



EUFORICC

Establishing Urban FORest based solutions In Changing Cities

# PROTOCOLLI E MODELLI

Compendio di metodologie pratiche e modelli  
per il supporto nel monitoraggio degli indicatori e nella gestione  
e pianificazione del verde urbano



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
FIRENZE



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI DELLA  
TUSCANA



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI DI BARI  
ALDO MORO



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
DEL MOLISE

# Ricercatori e Collaboratori del Gruppo di lavoro EUFORICC

## **CNR - IRET (coordinamento EUFORICC)**

Consiglio Nazionale delle Ricerche - Istituto di Ricerca sugli Ecosistemi Terrestri

*Coordinatore:* CARLO CALFAPIETRA

*Project manager:* GREGORIO SGRIGNA

*Team:* CHIARA BALDACCHINI (UNITUS); ADRIANO CONTE (IPSP); LUCIA CHERUBINI; SILVANO FARES (CNR - IBE; CNR - ISAFOM); OLGA GAVRICHKOVA; GABRIELE GUIDOLOTTI; CESARINO NICOLETTI; ROCCO PACE (EURAC); EMANUELE PALLOZZI; MARTINA RISTORINI (ARPA Lazio); MAURIZIO SARTI; ANDREA SCARTAZZA; TIZIANO SORGI (CREA); ILARIA ZAPPITELLI (CREA); VALERIO MORETTI (CREA).

## **UNIBA - DISAAT**

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

*Coordinatore:* GIOVANNI SANESI

*Team:* GIUSEPPINA SPANO (UNIBA - For. Psi. Com); ONOFRIO CAPPELLUTI; GIUSEPPE COLANGELO; MARINA D'ESTE; MARIO ELIA; VINCENZO GIANNICO; RAFFAELE LAFORTEZZA.

## **UNIFI - DAGRI**

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

*Coordinatore:* Fabio Salbitano\* (Dip. Agraria UNISS)

*Team:* DAVIDE TRAVAGLINI; GHERARDO CHIRICI; CLAUDIA COCOZZA; LUCIA MONDANELLI; FRANCESCO PAOLO NICESE; SUSANNA NOCENTINI; ANDREW FRANCIS SPEAK (Manchester UNIV.).

## **UNIMOL - DiBT**

Università del Molise - Dipartimento di Bioscienze e Territorio

*Coordinatore:* BRUNO LASSERRE

*Team:* CESAR IVAN ALVITES DIAZ; MARCO DI CRISTOFARO; ELENA DI PIRRO; MARCO MARCHETTI; STEFANO PANUNZI; LORENZO SALLUSTIO

## **UNIROMA3 - DSF**

Università di Roma Tre - Dipartimento di Scienze della Formazione

*Coordinatore:* ANGELO PANNO (UER)

*Team:* CINZIA ANGELINI; GIUSEPPE ALESSIO CARBONE (UER); GIUSEPPE CARRUS; THOMAS GLADWIN; CLAUDIO IMPERATORI (UER); MARCO LAURIOLA (UNIROMA1); CHIARA MASSULLO; STEFANO MASTANDREA; YLENIA PASSIATORE; ANNALISA THEODOROU (DPPSS - UNIROMA1)

## **UNITUS - DIBAF**

Università della Tuscia - Dipartimento per la Innovazione nei sistemi Biologici Agroalimentari e Forestali

*Coordinatrice:* MARIAGRAZIA AGRIMI

*Team:* FRANCESCA ADDUCCI; ENRICA ALICANDRI; ALICE ANGELINI; SIMONE BOLLATI (TRIFOLIUM Soc. Coop); MARIO CIAFFI; PIERMARIA CORONA (CREA); PAOLO DE ANGELIS; LORENZO FATTORINI (DEPS - UNISI); DIEGO GIULIARELLI; ELENA KUZMINSKY; EMANUELA MASINI; WALTER MATTIOLI (CREA); FEDERICO VALERIO MORESI; LUIGI PORTOGHESI; ANDREA ROSARIO PROTO (Dip. Agraria - UNIRC); ANTONIO TOMAO (DI4A - UNIUD); ANNA MARIA VETTRAIANO.

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](http://www.compagniadelleforeste.it)

# INDICE

<b>3</b>	<b>PROTOCOLLI CNR-IRET</b>
<b>14</b>	<b>MODELLO CNR-IBE</b>
<b>16</b>	<b>PROTOCOLLI UNIRM3</b>
<b>26</b>	<b>PROTOCOLLI UNIFI</b>
<b>29</b>	<b>MODELLO UNIFI</b>
<b>31</b>	<b>PROTOCOLLI UNIMOL</b>
<b>38</b>	<b>MODELLI UNIMOL</b>
<b>42</b>	<b>PROTOCOLLI UNIBA</b>
<b>45</b>	<b>PROTOCOLLI UNITUS</b>

*Il presente volume è collegato alle due pubblicazioni “Linee Guida” e “Indicatori”*

# SERVIZI ECOSISTEMICI DELLE FORESTE URBANE NELLA REGIONE DEL CAUCASO MERIDIONALE

TBILISI, GEORGIA | Ivane Javakhishvili Tbilisi State University, CNR-IRET

## INQUADRAMENTO RICERCA



Il rapido processo di urbanizzazione in atto a livello globale ha enfatizzato l'importanza delle interazioni tra uomo e natura. L'urbanizzazione ha accentuato il distacco dell'uomo dalla natura e ha ridotto drasticamente le aree naturali all'interno delle città. Gli spazi verdi, come parchi, giardini e strade alberate, sono in genere l'unica possibilità per i cittadini di godere e connettersi con la natura e forniscono servizi essenziali per le persone e l'ambiente. Nel corso degli ultimi due secoli, Tbilisi ha vissuto diverse fasi di sviluppo ed espansione urbana, trasformandosi da città commerciale in posizione strategica a città con oltre un milione di abitanti, con una propria cultura distintiva e un importante ruolo socio-economico nel Caucaso. Insieme ai processi di declino economico, al nazionalismo e ai drammatici cambiamenti del tessuto sociale, che sono caratteristici del processo di transizione post-sovietica (negli Stati dell'ex URSS), Tbilisi è oggi una moderna metropoli globalizzata.

L'espansione del territorio di Tbilisi è iniziata durante l'era sovietica (1921-1991), quando si è verificata un'intensa urbanizzazione che ha decuplicato l'area comunale e sestuplicato la popolazione. Nel 2019 è stato approvato il Piano di Uso del Suolo di Tbilisi, che include le priorità per lo sviluppo delle

infrastrutture verdi urbane. Il documento prevede la protezione dei paesaggi naturali e antropici, sostenendo le loro funzioni protettive e ricostituenti, potenziando le misure di protezione della biodiversità e riducendo al minimo i rischi naturali e industriali. A questo proposito, il Comune di Tbilisi ha adottato un elenco di specie arboree raccomandate, più adatte al paesaggio e al clima della città di Tbilisi, come guida per la pianificazione e lo sviluppo delle infrastrutture verdi urbane, distinguendole tra "prioritarie" e "raccomandate". Questo studio si propone di valutare e quantificare la qualità dell'aria e i servizi ecosistemici legati al clima di due parchi pubblici di Tbilisi e il ruolo delle foreste urbane nel migliorare la qualità ambientale della città.

## METODOLOGIA



- Inventario completo di due parchi urbani: RED Park (Vaso Godziashvili Park- 1030 alberi) e EXPO Park (EXPO Georgia Park- 694 alberi).
- Simulazioni con il modello i-Tree Eco, includendo dati locali (NEA - Agenzia Nazionale Ambientale della Georgia) sulle condizioni meteo e concentrazione dei principali inquinanti atmosferici ( $O_3$ ,  $NO_2$ ,  $SO_2$ ,  $PM_{10}$  and  $PM_{2.5}$ ).

## RISULTATI ATTESI PRINCIPALI OUTPUT



Questo tipo di analisi permette di:

- stimare i servizi ambientali di due foreste urbane nello stoccaggio e sequestro del carbonio, rimozione degli inquinanti atmosferici, e riduzione del ruscellamento delle acque superficiali;
- valutare l'efficienza di specie arboree comuni in altri contesti geografici e di potenziale interesse per programmi di forestazione;
- conoscere le politiche ambientali e di supporto alla pianificazione del verde urbano in città in forte sviluppo ed espansione come Tbilisi.

### Bibliografia essenziale

ALPAIDZE L., PACE R. (2021). *Ecosystem Services Provided by Urban Forests in the Southern Caucasus Region: A Modeling Study in Tbilisi, Georgia*. *Climate*. 9, 157. <https://doi.org/10.3390/cli9110157>

CALFAPIETRA C., FARES S., MANES F., MORANI A., SGRIGNA G., LORETO F. (2013). *Role of Biogenic Volatile Organic Compounds (BVOC) emitted by urban trees on ozone concentration in cities: A review*. *Environ. Pollut.* 183, 71-80. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2013.03.012>

PACE R., BIBER P., PRETZSCH H., GROTE R. (2018). *Modeling ecosystem services for park trees: Sensitivity of i-tree eco simulations to light exposure and tree species classification*. *Forests*. 9, 89. <https://doi.org/10.3390/f9020089>

# EFFICIENZA SPECIE-SPECIFICA NELLA RIMOZIONE DEL PM<sub>2.5</sub> DA PARTE DEGLI ALBERI URBANI

*Misura dell'accumulo del PM e stima modellistica basata sui tratti fogliari*

FERRARA | UniFe, CNR-IRET

## INQUADRAMENTO RICERCA



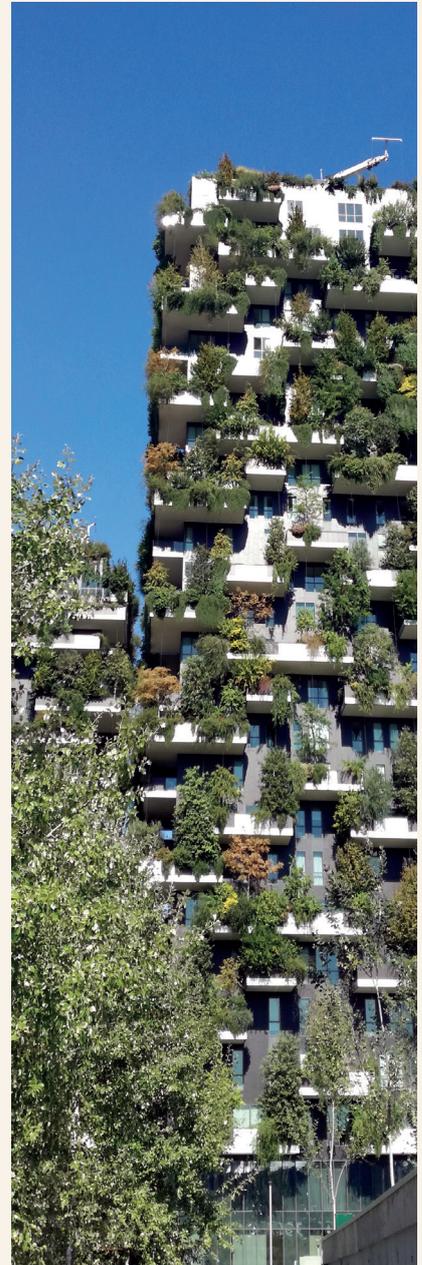
L'aumento della popolazione nelle città a livello mondiale sta provocando un progressivo peggioramento della qualità dell'aria, a causa dell'emissione di inquinanti derivanti da attività antropiche. Gli effetti sono il superamento dei limiti imposti a livello europeo e l'esposizione dei cittadini ad alte concentrazioni nell'aria, provocando gravi conseguenze sulla salute. Per migliorare la qualità dell'aria nelle città, le soluzioni basate sulla natura (*nature-based solutions*), come l'incremento degli alberi e foreste urbane, sono state suggerite dalla Commissione Europea per favorire l'intercettazione e rimozione di inquinanti atmosferici come il particolato (PM). La deposizione secca del PM da parte della vegetazione è la risultante di diversi fattori, come la concentrazione nell'aria, condizioni meteorologiche e climatiche (velocità del vento, intensità delle precipitazioni) e specifiche caratteristiche morfologiche delle piante. Negli ultimi anni, molti studi sono stati condotti per valutare la diversa capacità delle specie vegetali di accumulare PM sulle strutture fogliari, attraverso avanzate e complesse analisi di laboratorio, che hanno permesso lo sviluppo di modelli previsionali in grado di quantificare la rimozione annua di un albero o

foresta urbana. In questo ambito, il modello *i-Tree Eco* è quello più utilizzato nel campo della valutazione dei servizi ecosistemici, per la sua facilità di utilizzo e parametrizzazione nelle diverse città a livello internazionale. Tuttavia, l'attuale calcolo della rimozione del PM<sub>2.5</sub> non considera la diversa capacità delle specie arboree di interagire con il particolato, impiegando la stessa velocità di deposizione in funzione della velocità del vento e dell'area fogliare. Inoltre, soltanto pochi studi hanno validato questi risultati con misure sperimentali. L'obiettivo di questo lavoro è stato quello di migliorare, attraverso la validazione e quantificazione in laboratorio dell'accumulo di particolato fine sulle foglie, il calcolo del modello *i-Tree Eco*, tenendo conto della diversa capacità specie-specifica degli alberi urbani di rimuovere il PM<sub>2.5</sub> dall'aria.

## METODOLOGIA



- Sono state campionate, in aree rappresentative della città di Ferrara e in diversi periodi dell'anno dal 2018 al 2021, le foglie di 11 specie arboree comuni in ambito urbano. In particolare, quattro latifoglie caducifoglie (*Tilia cordata*, *Platanus acerifolia*, *Acer platanoides*, *Celtis australis*), tre



latifoglie sempreverdi (*Quercus ilex*, *Magnolia grandiflora*, *Nerium oleander*) e quattro conifere (*Thuja orientalis*, *Cedrus libani*, *Pinus pinaster*, *Picea abies*).

- L'accumulo fogliare del particolato è stato misurato in laboratorio utilizzando la tecnica della filtrazione a vuoto (*vacuum filtration*).
- Il calcolo del modello *i-Tree Eco* è stato implementato e confrontato con le misure sperimentali di deposizione includendo un indice per la differenziazione specie-specifica della deposizione e rimozione del  $PM_{2.5}$ .

## RISULTATI ATTESI

### PRINCIPALI OUTPUT



Questo tipo di analisi permette di:

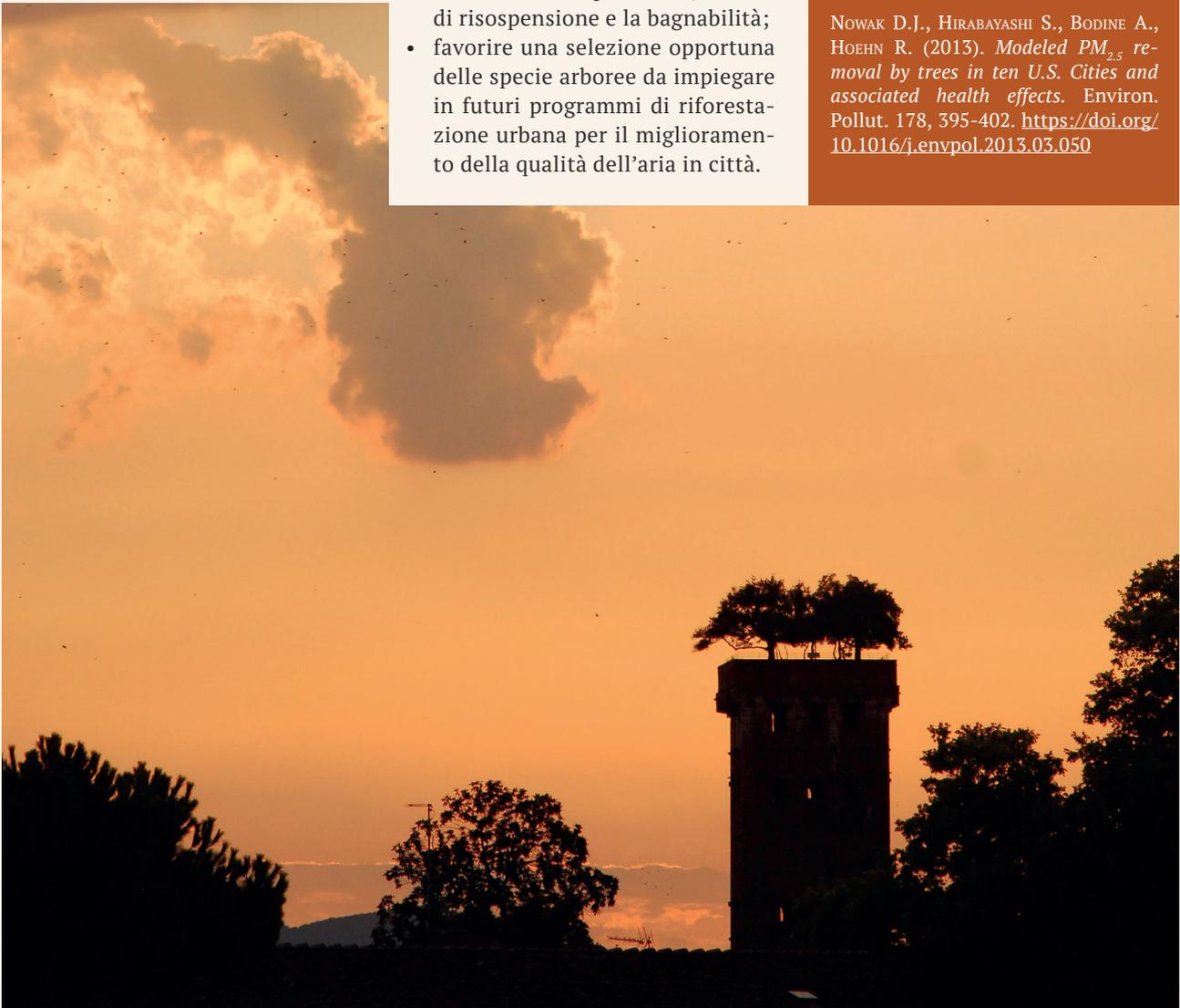
- ottenere un significativo avanzamento nella stima di rimozione del particolato utilizzando strumenti di supporto decisionale come i modelli;
- valutare l'impatto delle caratteristiche morfologiche e funzionali dei diversi tratti fogliari di specie arboree comuni in ambito urbano, per diversi parametri: il potenziale di accumulo di pioggia, la velocità di deposizione, il tasso di risospensione e la bagnabilità;
- favorire una selezione opportuna delle specie arboree da impiegare in futuri programmi di riforestazione urbana per il miglioramento della qualità dell'aria in città.

## Bibliografia essenziale

GAGLIO M., PACE R., MURESAN A.N., GROTE R., CASTALDELLI G., CALFAPIETRA C., FANO E.A. (2022). *Species-specific efficiency in PM<sub>2.5</sub> removal by urban trees: From leaf measurements to improved modeling estimates*. *Sci. Total Environ.* 844, 157131. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.157131>

GROTE R., SAMSON R., ALONSO R., AMORIM J.H., CARIÑANOS P., CHURKINA G., FARES S., THIEC D.LE, NIINEMETS Ü., MIKKELSEN T.N., PAOLETTI E., TIWARY A., CALFAPIETRA C. (2016). *Functional traits of urban trees: air pollution mitigation potential*. *Front. Ecol. Environ.* 14, 543-550. <https://doi.org/10.1002/fee.1426>

NOWAK D.J., HIRABAYASHI S., BODINE A., HOEHN R. (2013). *Modeled PM<sub>2.5</sub> removal by trees in ten U.S. Cities and associated health effects*. *Environ. Pollut.* 178, 395-402. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2013.03.050>



# MODELLAZIONE SPAZIALE EFFETTO COPERTURA ARBOREA NELLA MITIGAZIONE DEL CALORE URBANO

NAPOLI | CNR-IRET

## INQUADRAMENTO RICERCA



Le città ospitano più della metà della popolazione mondiale e, a causa del riscaldamento globale e dei cambiamenti nell'uso del suolo, la loro vulnerabilità alle ondate di calore è aumentata. Un paesaggio vegetato può ridurre l'impatto delle ondate di calore e diminuire l'effetto isola di calore attraverso il processo di evapotraspirazione e ombreggiamento. Questa ricerca mira a sviluppare una metodologia che consenta alle città di utilizzare le mappe di copertura del suolo del programma Copernicus dell'Unione Europea, disponibili liberamente per le maggiori città europee, all'interno del modello *i-Tree Cool Air* per mappare la temperatura e l'umidità dell'aria. La ricerca ha valutato la città di Napoli come caso studio, caratterizzata da un clima mediterraneo con siccità estiva e quindi un limitato contenuto di acqua nel suolo.

## RISULTATI ATTESI PRINCIPALI OUTPUT



- Questo approccio ha ottenuto forti correlazioni tra la temperatura dell'aria modellata e quelle osservata in diverse stazioni della città ( $r \geq 0,89$ ).
- Durante la stagione calda del 2020, le aree con maggiore copertura arborea presentano una temperatura di 5°C inferiore rispetto a quelle urbane con copertura impermeabile del suolo.
- Gli scenari analizzati, aumentando o diminuendo del 10% della copertura arborea, hanno prodotto una variazione di  $\pm 0,2^\circ\text{C}$  nella temperatura massima oraria dell'aria.
- Il limitato contenuto di acqua nel suolo influenza l'effetto evapotraspirativo degli alberi: durante la stagione primaverile, generalmente più umida, gli alberi sono in grado di produrre un maggiore raffreddamento della temperatura dell'aria, a differenza del periodo estivo a causa della siccità.

- Una progettazione urbana sostenibile richiede quindi un aumento della copertura arborea con irrigazione nei periodi di maggiore siccità, insieme ad una riduzione delle superfici impermeabili, che assorbono e diffondono il calore, al fine di migliorare la resilienza della comunità alle ondate di calore.

### Bibliografia essenziale

PACE R., CHIOCCHINI F., SARTI M., ENDRENY T.A., CALFAPIETRA C., CIOLFI M. (2022). *Integrating Copernicus land cover data into the i-Tree Cool Air model to evaluate and map urban heat mitigation by tree cover*. Eur. J. Remote Sens. 00, 1-18. <https://doi.org/10.1080/22797254.2022.2125833>

SINHA P., COVILLE R. C., HIRABAYASHI S., LIM B., ENDRENY T. A., NOWAK D. J. (2021). *Modeling lives saved from extreme heat by urban tree cover*. Ecological Modelling, 449, 109553. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2021.109553>

YANG Y., ENDRENY T. A., NOWAK D. J. (2013). *A physically based analytical spatial air temperature and humidity model*. Journal of Geophysical Research Atmospheres, 118(18), 10449-10463. <https://doi.org/10.1002/jgrd.50803>

## METODOLOGIA



- Dati meteorologici ([www.ncei.noaa.gov/maps/hourly/](http://www.ncei.noaa.gov/maps/hourly/) - [www.ar.pacampania.it](http://www.ar.pacampania.it)).
- Copertura del suolo (European Copernicus Land Monitoring Service - <https://land.copernicus.eu/>).
- *i-Tree Cool Air model* ([www.itree-tools.org/tools/research-suite/hydro-plus](http://www.itree-tools.org/tools/research-suite/hydro-plus)).



# FOGLIE E RIMOZIONE DEL PM: COMBINAZIONE DI LAVORO IN CAMPO E MODELLISTICA

PARCO URBANO / REAL BOSCO DI CAPODIMONTE (NA) | CNR-IRET

## INQUADRAMENTO RICERCA



Gli alberi e le foreste urbane forniscono numerosi servizi ecosistemici che contribuiscono al miglioramento della qualità ambientale e della vita dei cittadini. Un'importante funzione svolta dalla vegetazione in ambiente urbano è quella di favorire la deposizione del particolato atmosferico (PM), che in molte città spesso supera le concentrazioni massime stabilite dall'Agenzia Europea dell'Ambiente.

Le particelle si depositano fisicamente sulle foglie e questo processo è influenzato da diversi fattori, come la concentrazione di PM, la velocità del vento, gli eventi di precipitazione e le diverse caratteristiche della superficie fogliare. Generalmente, una maggiore velocità del vento aumenta la velocità di deposizione, ma allo stesso tempo, le particelle che si accumulano sono soggette anche ad un'azione di risospensione dalla foglia in atmosfera. La rimozione del particolato avviene quando un evento di precipitazione è in grado di lavare via il particolato atmosferico dalle foglie. Questi meccanismi di deposizione, risospensione e rimozione del particolato determinano il contributo netto di alberi e foreste al miglioramento della qualità dell'aria.

## METODOLOGIA



Molti studi sono stati condotti in letteratura a diversa scala per valutare il contributo degli alberi alla rimozione del particolato. A scala fogliare viene misurato l'accumulo di PM misurando la quantità di particelle attraverso la filtrazione (*Vacuum filtration*) delle foglie o con la caratterizzazione al microscopio elettronico a scansione (SEM-EDX). A livello di bosco, invece, è possibile misurare gli scambi di particelle tra le chiome e l'atmosfera con stazioni micrometeorologiche (*Eddy Covariance*). Tuttavia, queste osservazioni sono basate su analisi molto complesse, con una diversa scala temporale (da un'analisi puntuale a periodi più o meno lunghi), e richiedono l'utilizzo di strumentazioni specifiche. Uno strumento di supporto e facilmente impiegabile per valutare la deposizione e rimozione del particolato sono i modelli come *i-Tree Eco* ([www.itreetools.org](http://www.itreetools.org)), che permettono di stimare il contributo degli alberi sulla base dei dati meteorologici e di inquinamento dell'area.

## RISULTATI ATTESI PRINCIPALI OUTPUT



La capacità degli alberi di rimuovere il particolato varia a seconda della stagionalità (sempreverdi e decidue) e delle caratteristiche fogliari. Le specie sempreverdi riescono ad interagire con il PM anche durante il periodo invernale quando le concentrazioni di particolato atmosferico sono più alte a causa del riscaldamento degli edifici. La forma aghiforme delle foglie delle conifere risulta essere più efficiente nell'accumulare il particolato mostrando valori tra i 10–30  $\mu\text{g cm}^{-2}$ , rispetto ai 3–17  $\mu\text{g cm}^{-2}$  riscontrati nelle latifoglie. La differenza nell'accumulo dipende dalle caratteristiche specie-specifiche dei tratti fogliari come forma, ruvidezza, presenza di cere e tricomi. Anche l'intensità della pioggia influenza la rimozione del particolato ed è stato osservato come il lavaggio delle foglie aumenti con eventi di precipitazioni fino a 12.5 mm, rimuovendo dal 51 al 70% del PM accumulato, con una piccola frazione trattenuta dalle strutture fogliari. Dal punto di vista modellistico, è stato stimato con *i-Tree Eco* una rimozione totale del particolato nelle città degli Stati Uniti che varia dai 4.7 di Syracuse ai 64.5  $\text{t yr}^{-1}$  (0.36  $\text{g m}^{-2} \text{yr}^{-1}$ ) di Atlanta. I risultati del modello sono stati per la prima vol-

ta confrontati con misure sperimentali a scala fogliare (*Vacuum filtration* e SEM-EDX) e di popolamento arboreo (Eddy Covariance) condotte nel bosco urbano di Capodimonte a Napoli, dominato dal leccio (*Quercus ilex* L.). Dal confronto è stato osservato come l'attuale parametrizzazione del modello tenda a sottostimare il reale accumulo fogliare e quindi la potenziale rimozione in seguito ad eventi di precipitazione ( $0.16 \text{ g m}^{-2}$  vs  $0.21 \text{ g m}^{-2}$  in gennaio 2017). La ricerca e gli studi sperimentali sull'impatto delle diverse specie arboree nella rimozione del particolato atmosferico sono quin-

di necessari per migliorare l'attuale parametrizzazione dei modelli al fine di fornire solidi strumenti di

supporto decisionale per la progettazione di efficienti spazi verdi nelle città.

