

Un modello per la misura delle prestazioni del verde di supporto alla pianificazione urbanistica degli insediamenti

Valentina Adinolfi¹, Francesca Coppola², Michele Grimaldi³, Isidoro Fasolino⁴

¹ Università degli Studi di Salerno, vadinolfi@unisa.it

² Università degli Studi di Salerno, fracoppola@unisa.it

³ Università degli Studi di Salerno, migrimaldi@unisa.it

⁴ Università degli Studi di Salerno, i.fasolino@unisa.it

Abstract.

L'efficienza nell'uso del verde nell'organizzazione urbanistica di un insediamento è misurata mediante un modello *Ecosystem Services Based*.

Con l'attribuzione di punteggi ai Servizi Ecosistemici (SE) erogati da ogni copertura di suolo e un metodo di calcolo multicriterio, si ottiene una valutazione di *performance* di sintesi, pesata in funzione delle superfici coinvolte, oppure disaggregata per singoli indicatori o per gruppi di essi. Un confronto fra diversi scenari consente di effettuare scelte tecniche in rapporto alle esigenze progettuali. Un caso studio ne evidenzia criticità e potenzialità di sviluppo.

Parole chiave: Verde urbano, Performance, Pianificazione urbanistica.

1 Introduzione

Il ruolo del verde si sta rivelando con crescente interesse quale componente fondamentale dello spazio urbano. Dato il notevole contributo che fornisce alla qualità della vita della comunità, esso gioca un ruolo fondamentale per il funzionamento della città, dal punto di vista dei parametri ambientali, energetici, ecologici e sociali.

Il verde, e quindi il suolo non coperto artificialmente, è in grado di erogare servizi ecosistemici (SE) con utilità per l'uomo sia diretta che indiretta.

Le conseguenti trasformazioni del suolo comportano la perdita definitiva di tali numerosi SE.

I servizi che le popolazioni possono ricevere da tali ecosistemi sono molteplici e variegati, pertanto è utile ricordare la classificazione relativa ai SE.

Il MEA (*Millennium Ecosystem Assessment*), nato per valutare le conseguenze dei cambiamenti negli ecosistemi sul benessere umano, ha suggerito la suddivisione dei servizi in 4 macrocategorie: i *provisioning services*, che forniscono bontà come cibi, acqua fresca e fibre per il diretto uso umano (la parte economica dei servizi); i *regulating services*, che rendono fisicamente possibile alle persone di vivere e provvedere a benefici, quali l'impollinazione, la mitigazione dei rischi idraulici e il regolamento del

clima; i *cultural services*, che definiscono la ricreazione come pure l'ispirazione estetica, intellettuale e spirituale ed infine i *supporting services* che riguardano i processi dei servizi descritti prima, includendo il loro preservare.

Nasce quindi l'esigenza di mettere in atto un uso consapevole dei SE e conseguentemente del verde, aumentando e potenziandone le capacità.

2 Stato dell'arte

I servizi ecosistemici rendono esplicito il complesso feedback tra le funzioni del suolo e i benefici umani [Burkhard et al., 2009; Daily, 1997; Daly et al., 2004].

Alcuni di essi si basano su matrici che, in base al parere di esperti (quali geografi fisici, scienziati forestali e ingegneri ambientali), associano a ciascuna classe di copertura del suolo un punteggio relativo al livello delle prestazioni offerte da ciascun SE [Costanza et al., 1997; de Groot, 2010; Burkhard et al., 2012; Rodriguez, Armenteras & Retana, 2015; Santolini et al., 2015].

Il modello fondato sui SE è utile a valutare [Bingham et al., 1995; de Groot, 1992; Huetting, 1970] specifiche prestazioni erogate dalle diverse coperture di suolo con particolare riferimento a quelle a verde. Esso viene applicato al caso studio, attraverso la definizione di vari scenari contenenti soluzioni diverse, poi messi a confronto e discussi. Il verde svolge innumerevoli funzioni vantaggiose per la salute pubblica e la qualità urbana, attraverso i relativi SE [Bolund e Hunhammar, 1999; Chiesura, 2010; Comitato per lo Sviluppo del Verde Pubblico, 2013; Silli e Manes, 2014; Williams, 2016].

