

Modello economico di stima dei tetti verdi negli edifici residenziali

Francesca Salvo*, Patrizia Piro**, Gennaro Nigro***, Manuela De Ruggiero****

parole chiave: tetti verdi, mercato immobiliare, market comparison approach, sistema generale di stima

Abstract

I tetti verdi sono soluzioni sostenibili ampiamente usati in ambiente urbano, al fine di diminuire il consumo di energia di un edificio e per diminuire il rischio di allagamento urbano su larga scala. Numerose ricerche e studi hanno dimostrato l'efficacia di tali soluzioni sostenibili pur tuttavia esistono barriere per quanto riguarda la diffusione sul mercato di tali sistemi dovuto essenzialmente ad una mancata analisi economica che evidenzia come tali sistemi siano anche economicamente convenienti. Il lavoro si propone di quantificare i costi di impianto e gestione di un tetto verde e soprattutto di quantificare il

valore aggiunto fornito dai tetti verdi agli edifici. Per quantificare in termini monetari l'impatto dei tetti verdi sul valore di mercato di una proprietà immobiliare, sono utilizzati i criteri e le modalità di valutazione sulla base degli standard di valutazione internazionali. In dettaglio è illustrata una modalità di stima del valore di mercato della valenza presenza di tetti verdi. Lo studio testato sperimentalmente ha dimostrato che l'aumento del valore delle proprietà immobiliari dotate di tetto verde è superiore ai costi di installazione e di gestione dunque economicamente vantaggioso.

1. INTRODUZIONE

In conseguenza dei sempre più frequenti fenomeni di emergenze di gestione dei deflussi in ambito urbano, e della nuova propensione all'ottimizzazione delle prestazioni energetiche degli edifici, soluzioni tecnologiche quali i "tetti verdi", sono sempre più frequentemente utilizzate in ambiente urbano (Piro *et al.*, 2013; Stovin *et al.*, 2012).

I tetti verdi sono sistemi "vegetati" che consentono di raggiungere elevati standard di sostenibilità ambientale, una gestione più efficiente delle risorse idriche (Mentens, *et al.*, 2006) a scala urbana, ed energetica a scala di edificio (Dietz, 2007).

Negli ultimi anni, il crescente interesse per l'utilizzo delle infrastrutture "verdi" nel progetto architettonico, ha determinato l'avvio di percorsi di indagine e di studio, che vede sempre più affiancare l'interesse delle aziende del settore, dei costruttori e anche l'interesse del mondo della ricerca. Tuttavia, l'uso di tali installazioni è ancora limitato, dal momento che i costi necessari per la loro installazione e la manutenzione non sono stati sistematicamente ancora valutati.

Diversamente dai tetti tradizionali, i tetti verdi sono caratterizzati da uno strato di finitura superiore costituito da specie vegetali, da uno strato di suolo minerale (substrato), uno strato sottostante integrato comprensivo di drenaggio/aerazione e uno strato impermeabile (ISPRA, 2012).

I tetti verdi possono essere classificati come tetti intensivi o estensivi. I primi sono caratterizzati da una varietà di vegetazione che va dalle piante erbacee a piccoli alberi e dalla frequente necessità di manutenzione del verde.

I secondi, con spessore di 10 centimetri profondo e a volte anche meno, sono caratterizzati da una vegetazione che va dalla sedum a piccole piante erbacee, necessitano di poca manutenzione e nessun sistema di irrigazione (Abram, 2011). I tetti verdi possono anche essere classificati in base a:

- 1) spessore;
- 2) costi di realizzazione;
- 3) costi di manutenzione necessari per la conservazione della parte vegetativa.

Un tetto verde consente di ottenere benefici a livello multiscalare. Su scala locale, riferita all'edificio, un tetto verde migliora l'isolamento termico delle camere sottostanti,

riducendo di conseguenza le escursioni di temperatura (Lazzarin, 2005; Wong *et al.*, 2007; Liu, 2012). A causa della presenza dello strato di mezzo, i tetti verdi garantiscono un aumento della funzionalità di copertura (Peri *et al.* 2012). A scala urbana attraverso l'utilizzo dei tetti verdi, può essere mitigato il fenomeno dell'isola di calore, così come il rischio di allagamenti urbani.

Tali benefici possono essere facilmente trasformati in utilità, se il loro valore economico è quantificato. Infatti, il tetto verde non è solo in grado di soddisfare i criteri di sviluppo sostenibile e di fornire un notevole risparmio energetico, ma ha anche un impatto diretto e significativo sul mercato immobiliare, in particolare sulle famiglie.

Oggi, il mercato immobiliare è caratterizzato da una domanda sostanzialmente qualitativa. Il concetto della qualità di un manufatto edilizio riguarda molto da vicino il tema del risparmio energetico, che in effetti altro non è che una variabile proxy di diverse caratteristiche immobiliari, riferibili in qualche misura alle caratteristiche costruttive e di finitura: un edificio che è in grado di garantire un elevato livello di comfort, abbattendo nel contempo le dispersioni energetiche, è verosimilmente un manufatto ben costruito, con "buoni" materiali e "a regola d'arte", ben coibentato e ben progettato (De Ruggiero *et al.*, 2017).

