



EUFORICC

Establishing Urban FORest based solutions In Changing Cities

INDICATORI

Indicatori per il monitoraggio della *performance* delle foreste urbane
nell'ottica dell'ottimizzazione dei servizi ecosistemici e
della minimizzazione dei disservizi



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI DELLA
TUSCIA



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI DI BARI
ALDO MORO

ROMA
TRE
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DEL MOLISE

AUTORI

CNR – IRET (*coordinamento EUFORICC*)

Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto di Ricerca sugli Ecosistemi Terrestri

Coordinatore: CARLO CALFAPIETRA

SILVANO FARES (CNR – IBE; CNR – ISAFOM)

ROCCO PACE (EURAC)

GREGORIO SGRIGNA (Project manager)

UNIBA – DISAAT

Università di Bari – Dipartimento di Scienze agro-ambientali e territoriali

Coordinatore: GIOVANNI SANESI

GIUSEPPINA SPANO (UNIBA – For. Psi. Com)

UNIFI – DAGRI

Università di Firenze – Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agrarie, Alimentari, Ambientali e Forestali

Coordinatore: FABIO SALBITANO (Dip. Agraria UNISS); DAVIDE TRAVAGLINI

CLAUDIA COCOZZA

LUCIA MONDANELLI

ANDREW FRANCIS SPEAK

UNIMOL – DiBT

Università del Molise – Dipartimento di Bioscienze e Territorio

Coordinatore: BRUNO LASSERRE

ELENA DI PIRRO

MARCO MARCHETTI

LORENZO SALLUSTIO

UNIROMA3 – DSF

Università di Roma Tre – Dipartimento di Scienze della Formazione

Coordinatore: ANGELO PANNO (UER)

GIUSEPPE CARRUS

ANNALISA THEODOROU (DPPSS - UNIROMA1)

UNITUS – DIBAF

Università della Toscana – Dipartimento per la Innovazione nei sistemi Biologici Agroalimentari e Forestali

Coordinatrice: MARIAGRAZIA AGRIMI

ENRICA ALICANDRI

ELENA KUZMINSKY

EMANUELA MASINI

FEDERICO VALERIO MORESI

LUIGI PORTOGHESI

ANDREA ROSARIO PROTO (Dip. Agraria - UNIRC)

ANTONIO TOMAO (DI4A - UNIUD)

Forma consigliata di citazione: AA. VV., 2023. *Linee Guida, Indicatori, Protocolli e Modelli*. Esiti del Progetto di Ricerca PRIN EUFORICC - Establishing Urban FOREst based solutions In Changing Cities - 20173RRN2S. Ed. Compagnia delle Foreste. Doi: 10.5281/zenodo.7950680



Progettazione grafica e impaginazione a cura di

Compagnia delle Foreste S.r.l. - www.compagniadelleforeste.it



EUFORICC

Establishing Urban FORest based solutions In Changing Cities

Durante lo svolgimento del progetto PRIN EUFORICC (*Establishing Urban FORest based solutions In Changing Cities*), le numerose ricerche compiute in concerto tra le sei unità di ricerca afferenti al progetto hanno contribuito ad individuare una lista di indicatori per il monitoraggio e la gestione delle foreste urbane. Il monitoraggio delle sfide socio-ambientali e la gestione delle foreste urbane passano per l'uso di strumenti qualitativi/quantitativi in grado di valutare l'impatto di una determinata struttura: ovvero degli indicatori, sia di influenza che di *performance*. Questo tipo di strumento permette di stimare il progresso di un progetto di verde urbano, intrapreso con l'intento di raggiungere obiettivi specifici. Inoltre, può guidare chi si occupa di verde urbano nella scelta di specifici interventi sulla foresta urbana esistente.

Questo volume è collegato alle due pubblicazioni "Linee Guida" e "Protocolli e Modelli". Il primo fornisce indicazioni generali per la pianificazione e la gestione delle foreste urbane, il secondo permette un approfondimento metodologico per il monitoraggio degli indicatori stessi qui elencati.

Buona lettura da parte di tutto il gruppo di lavoro EUFORICC

INDICE

5

INTRODUZIONE

7

CAMBIAMENTO CLIMATICO

8

Carbonio immagazzinato e biomassa arborea

9

Temperatura, comfort termico e ombreggiamento

9

Esposizione a rischi naturali

10

GESTIONE AREE VERDI

11

Accessibilità e fruibilità delle aree verdi

11

Percezione dei servizi e disservizi ecosistemici

11

Percezione estetica e valore ornamentale

12

Area fogliare

13

Valutazione di disservizi basata sul censimento del verde

14

Conservazione di alberi veterani nelle ville storiche

14

Pianificazione e gestione di aree boscate periurbane

15

Alberature stradali e tempeste di vento: modello concettuale

17

INQUINAMENTO ATMOSFERICO E VEGETAZIONE

18

Esposizione temporale

18

Esposizione popolazione

19

Mitigazione tramite vegetazione

20

RIGENERAZIONE LOCALE: POLITICHE E PIANIFICAZIONE IN AMBITO URBANO

20

Frequenza di termini e investimenti dedicati alle NBS nei documenti strategici

21

Indice di qualità/degrado degli habitat ed ecosistemi

21

Verde totale per unità di superficie

22

Appartenenza dei comuni a *cluster* verde urbano

22

Guida alla selezione di NBS multifunzionali in base alle criticità territoriali

23

COSCIENZA SOCIALE, SALUTE E BENESSERE

24

Salute mentale e benessere

25

Coinvolgimento cittadini

26

Comportamenti virtuosi

26

Percezione salute mentale e benessere

27

Rischio e prevenzione incendi

27

Coesione e interazione sociale

28

BIBLIOGRAFIA

INTRODUZIONE

Il verde urbano svolge un ruolo essenziale nel migliorare la qualità della vita nelle città, fornendo benefici ecologici, sociali ed economici.

Due definizioni chiave del verde urbano che aiutano a comprenderne il ruolo fondamentale sono quelle di “green infrastructure” (GI, infrastrutture verdi) e “Nature-based Solutions” (NBS, soluzioni basate sulla natura). Riportiamo una breve definizione per entrambi: il termine GI si riferisce alla rete di elementi naturali e artificiali, come parchi, giardini, alberi e corsi d’acqua, che contribuiscono a migliorare la qualità dell’ambiente urbano. Con NBS, invece, si fa riferimento a quelle soluzioni basate sulla natura che utilizzano elementi naturali per affrontare sfide urbane come il cambiamento climatico, l’inquinamento dell’aria e dell’acqua e la perdita di biodiversità. La definizione delle NBS dunque, include già un fine applicativo per affrontare specifiche sfide ambientali. **Per un ulteriore approfondimento, si veda il glossario del documento Linee Guida, output di progetto del PRIN EUFORICC, collegato al presente testo.**

All’interno del gruppo delle NBS, gli alberi, specialmente in contesti urbani, rappresentano uno strumento fondamentale per la loro efficacia nel fornire una vasta gamma di servizi ecosistemici di vitale importanza. Infatti, gli alberi sono in grado di ridurre la temperatura ambientale attraverso l’ombreggiamento e l’evaporazione dell’acqua dalle foglie, contribuendo a ridurre l’effetto dell’isola di calore. In secondo luogo, forniscono un habitat vitale per numerose specie di piante e animali, contribuendo alla conservazione della biodiversità e alla creazione di corridoi ecologici per la migrazione degli animali. Inoltre, gli alberi svolgono un ruolo importante nella riduzione dell’inquinamento atmosferico, attraverso la cattura di particelle sospese e gas nocivi come l’ossido di azoto e l’ozono, che vengono assorbiti dalle foglie, sia all’interno che sulle loro superfici. Sotto un aspetto di larga scala poi, gli alberi svolgono un ruolo critico nella regolazione del ciclo dell’acqua, attraverso la traspirazione delle foglie, che raffredda l’ambiente e aumenta l’umidità atmosferica, favorendo la precipitazione e la conser-

vazione dell’acqua nel suolo. Tramite le radici, le foreste urbane sono in grado di assorbire grandi quantità di acqua dal suolo, riducendo il rischio di inondazioni e migliorando la qualità dell’acqua sotterranea. Infine, gli alberi svolgono un ruolo chiave nella mitigazione del cambiamento climatico, con l’assorbimento della CO₂ attraverso la fotosintesi e il suo immagazzinamento nella biomassa e nel suolo.

Gli alberi rappresentano dunque uno strumento cruciale per favorire la trasformazione delle città in bio-comunità sane e resilienti. La loro capacità di fornire una vasta gamma di servizi ecosistemici è di fondamentale importanza per il benessere umano e per la conservazione degli ecosistemi naturali. L’importanza delle foreste urbane nel miglioramento della qualità della vita nelle città è stata ampiamente dimostrata. Tuttavia, per garantire l’efficacia e la sostenibilità di queste infrastrutture, è fondamentale monitorare e valutare i loro impatti in modo sistematico e integrato. Uno strumento essenziale per il monitoraggio e la valutazione dell’efficacia di queste infrastrutture è dunque quello di specifici indicatori. A loro volta, gli indicatori possono essere impiegati in specifici contesti territoriali per guidare e migliorare sia le politiche ambientali di riferimento che la pianificazione.

In questo contesto, il presente testo ha lo scopo di descrivere i principali indicatori utili sia per il monitoraggio sia per la pianificazione di foreste urbane orientate all’ottimizzazione dei servizi (UES) e al controllo dei disservizi ecosistemici (UEDS). **I 25 indicatori** identificati dal progetto EUFORICC vengono qui presentati all’interno di **cinque ambiti di riferimento**:

- 1) Cambiamento climatico;**
- 2) Gestione aree verdi;**
- 3) Inquinamento atmosferico e vegetazione;**
- 4) Politiche e pianificazione in ambito urbano;**
- 5) Coscienza sociale, salute e benessere.**

La scelta di questi ambiti di riferimento si basa sulla loro rilevanza per il raggiungimento degli obiettivi di sviluppo urbano sostenibile, in particolare per la mitigazione del cambiamento climatico e la riduzione

dell'impatto dell'inquinamento atmosferico nelle città. Tutti gli indicatori sono collegati alle esperienze scientifiche e di ricerca promosse dal gruppo EUFORICC, sia dalle singole unità di ricerca afferenti al progetto sia da una collaborazione tra le stesse. In questa pubblicazione viene descritto in dettaglio ciascun indicatore, la sua rilevanza nell'ambito di riferimento e i metodi utilizzati per la sua misurazione.

Il presente documento è stato redatto a partire dalla fruttuosa esperienza del Prin EUFORICC per la realtà nazionale italiana ed ha come punti di riferimento due importanti pubblicazioni pregresse presentate dalla Commissione Europea. La prima, il report "EKLIPSE" del 2017 ("An impact evaluation framework to support planning and evaluation of nature-based solutions projects") che costituisce il **primo grande documento riassuntivo sul tema, redatto al fine di semplificare l'identificazione e la descrizione degli indicatori da parte degli addetti ai lavori nell'ambito del verde urbano**. Il documento ha evidenziato 10 aree tematiche in cui raggruppare una corposa lista di indicatori. Il secondo, più recente ovvero la pubblicazione "Handbook for practitioners" (2021), presenta una lista ancor più ampia di indicatori, afferente a 12 aree tematiche e integra quella presentata in "EKLIPSE".

Delle 12 aree tematiche individuate in quest'ultima pubblicazione, 5 sono strettamente legate alle attività compiute e ai relativi *output* del progetto EUFORICC. Entrambi i documenti sono scaricabili dal sito del progetto (www.euforicc.it) nella sezione "strumenti utili".

Rispetto alle precedenti pubblicazioni sopra citate, **la lista degli indicatori di monitoraggio individuata a partire dalle attività del gruppo EUFORICC è stata strutturata per soddisfare le peculiari esigenze della realtà nazionale italiana**. Inoltre, data l'esplícita attenzione del progetto rivolta alle foreste urbane, gli indicatori presentati sono principalmente riferiti alle infrastrutture verdi che includono alberature. Come ulteriore elemento di approfondimento, per la maggioranza degli indicatori è possibile consultare specifici protocolli di monitoraggio delle infrastrutture verdi, testati durante il progetto stesso in attività di ricerca sul campo. Infine, per quegli indicatori che non presentano specifici protocolli di monitoraggio, vengono indicati i principali riferimenti bibliografici (letteratura *peer-reviewed* su pubblicazioni internazionali) di ricerche internazionali in grado di fornire indicazioni utili.



