più grande del mondo”. I numeri che hanno aggiudicato questo primato all’edificio sono impressionanti: alto quasi 8 metri e lungo quasi 160, per una superficie complessiva di 1262,85 metri quadrati. Sono

duecento le specie di piante presenti nella parete, distribuite a gruppi di quattro cassette, in un sistema a parete che complessivamente ne contiene 11.000. Il progetto, creato dall'architetto Francesco Bollani, è stato realizzato in collaborazione con uno studio di architettura francese e con la ditta Peverelli.



68 La parete verde “più grande del mondo”, installata sul centro commerciale Fiordaliso, in provincia di Milano, 2010

### **Environment Park, Torino**

Il progetto, risalente al 1996 su iniziativa della Regione Piemonte, della Provincia e del Comune di Torino, nonché dell'Unione Europea, è nato dalla volontà di creare un parco ecosostenibile e autosufficiente. Al suo interno trova spazio anche un centro congressuale polivalente.

### **Hotel, Abano Terme**

La scelta di convertire un *tetto-solarium* in tetto verde intensivo è per un hotel un interessante provvedimento per venire incontro alle esigenze

della clientela, scegliendo così di offrire, al posto di una superficie inerte, una zona benessere nella quale immergersi e rilassarsi. Il progetto prevede inoltre la piantumazione di alberi che, con la crescita, forniranno riparo dal sole, potendo così evitare l'uso di altri tipi di coperture.

### **Policlinico, Catania**

La copertura vegetale di un ospedale rientra nell'ottica di attenzione nei confronti dell'utenza per la rivalutazione e il recupero di un'area che possa fornire ai pazienti e ai familiari uno spazio verde nel quale immergersi con serenità. Particolarmente curata, in fase progettuale, è stata la scelta della biodiversità e della sistemazione degli spazi, nella volontà di integrazione con la flora, la fauna e il clima locale.

### **Ospedale pediatrico Meyer, Firenze**

Il progetto del nuovo ospedale pediatrico Meyer costituisce uno spartiacque evidente nell'approccio ecosostenibile e nell'impatto paesaggistico di una struttura ospedaliera di eccellenza. L'approccio sostenibile del nuovo Meyer è stato sviluppato, in fase di progettazione e di successiva edificazione, seguendo due percorsi che si combinano. In primo luogo è stato valutato il fattore della compatibilità ambientale, attraverso la forma e la disposizione del complesso. L'altra peculiarità dell'edificio è da rintracciare nella scelta di tecnologie *ecofriendly*, come l'utilizzo di celle fotovoltaiche, la ricerca di illuminazione e ventilazione naturale e la scelta di creare un tetto giardino che consentisse una maggior coibentazione dell'edificio nella stagione estiva e in quella invernale. Il tetto verde è stato realizzato con un pacchetto di strati predisposto come sistema: si tratta di un'applicazione di tipo intensivo dove la vegetazione consiste principalmente in un tappeto erboso. L'installazione è stata concepita per realizzare un giardino da utilizzare come spazio ricreativo, ma anche l'impatto estetico e percettivo assumono un ruolo estremamente significativo all'interno di una struttura ospedaliera, dove la presenza di verde e vegetazione producono un effetto emozionale di benessere e di tranquillità, particolarmente utile e rassicurante per i piccoli pazienti e i familiari. Dal punto di vista della struttura edilizia non si sono registrati problemi né di tenuta, né di altro genere; dal punto di vista della coibenza termica e acustica il tetto svolge con efficienza la sua funzione. I dati delle temperature sono in fase di registrazione e

costituiscono ancora oggetto importante di sperimentazione per la valutazione della realizzazione di ulteriori strutture a copertura verde.



