

Tetti verdi vs tetti grigi

Patrizia Burlando

Dipartimento di Architettura e Design, Università di Genova

Preambolo

Nell'Antropocene è possibile il raggiungimento di una reale sostenibilità urbana? In che modo le coperture verdi possono contribuire ad un miglioramento delle condizioni di vita all'interno della città densa?

In passato l'idea di un giardino su un piano artificiale è sempre stata connessa ad una finalità estetica: dai giardini mitologici di Babilonia, all'isola fantastica di Citera, alle terrazze pensili di Strada Nuova o dei palazzi signorili di Ventimiglia alla teoria del tetto-giardino di Le Corbusier, applicata nel centro di Parigi, all'attico Beistegui.

Questo paper ha lo scopo di mettere a confronto nell'ambito urbano i tetti verdi e quelli grigi evidenziandone per ciascuna tipologia pregi e criticità.

Tetti verdi urbani: definizione

È una copertura realizzata con materiale prevalentemente organico; questa è la peculiarità che la distingue da una copertura cosiddetta grigia, sulla quale non sono presenti elementi viventi, quali alberi, arbusti e piante tappezzanti; generalmente è pianeggiante con la pendenza necessaria per il deflusso delle acque. Una copertura a verde in ambito urbano non ha finalità esclusivamente estetiche, ma anche quella di contri-

buire ad un incremento della biodiversità. È un ecosistema artificiale, tecnologico e molto complesso con componenti viventi e non (vegetazione, micro-organismi e materiali inerti). Il suo carattere principale è quello di non essere a contatto con il suolo, ma in genere sopra una copertura. È un sistema costituito da numerose stratificazioni: vegetazione, substrato vegetale, strato filtrante, drenante e di protezione sulla soletta, spesso con isolamento termico.

Tetti verdi: tipologie

In generale il verde pensile è costituito da due categorie le cui differenze sono determinate dalle caratteristiche tecniche, dall'uso, dalla gestione, ma soprattutto dal livello di manutenzione richiesto. Il pensile estensivo richiede minimi interventi di manutenzione, quello intensivo, invece, una manutenzione costante.

Una copertura a verde che presenta un ridotto strato culturale può ospitare solamente specie vegetali di piccole dimensioni che si adattano facilmente, richiedendo una bassa manutenzione, mentre una copertura con uno strato più alto ospiterà piante di maggiori dimensioni con necessità di cure costanti, ma anche con un altissimo valore estetico.

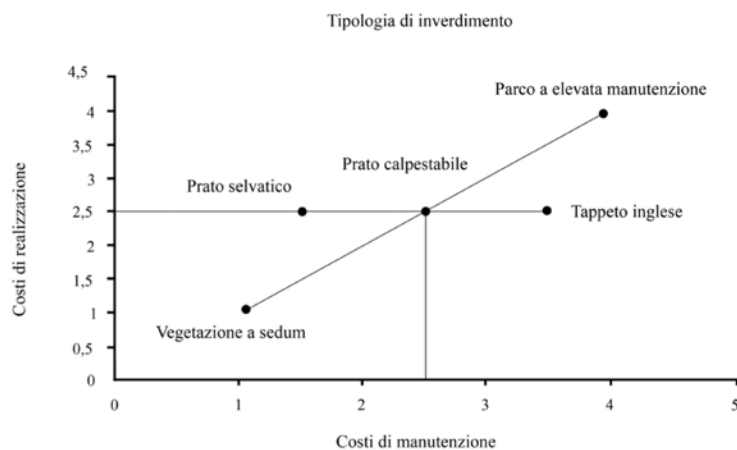


Fig. 1 Raffronto tra costi di manutenzione e di realizzazione (rielaborazione autore).