CAMBIAMENTO CLIMATICO



L'urbanizzazione rapida e la crescita della popolazione hanno portato ad un aumento dell'impatto delle attività umane sull'ambiente, specialmente in ambito urbano. In questo contesto, gli alberi urbani rappresentano una risorsa preziosa per migliorare la qualità della vita nelle città, attraverso la fornitura di una vasta gamma di servizi ecosistemici.

L'importanza degli alberi nell'offrire questi servizi può essere cruciale considerando gli scenari futuri caratterizzati da un inasprimento delle condizioni ambientali innescato proprio dal cambiamento climatico. Per questo motivo, la valutazione dei servizi ecosistemici forniti dagli alberi urbani e il loro monitoraggio costante sono essenziali per promuovere la sostenibilità ambientale e la resilienza delle città nel contesto del cambiamento climatico.

Le previsioni sugli effetti del cambiamento climatico mostrano una tendenza all'aumento degli eventi estremi come siccità, ondate di calore, precipitazioni intense e tempeste di vento. Negli ambienti urbani gli impatti degli eventi estremi sono amplificati e rappresentano un rischio per la salute e il benessere delle persone che vivono in città.

Nelle aree urbanizzate, dove le superfici artificiali e impermeabilizzate prevalgono rispetto agli spazi verdi, si registrano temperature superiori rispetto alle zone rurali limitrofe per effetto delle isole di calore urbano. Un recente studio realizzato dal Centro Euro-Mediterraneo sui Cambiamenti Climatici, che ha preso in esame sei città italiane (Bologna, Milano, Napoli, Roma, Torino, Venezia), ha evidenziato un aumento del rischio di mortalità associato alle ondate di calore (SPANO *et al.*, 2021).

Il consumo di suolo e l'impermeabilizzazione del terreno rappresentano poi un'ulteriore criticità in caso di precipitazioni intense, aumentando i rischi connessi

alle alluvioni e ai fenomeni di allagamento. Le infrastrutture verdi svolgono un'importante funzione di regolazione del clima e possono contribuire a mitigare gli effetti del cambiamento climatico nelle città, creando condizioni più salubri e confortevoli per la vivibilità dei cittadini.

L'ombreggiamento generato dalle chiome degli alberi e il raffrescamento prodotto dalla vegetazione sono benefici diretti che le persone percepiscono facilmente nei caldi mesi estivi, specie quando si verificano temperature molto elevate associate alle ondate di calore. Inoltre, gli alberi in ambiente urbano svolgono un ruolo importante per ridurre la concentrazione di anidride carbonica in atmosfera, contribuendo in questo modo a contrastare il cambiamento climatico e a prevenire le conseguenze del riscaldamento globale. Le barriere vegetali e i tetti verdi possono attenuare il rumore in città, fungere da frangivento per proteggere gli edifici e intercettare e filtrare il deflusso delle acque piovane.

In questa prima sezione, vengono presentati i principali indicatori utilizzati per il monitoraggio dei servizi ecosistemici forniti dagli alberi urbani e altre NBS, legati al contesto del cambiamento climatico.

I principali indicatori sono di seguito elencati:

- a. Carbonio immagazzinato e biomassa arborea;
- b. Temperatura, comfort termico e ombreggiamento;
- c. Esposizione a rischi naturali.

CARBONIO IMMAGAZZINATO E BIOMASSA ARBOREA

Seppur in misura minore rispetto alle ampie aree forestali, anche le foreste urbane svolgono il proprio ruolo nella mitigazione del cambiamento climatico attraverso l'assorbimento e lo stoccaggio del carbonio. L'assorbimento del carbonio è il processo attraverso cui gli organismi vegetali incamerano la CO_2 dall'atmosfera attraverso la fotosintesi e scindendo la molecola di CO_2 , fissano all'interno di molecole organiche il carbonio inorganico dell'anidride carbonica. Questo processo permette la conversione del carbonio in biomassa e la produzione di ossigeno. Le strutture legnose e la biomassa in generale sono un importante serbatoio di carbonio, assorbendo e immagazzinando grandi quantità di questo gas serra dall'atmosfera. La biomassa arborea, ovvero la massa totale delle piante, è dunque un ottimo indice sia per stimare la quantità di carbonio assorbito per la fotosintesi, sia per stimarne la quantità di quello immagazzinato da una foresta urbana.

Tuttavia, la quantità di carbonio assorbito e immagazzinato dipende dalla salute degli alberi e dalla loro età. Alberi sani e ben curati sono in grado di assorbire e immagazzinare maggiori quantità di CO_2 rispetto a quelli sottoposti a forti stress ambientali o senescenti. Pertanto, la cura e la manutenzione delle foreste urbane sono essenziali per massimizzare i benefici che possono offrire alle città e all'ambiente circostante.

In una recente pubblicazione (TRILICA *et al.* 2020), viene riportata l'importanza cruciale della chioma degli alberi nell'assorbimento del carbonio, spesso mal gestita con potature troppo aggressive. Inoltre viene sottolineata l'efficienza di alberi giovani rispetto a quelli senescenti nell'assorbimento del carbonio da parte della foresta urbana.

L'assorbimento di carbonio dalle piante, o "carbon uptake", è la quantità di anidride carbonica che viene assorbita dalle piante durante la fotosintesi. La biomassa arborea rappresenta la quantità di materia organica presente nelle piante arboree, che è importante per la qualità dell'aria, la biodiversità e il benessere umano. Monitorare questi indicatori in ambiente urbano è fondamentale per comprendere l'impatto delle attività umane sull'ambiente e per sviluppare strategie efficaci di gestione e pianificazione urbana sostenibile.

Parametri misurabili

- Biomassa arborea (t)
- Carbonio immagazzinato nella foresta urbana (t)
- Carbonio assorbito (ad esempio in 1 anno) dalla foresta urbana (t/anno)

PROTOCOLLI DI RIFERIMENTO: CNR-IRET #1; #5.



TEMPERATURA, COMFORT TERMICO E OMBREGGIAMENTO

Gli effetti del cambiamento climatico sono spesso amplificati dall'ambiente urbano e le foreste urbane, anche in questo contesto svolgono un ruolo cruciale nella mitigazione di tali effetti. Gli alberi possono ridurre significativamente la temperatura dell'aria, migliorando di conseguenza il comfort termico degli abitanti e riducendo i rischi per la salute derivanti dalle ondate di calore estreme. La presenza di un'ampia e ben strutturata foresta urbana è quindi in grado di mitigare in modo sostanziale l'effetto dell'isola di calore urbana. Quest'ultimo fenomeno si verifica quando la temperatura dell'aria nelle città è significativamente più alta rispetto alle aree circostanti a causa della mancanza di spazi verdi e dell'eccesso di superfici impermeabili come il cemento e l'asfalto. Le alberature urbane possono abbassare la temperatura dell'aria attraverso l'ombreggiamento naturale, che riduce l'irradiazione solare diretta sulle superfici delle città. Inoltre, la vegetazione rilascia vapore acqueo, che contribuisce alla riduzione della temperatura dell'aria, attraverso un processo noto come evaporazione. Le foreste urbane migliorano anche il comfort termico degli abitanti delle città. Infatti, le temperature elevate nelle città possono causare stress termico, disidratazione e altri problemi di salute. Infine, oltre a quelli elencati nel precedente paragrafo, le foreste urbane hanno anche un positivo effetto indiretto sulle emissioni di CO₂ in atmosfera: le foreste urbane possono ridurre la necessità di utilizzare l'aria condizionata nelle abitazioni e negli edifici, riducendo così i costi energetici e le emissioni di gas serra.

Parametri misurabili

- Temp. dell'aria e comfort termico: Wet Bulb Globe Temp. (WBGT); Universal Therm. Comf. Index (UTCI)
- Frequenza ondate di calore, giorni/anno con Tmax>35 °C e Tmin>20 °C. Risoluzione 1 km²
- Esposizione abitanti sopra standard qualità ambientale (4 g. ondate di calore/anno. Risoluzione 1 km²)

PROTOCOLLI DI RIFERIMENTO: CNR-IRET #3; UNIFI #2; UNIMOL #5.

MODELLO DI RIFERIMENTO: UNIMOL #1.

ESPOSIZIONE A RISCHI NATURALI

Molte delle città italiane sono soggette a inondazioni periodiche o si trovano in zone a rischio idrogeologico. Fattori quali la crescente impermeabilizzazione del suolo e la mancanza di spazi verdi in grado di assorbire l'acqua contribuiscono ad acutizzare un fenomeno di alto rischio per la popolazione delle città sempre più frequente. Una foresta urbana ben strutturata e gestita contribuisce a mitigare gli effetti delle alluvioni in diversi modi. In primo luogo, gli alberi assorbono direttamente l'acqua piovana, riducendo la quantità di acqua che arriva nelle strade e nei sistemi di drenaggio delle città. Inoltre, le radici degli alberi aiutano a fissare il terreno e a prevenire l'erosione, riducendo il rischio di frane e alluvioni. In secondo luogo, le foreste urbane possono aiutare a regolare la temperatura delle città, riducendo la quantità di acqua evaporata dalle superfici pavimentate. In questo modo, le foreste urbane possono aiutare a ridurre la frequenza e l'intensità delle piogge torrenziali, che spesso causano alluvioni.

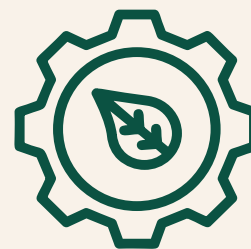
Parametri misurabili

- Tempi di ritorno fenomeni alluvionali (0-50 anni, 100-250 anni; >250 anni). Risoluzione 1km²
- Esposizione abitanti sopra standard di qualità ambientale (probabilità di tempo di ritorno<250 anni). Risoluzione 1 km²

PROTOCOLLI DI RIFERIMENTO: UNIMOL #5; CNR-IRET #1.

MODELLO DI RIFERIMENTO: UNIMOL #1.

GESTIONE AREE VERDI



Il tema della gestione delle aree verdi a componente arborea prevalente (sistemi di alberi e superfici boscate), considera aspetti pianificatori compresa la progettazione di nuovi spazi.

Per svolgere in modo fruttuoso queste attività è necessario, in primo luogo, comporre conoscenze scientifiche e tecniche connesse agli aspetti ecologico-funzionali e al ciclo vitale degli elementi vegetali e dei popolamenti forestali. Tuttavia, nel contesto urbano e periurbano la vegetazione arborea e le formazioni forestali sono specificamente connotate da forme d'uso, vincoli, modalità di fruizione che ne possono condizionare in modo vario sia la funzionalità bioecologica sia la fornitura dei benefici attesi. L'influenza dell'ecosistema città sulle infrastrutture verdi implica la consapevolezza (e la conoscenza) di alcuni condizionamenti, di diversa intensità, che possono essere attenuati se considerati con attenzione e compresi alla luce di una necessaria integrazione di saperi e uso di tecnologie, comprendendo anche altre discipline che spaziano dall'architettura, all'urbanistica e alle scienze sociali, con il supporto dello sviluppo tecnologico.

A questo scopo, sono stati identificati i seguenti indicatori da considerare per il monitoraggio e la gestione delle aree verdi:

- a. Accessibilità e fruibilità;
- b. Percezione dei servizi e disservizi ecosistemici;
- c. Percezione estetica;
- d. Area fogliare;
- e. Valutazione di disservizi basata sul censimento del verde;
- f. Conservazione di alberi veterani nelle ville storiche;
- g. Pianificazione e gestione di aree arboree boscate periurbane;
- h. Alberature stradali e tempeste di vento: modello concettuale.

La considerazione di questi fattori rafforza la consapevolezza della complessità dei principi, dei sistemi e dei metodi necessari per la gestione efficace del capitale naturale, con l'obiettivo di limitare o evitare con cura il verificarsi di disservizi ecosistemici che riducono l'intensità e la durata dei benefici attesi dai fruitori.



ACCESSIBILITÀ E FRUIBILITÀ DELLE AREE VERDI

L'accessibilità e la fruibilità delle aree verdi urbane e periurbane rappresentano due elementi chiave per valutare la disponibilità all'uso di questi beni sia pubblici che privati. Entrambe sottendono la lettura del territorio mediante analisi cartografiche su base GIS per:

- i. identificare le aree verdi;
- ii. determinare la loro ampiezza;
- iii. valutare la loro distribuzione nel tessuto urbano, distinguendole in base alle funzioni e al tipo di servizi disponibili per i fruitori.