La classificazione per differenziare le funzioni del verde urbano fa riferimento alle seguenti classi di funzioni:

- *ecologico-ambientale*: contribuisce in modo sostanziale a mitigare gli effetti di degrado e gli impatti prodotti dalla presenza delle edificazioni e delle attività antropiche (aumento della permeabilità, riduzione dell'inquinamento atmosferico, mitigazione dell'isola di calore, attenuazione dei rumori, effetto frangivento, tutela della biodiversità locale).
- *protettiva*: fornisce un importante effetto di protezione e di tutela del suolo in aree degradate o sensibili ai fenomeni di erosione;
- *igienico-sanitaria*: considerando gli aspetti legati al miglioramento della qualità dell'aria, del clima e all'attenuazione dei rumori;
- *sociale e ricreativa*: aumentando la coesione sociale, consente di soddisfare esigenze ricreative;
- *culturale, didattica e scientifica*: costituisce un elemento di grande importanza dal punto di vista culturale, favorendo la conoscenza e il rispetto dell'ambiente.
- *estetico-architettonica*: migliora il paesaggio urbano e rende più gradevole la permanenza in città.

Viste le notevoli e numerose funzioni attribuibili al verde in ambito urbano, è giusto pensare a come il verde possa essere valorizzato a beneficio della collettività, considerando anche il momento storico particolarmente delicato dovuto all'emergenza sanitaria, il che richiede la presenza di SE all'interno degli insediamenti.

L'efficacia e l'efficienza delle aree verdi nel produrre i loro benefici dipendono da vari fattori, quali la scelta delle specie vegetali idonee all'ambiente, la loro adeguata biodiversità, la corretta progettazione delle diverse tipologie, e infine, l'adozione di adeguate tecniche di messa a dimora e manutenzione.

Il ruolo del verde si inserisce anche all'interno del paradigma disciplinare delle infrastrutture verdi e blu, alla cui costruzione concorrono le soluzioni basate sulla natura, finalizzate al mantenimento e al potenziamento dei servizi ecosistemici erogati dal suolo [Fasolino et al., 2020].

Il presente lavoro reinterpreta e specifica i SE che possono essere così attribuiti alle suddette macrocategorie: mitigazione del microclima, biodiversità, mitigazione degli inquinanti, ombreggiamento, corridoio ecologico, mitigazione acustica riconducibili ai *regulating services*; delimitazione degli spazi, schermatura visiva ed effetto frangivento, che ricadono all'interno dei *cultural services* ed infine la permeabilità nei *supporting services*.

3 Materiali e metodi

La buona funzionalità delle aree verdi pubbliche richiede il supporto di strumenti di governo specifici, in grado di guidare gli amministratori nelle scelte di pianificazione, programmazione e gestione, ma anche di fornire ai cittadini elementi di conoscenza e di rispetto verso questo importante bene comune.

I materiali verdi in ambito urbano sono impiegati secondo quattro configurazioni: puntuale (alberi o arbusti isolati), lineare (siepi, filari, etc.), massiva (gruppi di alberi), areale (tappeti erbosi, coperture verdi, etc.), non solo a seconda della funzione a cui rispondono, ma anche commisurati allo spazio disponibile, all'altezza e alla distanza dalle strutture prospicienti, al portamento e alla chioma, al fine di non arrecare danni all'intorno urbano, creando intralcio al passaggio o ombreggiatura indesiderata.

Un indicatore volto a misurare i benefici ecologici delle superfici verdi è il noto *Biotope Area Factor* (BAF) [Becker et al., 1990].

IL BAF indica il rapporto tra un'area che ha effetti positivi sull'ecosistema, rispetto a tutta l'area presa in considerazione: ai fini di una trasformazione esso misura quindi la permeabilità complessiva di una determinata copertura.

Questo indicatore è particolarmente utile in quanto offre un approccio flessibile in grado di conciliare la densificazione e le azioni di inverdimento. Dato il fenomeno delle isole di calore, questa misura fornisce un modo per migliorare la qualità dell'aria e aumentare la presenza di spazi più freschi in città.

Relativamente all'ambiente costruito, aiuta a risolvere il problema delle inondazioni urbane abbassando il grado di sigillatura.

La permeabilità del territorio può essere misurata anche dall'indicatore di Riduzione dell'impatto edilizio (RIE) (*Bolzano Building Regulation*) il cui scopo è mitigare gli impatti idrologici del contesto in cui i nuovi edifici si inseriscono, stimolando la creazione di superfici permeabili.

4 Metodologia

La proposta metodologica si basa sul presupposto che lo spazio d'intervento debba considerarsi un *unicum*, nel quale si sviluppano contemporaneamente l'ambiente costruito e quello vegetato.