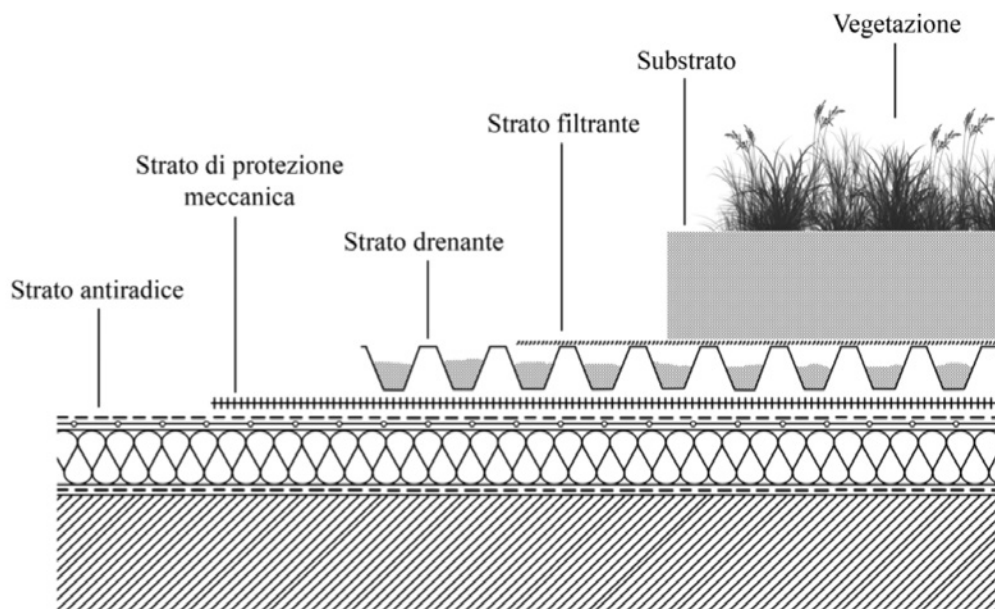


Fig. 2 Stratigrafia tetto verde (rielaborazione autore).

Verde pensile estensivo

Il verde pensile estensivo è un sistema semplice, si applica su coperture piane o inclinate anche di grandi dimensioni, rappresenta la più semplice alternativa alle coperture con materiali inerti e con limitate possibilità di carico, favorito anche da ridotti costi di realizzazione e di manutenzione. Non è fruibile, se non per la manutenzione, ha finalità di mitigazione, di compensazione ambientale e di risparmio energetico, pur se parzialmente anche estetiche. Il verde pensile estensivo è caratterizzato da: assenza di impianto di irrigazione e da specie vegetali perenni a bassissima manutenzione da curare al massimo due volte all'anno, preferibilmente a sviluppo contenuto in altezza, con veloce radicamento e copertura, resistenza a siccità e gelo, a sbalzi termici ed idrici, con buona autorigenerazione e autopropagazione, tra cui molte appartenenti al genere *Sedum*.

Lo spessore del substrato composto per la maggior parte da elementi minerali (pomice, argilla espansa, laterizi riciclati, ardesia espansa) parte da 8 cm, fino a 15 cm in base alle esigenze delle specie e utilizzate. Il peso delle stratificazioni in massima saturazione idrica è tra i 75 e 220 kg/m².

Verde pensile intensivo

La copertura a verde pensile intensivo è un giardino pensile; su una superficie piana, come tetti, terrazzi e garage, preesistenti o di nuova realizzazione, si possono piantumare alberi ed arbusti, purché ne supportino il carico. Oltre agli elementi verdi, come prati, arbusti, alberi, si possono introdurre arredi e pavimentazioni. È quindi uno spazio fruibile, che si presta a svariate funzioni, anche se è di più difficile realizzazione e se richiede una costante manutenzione. Lo spessore del substrato è superiore ai 15 cm e normalmente non supera i 40-60 cm, arrivando in casi particolari ai 100-150 cm o più. Il substrato è costituito da una miscela bilanciata di elementi minerali e organici e il peso del substrato in massima saturazione idrica è minimo 150-200 kg/m².

Un aumento di 10 cm dello spessore del suolo aumenta la resistenza termica del terreno argilloso secco di 0,4 m² K/W (Wong, 2003).

I benefici ambientali delle coperture a verde

Tra le molte tecnologie per rendere gli edifici più sostenibili e per migliorarne la loro efficienza energeti-

ca l'utilizzo del verde in copertura presenta numerosi altri vantaggi rispetto ad una copertura grigia.