### Bibliografia essenziale

PACE R. *et al.* (2021) *Comparing i-Tree Eco Estimates of Particulate Matter Deposition with Leaf and Canopy Measurements in an Urban Mediterranean Holm Oak Forest.* Environ. Sci. Technol. doi: <https://doi.org/10.1021/acs.est.0c07679>

PACE R., GROTE R. (2020) *Deposition and Resuspension Mechanisms into and From Tree Canopies: A Study Modeling Particle Removal of Conifers and Broadleaves in Different Cities.* Front. For. Glob. Chang., vol. 3, p. 26. doi: <https://doi.org/10.3389/ffgc.2020.00026>

PALLOZZI E., GUIDOLOTTI G., MATTIONI M., CALFAPIETRA C. (2020). *Particulate matter concentrations and fluxes within an urban park in Naples.* Environ. Pollut., vol. 266, p. 115134. doi: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.115134>



# MISURAZIONI DEGLI ALBERI IN AMBITO URBANO

Confronto sull'utilizzo di strumenti tradizionali, digitali e applicazioni per smartphone

VILLA PAOLINA, PORANO (TR) GIARDINO STORICO | CNR-IRET, Unitus

## INQUADRAMENTO RICERCA



Le foreste urbane possono svolgere importanti funzioni ambientali e sociali, e se adeguatamente pianificate e gestite, apportano benefici rilevanti per il miglioramento della qualità della vita dei cittadini.

A tal fine, l'inventario e le analisi dendrometriche assumono un ruolo essenziale per valutare e monitorare le dimensioni, la crescita e le condizioni degli alberi urbani. I parametri che vengono solitamente misurati sono il diametro a petto d'uomo (DBH) e l'altezza totale ma, per un inventario completo, sono necessari anche i dati sulle dimensioni della chioma (larghezza, altezza e proiezione a terra). Questi dati sono raccolti attraverso indagini di campo utilizzando strumenti tradizionali come il cavalletto dendrometrico o la rotella metrica per misurare la circonferenza e il DBH, e l'ipsometro/clinometro elettronico per misurare l'altezza e la dimensione della chioma. Un maggiore grado di dettaglio si ottiene impiegando strumenti digitali avanzati come *Field-Map*, una stazione computerizzata portatile, concepita per realizzare rapidamente indagini dimensionali e topografiche di alberi e popolamenti forestali. Inoltre, l'integrazione di uno scanner LiDAR negli smartphone di ultima generazione, come l'iPhone 12 Pro, ha reso

questo tipo di dispositivo in grado di effettuare anche diverse misure degli alberi e di altri dati a livello spaziale. In questo studio, abbiamo quindi testato questi tre diversi metodi di misurazione in un campionamento sul campo di un parco urbano e li abbiamo confrontati in termini di parametri misurabili come la precisione, i costi e l'efficienza in termini di tempo impiegato per i rilievi. Infine, abbiamo discusso i pro e i contro di ogni metodo e di come i dati possono essere impiegati per valutare i servizi ecosistemici degli alberi, fornire indicazioni sulla gestione e ridurre così i potenziali rischi o disservizi.

## METODOLOGIA



Comparazione fra tre diversi sistemi di misurazione in termini di parametri misurabili, precisione, costi ed efficienza dei tempi:

- cavalletto e ipsometro/clinometro elettronici;
- fieldmap®;
- iPhone 12 Pro con LiDAR ed applicazioni dedicate.

## RISULTATI ATTESI PRINCIPALI OUTPUT



- Supporto efficace della tecnologia digitale per le indagini di campo e gli inventari.
- L'uso dello smartphone per la misurazione degli alberi è un'opzione pratica e affidabile nella selvicoltura urbana.
- Smartphone dispositivi *user-friendly* per la *citizen science* e la gestione del capitale verde nelle città.

## Bibliografia essenziale

CAMBRIA V.E., CAMPAGNARO T., TRENTANOVI G., TESTOLIN R., ATTORRE F., SITZIA T. (2021). *Citizen Science Data to Measure Human Use of Green Areas and Forests in European Cities*. *Forests*, 12(6): 779. <https://doi.org/10.3390/f12060779>

PACE R., MASINI E., GIULIARELLI D., BIAGIOLA L., TOMAO A., GUIDOLOTTI G., AGRIMI M., PORTOGHESI L., DE ANGELIS P., CALFAPIETRA C. (2022). *Tree measurements in the urban environment: insights from traditional and digital field instruments to smartphone applications*. *Arboriculture & Urban Forestry*, 48(2):113-123. <https://doi.org/10.48044/jauf.2022.009>

TOMAO A., SECONDI L., CORONA P., GIULIARELLI D., QUATRINI V., AGRIMI M. (2015). *Can composite indices explain multidimensionality of tree risk assessment? A case study in an historical monumental complex*. *Urban Forestry & Urban Greening* 14(3):456-465. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2015.04.009>

# FLUSSI DI PARTICOLATO IN AMBIENTE URBANO

AREE URBANE E PERIURBANE, DA AREE VERDI AD INTERI ECOSISTEMI | CNR-IRET

## INQUADRAMENTO RICERCA



Le polveri sottili (*PM - particulate matter*) sono ampiamente riconosciute come uno degli inquinanti più dannosi per la salute umana diffusi in ambiente urbano. La loro pericolosità varia principalmente in base alla dimensione ( $PM_{10}$ ,  $PM_{2.5}$  e  $PM_1$ ; rispettivamente di diametro inferiore a 10, 2.5 e 1 $\mu$ m), composizione chimica e densità in aria. Le foglie di tutte le piante tramite un'azione sia attiva che passiva possono intercettare le polveri sottili disperse in atmosfera, ma in particolare gli alberi urbani sono in grado di catturare e intrappolare un numero importante di PM. Questo meccanismo contribuisce a diminuire la presenza di PM nell'atmosfera urbana e dunque a mitigarne gli effetti dannosi per la salute umana. L'analisi dei flussi verticali di PM in ecosistemi urbani può essere compiuta tramite la tecnica *eddy covariance*.

(gas, calore, particolato, ecc.) e la velocità del vento, fornendo come *output* un dato ogni 30 minuti che definisce il flusso verticale della grandezza misurata, nel caso specifico il particolato. Flussi di segno negativo indicano una deposizione di particolato, mentre flussi di segno positivo indicano una risospensione. Il sistema di misurazione consiste in un anemometro sonico capace di acquisire dati a 10 Hz ed un contatore di particelle che può registrare le concentrazioni delle frazioni  $PM_{10}$ ,  $PM_{2.5}$  e  $PM_1$  alla velocità di 4 Hz. Questi strumenti sono posti su una torre al di sopra delle chiome degli alberi. I dati vengono interpolati ed il calcolo dei flussi viene effettuato dal software EddyPro (LiCOR).

## RISULTATI ATTESI PRINCIPALI OUTPUT



- Questo tipo di analisi permette di:
- quantificare le concentrazioni ed i flussi di PM;
  - studiare l'andamento giornaliero dei flussi di PM;
  - stimare la provenienza del particolato;
  - aiutare a comprendere il ruolo dei diversi ecosistemi nella rimozione del particolato.

### Bibliografia essenziale

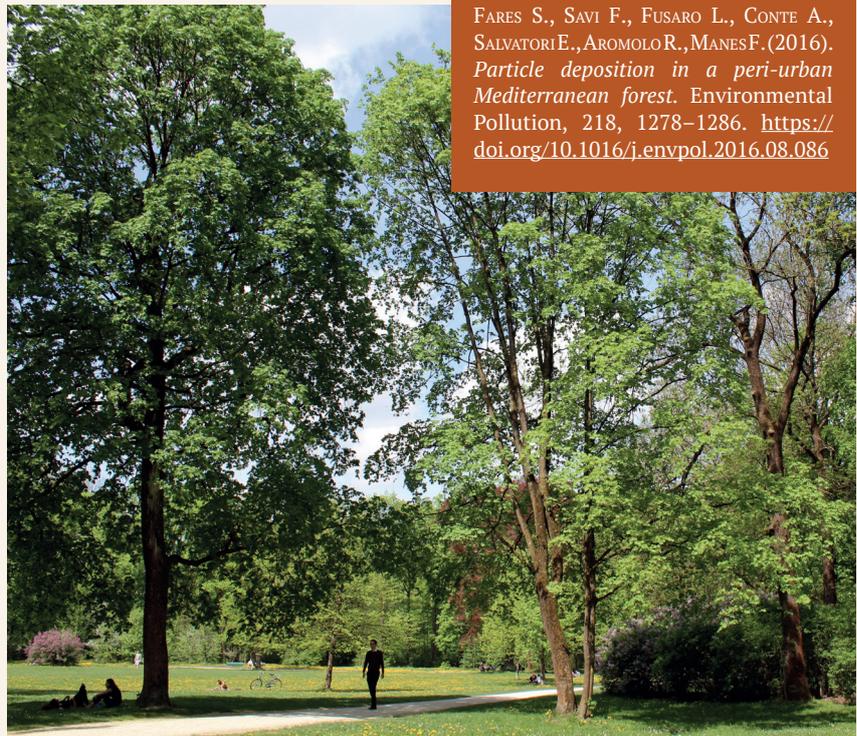
PALLOZZI E., GUIDOLOTTI G., MATTIONI M., CALFAPIETRA C. (2020). *Particulate matter concentrations and fluxes within an urban park in Naples*. Environmental Pollution, 266, 115134. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.115134>

FARES S., SAVI F., FUSARO L., CONTE A., SALVATORI E., AROMOLO R., MANES F. (2016). *Particle deposition in a peri-urban Mediterranean forest*. Environmental Pollution, 218, 1278–1286. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.08.086>

## METODOLOGIA



La tecnica *eddy covariance* viene utilizzata per misurare e calcolare i flussi turbolenti verticali all'interno del *boundary layer* atmosferico, su scala ecosistemica. Si tratta di un metodo statistico utilizzato in meteorologia ed altre applicazioni (micrometeorologia, oceanografia, idrologia, scienze agrarie, applicazioni industriali e normative, ecc.), e consiste nel misurare ad alta frequenza una componente scalare



# ALBERI URBANI E CATTURA DI POLVERI SOTTILI (PM)

AREE URBANE E PERIURBANE, PARCHI, AREE VERDI | CNR-IRET

## INQUADRAMENTO RICERCA



Le polveri sottili (PM - *particulate matter*) sono ampiamente riconosciute come uno degli inquinanti più dannosi per la salute umana diffusi in ambiente urbano. La loro pericolosità varia principalmente in base alla dimensione (PM<sub>10</sub> e PM<sub>2.5</sub>; rispettivamente di diametro inferiore a 10 e 2.5µm); composizione chimica e densità in aria. Le foglie di tutte le piante tramite un'azione sia attiva che passiva intercettano le PM disperse in atmosfera, ma in particolare gli alberi urbani sono in grado di catturare e intrappolare un numero importante di PM.

Questo meccanismo contribuisce a diminuire la presenza di PM nell'atmosfera urbana e a mitigarne gli effetti dannosi per la salute umana. L'analisi del PM accumulato sulle foglie di qualsiasi pianta presente in ambiente urbano può essere compiuta tramite diverse tecniche di analisi. La microscopia elettronica a scansione associata a spettroscopia a raggi-X (SEM/EDX) è una delle più complete ed efficienti. Questo approccio permette di ottenere una stima quantitativa della distribuzione dimensionale e il peso del PM accumulato sulle foglie. Inoltre, il dato per singola particella sulla relativa composizione elementare permette di identificare le principali sorgenti di polveri sottili. Infine, la capacità della tecnica SEM di produrre contemporaneamente immagini sia delle particelle che delle morfologie fogliari permette di approfondire la

relazione tra micro-morfologie fogliari e dimensioni, quantità e composizione chimica delle particelle catturate. Una seconda tecnica per stimare l'accumulo di PM su foglie è quella definita filtrazione a vuoto (*vacuum filtration*), ovvero dei successivi passaggi di lavaggio / filtrazione / pesatura. Rispetto alla tecnica SEM/EDX, questa permette la sola stima quantitativa del PM.

## METODOLOGIA



- **Raccolta e conservazione materiale:** A seconda del tipo di analisi che si voglia compiere (monitoraggio/confronto tra specie) saranno scelti i siti per il campionamento all'interno dell'area in esame. Se il campionamento avviene su specie arboree si consiglia l'uso di uno sveltatoio al fine di campionare il materiale vegetale ad una altezza superiore ai 3-5m. Per l'analisi è sufficiente raccogliere 3 piccoli rami della pianta in punti diversi della chioma, alla stessa altezza. Avendo cura di non far cadere in terra il campione, le foglie verranno collezionate in bustine di carta pulite. Se l'analisi non viene compiuta nell'arco delle successive 24h, è consigliabile congelare il materiale raccolto in freezer (-20°C).
- **Analisi SEM/EDX:** Per tale analisi è necessario l'uso di un mi-

croscopio elettronico a scansione associato a spettroscopia a dispersione di raggi-X. Del campionamento in campo sono necessarie solo poche foglie (repliche significative), da cui verrà tagliata una piccola porzione nella stessa regione di ogni foglia analizzata. Qui di seguito (punti a-d) le principali applicazioni:

- a. **Studio della distribuzione dimensionale del PM:** tramite analisi *imaging* SEM vengono acquisite numerose immagini delle superfici fogliari, successivamente processate attraverso *software* dedicati all'analisi di immagini (ad esempio Gwyddion - <http://gwyddion.net/>). Questo primo passaggio permette di acquisire informazioni sul numero di particelle per unità di superficie fogliare e la loro distribuzione in termini dimensionali.
- b. **Identificazione sorgenti (*source-apportionment*) e biomonitoraggio:** la spettroscopia a raggi-X (EDX) associata alla microscopia elettronica a scansione (SEM) permette di identificare la composizione chimica di singole particelle. Questo passaggio, permette di identificare le principali sorgenti di inquinamento da PM nella zona di studio.
- c. **Stima della quantità di PM sulle foglie:** la combinazione dei dati ottenuti nel primo con quelli del secondo passaggio qui descritti (a; b) permette di calcolare la quantità del PM, in termini di peso per unità di su-

perficie fogliare ( $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ).

d. **Analisi morfologica delle microstrutture fogliari:** una ulteriore applicazione dell'analisi di immagini SEM è la misura e valutazione delle micromorfologie fogliari (stomi, rugosità, tricomi). Queste strutture contribuiscono alla cattura di PM e forniscono informazioni sullo stato di salute della pianta.

- **Filtrazione a vuoto:** Tecnica più semplice e meno costosa rispetto al SEM/EDX, richiede l'uso di strumentazione per filtrazione: beuta da vuoto; imbuto di raccolta con portafiltra; pompa; filtri a diversa porosità; acqua micro-distillata; bilancia di precisione (risoluzione  $\leq 0,1\text{mg}$ ). Il materiale raccolto durante il campionamento (almeno  $500\text{ cm}^2$ ) verrà lavato in acqua micro-distillata. La soluzione sarà filtrata nel sistema di filtrazione passando ogni volta per filtri a porosità

minore. I filtri utilizzati saranno pesati prima e dopo il lavaggio, e previa asciugatura forzata al fine di eliminare l'acqua presente, la differenza di peso tra filtro sporco e pulito darà la stima del peso del particolato accumulato in quella determinata quantità di foglie.

## RISULTATI ATTESI

### PRINCIPALI OUTPUT

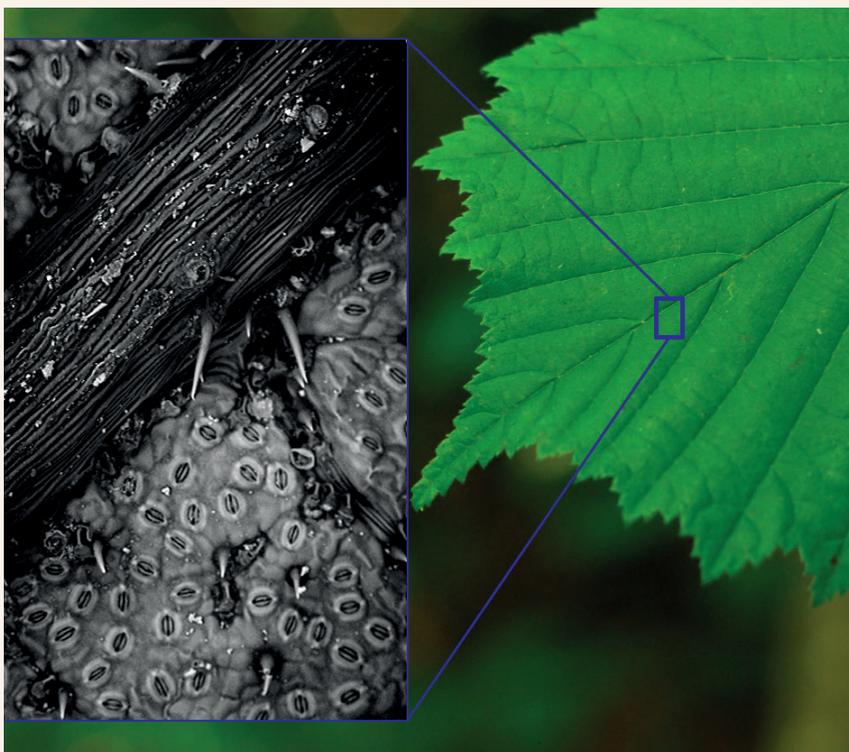


Questo tipo di analisi permette di:

- **quantificare** l'accumulo di  $\text{PM}_{10}$ ,  $\text{PM}_{2.5}$  e  $\text{PM}_1$  sulle foglie e dunque stimarne la rimozione da parte di un singolo albero, di una infrastruttura verde o di una foresta urbana;
- **caratterizzare** la distribuzione dimensionale del particolato disperso in atmosfera;
- **identificare** le principali sor-

genti di PM che contribuiscono all'inquinamento atmosferico in una determinata zona;

- **comprendere** quali meccanismi siano più o meno efficaci nella rimozione di PM da parte delle foglie (micro-morfologie fogliari) ed evidenziare eventuali patologie delle piante stesse.



### Bibliografia essenziale

SGRIGNA G., SÆBØ A., GAWROŃSKI S., POPEK R., CALFAPIETRA C. (2015). *Particulate Matter deposition on Quercus ilex leaves in an industrial city of central Italy*. Environ. Pollut. 197, 187–194. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2014.11.030>

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>

BALDACCHINI C., CASTANHEIRO A., MAGHAKYAN N., SGRIGNA G., VERHELST J., ALONSO R., AMORIM J.H., BELLAN P., BOJOVIĆ D.D., BREUSTE J., BÜHLER O., CANTAR I.C., CARINANOS P., CARRIERO G., CHURKINA G., DINCA L., ESPOSITO R., GAWROŃSKI S.W., KERN M., LE THIEC D., MORETTI M., NINGAL T., RANTZOUZI E.C., SINJUR I., STOJANOVA B., ANIĆIĆ UROŠEVIĆ M., VELIKOVA V., ŽIVOJINOVIĆ I., SAHAKYAN L., CALFAPIETRA C., SAMSON R. (2017). *How Does the Amount and Composition of PM Deposited on Platanus acerifolia Leaves Change Across Different Cities in Europe?* Environ. Sci. Technol. 51. <https://doi.org/10.1021/acs.est.6b04052>

# DESCRIZIONE DELLA DISPERSIONE DELLE POLVERI SOTTILI (PM) IN UN DATO TERRITORIO

LIVELLO URBANO - REGIONALE | CNR-IRET

## INQUADRAMENTO RICERCA



Implementare con successo strategie di mitigazione degli inquinanti atmosferici dipende fortemente dalla conoscenza del fenomeno sul territorio a più livelli: rete di monitoraggio, inventari di emissioni, strategie di controllo, coinvolgimento della popolazione e uso di modelli di qualità dell'aria. Questi ultimi infatti, sono in grado di riprodurre e dunque aiutare a comprendere le trasformazioni chimiche e i processi di rimozione e trasporto di inquinanti gassosi e particolati in atmosfera. I modelli di dispersione di inquinanti atmosferici contribuiscono inoltre a delineare le dinamiche complesse e le relazioni tra le principali sorgenti di inquinamento dell'aria e il territorio, comprese le foreste urbane. Questo aspetto permette di ottimizzare i servizi ecosistemici di determinate "Nature-based Solutions" (NBS - soluzioni basate sulla natura), incluse le alberature urbane. Chi gestisce quindi un territorio può dunque trarre preziose informazioni dall'applicazione di modelli di dispersione, come ad esempio il TAPM (HURLEY P., 2008. *The Air Pollution Model - TAPM V4. User Manual*).

## METODOLOGIA



- **Raccolta e gestione dati:** Collezionare di dati del territorio per inquadramento e descrizione del

contesto in cui è inserita l'area di interesse: individuazione del territorio di analisi (area ortogonale), in un *range* dimensionale incluso tra 10 e 1.500 km; raccolta di dati di vento rappresentativi per l'area in analisi; mappatura dell'area tramite software GIS, con divisione del territorio in aree di uso del suolo; raccolta dati di emissioni degli inquinanti atmosferici di interesse dagli inventari di emissioni (t/anno), inclusi dati da sorgenti puntuali, diffuse o lineari (strade); raccolta dati di concentrazioni di inquinanti a terra tramite centraline di rilevamento per definizione delle concentrazioni di *background*.

- **Applicazione modello TAPM:** Per l'analisi dei principali inquinanti, e con particolare attenzione al particolato sottile, il modello TAPM deve essere settato sulla funzione *chemistry* (chimica), includendo tra le variabili ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>), biossido di zolfo (SO<sub>2</sub>), ozono (O<sub>3</sub>), composti organici volatili (VOC) e chimica del particolato sottile (PM<sub>10</sub>; PM<sub>2.5</sub>). La risoluzione spaziale minima è di 0,5x0,5 km (come dominio minimo). I dati del dominio di interesse vengono successivamente descritti da domini di dimensioni maggiori. Esempio: area di studio di 10x10 km, formata da 20 celle (cella minima di 0,5km, inclusa in successive celle di 2,8 e 32 km). I dati di emissione vengono quindi disaggregati per macro settori, secondo il sistema di codici SNAP (*Selected Nomenclature for Air Pollution*).

## RISULTATI ATTESI PRINCIPALI OUTPUT



Questo tipo di analisi permette di:

- **Verificare** l'andamento e la variazione stagionali degli inquinanti atmosferici in una data zona.
- **Visualizzare** le aree più a rischio tramite la descrizione di dispersione e deposizione a terra degli inquinanti atmosferici, al fine di poter intervenire con interventi mirati di forestazione urbana.
- **Stimare e valutare** il reale impatto di determinate sorgenti di inquinanti.

### Bibliografia essenziale

SGRIGNA G., RELVAS H., MIRANDA A.I., CALFAPIETRA C. (2022) *Particulate Matter in an Urban-Industrial Environment: Comparing Data of Dispersion Modeling with Tree Leaves Deposition*. *Sustain.* 14 (2). <https://doi.org/10.3390/su14020793>. 194. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2014.11.030>

ZAWAR-REZA P., KINGHAM S., PEARCE J. *Evaluation of a Year-Long Dispersion Modelling of PM10 Using the Mesoscale Model TAPM for Christchurch, New Zealand*. *Sci. Total Environ.* 2005, 349 (1-3), 249-259. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2005.01.037>

DUQUE L., RELVAS H., SILVEIRA C., FERREIRA J., MONTEIRO A., GAMA C., RAFAEL S., FREITAS S., BORREGO C., MIRANDA A.I. *Evaluating Strategies to Reduce Urban Air Pollution*. *Atmos. Environ.* 2016, 127 (2), 196-204. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2015.12.043>

# INTERPRETAZIONE AGGREGATA DEL BILANCIO ENERGETICO E DELLE DINAMICHE DELL'ACQUA PER LA VALUTAZIONE DEI SERVIZI ECOSISTEMICI

AIRTREE | CNR-IBE

## SCALA DI RIFERIMENTO/ APPLICAZIONE:

Dal singolo albero alla popolazione.

## SCOPI E OBIETTIVI DEL MODELLO

Il modello AIRTREE (*Aggregated Interpretation of the Energy balance and water dynamics for Ecosystem services assessment*) è un modello multistrato unidimensionale che accoppia i processi del suolo, delle piante e atmosferici per prevedere gli scambi di CO<sub>2</sub>, acqua e inquinanti tra le foglie e l'atmosfera. Il modello è costituito da quattro diversi moduli:

- il modello di trasferimento radiativo, che calcola la temperatura fogliare e la radiazione attraverso la chioma;

Variabile	Descrizione	Unità di misura
RAD	PPFD + infrarosso vicino, NIR	W m <sup>2</sup>
Tair	Temperatura dell'aria	C°
RH	Umidità relativa	%
ubar	Velocità del vento	m s <sup>-1</sup>
CO <sub>2</sub>	Concentrazione di CO <sub>2</sub>	ppm
O <sub>3</sub>	Concentrazione di ozono	ppb
Press	Pressione dell'aria	Pa
PM	Concentrazione di PM	ppm
rain	Precipitazioni	mm
NO <sub>2</sub>	Concentrazione di NO <sub>2</sub>	ppm
SO <sub>2</sub>	Concentrazione di SO <sub>2</sub>	ppm
CO	Concentrazione di CO	ppm

Elenco delle variabili continue usate come input dal modello AIRTREE.

- il modulo di fotosintesi, che calcola An e gs;
- il modulo di deposizione, che calcola le resistenze alla diffusione e alla deposizione di gas e inquinanti;
- il modello idrologico, che prevede lo stato idrologico dell'ecosistema;

## DATI DI INPUT

Il modello richiede un numero limitato di variabili di *input* per stimare gli scambi di gas delle singole foglie e integrare i flussi a livello della chioma.