Attraverso il modello *Green Efficiency Assessment Ecosystem Services Based (GEA-ESB)* sono quantificate le funzioni delle varie categorie di materiali verdi e di copertura di suolo, in grado di fornire benefici prodotti sull'insediamento urbanistico andando ad individuare gli indicatori in grado di misurare le *performances* associate alle suddette funzioni.

Particolare attenzione viene posta nella scelta delle essenze, in funzione degli obiettivi da perseguire nella progettazione.

Partendo dall'individuazione delle funzioni erogabili (permeabilità, ombreggiamento, mitigazione del microclima, mitigazione degli inquinanti, effetto frangivento, mitigazione acustica, schermatura visiva, biodiversità, corridoio ecologico, delimitazione degli spazi), la metodologia si compone di 4 macrofasi.

La prima vede la classificazione delle coperture dei suoli e le relative potenzialità di erogare i SE; la seconda considera la selezione delle funzioni maggiormente erogabili dalle coperture; con la terza vi è l'attribuzione di un punteggio da 0 a 5 per ogni funzione; ed infine la quarta presenta la costruzione di un punteggio sintetico multicriterio che consideri tutte le funzioni nel loro insieme.

Attraverso il raggruppamento di alcune funzioni, sono stati costruiti due indicatori intermedi, fra quelli individuali e quello sintetico: Mitigazione dell'isola di calore (comprendente la permeabilità, l'ombreggiamento e la mitigazione del microclima) e la Ricchezza ambientale (biodiversità e corridoio ecologico).

A partire dallo studio della letteratura, il primo step nella costruzione della matrice è stato quello di selezionare le coperture di suolo riferite all'ambito urbano.

Il passo successivo vede la denormalizzazione, a cui sono stati sottoposti i punteggi forniti dalle matrici presenti in letteratura al fine di uniformarli alle altre.

L'obiettivo è ricondurre gli indici prestazionali in un intervallo di valori compreso tra 0 e 5.

I suddetti valori sono stati assegnati seguendo il seguente criterio: 0 per valori compresi tra $0 \leq x < 16,6$; 1 per valori compresi tra $16,6 \leq x < 33,2$; 2 per valori compresi tra $33,2 \leq x < 49,8$; 3 per valori compresi tra $49,8 \leq x < 66,4$; 4 per valori compresi tra $66,4 \leq x < 83$; 5 per valori compresi tra $83 \leq x < 100$.

Il passo successivo è quello di mediare i punteggi di tale matrice.

Scopo finale è di ottenere una matrice che consenta di attribuire a ciascuna copertura di suolo un punteggio basato sui SE erogati dal verde urbano.

I punteggi assegnati alle voci della matrice sono stati attribuiti sia prendendo spunto dalla letteratura e dalla manualistica, ma anche basandosi sul parere di esperti (agronomi, naturalisti, botanici, ingegneri ambientali).

I punteggi compresi tra 0 e 5 possono essere così descritti: 0 nessuna capacità; 1 bassa capacità; 2 capacità rilevante; 3 capacità media; 4 capacità alta; 5 capacità molto alta.

Il risultato ottenuto è una matrice di valutazione delle performance del verde basata sull'erogazione di funzioni selezionate da parte delle diverse coperture del suolo.

Copertura del Suolo	Prestazioni	Permeabilità	Ombreggiamento	Mitigazione microclima	Mitigazione inquinanti	Effetto frangivento	Mitigazione acustica	Schermatura visiva	Biodiversità	Corridoio ecologico	Delimitazione Spazi
Superficie coperta		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Superficie viaria		1	0	0	0	0	0	0	1	1	0
Superficie pavimentata		1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Superficie permeabile		4	0	2	2	0	0	0	3	3	0
Prati naturali		4	0	3	2	0	0	0	5	3	0
Superficie semipermeabile		2	0	1	1	0	0	0	1	1	0
Superficie verde con specie vegetali											
▪ Alberi di seconda grandezza sempreverdi con chioma compatta		4	4	4	4	4	4	4	3	3	2
▪ Alberi di seconda grandezza sempreverdi con chioma rada		3	3	3	3	3	3	3	3	3	2
▪ Alberi di seconda grandezza decidui con chioma compatta		2	3	2	2	3	2	3	3	3	2
▪ Alberi di seconda grandezza decidui con chioma rada		1	2	1	1	2	1	2	3	3	2
▪ Alberi di terza grandezza sempreverdi con chioma compatta		3	3	3	3	3	3	3	3	3	2
▪ Alberi di terza grandezza sempreverdi con chioma rada		2	3	2	2	3	2	3	3	3	2
▪ Alberi di terza grandezza decidui con chioma compatta		1	2	1	1	1	1	1	3	3	1
▪ Alberi di terza grandezza decidui con chioma rada		1	1	1	1	1	0	1	3	3	0
▪ Arbusti		1	0	1	1	1	1	1	3	2	3
▪ Siepi		1	0	1	1	1	1	1	3	2	3
Superficie con strutture sportive e per il tempo libero		1	0	2	2	0	0	0	2	1	0
Tetti verdi		4	0	2	2	0	0	0	3	3	0
Orti urbani		4	0	2	2	0	0	0	4	3	0
Zone Umide		4	0	3	2	0	0	0	4	3	1