L'efficienza energetica è il parametro che può meglio descrivere la qualità di un edificio e, allo stesso tempo, fornisce una misura tangibile dei costi di gestione dell'immobile; grazie a tale parametro, è possibile, infatti, quantificare il valore aggiunto all'edificio, rappresentato dal risparmio di energia e di costi, ottenibili con un edificio costruito in conformità con i criteri di sostenibilità ambientale.

La metodologia utilizzata in questo studio per valutare il contributo che un tetto verde apporta al valore di mercato di un edificio è riconducibile al Market Comparison Approach (MCA) e al Sistema Generale di Stima (ASA). I costi di installazione e di manutenzione sono stati quantificati rendendoli comparabili attraverso la Discount Cash Flow Analysis (DCFA). Questa metodologia è stata applicata a un caso di studio riguardante gli edifici della città di Arluno, Milano (Italia). L'applicazione numerica propone di mostrare praticamente l'approccio teorico, visto che questa metodologia può essere applicata a diversi contesti geografici e tipologici.

2. MATERIALI E METODI

In accordo con gli standard di valutazione internazionali, i tre metodi classici di valutazione immobiliare sono: il Market Oriented Approach, l'Income Approach e il Cost Approach (o metodo del costo di ricostruzione deprezzato).

Il Market Oriented Approach fornisce un'indicazione del valore di un immobile confrontando il soggetto con altri immobili simili acquistati o venduti di recente, quando le informazioni sui prezzi delle transazioni e dei dati immobiliari sono disponibili. L'approccio comprende una serie di procedure. Le principali procedure comprese nell'ap-

proccio Market Oriented sono: la Stima monoparametrica, il Sistema di Ripartizione, il Market Comparison Approach (MCA), il Sistema Generale di Stima (ASA), i procedimenti misti (Salvo *et al.*, 2016; Salvo *et al.*, 2013; Simonotti, 2006).

L'Income Approach si basa sulla capitalizzazione dei redditi degli immobili. La procedura per capitalizzazione del reddito include i metodi che analizzano la capacità di generare benefici monetari di un immobile e la capacità di convertire questi benefici in valori. Le procedure all'interno del metodo finanziario sono la Direct Capitalization (che converte il reddito annuo atteso nel valore di mercato di un immobile), la Yield Capitalization (che applica il calcolo finanziario per convertire la serie di redditi in un valore attraverso un saggio di capitalizzazione), la Discounted Cash Flow Analysis (tenendo conto dei diversi costi e ricavi, in un intervallo temporale compreso tra la data di acquisto e quella di rivendita del bene da stimare, restituendo un valore di mercato finale).

Il Cost Approach è un approccio che si basa sulla stima dei costi di ricostruzione di un immobile simile a quello da stimare, eventualmente deprezzato per tenere conto dello stato di uso e obsolescenza. Il metodo del costo applica il principio economico di sostituzione per il quale un acquirente non è disposto a pagare per un immobile un prezzo superiore al costo che dovrebbe sostenere per ricostruire un altro immobile simile, con lo stesso grado di utilità.

L'approccio di costo stima il valore dell'immobile sommando al valore dell'area edificata il costo di ricostruzione, deprezzandolo opportunamente per tener conto del fatto che evidentemente un immobile usato è meno apprezzabile di uno nuovo.

I paragrafi che seguono illustrano l'analisi dei costi di installazione e di manutenzione di un tetto verde intensivo utilizzando il metodo DCFA e l'analisi del prezzo marginale della caratteristica tetto verde secondo la metodologia del procedimento misto (MCA e ASA).

2.1 Costi di realizzazione e di manutenzione

Nell'analisi dei costi di realizzazione dei tetti verdi bisogna considerare tutti gli elementi che compongono la stratigrafia, non sono da trascurare anche gli apprestamenti di sicurezza, per rendere accessibile e fruibile il tetto verde. Sono parte importante i costi per la corretta esecuzione dei dettagli costruttivi, per esempio per la posa dell'impermeabilizzazione antiradice è rilevante la giusta applicazione e sovrapposizione dei fogli impermeabili che formano l'elemento, che vanno posti per almeno 15 cm sopra il livello del substrato, e fissati ai piedi delle pareti su tutto il perimetro. Devono essere previsti inoltre tutte le opere accessorie per realizzare pozzetti di ispezione e controllo degli scarichi. Il costo di realizzazione è il risultato della somma della quantità di materiale necessario per la realizzazione di un metro quadrato di tetto verde; il costo della manodopera, calcolata in ore uomo per metro quadrato; e il costo di trasporto dei materiali corrispondenti ai prezzi elementari dedotti da listini ufficiali o dai prezzi correnti di

mercato. All'importo così determinato è stato aggiunta una percentuale per le spese relative alla sicurezza, una percentuale variabile (13-17%) per spese generali, ed infine una percentuale (10%) per utile dell'appaltatore (Dlgs 207/2011). Per la presenza delle piante, uno dei più rilevanti parametri di gestione economica di un tetto verde, legato al loro naturale sviluppo nel tempo, è il grado di manutenzione. Affinché un tetto verde conservi a lungo tutte le sue caratteristiche, ed in particolare quelle della parte vegetale, deve essere programmato un buon piano di manutenzione. Nella norma UNI 11235, in relazione alla tipologia di tetto, sia intensivo che estensivo, è data una indicazione della manutenzione annuale necessaria. Sono inoltre specificati i gradi della manutenzione: di avviamento per il controllo (collaudo); di avviamento a regime (solo per le coperture estensive); ordinaria e straordinaria (UNI 11235 e FLL).