Specie	dbh (cm)	NPP (g m <sup>-2</sup> )	NPP class	O <sub>3</sub> (g m <sup>-2</sup> )	O <sub>3</sub> class	PM10 (g m <sup>-2</sup> )	PM10 class	PM2.5 (g m <sup>-2</sup> )
<i>Acer campestre</i>	35	354.23 ± 38.76	IV	2.97 ± 0.02	V	1.01 ± 0.0482	II	0.09 ± 0.0041
<i>Acer negundo</i>	15	46.6	I	2.75	V	0.77	I	0.06
<i>Alnus cordata</i>	35	438.59 ± 39.9	V	3.27 ± 0.05	VI	1 ± 0.0405	II	0.08 ± 0.0034
<i>Cedrus atlantica</i>	35	938.24 ± 128.36	X	5.67 ± 0.33	X	7.39 ± 1.272	VIII	1.01 ± 0.1739
<i>Celtis australis</i>	35	392.79	IV	2.8	V	0.93	I	0.08
<i>Cupressus sempervirens</i>	55	1084.6	X	7.4	X	16.23	X	2.27
<i>Eucalyptus spp.</i>	55	490.78	V	3.34	VI	1.44	II	0.12
<i>Fraxinus angustifolia</i>	15	253.71 ± 79.24	III	2.19 ± 0.09	IV	0.83 ± 0.1507	I	0.07 ± 0.0125
<i>Fraxinus ornus</i>	35	562.24 ± 95.6	VI	2.88 ± 0.26	V	1.42 ± 0.1802	II	0.12 ± 0.0155
<i>Juglans nigra</i>	15	140.48 ± 126.39	II	2.17 ± 0.09	IV	0.82 ± 0.1714	I	0.07 ± 0.0145
<i>Juglans regia</i>	35	370.26	IV	2.51	V	1.05	II	0.09
<i>Malus sylvestris</i>	35	225.31	III	2.02	IV	0.66	I	0.06
<i>Ostrya carpinifolia</i>	35	528.65 ± 91.68	VI	2.85 ± 0.25	V	1.32 ± 0.1603	II	0.11 ± 0.0138
<i>Pinus eldarica</i>	35	704.89 ± 97.32	VIII	6.19 ± 0.61	X	9.58 ± 2.4196	X	1.31 ± 0.333
<i>Pinus halepensis</i>	55	894.86	IX	6.67	X	13.73	X	1.88
<i>Pinus pinaster</i>	55	847.47	IX	6.46	X	12.01	X	1.65
<i>Pinus pinea</i>	55	794.22 ± 30.14	VIII	6.39 ± 0.12	X	10.86 ± 0.7685	X	1.49 ± 0.1055
<i>Populus nigra</i>	15	83.25	I	2.01	IV	0.69	I	0.06
<i>Prunus avium</i>	35	375.44	IV	2.76	V	1.12	II	0.1
<i>Pyrus amygdaliformis</i>	15	27.91	I	2.15	IV	0.66	I	0.06
<i>Pyrus pyraeaster</i>	35	319.2	IV	2.57	V	1.08	II	0.09
<i>Quercus cerris</i>	35	412.27 ± 51.97	V	2.89 ± 0.21	V	1.21 ± 0.1192	II	0.1 ± 0.0103
<i>Quercus frainetto</i>	35	332.5 ± 16.7	IV	2.54 ± 0.09	V	1.12 ± 0.0405	II	0.1 ± 0.0035
<i>Quercus ilex</i>	35	656 ± 162.43	VII	3.43 ± 0.48	VI	2.79 ± 0.7179	III	0.31 ± 0.0803
<i>Quercus pubescens</i>	35	486.99 ± 61.35	V	2.98 ± 0.22	V	1.21 ± 0.1192	II	0.1 ± 0.0103
<i>Quercus robur</i>	15	250.37 ± 77.66	III	2.45 ± 0.12	IV	0.7 ± 0.1171	I	0.06 ± 0.01
<i>Quercus suber</i>	35	854.12 ± 87.2	IX	3.52 ± 0.2	VII	2.09 ± 0.1795	III	0.23 ± 0.0201
<i>Quercus trojana</i>	15	159.36 ± 80.58	II	2.24 ± 0.08	IV	0.56 ± 0.1356	I	0.05 ± 0.0115
<i>Robinia pseudoacacia</i>	35	474.66	V	2.65	V	1.16	II	0.1
<i>Sorbus domestica</i>	15	189.59	II	2.07	IV	1.01	II	0.09

Produttività primaria netta (Net Primary Productivity- NPP), ozono troposferico (O<sub>3</sub>) e deposizione secca delle particelle (PM<sub>10</sub> e PM<sub>2.5</sub>) simulate dal modello AIRTREE per l'anno 2018 nella riserva naturale di Castel di Guido. I valori totali medi degli alberi adulti (dbh massimo) sono raggruppati per specie.

## STEP METODOLOGICI / FASI DEL MODELLO

Step 1 - Acquisizione parametri meteorologici e concentrazione di in-

quinanti su base oraria.

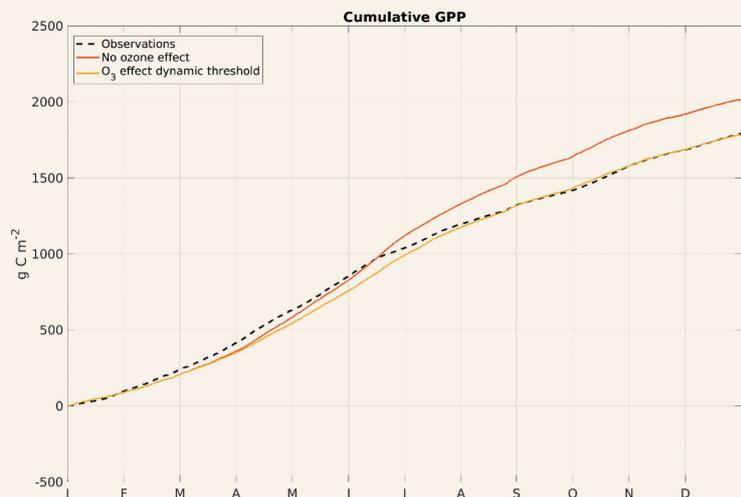
Step 2 - Misura del campo dei principali parametri fotosintetici delle specie forestali di interesse, oltre ad attributi dendrometrici e LAI.

Step 3 - Inserimento dei dati di *input*

e *run* del modello.

Step 4 - Analisi dei risultati, confronto e validazione del modello con dati misurati in campo grazie alla tecnica Eddy Covariance.

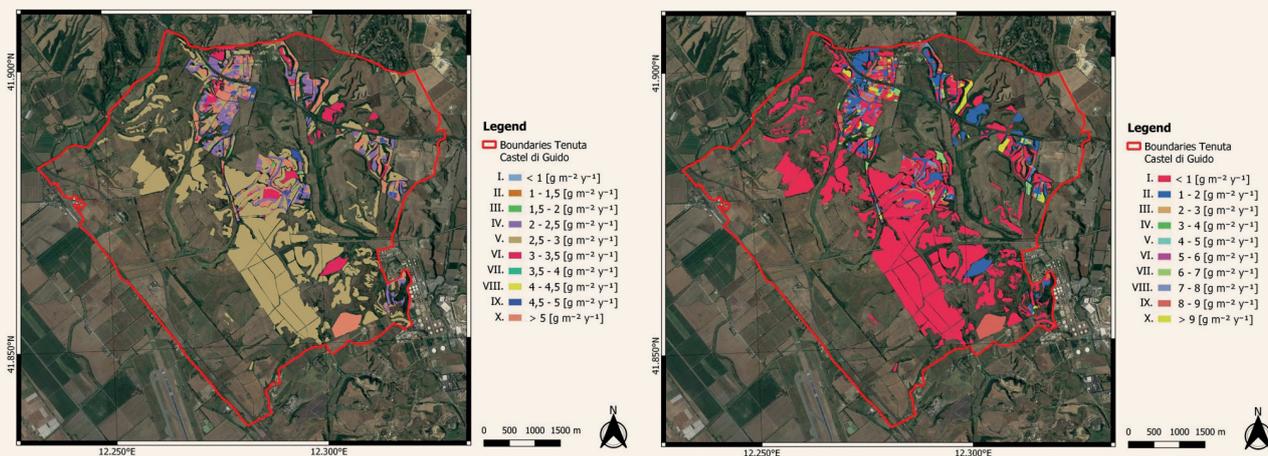
Step 5 - Eventuale rappresentazione dei dati aggregati su mappa.



Valori cumulativi della Produttività Primaria Lorda (GPP) simulati applicando la correzione moltiplicativa della soglia dinamica. La linea tratteggiata nera rappresenta le osservazioni (Obs.). La linea arancione rappresenta i valori simulati dal modello senza alcuna correzione dell'ozono. La linea gialla (prevista) rappresenta i valori simulati migliori identificati dalla soglia dinamica ad ogni passo temporale del modello.

## OUTPUT

- Stima su base mensile e annuale della quantità di inquinanti aerei rimossi dalla vegetazione arborea in ambiente urbano.
- Mappa su base mensile e annuale della quantità di inquinanti aerei rimossi dalla vegetazione arborea in ambiente urbano.
- Monitoraggio della quantità di inquinanti aerei rimossi dalla vegetazione arborea in ambiente urbano
- Stima del danno da ozono su fotosintesi e conduttanza stomatica.
- Stima delle emissioni di BVOC - Composti Organici Volatili.



Mappe che mostrano la rimozione dell'ozono (in alto) e i tassi di rimozione del  $PM_{10}$  (in basso) per il parco di Castel di Guido. Map data © 2020 Google.

### Bibliografia di riferimento

CONTE A., OTU-LARBI F., ALIVERNINI A., HOSHIKA Y., PAOLETTI E., ASHWORTH K., FARES S. (2021). *Exploring new strategies for ozone-risk assessment: A dynamic-threshold case study*. Environmental Pollution, 287, 117620. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.117620>

FARES S., CONTE A., ALIVERNINI A., CHIANUCCI F., GROTTI M., ZAPPITELLI I., PETRELLA F., CORONA P. (2020). *Testing Removal of Carbon Dioxide, Ozone, and Atmospheric Particles by Urban Parks in Italy*. Environmental Science & Technology, 54, 14910-14922. <https://doi.org/10.1021/acs.est.0c04740>

# ESPOSIZIONE ALLA NATURA E DINAMICHE FUNZIONALI CEREBRALI LEGATE AI PROCESSI DI RISTORO EMOTIVI

ESPOSIZIONE ALLA NATURA E ATTIVAZIONE DI NETWORK CEREBRALI | Uni Roma 3

## INQUADRAMENTO RICERCA



Lo scopo principale della ricerca è stato di indagare come le immagini raffiguranti ambienti naturali possano modificare la connettività funzionale nel *distress network* utilizzando l'elettroencefalogramma (EEG).

## METODOLOGIA



Due presentazioni composte da immagini raffiguranti rispettivamente scenari naturali e urbani è stata presentata al gruppo “naturale” e a quello “urbano”. Prima e dopo la presentazione, sono state eseguite registrazioni EEG di cinque minuti in *resting state* ovvero stato di riposo (RS). Il software (eLORETA) è stato utilizzato per eseguire tutte le analisi EEG. Sono stati impiegati i seguenti strumenti:

- **emozioni positive e negative (pre e post esposizione).** Il PANAS (WATSON *et al.* 1988) è un questionario *self-report* di 20 *item* che valuta sia l'affetto negativo (ad esempio, spaventato, angosciato) che positivo (ad esempio, forte, entusiasta). Nel presente studio, è stata usata la versione italiana “di stato” (cioè “in questo momento”) del PANAS (TERACIANO *et al.* 2003);
- **vitalità soggettiva (pre e post esposizione).** La SVS-S (RYAN e

FREDERICK 1997) è un questionario *self-report* di 7 *item* che valuta l'esperienza soggettiva di essere pieni di energia e vivi. Ogni *item* è valutato su una scala Likert a 7 punti che va da “per niente” a “molto vero”, con punteggi più alti che indicano una maggiore vitalità soggettiva;

- **sintomi psicopatologici (post esposizione).** Il BSI (DEROGATIS e MELISARATOS 1983) è un questionario *self-report* ampiamente utilizzato per valutare i sintomi psicopatologici (ad esempio, ansia e sintomi depressivi). È composto da 53 *item* valutati su una scala Likert a 5 punti (0-4), con punteggi più alti che indicano sintomi auto-riferiti più gravi. Il BSI fornisce un *Global Severity Index* (GSI), progettato per misurare il disagio psicopatologico complessivo;
- **attributi delle immagini mostrate.** Abbiamo chiesto piacevolezza, qualità, luminosità e familiarità delle immagini mostrate, da 1 a 10.

## RISULTATI ATTESI PRINCIPALI OUTPUT



Il gruppo esposto ad immagini “naturali” ha mostrato un aumento significativo delle emozioni positive e della vitalità soggettiva. Inoltre, rispetto alle immagini urbane, l'esposizione alle immagini naturali è stata associata a una diminuzione della connettività funzionale delta nel *distress network*, in particolare tra l'insula sinistra e la corteccia cingolata anteriore sottogenua sinistra. I nostri risultati sembrano essere in accordo con precedenti studi neurofisiologici che suggeriscono che l'esperienza di ambienti naturali è associata a dinamiche funzionali cerebrali legate a processi di ristoro emotivi.

### Bibliografia essenziale

IMPERATORI C., MASSULLO C., DE ROSSI E., CARBONE G. A., THEODOROU A., SCOPELLITI M., 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. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2023.1171215>



# IL RUOLO DEL LINGUAGGIO NEL RAPPORTO UOMO-NATURA

IL RAPPORTO UOMO-NATURA ATTRAVERSO LE LENTI DEL MACHINE LEARNING | Uni Roma 3

## INQUADRAMENTO RICERCA



Gli ambienti naturali hanno effetti positivi sulla salute mentale, ma la natura di questa relazione è ancora da indagare. Importanti aspetti psicosociali di questa relazione si dovrebbero riflettere nella struttura semantica del linguaggio. I metodi di elaborazione del linguaggio forniscono uno strumento per esplorare questa ipotesi.

100 miliardi di parole utilizzate in 3 milioni di parole o frasi presenti nelle notizie di Google News. Nell'analisi sono state utilizzate le seguenti serie di parole: parole natura (natura, campi, foresta, boschi, verde, fiume, lago, mare, paesaggio, colline, montagna e fiori di campo), parole positive per la salute mentale (rilassamento, felicità, gioia, fiducia, calma, ripristino e sicurezza) e parole negative sulla salute mentale, opposte alle parole positive (stress, tristezza, angoscia, dubbio, ansia, esaurimento e pericolo). Le parole positive e negative sulla salute mentale forniscono elenchi di coppie di contrasti, come rilassamento-contrasto-stress. Le associazioni sono state testate tra ciascuna delle parole della natura e ciascuna delle coppie di salute mentale positiva vs. negativa. Sono state eseguite simulazioni Monte Carlo per verificare se queste associazioni fossero statisticamente significativamente specifiche per la natura come segue. In ogni iterazione di un totale di 10.000 esecuzioni per ogni data associazione, una parola casuale è stata selezionata dal vocabolario che è stata etichettata come un sostantivo quando è stata posta alla fine di una qualsiasi delle frasi "Camminando in," "Camminando in un/una" o "Camminando vicino a". È stata calcolata la somiglianza di questi nomi con il contrasto positivo meno negativo. Ciò ha fornito una distribuzione di ipotesi nulla di associazioni di nomi in generale con coppia di salute mentale positiva e negativa. Il *p value* corrispondente alla parola natura è stato definito come la proporzione di associazioni più positive nella distribuzione dell'ipotesi nulla rispetto

all'associazione osservata per quella parola. Le associazioni sono considerate significative se il valore *p* sopravviveva a test multipli correggendo, con il metodo Bonferroni, il numero totale di associazioni (tutte le parole di natura X tutte le coppie di parole di salute mentale positive-meno-negative) da testare; in caso contrario, se il *p-value* era  $< .05$ , l'associazione era etichettata come "nominale".

## METODOLOGIA



In questo studio, un modello linguistico basato sulla rete neurale ha fornito le rappresentazioni vettoriali delle parole derivanti dal *machine learning*. Queste sono poi state combinate con analisi statistiche per verificare se le parole legate alla natura avessero connessioni particolarmente forti positive e non negative con la salute mentale.

In particolare, le misurazioni delle associazioni tra parole si sono basate sulla rappresentazione vettoriale delle parole fornita da un modello linguistico di rete neurale, l'algoritmo *word2vec*. Le rappresentazioni vettoriali codificano il contesto, in termini di parole circostanti nelle frasi, in cui una data parola tende ad essere usata, fornendo una misura di relazione o intercambiabilità. È stato utilizzato il *toolbox* GenSim, con un modello pre-addestrato basato sul *corpus* di testo di Google News. Si tratta di circa

## RISULTATI ATTESI PRINCIPALI OUTPUT



Sono state trovate associazioni statisticamente significative tra una gamma di parole legate alla natura (positive vs. negative) e parole legate alla salute mentale. I risultati confermano quindi una connessione semantica tra natura e salute mentale rappresentata utilizzando metodi computazionali addestrati all'uso del linguaggio. 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 che risultano in una valutazione personale di stimoli, eventi e situazioni. Ad esempio, la valutazione di una foresta in cui un individuo sta camminando può essere sbilanciata verso interpretazioni in linea con il rilassamento, la calma e il recupero delle abilità cognitive conseguente allo sforzo. I risultati possono essere d'aiuto nel progettare studi futuri sul rapporto uomo-natura, ma anche negli interventi che hanno lo scopo di

aumentare il contatto benefico con la natura oltre che a scegliere parole efficaci nella comunicazione su temi come i comportamenti proambientali e il cambiamento climatico.

### Bibliografia essenziale

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.

PROTOCOLLO: UNIRM3 #3

# EFFETTO BENEFICO DELL'ACCESSO ALLA NATURA DURANTE IL LOCKDOWN DA COVID-19 SUL RISK TAKING

PERSONE IN QUARANTENA DURANTE IL LOCKDOWN DA COVID-19 | Uni Roma 3

## INQUADRAMENTO RICERCA



Due studi indagano l'effetto dell'accesso alla natura durante il primo lockdown da pandemia Covid-19 sul comportamento di *risk taking* (presa del rischio). In particolare, il rischio è indagato in termini di rischio passivo (ovvero il rischio deriva dal non attuare un'azione, es. evitare *check up* medici) e in termini di comportamenti a rischio, come il consumo di alcol. Durante *shock* sociali come la pandemia da Covid-19, i comportamenti di presa di rischio possono aumentare. L'esposizione al verde può mitigare questo aumento.

## METODOLOGIA



Questionari *self-report* durante il primo lockdown da Covid-19.

**Misure Studio 1 (presa di rischio passivo):**

- **tendenza individuale all'assunzione di rischi passivi:** è stata valutata utilizzando la versione italiana della misura di assunzione di rischi passivi (KEINAN e BEREY-MEYER 2012; RIVA *et al.* 2015), composta da 25 item adattati per il presente studio. Nello specifico, abbiamo chiesto ai partecipanti di immaginarsi in ciascuno degli scenari descritti nelle voci, riferendosi direttamente all'attuale emergenza pandemica. Le voci valutano la tendenza a intraprendere (o meno) un'azione per ridurre il rischio in tre domini, ovvero risorse (es. "Comprare un prodotto costoso (computer, frigorifero) solo dopo aver confrontato i prezzi in diversi negozi"), salute (es. "Andare immediatamente dal medico quando qualcosa nel mio corpo fa male o mi infastidisce"), e l'etica (ad es. "Indossare sempre la cintura di sicurezza quando si è seduti sul sedile posteriore"). Le risposte vanno da 1 (molto improbabile) a 7 (molto probabile). Le risposte

sono ricodificate in modo che i punteggi più alti riflettano livelli più elevati di assunzione di rischi passivi;

- **accesso alla natura durante il lockdown:** abbiamo chiesto ai partecipanti se avevano accesso ad aree verdi (cioè se potevano visitarle), con il seguente *item* dicotomico: "Ha avuto accesso ad un'area verde e ha potuto visitarla in questo periodo?" (qualsiasi tipo di area verde) (possibili risposte: sì, no);
- **impulsività (variabile di controllo):** l'impulsività è stata misurata utilizzando la validazione italiana della scala I7 impulsività-avventurosità-empatia (EYSENCK *et al.* 1985; Russo *et al.* 2011). Nello specifico, per il presente studio sono state utilizzate 19 *item* dicotomici (sì/no) della sottoscala dell'impulsività (es. "Compri spesso cose d'impulso?"). Le istruzioni sono state adattate per questo studio, chiedendo specificamente ai partecipanti di fare riferimento al periodo della pandemia durante la risposta;

- **variabili sociodemografiche:** genere, età, provenienza geografica (nord, centro, sud Italia), titolo di studio (scuola media, scuola superiore, laurea o titolo di studio superiore), stato civile (sposato/a, non sposato/a), *smart working* (sì, no).

**Misure Studio 2 (consumo di alcol):**

- **bicchieri di alcol bevuti (media settimanale):** ogni sera ai partecipanti veniva chiesto il numero di bicchieri di alcol bevuto durante quel giorno per una settimana. Quindi, i dati sono stati aggregati per settimana. Pertanto, questa variabile corrisponde alla media dei bicchieri bevuti durante la settimana di riferimento;
- **accesso alla natura, abbiamo chiesto se avevano accesso al proprio giardino durante il lockdown con il seguente item:** “Ha accesso ad un giardino dalla sua abitazione durante questo periodo?” (sì, no);
- **comportamento precedente lo scoppio della pandemia (variabile di controllo):** per valutare il comportamento prima della pandemia di COVID-19 abbiamo utilizzato un item (THEODOROU *et al.* 2017) “Non ho bevuto, o non ho mai bevuto più di uno o due bicchieri di vino o birra al giorno” con risposte “1 = vero”, “2 = non del tutto vero” e “3 = falso”. Pertanto, punteggi più alti indicano uno stile di vita meno sano prima dello scoppio della pandemia;
- **variabili sociodemografiche:** genere, età, provenienza geografica (nord, centro, sud Italia), stato relazionale (*single*, in una relazione, convivente, sposato), stato occupazionale (studente lavoratore: sì, no);

**RISULTATI ATTESI**  
PRINCIPALI OUTPUT



La metodologia qui riportata permette la valutazione di due tipologie di presa di rischio: il rischio passivo e il consumo di alcol (come comportamento a rischio per la salute). È importante anche misurare le disposizioni individuali associati al comportamento a rischio, ovvero nel caso del rischio passivo sarebbe opportuno misurare anche l'impulsività. Nel caso del comportamento di alcol, sarà opportuno misurare il comportamento abituale di uso di alcol, ovvero, precedente l'evento (in questo caso la pandemia). Inoltre, risulta fondamentale misurare il comportamento di accesso alla na-

tura, per poter poi valutarne l'effetto sulla presa di rischio. La metodologia è specificamente validata durante il primo *lockdown* nazionale ma è in linea di massima trasferibile ad altri casi simili come quarantene di individui singoli.

**Bibliografia essenziale**

PANNO A., THEODOROU, A. (shared first authorship), CARBONE G., DE LONGIS E., CEPALE G., MASSULLO C., CARRUS G., IMPERATORI C. (2021). *Go greener, less risk: Access to nature is associated with lower risk taking in different domains during the COVID-19 lockdown*. *Sustainability*, 13(19). <https://doi.org/10.3390/su131910807>



# VALUTAZIONE DELL'EFFETTO BENEFICO DELLA NATURA SUI COMPORTAMENTI PROAMBIENTALI

PARCHI URBANI | Uni Roma 3

## INQUADRAMENTO RICERCA



Il protocollo prevede la misurazione del livello individuale di rivalutazione cognitiva, dell'esperienza di *being away* favorita dal verde urbano e dei comportamenti proambientali.

## METODOLOGIA



Questionari *self-report*. Misure:

- **rivalutazione cognitiva:** versione italiana del Questionario sulla regolazione delle emozioni (composto da quattro *item*; BALZAROTTI 2019). Gli intervistati riportano il grado d'accordo con affermazioni che riflettono una rivalutazione cognitiva. Un esempio di *item* è: "Quando voglio provare un'emozione più positiva, cambio il modo in cui penso alla situazione" con possibile risposta da 1 (fortemente in disaccordo) a 5 (fortemente d'accordo);
- **esperienza di *being away*:** tre *item* della sottoscala del questionario di *Restorativeness* (ri-generatività) percepita nella sua versione abbreviata (PRS, SCOPELLITI *et al.* 2012; PASINI *et al.* 2009). Un esempio di *item* è: "Per allontanarmi da cose che di solito richiedono la mia attenzione mi piace andare in posti come questo" con possibile risposta da 1 (fortemente in disaccordo) a 5 (fortemente d'accordo);

- **comportamento proambientale:** per valutare il comportamento proambientale, abbiamo utilizzato cinque *item* che misurano la tendenza delle persone a impegnarsi in comportamenti proambientali. Alcuni esempi di *item* sono: "Riciclo carta, plastica e metallo" e "Evito di usare i mezzi pubblici" (PANNO *et al.* 2018). Un punteggio composito di questi elementi indica il comportamento ecologicamente responsabile che le persone adottano per ridurre la propria impronta ecologica. Possibili risposte da 1 (fortemente in disaccordo) a 5 (fortemente d'accordo);
- **variabili sociodemografiche:** età, genere, titolo di studio, stato civile e stato occupazionale.

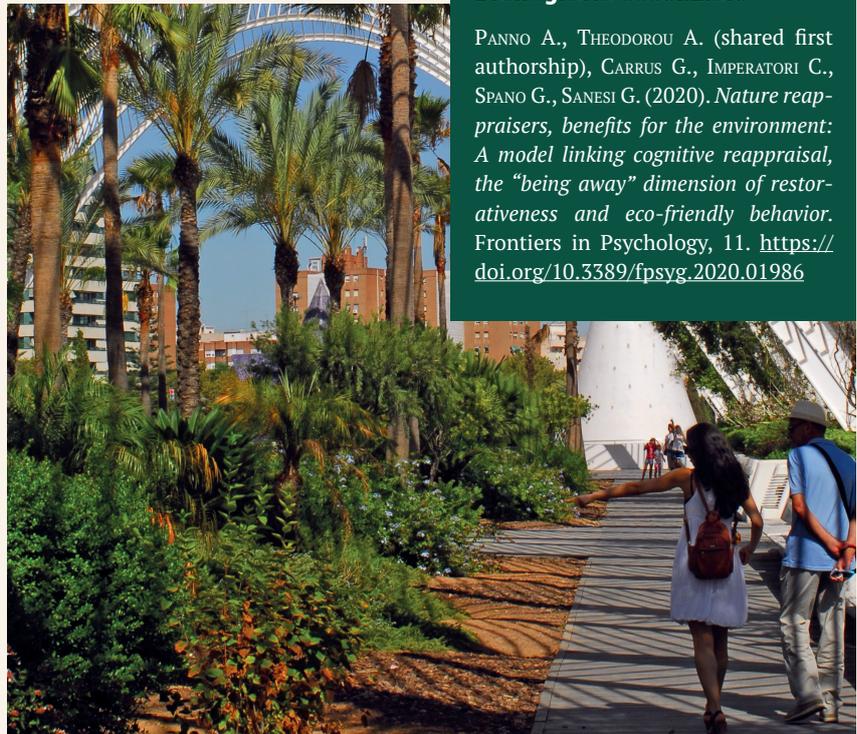
## RISULTATI ATTESI PRINCIPALI OUTPUT



Questo tipo di metodologia permette, attraverso la misurazione del livello di rivalutazione cognitiva e dell'esperienza di *being away* favorita dal verde urbano, di agire su un doppio binario per promuovere i comportamenti pro-ambientali: da una parte aumentare il livello di una strategia di regolazione emotiva, ovvero la rivalutazione cognitiva attraverso *training* specifici e dall'altra lavorare sul migliorare l'esperienza di *being away* del parco urbano.

### Bibliografia essenziale

PANNO A., THEODOROU A. (shared first authorship), CARRUS G., IMPERATORI C., SPANO G., SANESI G. (2020). *Nature reappraisers, benefits for the environment: A model linking cognitive reappraisal, the "being away" dimension of restorativeness and eco-friendly behavior.* *Frontiers in Psychology*, 11. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.01986>



# OUTCOME PSICOFISIOLOGICI DELL'ESPOSIZIONE ALLA NATURA VIRTUALE

VIRTUAL REALITY | Uni Roma 3

## INQUADRAMENTO RICERCA



È stata condotta una *review* sistematica della letteratura sugli studi che hanno indagato gli *outcome* psicologici e psicofisiologici dell'esposizione alla natura virtuale, ovvero alla natura fruita tramite visore di realtà virtuale.

per ottenere un'ampia panoramica. Dopo la prima fase di selezione su Scopus, abbiamo verificato la presenza di ulteriori pubblicazioni su Web of Science e PsycINFO. Poiché non ne sono state trovate altre, abbiamo continuato il processo di selezione tramite Scopus. Questa fase di selezione degli studi si è conclusa il 13 settembre 2021.

gato gli effetti psicologici e psicofisiologici della natura virtuale. Questa panoramica può servire per evidenziare *gap* nella letteratura e mettere appunto nuove linee di ricerca, ma anche per ampliare la visione degli impieghi della natura virtuale nella pratica psicologica e negli interventi di salute.