Il verde pensile contribuisce al miglioramento del microclima urbano, mitigando il fenomeno delle isole di calore, diminuendo le emissioni di CO₂ e aumentando l'isolamento termico dell'edificio con un risparmio del condizionamento in estate e del riscaldamento in inverno, garantisce un filtraggio delle polveri sottili, un miglioramento della qualità del deflusso dell'acqua, una miglior gestione delle acque meteoriche e incrementa la scarsa biodiversità presente nelle città. Inoltre, nel caso in cui venga realizzata una copertura a verde intensivo, garantisce la fruibilità di spazi altrimenti inutilizzati, come le coperture di edifici e abitazioni.

La consapevolezza che le coperture inerti rappresentino sia spazi inutilizzati sia superfici impermeabilizzate, non favorendo il deflusso delle acque meteoriche, senza un miglioramento del microclima urbano, aumenta il valore intrinseco delle coperture a verde.

Regimazione idrica

Il sistema di verde pensile, grazie all'elevata capacità di accumulo, fornisce un valido contributo alla regimazione idrica, rallentando il deflusso delle acque meteoriche verso i sistemi di smaltimento e i corsi d'acqua, trattenendo e restituendo una parte di acqua ricevuta all'ambiente grazie all'evaporazione e all'evapotraspirazione.

In base alle caratteristiche dello strato drenante, del substrato e in generale in base al sistema a verde utilizzato, dipenderà la capacità di regimazione. Mettendo a confronto una copertura con zavorratu- ra in ghiaia e una copertura a verde estensivo, si può notare come nella copertura in ghiaia dopo 15 minuti di carico di pioggia, si ha un deflusso del 80%, aumentando al 95% dopo 60 minuti. Nella copertura a verde dopo 15 minuti il deflusso è del 25%, arrivando al 50% dopo 60 minuti. La differenza sta nell'acqua trattenuta e restituita all'ambiente attraverso evaporazione ed evapotraspirazione.

La capacità di regimazione idrica dipende dall'ambiente e dal tipo di clima in cui è stata realizzata la copertura. Mettendo a confronto un tetto convenzionale con alcuni verdi con diversi tipi di piante è stato dimostrato che questi ultimi possono mitigare il deflusso intorno al 60% per quelli estensivi e fino al 100% per quelli intensivi. In altri studi i valori sono inferiori, compresi tra il 25% e il 50%.

Il fenomeno dell'isola di calore e la mitigazione climatica

Una superficie inerte per la sua inesorabile natura rilascia calore con conseguente aumento della temperatura circostante, le coperture a verde grazie alla presenza della vegetazione sono in grado, attraverso processi di evapotraspirazione ed evaporazione, di abbassare le temperature circostanti, soprattutto in ambito urbano, aiutando così a mitigare il fenomeno dell'isola di calore, apportando benefici sia a microscala, sia a macroscala. Questo particolare fenomeno incide quindi sia sulle condizioni ambientali sia sul benessere dei cittadini. Attraverso diversi studi sono state riscontrate significative riduzioni delle escursioni termiche e delle temperature su coperture inverdite in confronto ad analoghe coperture inerti: una riduzione di 7,3° delle temperatura superficiale e di 0,5° della temperatura dell'aria. Oltre alla riduzione delle escursioni termiche, le superfici inverdite aiutano ad attenuare gli effetti della radiazione solare, riducendo la temperatura della superficie del tetto, portando ad una riduzione dell'effetto dell'isola di calore. È stato riscontrato che l'albedo dei tetti verdi varia tra 0,7 e 0,85, un valore notevolmente superiore rispetto a quella delle coperture tetti in bitume, catrame, ghiaia, che in generale è compresa tra lo 0,1 e lo 0,2. Uno studio sulla città di Manchester ha dimostrato che un incremento del 10% del verde urbano potrebbe far fronte all'aumento di 4 gradi di temperatura previsto nei prossimi 80 anni (Gill, 2007). La riduzione della temperatura comporta un risparmio di energia impegnata per climatizzare.