In questo lavoro è stato valutato il costo di manutenzione ordinaria delle opere a verde, che iniziano successivamente al raggiungimento di un'adeguata copertura della superficie progettata e subito dopo il periodo di avviamento della copertura a verde. Per manutenzione ordinaria delle opere a verde si intende, quindi, tutto l'insieme degli interventi, quali il taglio del tappeto erboso, il diserbo delle specie infestanti, la concimazione del tappeto erboso, gli interventi fitosanitari, etc. che necessitano per il mantenimento del sistema vegetale.

Per la tipologia di tetto verde descritto la metodica di valutazione del costo di manutenzione ordinaria consta nel calcolo annuale della manodopera necessaria per un metro quadrato del sistema.

Seguendo quanto indicato dalla normativa sui tetti verdi, sono state fissate le ore necessarie alla manutenzione ordinaria e quindi moltiplicate per il costo orario di un operaio giardiniere, fornendo il costo totale dell'intervento manutentivo annuo. Quindi il calcolo è stato effettuato sulla base della somma dei singoli costi unitari per metro quadro di elementi presenti nella stratigrafia.

L'analisi dei costi è quantificata applicando la DCFA. Il costo totale del tetto verde è ottenuto aggiornando i costi della manutenzione ordinaria e straordinaria attraverso la seguente formula:

$$C = \sum_{t=0}^n C_t \cdot (1+i_k)^{-t} + \left[\frac{C_o}{i} + \frac{C_s}{(1+i)^p - 1} \right] \cdot (1+i_k)^{-n} \quad (1)$$

In cui:

- C è il costo totale aggiornato,
- C_t è il costo di installazione,
- C_s è il costo di manutenzione straordinaria,
- C_o è il costo di manutenzione ordinaria,
- i è il saggio annuo non convertibile,
- i_k è il saggio periodale,

n e p rappresentano le scadenze riferite alle diverse aliquote di costo.

2.2 Modello economico di stima di un tetto verde

L'approccio metodologico utilizzato nel presente studio è il Procedimento Misto che comprende il Market Comparison Approach (MCA) e il Sistema Generale di Stima (ASA). Il MCA è un procedimento che conduce alla stima del valore di mercato di un immobile attraverso il confronto con i prezzi di immobili simili al soggetto (P_j), compravenduti in data prossima a quella di stima. In particolare, il procedimento perviene alla stima del valore di mercato attraverso una serie di aggiustamenti (adjustments), calcolati per le caratteristiche immobiliari driver. Attraverso gli aggiustamenti, si ottengono i prezzi corretti (P_{cj}) degli immobili di confronto. L'aggiustamento per il j -esimo ($j = 1, 2, \dots, m$) immobile e per la i -esima caratteristica immobiliare (FET) (con $i = 1, 2, \dots, n$) è uguale al prodotto tra il prezzo marginale p_i (definito come la variazione nel prezzo totale corrispondente a una variazione unitaria nell'ammontare della caratteristica immobiliare) e la differenza tra l'ammontare della caratteristica del soggetto FET_{i0} e quella del comparabile FET_{ij} :

$$P_{cj} = P_j + \sum_{i=1}^n p_i (FET_{i0} - FET_{ij}) \quad (2)$$

I prezzi corretti sono ricondotti a un singolo valore di mercato V , normalmente ottenuto come valore atteso dei prezzi corretti, valore che, nell'ipotesi di equi-probabilità, è pari a:

$$V = \frac{1}{m} \cdot \sum_{j=1}^m P_{cj} \quad (3)$$

Il Sistema Generale di Stima (ASA) è un approccio di stima basato sul confronto tra l'immobile da stimare e immobili simili di prezzo noto. L'approccio si basa sull'impostazione e sulla risoluzione di un sistema di m equazioni lineari, una per ogni comparabile (di prezzo noto) in $n+1$ incognite, rappresentate dal valore di mercato e dai prezzi marginali delle caratteristiche immobiliari considerate. Il Sistema Generale di Stima mira a spiegare la differenza di prezzo tra gli immobili attraverso le differenze nelle caratteristiche immobiliari, attraverso la funzione di comparazione. In riferimento a due immobili generici, indicati con i pedici j e k , la differenza tra i relativi prezzi P_j e P_k è rappresentata dalla combinazione lineare delle differenze negli ammontari delle corrispondenti caratteristiche immobiliari FET_{jk} come:

$$V_{jk} = P_j - P_k = (FET_{j1} - FET_{k1}) p_1 + \dots + (FET_{jn} - FET_{kn}) p_n \quad (4)$$

dove p_i sono i prezzi marginali delle caratteristiche immo-

biliari considerate (con $i = 1, \dots, n$). Il Sistema Generale di stima si presenta come di seguito indicato:

$$\begin{cases} P_1 = V + \sum_{i=1}^n (FET_{1i} - FET_{0i}) \cdot p_i \\ P_2 = V + \sum_{i=1}^n (FET_{2i} - FET_{0i}) \cdot p_i \\ \dots \\ P_m = V + \sum_{i=1}^n (FET_{mi} - FET_{0i}) \cdot p_i \end{cases} \quad (5)$$

dove:

P_j è il prezzo di compravendita del j -esimo immobile, con $j = 1, 2, \dots, m$, espresso in €

V è il valore di mercato incognito del subject, espresso in €

FET_{ji} rappresenta la i -esima caratteristica immobiliare, con $i = 1, 2, \dots, n$, del j -esimo comparabile;

p_i è il prezzo marginale della i -esima caratteristica immobiliare.

Il sistema generale di stima può essere scritto anche in forma matriciale:

$$p = D^{-1} \times P \quad (6)$$

dove:

p è il vettore incognito di stima, costituito da $n+1$ elementi incogniti (il valore e i prezzi marginali);

$$p = \begin{bmatrix} V \\ p_1 \\ \dots \\ p_n \end{bmatrix} \quad (7)$$

P è il vettore dei prezzi noti;

$$P = \begin{bmatrix} P_1 \\ P_2 \\ \dots \\ P_m \end{bmatrix}, \quad (8)$$

D è la matrice delle differenze.

$$D = \begin{bmatrix} 1 & FET_{11} - FET_{01} & FET_{12} - FET_{02} & \dots & FET_{1n} - FET_{0n} \\ 1 & FET_{21} - FET_{01} & FET_{22} - FET_{02} & \dots & FET_{2n} - FET_{0n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 1 & FET_{m1} - FET_{01} & FET_{m2} - FET_{02} & \dots & FET_{mn} - FET_{0n} \end{bmatrix}, \quad (9)$$

Il prezzo totale di un immobile è funzione degli ammontari delle caratteristiche qualitative e quantitative. Se è possibile stimare direttamente i prezzi marginali delle caratteristiche quantitative, per molte caratteristiche qualitative – panoramicità, affacci, inquinamento, qualità storica e architettonica – la stima dei prezzi marginali deve essere svolta

attraverso il Sistema Generale di Stima, con un campione di dati sufficientemente numerosi. Il Sistema Generale di Stima è una formalizzazione del MCA; di conseguenza, le due procedure possono essere efficacemente integrate in modo che i prezzi marginali delle caratteristiche quantitative sono stimati nel MCA, mentre il valore di mercato e i prezzi marginali delle caratteristiche qualitative sono stimati nel sistema generale di stima.

3. RISULTATI

Al fine di valutare l'efficacia del procedimento proposto, è riportato un esempio numerico basato su un caso reale di stima riguardante appartamenti in condominio.

È stata svolta un'indagine di mercato intesa a raccogliere dati immobiliari relativi a contratti di compravendita recenti, di immobili simili a quello da stimare. L'analisi di mercato ha permesso di costituire un campione di tre comparabili simili al subject, tutti ubicati nella stessa zona, al fine di annullare l'effetto locazionale.

Sono stati raccolti i dati immobiliari degli immobili di confronto, tutti ubicati in edifici multipiano nel centro della città di Arluno, nella provincia di Milano (Italia).

Per ogni immobile sono stati rilevati il prezzo di compravendita (PRZ) e le caratteristiche immobiliari di seguito indicate:

- Superficie (SUR), superficie commerciale espressa in metri quadri.
- Servizi (RES) Servizi igienici, misurati in termini di numero, n°.
- Livello piano (LEV), è il livello di piano al quale si trova l'immobile nell'edificio, espresso come numero di piano.
- Tetto verde (GRO), inteso come superficie di tetto verde presente in ogni condominio, espresso in metri quadri.

Tutte le transazioni immobiliari si sono verificate nei primi mesi del 2016 (da Gennaio a Marzo), perciò la data di compravendita non è stata inclusa nelle caratteristiche driver e non è stato calcolato il corrispondente prezzo marginale.

Tutte le altre caratteristiche non riportate nella tabella dei dati sono da considerarsi caeteris paribus, e dunque non sono state considerate rilevanti nella valutazione.

Tabella 1 - Tabella dei dati

Prezzo e caratteristiche	A	B	C	S
PRZ (€)	146.000,00	177.800,00	538.000,00	
SUR (m ²)	62,00	104,00	150,00	80,00
RES (n°)	1	2	2	1
LEV (livello)	2	1	3	0
GRO (m ²)	62,00	0,00	200,00	0,00

I prezzi marginali delle caratteristiche immobiliari sono stati stimati come di seguito riportato.