Fig. 1. Matrice di valutazione delle coperture a verde (MvCV) (elaborazione degli autori)

5 Applicazione

L'area oggetto di applicazione è il campus dell'Università degli Studi di Salerno.

Lo studio interessa una superficie complessiva di area di proprietà di 858.191 m². Suddetta area ricade in zona F - Zone di uso pubblico standard - sottozona F6 - Aree per istruzione superiore - Campus Universitario del piano regolatore generale del campus di Fisciano (SA).

Si è proceduto alla discretizzazione della superficie in unità di copertura del suolo.

5.1 Applicazione della metodologia allo Scenario S0 – Stato di fatto

Lo scenario di partenza è lo Scenario 0, ovvero lo stato in cui si trova il campus di Fisciano, in assenza di alcuna ipotesi progettuale di trasformazione.

I dati dello Scenario 0 sono elaborati in ambiente CAD, dove è possibile realizzare una mappatura dell'area tale da consentire di visualizzare la distribuzione delle coperture e dei dispositivi presenti.

L'implementazione in Qgis ha permesso una computazione dei dati dello Scenario 0 (questi risultati sono stati trasposti in opportuni fogli di calcolo digitali per permettere l'elaborazione della metodologia) sulla base dei punteggi della Mvkv.

Sono state prodotte mappe tematiche (permeabilità, corridoio ecologico, delimitazione degli spazi; obiettivo *Mitigazione dell'isola di calore*, obiettivo *Ricchezza ambientale*) attraverso cui è possibile visualizzare la distribuzione dei punteggi per determinati SE, in funzione delle diverse coperture di suolo presenti nell'area.

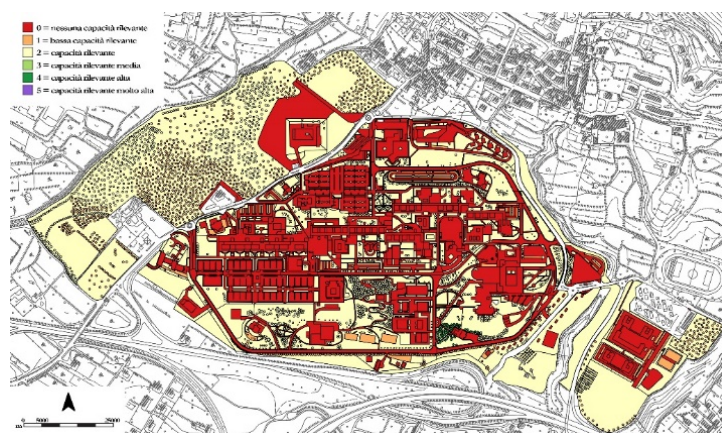


Figura 2 – Scenario S0: Obiettivo Mitigazione dell'isola di calore

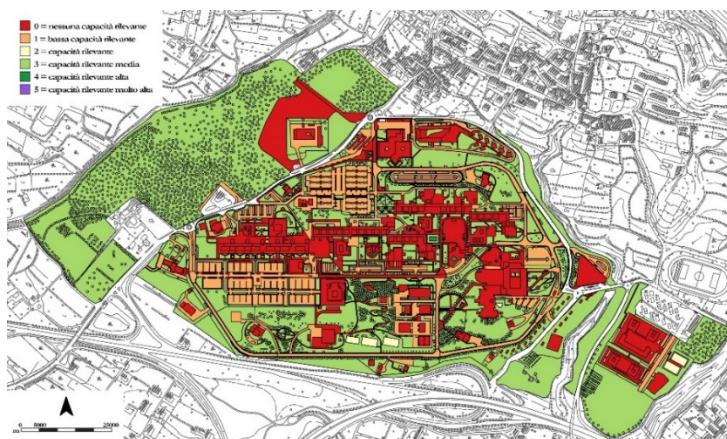


Figura 3 – Scenario S0: Obiettivo Ricchezza ambientale

I risultati ottenuti dall'applicazione della matrice hanno fornito i seguenti valori per quanto riguarda gli indici prestazionali connessi ai SE individuati. Gli indici prestazionali, sia Standard che Aggiuntivi, sono stati calcolati pesando i punteggi dei SE forniti dalle diverse tipologie di coperture del suolo per le rispettive aree e rapportandoli all'area totale.