Fissaggio delle polveri ed inquinamento atmosferico

I tetti verdi intensivi sono in grado di ridurre l'inquinamento atmosferico grazie alla vegetazione che può assorbire parzialmente le polveri sottili, diminuendone la quantità in circolazione attraverso sia l'abbattimento diretto, sia ad un conseguente accumulo sulla superficie verde con una riduzione del movimento delle particelle nell'aria. Uno studio condotto a Singapore ha rilevato una diminuzione dell'inquinamento atmosferico fino al 37% dopo l'integrazione di tetti verdi estensivi.

La riduzione dell'inquinamento atmosferico non interessa solo le polveri sottili ma anche: CO, NO₂, O₃, PM₁₀, SO₂.

Uno studio condotto a Chicago ha mostrato come la superficie di un tetto inverdito di 19,8 ettari abbia rimosso nell'arco di un anno 1.675 kg di

inquinamento atmosferico. L'O₃ è stato l'inquinante maggiormente assorbito, pari a 52% su totale, seguito da NO₂ al 27%, PM₁₀ al 14% e SO₂ al 7%. La rimozione degli inquinanti è variata nel corso dell'anno, con il picco maggiore nel mese di maggio, nel momento in cui la pagina fogliare era completamente espansa, e quello minore nel mese di febbraio quando la vegetazione era parzialmente ricoperta di neve e in riposo vegetativo (Yang, 2008).

La rimozione degli inquinanti non dipende soltanto dalla quantità di vegetazione presente in un'area, ma anche dalla tipologia. Della vegetazione con foglie più grandi sarà in grado di svolgere questo compito con risultati migliori. Di seguito nella tabella vengono mostrati i tassi di rimozione annua tra diversi tipi di vegetazione:

Tab.1 Fonte: Quantifying air pollution removal by green roofs in Chicago (© Yang *et al.*). Rielaborazione dell'autore.

tipo di vegetazione	SO ₂	NO ₂	PM ₁₀	O ₃
Erba				
Min	0.04	0.01	0.10	0.01
Max	0.39	0.39	0.19	0.42
Arbusti				
Min	0.04	0.01	0.10	0.01
Max	0.48	0.49	0.25	0.54
Alberi decidui				
Min	0.05	0.01	0.13	0.01
Max	0.57	0.58	0.36	0.65

Isolamento termico

Le coperture verdi, in base al tipo di materiali utilizzati, allo spessore del substrato e al tipo di vegetazione utilizzata offrono un'efficace capacità termoisolante, diminuendo la dispersione termica verso l'esterno in inverno e riducendo il riscaldamento della copertura in estate, ombreggiando lo strato del tetto e assorbendo le radiazioni solari. La capacità termoisolante è resa possibile soprattutto grazie al substrato, e varia in base al contenuto d'acqua, e in funzione anche all'andamento del tempo, pertanto

le proprietà termiche del substrato non possono essere univocamente determinabili.

Di seguito nella tabella sono rappresentate le variazioni del coefficiente di conducibilità termica rispetto a diversi substrati in condizioni secche e in saturazione idrica.

È stato dimostrato (Abram, 2006) che:

Tab. 2: Fonte: *Il verde pensile* (© P. Abram). Rielaborazione dell'autore.

contenuto idrico	λ (w/mk)
Secco	0,09 - 0,16
Saturazione	0,17 - 0,37

- escursioni termiche annue di oltre 100° su coperture in ghiaia rispetto a 30° su tetti invertiti;
- 30-70% di capacità termo isolante di una copertura verde;
- escursione termica giornaliera in estate ridotta fino a 16° rispetto ad una copertura in ghiaia;
- una copertura a *Sedum* in minima saturazione riduce il flusso di calore entrante del 60% rispetto ad un tetto in cemento, con substrato saturo presenta un leggero flusso di calore uscente;
- una copertura a verde riflette tra il 20% e il 30% della radiazione solare e può assorbirne il 58% nel periodo estivo, e l'81% durante tutto l'anno.