Parametri misurabili

Accessibilità:

- Numero abitanti con almeno un'area verde di 5.000 m² raggiungibile in 15 min. a piedi dall'abitazione
- Numero di punti di accesso lungo il perimetro delle aree verdi
- Disponibilità o meno all'uso pubblico o accesso limitato a specifici gruppi sociali
- Numero di barriere architettoniche tra utente e aree verdi

Fruibilità:

- Percentuale di aree verdi con presenza di strutture di supporto alle attività degli utenti (percorsi, panchine, strutture per attività ginniche, ecc.)
- Numero e tipologia di servizi presenti al loro interno (panchine, sentieri, campi da gioco, percorsi viari interni, servizi igienici, ecc.)
- Opportunità ricreative delle GI (numero attività/area); Soddisfazione derivante da GI (valutazione da parte degli utenti mediante la somministrazione di questionari)

PROTOCOLLO DI RIFERIMENTO: UNITUS #10.

PERCEZIONE DEI SERVIZI E DISSERVIZI ECOSISTEMICI

Le aree verdi urbane a copertura arborea prevalente e le aree boscate periurbane sono spazi fondamentali per il benessere e la qualità della vita dei cittadini, ai quali possono offrire numerosi benefici ambientali e sociali. La gestione della vegetazione e dei servizi e della fruizione rappresentano gli elementi chiave per la fornitura dei servizi ecosistemici. Tuttavia, una gestione tecnicamente e qualitativamente inappropriata finisce per determinare la presenza di alcuni disservizi percepiti dai cittadini come elementi negativi. Interpellare i fruitori delle aree verdi tramite appositi questionari è molto utile per rivelare la percezione dei disservizi. I risultati delle indagini rivelano aspetti importanti relativi all'espressione della volontà del pubblico di "partecipare" e sostenere la gestione del verde urbano e periurbano.

Parametri misurabili

- Percentuale di popolazione (per categorie sociali, educative, anagrafiche e di genere) che esprime familiarità con il concetto di servizi ecosistemici
- Percentuale di popolazione che manifesta valutazioni su almeno il 50% dei servizi e disservizi ecosistemici riportati in questionari standard
- Percentuale di manifestazioni di preferenza di specie arboree collegate con l'erogazione di servizi ecosistemici

PROTOCOLLO DI RIFERIMENTO: UNIFI #2.

PERCEZIONE ESTETICA E VALORE ORNAMENTALE

Gli Alberi Fuori Foresta (AFF), rappresentano fonti essenziali per l'erogazione di servizi ecosistemici. Per AFF si intendono tutti quegli alberi o gruppi di alberi presenti in aree non appartenenti alle categorie "foreste" e "altre terre boscate", in quanto non raggiungono le soglie minime di estensione, larghezza, copertura

e altezza a maturità fissate per queste categorie dalla definizione della FAO. Indipendentemente dalla loro estensione, possono dunque essere ritrovati in contesti naturali, agricoli o urbani, influenzando anche la preferenza paesaggistica da parte della popolazione. Considerare l'influenza che la preferenza paesaggistica gioca sulla fornitura di servizi ecosistemici culturali può supportare la politica e la pianificazione del paesaggio nel favorire o ostacolare la diffusione degli AFF a seconda dei diversi contesti territoriali. Questo indicatore supporta la valutazione della preferenza paesaggistica per gli AFF lungo un gradiente urbano-rurale-naturale e in relazione a diversi livelli di eterogeneità paesaggistica. L'indicatore è stato sviluppato grazie ad un esperimento di scelta visuale (foto) dove 360 intervistati hanno espresso la loro preferenza paesaggistica per gli AFF in diversi contesti. Dai risultati dell'esperimento emerge che gli AFF sono esteticamente preferiti in contesti urbani.

Parametri misurabili

- Preferenza della popolazione di presenza alberi fuori foresta in ambienti urbani / rurali / naturali

PROTOCOLLO DI RIFERIMENTO: UNIMOL #1.

AREA FOGLIARE

La determinazione del dato di area fogliare degli alberi urbani è fondamentale per la stima dei servizi ecosistemici da parte degli alberi nelle città. Tale dato indica la superficie totale delle foglie degli alberi e fornisce informazioni sulle capacità di filtrazione dell'aria e sulla produzione di ossigeno. Gli alberi urbani sono in grado di fornire numerosi benefici ecologici e sociali, tra cui il miglioramento della qualità dell'aria, la riduzione del rumore, la mitigazione del cambiamento climatico e la creazione di habitat per la fauna selvatica. L'area fogliare è un indicatore importante della salute e della produttività degli alberi: tanto maggiore è l'area fogliare degli alberi tanto più alta sarà la quantità di anidride carbonica che viene assorbita e la quantità di ossigeno che viene prodotta. Inoltre, le foglie sono in grado di catturare particolato e inquinanti presen-

ti nell'aria, migliorando la qualità dell'aria stessa. Il monitoraggio dell'area fogliare degli alberi urbani può essere utilizzato per valutare la salute degli stessi, identificare eventuali carenze nutritive e monitorare gli effetti dei cambiamenti climatici.

L'area fogliare può quindi essere un indicatore chiave per la massimizzazione di un ampio spettro di servizi ecosistemici delle foreste urbane. Il monitoraggio di questo dato può aiutare le autorità locali e i responsabili della gestione del verde pubblico a prendere decisioni informate per migliorare la qualità della vita dei cittadini e promuovere la sostenibilità urbana.

Un metodo largamente utilizzato per acquisire e gestire tale dato è quello di utilizzare il LAI (*Leaf Area Index* - Indice di area fogliare). Il LAI mette in relazione la misura della superficie fogliare totale rispetto all'area del terreno in cui crescono le piante. Per determinare il LAI possono essere impiegate diverse tecniche, di cui una delle più comuni è quella di utilizzare strumenti in grado di misurare l'altezza della chioma arborea e il diametro delle piante. Le misure avvengono sia con metodi diretti (per esempio campionamenti distruttivi) o con metodi indiretti basati su foto emisferiche o impiego di appositi strumenti come LAI Plant Canopy Analyzer. In alternativa, le immagini satellitari ad alta risoluzione possono essere utilizzate per determinare il LAI. Questo metodo sfrutta l'uso di sensori che sono in grado di rilevare la quantità di radiazione riflessa dalle piante. Questi dati possono essere elaborati utilizzando algoritmi specifici per determinare il LAI. Per applicazioni a scala urbana risultano particolarmente efficaci i dati telerilevati da piattaforma aerea con sensori *laser scanning* (LiDAR).

L'Indice di Area Fogliare, oltre ad essere un indicatore utile per valutare la gestione delle aree verdi, è una variabile importante per modellizzare la capacità della vegetazione in ambiente urbano di ridurre la concentrazione degli inquinanti aerei.

Parametri misurabili

- Misure *in situ* area fogliare (LAI)
- Stima spazializzata del LAI integrando misure a terra con dati telerilevati

PROTOCOLLI DI RIFERIMENTO: UNIFI #1; CNR-IRET #5.

VALUTAZIONE DI DISSERVIZI BASATA SUL CENSIMENTO DEL VERDE

La collocazione degli alberi urbani, e in particolare degli alberi stradali, implica in diversi casi l'instaurarsi di condizioni conflittuali che possono generare disservizi ecosistemici. Un'esperienza di valutazione di questi ultimi è stata sviluppata a partire dai dati di un censimento del verde esistente. Il riferimento è alla Legge n. 10/2013 "Norme per lo sviluppo degli spazi verdi urbani" che stabilisce che tutti i comuni sopra i 15.000 abitanti debbano dotarsi di un catasto degli alberi. Dalla base di dati disponibile sono stati creati gruppi (strati) di specie e/o tipologie di strutture arboree (via- le alberato, aiuola, albero isolato, ecc.) che prevedono una numerosità di individui minima ($n > 30$). Successivamente, è stato estratto un campione di alberi per ciascun gruppo in modo che la probabilità di selezione nel campione sia proporzionale alle dimensioni dell'albero. Tale scelta metodologica deriva dall'ipotesi che più grandi sono gli alberi, maggiori sono i servizi e i disservizi forniti: in tal modo si prevede una maggiore precisione delle stime dei valori medi o totali per la popolazione di alberi urbani considerata.

La stima dei valori servizi/disservizi con carattere qualitativo è stata determinata sommando i valori di presenza/assenza (1, 0) degli indicatori rilevanti per quel servizio/disservizio e riscalandolo la somma risultante tra 0 e 1 mediante il metodo di normalizzazione min-max. Gli indicatori, desunti dalle schede censuarie, riguardano tutte le diverse alterazioni rilevate a livello di apparato radicale, colletto, fusto e chioma. La coesistenza di alcuni di essi concorre al tipo di danno individuato. Sono stati individuati quattro tipi di danno:

- danno alla pavimentazione;
- danno funzionale;
- danno estetico;
- propensione al cedimento.

Parametri misurabili

Categorie di danno riferite a chioma, fusto, radici, colletto:

- Stato di conservazione
- Alterazioni o ferite
- Problemi fitosanitari
- Conflitti con strutture e sotto-servizi

L'uso di metodologie non distruttive, tramite georadar e tomografia sonica, può risultare, inoltre, di notevole utilità, per la diagnosi dell'integrità dei tessuti legnosi e la distribuzione degli apparati radicali. Nelle opportune condizioni di esplorazione, l'uso del georadar consente di mappare l'andamento degli apparati radicali nel primo sottosuolo e di stimare la biomassa presente al di sotto del primo sottosuolo. Queste informazioni possono essere utilizzate per la gestione del patrimonio arboreo, con particolare riferimento alla regolamentazione dei lavori per la riduzione di conflitti tra alberature stradali con pavimentazioni e sottoservizi. Nell'ambito dell'applicazione della tomografia sonica, le immagini e le tabelle elaborate sulla base dei rilievi consentono ai tecnici di misurare gli spessori di legno sano, l'estensione delle alterazioni ed il loro andamento progressivo nel tempo. Si tratta di informazioni utili e a volte necessarie per stabilire le classi di rischio degli alberi esaminati. Per le analisi radicali, la tecnica permette di rilevare la distribuzione spaziale della struttura radicale principale per verificare la presenza o meno di tali radici che potrebbero essere intercettate dagli interventi di scavo in ambiente urbano in prossimità dell'albero.

Le indagini di campo, effettuate da esperti dendrometri per costituire le basi di dati inventariali degli alberi urbani, possono essere supportate in modo efficace mediante l'uso di nuove tecnologie digitali. L'esperienza effettuata da PACE *et al.* (2022) ha dimostrato che l'uso di smartphone con Lidar ed applicazioni dedicate può rappresentare un'opzione pratica e affidabile in selvicoltura urbana per le misurazioni degli alberi. Si tratta di dispositivi *user-friendly* che possono prestarsi utilmente anche per la *citizen science* di ausilio alla gestione del capitale verde nelle città.

Le analisi inventariali basate sui dati del censimento del verde potranno essere ulteriormente sviluppate utilizzando la valutazione del Valore ornamentale dei singoli alberi. Lo scopo è di impostare ulteriori verifiche sul piano economico della buona conduzione del patrimonio, in relazione alla scelta delle piante di diverse classi dimensionali.

PROTOCOLLI DI RIFERIMENTO: UNITUS. #3; #4; #8; CNR-IRET #5.

CONSERVAZIONE DI ALBERI VETERANI NELLE VILLE STORICHE

Le ville storiche sono complessi monumentali di elevato valore storico-artistico che comprendono al loro interno sistemi vegetali diversi. In questi ambiti la vegetazione arborea, diversificata per specie, età origine e posizione, si trova a condividere lo spazio in modo vario con edifici, architetture, manufatti e sottoservizi. Le norme in vigore (D.Lgs. n. 63/2008 a modifica del D.Lgs. n. 42/2004, L. n. 10/2013 e decreto attuativo dell'art. 7 della L. n. 10/2013 D. I. 23 ottobre 2014, G.U. 18 novembre 2014 n. 268) riconoscono la tutela degli alberi monumentali per il loro valore eco-biologico al pari del patrimonio culturale nazionale. Tuttavia, l'attuale mancanza di linee guida per la pianificazione e la gestione così come l'esecuzione di interventi tecnici discontinui o inefficaci possono influire sulla probabilità di rischio di danni a persone e monumenti, sulla sopravvivenza stessa degli alberi. Il protocollo interdisciplinare utilizzato per mettere in atto una strategia di salvaguardia degli alberi monumentali veterani presenti nelle ville storiche è stato messo a punto da CIAFFI *et al.*, 2018 (Protocollo COVE - Conservation of VETERAN trees) ed è stato applicato alla specie *Platanus orientalis* L. (platano orientale) elemento compositivo vegetale caratteristico di diverse ville di epoca rinascimentale del Lazio (CIAFFI *et al.* 2022). Le esperienze positive di propagazione vegetativa ottenute per il platano orientale, possono essere adottate anche per altri esemplari di alberi/arbusti che per motivi storici rivestono un'importanza culturale rilevante, mantenendo inalterato il loro patrimonio genetico. Mediante le stesse tecniche è possibile ottenere materiale sperimentale sano su cui testare l'effetto di parametri ambientali o l'attacco di nuovi patogeni/insetti per selezionare i genotipi più resistenti da impiegare nel rimpiazzo graduale degli individui senescenti o per piantare nuovamente le specie, secondo gli schemi originali del giardino, in zone prive di vegetazione.