Ciascun indice è stato ottenuto dalla sommatoria dei prodotti dei punteggi per le rispettive aree e dividendo il risultato per l'area totale.

L'Indice Standard Totale è dato dalla somma degli indici prestazionali Standard.

L'Indice Aggiuntivo Totale è dato dalla somma degli indici prestazionali aggiuntivi.

L'Indice Prestazionale Totale è dato dalla somma dell'indice Standard totale e dell'indice Aggiuntivo totale. La procedura viene ripetuta per ogni scenario.

Servizi ecosistemici	AREA	Permeabilità	Ombreggiamento	Mitigazione Microclima	Mitigazione Inquinanti	Totale Indici Standard	Effetto Frangivento	Mitigazione Acustica	Schermatura Visiva	Biodiversità	Corridoio Ecologico	Delimitazione Spazi	Totale Indici Aggiuntivi	Mitigazione Isola di calore	Ricchezza Ambientale	TOTALE Indici Prestazionali
Coperture suolo																
Zone umide	836	4	0	3	2	9	0	0	0	4	3	1	8	2	4	17
Tetto verde	0	4	0	2	2	8	0	0	0	3	3	0	6	2	3	14
Superficie viaria	135325	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	2	0	1	3
Superficie semipermeabile	15312	2	0	1	1	4	0	0	0	1	1	0	2	1	1	6
Superficie permeabile	555033	4	0	2	2	8	0	0	0	3	3	1	7	2	3	15
Superficie pavimentata	102830	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Superficie coperta	100819	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Superficie con strutture sportive	4268	1	0	2	2	5	0	0	0	2	1	0	3	1	2	8
Siepi	4265	1	0	1	1	3	1	1	1	3	2	3	11	1	3	14
Orto urbano	0	4	0	2	2	8	0	0	0	4	3	0	7	2	4	15
Arbusti	0	1	0	1	1	3	1	1	1	3	2	3	11	1	3	14
Alberi di terza grandezza sempreverdi con chioma rada	0	2	3	2	2	9	3	2	3	3	3	2	16	2	3	25
Alberi di terza grandezza sempreverdi con chioma compatta	0	3	3	3	3	12	3	3	3	3	3	2	17	3	3	29
Alberi di terza grandezza decidui con chioma rada	3634	1	1	1	1	4	1	0	1	3	3	0	8	1	3	12
Alberi di terza grandezza decidui con chioma compatta	26338	1	2	1	1	5	1	1	1	3	3	1	10	1	3	15
Alberi di seconda grandezza sempreverdi con chioma rada	0	3	3	3	3	12	3	3	3	3	3	2	17	3	3	29
Alberi di seconda grandezza sempreverdi con chioma compatta	1669	4	4	4	4	16	4	4	4	3	3	2	20	4	3	36
Alberi di seconda grandezza decidui con chioma rada	0	1	2	1	1	5	2	1	2	3	3	2	13	1	3	18
Alberi di seconda grandezza decidui con chioma compatta	32124	2	3	2	2	9	3	2	3	3	3	2	16	2	3	25
	913416	2,85	0,17	1,36	1,36	5,74	0,15	0,11	0,15	2,22	2,21	0,73	5,58	1,46	2,22	11,32

Figura 4 – Indici prestazionali dello Scenario 0

5.2 Applicazione della Metodologia allo Scenario S1 – Scenario tendenziale

Lo Scenario 1 è stato realizzato con le previsioni previste dal piano urbanistico attuativo (PUA) del campus di Fisciano. In questa fase dell'applicazione, la progettazione è rappresentata da una mera applicazione delle Norme Tecniche Attuative del PUA, così come approvate dagli enti competenti.