In base allo spessore del substrato si avranno differenti prestazioni (Ispra):

- 8 cm → riduzione delle temperature massime all'estradosso del tetto, delle gelate e delle escursioni termiche;
- 15 cm → riduzione del carico termico sulla copertura. Ritardo dell'ingresso del calore di 7-8 h;
- 20 cm → riduzione del carico termico in ingresso e raffreddamento passivo. Ritardo dell'ingresso del calore di 12 h;
- 35 cm → contributo alla mitigazione dell'isola di calore.

I tetti verdi sono altamente efficienti nel ridurre la variazione della temperatura interna e nel diminuire il livello di consumo energetico soprattutto nei casi di edifici tecnologicamente più obsoleti; nel caso di un tetto già ben isolato lo strato verde avrà un impatto principalmente sull'ambiente urbano. La quantità e la complessità della biomassa sono i fattori più influenti sull'efficacia per il risparmio energetico.

Da un raffronto (Sailor, 2013) tra un tetto verde e uno privo di inverdimento in un periodo di 10 anni è risultato che il tetto verde ha prodotto più energia incorporata rispetto all'altro. Tuttavia, nonostante il livello di energia consumato più elevato per la manutenzione del tetto verde, l'abitazione sottostante ha mostrato un livello di consumo energetico relativamente inferiore. Uno studio (Sailor, 2013), dove sono state messe a confronto le prestazioni energetiche in quattro città degli Stati Uniti (Houston, New York, Phoenix e Portland), ha dimostrato come le prestazioni energetiche dei tetti verdi siano risultate particolarmente migliorate dall'aumento della densità della vegetazione in ogni città.

Il calore radiativo proveniente dalla luce solare è la parte fondamentale del bilancio energetico in un tetto verde. Le radiazioni solari sono mitigate dal flusso di calore sensibile (convezione) e latente (evaporato) del terreno e delle superfici delle piante, coadiuvato dalla conduzione del calore all'interno del substrato e dalla radiazione a onde lunghe (termica) da e verso le superfici fogliari e il suolo.

Molti studi hanno evidenziato le prestazioni in senso termico dei tetti verdi in diverse parti del mondo. Principalmente sui tetti verdi si verificano i seguenti fenomeni:

- il terreno funge da massa inerziale con elevata capacità termica, un elevato effetto di sfasamento temporale e una bassa trasmittanza termica dinamica;
- la superficie fogliare funziona come un sistema di ombreggiamento sotto il quale avviene lo scambio termico tramite la convezione, inoltre il fogliame assorbe parte dell'energia termica per il suo naturale sostentamento tramite il processo di fotosintesi;
- l'evapotraspirazione e il raffreddamento evaporativo sono due effetti indotti dal suolo e dagli strati vegetativi.

La radiazione solare riflessa dai tetti verdi si aggira tra il 20% e il 30%, mentre il 60% della stessa viene assorbita grazie alla fotosintesi. Abbiamo così che solo una percentuale inferiore al 20% raggiunge effettivamente il substrato di coltura. Alcuni studi (Wong, 2003) sulle correlazioni tra le temperature interne e le varietà vegetali confermano che l'abbondanza della vegetazione è utile nel regolarizzare la temperatura della superficie terrestre.

Altri studi sostengono che l'efficacia energetica dei tetti verdi porta ad una riduzione del flusso di calore tra il 70% e il 90% in estate e tra il 10% e il 30% in inverno. Inoltre hanno dimostrato anche che aumentando la profondità del substrato di coltivazione e utilizzando colori più chiari si può migliorare ulteriormente l'influenza termica del tetto di circa il 3%.

È stato dimostrato che nel clima costiero mediterraneo in estate la densità delle piante di un tetto verde, anche se la struttura del tetto è isolata (valore U: 0,24 W/m² K), contribuisce a ridurre il consumo energetico per il raffreddamento del 60% rispetto a un tetto convenzionale oltre a una riduzione media della temperatura di 1,5° C - 2° C, con un maggiore impatto nei climi più secchi e caldi. L'applicazione su larga scala dei tetti verdi potrebbe portare ad una riduzione della temperatura ambientale compresa tra i 0,3 °C a 3° C con una mitigazione generale dell'isola di calore.