Parametri misurabili

- Scelta dell'albero simbolo dei luoghi: ricerche di archivio per l'acquisizione di informazioni storiche, indagini sullo stato attuale (gestione tecnica, vincoli)
- Identificazione tassonomica: analisi morfologica, caratterizzazione genetica

molecolare, caratterizzazione della variabilità genetica, raccolta di campioni e analisi di laboratorio;

- Inventario degli alberi in ambiente GIS: rilievo delle coordinate tramite GPS con precisione sub-metrica, Mappatura georeferenziata; Rilievi dendrometrici e parametri calcolati: diametro del fusto a 1,30 m da terra (cm), altezza totale dell'albero (m), diametro della chioma (m), area di incidenza della chioma (m²), altezza della chioma (m), altezza di inserzione della chioma (m), rapporto ipsodiametrico (H/D), volume della chioma (m³);
- Valutazione della vitalità dell'albero: secondo la classificazione sintetica dello stato fisiologico della chioma (DRENOU 2001) (chioma giovane, chioma senescente, inizio di mortalità, chioma secca); Indagini fitosanitarie, Valutazione della suscettibilità ai principali patogeni: raccolta di campioni e analisi di laboratorio;
- Propagazione vegetativa: propagazione per talea, Micropropagazione: raccolta di campioni, analisi ed esperienze di laboratorio.

PROTOCOLLI DI RIFERIMENTO: UNITUS #5; #6; #7.

PIANIFICAZIONE E GESTIONE DI AREE BOSCADE PERIURBANE

Le aree boscate periurbane di superficie ridotta e frammentata costituiscono una categoria di aree verdi considerate in modo positivo dalle popolazioni urbane e dai turisti per la maggiore connotazione di naturalità percepita. La frequentazione elevata e non regolamentata, l'espansione urbana incontrollata e il verificarsi di incendi sono fattori indicativi di gestione assente o poco efficiente, rappresentata da una percezione negativa da parte del pubblico. Per favorire i servizi ecosistemici, i frammenti di aree boscate periurbane possono essere connessi per progettare un'infrastruttura verde. Individuare gli usi del suolo circostanti è indispensabile per trarre input selvicolturali utili per differenziare la gestione dei frammenti di sistemi forestali in quanto tali. La scrittura di piani

di gestione sarà improntata ai principi della selvicoltura sistemica; le finalità principali di produzione di servizi ecologici e sociali, prevarranno sulla produzione legnosa. Inoltre sarà possibile anche favorire una maggiore varietà e resilienza del paesaggio nel tempo. La produzione legnosa, proveniente da interventi colturali che si rendano necessari è secondaria e può essere considerata un sottoprodotto, che potrà essere messo in valore destinandolo a fini energetici. La pianificazione e la gestione selvicolturale e generale di una infrastruttura verde periurbana comprendono i seguenti passaggi:

- analisi cartografica dei popolamenti su base GIS;
- vincoli d'uso in essere (proprietà, aree Sic/ZPS);
- caratteristiche di uso del suolo delle aree circostanti;
- scrittura di piani di gestione improntati ai principi della selvicoltura sistemica;
- piano di difesa antincendio;
- attributi dendrometrici descrittivi della struttura dei popolamenti forestali (diametro medio, altezza media, altezza dominante, statura; poligono delle frequenze del numero di piante per classi di diametro).

Parametri misurabili

- Classi di uso del suolo
- Grado di antropizzazione
- Parametri dendrometrici

PROTOCOLLO DI RIFERIMENTO: UNITUS #9.



ALBERATURE STRADALI E TEMPESTE DI VENTO: MODELLO CONCETTUALE

Il cambiamento climatico determina l'aumento della frequenza e dell'intensità di eventi estremi tra cui le tempeste di vento. La pianificazione e la gestione delle aree verdi urbane e periurbane richiedono di essere integrate in modo da evidenziare i disservizi causati dalla caduta contemporanea di numerosi alberi in un'area urbana a causa di una tempesta di vento (con raffiche superiori a 80-90 km/h). Nell'ambito del progetto EUFORICC è stato elaborato un modello concettuale che evidenzia i disservizi ecosistemici (intesi come impatti negativi sul benessere dei cittadini) determinati dalla caduta contemporanea di più alberi a causa di forti raffiche di vento. I disservizi sono stati divisi in due categorie:

1) Disservizi che si verificano immediatamente

- la morte o il ferimento di persone;
- i danni a edifici e veicoli;
- l'interruzione di strade.

2) Disservizi che si manifestano successivamente all'evento, per tempi più o meno lunghi

- l'asportazione e lo smaltimento dei residui degli alberi e dei rami caduti;
- la riduzione dei servizi ecosistemici forniti dall'insieme del verde urbano per tutto il tempo necessario alla ricostituzione degli alberi abbattuti, nelle dimensioni originarie;
- la diminuzione di fiducia dei cittadini nelle autorità preposte alla gestione del verde urbano;
- la minore propensione dei cittadini a piantare alberi negli spazi privati.

Parametri misurabili

Per quantificare l'entità dei disservizi, è possibile:

a) Valutare la riduzione dei servizi ecosistemici determinata dalla caduta degli alberi in termini di:

- ombreggiamento (perdita chioma m^2);
- assorbimento CO_2 ($\mu mol CO_2 s^{-1} m^{-2}$);
- intercettazione polveri sottili ($\mu g PM cm^{-2}$);
- fruibilità;
- qualità estetica del tessuto urbano.

b) Stimare i costi diretti o indiretti che i disservizi determinano:

- la cura e riabilitazione delle persone colpite dagli alberi;
- il ripristino della viabilità interrotta con rimozione e smaltimento dei residui degli alberi abbattuti;
- la sostituzione degli alberi abbattuti o la cura di quelli danneggiati;
- la rimozione dei residui dei rami o alberi abbattuti;
- le liti giudiziarie collegate con le conseguenze della caduta degli alberi;
- gli indennizzi a carico delle assicurazioni per i danni subiti da persone e cose;
- il decremento del valore degli immobili nei quartieri più colpiti dalla riduzione del patrimonio arboreo e conseguente scadimento estetico e funzionale del paesaggio urbano.

Per ridurre l'entità dei disservizi è possibile:

- i. curare con maggiore attenzione gli alberi più a rischio di determinare danni reali, valutati attraverso procedure standardizzate (es. QTRA);
- ii. inserire gli alberi urbani, quali potenziali fattori di rischi per la popolazione in caso di forti tempeste di vento, nei Piani di Prevenzione e Risposta agli eventi climatici estremi.

PROTOCOLLI DI RIFERIMENTO: UNITUS #1; #2.



INQUINAMENTO ATMOSFERICO E VEGETAZIONE



La crescente attenzione da parte della società civile nei confronti del cambiamento climatico è certamente un dato positivo. Tuttavia non è possibile considerare le azioni intraprese in questo ambito separatamente dal resto, e la recente tendenza è quella di dare maggior importanza alla mitigazione del cambiamento climatico piuttosto che al miglioramento della qualità dell'aria in ambiente urbano.

Per ottenere risultati proficui a lungo termine, sia per la salute umana sia per il cambiamento climatico, è fondamentale un'azione di concerto che vada a portare una significativa riduzione sia degli inquinanti atmosferici che dei gas serra.

La qualità dell'aria nelle aree urbanizzate è a tutt'oggi uno dei temi principali legati alla salute umana per la maggior parte della popolazione mondiale. Oltre il 50% delle persone, infatti, abita in città medio-grandi su scala mondiale e il *trend* prevede di arrivare a circa il 70% entro il 2050. Il traffico veicolare è una delle principali sorgenti in quasi tutte le grandi città (ABHIJITH *et al.* 2017), seguito dalla presenza di aree industriali, sistemi di riscaldamento e tutti i variegati processi di combustione che possono esistere in ambiente urbano. Le foreste urbane, o in senso lato l'albero in città, sono da considerare a pieno titolo un'efficace soluzione per il miglioramento della qualità dell'aria e in generale per l'incremento della sostenibilità per le città con popolazioni in crescita. Diverse tipologie di NBS, come ad esempio alberature stradali, barriere vegetali, muri e tetti verdi, possono contribuire in modo diverso alla mitigazione di inquinanti atmosferici in ambiente urbano.

Come mostrato da DI PIRRO *et al.* (2022), l'efficacia delle infrastrutture verdi nel fornire servizi ecosistemici varia principalmente a seconda delle azioni messe in

atto per la pianificazione e la gestione delle stesse, e relativamente alla mitigazione degli inquinanti è fondamentale la posizione in cui si trovano rispetto alla principale sorgente. È dunque di fondamentale importanza per chi pianifica e gestisce aree verdi avere degli strumenti di supporto per poter scegliere la migliore infrastruttura verde in grado di far fronte in modo efficace alle peculiari criticità della zona in cui si sta agendo. Le ricerche promosse dal gruppo EUFORICC durante lo svolgimento del progetto stesso, sono state progettate con il fine di creare strumenti di supporto pratico per la selezione delle migliori NBS e delle migliori specie arboree. La *ratio* che ha guidato tali ricerche permette di scegliere:

- le NBS più efficaci a seconda della tipologia di inquinamento e/o rischio ambientale che si vuole affrontare;
- le specie più performanti nell'assorbimento degli inquinanti atmosferici, con particolare attenzione alle polveri sottili. Questo tipo di approccio ha permesso di formulare dei protocolli di monitoraggio per quattro principali indicatori relativi all'ambito dell'inquinamento atmosferico.

Al fine dunque di massimizzare l'efficacia delle NBS, le amministrazioni locali devono poter usufruire di strumenti *ad hoc* per affrontare le diverse sfide e criticità del territorio nazionale, che su larga scala è fortemente condizionato dall'inquinamento atmosferico (DI PIRRO *et al.* 2022.). Le ricerche alla base degli indicatori qui presentati sono state strutturate per creare un *ranking* di NBS specifiche e poter fornire contemporaneamente diversi servizi ecosistemici volti a contrastare in particolare l'inquinamento atmosferico, le ondate di calore e il rischio di inondazioni. Allo stesso modo, al fine di creare un *ranking* di specie arboree per la capacità di assorbimento di polveri sottili (PM), sono state analizzati i diversi fattori morfologici delle foglie in ambiente urbano in rapporto al PM.

Su tali basi, gli indicatori evidenziati dal progetto sono i seguenti:

- Esposizione temporale;
- Esposizione popolazione;
- Mitigazione tramite vegetazione.

ESPOSIZIONE TEMPORALE

Diversi studi hanno mostrato come la salute umana sia maggiormente a rischio se si è esposti per lungo tempo, anche a livelli tollerabili di inquinamento atmosferico, piuttosto che a singoli eventi di alta concentrazione di inquinanti. Questo fenomeno è stato osservato sia per l'inquinamento da ozono che da PM, entrambi i fenomeni fortemente presenti sul territorio nazionale italiano (KARRISA *et al.* 2014; AMOATEY *et al.* 2020; DONALDSON AND SEATON 2012; WARHEIT *et al.* 2007). In particolare, è stato osservato come l'esposizione a lungo termine a particelle ferrose intacca negativamente la permeabilità cellulare (APOPA *et al.* 2009), e allo stesso modo alte concentrazioni di ozono, oltre ad effetti negativi sulla salute umana, intaccano sensibilmente anche la vegetazione urbana (WITTIG *et al.* 2009). Per far fronte a questa criticità è di fondamentale importanza l'incremento delle infrastrutture verdi, con particolare rilievo delle alberature urbane. È stato ampiamente dimostrata l'efficacia della vegetazione nella mitigazione sia degli inquinanti gassosi, come l'ozono, che di quelli solidi, quali il particolato sottile (JANHALL *et al.* 2015).

I parametri da tenere sotto controllo per questo tipo di indicatore sono le concentrazioni medie giornaliere degli inquinanti atmosferici nelle aree maggiormente popolate e/o frequentate. I valori di riferimento per biossido di azoto (NO₂), ozono (O₃) e polveri sottili (PM₁₀) sono i seguenti: NO₂ (40 µg/m³/anno); O₃ (120 µg/m³ -25 giorni/anno); PM₁₀ (50 µg/m³ - 35giorni/anno). Tali parametri sono stati acquisiti dalla direttiva europea di riferimento ("Air Quality Directive" 2008). Tuttavia, come mostrato dagli studi sopracitati, l'esposizione cronica anche a livelli di inquinanti sotto le soglie qui riportate possono causare importanti disfunzioni sia per la salute umana che per quella della vegetazione.