69 Una vista dell'alto della copertura a verde dell'ospedale pediatrico Meyer, a Firenze

### **Skyland, Milano**

*Skyland* è un progetto che rientra nei nuovi *concept green* proposti dall'*Expo* milanese. Il progetto prevede una fattoria verticale a cultura idroponica che provvederà, da sola, a produrre frutta e verdura fresca senza emissioni inquinanti o scarti per più di 25.000 persone. Sono cinque gli "zeri" individuati dall'ENEA, ente a capo del progetto: *zero pesticidi*, così da consentire di mantenere le caratteristiche della rotazione stagionale delle culture in un ambiente controllato; *zero energia*, grazie ai pannelli solari fotovoltaici per l'elettricità e a una pompa di calore geotermica per il condizionamento; *zero rifiuti*, visto che tutti gli scarti saranno utilizzati per produrre energia nel generatore a biomasse; *zero chilometri*, in quanto la produzione delle culture viene rivenduta all'interno, minimizzando così ogni tipo di spostamento, che, oltre a consumare carburante, porta a un deterioramento più veloce del cibo; infine, *zero emissioni*, poiché ogni tipo di emissione in aria o in acqua viene filtrata per non disperdere agenti inquinanti nell'ambiente.



70 Skyland, la *vertical farm* che l'ENEA, insieme ad Agrimercati, ha realizzato nell'area dell'ex Macello di Milano in occasione di EXPO 2015

## **Villaggio Olimpico XX Olimpiade Invernale, Sestriere**

La copertura verde estensiva del villaggio olimpico degli atleti, localizzato a circa 2000 metri d'altezza, è stata realizzata in Sedum, un genere di piante succulente e xerofile. Punto di partenza di questa decisione è stata la riduzione dell'impatto visivo dello stabilimento a fronte della sua localizzazione. La fase successiva del progetto di copertura prevede inoltre di far sì che siano le specie autoctone a proliferare, con opere di manutenzione standard annuali per l'allontanamento delle specie invadenti.

## 6.2 Progetti internazionali

### **Barclays Bank, Londra, Inghilterra**

Il tetto verde del grattacielo della Barclays Bank è stato pensato per recuperare i materiali di scarto della costruzione in modo da convertirli nel substrato. Data l'altezza alla quale si trova, 130 metri, non è fruibile e, al tempo stesso, non offre nessuno dei benefici economici classici derivati dall'introduzione di un tetto verde, consentendo però il recupero di uno spazio a favore delle biodiversità.



71 Un dettaglio della fioritura sulla superficie del tetto dell'edificio della Barclays Bank, a Londra

### **Caixaforum, Madrid, Spagna**

Il progetto del restauro dell'edificio, un tempo a uso industriale, che solo dopo l'acquisto nel 2001 da parte dell'omonima fondazione viene destinato a museo, è opera degli architetti svizzeri Herzog & De Meuron,

ed è stato successivamente implementato con l'intervento di Patrick Blanc e la conseguente aggiunta di un'impressionante parete verde alta ben 24 metri. Simbolicamente la parete verde offre una sorta di "dialogo" con il vicino giardino botanico. Il museo si propone di ospitare esposizioni stabili e itineranti, nonché il Festival della Musica e della Poesia.



72 La parete verde del Caixaforum di Madrid, inaugurata nel 2008. L'edificio rappresenta un vero centro socioculturale dei tempi moderni, essendo aperto ad esporre arte antica, moderna e contemporanea, ospitando festival di musica e poesia, mostre d'arte multimediale, dibattiti, giornate sociali e laboratori formativi per famiglie

### **City Hall, Chicago, USA**

Il giardino pensile più famoso di Chicago si trova in cima al *City Hall*, un edificio di undici piani per uffici. Il progetto, avviato nel 2000, è stato concepito come un progetto dimostrativo (parte dell'iniziativa per la riduzione dell'isola di calore urbano) per testare i benefici dei tetti verdi e la loro effettiva influenza sulla temperatura e la qualità dell'aria. Il giardino è costituito da 20.000 piante di oltre 150 specie, tra arbusti, viti e alberi. Le piante sono state selezionate per la loro capacità di prosperare sul tetto in piena esposizione solare e nelle particolari condizioni climatiche della zona. La maggior parte di esse sono piante autoctone della prateria nell'*in-*

*terland* della stessa Chicago. Questo giardino pensile non è aperto per visite pubbliche, ma è possibile vederlo dai più elevati edifici circostanti che svettano al suo fianco.