Superficie

Il calcolo del prezzo marginale della superficie commerciale può essere risolto calcolando il prezzo medio:

$$p_{SUR} = \frac{Prz}{S} \quad (10)$$

dove p_{SUR} è il prezzo marginale della superficie, espresso in €/m²; S rappresenta la superficie dell'immobile, misurata in metri quadri. I prezzi marginali della superficie commerciale sono riportati nella Tabella 2.

Servizi

La caratteristica servizi si riferisce al numero dei servizi igienici presenti nell'immobile. Il prezzo marginale dei servizi è calcolato facendo riferimento al criterio del costo di ricostruzione deprezzato che, ipotizzando un deprezzamento lineare, è pari a:

$$p_{RES} = C \cdot \left(1 - \frac{t}{n}\right) \quad (11)$$

dove:

p_{RES} è il prezzo marginale della caratteristica servizi, misurato in €/n°;

C è il costo medio di installazione di un nuovo servizio, espresso in €

t è la vita trascorsa, misurata in anni;

n è la vita economica del servizio igienico, misurata in anni.

Nel caso di stima, i prezzi marginali del servizio sono pari a:

$$p_{RES_A} = 10.000,00 \frac{\text{€}}{n^\circ} \cdot \left(1 - \frac{2\text{anni}}{15\text{anni}}\right) = 8.666,67 \frac{\text{€}}{n^\circ} \quad (12)$$

$$p_{RES_B} = 10.000,00 \frac{\text{€}}{n^\circ} \cdot \left(1 - \frac{7\text{anni}}{15\text{anni}}\right) = 5.333,33 \frac{\text{€}}{n^\circ} \quad (13)$$

$$p_{RES_C} = 10.000,00 \frac{\text{€}}{n^\circ} \cdot \left(1 - \frac{2\text{anni}}{15\text{anni}}\right) = 8.666,67 \frac{\text{€}}{n^\circ} \quad (14)$$

Livello piano

Il prezzo di mercato di un immobile ubicato in un edificio multipiano è legato alla posizione occupata all'interno dell'edificio, e quindi al suo livello di piano. In linea di principio, gli acquirenti preferiscono i livelli intermedi rispetto ai primi e agli ultimi, per ragioni ambientali e climatiche. La presenza dell'ascensore è uno dei fattori che maggiormente condizionano l'apprezzamento del livello piano.

Può essere utilizzato un saggio per esprimere la variazione percentuale del prezzo totale nel passare da un livello di piano ad un altro.

Tale saggio è un parametro quantitativo del segmento del mercato immobiliare. Si presenta generalmente come una percentuale incrementale salendo di livello (in presenza di ascensore) o in decremento (in assenza di ascensore).

Questi valori sono talvolta riportati nelle pubblicazioni del settore immobiliare.

Il prezzo marginale del livello di piano può essere calcolato moltiplicando il prezzo totale dell'immobile per il saggio di variazione dei prezzi in funzione della caratteristica:

$$p_{LEV} = P \cdot \vartheta \quad (15)$$

dove:

p_{LEV} è il prezzo marginale del livello di piano, espresso in €/livello;

P è il prezzo totale dell'immobile, espresso in €

ϑ è il saggio di variazione.

In questo caso specifico è stato assunto un valore di ϑ pari al 3%. Una volta che sono stati definiti i prezzi marginali, si redige la tabella di valutazione.

Per tener conto delle duplicazioni nell'analisi dei prezzi marginali si procede a calcolare il coefficiente r per ogni comparabile (Salvo *et al.*, 2016).

Il coefficiente r_j è calcolato come di seguito riportato:

$$r_A = \frac{SUR_{Subject} - SUR_A}{SUR_A} = \frac{mq80,00 - mq62,00}{mq62,00} = 0,29 \quad (16)$$

$$r_B = \frac{SUR_{Subject} - SUR_B}{SUR_B} = \frac{mq80,00 - mq104,00}{mq104,00} = -0,23 \quad (17)$$

$$r_C = \frac{SUR_{Subject} - SUR_C}{SUR_C} = \frac{mq80,00 - mq150,00}{mq150,00} = -0,47 \quad (18)$$

I coefficienti r_j sono riportati nella tabella dei prezzi marginali (Tabella 2).

Tabella 2 - Tabella dei prezzi marginali

Prezzi marginali	A	B	C
SUR (€/m ²)	2.354,84	1.709,61	3.586,67
RES (€/n°)	8.666,67	5.333,33	8.666,67
LEV (€/livello)	4.380,00	1.709,61	3.586,67
r_j	0,29	-0,23	-0,47

Successivamente, per ciascun comparabile e per ciascuna caratteristica, sono mostrati i corrispondenti aggiustamenti.