## METODOLOGIA



È stato adottato il metodo PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analysis*). Questo metodo garantisce una *review* sistematica della letteratura *evidence-based* adottando una *checklist* e un diagramma di flusso che descrive il processo di identificazione degli studi da selezionare. Il *database* utilizzato è stato Scopus, dove si è proceduto ad utilizzare le seguenti parole chiave relative al mezzo utilizzato (ovvero "virtual reality" OR "immersive virtual reality" OR oculus OR viewer) e all'esposizione ("virtual nature" OR "green-space" OR "green space" OR "blue space" OR "bluespace" OR "white space" OR "whitespace" OR "natural environment" OR "natural virtual environment" OR "exposure to nature" OR "exposure with nature" OR "contact with nature" OR "contact to nature" OR "proximity to nature" OR "urban nature"). Abbiamo scelto di non includere *outcome* o misure specifici nella *query* di ricerca

## RISULTATI ATTESI PRINCIPALI OUTPUT



Questo protocollo permette di avere una visione completa sullo stato dell'arte degli studi che hanno inda-

### Bibliografia essenziale

SPANO G., THEODOROU A. (shared first authorship), CARRUS G., SANESI G., PANNO A. (2022). *Virtual nature and psychological outcomes: A systematic review*. <https://doi.org/10.31219/osf.io/8ux9a>



# STATO DI MANUTENZIONE DEL VERDE URBANO E INTENZIONE ALL'USO DEL BARATTO AMMINISTRATIVO

ESPERIMENTI ONLINE | Uni Roma 3

## INQUADRAMENTO RICERCA



In questa ricerca si è indagata come lo stato di manutenzione del verde urbano interviene nell'intenzione a partecipare al suo mantenimento tramite la legge del baratto amministrativo. In particolare, ci si aspettava che un cattivo stato di manutenzione, rispetto ad uno di buona manutenzione, fosse associato ad una più alta intenzione di prendere parte al mantenimento in prima persona del verde urbano di quartiere secondo la legge del baratto amministrativo.

## METODOLOGIA



Questionari *self-report online*, con due condizioni sperimentali manipolate attraverso immagini del verde urbano di quartiere in buono stato e in cattivo stato. I partecipanti erano assegnati *random* a solo una delle due condizioni.

- **Check della manipolazione:** per verificare che la manipolazione fosse efficace nel rappresentare uno stato di buona e di cattiva manutenzione, è stato chiesto ai partecipanti di riportare il livello di mobilità pedonale, viabilità, pavimentazione ed estetica del quartiere visto nelle immagini, con una scala di risposta da 1 a 5.
- **Disponibilità ad impegnarsi**

**attivamente nel mantenimento del verde urbano del quartiere:** si è utilizzato il seguente scenario. Nel quartiere mostrato nel video vige la legge del baratto amministrativo, previsto dall'articolo 24 della legge 164 del 2014, "Misure di agevolazioni della partecipazione delle comunità locali in materia di tutela e valorizzazione del territorio", secondo cui: "I comuni possono definire criteri e condizioni per la realizzazione da parte di cittadini interventi di valorizzazione del territorio urbano od extraurbano, quali la pulizia, la manutenzione, l'abbellimento di aree verdi, piazze, strade, ovvero interventi di decoro urbano, di recupero e riuso, con finalità di interesse generale, di aree e beni immobili inutilizzati. A tal fine, l'ente locale può deliberare la concessione di una riduzione ovvero di un'esenzione di tributi locali inerenti alle attività poste in essere dai predetti soggetti." Dopodiché si chiedeva al partecipante: In base a questa legge, darebbe un contributo per

l'adeguato mantenimento del suo quartiere? (possibili di risposte: sì, no).

## RISULTATI ATTESI PRINCIPALI OUTPUT



Questo protocollo misura l'intenzione individuale ad impegnarsi attivamente nel mantenimento del verde urbano del quartiere partendo dal livello di manutenzione del verde urbano stesso. Un cattivo livello di manutenzione si dovrebbe associare ad una intenzione più alta nel volersi prendere cura del verde urbano di quartiere, avvalendosi della legge sul baratto amministrativo.

### Bibliografia essenziale

THEODOROU A., PANNI A., AGRIMI M., MASINI E., CARRUS G. (2022). *Can we barter local taxes for maintaining our green? A psychological perspective.* *Frontiers in Psychology*, 13. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.816217>



# GIARDINAGGIO ED EFFETTI BENEFICI SULLA SALUTE PSICOLOGICA

PERSONE IN QUARANTENA DURANTE IL LOCKDOWN DA COVID-19 | Uni Roma 3

## INQUADRAMENTO RICERCA



La ricerca si è focalizzata sulla misurazione del comportamento di giardinaggio durante il primo *lockdown* da Covid-19, lo stress Covid-19 correlato e i sintomi psicopatologici esperiti nell'ultima settimana di *lockdown*. Ci sono poi alcune variabili da tenere in considerazione, strettamente legate all'esperienza personale del *lockdown*, ovvero regione di residenza, *smart working*, metri quadrati per persona, numero di contagi nella regione. Vengono misurate e tenute in considerazione altre variabili sociodemografiche come genere, età, titolo di studio e stato civile.

## METODOLOGIA



Questionari *self-report* durante il primo *lockdown* da Covid-19.

Misure:

- **comportamento di giardinaggio:** abbiamo chiesto ai partecipanti se si sono impegnati in attività di giardinaggio durante il *lockdown* (possibili risposte: sì/no);
- **stress Covid-19 correlato:** abbiamo utilizzato l'adattamento italiano dell'*Impact of Event Scale-Revised* a 22 *item* (IES-R; CRAPARO *et al.* 2013; WEISS e MARMAR 1997), una misura ampiamente utilizzata nella valutazione dei sintomi da sindrome *post-trau-*

matica da stress in relazione ad eventi specifici. Nello specifico, nelle istruzioni, è stato chiesto di fare riferimento all'emergenza relativa alla diffusione del Covid-19 mentre si rispondeva al questionario. Un esempio di *item* è "Qualsiasi promemoria risvegliava sentimenti al riguardo". Le risposte variavano da 0 (per niente) a 4 (estremamente). La scala è composta da tre sottodimensioni, vale a dire intrusione, evitamento e *iper-arousal*. In questo studio, abbiamo utilizzato il punteggio totale: valutazioni più elevate indicano sintomi più gravi;

- **sintomi psicopatologici:** abbiamo utilizzato la versione italiana della *Symptom-Checklist-K-9* a 9 *item* (SCL-K-9; IMPERATORI *et al.* 2020a; KLAGHOFER e BRÄHLER 2001). È la versione breve della popolare *Symptom Checklist-90-Revised* (SCL-90-R; DEROGATIS 1977), composta da 90 *item*. Ciascuno dei nove *item* valuta i sintomi riportati nella settimana precedente attraverso nove domini psicopatologici: somatizzazione, sensibilità interpersonale, ossessivo-compulsivo, ansia, depressione, ostilità, ansia fobica, ideazione paranoide e psicoticismo. Il punteggio medio totale è un indicatore unidimensionale del disagio psicopatologico, a più alti punteggi corrisponde un maggiore disagio. Le risposte variavano da 0 (per niente) a 4 (estremamente);
- **tre variabili (regione di residenza, *smart working*, metri quadrati per persona, numero**

**di contagi nella regione):** abbiamo chiesto ai partecipanti la regione di residenza dove i partecipanti stavano trascorrendo il *lockdown*. Abbiamo chiesto se stessero lavorando a distanza da casa (*smart working*: sì/no). Abbiamo calcolato anche i metri quadrati a disposizione per persona nell'abitazione di residenza, ricavandolo da due informazioni chieste ai partecipanti, ovvero i metri quadrati dell'abitazione e il numero degli abitanti. Infine, abbiamo incrociato i dati di ciascun partecipante con il numero di contagi del giorno precedente nella specifica regione italiana in cui il partecipante ha trascorso il periodo di *lockdown*, utilizzando i dati forniti dal Ministero della Salute italiano (Ministero della Salute 2020);

- **variabili sociodemografiche:** genere, età, titolo di studio e stato civile.

## RISULTATI ATTESI

PRINCIPALI OUTPUT



Questa metodologia si focalizza sulla valutazione del livello di salute psicologica in termini di sintomi psicopatologici durante un periodo stressante come il *lockdown* alla pandemia da Covid-19. Il protocollo prevede la misurazione del comportamento di giardinaggio durante il primo *lockdown* da Covid-19, lo stress Covid-19 correlato e i sintomi psicopatologici esperiti nell'ultima settimana di *lockdown*, di altre varia-

bili legate all'esperienza personale del *lockdown* oltre a variabili socio-demografiche. È utile indagare il comportamento di giardinaggio per promuovere la salute psicologica. Per poter ottenere una misurazione dell'effettivo beneficio è auspicabile poter monitorare i livelli di stress percepito e di sintomi psicopatologici. La metodologia è specificamen-

te validata durante il primo *lockdown* nazionale, ma è in linea di massima trasferibile ad altri casi simili come quarantene di individui singoli.

### Bibliografia essenziale

THEODOROU A., PANNO A., CARRUS G., CARBONE G.A., MASSULLO C., IMPERATORI C. (2021). *Stay home, stay safe, stay green: The role of gardening activities on mental health during the Covid-19 home confinement*. Urban Forestry & Urban Greening. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2021.127091>

PROTOCOLLO: UNIRM3 #8

## REGOLAZIONE EMOTIVA E NATURA VIRTUALE

ESPOSIZIONE ALLA NATURA TRAMITE REALTÀ VIRTUALE | Uni Roma 3

### INQUADRAMENTO RICERCA



Le persone che fanno un uso abituale della strategia di regolazione emotiva chiamata rivalutazione cognitiva dovrebbero essere più sensibili all'ambiente circostante e, quindi, ottenere maggiori benefici dall'esposizione alla natura virtuale come una maggiore vitalità. Si è indagato il ruolo della rivalutazione cognitiva nell'aumentare la vitalità conseguente all'esposizione a diversi tipi di ambienti parco, lago artico vs. grigio urbano e vitalità soggettiva.

minuti. L'esposizione è avvenuta tramite un casco di realtà virtuale. Variabili principali:

- **vitalità:** la vitalità pre e post esposizione è stata misurata utilizzando la scala di vitalità soggettiva di stato (BOSTIC *et al.* 2000) composta da 7 item. Un esempio è "In questo momento, mi sento vivo e vitale". La scala di risposta variava da 1 (per niente vero) a 7 (molto vero);
- **rivalutazione cognitiva:** la rivalutazione cognitiva è stata valutata utilizzando l'*Emotion Regulation Questionnaire* (BALZAROTTI 2021) nella sua versione italiana. La scala è composta da 6 item (es. "Quando mi trovo di fronte a una situazione stressante, mi faccio pensare in modo da aiutarmi a mantenere la calma"). La scala di risposta varia da 1 (fortemente in disaccordo) a 7 (fortemente d'accordo).

Variabili di controllo:

- **variabili sociodemografiche:** abbiamo raccolto informazioni su età, genere, titolo di studio, stato civile e stato lavorativo;
- **identità ambientale:** l'identità

ambientale è stata valutata utilizzando la misura *Inclusion of Nature in Self* (INS; SCHULTZ 2002) cioè, "Scegli per favore le immagini che meglio descrivono il tuo rapporto con l'ambiente naturale". La misura prevede sette possibili risposte (da 1 a 7) ciascuna delle quali presenta due cerchi progressivamente sovrapposti, che rappresentano rispettivamente la natura e il sé. Punteggi più alti indicano una maggiore identità ambientale;

- **stress percepito:** per misurare lo stress percepito nel mese precedente, abbiamo utilizzato quattro item dell'originale *Perceived Stress Scale* (PSS; Cohen *et al.* 1983). Un esempio è "Nell'ultimo mese, quante volte hai sentito di non essere in grado di controllare le cose importanti della tua vita?". La scala di risposta varia da 0 (mai) a 4 (molto spesso);
- **tipo di ambiente in cui vive il partecipante:** "Dove abiti la maggior parte del tempo?", con possibili risposte "Casa in un contesto urbano" e "Casa in un ambiente naturale";

### METODOLOGIA



È stato condotto un esperimento in laboratorio con quattro condizioni, una per tipo di ambiente, su un campione di studenti universitari. I partecipanti sono stati esposti a quattro foto a 360° per ognuno dei quattro ambienti, per un minuto ciascuna per un totale di quattro

- **esperienza pregressa di VR:** è la prima volta che sperimenti la realtà virtuale immersiva (con cuffie o occhiali)?”, con possibili risposte “no” e “sì”;
- **luminosità delle immagini.** “Come valuteresti la luminosità delle immagini mostrate?” da 1 (luminosità pessima) a 10 (luminosità eccellente);
- **senso di presenza.** abbiamo utilizzato l’*Igroup Presence Questionnaire* (IPQ; SCHUBERT *et al.* 2001) a 14 *item*. Gli elementi sono stati adattati per riferirsi a foto panoramiche a 360° e sono stati esclusi due elementi (applicabili solo ai mondi generati dal computer).
- **motion sickness:** abbiamo utilizzato il questionario di valutazio-

ne della *motion sickness* (MSAQ; GIANAROS *et al.* 2001) a 16 *item*. In questo studio, abbiamo utilizzato il punteggio totale calcolato come suggerito da GIANNAROS e colleghi.

## RISULTATI ATTESI

### PRINCIPALI OUTPUT



Questo protocollo permette di misurare l’effetto della rivalutazione cognitiva sui benefici dell’esposizione alla natura tramite realtà virtuale. In particolare, i risultati mostrano come bassi livelli di questa variabile diminuiscano gli effetti benefici dell’esposizione alla natura virtuale sulla vitalità. Inoltre, essi

suggeriscono che il potenziale della natura virtuale possa essere aumentato con *training* volti ad aumentare l’uso della rivalutazione cognitiva. In questo modo, si potenzierebbero i benefici della natura virtuale, estendendoli a più persone.

### Bibliografia essenziale

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>



# MAPPATURA E MONITORAGGIO DELLA RIMOZIONE DI INQUINANTI AEREI DA PARTE DELLE FORESTE URBANE

COMUNE DI FIRENZE | DAGRI-UNIFI

## INQUADRAMENTO RICERCA



Le foreste e più in generale le infrastrutture verdi in ambiente urbano e periurbano contribuiscono alla riduzione degli inquinanti atmosferici attraverso un processo di deposizione secca. Le superfici fogliari degli alberi e degli arbusti presenti nei centri abitati agiscono infatti come filtri biologici che migliorano la qualità dell'aria nelle città.

Varie indagini sono state condotte in diverse città del mondo con l'obiettivo di stimare la quantità di inquinanti atmosferici rimossa dalle foreste urbane. Le esperienze maturate nel corso del tempo hanno portato allo sviluppo di metodi di indagine basati su modelli analitici sempre più sofisticati.

Utilizzando il Comune di Firenze come caso studio, è stato elaborato un modello cartografico di deposizione secca degli inquinanti aerei (particolato ( $PM_{10}$ ) e ozono troposferico ( $O_3$ )) implementato con un Sistema Informativo Geografico (GIS). Il modello richiede la conoscenza di dati meteorologici, dati inerenti la concentrazione degli inquinanti, la mappa della distribuzione spaziale delle differenti classi di copertura forestale e il relativo indice di area fogliare (LAI). Il LAI è stato stimato combinando i valori misurati a terra su un campione di foreste, con le informazioni sull'altezza e la densità dei soprassuoli ottenute da dati telerilevati LiDAR

disponibili su tutto il territorio comunale.

In questo studio, il modello è stato implementato e applicato con finalità di monitoraggio per effettuare una stima spaziale e multitemporale del particolato rimosso dalle foreste urbane del Comune di Firenze per gli anni t1 (2013) e t2 (2018). Dopo avere effettuato la stima spaziale del LAI sulla base di rilievi LAI a terra e dati LiDAR relativi all'anno t1, è stata trovata una relazione tra LAI e grado di copertura forestale; tale relazione è stata utilizzata per stimare il LAI all'anno t2 sulla base del grado di copertura derivato dal dato LiDAR relativo all'anno t2, senza ripetere il rilievo a terra del LAI, riducendo lo sforzo necessario per effettuare il monitoraggio.

## METODOLOGIA



- È stata effettuata la mappatura per fotointerpretazione delle foreste urbane e periurbane relative agli anni t1 e t2, classificate in funzione della presenza di specie caducifoglie e specie sempreverdi.
- È stata acquisita la concentrazione del particolato ( $PM_{10}$ ) rilevata dalle stazioni di monitoraggio a terra negli anni t1 e t2.
- Sono stati acquisiti i dati telerilevati laser *scanning* (LiDAR) da piattaforma aerea relativi agli anni t1 e t2. Nell'anno t1 è stato

rilevato il LAI su un campione di aree di saggio a terra.

- È stata effettuata una stima spazializzata del LAI all'anno t1 sulla base di un modello di regressione tra i valori del LAI rilevati a terra nelle aree di saggio e le metriche LiDAR estratte sulle aree di saggio.
- È stato sviluppato un modello di regressione tra LAI all'anno t1 e grado di copertura all'anno t1 derivato dai dati LiDAR relativi all'anno t1.
- Il modello sviluppato al punto 6 è stato applicato per stimare il LAI all'anno t2 sulla base del grado di copertura all'anno t2 derivato dai dati LiDAR relativi all'anno t2.
- È stata effettuata la modellizzazione della deposizione secca del  $PM_{10}$  sulle foreste urbane per gli anni t1 e t2.

## RISULTATI ATTESI PRINCIPALI OUTPUT



Questo tipo di analisi permette di:

- produrre mappe multitemporali dell'indice di area fogliare riducendo lo sforzo di rilevamento a terra;
- ottenere una stima su base mensile e annuale della quantità di inquinanti aerei rimossi dalla vegetazione arborea in ambiente urbano;
- produrre mappe su base mensile e annuale della quantità di inquinanti aerei rimossi dalla vegetazione arborea in ambiente urbano

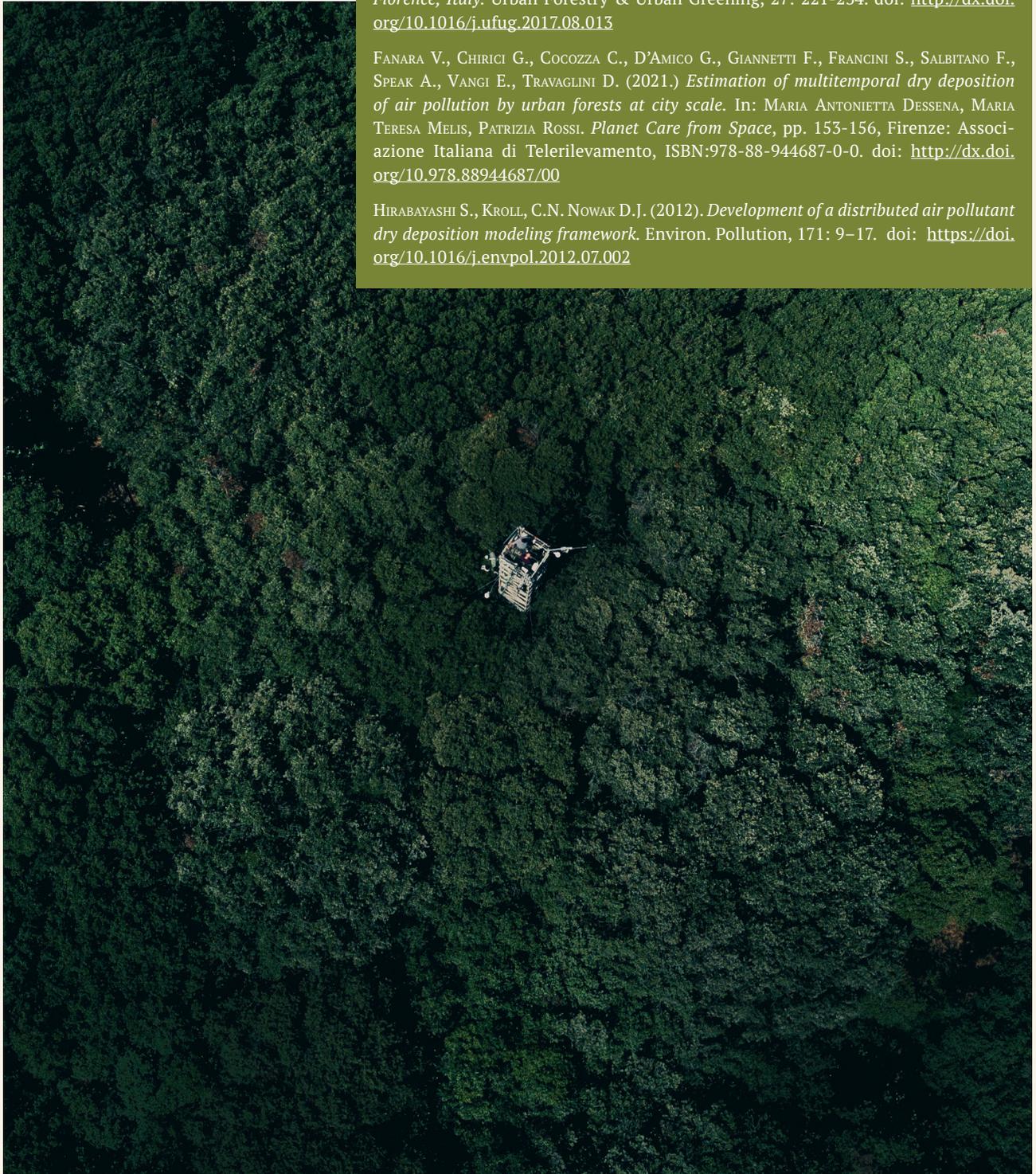
- monitorare la quantità di inquinanti aerei rimossi dalla vegetazione arborea in ambiente urbano.

### Bibliografia essenziale

BOTTALICO F., TRAVAGLINI D., CHIRICI G., GARFÌ V., GIANNETTI F., DE MARCO A., FARES S., MARCHETTI M., NOCENTINI S., PAOLETTI E., SALBITANO F., SANESI G. (2017). *A spatially-explicit method to assess the dry deposition of air pollution by urban forests in the city of Florence, Italy*. *Urban Forestry & Urban Greening*, 27: 221-234. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ufug.2017.08.013>

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. doi: <http://dx.doi.org/10.978.88944687/00>

HIRABAYASHI S., KROLL, C.N. NOWAK D.J. (2012). *Development of a distributed air pollutant dry deposition modeling framework*. *Environ. Pollution*, 171: 9-17. doi: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2012.07.002>



# COMFORT TERMICO E PERCEZIONE DEI CITTADINI SUI SERVIZI E DISSERVIZI ECOSISTEMICI DEGLI ALBERI E DELLE FORESTE IN AMBIENTE URBANO

COMUNE DI FIRENZE | DAGRI-UNIFI

## INQUADRAMENTO RICERCA



Gli stili di vita moderni delle persone che vivono in città hanno probabilmente generato una perdita di consapevolezza dei benefici derivanti dalla presenza di alberi e foreste negli ambienti urbani.

I servizi e i disservizi ecosistemici dovuti agli alberi e alle foreste urbane dipendono strettamente dalla percezione degli osservatori e degli utenti: cosa è percepito come bello e benefico da una persona può essere considerato brutto, inutile, sgradevole o pericoloso per un altro.

Rendere consapevoli i cittadini del ruolo svolto dagli alberi e dalle foreste negli ambienti urbani è importante anche per far meglio accettare e apprezzare alla popolazione i programmi di inverdimento urbano.

In questo studio sono stati esaminati il livello di conoscenza e i valori percepiti da un campione di cittadini residenti a Firenze rispetto ai servizi e disservizi ecosistemici connessi alla presenza di alberi e foreste nell'ambiente urbano, con un focus sui benefici del comfort termico in una città dove le temperature particolarmente elevate durante il periodo estivo rappresentano un problema per la qualità della vita.

## METODOLOGIA



- Interviste sulla base di un questionario composto da domande a risposta multipla e a risposta aperta.
- Dati climatici.
- Indice NDVI derivato da immagini satellitari multispettrali Sentinel-2.
- Analisi delle risposte al questionario.
- Analisi geospaziali per esaminare la vegetazione e le condizioni microclimatiche delle aree urbane in cui vivono gli intervistati.

## RISULTATI ATTESI PRINCIPALI OUTPUT



Questo tipo di analisi permette di:

- valutare la consapevolezza dei cittadini rispetto ai servizi e disservizi ecosistemici forniti dagli alberi e dalle foreste in ambiente urbano;
- valutare quali sono secondo i cittadini i principali benefici e svantaggi connessi alla presenza di alberi e foreste in ambiente urbano;
- valutare l'importanza che i citta-

dini attribuiscono al comfort termico fornito da alberi e foreste in ambiente urbano;

- valutare quali sono le specie arboree più conosciute e/o preferite dai cittadini;
- derivare informazioni utili per i gestori/pianificatori del verde urbano al fine di massimizzare i servizi ecosistemici e minimizzare i disservizi.

### Bibliografia essenziale

DRILLET Z., FUNG T., LEONG R., SACHIDHANANDAM U., EDWARDS P., RICHARDS D. (2020). *Urban Vegetation Types are Not Perceived Equally in Providing Ecosystem Services and Disservices*. Sustainability, 12, 2076. <https://doi.org/10.3390/su12052076>

LOHR V., PEARSON-MIMS C., TARNAI J., DILLMAN D. (2004). *How urban residents rate and rank the benefits and problems associated with trees in cities*. Journal of Arboriculture, 30, 28–35.

SPEAK A.F., SALBITANO F. (2021). *Thermal Comfort and Perceptions of the Ecosystem Services and Disservices of Urban Trees in Florence*. Forests 2021, 12, 1387. <https://doi.org/10.3390/f12101387>

# MAPPATURA/MONITORAGGIO DELLA RIMOZIONE DI INQUINANTI AEREI DA PARTE DELLE FORESTE URBANE

DAGRI-UNIFI

## SCALA DI RIFERIMENTO/ APPLICAZIONE

Dalla scala comunale alla scala comprensoriale.

## SCOPI E OBIETTIVI DEL MODELLO

Effettuare una stima spaziale e multitemporale degli inquinanti aerei come particolato e ozono rimossi dalla vegetazione arborea presente nelle aree urbane e periurbane.

## DATI DI INPUT

- Carta delle foreste urbane e periurbane relative agli anni t1 e t2, classificate in funzione della presenza di specie caducifoglie e specie sempreverdi.
- Dati meteo (temperatura, umidità relativa, radiazione solare, pressione atmosferica) rilevati dalle stazioni meteorologiche a terra negli anni t1 e t2.
- Concentrazione degli inquinanti aerei ( $PM_{10}$  e  $O_3$ ) rilevata dalle stazioni di monitoraggio a terra negli anni t1 e t2.
- Indice di area fogliare (LAI) rilevato su un campione di aree di saggio a terra nell'anno t1
- Dati telerilevati *laser scanning* (LiDAR) da piattaforma aerea relativi agli anni t1 e t2.

## STEP METODOLOGICI / FASI DEL MODELLO

### Mappatura (anno t1)

**Step 1** - Carta delle foreste urbane e periurbane. La carta è elaborata in scala 1:10.000 per fotointerpretazione di ortofoto digitali scontornando le superfici forestali e utilizzando una determinata definizione di bosco. Le superfici sono classificate secondo un sistema di legenda che prevede la distinzione tra boschi di conifere, boschi di latifoglie sempreverdi, boschi di latifoglie caducifoglie e classi miste.