73 Una vista da livello della copertura del giardino pensile installato sul tetto della City Hall di Chicago

### **Dragonfly, New York, USA**

Modellato e progettato seguendo la forma delle ali di una libellula, questo *concept* di fattoria urbana di New York, localizzata sulla vicina Roosevelt Island, si propone di alleviare i problemi di chilometraggio e di carenza di cibo e ricollegare i consumatori con i produttori. *L'agricoltura urbana* è in aumento tra gli abitanti delle città, ma in un quartiere densamente popolato come Manhattan tale crescita deve avvenire verticalmente. Con 132 piani e 600 metri verticali a disposizione, la “libellula” è in grado di ospitare 28 diversi campi agricoli per la produzione di frutta, verdura, cereali, carne e latticini; una combinazione di energia solare ed eolica la rendono autosufficiente al 100%. In questa struttura avveniristica uffici, laboratori di ricerca, abitazioni si alternano a frutteti, fattorie e sale di produzione.

Per la coltivazione delle piante e l'allevamento degli animali è disposta una struttura di acciaio attorno alle ali, in modo da mantenere livelli adeguati di nutrienti del suolo e possibile il riciclo dei rifiuti organici. Gli spazi tra le ali sono stati progettati per sfruttare l'energia solare, accumulando aria calda durante l'inverno. Il raffreddamento in estate è facilitato dalla vegetazione attraverso la ventilazione naturale, l'evaporazione e la traspirazione. Nella parete verticale esterna i giardini sono alimentati dall'acqua piovana filtrata che viene poi miscelata con rifiuti domestici liquidi. Una volta che sono stati mischiati sono poi trattati organicamente prima di essere riciclati per l'uso agricolo, favorendo così la conservazione e la distribuzione di azoto, fosforo e potassio. Questa *fattoria urbana* è destinata, inoltre, ad essere coltivata dai suoi stessi abitanti, chiudendo così il ciclo di *auto-sostentamento*.



74 Dettaglio del render progettuale per il *concept* della fattoria urbana Dragonfly, opera di Vincent Callebaut Architectures

## High Line, New York, USA

La *High Line* di New York costituisce forse uno dei più famosi esempi di riconversione e rilettura in chiave *green*, ma soprattutto socialmente utile, di una struttura ferroviaria in disuso. La struttura originale era una ferrovia sospesa, costruita a Manhattan negli anni della Grande Depressione; entrata in funzione nel 1934, fu chiusa nel 1980. A seguito dell'interruzione del servizio, nel 1999 la struttura fu sul punto di essere demolita, ma è in questo frangente che si è fatto avanti un consorzio locale, *Friends of High Line* (consorzio che raggruppa al suo interno persone che vivono e lavorano lungo le 13 miglia di percorso nel quale si snodava la ferrovia), proponendo una rilettura dell'intero complesso e una conseguente riqualificazione dell'area. I lavori, iniziati nel 2006 dopo anni di studi sulla fattibilità progettuale e un concorso internazionale, hanno portato, nel 2009 e nel 2011, all'apertura delle prime due tratte di questo inusuale giardino pensile pubblico. I benefici del progetto, particolarmente rintracciabili nella diminuzione del ruscellamento delle acque e nell'attenuazione dell'isola di calore urbano, costituiscono anche un punto di partenza nel cammino per il miglioramento sostenibile della qualità della vita. Dall'apertura della prima tratta, nel 2009, si è registrato inoltre un *boom* immobiliare nella zona riqualificata, con più di 30 nuovi progetti in fase di realizzazione. L'intervento si è posto, inoltre, come capofila in altri progetti in via di sviluppo, che prevedono riconversioni simili anche nelle città di Chicago, Philadelphia e Saint Louis.