Il monitoraggio della qualità dell'aria in ambiente urbano dunque ricopre un ruolo cruciale e viene già effettuato tramite la vasta rete di stazioni per il controllo della qualità dell'aria. Le Agenzie Regionali per la Protezione dell'Ambiente (ARPA regionali) ricoprono in Italia que-

sto ruolo. È importante però puntualizzare che per una maggior capacità di controllo sarebbe auspicabile integrare i dati acquisiti a livello europeo tramite la piattaforma "European Air Quality Index" (<https://airindex.eea.europa.eu/Map/AQI/Viewer/>), implementata dall'EEA (European Environment Agency).

Parametri misurabili

- Esposizione abitanti sopra standard di qualità ambientale di NO₂, O₃, PM₁₀ (40 µg/m³/anno, 120 µg/m³ -25 giorni/anno, 50 µg/m³ - 35 giorni/anno). Risoluzione 1km²
- Rappresentazione spaziale (GIS) tramite modelli di dispersione e deposizione di inquinanti delle aree con maggiori concentrazioni di inquinanti

PROTOCOLLI DI RIFERIMENTO: UNIMOL #5; CNR-IRET #8; #4.

MODELLI DI RIFERIMENTO: UNIMOL #1; UNIFI #1.

ESPOSIZIONE POPOLAZIONE

Come è noto, a causa del traffico veicolare e l'ampia gamma di sorgenti di inquinanti, le aree urbane sono quelle che presentano i maggiori livelli di inquinamento atmosferico. Inoltre, il crescente fenomeno di urbanizzazione, tutt'ora in atto, implica anche un aumento nel numero di persone esposte ad alti livelli di sostanze potenzialmente dannose in atmosfera (YATKIN e BAYRAM 2008).

Oltre alla concentrazione di inquinanti atmosferici, al fine di tutelare la salute dei cittadini è cruciale poter monitorare il numero di persone giornalmente esposte ai principali inquinanti atmosferici (come elencati a pag. 11 - Accessibilità e fruibilità delle aree verdi).

Parametri misurabili: sono quelli indicati nel capitolo precedente, "Esposizione Temporale"

PROTOCOLLI DI RIFERIMENTO: UNIMOL; #5; CNR-IRET #8, #4.

MODELLI DI RIFERIMENTO: UNIMOL #1.

MITIGAZIONE TRAMITE VEGETAZIONE

L'inquinamento atmosferico rappresenta una delle maggiori minacce alla salute pubblica e all'ambiente in tutto il mondo. Tra le diverse forme di inquinamento atmosferico, le polveri sottili (note come "PM" *particulate matter*, ovvero materiale particolato), particelle solide o liquide con diametro inferiore ai $10\mu\text{m}$ (PM_{10}) o ai $2.5\mu\text{m}$ ($\text{PM}_{2.5}$), costituiscono uno dei rischi più alti per la salute umana. Il PM è particolarmente pericoloso data la sua capacità di penetrare profondamente nei polmoni e causare gravi problemi di salute: principalmente malattie respiratorie, cardiovascolari e neurologiche.

Una delle soluzioni per mitigare l'inquinamento atmosferico e ridurre la presenza di polveri sottili consiste nell'utilizzare un'ampia gamma di NBS, preferibilmente costituite da alberi nelle nostre città. Gli alberi urbani sono in grado di catturare e assorbire le particelle sottili grazie alla loro naturale capacità di filtrare l'aria. Uno studio condotto dall'Università di Birmingham ha stimato che un significativo incremento di alberi urbani (circa il 50%) può ridurre fino al 26% i livelli di polveri sottili nelle zone con maggiori concentrazioni di PM (McDONALD *et al.* 2007).

Tuttavia, un passaggio cruciale nella progettazione di nuove NBS con alberature urbane finalizzate ad includere come co-beneficio quello della mitigazione dell'inquinamento atmosferico, è quello della scelta della specie migliore da collocare nel sito di interesse. Per il PM infatti, numerosi studi hanno dimostrato come differenti specie hanno una diversa capacità di assorbimento e cattura delle polveri sottili (FANARA *et al.* 2021; SGRIGNA *et al.* 2020; WEERAKKODY *et al.* 2018). È dunque di fondamentale importanza sia avere strumenti guida per la scelta delle specie più efficaci, sia poter monitorare la capacità di mitigazione delle infrastrutture verdi già esistenti. Per perseguire tali scopi vengono qui di seguito riportati i parametri da poter considerare nel monitoraggio e relative metodologie.

Parametri misurabili

- Riduzione della concentrazione di inquinanti aerei (es. PM_{10} , $\text{PM}_{2.5}$, O_3) da parte della vegetazione in ambiente urbano (g/m^2 , tons)
- Misura del PM deposto su foglie (mg/cm^2)

PROTOCOLLI DI RIFERIMENTO: CNR-IRET #2; #4; #6; #7; UNIFI #1.

MODELLI DI RIFERIMENTO: CNR-IBE #1; UNIFI #1.



RIGENERAZIONE LOCALE: POLITICHE E PIANIFICAZIONE IN AMBITO URBANO



I risultati dei numerosi progetti e buone pratiche che hanno come oggetto l'implementazione di Soluzioni Basate sulla Natura (NBS) nei contesti urbani di tutta Italia, necessitano di essere inclusi a livello politico e strategico.

Tali evidenze, inoltre, possono essere tradotte in indicatori utili a schematizzare le principali criticità e opportunità territoriali per fornire un supporto alla pianificazione e progettazione a scala locale, rimanendo pertinenti e concordi con gli obiettivi nazionali. La pianificazione e progettazione di NBS utili per migliorare la sostenibilità e resilienza delle città, grazie al potenziamento delle reti ecologiche, il miglioramento della qualità ambientale, la rimozione degli inquinanti e la riduzione dei rischi per la popolazione, può beneficiare di una visione strategica riguardante l'intero territorio nazionale e le sue diverse specificità territoriali.

Indicatori:

- Frequenza di termini ed investimenti dedicati ad NBS nei documenti strategici;
- Indice di qualità/degrado habitat ed ecosistemi;
- Verde totale per unità di superficie;
- Appartenenza dei comuni a Cluster verde urbano;
- Linee guida per allocazione NBS.

FREQUENZA DI TERMINI E INVESTIMENTI DEDICATI ALLE NBS NEI DOCUMENTI STRATEGICI

Il Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR) offre l'opportunità di promuovere l'adozione delle NBS per il raggiungimento degli obiettivi climatici e ambientali che l'Italia deve rispettare in osservanza con gli accordi sovranazionali. Questo indicatore valuta l'inclusione delle NBS nel discorso politico del piano, la narrativa utilizzata e come esse siano state finanziate per il raggiungimento degli obiettivi climatici e ambientali.

Parametri misurabili

- Rapporto termini relativi alle NBS/numero termini totali
- Rapporto investimenti NBS/investimenti totali
- Valutazione qualitativa inclusione termini NBS nel testo

PROTOCOLLO DI RIFERIMENTO: UNIMOL #2.

INDICE DI QUALITÀ/DEGRADO DEGLI HABITAT ED ECOSISTEMI

In Italia, l'urbanizzazione e l'incremento di pratiche agricole intensive si sono localizzate principalmente in pianura e lungo le coste, contrapponendosi all'abbandono di superficie coltivata con conseguente ricolonizzazione forestale nelle aree collinari e montane. Questa disomogeneità, unita al disallineamento tra i confini amministrativi ed ecologici, può ostacolare i processi decisionali volti a limitare gli impatti dei cambiamenti di uso del suolo sugli ecosistemi e sulla biodiversità. Pertanto, in questi contesti, è necessario trovare soluzioni ottimali di pianificazione per raggiungere obiettivi multipli e conciliare eventuali conflitti. La combinazione di approcci inventariali, cartografici e modellistici ha permesso di indagare l'impatto sull'integrità degli habitat relativamente a diversi scenari di cambiamento d'uso del suolo nella regione Lazio, a seconda della diversa localizzazione spaziale dei fenomeni, potenzialmente determinata da approcci pianificatori differenti. Gli indicatori prodotti offrono una chiave di lettura quantitativa della probabilità degli impatti futuri delle diverse opzioni di pianificazione.

Parametri misurabili

- Qualità e/o degrado degli habitat sono espressi in accordo con differenti metriche con dei valori compresi tra 0 e 1
- Valutazione impatti futuri urbanizzazione e forestazione (differenza tra gli indici qualità/degrado degli habitat proiezioni future e qualità/degrado degli habitat *baseline*)
- Aggregazioni precedenti indici in ambiti di vegetazione naturale potenziale per avere idea dell'impatto degli interventi in accordo con le diverse opzioni di pianificazione

PROTOCOLLO DI RIFERIMENTO: UNIMOL #3.

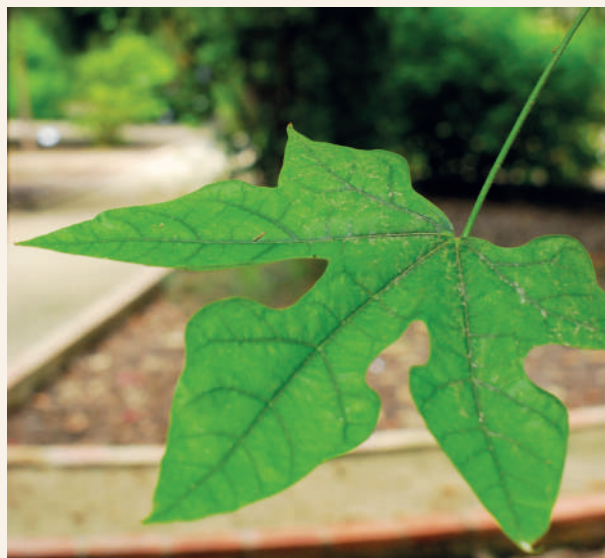
VERDE TOTALE PER UNITÀ DI SUPERFICIE

La valutazione dell'influenza dei cambiamenti di uso del suolo sulla disponibilità degli spazi permeabili nelle aree edificate italiane risulta un'informazione cruciale per migliorare le politiche nazionali e la pianificazione territoriale. Aumentare la disponibilità di spazi permeabili nelle aree edificate è una delle principali sfide per migliorare la sostenibilità e la vivibilità dei paesaggi urbani. Allo stesso tempo, avere una stima della disponibilità di aree dismesse e non utilizzate offre la possibilità di quantificare gli spazi potenzialmente coinvolti nell'implementazione di Soluzioni basate sulla Natura. Gli indicatori prodotti costituiscono degli importanti parametri per monitorare le superfici permeabili e le aree che possono essere soggette a futuri interventi.

Parametri misurabili

- Superficie disponibile di verde urbano per abitante (m²)
- Superficie permeabile non alberata per abitante (m²);
- Rapporto Superficie permeabile / Superficie impermeabile

MODELLO DI RIFERIMENTO: UNIMOL #3.



APPARTENENZA DEI COMUNI A CLUSTER VERDE URBANO

Il consumo di suolo rappresenta una delle dinamiche di cambiamento d'uso del suolo con maggiori impatti sulla capacità degli ecosistemi di fornire beni e servizi per migliorare il benessere umano. La pianificazione e la progettazione di foreste urbane, utili per migliorare la sostenibilità e la resilienza delle città grazie al potenziamento delle reti ecologiche, può beneficiare di una visione strategica riguardante l'intero territorio nazionale e le sue diverse specificità territoriali. Pertanto, il raggruppamento delle diverse realtà amministrative in gruppi omogenei per caratteristiche territoriali e linee di intervento, fornisce un supporto alla declinazione a scala locale degli obiettivi nazionali in tema di sostenibilità urbana. Gli indicatori prodotti possono essere utili agli amministratori comunali per identificare il proprio gruppo di riferimento e delineare i possibili interventi al fine di contenere l'espansione urbana e migliorare la rete ecologica.

Parametri misurabili

- Incidenza percentuale del consumo di suolo (rapporto: m^2 impermeabili/ m^2 totali)
- Indice di forma e frammentazione del tessuto urbano
- Raggruppamento dei comuni italiani in gruppi omogenei per morfologia urbana
- Popolazione coinvolta e infrastrutture verdi da implementare

PROTOCOLLO DI RIFERIMENTO: UNIMOL #6.