**Step 2** - Carta del LAI. Rilievo del LAI su un campione di aree di saggio distribuite tra le diverse classi forestali. Il rilievo è condotto durante la stagione vegetativa. Potenzialmente si possono impiegare fotocamere capaci di eseguire rilievi multitemporali del LAI. Estrazione di metriche LiDAR sull'intera superficie forestale. Modello di regressione tra i valori del LAI rilevati a terra nelle aree di saggio e le metriche LiDAR estratte sulle aree di saggio. Applicazione del modello per ottenere una stima spazializzata del LAI sull'intera superficie forestale.

**Step 3** - Modellizzazione della deposizione secca degli inquinanti aerei sulla superficie fogliare utilizzando i dati meteo e la concentrazione degli inquinanti aerei. Nel caso di  $O_3$  la deposizione può essere modellizzata applicando la procedura descritta da UNECE (2014). Nel caso del  $PM_{10}$  la deposizione è modellizzata applicando il metodo descritto in altri studi (NOWAK 1994; YANG *et al.* 2005; HIRABAYASHI *et al.* 2012).

**Step 4** - Modellizzazione della rimozione di inquinanti aerei a scala comunale. Il modello consiste nel moltiplicare la deposizione secca stimata sulla superficie fogliare per la superficie occupata dalle classi forestali e per il rispettivo LAI.

### Monitoraggio (anni t1 e t2)

**Step 5** - Aggiornamento della carta delle foreste urbane e periurbane. Aggiornamento all'anno t2 per fotointerpretazione di ortofoto digitali relative all'anno t2.

**Step 6** - Aggiornamento della carta del LAI. L'approccio descritto di seguito è stato sviluppato ipotizzando di non dovere eseguire rilievi a terra all'anno t2 per la misura del LAI su un campione di aree di saggio. Da un punto di vista metodologico il metodo prevede i seguenti *step*:

- stima del grado di copertura all'anno t1 sulla base dei dati LiDAR all'anno t1 e della carta delle foreste urbane all'anno t1;
- stima del grado di copertura all'anno t2 sulla base dei dati LiDAR all'anno t2 e della carta delle foreste urbane all'anno t2;
- modello regressivo tra LAI all'anno t1 e grado di copertura all'anno t1 (Figura 1);
- applicazione del modello indicato al punto precedente per la stima del LAI all'anno 2 sulla base del grado di copertura all'anno t2.

**Step 7** - Aggiornamento della rimozione di inquinanti aerei. Applicazione degli step 3 e 4 sulla base dei dati relativi all'anno t2.

**Step 8** - Monitoraggio della rimozione di inquinanti aerei. Confronto, anche su base spaziale, tra la rimozione degli inquinanti negli anni t1 e t2 (Figura 2).

## OUTPUT

- Stima su base mensile e annuale della quantità di inquinanti aerei rimossi dalla vegetazione arborea in ambiente urbano.
- Mappa su base mensile e annuale della quantità di inquinanti aerei rimossi dalla vegetazione arborea in ambiente urbano.
- Monitoraggio della quantità di inquinanti aerei rimossi dalla vegetazione arborea in ambiente urbano.

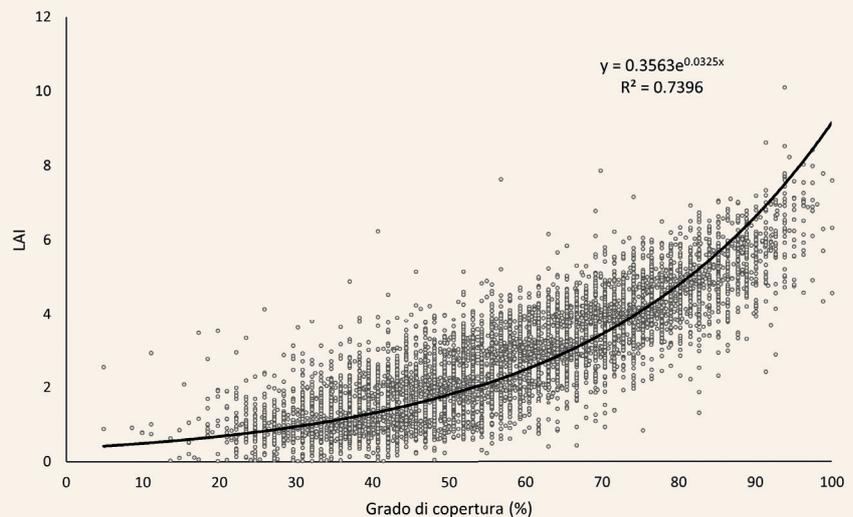


Figura 1 - Modello di regressione: grado di copertura arborea e LAI (anno t1) (FANARA et al. 2021).

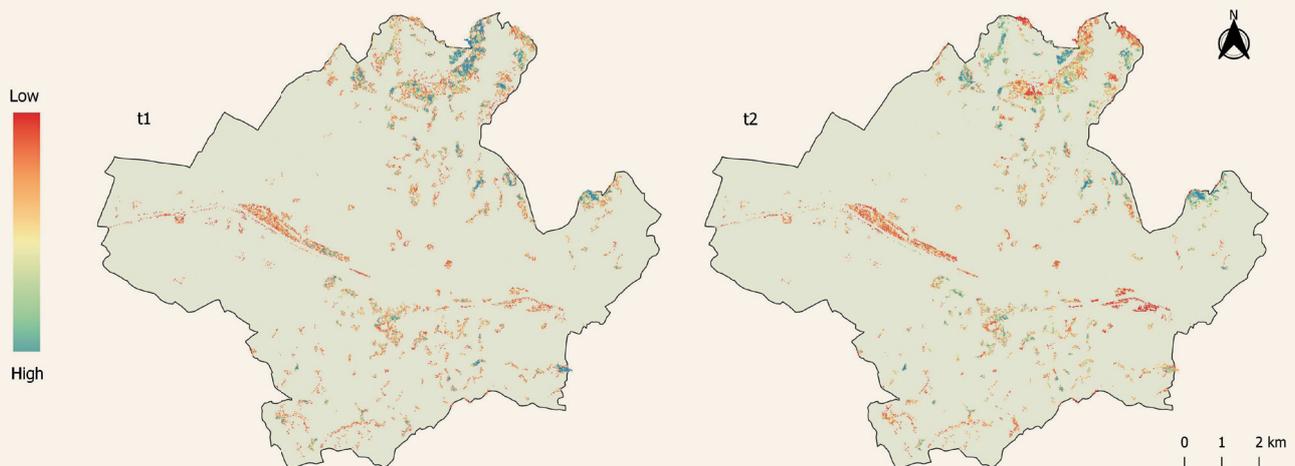


Figura 2 - Esempio di monitoraggio su base spaziale del  $PM_{10}$  rimosso dalla foresta urbana nel Comune di Firenze all'anno t1 (2013, a sinistra) e all'anno t2 (2018, a destra) (FANARA et al. 2021).

## Bibliografia di riferimento

BOTTALICO F., TRAVAGLINI D., CHIRICI G., GARFÌ V., GIANNETTI F., DE MARCO A., FARES S., MARCHETTI M., NOCENTINI S., PAOLETTI E., SALBITANO F., SANESI G. (2017). A spatially-explicit method to assess the dry deposition of air pollution by urban forests in the city of Florence, Italy. *Urban Forestry & Urban Greening*, 27: 221-234. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ufug.2017.08.013>

FANARA V., CHIRICI G., COCOZZA C., D'AMICO G., GIANNETTI F., FRANCI 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>

# PREFERENZE PAESAGGISTICHE RIGUARDO GLI ALBERI FUORI FORESTA IN UN GRADIENTE URBANO RURALE NATURALE

MOLISE | Università del Molise

## INQUADRAMENTO RICERCA



Nelle aree densamente popolate, le *Nature-Based Solutions* (NBS), tra cui possono essere inclusi anche 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. Gli AFF, indipendentemente dalla loro estensione, possono dunque essere ritrovati in contesti naturali, agricoli o urbani. Questo contributo mira a valutare la preferenza paesaggistica per gli AFF lungo un gradiente urbano-rurale-naturale e in relazione a diversi livelli di eterogeneità paesaggistica.

## METODOLOGIA



- Esperimento di scelta visiva a 360 intervistati, esaminando le preferenze paesaggistiche per gli AFF lungo un gradiente urbano-rurale-naturale.
- Produzione di una sequenza fotografica di paesaggio che copra l'intero gradiente urbano-rura-

le-naturale: è stato prodotto un campione di 6 fotografie, 2 per ogni ambito di paesaggio urbano, rurale e naturale, lungo un gradiente altitudinale e da punti di vista rappresentativi del Molise.

- Modifica delle immagini: ogni immagine è stata poi modificata digitalmente inserendo 3 diversi livelli di copertura di AFF.
- Proposta delle immagini: l'esperimento di scelta visiva è stato proposto a 360 intervistati egualmente distribuiti tra età, genere, luogo di provenienza e contesto di residenza (città/fuori città).

## RISULTATI ATTESI PRINCIPALI OUTPUT



- La correlazione tra preferenza paesaggistica ed eterogeneità varia lungo il gradiente urbano-rurale-naturale e in base della configurazione spaziale del paesaggio circostante.
- Gli AFF vengono preferiti a livello paesaggistico nei contesti altamente antropizzati (es. urbani) dove costituiscono una fonte essenziale di Servizi Ecosistemici non solo culturali ma anche di supporto, approvvigionamento e regolazione.
- Gli AFF non vengono preferiti nei paesaggi naturali dove possono invece essere percepiti come un elemento di disturbo alla natura incontaminata.

Queste analisi sono utili per supportare la politica e la pianificazione del paesaggio, con lo scopo di favorire o ostacolare la presenza e abbondanza degli AFF nei diversi contesti territoriali. Questi risultati confermano l'importanza degli approcci multifunzionali nelle future strategie di pianificazione, suggerendo di mediare tra la preferenza della popolazione per gli elementi naturali e la contestuale fornitura di altri servizi ecosistemici.

### Bibliografia essenziale

DI CRISTOFARO M., SALLUSTIO L., SITZIA T., MARCHETTI M., LASSERRE B. (2020). *Landscape Preference for Trees Outside Forests along an Urban-Rural-Natural Gradient*. Forests. 11, 728. <https://doi.org/10.3390/f11070728>

SCHIRPKE U., TIMMERMANN F., TAPPEINER U., TASSER E. (2016). *Cultural ecosystem services of mountain regions: Modelling the aesthetic value*. Ecol. Indic. 69, 78-90

SALLUSTIO L., DI CRISTOFARO M., HASHMI M.M., VIZZARRI M., SITZIA T., LASSERRE B., MARCHETTI, M. (2018). *Evaluating the contribution of Trees Outside Forests and Small Open Areas to the Italian landscape diversification during the last decades*. Forests. 9, 701.

# L'INTEGRAZIONE DELLE NBS NEI PIANI DI RIPRESA E RESILIENZA COME APPROCCI MULTIFUNZIONALI PER FAVORIRE LA TRANSIZIONE CLIMATICA

ITALIA E PORTOGALLO | Università del Molise

## INQUADRAMENTO RICERCA



I paesi europei hanno recentemente predisposto i piani nazionali di ripresa e resilienza (PNRR) al fine di reagire alla crisi pandemica e raggiungere la neutralità climatica netta. Per raggiungere questo obiettivo, tutti gli Stati membri si sono impegnati a ridurre le emissioni nette di gas serra di almeno il 55% rispetto ai livelli del 1990 entro il 2030. Ulteriori ambiziosi obiettivi ambientali sono stati fissati per tutti gli Stati membri, come annullare il consumo netto di suolo entro il 2050 e una vasta campagna di messa a dimora alberi (ovvero 3 miliardi di alberi entro il 2030). Il raggiungimento di questi obiettivi si basa sulla trasformazione di tutti i settori dell'economia dell'Unione Europea, che richiede un cambio di paradigma per la transizione verso un'economia circolare, *Nature-positive*, e ad emissioni zero.

Il PNRR è quindi un'opportunità per tutti gli Stati membri di includere e investire in una ripresa basata sulla natura, affrontando gli effetti del cambiamento climatico attraverso misure di adattamento e mitigazione. Le soluzioni basate sulla natura (NBS) sono riconosciute come fattori cruciali per promuovere la transizione climatica affrontando al contempo altre sfide ambientali. Di

conseguenza, i PNRR offrono l'opportunità di promuovere l'adozione delle NBS per il raggiungimento degli obiettivi nazionali. Questo contributo valuta l'inclusione delle NBS nel discorso politico dei PNRR italiani e portoghesi e come esse siano state finanziate per il raggiungimento degli obiettivi climatici e ambientali.

## METODOLOGIA



- **Analisi quantitativa:** identificazione nel testo dei diversi termini di interesse (natura, approcci ecosistemici). Classificazione dei termini in categorie strumentali agli obiettivi dell'analisi (es. elementi biofisici, concetti ambientali generali, minacce e sfide ambientali, NBS ed approcci ecosistemi) con lo scopo di calcolare la loro presenza e frequenza nel testo.
- **Analisi qualitativa:** analisi delle porzioni di testo dove vengono inclusi i termini, ponendo particolare attenzione alla relazione tra le categorie. Ad esempio, quali e quante sfide ambientali sono concettualizzate come affrontabili mediante NBS ed approcci ecosistemici.
- **Analisi degli investimenti:** valutazione degli investimenti de-

dicati ad approcci NBS ed individuazione delle sfide e minacce potenzialmente mitigabili con NBS ma attualmente ancora non incluse come soluzioni.

## RISULTATI ATTESI PRINCIPALI OUTPUT



- I risultati mostrano che le NBS sono appena citate, con una frequenza nei testi per la categoria NBS rispettivamente dello 0,04% e dello 0,01% nei PNRR italiani e portoghesi.
- La narrazione in entrambi i testi è principalmente costruita attorno a concetti generali come resilienza e sostenibilità con la natura scarsamente considerata come una soluzione *ex novo* per affrontare le sfide.
- L'Italia attualmente investe 330 milioni nella realizzazione di foreste urbane, mentre in Portogallo non sono stati considerati fino ad ora specifici interventi di NBS.
- Entrambi i paesi stanno orientando principalmente la transizione climatica verso la riduzione delle emissioni invece di combinare queste misure con NBS multifunzionali per affrontare le sfide ambientali e socioeconomiche.
- Molte sfide ambientali che in letteratura hanno trovato una solu-

zione implementando NBS sono ancora concettualizzate come risolvibili solo attraverso interventi tradizionali/ingegneristici/grigi.

Questa metodologia risulta utile per valutare l'inclusione delle NBS all'interno dell'attuale quadro politico/strategico a molteplici scale di riferimento (nazionale, regionale, provinciale, comunale), individuare il budget già stanziato, ma anche il budget che potrebbe essere potenzialmente allocato per interventi "verdi".

### Bibliografia essenziale

DI PIRRO E., MENDES R., FIDÉLIS T., SALLUSTIO L., ROEBELING P., MARCHETTI M., LASSERRE B. (2022). *The Embeddedness of Nature-Based Solutions in the Recovery and Resilience Plans as Multifunctional Approaches to Foster the Climate Transition: The Cases of Italy and Portugal*. Land, 11, 1254. <https://doi.org/10.3390/land11081254>

SANGHA K.K., GORDON I.J., COSTANZA R. (2022). *Ecosystem Services and Human Well-being-Based Approaches Can Help Transform Our Economies*. Front. Ecol. Evol. 10, doi:10.3389/fevo.2022.841215

MENDES R., FIDÉLIS T., ROEBELING P., TELES F. (2020). *The Institutionalization of Nature-Based Solutions—a Discourse Analysis of Emergent Literature*. Resources. 9, 1-19, doi:10.3390/resources9010006

PROTOCOLLO: UNIMOL #3

## SCENARI DI CAMBIAMENTO D'USO DEL SUOLO AL 2030 NEL LAZIO E IMPATTI SUGLI HABITAT

REGIONE LAZIO | Università del Molise

### INQUADRAMENTO RICERCA



I cambiamenti di uso e copertura del suolo (*Land Use and Land Cover Changes - LULCC*) sono riconosciuti tra i principali fattori che influenzano la biodiversità e i servizi ecosistemici, causando distruzione e degrado degli habitat come anche l'alterazione della configurazione degli ecosistemi. Recenti indagini, hanno mostrato che la variabilità biofisica dei territori, combinata con aspetti socioeconomici, influisce fortemente sulla localizzazione spaziale dei diversi LULCC lungo gradienti sia latitudinali che altitudinali. In Italia, l'urbanizzazione e

l'intensivizzazione agricola 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 LULCC 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 LULCC nella regione Lazio, a seconda della diversa localizzazione spaziale dei fenomeni, potenzialmente determinata da approcci pianificatori differenti.

### METODOLOGIA



- **Cambiamenti di uso del suolo:** l'Inventario dell'Uso delle Terre d'Italia (IUTI) è stato impiegato per esplorare e quantificare i trend avvenuti tra il 1990 e il 2008 nel Lazio.
- **Scenari futuri:** proiettare al 2030 la magnitudine passata dei

LULCC tramite il tool InVEST *Scenario Generator* producendo tre diversi scenari che differiscono fra loro solo per la localizzazione spaziale dei cambiamenti. “Business as Usual” (BaU), rappresenta la situazione che si avrebbe qualora i cambiamenti avvenuti nel passato proseguissero al 2030, con stessa magnitudine e disposizione spaziale. Gli scenari alternativi impongono un vincolo di protezione sul 23% della superficie regionale (circa 400 mila ha), al cui interno non sono consentiti LULCC al 2030. Lo scenario “N2K” (“Natura 2000”), evita che i cambiamenti si verifichino all’interno del Siti Natura 2000 mentre lo scenario “DM” (*Degraded Municipalities*), evita che i cambiamenti si verifichino all’interno dei comuni più degradati della regione, ovvero tutti quei comuni che sono stati soggetti ad una forte pressione di urbanizzazione negli ultimi anni, misurata tramite l’indice di *Habitat Degradation* calcolato sulla carta d’uso del suolo regionale del 2008.

- Gli impatti ecologici futuri di questi tre scenari sono stati poi valutati attraverso il modello InVEST *Habitat Quality*, adottando *Habitat Quality* come proxy dell’integrità degli habitat e quindi di biodiversità.
- Valutare i cambiamenti e gli impatti all’interno di unità ecologiche omogenee.

- Le diverse disposizioni spaziali dei vincoli di 400 mila ettari hanno determinato una differente distribuzione dei LULCC e degli impatti sugli ecosistemi.
- Le proiezioni causerebbero, al netto, un decremento dell’*Habitat Quality* in tutta la regione.
- Stretta relazione tra disposizione spaziale e impatto ecologico dei LULCC a parità di magnitudine. La peggior prestazione ecologica nello scenario BaU, sia a scala regionale sia all’interno di tutte le unità ecologiche, dimostra che la passata pianificazione urbana non coordinata a livello regionale sia la scelta peggiore in termini di conservazione della funzionalità degli ecosistemi e della biodiversità a scala regionale.
- Sarebbe da prediligere un’espansione urbana compatta unita ad azioni di riqualificazione ed aumento della connettività ecologica nelle unità ecologiche più impattate.
- In territori ad alta eterogeneità biofisica e socioeconomica, una

strategia unica applicata su tutto il territorio potrebbe non essere efficace per mitigare gli impatti in ogni unità ecologica.

### Bibliografia essenziale

DI PIRRO E., SALLUSTIO L., CAPOTORTI G., MARCHETTI M., LASSERRE B. (2021). *A scenario-based approach to tackle trade-offs between biodiversity conservation and land use pressure in Central Italy*. *Ecol. Modell.* 448, 109533.

SALLUSTIO L., DE TONI A., STROLLO A., DI FEBBRARO M., GISSI E., CASELLA L., GENELETTI D., MUNAFÒ M., VIZZARRI M., MARCHETTI M. (2017). *Assessing habitat quality in relation to the spatial distribution of protected areas in Italy*. *J. Environ. Manag.* 201, 129-137.

CAPOTORTI G., GUIDA D., SIERVO V., SMIRAGLIA D., BLASI C. (2012). *Ecological classification of land and conservation of biodiversity at the national level: the case of Italy*. *Biol. Conserv.* 147, 174-183. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2011.12.028>

## RISULTATI ATTESI

### PRINCIPALI OUTPUT

- Il consumo di suolo è il processo predominante proiettato nel periodo 2008-2030. Anche per la superficie forestale e le colture permanenti è previsto un incremento.



# AFFRONTARE MOLTEPLICI SFIDE AMBIENTALI ATTRAVERSO L'OTTIMIZZAZIONE DEI CO-BENEFICI DELLE NATURE BASED SOLUTIONS

ITALIA | Università del Molise

## INQUADRAMENTO RICERCA



L'Unione Europea sta investendo in modo significativo nell'introduzione di misure per guidare gli Stati Membri ad affrontare le sfide di sostenibilità e benessere umano, specialmente in contesti urbani. Oltre a specifiche politiche volte alla riduzione di fattori di stress ambientale (es. inquinanti atmosferici), è sempre più incentivata l'implementazione di *Nature-Based Solutions* (NBS), come approcci ecosistemici e multifunzionali volti ad affrontare le sfide socio-economiche ed ambientali a cui gli abitanti sono sottoposti. I governi nazionali sono dunque chiamati a sviluppare strategie appropriate per coordinare progetti locali, massimizzare la multifunzionalità delle NBS e del *budget* disponibile, affrontando le sfide e coinvolgendo più cittadini possibili. Questo lavoro mira a introdurre una metodologia replicabile per integrare le NBS in un processo di pianificazione multi-scala per massimizzarne i costi-benefici, utilizzando l'Italia come caso di studio.

## METODOLOGIA



- **Mappatura delle sfide ambientali:** identificazione e mappatura dei fattori ambientali che alterano il benessere e la salute ambientale, ponendo particolare attenzione ai fattori connessi al cambiamento climatico e all'inquinamento atmosferico.

- **Identificazione dei gruppi spaziali in base alla presenza delle sfide:** a seconda della distribuzione spaziale dei fattori di stress ambientale, identificazione delle aree di presenza simultanea (più sfide ambientali nella stessa porzione di territorio) o singola, così da poter differenziare politiche ed interventi.
- **Identificare aree disponibili:** in ogni gruppo spaziale identificazione della tipologia di copertura ed uso del suolo presente (aree permeabili vs aree edificate).
- **Selezionare tipologia di intervento in base alle evidenze territoriali:** i gruppi spaziali fungono da aree funzionali dove differenziare ed orientare gli interventi NBS. Partendo da indicatori di *performance* delle NBS (capacità di erogare Servizi Ecosistemici), selezione delle NBS in grado di mitigare al meglio i fattori presenti in ogni gruppo spaziale. NBS multifunzionali (che presentano elevati valori di *performance* per tutti i fattori) sono preferibili.

ne, corridoi verdi, grandi parchi, giardini storici) e due in quelli impermeabili (tetti verdi intensivi e semi-intensivi).

Questo tipo di analisi permette di:

- fornire una visione strategica a scala nazionale per quantificare e orientare l'allocazione degli investimenti;
- a scala comunale, la graduatoria NBS funge da linea guida per specifiche attività di pianificazione basate sulle peculiarità a scala locale.

## RISULTATI ATTESI PRINCIPALI OUTPUT



- Il 6% del territorio nazionale non mostra alcuna sfida ambientale.
- Il 42% mostra più sfide combinate contemporaneamente.
- Sette NBS mostrano alti valori di performance in tutti i gruppi: cinque implementabili in coperture del suolo permeabili (foreste urbane, bacini di infiltrazio-

## Bibliografia essenziale

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, no. 4: 548. <https://doi.org/10.3390/f13040548>

DI PIRRO E., SALLUSTIO L., SGRIGNA G., MARCHETTI M., LASSERRE B. (2022). *Strengthening the implementation of national policy agenda in urban areas to face multiple environmental stressors: Italy as a case study*. *Environ. Sci. Policy*. 129, 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2021.12.010>

CASTELLAR J.A.C., POPARTAN L.A., PUEYROS J., ATANASOVA N., LANGERGRABER G., SAUMEL I., COROMINAS L., COMAS J., ACUÑA V. (2021). *Nature-based solutions in the urban context: Terminology, classification and scoring for urban challenges and ecosystem services*. *Sci. Total Environ.* 779, 146237.

# RAFFORZARE L'ATTUAZIONE DELL'AGENDA POLITICA NAZIONALE NELLE AREE URBANE PER FAR FRONTE A MOLTEPLICI FATTORI DI STRESS AMBIENTALE

ITALIA | Università del Molise

## INQUADRAMENTO RICERCA



Diverse politiche sono state implementate in Italia per migliorare la qualità ambientale e la sostenibilità in ambito urbano. In particolare, le 14 Città metropolitane italiane sono state oggetto di numerosi investimenti per contrastare l'inquinamento e gli effetti del Cambiamento Climatico. Ne sono un esempio i 330 milioni allocati nell'ambito del DL Clima 2019 e del PNRR, dedicati ad interventi di forestazione urbana. Vincolare i fondi soltanto a degli ambiti amministrativi prestabiliti potrebbe però risultare insufficiente per rispondere efficacemente alle reali esigenze territoriali. Questo studio propone un approccio spazialmente esplicito per assegnare la priorità degli interventi a scala nazionale per mitigare l'inquinamento atmosferico e gli eventi avversi riconducibili al cambiamento climatico (comfort termico e vulnerabilità idraulica).

nali oggetti di legislazione (es. Direttiva EU qualità dell'aria) o report/studi scientifici (es. Organizzazione Mondiale Sanità).

- **Analisi multi-criteriale:** dopo l'identificazione e mappatura dei fattori ambientali in base agli standard di qualità ambientale, aggregazione in un unico indice di criticità. L'indice esprime la pressione cumulata dei fattori ambientali sul territorio e guida nell'identificazione puntuale delle urgenze ambientali.
- **Macro-aree di intervento:** aggregazione dell'indice di criticità nello spazio per permettere l'identificazione di aree di intervento.
- **Indice di rischio:** il prodotto tra l'indice di criticità e la densità di popolazione permette l'identificazione della priorità di allocazione degli interventi (e quindi degli investimenti) basata sul rischio per la popolazione. Alti valori dell'indice corrispondono ad alti valori di rischio per la popolazione in quel determinato *pixel*.

- Il 18% del territorio nazionale presenta un'aggregazione statisticamente significativa di alti valori dell'indice di criticità.

Questo tipo di analisi permette di:

- fornire una priorità di intervento (politiche di mitigazione e/o implementazione interventi NBS) sia puntuale che spazialmente aggregata;
- possibilità di monitorare nel tempo l'efficacia delle politiche/interventi utilizzando gli standard di qualità ambientale come riferimento (*benchmark*);
- possibilità di monitorare l'efficacia delle politiche già in essere e dei fondi allocati, al fine di comprendere la congruità tra le aree oggetto di intervento e gli indici di criticità e rischio.

## METODOLOGIA



- **Identificare urgenze e criticità ambientali:** identificazione e mappatura dei fattori ambientali che innalzano morbilità e mortalità nella popolazione umana.
- **Standard di Qualità Ambientale per ogni fattore:** individuazione delle soglie ambientali di criticità per ognuno dei fattori selezionati, oltre le quali al crescere dell'esposizione per la popolazione cresce il rischio per la salute. Fare riferimento a standard nazionali e internazio-

## RISULTATI ATTESI PRINCIPALI OUTPUT



- L'ozono supera il rispettivo standard di qualità ambientale nell'89% del territorio nazionale, il PM<sub>10</sub> nell'8%, il biossido di azoto per meno dell'1%. Fenomeni di ondate di calore si verificano nel 45% del territorio e di vulnerabilità idraulica per il 10%.
- L'indice aggregato di criticità mostra che il 42% del territorio presenta due o più fattori che superano simultaneamente gli standard di qualità ambientale

### Bibliografia essenziale

DI PIRRO E., SALLUSTIO L., SGRIGNA G., MARCHETTI M., LASSERRE B. (2022) *Strengthening the implementation of national policy agenda in urban areas to face multiple environmental stressors: Italy as a case study*. Environ. Sci. Policy. 129, 1–11.