Aggiustamento per la superficie

$$\begin{aligned}
 P_{SUR_A} \cdot [SUR_{Subject} - SUR_A] &= \\
 = \frac{\text{€}}{\text{m}^2} 2.354,84 \cdot [m^2(80,00 - 62,00)] &= \quad (19) \\
 = \text{€ } 42.387,10,
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_{SUR_B} \cdot [SUR_{Subject} - SUR_B] &= \\
 = \frac{\text{€}}{\text{m}^2} 1.709,61 \cdot [m^2(80,00 - 104,00)] &= \quad (20) \\
 = - \text{€ } 41.030,77
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_{SUR_C} \cdot [SUR_{Subject} - SUR_C] &= \\
 = \frac{\text{€}}{\text{m}^2} 3.586,67 \cdot [m^2(80,00 - 150,00)] &= \quad (21) \\
 = - \text{€ } 251.066,67.
 \end{aligned}$$

Aggiustamento per il servizio igienico

$$\begin{aligned}
 P_{RES_A} \cdot [RES_{Subject} - RES_A \cdot (1+r_A)] &= \\
 = \frac{\text{€}}{n} 8666,67 \cdot [1,00 - 1,00 \cdot (1 + 0,29)] &= - \text{€ } 2.516,13, \quad (22)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_{RES_B} \cdot [RES_{Subject} - RES_B \cdot (1+r_B)] &= \\
 = \frac{\text{€}}{n} 5.333,33 \cdot [1,00 - 2,00 \cdot (1 - 0,23)] &= - \text{€ } 2.871,79 \quad (23)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_{RES_C} \cdot [RES_{Subject} - RES_C \cdot (1+r_C)] &= \\
 = \frac{\text{€}}{n} 8666,67 \cdot [1,00 - 2,00 \cdot (1 - 0,47)] &= - \text{€ } 577,78, \quad (24)
 \end{aligned}$$

Aggiustamento per il livello di piano

$$\begin{aligned}
 P_{FLO_A} \cdot [FLO_{Subject} - FLO_A \cdot (1+r_A)] &= \\
 = \frac{\text{€}}{\text{livello}} 4.380,00 \cdot [3,00 - 2,00 \cdot (1 + 0,29)] &= \text{€ } 1.836,77, \quad (25)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_{FLO_B} \cdot [FLO_{Subject} - FLO_B \cdot (1+r_B)] &= \\
 = \frac{\text{€}}{\text{livello}} 1.709,61 \cdot [3,00 - 1,00 \cdot (1 - 0,23)] &= \text{€ } 3.813,75, \quad (26)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_{FLO_C} \cdot [FLO_{Subject} - FLO_C \cdot (1+r_C)] &= \\
 = \frac{\text{€}}{\text{livello}} 3.586,67 \cdot [3,00 - 6,00 \cdot (1 - 0,05)] &= - \text{€ } 717,33 \quad (27)
 \end{aligned}$$

La tabella di valutazione è di seguito riportata. Per determinare il prezzo marginale della presenza del tetto verde e il valore di stima dell'immobile de quo, si applica l'ASA.

Tabella 3 - Tabella di valutazione (€)

Prezzi e caratteristiche	A	B	C
PRZ	146.000,00	177.800,00	538.000,00
SUR	42.387,10	-41.030,77	-251.066,70
RES	-2.516,13	-2.871,79	-577,78
LEV	1.836,77	3.813,75	-717,33
Prezzi corretti (PRZ _C)	187.707,74	137.711,18	285.638,22

L'ASA è presentato nella forma:

$$\begin{cases}
 P_{correctA} = V + (GRO_A - GRO_0) \cdot P_{GRO} \\
 P_{correctB} = V + (GRO_B - GRO_0) \cdot P_{GRO} \\
 P_{correctC} = V + (GRO_C - GRO_0) \cdot P_{GRO}
 \end{cases} \quad (28)$$

dove:

- $P_{correctA}$, $P_{correctB}$ e $P_{correctC}$ sono i prezzi corretti dei comparabili A, B, e C, espressi in €
- V è il valore del bene oggetto di stima, espresso in €
- GRO_A , GRO_B , GRO_C e GRO_0 rappresentano la caratteristica tetto verde per A, B, C, e il subject 0;
- P_{GRO} è il prezzo marginale della caratteristica tetto verde, espressa in €/m².

L'ASA è di seguito riportato:

$$P = \begin{bmatrix} V \\ P_{GRO} \end{bmatrix} \quad (11)$$

$$P = \text{€} \begin{bmatrix} 187.707,74 \\ 137.711,18 \\ 285.638,22 \end{bmatrix} \quad (29)$$

$$D = \begin{bmatrix} 1 \text{ m}^2 (62,00 - 0,00) \\ 1 \text{ m}^2 (0,00 - 0,00) \\ 1 \text{ m}^2 (200,00 - 0,00) \end{bmatrix} \quad (30)$$

La risoluzione del sistema permette di stimare l'incidenza sul prezzo della presenza del tetto verde, quantificata in 734,63 €/m² e il valore dell'immobile quantificato in 139.527,77 €

L'analisi dei costi è effettuata considerando un tetto verde caratterizzato dalla seguente stratigrafia: (1) spessore dello strato culturale di 30,00 cm; (2) Strato integrato accumulo e drenaggio in PEAD (capacità di accumulo di 8,70 L/m²).