Servizi ecosistemici	AREA	Permeabilità	Ombreggiamento	Mitigazione Microclima	Mitigazione Inquinanti	Totale Indici Standard	Effetto Frangivento	Mitigazione Acustica	Schematizzazione Visiva	Biodiversità	Corridoio Ecologico	Delimitazione Spazi	Totale Indici Aggiuntivi	Mitigazione Isola di calore	Ricchezza Ambientale	TOTALE Indici Prestazionali
Coperture suolo																
Zone umide	1992	4	0	3	2	9	0	0	0	4	3	1	8	2	4	17
Tetto verde	0	4	0	2	2	8	0	0	0	3	3	0	6	2	3	14
Superficie viaria	149149	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	2	0	1	3
Superficie semipermeabile	25519	2	0	1	1	4	0	0	0	1	1	0	2	1	1	6
Superficie permeabile	510916	4	0	2	2	8	0	0	0	3	3	1	7	2	3	15
Superficie pavimentata	106557	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Superficie coperta	104571	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Superficie con strutture sportive	14154	1	0	2	2	5	0	0	0	2	1	0	3	1	2	8
Siepi	3205	1	0	1	1	3	1	1	1	3	2	3	11	1	3	14
Orto urbano	0	4	0	2	2	8	0	0	0	4	3	0	7	2	4	15
Arbusti	1060	1	0	1	1	3	1	1	1	3	2	3	11	1	3	14
Alberi di terza grandezza sempreverdi con chioma rada	0	2	3	2	2	9	3	2	3	3	3	2	16	2	3	25
Alberi di terza grandezza sempreverdi con chioma compatta	0	3	3	3	3	12	3	3	3	3	3	2	17	3	3	29
Alberi di terza grandezza decidui con chioma rada	3634	1	1	1	1	4	1	0	1	3	3	0	8	1	3	12
Alberi di terza grandezza decidui con chioma compatta	17507	1	2	1	1	5	1	1	1	3	3	1	10	1	3	15
Alberi di seconda grandezza sempreverdi con chioma rada	0	3	3	3	3	12	3	3	3	3	3	2	17	3	3	29
Alberi di seconda grandezza sempreverdi con chioma compatta	1669	4	4	4	4	16	4	4	4	3	3	2	20	4	3	36
Alberi di seconda grandezza decidui con chioma rada	0	1	2	1	1	5	2	1	2	3	3	2	13	1	3	18
Alberi di seconda grandezza decidui con chioma compatta	29034	2	3	2	2	9	3	2	3	3	3	2	16	2	3	25
	913418	2,70	0,14	1,28	1,28	5,40	0,13	0,09	0,13	2,09	2,07	0,66	5,18	1,37	2,08	10,59

Figura 5 – Indici prestazionali dello Scenario 1

5.3 Applicazione della Metodologia allo Scenario S2 – Scenario massimizzato

L'obiettivo è realizzare uno scenario di massimizzazione delle performance delle coperture del suolo e dei materiali verdi, sfruttando determinate soluzioni e dispositivi, quali l'aggiunta di pannelli fotovoltaici ad alcune delle coperture, la creazione di tetti verdi, la riduzione di parcheggi a raso impermeabili, la realizzazione di nuovi impianti sportivi, l'incremento di superfici con copertura erbosa, etc.

Servizi ecosistemici	Coperture suolo	AREA	Indici prestazionali										Indici Aggiuntivi			Indici Prestazionali	
			Permeabilità	Ombreggiamento	Mitigazione Microclima	Mitigazione Inquinanti	Totale Indici Standard	Effetto Frangivento	Mitigazione Acustica	Schermatura Visiva	Biodiversità	Corridoio Ecologico	Delimitazione Spazi	Totale Indici Aggiuntivi	Mitigazione Isola di calore	Ricchezza Ambientale	TOTALE Indici Prestazionali
	Zone umide	5062	4	0	3	2	9	0	0	0	4	3	1	8	2	4	17
	Tetto verde	10126	4	0	2	2	8	0	0	0	3	3	0	6	2	3	14
	Superficie viaria	120482	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	2	0	1	3
	Superficie semipermeabile	30229	2	0	1	1	4	0	0	0	1	1	0	2	1	1	6
	Superficie permeabile	524795	4	0	2	2	8	0	0	0	3	3	1	7	2	3	15
	Superficie pavimentata	109106	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	Superficie coperta	96999	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Superficie con strutture sportive	15858	1	0	2	2	5	0	0	0	2	1	0	3	1	2	8
	Siepi	2204	1	0	1	1	3	1	1	1	3	2	3	11	1	3	14
	Orto urbano	107	4	0	2	2	8	0	0	0	4	3	0	7	2	4	15
	Arbusti	2061	1	0	1	1	3	1	1	1	3	2	3	11	1	3	14
	Alberi di terza grandezza sempreverdi con chioma rada	0	2	3	2	2	9	3	2	3	3	3	2	16	2	3	25
	Alberi di terza grandezza sempreverdi con chioma compatta	27946	3	3	3	3	12	3	3	3	3	3	2	17	3	3	29
	Alberi di terza grandezza decidui con chioma rada	0	1	1	1	1	4	1	0	1	3	3	0	8	1	3	12
	Alberi di terza grandezza decidui con chioma compatta	0	1	2	1	1	5	1	1	1	3	3	1	10	1	3	15
	Alberi di seconda grandezza sempreverdi con chioma rada	0	3	3	3	3	12	3	3	3	3	3	2	17	3	3	29
	Alberi di seconda grandezza sempreverdi con chioma compatta	35359	4	4	4	4	16	4	4	4	3	3	2	20	4	3	36
	Alberi di seconda grandezza decidui con chioma rada	0	1	2	1	1	5	2	1	2	3	3	2	13	1	3	18
	Alberi di seconda grandezza decidui con chioma compatta	10610	2	3	2	2	9	3	2	3	3	3	2	16	2	3	25
		918416	2,97	0,28	1,53	1,52	6,31	0,29	0,27	0,29	2,24	2,21	0,76	6,05	1,60	2,22	12,36