BARÒ F., HAASE D., GOMEZ-BAGGETHUN E., FRANTZESKAKI N. (2015). *Mismatches between ecosystem services supply and demand in urban areas: a quantitative assessment in five European cities*. Ecol. Indic. 55, 146–158. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2015.03.013>

SALLUSTIO L., DE TONI A., STROLLO A., DI FEBBRARO M., GISSI E., CASELLA L., GENELLETTI, D., MUNAFÒ, M., VIZZARRI, M., MARCHETTI, M. (2017). *Assessing habitat quality in relation to the spatial distribution of protected areas in Italy*. J. Environ. Manag. 201, 129–137. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.06.031>

# INFRASTRUTTURE VERDI CONTRO IL CONSUMO DI SUOLO

COMUNI ITALIANI | Università del Molise

## INQUADRAMENTO RICERCA



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.

## METODOLOGIA



- Raggruppamento dei Comuni in gruppi omogenei (i.e., *cluster*), considerando diversi fattori: a) tipologia forme urbane, b) presenza di infrastrutture primarie, c) grado di superficie impermeabilizzata d) densità abitativa.
- I fattori a, b e c aiutano a caratterizzare forma ed intensità del tessuto artificiale e, conseguentemente, individuare le tipologie di intervento volte a mitigare gli

impatti negativi sulla funzionalità della rete ecologica.

- Il fattore d è utilizzato come parametro per individuare il numero di beneficiari dei servizi ecosistemici potenzialmente erogabili da nuove infrastrutture verdi.

## RISULTATI ATTESI PRINCIPALI OUTPUT



- In accordo con i 4 fattori considerati sono emersi 6 *cluster* che raggruppano 7998 comuni italiani.
- Ogni *cluster* presenta caratteristiche distintive utili alla programmazione di interventi congruenti con le caratteristiche e problematiche territoriali.
- La complessità degli interventi aumenta passando dal *cluster* 1 al *cluster* 6.
- *Cluster* 1, gestione del verde già presente e miglioramento della connettività; *cluster* 2 miglioramento della connettività ecologica con l'impianto di nuovi filari nella matrice artificiale dispersa; *cluster* 3 e 4, nuovi interventi di forestazione volti a limitare ulteriore consumo di suolo, in particolare cinture verdi per limitare l'espansione delle forme urbane monocentriche, e nuovi elementi lineari per connettere la matrice artificiale nelle forme urbane disperse; *cluster* 5 e 6, implementazione di spazi verdi di piccola dimensione (*stepping stones*) al fine di massimizzare l'utilizzo delle

piccole aree permeabili residuali nella matrice urbana ad alta densità abitativa.

Queste analisi sono utili per 1) fornire linee guida di tipo generale ma standardizzate per orientare le scelte di pianificazione, progettazione e gestione del verde pubblico, il più possibile coerenti con le esigenze specifiche del singolo comune; 2) migliorare utilizzo e ripartizione delle risorse economiche erogate dal governo centrale, così come il coordinamento a scala locale nei singoli comuni.

## Bibliografia essenziale

SALLUSTIO L., LASSERRE B., BLASI C., MARCHETTI M. (2020). *Infrastrutture verdi contro il consumo di suolo*. Reticula, Ispra.

Comitato del Verde Pubblico (2018). *Strategia Nazionale Del Verde Urbano*. Roma.

SALLUSTIO L., PERONE A., VIZZARRI M., CORONA P., FARES S., COCOZZA C., TOGNETTI R., LASSERRE B., MARCHETTI M. (2019). *The green side of the grey: Assessing greenspaces in built-up areas of Italy*. Urban For. Urban Green. 37, 147-153

# COSTRUZIONE INDICE DI RISCHIO AMBIENTALE PER LA POPOLAZIONE

ITALIA | DiBT-Università del Molise

## SCALA DI RIFERIMENTO/ APPLICAZIONE

**Caso studio a scala nazionale:** Italia. Possibilità di replicare e adattare il modello ad altre scale di analisi: regione, città metropolitana, comune, quartiere in funzione delle esigenze scientifiche e amministrative/pianificatorie.

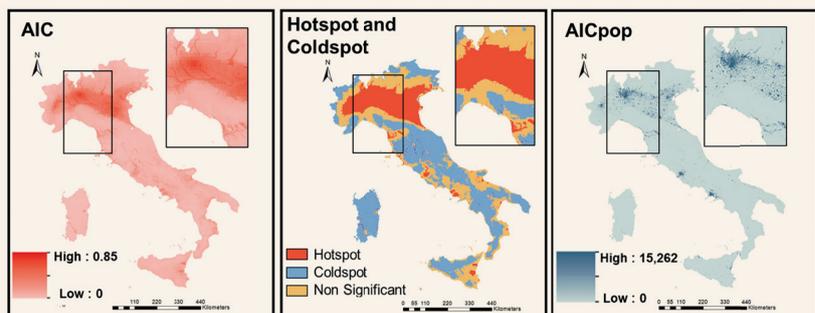
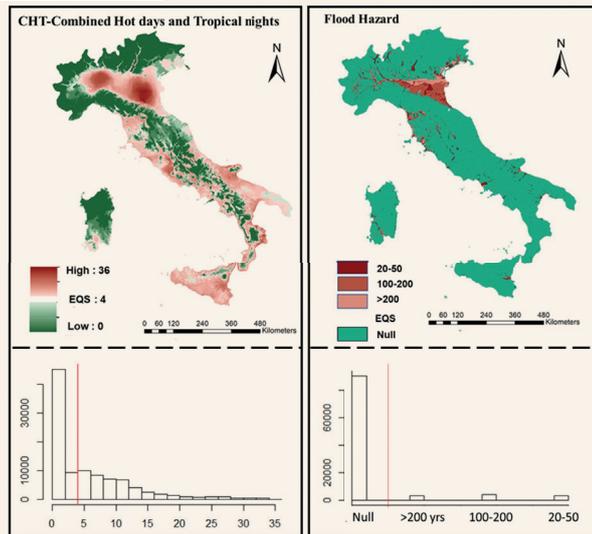
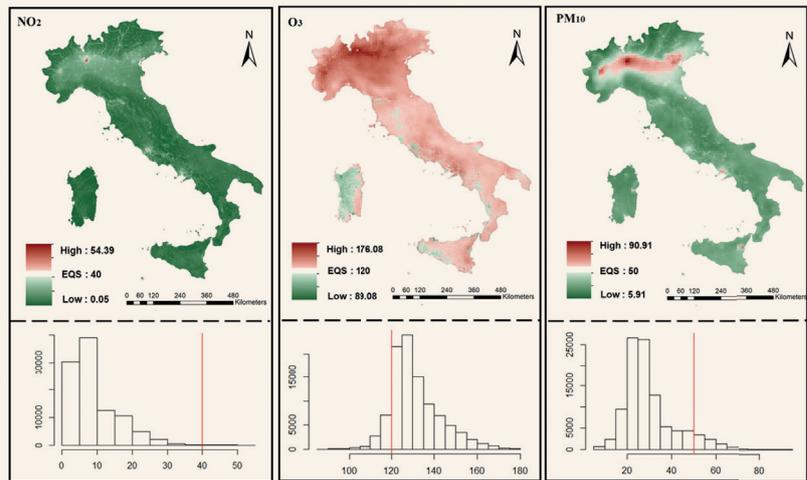
## SCOPI E OBIETTIVI DEL MODELLO

Fornire un approccio analitico per orientare e guidare l'assegnazione di una priorità agli interventi di mitigazione ed adattamento ai fattori di stress ambientale che alterano morbilità e mortalità nella popolazione umana. Il quadro metodologico proposto è spazialmente esplicito, con una scala di risoluzione di 1 km<sup>2</sup> per tutto il territorio nazionale.

## DATI DI INPUT

Strati cartografici dei fattori di stress ambientale. Ogni strato presenta la distribuzione continua dei valori dei fattori considerati in un arco temporale specifico, dove il minimo/massimo della distribuzione rappresenta il più basso/alto valore registrato nell'arco temporale specificato:

- Ozono - 2017;
- PM<sub>10</sub> - 2017;
- NO<sub>2</sub> - 2017;
- Ondate di calore 2005-2012;
- Tempo di ritorno fenomeni alluvionali.



## STEP METODOLOGICI / FASI DEL MODELLO

- Per ogni fattore è stata individuata una soglia specifica (Standard di Qualità Ambientale) che rappresenta il valore oltre il quale la criticità rappresenta un rischio per la salute e il benessere umano e cresce al discostarsi da tale soglia.
- Analisi multi-criteriale. Standardizzare su una scala da 0 a 1 i valori dei cinque singoli fattori e aggregazione in un unico indice di criticità (AIC). I valori sono stati standardizzati ponendo a 0 tutti i valori dei fattori inferiori ai loro standard di qualità ambientale e standardizzando il resto dei valori sul valore massimo della distribuzione osservata a scala nazionale per il singolo

fattore. Di conseguenza, il valore standardizzato di ciascun fattore è pari a 0 per tutti i pixel al di sotto degli standard mentre tende a 1 all'aumentare dell'eccedenza del rispettivo standard.

- L'AIC: esprime la pressione ambientale cumulativa esercitata dai fattori ambientali sul territorio (singolo pixel).
- *Hotspot/coldspot*: aggregazione statistica spaziale dei valori dell'AIC, generando una mappa con macro aree che evidenzino le zone con elevata concentrazione di elevati valori di rischio spazialmente correlati tra di loro (es. zone ad elevata criticità diffusa).
- Indice di rischio: il prodotto tra l'indice di criticità e la densità di popolazione esprime per ogni pixel l'entità del rischio in funzione della magnitudine della criticità e della popolazione esposta.

## OUTPUT

- 5 cartografie dei fattori ambientali;
- AIC e *hotspot/coldspot*;
- indice di rischio.

### Bibliografia di riferimento

DI PIRRO E., SALLUSTIO L., SGRIGNA G., MARCHETTI M., LASSERRE B. (2022). *Strengthening the implementation of national policy agenda in urban areas to face multiple environmental stressors: Italy as a case study*. Environ. Sci. Policy. 129, 1–11.



# MASSIMIZZARE MULTIFUNZIONALITÀ INTERVENTI NATURE-BASED SOLUTIONS (NBS)

ITALIA | DiBT-Università del Molise

## SCALA DI RIFERIMENTO/ APPLICAZIONE

**Caso studio a scala nazionale:** Italia. Possibilità di replicare e adattare il modello ad altre scale di analisi: regione, città metropolitana, comune, quartiere in funzione delle esigenze di pianificazione e progettazione degli interventi

## SCOPI E OBIETTIVI DEL MODELLO

Fornire un approccio analitico per coordinare progetti di implementazione di NBS a scala locale e massimizzare la multifunzionalità delle NBS nell'affrontare molteplici sfide ambientali simultaneamente. Il qua-

dro metodologico proposto è spazialmente esplicito, con una scala di risoluzione di 1 km<sup>2</sup> per tutto il territorio nazionale.

## DATI DI INPUT

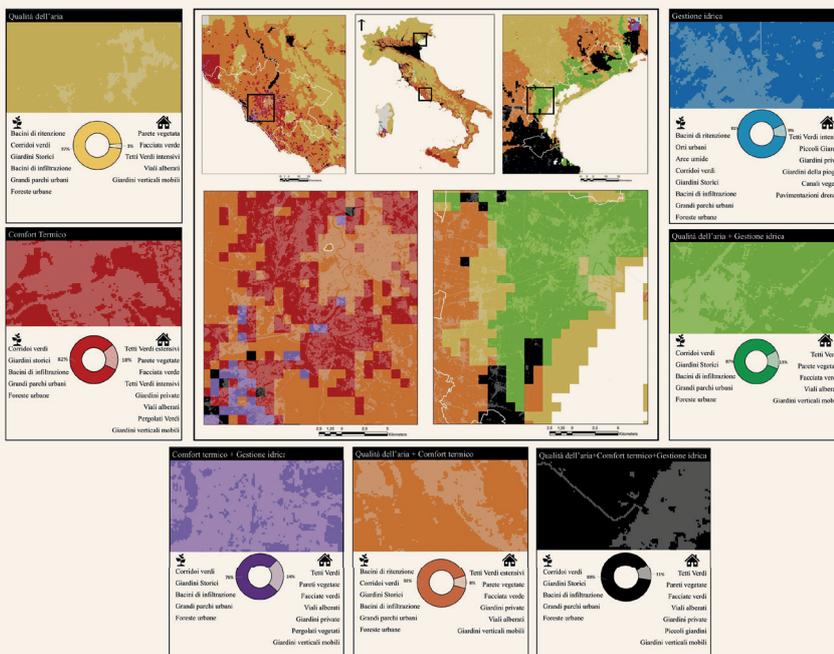
Strati cartografici delle sfide ambientali. Ogni strato mostra in maniera binaria le aree dove sono necessari interventi di mitigazione e adattamento ad una sfida ambientale e le aree dove non sono necessari. Elenco di NBS: per ogni NBS va riportato il rispettivo valore di *performance* di mitigazione delle sfide ambientali elencate e la copertura/uso del suolo dove può essere implementata. Cartografia di copertura del suolo, artificiale, permeabile boscato, permeabile non boscato.

## STEP METODOLOGICI / FASI DEL MODELLO

- Gruppi di sfide ambientali: sovrapposizione in ambiente GIS delle cartografie delle sfide ambientali al fine di individuare delle aree compresenza di molteplici sfide da affrontare simultaneamente.
- Disponibilità copertura del suolo: sovrapporre gli strati cartografici dei gruppi di sfida ambientale e di copertura/uso del suolo al fine di identificare per ogni gruppo le superfici e tipologie di suolo disponibili per implementare diverse tipologie di NBS.
- Individuazione NBS: in accordo con i gruppi di sfide ambientali e la copertura/uso del suolo calcolare la *performance* di ogni NBS nel mitigare le diverse sfide ambientali.

## OUTPUT

- Cartografia con gruppi di sfide ambientali e copertura del suolo.
- *Ranking* della *performance* delle NBS nel mitigare le diverse sfide e selezione delle NBS con massima performance di mitigazione in funzione delle sfide della copertura del suolo.



### Bibliografia di riferimento

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, no. 4: 548. <https://doi.org/10.3390/f13040548>

# VALUTARE LA DISPONIBILITÀ DI SPAZI IMPERMEABILI E PERMEABILI NELLE AREE EDIFICATE ITALIANE NEGLI ULTIMI TRENT'ANNI

ITALIA | DiBT-Università del Molise

## SCALA DI RIFERIMENTO/ APPLICAZIONE

Caso studio a scala nazionale: Italia.

## SCOPI E OBIETTIVI DEL MODELLO

Valutare l'influenza dei cambiamenti di uso e copertura del suolo sulla disponibilità e le caratteristiche degli spazi permeabili nelle aree edificate italiane negli ultimi tre decenni. Utilizzando l'Italia come caso studio, la metodologia integra approcci cartografici (ad alta risoluzione) ed inventariali (di facile aggiornamento) nel periodo 1990-2016, includendo il 2008 come passaggio temporale intermedio.

## DATI DI INPUT

Per svolgere un'analisi multi-temporale, è necessario che i dati di *input* siano presenti per tutte le date in esame:

- inventario uso del suolo (Inventario dell'Uso delle Terre d'Italia-IUTI);
- cartografia con densità di popolazione;
- cartografie di copertura del suolo ad alta risoluzione. Sono necessarie almeno 3 classi per caratterizzare gli spazi permeabili e impermeabili all'interno delle aree edificate: superfici permeabili non boscate, permeabili boscate, impermeabili.

## STEP METODOLOGICI / FASI DEL MODELLO

- Dati inventariali: identificazione dei punti inventariali (Inventario dell'Uso delle Terre d'Italia), classificati come "aree edificate" alle tre date selezionate.
- Classi di popolazione: Classificazione di ogni punto (per ogni data) in accordo con le classi di densità di popolazione (alta-media-bassa).
- Identificazione spazi permeabili: incrocio di ogni punto inventariale classificato come "aree edificate" con le cartografie di copertura del suolo (permeabili non boscate, permeabili boscate, impermeabili).

## OUTPUT

- Stime delle variazioni di copertura delle superfici permeabili e impermeabili all'interno delle aree edificate in Italia tra 1990-2008-2016

### Bibliografia di riferimento

DI CRISTOFARO M., DI PIRRO E., OTTAVIANO M., MARCHETTI M., LASSERRE B., SALLUSTIO L. (2022). *Greener or Greyer? Exploring the Trends of Sealed and Permeable Spaces Availability in Italian Built-Up Areas during the Last Three Decades*. *Forests* 13, 1983. <https://doi.org/10.3390/f13121983>

SALLUSTIO L., PERONE A., VIZZARRI M., CORONA P., FARES S., COCOZZA C., TOGNETTI R., LASSERRE B., MARCHETTI M. (2019). *The green side of the grey: Assessing greenspaces in built-up areas of Italy*. *Urban For. Urban Green*. 37, 147-153.



# UTILIZZO DI INDICATORI 3D PER LA CARATTERIZZAZIONE DEL VERDE IN AMBIENTE URBANO PER STUDI EPIDEMIOLOGICI

Università degli Studi di Bari

## INQUADRAMENTO RICERCA



La presenza di spazi verdi è stata associata a una migliore salute fisica e a una migliore salute e benessere mentale. Al contrario, la presenza di spazi grigi, comprese le aree edificate, potrebbe avere un impatto negativo sulla salute e sul benessere dei cittadini. Finora, le prove disponibili sugli effetti sulla salute degli spazi verdi e grigi si sono basate principalmente su indicatori bidimensionali (2D) di questi spazi, come le mappe dell'uso del suolo o, più recentemente, indici derivati da satellite (ad esempio, indici di spazio verde come l'indice di vegetazione differenziale normalizzato (NDVI) o indici di spazio grigio come l'impermeabilità del suolo). Sebbene siano *proxy* accettabili di queste esposizioni, gli indicatori 2D potrebbero presentare delle imprecisioni quando caratterizzano diversi tipi di vegetazione in combinazione con diversi tipi di spazi grigi, come è tipico degli ambienti urbani.

In particolare, abbiamo estratto il volume di elementi verdi come arbusti e alberi (volume verde m<sup>3</sup>/ha), il volume degli edifici (volume grigio m<sup>3</sup>/ha), un nuovo indice chiamato *Normalized Difference Green-Gray Volume index* (NDGG) e indicatori del numero di alberi. Abbiamo confrontato gli indicatori 3D con due indicatori 2D ampiamente utilizzati per caratterizzare gli spazi verdi e grigi (cioè NDVI e impermeabilità del suolo) in diversi *buffer* intorno a 79.140 punti di indirizzo della città.

e 0,79 (*buffer* di 300 m). Per l'NDGG, le correlazioni erano più elevate sia con l'NDVI (0,76 e 0,83 per *buffer* di 50 m e 300 m) sia con l'impermeabilità del suolo (-0,75 e -0,83 per *buffer* di 50 m e 300 m). I nostri risultati hanno dimostrato che l'uso di indicatori 3D può avere potenziali vantaggi, soprattutto per quanto riguarda le caratteristiche del verde che possono essere altamente eterogenee in paesaggi urbani complessi come la città di Roma.

## RISULTATI ATTESI PRINCIPALI OUTPUT



Per gli indicatori verdi, abbiamo riscontrato che le correlazioni di Pearson tra NDVI e volume verde erano pari a 0,47 (*buffer* di 50 m) e 0,33 (*buffer* di 300 m), mentre le correlazioni tra NDVI e numero di alberi erano pari a 0,56 (*buffer* di 50 m) e 0,58 (*buffer* di 300 m). Per gli indicatori grigi, le correlazioni tra impermeabilità del suolo e volume grigio sono state 0,62 (*buffer* di 50 m)

## Bibliografia essenziale

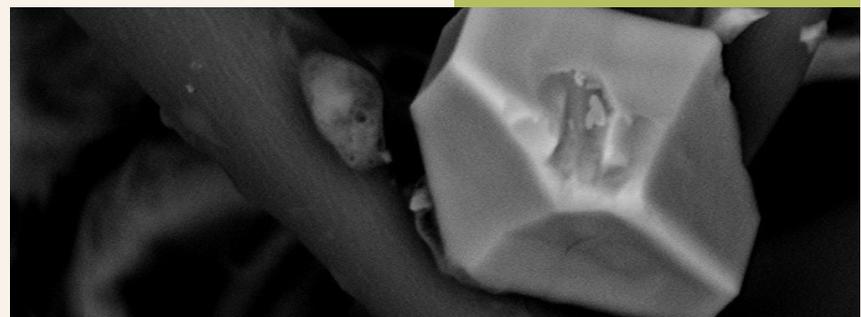
GIANNICO V., LAFORTEZZA R., JOHN R., SANESI G., PESOLA L., CHEN J. (2016). *Estimating stand volume and above-ground biomass of urban forests using LiDAR*. *Remote Sensing*, 8(4), 339. <https://doi.org/10.3390/rs8040339>

GIANNICO V., STAFOGGIA M., SPANO G., ELIA M., DADVAND P., SANESI G. (2022). *Characterizing green and gray space exposure for epidemiological studies: Moving from 2D to 3D indicators*. *Urban Forestry & Urban Greening*, 72, 127567. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2022.127567>

## METODOLOGIA



Sono stati sviluppati una serie di indicatori tridimensionali (3D) derivati principalmente dal LiDAR (*Light Detection and Ranging*) aereo acquisito nel 2008 e nel 2010 sull'area metropolitana di Roma (Italia).



# IL GIARDINAGGIO COMUNITARIO E I SUOI BENEFICI PER IL BENESSERE PSICOSOCIALE

Università degli Studi di Bari

## INQUADRAMENTO RICERCA



È stata condotta una metanalisi per esaminare la letteratura scientifica disponibile sull'effetto del giardinaggio e di interventi di orticoltura su una serie di indicatori di benessere psicosociale, come la coesione sociale, il sostegno sociale e la fiducia.

inglese o italiana, (b) articoli, (c) studi quantitativo, (d) utilizzo di spazi verdi urbani o periurbani. Studi qualitativi e casi-studio sono stati esclusi.

Gli articoli sono stati vagliati per lingua e tipo di documento e, successivamente, per titolo, *abstract* e parole chiave per stabilirne l'ammissibilità. Tutto il processo di selezione è stato basato sulle linee guida del protocollo PRISMA.

ture individualiste rispetto a quelle collettiviste e negli studi che hanno coinvolto gruppi in questo tipo di attività. Tuttavia, gli studi sono molto eterogenei e pochi disponibili in letteratura sono quantitativi.

Dai risultati emerge una forte necessità di approfondire questo argomento di ricerca, dato che il giardinaggio ha promettenti implicazioni per la salute umana, la comunità e la gestione sostenibile delle città.

## METODOLOGIA



Da 383 record bibliografici recuperati (dal 1975 al 2019) sono stati selezionati sette studi per un totale di 22 risultati. I criteri di inclusione per la nostra metanalisi erano i seguenti: (a) pubblicazioni lingua

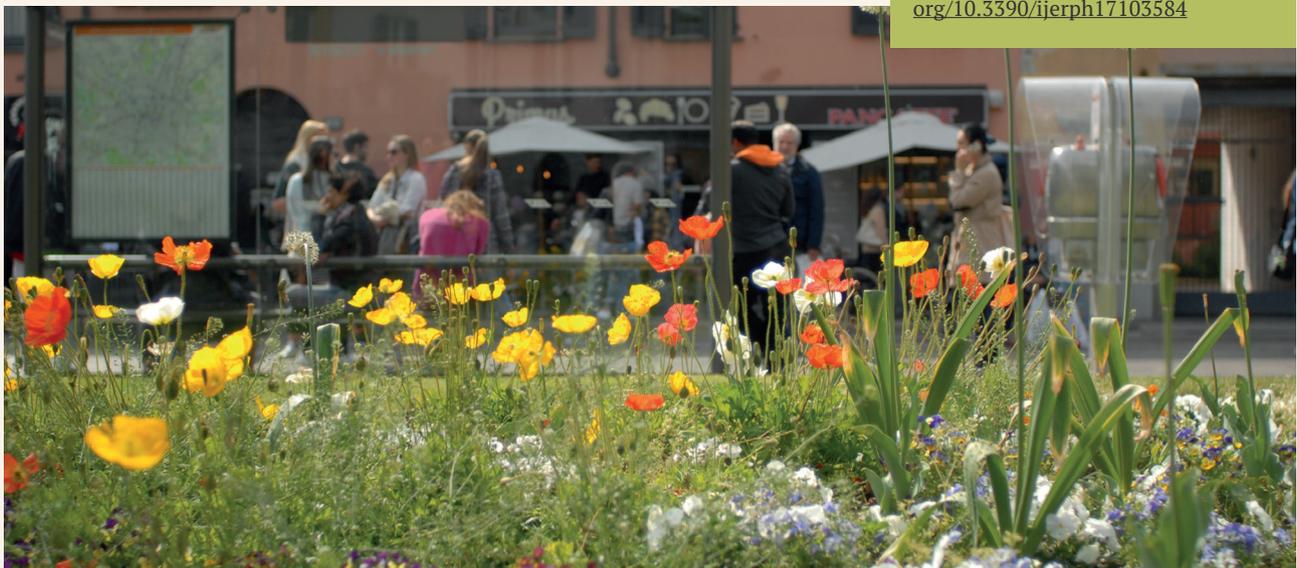
## RISULTATI ATTESI PRINCIPALI OUTPUT



I risultati della metanalisi su 11 confronti tra gruppi indicano un effetto positivo e moderato degli interventi di orticoltura o di giardinaggio sul benessere psicosociale. L'effetto risulta maggiore nelle cul-

### Bibliografia essenziale

SPANO G., D'ESTE M., GIANNICO V., CARRUS G., ELIA M., LAFORTEZZA R., SANESI G. (2020). *Are community gardening and horticultural interventions beneficial for psychosocial well-being? A meta-analysis*. International Journal of Environmental Research and Public Health, 17(10), 3584. <https://doi.org/10.3390/ijerph17103584>



# CONOSCENZA, PERCEZIONE E CONSAPEVOLEZZA DEL RISCHIO DI INCENDIO

Università degli Studi di Bari

## INQUADRAMENTO RICERCA



Gli incendi rappresentano un fenomeno naturale 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.

zioni, (3) livello di informazione, (4) misure di autoprotezione e (5) importanza del coinvolgimento della comunità. Uno speciale approfondimento è stato fatto su un gruppo di persone con precedenti esperienze di incendi boschivi, classificandoli in base all'occupazione legata agli incendi (lavoratori nell'ambito degli incendi o in altri ambiti) e la vicinanza/residenza a zone a rischio in qualità di residenti.

alla vicinanza/residenza. Un dato rilevante riguarda il fatto che i gruppi ad alto rischio, come i proprietari di case in zone a rischio incendi boschivi e i lavoratori impegnati in professioni legate agli stessi denunciavano una insufficienza di informazioni per fronteggiare il rischio e l'evento stesso.