GUIDA ALLA SELEZIONE DI NBS MULTIFUNZIONALI IN BASE ALLE CRITICITÀ TERRITORIALI

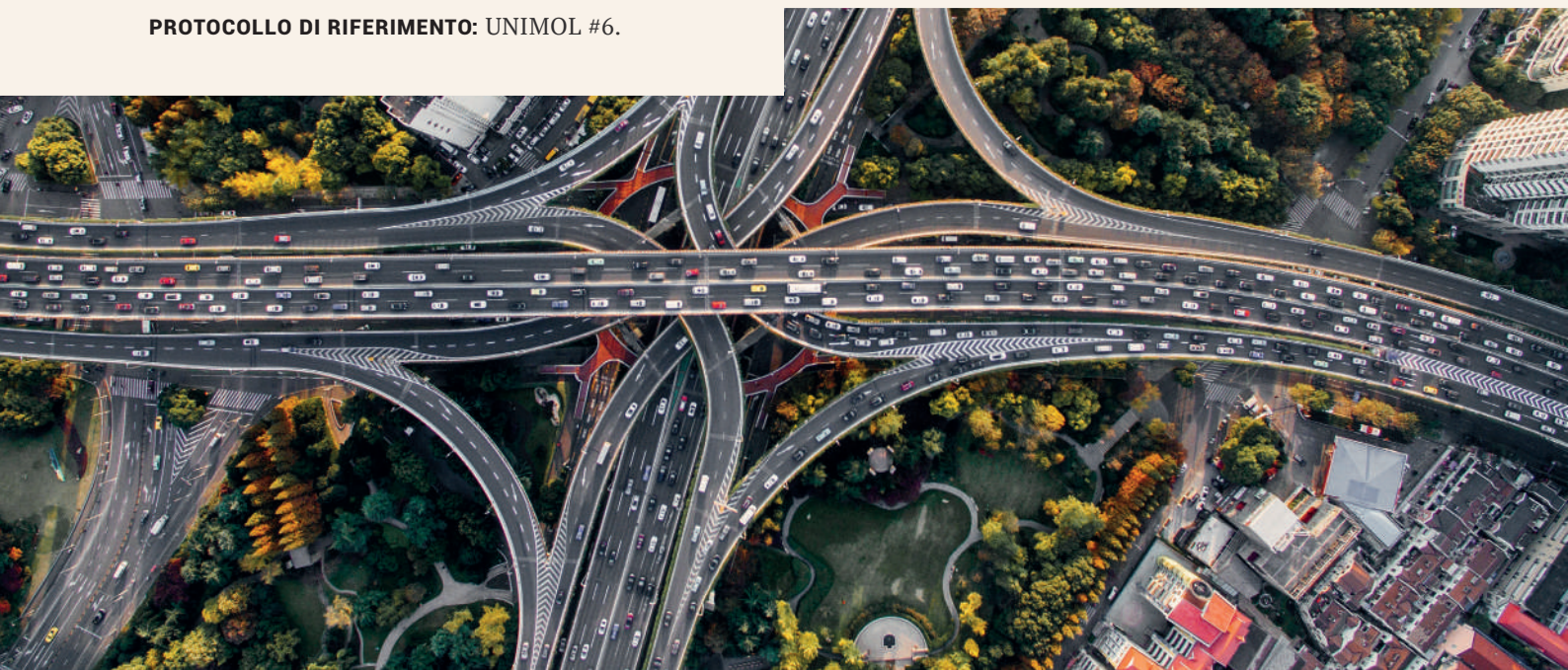
I governi nazionali, così come le amministrazioni locali, sono chiamati a sviluppare strategie appropriate per coordinare progetti di implementazione di NBS, massimizzandone la loro multifunzionalità, con i budget disponibili, spesso molto limitati. Fornire un approccio analitico per la scelta delle NBS, volto ad affrontare molteplici sfide simultaneamente e coinvolgendo più cittadini possibili, potrebbe costituire il supporto ideale per politici e amministratori attualmente coinvolti in azioni di miglioramento della vivibilità e sostenibilità delle aree densamente abitate. L'indicatore prodotto supporta l'individuazione e la scelta di un set di NBS in base alle sfide ambientali da risolvere.

Parametri misurabili

- *Performance* (espressa in valori tra 0 e 1) di 24 NBS per il miglioramento della qualità dell'aria (riduzione NO_2 , O_3 , PM_{10}), del comfort termico e della riduzione di fenomeni alluvionali)
- Incidenza delle 24 NBS su coperture del suolo permeabili e impermeabili

PROTOCOLLO DI RIFERIMENTO: UNIMOL #4.

MODELLO DI RIFERIMENTO: UNIMOL #2.



COSCIENZA SOCIALE, SALUTE E BENESSERE



È noto in letteratura il ruolo benefico del contatto con la natura per la salute psicologica ed il benessere degli individui (per una review si veda HARTIG et al 2014).

Un recente studio di *machine learning* ha evidenziato tracce di tale associazione anche nella produzione linguistica, evidenziandone così la rilevanza sociale di tale legame (GLADWIN, MARKWELL e PANNO 2023). Tuttavia, affinché il verde urbano possa realmente costituire una risorsa benefica per gli individui, il mantenimento e l'adeguata gestione degli spazi risulta essenziale (VON DÖHREN e HAASE 2015). È per tale motivo che le attività in questo ambito si sono concentrate, oltre che sugli effetti benefici dell'esposizione alla natura, sulla salute e la vita comunitaria delle persone, anche sulla coscienza sociale riguardo la salvaguardia del verde urbano ed il suo mantenimento. All'interno di questo ambito si è lavorato su sei indicatori: salute mentale e *well-being*, coinvolgimento dei cittadini, comportamenti virtuosi, percezione della salute mentale e del benessere, rischio e prevenzione incendi e coesione e interazione sociale.

Il contatto con la natura è in grado di apportare una serie di benefici sulla salute psicologica, quali l'aumento dell'umore (BRATMAN et al. 2021), la diminuzione della percezione dello stress (BRATMAN et al. 2012) e lo stress psicofisiologico (es. cambiamenti nei livelli di cortisolo e nel battito cardiaco, MYGIND et al. 2021), la rigeneratività conseguente a processi cognitivi faticosi (BERTO 2014), migliore salute mentale (GASCON et al. 2015) e minori sintomi psicopatologici quali ad esempio la depressione (BALANZÁ-MARTÍNEZ e CERVERA-MARTÍNEZ 2022). Inoltre, la natura può unire le persone e incidere positivamente sull'interazione e la coesione sociale (JENNINGS e BAMKOLE 2019). Le relazioni sociali sono un'importante parte del benessere individuale, per cui indirettamente, anche questo effetto benefi-

cia la salute dell'individuo, oltre che la società nel suo complesso (JENNINGS e BAMKOLE 2019).

Gli studi sul contatto con il verde urbano hanno preso in esame diversi tipi di esposizione alla natura, dimostrando come anche la vista di alberi e vegetazione dalla finestra di una camera di ospedale, ad esempio, possa apportare dei benefici significativi (RAANAAS, PATIL e HARTIG 2012). Importanti, negli ultimi anni, risultano essere quegli studi che hanno provato che anche la simulazione di un ambiente verde urbano, attraverso ad esempio la visione di immagini dallo schermo di un computer, possano fare la differenza (MCSWEE-NE et al. 2014). Negli ultimi anni, e soprattutto come conseguenza allo scoppio della pandemia, l'uso della cosiddetta "natura virtuale", ovvero una natura fruibile attraverso realtà virtuale (VR), ha attirato l'interesse della comunità scientifica sul tema (SPANIO et al. 2022). Con il progredire dell'avanzamento tecnologico e il parallelo abbassamento dei costi per l'attrezzatura VR, c'è da aspettarsi che l'uso della natura virtuale aumenti nei prossimi anni (KRAUS et al. 2022). In particolare, esso risulta essere interessante e rilevante in tutti quei casi dove alla persona è fisicamente impedito l'accesso ai benefici della natura come, ad esempio, nel caso di pazienti ospedalizzati, in quarantena, con disabilità motorie, oppure nel caso dei detenuti. Poiché la natura virtuale non potrà mai completamente sostituirsi alla natura reale, questa opzione non è da definirsi definitiva, ma temporanea, da utilizzare mentre si lavora ad altre possibili soluzioni.

Come si evidenziava in precedenza, accanto ai benefici psicologici e per il benessere individuale, la natura cittadina può essere anche pericolosa (BRATMAN et al. 2019). Denominiamo queste due qualità della natura rispettivamente *Urban Ecosystem Service* (UES) e *Urban Ecosystem Disservice* (UEDS). Gli UES si riferiscono ai benefici degli ecosistemi naturali, mentre gli UEDS

derivano dalle qualità dell'ambiente naturale che sono percepite come dannose, spiacevoli o indesiderate (VON DÖHREN e HAASE 2015). In sintesi, gli spazi urbani verdi sono centrali nella vita dei residenti urbani, ma non sempre sono in condizioni tali da garantire i benefici che possono apportare alle persone (VON DÖHREN e HAASE 2015). Pertanto, diventa importante indagare su come supportare la gestione degli spazi verdi urbani. Quindi, cosa si può fare per sostenere la manutenzione? La ricerca suggerisce che un ruolo chiave è svolto dal coinvolgimento dei cittadini (OHMER *et al.* 2009). Essi possono aiutare a proteggere l'ambiente in cui vivono attraverso comportamenti pro-ambientali, di evitamento di rischi ambientali (es. rischio incendi), oppure possono direttamente impegnarsi nella manutenzione del verde cittadino.

Indicatori:

- a. Salute mentale e benessere;
- b. Coinvolgimento cittadini;
- c. Comportamenti virtuosi;
- d. Percezione salute mentale e benessere;
- e. Rischio e prevenzione incendi;
- f. Coesione e interazione sociale.



SALUTE MENTALE E BENESSERE

Nei primi mesi del 2020, lo scoppio della prima pandemia mondiale da Covid-19 ha cambiato le sorti della ricerca sul ruolo del contatto con la natura urbana sulla salute mentale ed il *well-being* per due ragioni. La prima, il contatto con il verde urbano è stato molto più difficoltoso durante i *lockdown* e le restrizioni alla circolazione adottate durante il 2020 e il 2021, rendendo necessario lo studio di nuovi modi per beneficiare della natura. La seconda, le conseguenze psicologiche e sociali della pandemia e delle conseguenti misure di contenimento hanno gravato sulla salute psicologica di milioni di persone nel mondo e in particolare in Italia, dove il tasso di mortalità da Covid-19, che indica la proporzione di decessi sul totale dei casi rilevati, è stato uno dei più alti al mondo. Per queste ragioni, si sono studiate soluzioni alternative al contatto con la natura fisica per poter sostenere la salute mentale degli individui.

Innanzitutto, uno studio di *machine learning*, nell'ottica di esplorare il legame tra natura e salute mentale presente nel nostro linguaggio, ha evidenziato il ruolo delle connessioni tra questi due elementi, al fine di supportare l'idea che le associazioni semantiche potrebbero giocare un ruolo rilevante nell'influenza della natura sul *mental health* (GLADWIN, MARKWELL e PANNO 2023). Uno dei meccanismi che legano la natura alla salute mentale è suggerito da uno studio in cui la natura sembrerebbe più efficace di un ambiente urbano nel condurre a processi ristorativi emotivi come evidenziato dalle dinamiche funzionali cerebrali coinvolte (IMPERATORI *et al.* 2023). Sempre in questo filone di studi, è stato evidenziato come l'attività di giardinaggio durante il primo *lockdown* da Covid-19 in Italia possa aver costituito un'alternativa per usufruire del contatto con la natura. In particolare, il giardinaggio può intervenire nella diminuzione dello stress Covid-19-correlato e questo, a sua volta, può diminuire i sintomi psicopatologici esperiti. Inoltre, il contatto con la natura tramite spazi pubblici, e non come i giardini nelle abitazioni private durante il primo *lockdown* in Italia, è risultato associato con un minor comportamento di salute a rischio come il consumo di alcol. Infine, una modalità di fruizione del verde che promette di essere un valido strumento ad oggi per garantire l'esposizione alla natura nei casi in cui questa è ostacolata (come durante pandemie e quarantene) è costituita sempre più dalla VR.

Una rassegna sistematica della letteratura (SPANO *et al.* 2022) evidenzia come e in quali condizioni la natura cosiddetta “virtuale” è efficace nel diminuire l’umore negativo e promuovere quello positivo, nel migliorare la rigeneratività conseguente ad attività cognitive faticose e a diminuire lo stress percepito e quello psicofisiologico. Uno studio suggerisce che i benefici della visione di ambienti naturali virtuali, incluso un parco urbano, possano essere maggiori soprattutto in particolari categorie di persone, come ad esempio coloro che presentano un buon livello di rivalutazione cognitiva, una importante strategia di regolazione emotiva (THEODOROU e SPANO *et al.* 2023). Questa consapevolezza apre a studi futuri sulle possibili disposizioni o condizioni individuali che garantiscono il più alto beneficio derivante dalla natura virtuale.