Lo spessore dell'intero pacchetto è di 33,00 cm. Sul tetto verde sono impiantate le seguenti specie vegetali: *Carpobrotus edulis*, *Dianthus gratianopolitanus*, *Cerastium*

tomentosum. Le specie vegetali sono state selezionate per la loro bassa richiesta d'acqua ai fini irrigui e la loro resistenza alle condizioni climatiche mediterranee. La Figura 1 illustra la stratigrafia del tetto verde analizzato.

Considerando quindi tutte le componenti che costituiscono la tipologia di tetto verde intensivo suddetto, quali la fornitura dei materiali e l'installazione per rendere l'opera a perfetta regola d'arte, il costo unitario di realizzazione è di euro €157,50/m².

Tabella 4 - Costi unitari di realizzazione degli elementi

Strato	Costo/m ²
Tenuta antiradice	€ 9,00
Protezione meccanica	€ 3,50
Accumulo/drenaggio/aerazione	€14,00
Filtrante	€ 2,00
Colturale	€72,00
Vegetazionale	€35,00

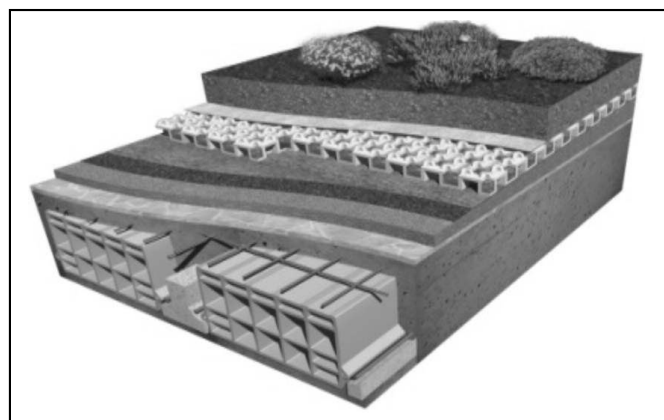


Figura 1 - Esempio di stratigrafia (caso studio)

Oltre al costo di costruzione è stato considerato il costo unitario di manutenzione, che per il tetto verde in esame è stato quantificato in 1,48€/m²/anno.

È stato ipotizzato il pagamento del 10% per il costo di installazione come acconto, il 20% dopo un mese, il 30% dopo tre mesi e il rimanente 40% dopo il terzo mese.

Per determinare il saggio di capitalizzazione si può fare riferimento a uno specifico segmento di mercato con un range di valori compresi tra il 3,6% e il 4,4%.

Applicando la formula 1, è possibile stimare il costo totale del tetto verde all'attualità:

$$C = 0,1 \cdot C_t + 0,2 \cdot C_t \cdot (1 + i_{12})^{-1} + 0,3 \cdot C_t \cdot (1 + i_{12})^{-2} + 0,4 \cdot C_t \cdot (1 + i_{12})^{-3} + \left[\frac{C_o}{i} + \frac{C_s}{(1 + i)^3 - 1} \right] \cdot (1 + i_{22})^{-2} \quad (31)$$

con $i = 3,6$

$$C = 0,1 \cdot 157,50 + 0,2 \cdot 157,5 \cdot (+0,0029)^{-1} + 0,3 \cdot 157,50 \cdot (1 + 0,0029)^{-2} + 0,4 \cdot 157,50 \cdot (1 + 0,0029)^{-3} + \left[\frac{1,48}{0,036} + \frac{2}{(1 + 0,036)^3 - 1} \right] \cdot (1 + 0,0029)^{-2} = 215,21 \frac{\text{€}}{\text{m}^2} \quad (32)$$

con $i = 4,4$

$$C = 0,1 \cdot 157,50 + 0,2 \cdot 157,5 \cdot (+0,0032)^{-1} + 0,3 \cdot 157,50 \cdot (1 + 0,00329)^{-2} + 0,4 \cdot 157,50 \cdot (1 + 0,0032)^{-3} + \left[\frac{1,48}{0,044} + \frac{2}{(1 + 0,044)^3 - 1} \right] \cdot (1 + 0,0032)^{-2} = 209,15 \frac{\text{€}}{\text{m}^2} \quad (33)$$

La presenza di un tetto verde nel segmento di mercato nella città di Arluno in provincia di Milano è quantificata in € 734.63 €/m². Il costo totale di un tetto verde varia da un minimo di 209,15 €/m² a un massimo di 215,21 €/m².

Come atteso, l'incremento di valore dell'immobile è superiore al costo di installazione.

4. CONCLUSIONI

Negli ultimi anni, un crescente interesse per l'utilizzo delle infrastrutture "verdi" nella progettazione architettonica ha portato i ricercatori e le società di ingegneria a studiare l'effetto di tali pratiche sulla mitigazione dei volumi delle acque piovane e sui consumi energetici. Tuttavia, il tetto verde non è solo in grado di soddisfare i criteri di sviluppo sostenibile, ma ha anche un impatto diretto e significativo sul mercato immobiliare. L'efficienza energetica è il parametro che può meglio descrivere la qualità costruttiva di un edificio. Tale parametro ha una ricaduta economica sugli edifici e tale ricaduta può essere quantificata in termini di valore aggiunto all'immobile. Dunque costruire edifici in conformità con i criteri di sostenibilità ambientale non comporta solo un risparmio di costi di energia ma anche un incremento di valore degli immobili.