## METODOLOGIA



Questo studio esplora le differenze tra individui con e senza precedenti esperienze di incendi boschivi, in termini di (1) conoscenza soggettiva e avanzata degli incendi, (2) perce-

## RISULTATI ATTESI PRINCIPALI OUTPUT



I risultati confermano che l'esperienza diretta porta gli individui ad avere una maggiore preparazione in tema di incendi boschivi. La percezione della conoscenza si riflette solo ad un livello superficiale di competenza e, pertanto, non sono state rilevate differenze rilevanti all'interno del gruppo in relazione all'occupazione legata agli incendi o

## Bibliografia essenziale

ELIA M., D'ESTE M., ASCOLI D., GIANNICO V., SPANO G., GANGA A., COLANGELO G., LA-FORTEZZA R., SANESI G. (2020). *Estimating the Probability of Wildfire Occurrence in Mediterranean Landscapes Using Artificial Neural Networks*. *Environ. Impact Assess. Rev.* 85, 106474. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2020.106474>

SPANNO G., ELIA M., CAPPELLUTI O., COLANGELO G., GIANNICO V., D'ESTE M., SANESI G. (2021). *Is experience the best teacher? Knowledge, perceptions, and awareness of wildfire risk*. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(16), 8385. <https://doi.org/10.3390/ijerph18168385>



# VALUTAZIONE DEI FATTORI CHE PREDISPONGONO GLI ALBERI DI UNA FASCIA BOSCATO PERISTRADALE AD ESSERE SCHIANTATI DAL VENTO

LOC. MACCHIA GRANDE DI MANZIANA (RM), FASCE ARBOREE PROSPICIENTI VIA LAZIO E S.P. BRACCIANESE CLAUDIA | DIBAF - Università degli Studi della Tuscia

## INQUADRAMENTO RICERCA



Lo schianto di alberi può compromettere la sicurezza di chi percorre strade ad elevata densità di traffico che attraversano un'area boscata. Per definire quali misure di riduzione o prevenzione del rischio devono essere prese dal proprietario (pubblico o privato) del bosco, è stato esaminato il caso di studio di due tratti stradali: la Provinciale N. 2 e la Statale N. 493 (Braccianese) compresa l'intersezione tra le suddette. Le due strade ricadono all'interno del territorio Comunale di Manziana (RM), attraversando l'area forestale denominata Macchia Grande, di proprietà dell'Università Agraria di Manziana.

## METODOLOGIA



Il rischio di caduta degli alberi lungo una strada che attraversa un'area boscata è in relazione a:

- probabilità che la strada sia interessata da tempeste di vento con raffiche di velocità superiori agli 80-90 km/ha;
- morfologia del terreno e caratteristiche del suolo (tessitura, struttura, profondità) che possono favorire l'imbibizione del suolo riducendo la capacità di ancoraggio dell'apparato radicale;
- stato di salute delle piante;
- sviluppo in profondità degli apparati radicali;

- dimensioni degli alberi e densità e struttura del popolamento.
- Sono state condotte indagini geopedologiche, fitopatologiche e dendrometriche, oltre all'analisi della ventosità dell'area.

## RISULTATI ATTESI PRINCIPALI OUTPUT



Nell'area di studio il fattore predisponente la caduta degli alberi è quello geomorfologico. La conformazione del terreno favorisce la forte imbibizione del suolo nei periodi in cui si verificano precipitazioni intense e prolungate. La matrice pedologica sabbiosa riduce ulteriormente il contrasto che gli apparati radicale possono offrire alla forza ribaltante del vento forte. Le condizioni di salute degli alberi sono risultate più che buone nella maggior parte dei casi. L'analisi storica della ventosità ha evidenziato che negli ultimi cinque anni si è registrato un sensibile aumento dei giorni in cui la velocità delle raffiche vento ha superato, anche di molto, i 90 km/h, considerata la soglia critica per la stabilità di un albero.

Nel caso esaminato, la prevenzione del rischio si basa sull'esecuzione periodica di interventi selvicolturali per eliminare sistematicamente le piante in cattivo stato di salute, e, più in generale, quelle di maggiore dimensione, in grado di causare i danni maggiori in caso di caduta. Con il trattamento si mirerà a conferire/mantenere una struttura del popolamento

il più possibile eterogenea facendo in modo che il rapporto tra altezza e diametro degli alberi si mantenga sempre inferiore alla soglia 70-80.

Qualora per motivi di valore naturalistico o paesaggistico delle fasce di bosco ai lati della strada, si voglia ridurre al minimo gli abbattimenti, il rischio andrà gestito attraverso:

- una più frequente opera di monitoraggio che individui i soggetti più a rischio e ne valuti attentamente tutti i fattori (stato di salute, dimensioni, del fusto e della chioma, portamento) che ne possono compromettere la stabilità;
- la realizzazione nelle immediate vicinanze dei tratti di strada a rischio, di stazioni di rilievo dei parametri meteorologici che includano un pluviometro e un anemometro, collegate a una servizio di controllo in grado di rilevare una situazione di allarme e operare di conseguenza. In questo modo sarà possibile chiudere tempestivamente i tratti di strada a rischio nel caso che piovosità e velocità del vento dovessero superare determinate soglie.

### Bibliografia essenziale

ANTONESCU B., SCHULTZ D.M., HOLZER A., GROENEMEIJER P. (2017). *Tornadoes in Europe. An underestimated threat.* Bulletin of the American Meteorological Society, April 2017: 713-728.

LA MARCA O. (2005). *Studi e ricerche sui danni da vento a Vallombrosa.* L'Italia Forestale e Montana, 2: 193-202.

# TEMPESTE DI VENTO, ALBERI URBANI E DISSERVIZI: UN MODELLO CONCETTUALE

**CONTESTO EUROPEO, RIFERIMENTO AI PIANI DI PREVENZIONE E RISPOSTA DI EVENTI CLIMATICI ESTREMI. PROPOSTA DI INTEGRAZIONE ALLA LUCE DI ESPERIENZE MESSE IN ATTO IN ALTRE AREE GEOGRAFICHE** | DIBAF - Università degli Studi della Tuscia

## INQUADRAMENTO RICERCA



In alcune zone geografiche del Nord America e del Sud-Est asiatico le città sono frequentemente colpite da tempeste di vento in grado di abbattere in poche decine di minuti centinaia di alberi urbani e grossi rami. La caduta degli alberi genera una serie di disservizi molto diversificati e diffusi nello spazio e nel tempo. La frequenza di questo tipo di eventi meteorologici estremi è aumentata negli ultimi decenni anche in Europa e il cambiamento climatico potrebbe contribuire ad accrescerne l'intensità mentre la crescente urbanizzazione del territorio potrebbe aumentare i danni attesi. Le comunità urbane del continente europeo sono poco preparate ad affrontare e a limitare gli effetti che la caduta di molti alberi in uno spazio e tempo limitati possono determinare su persone, edifici, sistema viario della città. Prepararsi per eventi futuri poco frequenti, ma che possono avere un forte impatto sull'infrastruttura verde urbana è una sfida impegnativa per chi governa e per chi abita una città, da affrontare anche per garantire la continuità dei servizi ecosistemici forniti dagli alberi urbani. Con questa ricerca si è voluto:

- richiamare tramite un modello concettuale l'insieme dei disservizi che una tempesta di vento può determinare in un'area urbana ricca di alberi;

- evidenziare, tramite un'analisi della letteratura scientifica disponibile, come anche in Europa il rischio che tali disservizi si presentino è alto, sicuramente maggiore di quanto viene comunemente percepito, e potrebbe aumentare a seguito del cambiamento climatico;
- indicare quale tipo di misure possono essere prese nelle città europee per prevenire, o almeno limitare, la caduta massiccia di alberi urbani durante una forte tempesta di vento partendo dall'esperienza maturata nelle aree geografiche più frequentemente e intensamente colpite da questo tipo di eventi.

## METODOLOGIA



Il modello concettuale evidenzia i disservizi causati dalla caduta contemporanea di numerosi alberi in un'area urbana a causa di una tempesta di vento (raffiche superiori a 80-90 km/h).

Alcuni di essi si verificano immediatamente:

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

Altri 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.

Questi disservizi determinano costi diretti o indiretti per:

- 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
- 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.

## RISULTATI ATTESI PRINCIPALI OUTPUT



L'entità dei disservizi evidenziati dal modello concettuale può essere limitata attraverso azioni di preven-

zione e/o gestione del rischio di caduta degli alberi urbani.

Appartengono alla Prevenzione del rischio:

- porre massima attenzione in sede di progettazione e realizzazione di nuove aree verdi e alberature alla scelta delle specie arboree da impiegare, alla qualità del materiale d'impianto, alla distanza dagli edifici e altre strutture, al garantire sufficiente disponibilità di spazio per le radici in termini di estensione, profondità del suolo, capacità di raccogliere acqua;
- eseguire la periodica valutazione del rischio delle alberature esistenti;
- sostituire tempestivamente gli alberi rischiosi per stato di salute, posizione, dimensioni raggiunte, privilegiando specie arboree a maggiore resistenza al vento.

Appartengono alla gestione del rischio:

- creare consapevolezza tra i cittadini sui rischi che si corrono a causa degli alberi urbani in caso di tempeste di vento;
- informare i cittadini sui comportamenti virtuosi da tenere in caso di forte tempesta di vento;
- rimuovere tempestivamente i residui degli alberi abbattuti per non ostacolare la ripresa delle normali attività;
- comunicare in modo trasparente la necessità di abbattere alberi a rischio anche se non palesemente deperienti, onde evitare che in caso di incidente grave passi il messaggio che la colpa è dell'albero;
- sollecitare da parte delle autorità predisposte (protezione civile)

l'organizzazione di un servizio di allarme che raggiunga tempestivamente tutti i cittadini interessati;

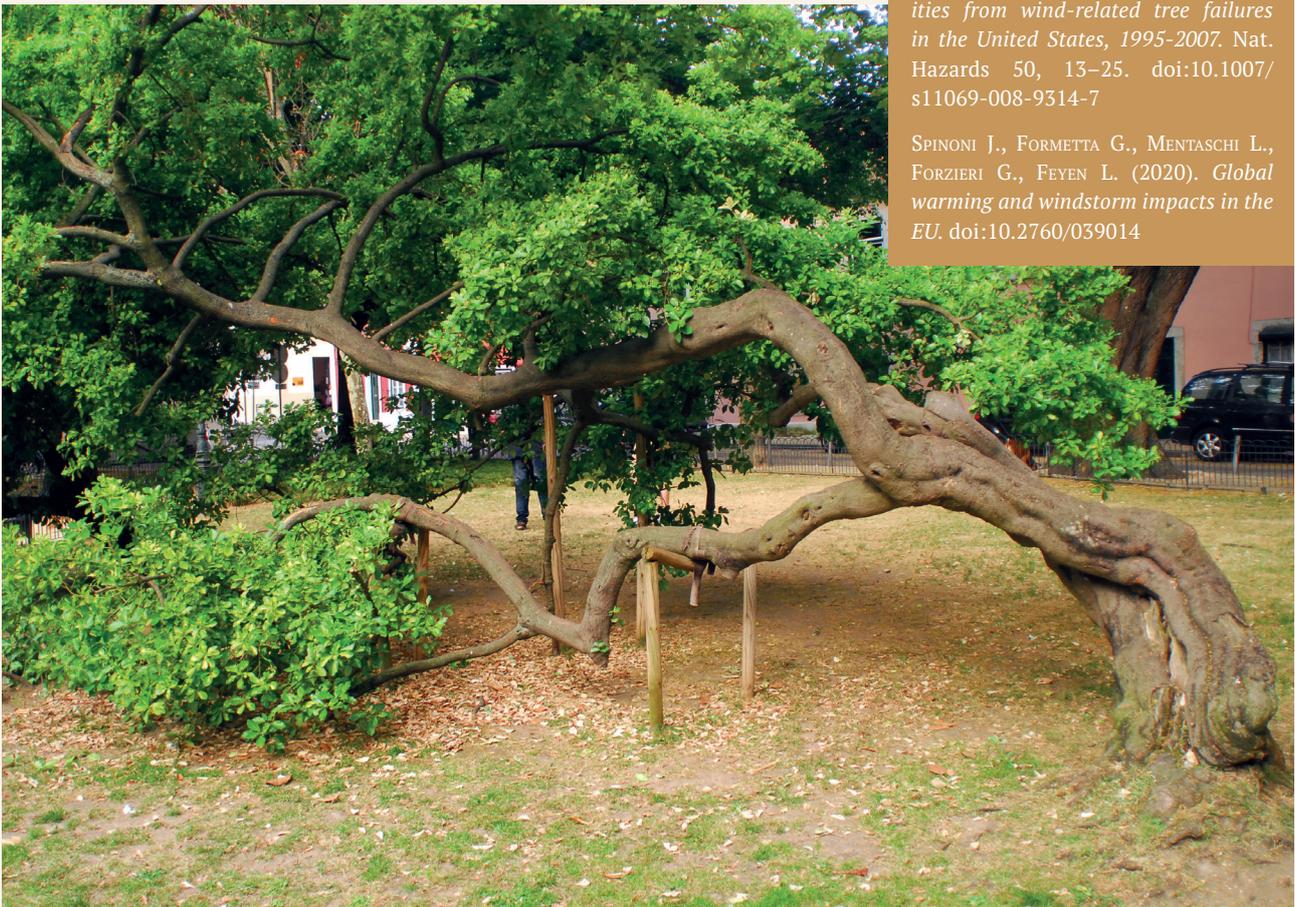
- chiedere che nei piani di Preparazione e Risposta agli eventi climatici estremi vengano considerati anche gli alberi urbani come potenziale fonte di rischio per la popolazione prevedendo interventi immediati per la rimozione degli alberi abbattuti specie ove ostruiscano la viabilità.

### Bibliografia essenziale

DOSWELL C.A. (2015). *Severe convective storms in the European societal context*. Atmos. Res. 158-159, 210-215. doi:10.1016/j.atmosres.2014.08.007

SCHMIDLIN T.W. (2009). *Human fatalities from wind-related tree failures in the United States, 1995-2007*. Nat. Hazards 50, 13-25. doi:10.1007/s11069-008-9314-7

SPINONI J., FORMETTA G., MENTASCHI L., FORZIERI G., FEYEN L. (2020). *Global warming and windstorm impacts in the EU*. doi:10.2760/039014



# MODALITÀ D'INDAGINE E STIMA DELLA BIOMASSA RADICALE IN PREVENZIONE DEL SOLLEVAMENTO DEL MANTO STRADALE

VIALI CARRABILI ALBERATI | DIBAF - Università degli Studi della Tuscia

## INQUADRAMENTO RICERCA



Le radici delle piante che bordano le strade carrabili sono un problema per la viabilità a livello nazionale. Gli apparati radicali delle piante sollevando il manto stradale creano danni, anche gravi, a cose e persone come spesso riportato dalla stampa. Questo problema spesso risolto con l'abbattimento degli alberi implica modifiche al paesaggio e riduce di colpo l'ombreggiamento, uno dei servizi ecosistemici essenziali per la salvaguardia delle condizioni microclimatiche nel periodo estivo, a discapito della salute dei cittadini. Mediante la tecnologia geofisica Georadar (GPR) eseguita in prossimità degli alberi è possibile creare la mappatura degli apparati radicali individuando radici fino a circa 1 cm di spessore, senza necessità di rimuovere il suolo. Questa pratica è inoltre molto utile per limitare al minimo i danni alle piante durante le lavorazioni di escavazione sul manto stradale. L'individuazione e la ricostruzione geometrica degli apparati radicali richiede una capacità di penetrazione di circa 1,5 m di profondità dal piano superficiale, e necessita inoltre di un'adeguata risoluzione dello strumento almeno pari a 0,05 m, dimensione dell'apparato radicale. In questo quadro lo strumento che coglie il miglior compromesso ha una doppia frequenza dello spettro di 400 e 900 MHz, garantendo una risoluzione compresa tra 0,04 e 0,08 m, in funzione delle condizioni di umidità e granulometria del suolo.

L'indagine con Georadar presuppone una fase di analisi del segnale finalizzata ad estrarre il contenuto informativo dai radargrammi, che permettono di ricostruire una mappatura del primo sottosuolo. Questa fase di elaborazione viene eseguita con software che, tramite algoritmi *ad hoc*, permettono di ripulire il segnale da possibili rumori di fondo e da falsi segnali, ed inoltre permettono di ricostruire un'immagine tridimensionale del primo sottosuolo.

## METODOLOGIA



- Studio delle condizioni generali degli alberi, in relazione alle loro dimensioni ed ubicazioni.
- Analisi visiva dei principali rialzi stradali.
- Controllo tramite cartografia dei sottoservizi nei pressi della pianta.
- Predisposizione di una maglia retangolare intorno all'alberatura per eseguire le scansioni in direzione ortogonale e trasversale
- Esecuzione della calibrazione della strumentazione Georadar, in base alla tipologia di suolo, in modo da massimizzare la capacità di penetrazione dell'onda elettromagnetica.
- Esecuzione dell'indagine Georadar intorno all'alberatura seguendo le direzioni della maglia precedentemente creata.
- Scaricamento dei dati dallo strumento.
- Elaborazione del dato tramite il

software dedicato, con estrazione delle mappe descrittive del primo sottosuolo.

## RISULTATI ATTESI PRINCIPALI OUTPUT



Questo tipo di prove sperimentali permette di:

- mappare l'andamento degli apparati radicali nel primo sottosuolo;
- stimare la biomassa presente al di sotto del primo sottosuolo;
- utilizzare queste informazioni 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.

## Bibliografia essenziale

FAIZE A., ALSHARAH G. (2020) *Preliminary study of roots by georadar system*. Embedded Systems and Artificial Intelligence. Springer, Singapore. 173-182.

DELGADO A., NOVO A., HAYS D. B. (2019). *Data acquisition methodologies utilizing ground penetrating radar for cassava (Manihot esculenta Crantz) root architecture*. Geosciences. 9.4: 171.

HRUSKA J., ČERMÁK J., ŠOSTEK S. (1999). *Mapping tree root systems with ground-penetrating radar*. Tree Physiology. 19.2: 125-130.

# DIAGNOSI DEI TESSUTI LEGNOSI E DISTRIBUZIONE APPARATI RADICALI: METODOLOGIE NON DISTRUTTIVE

MANZIANA - VITERBO | Università della TUSCIA - Dip. DIBAF | Università degli Studi di Reggio Calabria - Dip. AGRARIA

## INQUADRAMENTO RICERCA



Le indagini non invasive del legno e dell'apparato radicale rappresentano oggi una delle più importanti novità nell'ambito dell'arboricoltura urbana. Infatti, lo sviluppo di nuove tecnologie sensoristiche ha permesso l'applicazione di nuovi strumenti in ambiti professionali ancora non troppo diffusi; per esempio nel campo della diagnostica del verde urbano, il professionista sempre più spesso è chiamato a produrre referti oggettivi a testimonianza delle decisioni prese o che possano essere esaminati da altri tecnici anche a distanza di tempo; altre volte le analisi strumentali si rendono necessarie per rafforzare l'indagine "a vista" spesso non esaustiva. Per queste ragioni, la strumentazione impiegata si basa sul principio che il legno è un buon conduttore di suoni e quando questi sono attutiti lo si deve a carie o ad altre alterazioni che minano la sua integrità ed è oltretutto una tecnica di studio che non produce danni al tronco esaminato. In dettaglio, il suono si propaga tramite onde e che il loro comportamento è condizionato dalla presenza o meno di legno sano, infatti nel legno alterato la velocità di propagazione delle onde è rallentata poiché le onde aggirano le parti ammalorate e le cavità dei tessuti legnosi. Con lo stesso principio, è possibile rilevare la conformazione

dell'apparato radicale in quanto posizionando i sensori nel terreno ad una certa distanza dal fusto, si può rilevare la velocità di diffusione delle onde sonore e quindi disegnare la conformazione delle radici maggiori.

## METODOLOGIA



- Per la valutazione dell'integrità dei tessuti legnosi del fusto, la tecnica che garantisce la migliore precisione nell'individuare la possibile anomalia nel tessuto legnoso, e al contempo ne determina la corretta estensione del danno, è la tomografia sonica. Attraverso l'applicazione di almeno 6 sensori attorno al fusto dell'albero ad una altezza nota si riesce ad indagare l'integrità del tessuto legnoso. Infatti, tramite un martello si percuotono uno alla volta tutti i sensori mentre gli altri fungono da riceventi. Lo strumento così calcola in frazioni di secondo tutte le velocità di propagazione del suono tra un sensore e l'altro. Se si applica un numero  $N$  di sensori le velocità calcolate sono pari a  $N*(N-1)/2$  (se impieghiamo 32 sensori saranno rilevate 496 velocità). La risoluzione dell'immagine è tanto migliore quanti più sensori sono impiegati. Il software che rileva le velocità con cui l'onda

si muove tra i vari sensori genera dapprima una matrice con i diversi percorsi acustici e successivamente mediante una immagine a colori (tomogramma). Il procedimento si compie in pochi secondi e termina con la produzione di un'immagine nitida della sezione interna del tronco. Il risultato può essere fornito come tabella di dati, grafico dei percorsi del suono, grafico tridimensionale, immagine continua a seconda delle esigenze dell'operatore. Quando si effettuano più tomografie a diverse altezze sullo stesso tronco, il *software* interseca le immagini e produce l'immagine a 3 dimensioni dell'interno del fusto: in questo modo è possibile valutare anche l'estensione in altezza delle degradazioni del legno.

- Per determinare la distribuzione dell'apparato radicale si utilizza una metodologia di indagine diversa che si basa comunque sulla propagazione delle onde sonore. Infatti, un geofono - *root detector* - permette di rilevare le radici principali quando esse sono dotate di sufficiente legno per trasportare il segnale sonoro. Con diversi test comparativi è stato dimostrato che lo strumento indica la presenza di radici di almeno 2 cm di diametro sino ad una profondità di circa 1,5 m, a seconda della tipologia di radice e della natura del suolo. Un segna-

le sonore è prodotto al colletto dell'albero. Questo si propaga velocemente nel legno e, contrariamente, lentamente nel terreno. Il tempo di propagazione dell'onda sonora è conteggiato tra il sensore di partenza e quello ricevente con un apposito software mentre la distanza tra i sensori è misurata dall'operatore. Il sensore di partenza è posizionato al colletto di un albero a formare col terreno un angolo di circa 45°. Il sensore ricevente è infisso nel terreno e viene spostato attorno all'albero seguendo un cerchio creato appositamente con un cordino, in quanto, nello spostamento del sensore ricevente nel terreno, la distanza tra questo e il centro dell'albero deve rimanere costante. Il sensore di partenza viene percosso da un martello che genera il segnale acustico. Tale segnale viaggia così dal colletto dell'albero e nel terreno: quando raggiunge il sensore ricevente, la misura del tempo si ferma ed il valore rilevato è inviato al computer grazie ad una centralina di acquisizione. In seguito, un

apposito software calcola la velocità. Quando la velocità è elevata significa che c'è una radice in grado di far propagare l'onda sonora precedentemente emessa. Nel caso in cui non è presente la radice, la velocità risulta essere bassa o non viene proprio rilevata dallo strumento.

## RISULTATI ATTESI PRINCIPALI OUTPUT



Questo tipo di analisi permette di:

- nell'ambito dell'applicazione della tomografia sonora, le immagini e le tabelle elaborate 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;
- nell'ambito delle 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.

### Bibliografia essenziale

PROTO A.R., SORGONÀ A., ABENAVOLI L., DI IORIO A. (2020). *A sonic root detector for revealing tree coarse root distribution*. Nature - Scientific Reports, 10:8075. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-65047-4>

PAPANDREA S.F., CATALDO M.F., ZIMBALATTI G., PROTO A.R. (2022). *Comparative evaluation of inspection techniques for decay detection in urban trees*. Sensors and Actuators A: Physical, 340, 113544. <https://doi.org/10.1016/j.sna.2022.113544>

PROTO A.R., CATALDO M.F., COSTA C., PAPANDREA S.F., ZIMBALATTI G. (2020). *A tomographic approach to assessing the possibility of ring shake presence in standing chestnut trees*. European Journal of Wood and Wood Products, 78(6), 1137-1148. <http://dx.doi.org/10.1007/s00107-020-01591-0>



# AREE VERDI E BENI CULTURALI: CONSERVAZIONE DI ALBERI MONUMENTALI VETERANI IN SITI STORICI

PARCHI E GIARDINI STORICI | DIBAF - Università degli Studi della Tuscia

## INQUADRAMENTO RICERCA



Gli antichi alberi delle ville storiche condividono lo spazio in modo vario con edifici, architetture, manufatti e sottoservizi. La normativa in vigore (D.Lgs. n. 63/2008 a modifica del D.Lgs. n. 42/2004 e L. n. 10/2013) riconosce gli alberi monumentali veterani per il loro valore eco-biologico e li tutela al pari del patrimonio culturale nazionale. Allo stato attuale mancano specifiche linee guida per la manutenzione di queste piante plurisecolari che nel corso della loro vita sono state ripetutamente ed eccessivamente potate per contenerne l'accrescimento, oppure per eliminare branche diventate pericolose. Per le ville storiche del Lazio, il platano orientale (*Platanus orientalis* L.) è stato individuato come specie di valore simbolico, rappresentativa dei giardini. La gestione del patrimonio arboreo nei complessi monumentali italiani è risultata, nel corso degli anni, sempre più complessa dato il decremento generale del numero di individui a causa di danni strutturali e fitopatologici. Infatti, molti di questi esemplari arborei plurisecolari risalgono all'epoca d'impianto delle ville e, se da un lato suscitano interesse proprio in relazione alle loro maestose dimensioni, dall'altro mostrano spesso segni di deperimento dovuti a senescenza, fitopatologie e/o attacchi di insetti. In tale situazione la pratica più diffusa è la rimozione della pianta senza sostituzione, con la conseguente perdita

del patrimonio arboreo originario. Per la salvaguardia di individui veterani di interesse storico-culturale e sociale è stato adottato il protocollo innovativo COVE, basato su un approccio multidisciplinare. In questo ambito, e soprattutto in mancanza di documentazione storica, la caratterizzazione genetico-molecolare delle specie vegetali può contribuire a chiarire l'identificazione tassonomica delle specie presenti all'interno di un sito monumentale e a formulare delle ipotesi riguardanti l'origine del materiale e la variabilità esistente all'interno di esso e/o tra più siti.

## METODOLOGIA



Per accrescere le conoscenze e fornire informazioni utili a sostegno della conservazione degli ultimi esemplari plurisecolari veterani di platano orientale è stato utilizzato il protocollo COVE (*CO*n*SE*rvation of *VE*teran trees) sviluppato da CIAFFI *et al.* (2018). Si tratta di un procedimento su base multidisciplinare/interdisciplinare grazie al quale sono state identificate le linee guida per la gestione e conservazione dei platani nelle Ville storiche del Lazio (Città metropolitana di Roma e Provincia di Viterbo). Fasi della ricerca:

- reperimento di informazioni storiche sui platani delle Ville, comprese le forme di proprietà, i vincoli in atto, ecc.;
- caratterizzazione dendrometrica

dei platani e valutazione del loro stato fitosanitario;

- caratterizzazione genetica degli esemplari (individuazione della specie e della eventuale variabilità genetica presente);
- verifica della suscettibilità degli individui al patogeno *Ceratocystis platani* spp.;
- sviluppo di metodologie per la propagazione mediante taleaggio e micropropagazione per la conservazione.