Parametri misurabili

- Stress e sintomi psicopatologici durante il *lockdown* da Covid-19
- Consumo di alcol durante il *lockdown* da Covid-19
- Umore
- *Restorativeness*
- Stress
- Vitalità soggettiva

PROTOCOLLI DI RIFERIMENTO: UNIRM3 #1; #2; #3; #5; #7; #8.

COINVOLGIMENTO CITTADINI

Le città stanno cambiando man mano che aumenta la consapevolezza dell’importanza del verde nelle aree urbane per la vita delle persone. In generale, l’importanza degli spazi verdi urbani è riconosciuta e apprezzata dai cittadini (GRIMA *et al.* 2020). Tuttavia, gli studi hanno suggerito che un fattore che può limitare i benefici di tali aree è lo stato di manutenzione (von DÖHREN e HAASE 2015). Basti pensare che gli aspetti fisici del quartiere come l’estetica e, soprattutto, lo stato di manutenzione, sono legati alle percezioni di sicurezza e forniscono persino informazioni sulle relazioni tra i residenti dell’area (O’BRIEN e WILSON 2011). Inoltre, una scarsa manutenzione può ostacolare la visita ai parchi urbani e anche ad esempio diminuire la disponibilità a svolgere attività fisica nelle aree verdi (VAN HECKE *et al.* 2018). Tuttavia, sembrerebbe che in caso di riconosciuta scarsa manutenzione del verde urbano, rispetto ad una buona manutenzione, le persone dimostrino una maggiore disponibilità ad impegnarsi nel miglioramento delle aree verdi urbane secondo la legge sul baratto amministrativo. Il baratto amministrativo è una legge approvata in Italia, che dà ai cittadini la possibilità di una riduzione delle tasse locali in cambio del loro coinvolgimento nel miglioramento del territorio. Questi studi aprono ad importanti considerazioni sull’aumento della consapevolezza dei cittadini sullo stato di manutenzione del verde urbano per promuovere il loro coinvolgimento attivo nel mantenimento di tali aree.

Parametri misurabili

- Intenzione a prendere parte al mantenimento del verde urbano di quartiere secondo la legge del baratto amministrativo

PROTOCOLLO DI RIFERIMENTO: UNIRM3 #6.



COMPORTAMENTI VIRTUOSI

Per comportamenti virtuosi intendiamo i comportamenti che gli individui possono mettere in atto e che beneficiano l'ambiente, o comportamenti pro-ambientali. Tra questi annoveriamo ad esempio l'impegnarsi nel riciclo dei materiali e l'utilizzo di mezzi pubblici piuttosto che privati e, più in generale, l'adozione di misure volte a diminuire complessivamente il proprio impatto ambientale (LANGE e DEWITTE 2019). Questi comportamenti sono essenziali per proteggere la natura dalle azioni antiambientaliste dell'essere umano. Le origini del comportamento pro-ambientale possono proprio essere trovate nella consapevolezza dei benefici della natura per la vita dell'individuo, derivante ad esempio dalla capacità di essere efficientemente sensibili agli indizi ambientali, garantita ad esempio da come gli individui regolano le proprie emozioni (GROSS e JOHN 2003). Ad esempio, buoni livelli di rivalutazione cognitiva e una strategia di regolazione emotiva adattativa si associano a maggiori comportamenti pro-ambientali attraverso la consapevolezza del cambiamento climatico e della qualità rigenerante della natura. Questi risultati suggeriscono che i comportamenti pro-ambientali possono essere promossi lavorando sul miglioramento della regolazione emotiva e sul sostegno all'utilizzo della rivalutazione cognitiva.

Parametri misurabili

- Comportamenti pro-ambientali

PROTOCOLLO DI RIFERIMENTO: UNIRM3 #4.

PERCEZIONE SALUTE MENTALE E BENESSERE

Il contatto con la natura può cambiare la percezione della salute mentale e del benessere. Ad esempio, durante il primo *lockdown* da Covid-19 in Italia, coloro che avevano accesso alla natura sia pubblica che privata hanno riportato minore tendenza all'assunzione di rischio passivo (ovvero il rischio derivante dal non mettere in atto un'azione, come ad esempio indossare la cintura di sicurezza in auto). Questi risultati suggeriscono che la tendenza a compiere comportamenti rischiosi può diminuire attraverso il contatto con la natura. Il legame percepito tra contatto con la natura e salute mentale è indissolubilmente legato al modo con cui ci esprimiamo ogni giorno attraverso il linguaggio. In particolare, sono gli aspetti psicosociali di questa relazione che sembrano riflettersi nella struttura semantica del linguaggio (GLADWIN *et al.* 2023). Ciò suggerisce la possibilità che le associazioni semantiche possano svolgere un ruolo nell'influenza della natura sulla salute mentale, ad esempio attraverso l'*appraisal*, ovvero processi soggettivi percettivi che risultano in una valutazione personale di stimoli, eventi e situazioni (GLADWIN *et al.* 2023).

Parametri misurabili

- Rischio passivo durante il *lockdown* da Covid-19
- Connessioni semantiche nel linguaggio tra parole relative alla salute mentale e parole relative alla natura

PROTOCOLLI DI RIFERIMENTO: UNIRM3 #2; UNIRM3 #3.



RISCHIO E PREVENZIONE INCENDI

Tra i possibili pericoli derivanti dalla vicinanza di spazi urbani ad aree verdi si inseriscono gli incendi. Questi rappresentano un fenomeno con effetti dannosi sulle risorse naturali e sulla salute umana. Una migliore conoscenza, percezione e consapevolezza del rischio di incendi boschivi può aiutare le comunità a rischio a prevenire eventi futuri e a salvaguardare le proprie vite. Soprattutto, quando le informazioni sono percepite come insufficienti da gruppi ad alto rischio, come i proprietari di case in zone a pericolo incendi boschivi e i lavoratori impegnati in professioni legate agli stessi. Spesso è purtroppo la sola esperienza diretta che porta gli individui ad avere una maggiore preparazione in tema di incendi boschivi.

Parametri misurabili

- Percezioni relative agli incendi e coinvolgimento della comunità

PROTOCOLLO DI RIFERIMENTO: UNIBA #3.

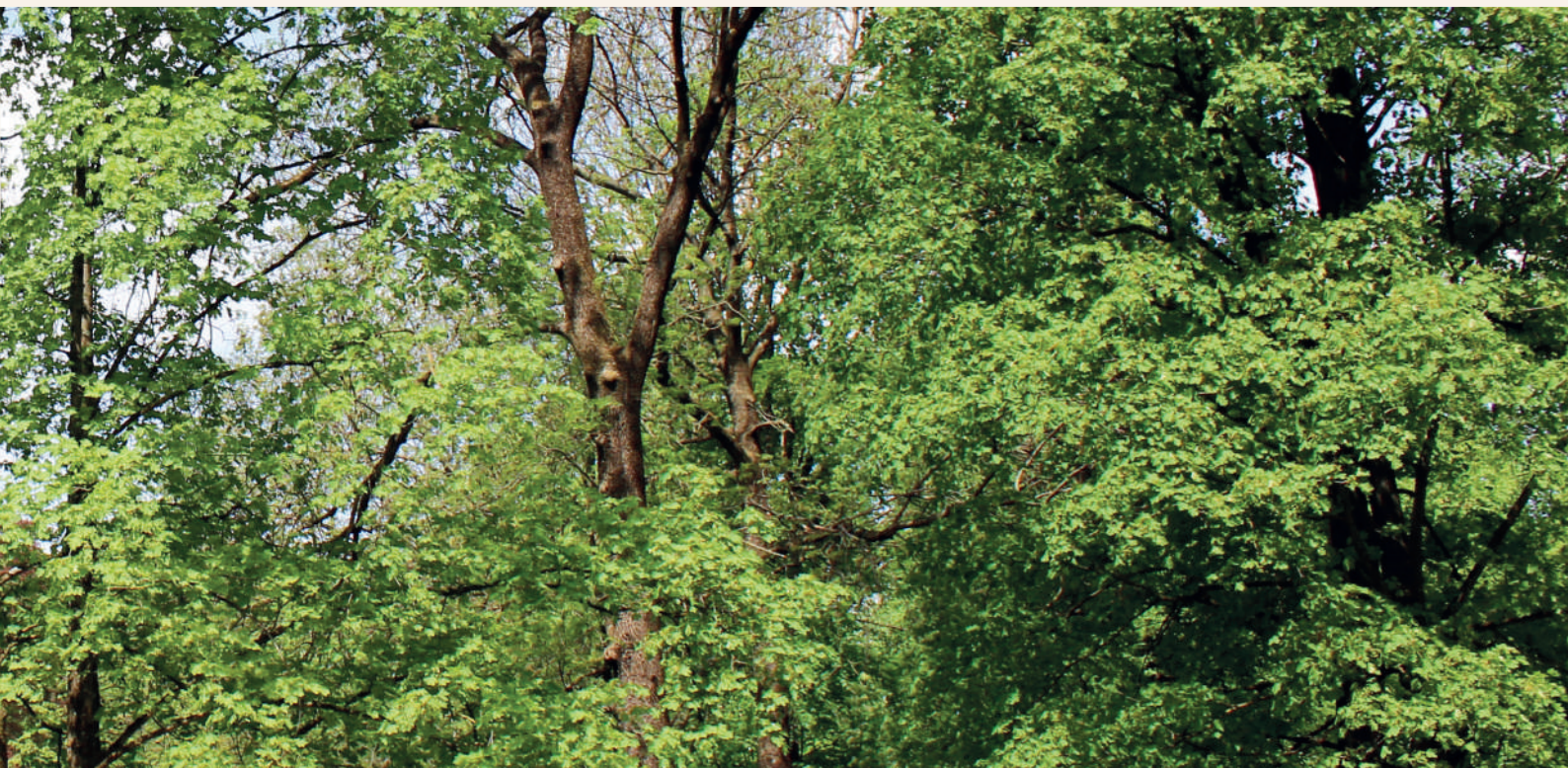
COESIONE E INTERAZIONE SOCIALE

Le aree urbane verdi sono importanti anche nel sostenere la coesione sociale. Infatti, queste contribuiscono a migliorare il senso di comunità, le relazioni sociali tra i residenti e persino a ridurre la criminalità (DONOVAN e PRESTEMON, 2012;). Alcuni fattori più di altri risultano favorire una buona coesione sociale (per una *review* sistematica della letteratura si veda WAN *et al.* 2021). Ad esempio, le caratteristiche fisiche di queste aree sono importanti nel determinare le relazioni sociali. Una buona manutenzione degli spazi verdi favorisce il loro utilizzo come aree ricreative promuovendo i contatti sociali (WAN *et al.* 2021). Anche una percezione positiva e la sicurezza percepita può motivare la partecipazione alle attività all'aperto e gli scambi attivi nelle comunità locali (WAN *et al.* 2021). Inoltre, ci sono alcuni spazi verdi come gli orti, che più di altri risultano aumentare le interazioni sociali (WAN *et al.* 2021). Difatti, l'orticoltura e il giardinaggio hanno dimostrato di essere associati al benessere psicosociale, soprattutto nelle culture individualiste rispetto a quelle collettiviste e in attività di gruppo.

Parametri misurabili

- Coesione sociale, sostegno sociale e fiducia

PROTOCOLLO DI RIFERIMENTO: UNIBA #2.