Figura 6 – Indici prestazionali dello Scenario 2

6 Risultati

Gli indici prestazionali sono normalizzati dividendoli per gli indici ottenuti analizzando lo Scenario 2 massimizzato.

		INDICI PRESTAZIONALI		
		STANDARD	AGGIUNTIVA	TOTALI
		VA	VA	VA
METODOLOGIA	Scenario 0	0,91	0,92	0,92
ECOSYSTEM SERVICES BASED	Scenario 1	0,86	0,86	0,86
	Scenario 2	1,00	1,00	1,00

Figura 7 – Normalizzazione dei risultati

Esaminando gli indici prestazionali per ciascuno scenario, emerge che la componente standard di tali indici incide maggiormente sulle performance fornite dal verde.

Tra gli indici prestazionali standard quelli che presentano l'incremento maggiore a seconda degli scenari, e che quindi, influiscono di più sulle prestazioni fornite dai materiali verdi, risultano essere la mitigazione del microclima e degli inquinanti. Al contrario, quello che presenta un'incidenza minore sulle prestazioni risulta essere l'ombreggiamento.

Tra gli indici prestazionali aggiuntivi, i più influenti sulle prestazioni del verde risultano essere l'effetto frangivento e la mitigazione acustica.

Gli indici prestazionali che presentano gli incrementi minori nei vari scenari indicano come le performance a cui fanno riferimento, per il determinato contesto e alle condizioni date, non siano in grado di incidere in maniera significativa sull'efficienza dell'insediamento.

7 Discussione e conclusioni

GEA si configura come una guida che, con un approccio semplice e immediato, funge da strumento di supporto al pianificatore nella progettazione di insediamenti urbanistici efficienti, in particolare nell'uso e nella distribuzione dei materiali verdi.

Tale metodo consente di analizzare e confrontare progetti differenti, individuando le soluzioni progettuali migliori in termini di efficienza nell'uso dei materiali verdi, basandosi sulla capacità delle coperture dei suoli di fornire determinati SE.

La principale criticità riscontrata è il passaggio di scala tra la letteratura tecnico-scientifica in cui le applicazioni riguardano contesti naturali o comunque extraurbani e alla scala vasta e l'ambito di applicazione della presente metodologia, che è specificamente urbana e alla scala locale.

Ulteriore elemento di criticità è legato alla modalità di pesatura utilizzata: il ricorso alle aree come pesi fa sì che le prestazioni fornite dagli elementi verdi puntuali e lineari (alberi, arbusti e siepi), siano penalizzate rispetto alle altre, poichè dotate di superfici molto più piccole in relazione alla superficie territoriale dell'insediamento, in quanto considerate come proiezioni al suolo delle chiome dei singoli individui.

Nonostante le criticità riscontrate, si ritiene che tale studio possa fungere da base per un affinamento e una calibrazione da ottenere mediante applicazione a ulteriori e diversi casi studio, al fine di indirizzare la progettazione urbanistica degli insediamenti verso un utilizzo più consapevole dei materiali verdi.