Isolamento acustico

I tetti verdi risultano efficienti anche in relazione all'assorbimento e all'isolamento acustico, influenzando sulla riduzione della trasmissione delle onde e sulla riduzione della rifrazione e riflessione dell'ambiente esterno, abbattendo il rumore che contraddistingue l'ambiente urbano e migliorando il benessere ambientale interno.

Le prestazioni sonore sono direttamente proporzionate al tipo di materiali impiegati nella stratificazione e alla quantità di vegetazione. In generale è stato riscontrato come una copertura dotata di vegetazione possa ridurre la trasmissione delle frequenze medio basse da -5 dB a -13 dB e delle altre frequenze da -2 dB a -8 dB.

Biodiversità

A causa dell'incessante edificazione e la conseguente perdita di superfici naturali il verde pensile è sicuramente un metodo efficace di compensazione am-

bientale, utile anche per la ricostituzione di corridoi ecologici in ambito urbano, per ricreare una rete di superfici che permettano alla micro e macrofauna di muoversi e insediarsi più facilmente nell'ambiente urbano.

I tetti verdi sono stati generalmente considerati habitat alternativi relativamente poveri di specie per piante e animali, solo popolati da specie pioniere altamente mobili e inadatte come habitat permanenti per organismi terrestri. Tuttavia, alcune indagini su un tetto verde e su un'area campione a Basilea, in Svizzera, hanno indicato che la bassa diversità biotica di molte superfici di tetti verdi è principalmente causata dal sottile strato di coltivo, si presuppone quindi che l'efficienza ecologica sia determinata dallo spessore del substrato. Ma è stato anche dimostrato come le coperture a verde pensile intensivo, quindi con un substrato abbastanza spesso, possono altresì arrecare un fattore di disturbo alla fauna dato proprio dalla fruizione da parte dell'uomo e dalle opere di manutenzione, eventi che non si verificano sulle coperture estensive per le quali i disturbi antropici sono più rari, permettendo alla fauna di insediarsi più tranquillamente.

Si può affermare che i tetti verdi sono in grado di fornire un habitat per specie animali e vegetali capaci anche di adattarsi e sviluppare strategie di sopravvivenza in condizioni locali particolari. Un limite alla sopravvivenza potrebbe essere lo strato del suolo poco profondo delle coperture a verde pensile estensivo per cui in periodi di siccità non si avrebbero a disposizione riserve di acqua sotterranee sufficienti sia per gli animali sia per la vegetazione. Progettare quindi tetti verdi in modo che abbiano profondità del substrato e regimi di drenaggio variabili è utile per la realizzazione di un mosaico di microhabitat sopra e sotto la superficie del suolo facilitando la colonizzazione da parte di una flora e una fauna più diversificate. Come potenziale strumento per preservare e ripristinare la biodiversità nelle aree urbane i tetti verdi dovrebbero essere visti meno dal punto di vista ornamentale e del risparmio energetico e più da una prospettiva regionale della pianificazione paesaggistica ed ecologica.

Utilizzo dei fiori di campo

Utilizzare i fiori di campo e specie erbacee selvatiche come riferimento al paesaggio naturale non solo ha finalità estetiche per i colori vivaci ed accattivanti,

favorisce anche lo sviluppo della biodiversità dell'entomofauna; il naturale ciclo di fioritura stagionale ha effetti benefici sulla psiche umana.

Fattibilità economica e analisi dei costi del ciclo di vita

La fattibilità economica di un tetto verde dipende dalla scelta del sistema utilizzato e degli impianti di manutenzione. Il prolungamento della vita degli strati impermeabilizzati che si viene a creare grazie alla messa in opera di un tetto verde è spesso più che sufficiente a garantire la sostenibilità economica di un tetto verde. Infatti, se la vita media di un tetto normale può essere compresa tra i 10 e i 20 anni, i tetti verdi potrebbero invece garantire una durata di vita di un tetto di oltre 50 anni. Uno dei maggiori scogli per la costruzione di un tetto verde è che i maggiori benefici dati dalla sua costruzione riguardano solamente il piano più alto. Uno studio sul verde estensivo di Singapore (Wong, 2003) dimostra che il costo del ciclo di vita di un tetto verde è inferiore del 14,6% rispetto a un tetto tradizionale, ma in Italia non è così!