BIBLIOGRAFIA

- ABHIJITH K. V., KUMAR P., GALLAGHER J., McNABOLA A., BALDAUF R., PILLA F., BRODERICK B., DI SABATINO S., PULVIRENTI B. (2017). *Air pollution abatement performances of green infrastructure in open road and built-up street canyon environments – A review*. Atmos. Environ. 162, 71–86. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2017.05.014>
- AMOATEY P., SICARD P., DE MARCO A., KHANIABADI Y.O. (2020). *Long-term exposure to ambient PM_{2.5} and impacts on health in Rome, Italy*. Clin. Epidemiol. Glob. Heal. 8, 531–535. <https://doi.org/10.1016/j.cegh.2019.11.009>
- APOPA P.L., QIAN Y., SHAO R., GUO N.L., SCHWEGLER-BERRY D., PACURARI M., PORTER D., SHI X., VALLYATHAN V., CASTRANOVA V., FLYNN D.C. (2009). *Iron oxide nanoparticles induce human microvascular endothelial cell permeability through reactive oxygen species production and microtubule remodeling*. Part. Fibre Toxicol. 6, 1. <https://doi.org/10.1186/1743-8977-6-1>
- BALANZÁ-MARTÍNEZ V., CERVERA-MARTÍNEZ J. (2022). *Lifestyle Prescription for Depression with a Focus on Nature Exposure and Screen Time: A Narrative Review*. International Journal of Environmental Research and Public Health, 19(9), 5094. <https://doi.org/10.3390/ijerph19095094>
- BERTO R., (2014). *The role of nature in coping with psycho-physiological stress: a literature review on restorativeness*. Behavioral sciences, 4(4), 394–409. <https://doi.org/10.3390/bs4040394>
- BRATMAN G.N., ANDERSON C.B., BERMAN M.G., COCHRAN B., DE VRIES S., FLANDERS J., FOLKE C., FRUMKIN H., GROSS J.J., HARTIG T., KAHN P.H., KUO M., LAWLER J.J., LEVIN P.S., LINDAHL T., MEYER-LINDENBERG A., MITCHELL R., OUYANG Z., ROE J., SCARLETT L., SMITH J.R., VAN DEN BOSCH M., WHEELER B.W., WHITE M.P., ZHENG H., DAILY G.C. (2019). *Nature and mental health: An ecosystem service perspective*. Sci. Adv. 5. <https://doi.org/10.1126/sciadv.aax0903>
- BRATMAN G. N., HAMILTON J. P., DAILY G. C. (2012). *The impacts of nature experience on human cognitive function and mental health*. Annals of the New York academy of sciences, 1249(1), 118–136. <https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.2011.06400.x>
- BRATMAN G. N., OLVERA-ALVAREZ H. A., GROSS J. J. (2021). *The affective benefits of nature exposure*. Social and Personality Psychology Compass. <https://doi.org/10.1111/spc3.12630>
- CIAFFI M., VETTRAINO A. M., ALICANDRI E., TOMAO A., ADDUCCI F., KUZMINSKY E., AGRIMI M. (2022). *Dimensional and genetic characterization of the last oriental plane trees (Platanus orientalis L.) of historical sites in Lazio (central Italy)*. Urban Forestry & Urban Greening, 69, 127506.
- DI PIRRO E., SALLUSTIO L., CASTELLAR J.A.C., SGRIGNA G., MARCHETTI M., LASSERRE B. (2022). *Facing Multiple Environmental Challenges through Maximizing the Co-Benefits of Nature-Based Solutions at a National Scale in Italy*. Forests 13, 1–17. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/f13040548>
- DONALDSON K., SEATON A. (2012). *A short history of the toxicology of inhaled particles*. Part. Fibre Toxicol. 9, 13. <https://doi.org/10.1186/1743-8977-9-13>
- DONOVAN G. H., PRESTEMON J. P. (2012). *The effect of trees on crime in Portland, Oregon*. Environment and Behavior, 44(1), 3–30. <https://doi.org/10.1177/0013916510383238>
- European Commission, Directorate-General for Research and Innovation (2021). *Evaluating the impact of nature-based solutions: a handbook for practitioners*. Publications Office of the European Union. <https://data.europa.eu/doi/10.2777/244577>
- FANARA V., CHIRICI G., COCOZZA C., D'AMICO G., GIANNETTI F., FRANCINI S., SALBITANO F., SPEAK A., VANGI E., TRAVAGLINI D. (2021). *Estimation of multitemporal dry deposition of air pollution by urban forests at city scale*. In: MARIA ANTONIETTA DESSENA, MARIA TERESA MELIS, PATRIZIA ROSSI. *Planet Care from Space*, pp. 153–156, Firenze: Associazione Italiana di Telerilevamento, ISBN:978-88-944687-0-0. <http://dx.doi.org/10.978.88944687/00>
- GASCON M., TRIGUERO-MAS M., MARTÍNEZ D., DADVAND P., FORNS J., PLASÈNCIA A., NIEUWENHUIJSEN M. J. (2015). *Mental health benefits of long-term exposure to residential green and blue spaces: a systematic review*. International journal of environmental research and public health, 12(4), 4354–4379. <https://doi.org/10.3390/ijerph120404354>
- GLADWIN T. E., MARKWELL N., PANNO A. (2023). *Do Semantic Vectors Contain Traces of Biophilic Connections Between Nature and Mental Health?* Ecopsychology, 15(1), 37–44.

- GRIMA N., CORCORAN W., HILL-JAMES C., LANGTON B., SOMMER H., FISHER B. (2020). *The importance of urban natural areas and urban ecosystem services during the COVID-19 pandemic*. PLoS One 15:243344. doi: 10.1371/journal.pone.0243344
- GROSS J. J., JOHN O. P. (2003). *Individual differences in two emotion regulation processes: implications for affect, relationships, and well-being*. Journal of Personality and Social Psychology, 85(2), 348. <https://doi.org/10.1037/0022-3514.85.2.348>
- HARTIG T., MITCHELL R., DE VRIES S., FRUMKIN H. (2014). *Nature and health*. Annual review of public health, 35, 207-228. <https://doi.org/10.1146/annurev-publhealth-032013-182443>
- IMPERATORI C., MASSULLO C., DE ROSSI E., CARBONE G. A., THEODOROU A., SCOPELLITI M., ROMANO L., DEL GATTO C., ALLEGRINI G., CARRUS G., PANNO A. (2023). *Exposure to nature is associated with decreased functional connectivity within the distress network: A resting-state EEG study*. Frontiers in Psychology, 14, 1530. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2023.1171215>
- JANHÄLL S. (2015). *Review on urban vegetation and particle air pollution – Deposition and dispersion*. Atmos. Environ. 105, 130–137. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2015.01.052>
- JENNINGS V., BAMKOLE O. (2019). *The relationship between social cohesion and urban green space: An avenue for health promotion*. International journal of environmental research and public health, 16(3), 452. <https://doi.org/10.3390/ijerph16030452>
- KARIISA M., FORAKER R., PENNELL M., BUCKLEY T., DIAZ P., CRINER G.J., WILKINS J.R. (2014). *Short- and Long-Term Effects of Ambient Ozone and Fine Particulate Matter on the Respiratory Health of Chronic Obstructive Pulmonary Disease Subjects*. Arch. Environ. Occup. Health 70, 56–62. <https://doi.org/10.1080/19338244.2014.932753>
- KRAUS S., KANBACH D. K., KRISTA P. M., STEINHOFF M. M., TOMINI N. (2022). *Facebook and the creation of the metaverse: Radical business model innovation or incremental transformation?* International Journal of Entrepreneurial Behavior & Research, 28(9), 52-77. <https://doi.org/10.1108/IJEBR-12-2021-0984>
- LANGE F., DEWITTE S. (2019). *Measuring pro-environmental behavior: Review and recommendations*. Journal of Environmental Psychology, 63, 92-100. <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2019.04.009>
- MCDONALD A.G., BEALEY W.J., FOWLER D., DRAGOSITS U., SKIBA U., SMITH R.I., DONOVAN R.G., BRETT H.E., HEWITT C.N., NEMITZ E. (2007). *Quantifying the effect of urban tree planting on concentrations and depositions of PM₁₀ in two UK conurbations*. Atmos. Environ. 41, 8455–8467. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2007.07.025>
- MCSWEENEY J., RAINHAM D., JOHNSON S. A., SHERRY S. B., SINGLETON J. (2014). *Indoor nature exposure (INE): A health-promotion framework*. Health Promotion International, 30(1), 126-139. <https://doi.org/10.1093/heapro/dau081>
- MYGIND L., KJELDSTED E., HARTMEYER R., MYGIND E., STEVENSON M. P., QUINTANA D. S., BENTSEN P. (2021). *Effects of public green space on acute psychophysiological stress response: a systematic review and meta-analysis of the experimental and quasi-experimental evidence*. Environment and Behavior, 53(2), 184-226. <https://doi.org/10.1177/001391651987337>
- O'BRIEN D. T., WILSON D. S. (2011). *Community perception: The ability to assess the safety of unfamiliar neighborhoods and respond adaptively*. Journal of Personality and Social Psychology, 100(4), 606–620. <https://doi.org/10.1037/a0022803>
- OHMER M. L., MEADOWCROFT P., FREED K., LEWIS E. (2009). *Community gardening and community development: Individual, social and community benefits of a community conservation program*. Journal of Community Practice, 17(4), 377-399. <https://doi.org/10.1080/10705420903299961>
- RAANAAS R. K., PATIL G. G., HARTIG T. (2012). *Health benefits of a view of nature through the window: a quasi-experimental study of patients in a residential rehabilitation center*. Clinical rehabilitation, 26(1), 21-32. <https://doi.org/10.1177/0269215511412800>
- RAYMOND C.M., BERRY P., BREIL M., NITA M.R., KABISCH N., DE BEL M., ENZI V., FRANTZESKAKI N., GENELETTI D., CARDINALETTI M., LOVINGER L., BASNOU C., MONTEIRO A., ROBRECHT H., SGRIGNA G., MUNARI L., CALFAPIETRA C. (2017). *An impact evaluation framework to support planning and evaluation of nature-based solutions projects*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.18682.08643>
- SGRIGNA G., BALDACCHINI C., DREVECK S., CHENG Z., CALFAPIETRA C. (2020). *Relationships between air particulate matter capture efficiency and leaf traits in twelve tree species from an Italian urban-industrial environment*. Sci. Total Environ. 718. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.137310>
- SPANO D., MEREU V., BACCIU V., BARBATO G., CASARTELLI V.,

ELLENA M., LAMESSO E., LEDDA A., MARRAS S., MERCOGLIANO P., MONTELEONE L., MYSIK J., PADULANO R., RAFFA M., RUIU M.G.G., SERRA V., VILLANI V. (2021). *Analisi del rischio. I cambiamenti climatici in sei città italiane*. doi: 10.25424/cmcc/analisi_del_rischio_2021

SPANO G., THEODOROU A., REESE G., CARRUS G., SANESI G., PANNO A. (2022). *Virtual Nature and Psychological Outcomes: A Systematic Review*. <https://osf.io/8ux9a>

THEODOROU A., SPANO G., BRATMAN G. N., MONNERON K., SANESI G., CARRUS G., IMPERATORI C., PANNO A. (2023). *Emotion regulation and virtual nature: Cognitive reappraisal as an individual-level moderator for impacts on subjective vitality*. Scientific Reports. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-30287-7>

TRILICA A., HUTYRA L.R., MORREALE L.L., SMITH I.A., REINMANN A.B. (2020). *Current and future biomass carbon uptake in Boston's urban forest*. Sci Total Environ. 2020 Mar 20;709:136196. doi: 10.1016/j.scitotenv.2019.136196. Epub 2019 Dec 19. PMID: 31887518.

VAN HECKE L., GHEKIERE A., VAN CAUWENBERG J., VEITCH J., DE BOURDEAUDHUIJ I., VAN DYCK D., CLARYS P., VAN DE WEGHE N., DEFORCHE B. (2018). *Park characteristics preferred for adolescent park visitation and physical activity: A choice-based conjoint analysis using manipulated photographs*. Landscape and Urban Planning, 178, 144-155. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2018.05.017>

VON DÖHREN P., HAASE D. (2015). *Ecosystem disservices research: a review of the state of the art with a focus on cities*. Ecological indicators, 52, 490-497. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2014.12.027>

WAN C., SHEN G. Q., CHOI S. (2021). *Underlying relationships between public urban green spaces and social cohesion: A systematic literature review*. City, Culture and Society, 24, 100383. <https://doi.org/10.1016/j.ccs.2021.100383>

WARHEIT D.B., WEBB T.R., COLVIN V.L., REED K.L., SAYES

C.M. (2007). *Pulmonary bioassay studies with nanoscale and fine-quartz particles in rats: Toxicity is not dependent upon particle size but on surface characteristics*. Toxicol. Sci. 95, 270-280. <https://doi.org/10.1093/toxsci/kfl128>

WEERAKKODY U., DOVER J.W., MITCHELL P., REILING K. (2018). *Quantification of the traffic-generated particulate matter capture by plant species in a living wall and evaluation of the important leaf characteristics*. Sci. Total Environ. 635, 1012-1024. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.04.106>

WITTIG V.E., AINSWORTH E.A., NAIDU S.L., KARNOSKY D.F., LONG S.P. (2009). *Quantifying the impact of current and future tropospheric ozone on tree biomass, growth, physiology and biochemistry: A quantitative meta-analysis*. Glob. Chang. Biol. 15, 396-424. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2008.01774.x>

YATKIN S., BAYRAM A. (2007). *Elemental composition and sources of particulate matter in the ambient air of a Metropolitan City*. Atmos. Res. 85, 126-139. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2006.12.002>