Riferimenti bibliografici

1. Becker C.W., Giseke U., Mohren B., Richard W., The Biotope Area Factor as an ecological parameter, principles for its determination and identification of the target, *Landschaft Planen & Bauen*, (1990).
2. Bingham, G., Bishop R., Brody M., Bromley D., Clark E., Cooper W., Costanza R., Hale T., Hayden G., Kellert S., Norgaard R., Norton B., Payne J., Russell C., Suter G., Issues in ecosystem valuation: improving information for decision making. *Ecological Economics*, 14 (2), 73-90, (1995).
3. Bolund P., Hunhammar S., Ecosystem services in urban areas, *Ecological Economics*, 29 (2), 293-301, (1999).
4. Burkhard B., Kroll F., Muller F., Windhorst W., Landscapes' capacities to provide Ecosystem Services, a concept for land-cover based assessments. *Landscape Online*, 15(1), 1-12 (2009).

5. Burkhard B., Kroll F., Nedkov S., Muller F., Mapping ecosystem service supply, demand and budgets, *Ecological Indicators*, 21, 17-29 (2012).
6. Chiesura A., Verso una gestione ecosistemica delle aree verdi urbane e peri-urbane. Analisi e proposte, Rapporti Ispra 118/2010, Roma, Ispra, (2010).
7. Comitato per lo sviluppo del verde pubblico, Ministero per l'Ambiente (MATTM), Relazione annuale 2013, Roma Ministero dell'Ambiente e della tutela del territorio e del mare, 2013.
8. Comune di Bolzano, http://www.comune.bolzano.it/urb_context02.jsp?area=74&ID_LINK=512&page=6, ultimo accesso 2022/05/03.
9. Costanza R., d'Arge R., de Groot R., Farber S., Grasso M., Hannon B., Limburg K., Naeem S., O'Neill R.V., Paruelo J., Raskin R.G., Sutton P., van den Belt M., The value of the world's ecosystem services and natural capital, *Nature*, 387 (6630), 253-260, (1997).
10. Costanza R., Perrings C., Cleveland C., (a cura di), The development of ecological economics. Brookfield, Elgar, (1997a).
11. Daily G.C., Nature's Services, Societal Dependence on Natural Ecosystems, (a cura di) Gretchen C. Daily, Island Press, Washington, D.C., (1997).
12. Daly H.E., Farley, J., Ecological economics: principles and applications, Island Press, Washington, D.C., (2004).
13. de Groot R.S., Alkemade R., Braat L., Hein L., Willemsen L., Challenges in integrating the concept of ecosystem services and values in landscape planning, management and decision making, *Ecological Complexity*, 7(3), 260-272. Doi: 10.1016/j.ecocom.2009.10.006, (2010).
14. de Groot R.S., Functions of Nature: Evaluation of Nature in Environmental Planning, Management and Decision Making, Wolters-Noordhoff, Groningen, (1992).
15. Fasolino I., Coppola F., Grimaldi M., A model for urban planning control of the settlement efficiency. A case study, in *Archivio di Studi Urbani e Regionali*, LI, n. 127 (suppl.), pp. 181-210, (2020). Doi: 10.3280/ASUR2020-127-S1010.
16. Fasolino I., Coppola F., Grimaldi M., Il verde nell'organizzazione urbanistica efficiente degli insediamenti. Una proposta metodologica, in «AA.VV., Atti della XXII Conferenza Nazionale SIU. L'Urbanistica italiana di fronte all'Agenda 2030. Portare territori e comunità sulla strada della sostenibilità e della resilienza», Plenum Publisher, 1870-1874, (2020).
17. Huetting R., Functions of nature: should nature be quantified? (a cura di), What is Nature Worth to us? A collection of Articles, 1967-1970, (1970).
18. MA – Millennium Ecosystem Assessment (2005), Ecosystems and Human Well-being: Synthesis, Island Press, Washington, D.C., (2005).
19. Manes F., Silli V., Salvatori E., Incerti G., Galante G., Fusaro L. e C. Perrino, Urban ecosystem services: tree diversity and stability of PM10 removal in the metropolitan area of Rome, *Annali di Botanica* 4, 19-26, (2014).
20. Rodriguez N., Armenteras D., Retana J., National ecosystems services priorities for planning carbon and water resource management in Colombia, *Land Use Policy* 42, 609-618, (2015).
21. Santolini R., Morri E., Pasini G., Giovagnoli G., Morolli C., Salmoiraghi G., Assessing the quality of riparian areas: the case of River Ecosystem Quality Index applied to the Marecchia river (Italy), *International Journal of River Basin Management* 13(1), 1-16, (2015).

22. Williams F., This is your brain on nature. National Geographic, 229 (1): 48-68, (2016).