Il presente articolo fornisce indicazioni finalizzate alla procedura di stima del valore aggiunto fornito dalla presenza negli edifici dei tetti verdi. Tali indicazioni riguardano i metodi di valutazione basati sugli standard internazionali di valutazione. Le metodologie di valutazione utilizzate in questo studio sono riconducibili al MCA e all'ASA usati in modo sinergico. Il presente studio ha altresì applicato la metodologia individuata a un caso concreto di studio. Lo studio ha inoltre considerato i costi di installazione e manutenzione di un tetto verde con caratteristiche specifiche, al fine di confrontare l'inc-

mento di valore che l'immobile registra per la presenza del tetto verde con il costo di manutenzione e di gestione dello stesso.

L'analisi dimostra che l'aumento di valore dell'immobile in cui è presente un tetto verde è maggiore del costo totale per impiantare e mantenere lo stesso. In conclusione è pos-

sibile affermare che la presenza del tetto verde non solo è economicamente conveniente per il fatto che i costi di impianto e di gestione sono compensati dal risparmio energetico conseguente alla loro installazione ma anche per il fatto che la loro presenza comporta un incremento di valore unitario superiore ai costi.

* **Francesca Salvo**, *Environmental and Chemical Engineering Department, University of Calabria, Rende-Cosenza, Italy.*
e-mail: francesca.salvo@unical.it (corresponding author)

** **Patrizia Piro**, *Civil Engineering Department, University of Calabria, Rende-Cosenza, Italy.*
e-mail: patrizia.piro@unical.it

*** **Gennaro Nigro**, *Civil Engineering Department, University of Calabria, Rende-Cosenza, Italy.*
e-mail: gennaro.nigro@unical.it

**** **Manuela De Ruggiero**, *Civil Engineering Department, University of Calabria, Rende-Cosenza, Italy.*
e-mail: manueladeruggiero@gmail.it

Bibliografia

ABRAM P., *Il Verde Pensile. Progettazione dei sistemi, manutenzione.* Sistemi editoriali- Esselibri-Simone, Napoli, 2011.

DE RUGGIERO M., FORESTIERO G., MANGANELLI B., SALVO F., *Buildings Energy Performance in a Market Comparison Approach*, Buildings open access journal, 2017, 7(1), 16.

DIETZ M.E., (2007) *Low impact development practices: A review of current research and recommendations for future directions*, Water Air Soil Pollut, 2007, 186, pp. 351-363.

FLL, Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau. "Guidelines for the Planning, Construction, and Maintenance of Green-roof Sites." 2008.

ISPRA, *Verde pensile: prestazioni di sistema e valore ecologico. Manuali e Linee Guida- Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale.* 2012

LAZZARIN R.M., CASTELLETTI F., BUSATO F., *Experimental measurements and numerical modelling of a green roof*, Energy and Buildings, 2005, 37, pp 1260-7.

LIU, T. C., SHYU, G. S., FANG, W. T., LIU, S. Y., & CHENG, B. Y., *Drought tolerance and thermal effect measurements for plants suitable for extensive green roof planting in humid subtropical climates.* Energy and Buildings, 2012, 47, pp. 180-188.

MENTENS J., RAES D., HERMY, M., *Green roofs as a tool for solving the rainwater runoff problem in the urbanized 21st cen-*

ture?, Landscape and urban planning, 2006, 77(3), pp. 217-226.

PERI G., TRAVERSO M., FINKBEINER M., RIZZO G., *The cost of green roofs disposal in a life cycle perspective: Covering the gap*, Urban Forestry & Urban Greening, 2012, 11, pp. 417- 425.

PIRO P., CARBONE M., NIGRO G., GAROFALO G., FERRANTE A., *Installazione di un modello sperimentale a verde pensile per la valutazione dell'influenza del sistema sulla gestione delle acque meteoriche in area mediterranea-* Edibios, Corso Guardia Piemontese (CS), 2013.

SALVO F., DE RUGGIERO M., *Market Comparison Approach between tradition and innovation. A simplifying approach.* Aestimum, 2013, 62, pp. 585-594.

SALVO F., SIMONOTTI M., CIUNA M., DE RUGGIERO M., *Measurements of rationality for a scientific approach to the Market Oriented Methods*, Journal of Real Estate Literature, 2016, 24, pp. 403-427.

SIMONOTTI M., *Metodi di stima immobiliare.* Dario Flaccovio Editore, Palermo, 2006.

STOVIN V.R., VESUVIANO G., KASMIN H., *The hydrological performance of a green roof test bed under UK climatic conditions*, Journal of Hydrology, 2012, 414, pp. 148-161.

WONG N.H., TAN P. Y, CHEN Y., *Study of thermal performance of extensive rooftop greenery systems in the tropical climate.* Build. Environ., 2007, 42, pp. 25-54.

UNI 11235, *"Istruzioni per la progettazione, l'esecuzione, il controllo e la manutenzione di coperture a verde"*, 2007.