75 La superficie a verde e i camminamenti della High Line di New York, 2015

### **London Farm Tower, Londra, Inghilterra**

Situata sulla riva sud del Fiume Tamigi, la *London Farm Tower* si pone come un concetto di edilizia sostenibile, che può effettivamente produrre 1,5 milioni di chili di prodotti ortofrutticoli freschi all'anno, offrendo un modo per combattere la diminuzione dei terreni agricoli dovuti all'urbanizzazione. La struttura funziona come un albero e trae il proprio sostentamento dall'energia solare e dall'acqua piovana. Come molti altri progetti di architettura verde, dispone di spazio verticale agricolo, progettato per soddisfare le esigenze energetiche e alimentari dell'interno. Prodotti freschi possono essere coltivati indipendentemente dalle variazioni stagionali o da disastri naturali, come la siccità, e le emissioni di CO<sub>2</sub> sono ridotte grazie all'assenza di trattori e camion per il trasporto delle merci. In più la London Farm Tower sfrutterà energia eolica tramite turbine poste in tutto il perimetro dell'edificio, contribuendo anche alla ventilazione naturale in tutta la struttura. La torre vanta anche lampade UV per la coltura di vegetali: un progetto ambizioso che, se realizzato, avrà la capacità e le potenzialità per poter soddisfare il 20% delle richieste alimentari della capitale inglese.

## Museo Quai Branly, Parigi, Francia

Il museo, sede di un'importantissima collezione di manufatti e arte etnica provenienti dai cinque continenti, presenta uno dei primi esempi di installazione di una parete verticale verde, a opera di Patrick Blanc. Il sistema, perfettamente integrato con le facciate e che si estende per un'area di 200x12 metri, raccoglie al suo interno piante provenienti dagli stessi luoghi dai quali provengono le collezioni, riallacciandosi idealmente al contenuto interno del museo. Sempre a opera del botanico vi sono numerosi altri progetti (molti privati, che hanno previsto un recupero totale delle facciate e delle strutture adiacenti) che sfruttano la tecnologia da lui introdotta che consiste nell'applicazione di tre elementi fondamentali: pannello in PVC, strato di feltro, cornice metallica. Data l'estrema versatilità di questo tipo di parete è stato possibile, in corso d'opera, mutare i progetti iniziali di rivestimento, riuscendo a integrare in maniera pervasiva gli edifici nel verde.



76 Un dettaglio della parete verde applicata da Patrick Blanc sulla facciata del museo Quai Branly di Parigi, 2006

### **Promenade Plantee, XII Arrondissement, Parigi, Francia**

La “passeggiata alberata” costituisce il primo esempio in assoluto a livello mondiale di recupero e riconversione di un tratto ferroviario in disuso. La linea, dismessa nel 1969, fu riconvertita nel 1984 a uso pubblico a opera del paesaggista Jacques Vargely e dell’architetto Philippe Mathieux. La via verde si snoda per un cammino di 4,7 km, passando, in maniera suggestiva, attraverso i giardini dell’abitato. A fianco, a livello stradale, è possibile percorrere il tragitto in bicicletta, utilizzando una pista ciclabile.



77 Promenade Plantee, XII Arrondissement, Parigi

### **School of Art, Design and Media, Nanyang, Singapore**

Iniziato nel 2006 e ultimato nel 2010, l’edificio è un esempio avveniristico di integrazione progettuale tra lo spazio del tetto e del terreno circostante. Al suo centro è predisposta una vasca per la raccolta delle acque piovane e di ruscellamento, utilizzata anche per l’irrigazione capillare del tappeto erboso in copertura. Ha vinto, nel 2011, il *Green Mark Platinum Award* da parte della *Singapore Building and Construction Authority (BCA)*.



78 Uno dei volumi rivestiti a verde della School of Art, Design and Media di Nanyang, Singapore, 2010

### **Scuola Materna, Hohenwart, Germania**

Costituisce un esempio di edilizia pubblica orientata verso una sensibilizzazione nell'utilizzo di sistemi alternativi ed ecologici per il mantenimento di una struttura funzionale. La copertura estensiva è stata applicata al tetto piano dell'edificio, mentre il riscaldamento degli ambienti è ottenuto dalla riconversione del calore assorbito dal terreno tramite l'uso di pompe di calore.