I tetti grigi

È una copertura realizzata esclusivamente con materiale artificiale; può essere piana con la pendenza necessaria per il deflusso delle acque oppure inclinata. Nel primo caso, se calpestatile, può diventare una terrazza, di minore qualità sia dal punto di vista estetico, sia di quello ecologico rispetto ad un'altra simile, ma con copertura verde.

Benefici ambientali

La copertura svolge un importante compito di isolamento termico per un edificio con un conseguente comfort interno, ma anche con una riduzione di emissioni nell'ambiente e con una minore produzione di energia.

L'Italia, come membro della UE, si sta adeguando agli standards prestazionali europei, secondo i quali entro il 2030 gli edifici privati (i pubblici entro il 2027) dovranno consumare poca energia, essere alimentati per quanto possibile da fonti rinnovabili, e non dovranno emettere in loco emissioni di carbonio da combustibili fossili. La tendenza italiana, difficile da contrastare a breve termine, è quella di realizzare tutti i possibili miglioramenti energetici attraverso i sistemi che offre più facilmente il mercato, che non prevedono la vegetazione sulle coperture. Per quanto attraverso i tetti verdi, come di-

mostrato nel paper, si hanno sicuramente maggiori benefici rispetto ad una copertura grigia, solo in casi illuminati si riesce ad applicare un sistema verde in copertura. Un ruolo importante in questa tendenza verso il tetto tradizionale è dovuta anche alla arretratezza delle tecniche costruttive ancora utilizzate nel nostro territorio. Le imprese sono state catapultate nel mercato della ristrutturazione attraverso l'utilizzo dei grandi benefici fiscali (110% bonus energetico) con un forte incremento del lavoro da una parte, ma dall'altro senza la possibilità di una evoluzione

nelle scelte progettuali con la molta fretta necessaria per poter concludere i lavori nei tempi previsti dalla legge, senza poter sperimentare altre soluzioni, con variazioni di pesi e misure... I vantaggi del tetto grigio sono la quasi nulla manutenzione rispetto ad uno verde e la più semplice applicazione in caso di una ristrutturazione. L'unico elemento innovativo è rappresentato dall'utilizzo dell'energia fotovoltaica, utilizzata purtroppo in modo antiquato, senza, ad esempio, essere associata in un sistema misto, ad esempio pannelli solari/tetto verde.

Riferimenti bibliografici

- Abram, P., 2011. *Il Verde Pensile. Progettazione dei sistemi. Manutenzione*. Casoria, Napoli.
- Abram, P., 2004. *Giardini pensili. Coperture a verde e gestione delle acque meteoriche*. Sistemi Editoriali, Napoli.
- Abram, P., 2006. *Verde pensile in Italia e in Europa*. Il Verde editore, Milano.
- Bina Sforza Fogliani, L., Mottura, G., 2014. *Coperture verdi*. Maggioli, Santarcangelo di Romagna (RN).
- Gill, S.E. *et al.*, 2007. Adapting cities for climate change: the role of green infrastructure. *Built Environ*, in *BUILT ENVIRONMENT*, vol. 33, n. 1.
- ISPRA. (S.D). *Verde pensile: prestazioni di sistema e valore ecologico*.
- Perini, K., 2013. *Progettare il verde in città*. Franco Angeli, Milano.
- Sailor, J., 2013. Development and application of a building energy performance metric for green roof systems, in *Energy and Buildings*, n. 60.
- Yang J. *et al.*, 2008. Quantifying air pollution removal by green roofs in Chicago, in *Atmospheric Environment*, vol. 42, Issue 31.
- Wong, N.H. *et al.*, 2003. The effect of rooftop garden on energy consumption of a commercial building in Singapore, in *Energy and Buildings*, 35(4), pp. 353-364.