### **Vancouver Harvest Tower, Vancouver, Canada**

La città di Vancouver ha piani ambiziosi per diventare la *città più sostenibile del mondo*, con progetti e concorsi per sviluppare e migliorare la vivibilità attraverso l'espansione degli spazi verdi, nelle aree di maggiore densità edilizia e abitativa. L'Harvest Green Tower nel 2009 ha ricevuto una menzione d'onore nel corso del prestigioso concorso *FormShift*, nella

categoria principale, grazie al progetto di fattoria verticale, incentrato su una produzione alimentare sostenibile, nonché la creazione di uno spazio polifunzionale in grado di fungere da casa, nutrire e intrattenere gli abitanti. La torre è costituita da tubi a incastro sui quali si coltivano vari tipi di frutta e verdura, si allevano polli domestici e trova spazio una coltura idroponica di pesce. In testa alla torre è stata posta una cisterna per raccogliere l'acqua piovana, per la sua distribuzione a tutte le piante e gli animali. Alla base dell'edificio trova posto una pianura per il pascolo del bestiame, così come un *habitat* di uccelli e un negozio per l'acquisto diretto del latte prodotto *in loco* dal bestiame. Ancora al di sotto troviamo un negozio di alimentari, il mercato contadino e il Tower Restaurant Harvest, ristorante biologico della struttura. L'energia rinnovabile è prodotta da turbine eoliche montate sul tetto e vetri fotovoltaici sull'edificio con l'aiuto supplementare di pompe di calore geotermiche e la produzione di metano da compostaggio. La torre si occuperà di produrre e fornire non solo prodotti locali e alimenti biologici, ma anche di sostenere le persone con i posti di lavoro che si potranno creare, grazie alle attività produttive.

#### **Vancouver West Convention Center, Vancouver, Canada**

Costituisce l'esempio di più grande tetto sostenibile non industriale del Nord America: presenta oltre 24.000 mq di verde, ottenuto utilizzando circa 400.000 specie indigene. Inoltre il sistema di riciclo dell'acqua, particolarmente avanzato, consente il raffreddamento e il riscaldamento degli ambienti.

#### **Waldspirale, Darmstadt, Germania**

Si tratta di un edificio residenziale contenente al suo interno 105 appartamenti, garage, bar e ristorante, con una totale copertura verde del tetto di tipo intensivo. Il progetto, nato dall'idea dell'artista austriaco Friedensreich Hundertwasser e sviluppato dall'architetto Heinz M. Springmann, è stato ultimato nel 2000.



79 Una vista dall'alto del vasto tetto verde costruito per il Vancouver West Convention Center, a Vancouver, Canada



80 *Hundertwasserhaus Waldspirale*, il complesso residenziale progettato da Friedensreich Hundertwasser, Darmstadt, Germania, 1986. Costruito dall'architetto Heinz M. Springmann, il volume si costituisce in ben 105 appartamenti





Una selezione dei volumi della collana  
delle *Edizioni dell'Assemblea* è scaricabile dal sito

**[www.consiglio.regione.toscana.it/edizioni](http://www.consiglio.regione.toscana.it/edizioni)**

**Ultimi volumi pubblicati:**

*Gianni Doni*

“Le palle piovevano come la grana” Storie di mugellani al servizio di  
Napoleone

*Anna Lanzetta*

Armonie di un giardino toscano

*Ezio Alessio Gensini, Leonardo Santoli*

Succo di melograno

*Nazzareno Brandini*

Dai longobardi della Val d’Ambra ai conti di santa Cecilia

*Tiziana Stagi*

I libri di Emanuele Casamassima

*Laura Marzi*

Il Giardino dei Ciliegi

*Elena Tempestini (a cura di)*

Quaranta donne in lotta per la cultura civile

*Associazione Ciclostilato in proprio (a cura di)*

Concentramento ore 9

*Luigi Donolo (a cura di)*

A duecento anni da Napoleone in Toscana

*Tiziana Nocentini*