## RISULTATI ATTESI

PRINCIPALI OUTPUT



- **Reperimento di informazioni storiche sui platani delle Ville, comprese forme di proprietà, vincoli, ecc.**

Le indagini storiche hanno richiesto la consultazione di documenti reperiti presso archivi di Stato, archivi privati, testi storici, mappe antiche e letteratura di settore. Da tali documenti è stato possibile reperire mappe e descrizioni dettagliate del numero di piante messe a dimora, dell'epoca di realizzazione del giardino, della ubicazione e disposizione delle piante. Questo passaggio ha permesso di valutare il numero e la distribuzione attuali degli individui di platano oggetto della ricerca.

- **Caratterizzazione dendrometrica delle piante di platano e valutazione del loro stato fitosanitario**

L'inventario degli alberi in am-

biente GIS è il primo passo per censire il patrimonio arboreo delle ville storiche, dal punto di vista quantitativo e qualitativo e strutturare una base di dati aggiornabile (PACE *et al.* 2022). Il rilievo delle coordinate geografiche con GPS a precisione submetrica ha consentito, inoltre, di collocare gli alberi in relazione ai manufatti per valutare il rischio di schianto e per gestire possibili conflitti. La restituzione cartografica delle informazioni rappresenta un ulteriore ausilio per i gestori dei complessi monumentali, anche in relazione alla gestione dei sottoservizi e alle interferenze di questi con gli apparati radicali. L'indagine dendrometrica ha previsto rilievi dimensionali sul fusto e sulla chioma (diametro del fusto a 1,30 m di altezza, D (cm); altezza totale dell'albero, H (m); rapporto ipsodiametrico H/D (m); area della proiezione della chioma (m<sup>2</sup>); altezza di inserzione della chioma Hc (m); volume della chioma, Vch (m<sup>3</sup>). È stata valutata l'architettura delle chiome e la presenza di carie del fusto, in relazione al loro numero e all'estensione delle cavità.

- **Caratterizzazione genetica degli esemplari**

Nel caso dei platani delle ville rinascimentali l'identificazione tassonomica, che abbina l'analisi dei caratteri morfologici con le analisi molecolari, è importante per distinguere individui di *P. orientalis* e *P. acerifolia* di successiva formazione, in seguito all'introduzione dalla Virginia in Inghilterra del *P. occidentalis* nel 1637, da parte dell'esploratore JOHN TRADESCANT II. Per questo l'identificazione della specie, abbinate alle notizie storiche, assume il significato di datazione indiretta e individuazione di alberi fondatori del giardino.

Le analisi molecolari rappresentano attualmente lo strumento più efficace per identificare una specie e classificarla dal punto di vista tassonomico, nonché per valutare le sue relazioni filogenetiche con altri individui. Per questo tipo di analisi il procedimento è descritto nel protocollo N. UNITUS #6

- **Verifica della suscettibilità degli individui al patogeno *Cercospora platani* spp.**

Nessun sintomo della presenza di *C. platani*, l'agente eziologico del cancro colorato, è stato riscontrato nei siti considerati. I documenti storici non riportano informazioni sulla possibile presenza e/o identificazione di agenti patogeni nel passato. È probabile che la continua cura dei giardini abbia comportato una rapida rimozione degli alberi malati o che l'isolamento fisico dei giardini abbia finora protetto le aree dalla diffusione e dall'insediamento del patogeno. Attualmente i giardini storici sono molto più esposti alle invasioni parassitarie rispetto al passato e se *C. platani* entrasse in questi siti, potrebbe causare gravi danni perché i test di sensibilità, effettuati in laboratorio, hanno dimostrato la suscettibilità dei platani al patogeno: i ramoscelli inoculati con il patogeno hanno mostrato nei punti di inoculazione lesioni significativamente più elevate. Il restauro dei giardini storici dovrebbe tenere conto del fatto che piante e semi in commercio sono le principali vie attraverso le quali i parassiti possono essere introdotti in nuove aree e che l'Europa è particolarmente incline all'invasione dei parassiti a causa della sua varietà di habitat e climi e le lacune nella biosicurezza. Inoltre, l'enorme presenza di parassiti anche nei

vivai rappresenta un fattore di rischio. In questo scenario, l'uso di platani micropropagati è altamente raccomandato per la piantagione di piante di interesse culturale, economico o scientifico come i platani.

- **Sviluppo di metodologie per la propagazione mediante taleggio e micropropagazione per la loro conservazione**

La propagazione del platano per talea e per coltura di tessuti è una soluzione utile per mettere in atto piani di sostituzione con piante con le stesse caratteristiche della pianta madre. Per questo se si vuole conservare il germoplasma antico e riprodurre fedelmente i caratteri della pianta madre, la semina non è la strada da seguire. La messa a punto di tecniche di taleggio e radicazione e di coltura in vitro e radicazione è stata effettuata a partire da tessuti reperiti da parti delle piante in fase giovanile (getti dell'anno, getti epicormici).

### Bibliografia essenziale

CIAFFI M., ALICANDRI E., VETTRAIANO A. M., PAOLACCI A.R., TAMANTINI M., TOMAO A., AGRIMI M., KUZMINSKY E. (2018). *Conservation of veteran trees with-in historical gardens (COVE): a case study applied to Platanus orientalis L. in central Italy*. Urban Forestry & Urban Greening, 34, 336-347.

CIAFFI M., VETTRAIANO 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.

ALICANDRI E., VETTRAIANO A.M., AGRIMI M., CIAFFI M., KUZMINSKY E. (2022). *Molecular markers dataset to assess the genetic diversity of oriental plane trees from historical sites in Lazio (central Italy)*. Data in Brief, 42, 108100.

# CARATTERIZZAZIONE GENETICA DI ALBERI PLURISECOLARI DI PLATANO ORIENTALE PRESENTI NEI GIARDINI DI VILLE STORICHE DEL LAZIO

PARCHI E GIARDINI STORICI | DIBAF - Università degli Studi della Tuscia

## INQUADRAMENTO RICERCA



Le analisi molecolari rappresentano uno strumento determinante per lo studio della variabilità genetica e per l'identificazione delle specie per esemplari arborei monumentali ubicati nelle ville storiche. In tal modo è possibile contribuire alla conservazione di questo antico germoplasma, come patrimonio di biodiversità, e sostenere la valorizzazione degli aspetti ambientali di questi luoghi. Di seguito è riportata la metodologia utilizzata per le analisi genetiche condotte sui platani di alcuni siti storici del Lazio.

## METODOLOGIA



- Prelievo delle foglie delle piante di platano selezionate per le analisi molecolari.
- Estrazione del DNA a partire da 100 mg di tessuto fogliare.
- Controllo dell'integrità e della concentrazione del DNA mediante analisi elettroforetica su gel di agarosio.
- Amplificazione PCR (reazione a catena della polimerasi) del gene LEAFY capace di rilevare specifici alleli per *P. occidentalis*, *P. orientalis* e per la specie ibrida *P. acerifolia*.
- Controllo dei prodotti di amplificazione separati elettroforeticamente su gel di agarosio.
- Amplificazione PCR di marcatori molecolari SSR (*Simple Sequence Repeat*) e ISSR (*Inter Simple Sequence Repeat*) per lo studio della variabilità genetica tra i genotipi di platano considerati nelle analisi. Entrambi i marcatori molecolari vengono scelti sulla base di un'accurata ricerca bibliografica.

- Marcatori SSR:
  1. controllo dei prodotti di amplificazione su gel di agarosio;
  2. separazione mediante elettroforesi capillare dei frammenti PCR opportunamente marcati con molecole fluorescenti in base alla loro lunghezza;
  3. dimensionamento dei frammenti utilizzando l'apposito software Gene Mapper.
- Marcatori ISSR:
  1. controllo dei profili di amplificazione su gel di agarosio;
  2. costruzione di una matrice presenza/assenza (0/1) dei frammenti ottenuti per ciascun genotipo;
  3. studio delle distanze genetiche tra i genotipi utilizzando l'apposito software Power Marker.
- Costruzione di un albero filogenetico che illustri le relazioni filogenetiche tra i genotipi, integrando i dati ottenuti da entrambe le analisi dei due marcatori molecolari.



## RISULTATI ATTESI PRINCIPALI OUTPUT



Questo tipo di analisi permette:

- l'individuazione tassonomica degli esemplari di platano oggetto di studio;
- la caratterizzazione della variabilità genetica tra gli esemplari monumentali di platano oggetto di studio e verifica delle loro relazioni con genotipi rappresentativi di *Platanus orientalis*, *Platanus occidentalis* e *Platanus acerifolia*;
- la procedura è di supporto all'inventario degli alberi veterani plurisecolari dei giardini e delle ville storiche.

### Bibliografia essenziale

CIAFFI M., ALICANDRI E., VETTRAINO A. M., PAOLACCI A. R., TAMANTINI M., TOMAO A., AGRIMI M., KUZMINSKY E. (2018). *Conservation of veteran trees within historical gardens (COVE): a case study applied to Platanus orientalis L. in central Italy*. Urban Forestry & Urban Greening. 34, 336-347.

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.

ALICANDRI E., VETTRAINO A.M., AGRIMI M., CIAFFI M., KUZMINSKY E. (2022). *Molecular markers dataset to assess the genetic diversity of oriental plane trees from historical sites in Lazio (central Italy)*. Data in Brief. 42, 108100.

PROTOCOLLO: UNITUS #7

# COLTURE DI TESSUTI VEGETALI PER LA CONSERVAZIONE/PERPETUAZIONE DI ALBERI MONUMENTALI DI GIARDINI STORICI

GIARDINI STORICI | DIBAF - Università degli Studi della Toscana

## INQUADRAMENTO RICERCA



Complessi monumentali con parchi e giardini sono molto diffusi in Italia e rappresentano elementi di forte caratterizzazione dei territori, essendo espressione storica del gusto e della cultura dell'epoca in cui sono stati creati. La conservazione di questi siti, oltre ad essere molto dispendiosa, richiede un approccio multidisciplinare data la loro natura

complessa. Se da un punto di vista architettonico molte sono le tecniche a disposizione per restaurare e conservare il patrimonio artistico, più difficile risulta preservare il patrimonio verde, soprattutto quando alberi e arbusti hanno raggiunto un'età ragguardevole e difficile risulta la loro propagazione. In molti casi la maggior parte delle piante dell'impianto originario sono andate perse e gli attuali proprietari/custodi dei beni trovano difficoltà a gestire la fase di sostituzione delle pian-

te deperienti. Questo si deve alla difficoltà sia di propagare vegetativamente gli esemplari presenti nei giardini sia ad acquistare materiale idoneo alla sostituzione di piante monumentali. Inoltre si sta facendo avanti l'idea di utilizzare materiale vegetale più rispondente alle nuove sfide ambientali, quali invasione di agenti patogeni/insetti alieni o cambiamenti del clima.

In quest'ottica l'uso di tecniche *in vitro* di "coltura di tessuti" apre nuovi scenari interessanti sia per la con-

servazione degli esemplari arbustivi ed arborei presenti e risalenti all'impianto originale del giardino, sia per testare la loro capacità di far fronte alle nuove sfide ambientali.

## METODOLOGIA



- Studio delle condizioni generali degli alberi di importanza storica (presenza di malattie, stato di conservazione della chioma); ricerca di organi o tessuti più rispondenti alla propagazione vegetativa (es. rami epicormici o presenza di polloni radicali).
- Prelievo degli espianti idonei alla propagazione vegetativa.
- Selezione del substrato di coltura (soluzioni nutritive solidificate con agar) da impiegare per la/le specie da propagare *in vitro*.
- Sterilizzazione degli espianti in laboratorio prima dell'inizio della fase di coltura *in vitro*.
- Introduzione degli espianti nei contenitore sterili contenenti il substrato agarizzato e allevamento in camere di crescita con temperatura e luce controllate.

- Moltiplicazione dei germogli *in vitro* fino ad ottenere un numero sufficiente di germogli per gli scopi della prova; è sempre bene considerare il doppio delle piante finali necessarie.
- Allungamento dei germogli *in vitro* fino ad ottenere almeno una lunghezza di 3 cm.
- Taglio dei germogli allungati e somministrazione di auxine esogene per la formazione di radici avventizie.
- Trapianto in piccoli vasi contenenti terreno e Ambientamento in serra.
- Trapianto in vasi più grandi che evitano la spirallatura dell'apparato radicale.
- Allevamento delle piante micropropagate in zona idonea dei giardini pronti per la sostituzione del materiale deperiente.
- Allestimento di prove pilota per testare la tolleranza degli esemplari micropropagati alle condizioni ambientali del futuro al fine di individuare i genotipi più idonei a tollerare l'attacco di nuovi patogeni/insetti oppure condizioni climatiche future.

## RISULTATI ATTESI PRINCIPALI OUTPUT



Questo tipo di prove sperimentali permette di:

- propagare vegetativamente esemplari di alberi/arbusti che per motivi storici rivestono un'importanza culturale rilevante, mantenendo inalterato il loro patrimonio genetico;
- 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 ripiantumare secondo gli schemi originali del giardino zone ormai prive di vegetazione.



### Bibliografia essenziale

CIAFFI M., ALICANDRI E., VETTRAIANO A.M., PAOLACCI A.R., TAMANTINI M., TOMAO A., AGRIMI M., KUZMINSKY E. (2018). *Conservation of veteran trees within historical gardens (COVE): a case study applied to *Platanus orientalis* L. in central Italy*. Urban Forestry & Urban Greening, 34, 336-347.

KUZMINSKY E., ALICANDRI E., AGRIMI M., VETTRAIANO A.M., CIAFFI M. (2018). *Data set useful for the micropropagation and the assessment of post-vitro genetic fidelity of veteran trees of *P. orientalis* L.* Data in brief, 20, 1532-1536.

CIAFFI M., VETTRAIANO 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.

# I DISSERVIZI ECOSISTEMICI DEGLI ALBERI URBANI. UNO STUDIO BASATO SUL CENSIMENTO DEL VERDE

COMUNE DI VITERBO, LAZIO | DIBAF - Università degli Studi della Tuscia

## INQUADRAMENTO RICERCA



Le infrastrutture verdi urbane, compresi gli alberi stradali, svolgono un ruolo importante nel generare una serie di benefici ambientali, economici e sociali. Tuttavia, per comprendere appieno il ruolo degli alberi nel contesto urbano, è necessario valutare anche gli eventuali “disservizi ecosistemici” che possono incidere negativamente sulla qualità dell’ambiente o della vita dei residenti (es. danno estetico, pericolo di schianto, danni alla pavimentazione). La fornitura di servizi e disservizi dipende da molti fattori, tra cui la specie, le dimensioni, la posizione e le eventuali pratiche di arboricoltura applicate in passato. Considerata questa variabilità a livello comunale, la stima di servizi e disservizi risulta di particolare importanza per una gestione efficiente della risorsa forestale urbana. Inoltre, considerato il costo dei rilievi in campo è impossibile pensare di misurare tutte le variabili biometriche necessarie alla stima dei servizi e dei disservizi sull’intera popolazione di alberi urbani. Le stime richiedono quindi un approccio di tipo campionario.

Il contributo propone una metodologia che a partire dal censimento del verde pubblico urbano, uno strumento facilmente reperibile a livello comunale, consente di definire caratteristiche e valore complessivo di servizi e disservizi.

## METODOLOGIA



- Reperimento delle informazioni presenti all’interno del censimento del verde urbano del Comune di riferimento.
- Creazione di un *database* degli alberi urbani che contenga per ciascun esemplare le seguenti informazioni: (i) numero progressivo, (ii) specie, (iii) diametro, (iv) posizione/tipologia di verde urbano.
- Creazione di gruppi (strati) di specie e/o tipologie di verde urbano (viale alberato, aiuola, albero isolato, ecc.) che preveda una numerosità di individui minima ( $n > 30$ ).
- Estrazione di un campione di alberi per ciascun gruppo per cui 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).
- Individuazione di quattro categorie di danno: 1) danno alla pavimentazione, 2) danno funzionale, 3) danno estetico, 4) propensione al cedimento.
- Indicatori relativi alle porzioni della pianta: 1) radici e colletto,

2) fusto, 3) chioma (vedi Tabella 1)

- Misura dei parametri qualitativi e quantitativi necessari alla stima dei servizi e disservizi sugli alberi del campione (es. altezza totale, dimensione della chioma, presenza/assenza di difetti del colletto, delle radici, del fusto e della chioma, interazione con manufatti e interventi di arboricoltura) (vedi Tabella 1: tipi di danno e indicatori, in relazione alla porzione di pianta esaminata).
- Stima dei valori dei servizi e disservizi sul campione. Il valore dei servizi/disservizi con carattere qualitativo è determinato sommando i valori di presenza/assenza (1, 0) degli indicatori rilevanti per quel servizio/disservizio e riscalando la somma risultante tra 0 e 1 mediante il metodo di normalizzazione min-max.
- Inferenza statistica: stima dei valori medi e totali dei servizi e disservizi per l’intera popolazione di alberi urbani.

## RISULTATI ATTESI PRINCIPALI OUTPUT



Questo tipo di analisi permette di:

- quantificare l’erogazione di servizi e disservizi a livello comunale per categorie omogenee (specie, tipologia di area verde, ecc.);
- ridurre i costi di analisi di servizi e disservizi sfruttando il cen-

Porzione di pianta	Indicatori	Danno pavimentazione	Danno funzionale	Danno estetico	Propensione al cedimento
Radici e colletto	Morta			x	x
	Posto pianta vuoto			x	
	Danno cordolo	x		x	
	Danno marciapiede	x		x	
	Sollevamento manufatti	x		x	
	Danni strada	x		x	
	Radici esposte		x		x
	Radici strozzanti				x
	Ferite/danni al colletto		x	x	x
	Danni da insetto		x		
	Scavi		x		
	Tombini		x		
	Pavimentazione sigillante		x		
	Conflitti al colletto		x		x
	Rigonfiamenti			x	x
	Carie			x	x
	Polloni basali (limitano il passaggio)			x	
Fusto	Carie			x	
	Corteccia inclusa			x	
	Ferite/danni meccanici al fusto		x	x	
	Monconi		x	x	
	Sinuoso			x	
	Spiralato			x	
	Inclinato			x	x
	Colature di essudati			x	
	Gibbosita' e rigonfiamenti			x	x
	Fori (chiodi, sfarfallamento, ecc.)		x		
	Danni da insetto		x		
	Palo tutore		x		
	Muro		x		
	Chioma	Alterazione morfol. Potatura		x	x
Capitozzatura			x	x	x
Riscoppio				x	
Asimmetrica				x	x
Rami spezzati/scosciati			x		
Corteccia inclusa				x	
Candelabro				x	
Disseccamenti				x	
Monconi			x	x	
Ferite/danni meccanici			x	x	
Carie				x	x
Rigonfiamenti				x	
Separata				x	x
Compressa			x		x
Deperiente				x	x
Danni da insetto			x		
Palo luce			x		
Muro			x		
Tettoia			x		
Cartellonistica			x		

Tabella 1 - Indicatori e categorie di danno, in relazione alle parti della pianta considerate.

simento del verde urbano e raccogliendo i dati maggiormente onerosi in termini di costi di rilievo solamente su un campione di alberi;

- migliorare le stime di valori medi e totali per la popolazione degli alberi urbani attraverso l'utilizzo delle dimensioni degli alberi (es. diametro a petto d'uomo) come covariata per l'estrazione del campione e la stima dei valori finali;
- identificare le principali fonti di disservizi a livello comunale, in modo da ridurre l'impatto;
- fornire degli strumenti utili all'amministratore per una corretta pianificazione delle risorse arboree in contesto urbano e per una programmazione di breve-medio termine dell'eventuale sostituzione di esemplari arborei.

### Bibliografia essenziale

ROMAN L.A., CONWAY T.M., EISENMAN T.S., KOESER A.K., ORDÓÑEZ BARONA C., LOCKE D.H., JENERETTE G.D., ÖSTBERG J., VOGT J., (2021). *Beyond "trees are good": Disservices, management costs, and tradeoffs in urban forestry*. *Ambio* 50, 615–630. doi:10.1007/s13280-020-01396-8

SPEAK A.F., MONTAGNANI L., SOLLY H., WELLSTEIN C., ZERBE S. (2022). *The impact of different tree planting strategies on ecosystem services and disservices in the piazzas of a northern Italian city*. *Urban Ecosyst.* 25, 355–366. doi:10.1007/s11252-021-01158-8

MASINI E., TOMAO A., GIULIARELLI D., CORONA P., FATTORINI L., PORTOGHESI L., AGRIMI M. (2023). *The ecosystem disservices of trees on sidewalks: a study based on a municipality urban tree inventory in Central Italy*. Under revision.

# PIANIFICAZIONE DI AREE FORESTALI PERIURBANE COME COMPONENTI DI INFRASTRUTTURE VERDI

*Metodi combinati GIS di analisi del contesto territoriale per identificare opzioni di gestione selvicolturale e indicazioni per la fruizione pubblica.*

*Il caso delle pinete costiere*

**PINETE COSTIERE DEL LAZIO** | DIBAF - Università degli Studi della Tuscia

## INQUADRAMENTO RICERCA



I rimboschimenti a prevalenza di pino domestico (*Pinus pinea* L.) sono caratteristici e comuni lungo la costa tirrenica italiana e mantengono per lo più strutture uniformi e monostrato. Migliorare la diversità strutturale è un'efficace strategia di adattamento ai cambiamenti climatici nella gestione delle foreste. Per questo è stata elaborata una metodologia che consente di gestire aree riforestate distinte come un'unica infrastruttura verde in base all'uso del suolo circostante e alle caratteristiche dei popolamenti forestali. Sono stati mappati 240 ha di pinete mediterranee situate lungo una fascia di 16 km di costa laziale. Ad ogni area forestale sono stati associati dodici attributi che descrivono i boschi di pino e che mostrano i possibili vincoli per le future decisioni di gestione. È stata eseguita un'analisi dei *cluster* gerarchici per raggruppare le aree di pineta in base al loro livello di somiglianza e sono stati identificati cinque diversi gruppi. Per ciascun gruppo sono state proposte diverse modalità selvicolturali per guidare l'evoluzione compositiva e strutturale dei popolamenti, al fine di renderli idonei a fornire i servizi richiesti localmente e ad accrescere la diversità complessiva a scala paesaggistica.

Le pinete litoranee sono riconosciute come importanti elementi paesaggistici mentre contribuiscono alla salute e al benessere dei fruitori riducendo lo stress psico-fisico, creando così sentimenti positivi e facilitando il recupero delle risorse psicologiche. Indicazioni di gestione di aree forestali periurbane utilizzate a scopo ricreativo sono emerse da uno studio combinato delle caratteristiche strutturali di differenti popolamenti forestali e benefici fisico-psicologici auto-risportati ottenuti visitando aree di pineta. Le componenti della ricreatività percepita come "essere lontano", "fascino" e "compatibilità" sono emerse come predittori significativi dei benefici psicologici percepiti dai visitatori. La densità elevata del popolamento, misurata dall'area basimetrica per ettaro dello strato arboreo e arbustivo, influenza negativamente la percezione dei benefici ottenuti, mantenendo costanti le altre covariate.

## METODOLOGIA



Gestione delle pinete costiere come infrastruttura verde:

- mappatura delle aree di pineta con superficie superiore a 500 m<sup>2</sup> presenti sulla costa della provincia di Viterbo;

- creazione di un *database* in ambiente GIS contenente per ogni poligono di pineta variabili descrittive delle caratteristiche del popolamento e dei vincoli d'uso;
- classificazione, in aree *buffer* di diversa ampiezza (100 e 500 m) attorno ai poligoni di pineta, dell'uso del suolo in termini di "grado di naturalità";
- raggruppamento dei poligoni di pineta in base al loro livello di similarità delle diverse variabili utilizzate, tramite un'analisi a *cluster*;
- individuazione delle variabili che caratterizzano ciascun gruppo di pinete per mezzo delle frequenze condizionate;
- definizione per ciascuno dei cinque gruppi di pinete evidenziate di differenti modalità di gestione selvicolturale in base ai vincoli presenti e ai caratteri dell'uso del suolo nelle aree *buffer* con l'obiettivo di creare diversità strutturale del complesso delle pinete.

Valutazione quali-quantitativa dei benefici psicologici percepiti dai visitatori:

- misura dei principali parametri dendrometrici relativi a ciascun sito di studio (diametro, altezza) in aree di saggio circolari con raggio 13 m;
- calcolo dei principali parametri che descrivono la struttura dei popolamenti forestali (diametro

medio, altezza media, densità dello strato arboreo, densità dello strato arbustivo);

- valutazione dei benefici fisici e psicologici derivanti dalla fruizione delle pinete chiedendo ai visitatori di compilare un questionario in cui sono raccolti i dati demografici dei visitatori (es. sesso, istruzione, età) e la loro percezione degli elementi della *Perceived Restorativeness Scale* (PRS) e dei benefici fisici e psicologici (in una scala da 1 a 5);
- individuazione delle caratteristiche strutturali dei popolamenti che influenzano la percezione dei benefici da parte del pubblico;
- definizione di modalità di gestione selvicolturale differenziate tra aree di maggiore fruizione e aree non raggiunte dal pubblico per massimizzare i benefici percepiti dai fruitori.

dedicate alla fruizione pubblica, e per la progettazione di nuovi impianti, tenendo presente che: i) la densità del popolamento è associata negativamente con la percezione dei benefici ottenuti frequentando il bosco urbano o periurbano; ii) le dimensioni degli alberi sono positivamente associate ai benefici auto-riferiti; iii) le componenti rigenerative percepite risultano predittori significativi dei benefici psicologici percepiti dai visitatori (senso di evasione, riferito alla percezione di trovarsi in un luogo diverso o di fare cose nuove, capacità di rilassarsi, fisicamente e psicologicamente, esercizio dell'attenzione passiva che non richiede sforzo e possibilità di un luogo di supportare le intenzioni e le aspettative del soggetto.

## Bibliografia essenziale

PORTOGHESI L., TOMAO A., BOLLATI S., MATTIOLI W., ANGELINI A., AGRIMI M. (2022). *Planning coastal Mediterranean stone pine (Pinus pinea L.) reforestations as a green infrastructure: combining GIS techniques and statistical analysis to identify management options*. *Annals of Forest Research*, 65(1): 31-46.

TOMAO A., SECONDI L., CARRUS G., CORONA P., PORTOGHESI L., AGRIMI M. (2018). *Restorative urban forests: Exploring the relationships between forest stand structure, perceived restorativeness and benefits gained by visitors to coastal Pinus pinea forests*. *Ecological Indicators* 90, 594-605

AGRIMI M., PORTOGHESI L. (2022). *Pinete del litorale Romano. Ambivalenze di un paesaggio in evoluzione*. In LATINI L. e GASPARELLA L., 2022 (a cura di) *Coltivare la selva*. Sesto San Giovanni: Mimesis.

## RISULTATI ATTESI PRINCIPALI OUTPUT



Questo tipo di analisi permette di:

- considerare frammenti di aree boscate nel loro insieme per progettare una infrastruttura verde; individuare gli usi del suolo in ambito costiero da cui trarre input efficaci per differenziare la gestione dei sistemi forestali e favorire una maggiore varietà e resilienza del paesaggio nel tempo. Questo approccio è particolarmente utile nel caso di popolamenti molto omogenei come i rimboschimenti di pino domestico studiati.

A questo tipo di analisi è utile associare:

- valutazione quali-quantitativa dei benefici psicologici percepiti dai visitatori da cui trarre indicazioni gestionali per le aree di pinete



# ACCESSIBILITÀ E FRUIBILITÀ DELLE AREE VERDI

ROMA | DIBAF - Università degli Studi della Tuscia

## INQUADRAMENTO RICERCA



L'accessibilità delle aree verdi urbane da parte dei residenti è uno degli indicatori più rilevanti da considerare per rendere le città più eque, resilienti e sostenibili. Numerosi studi hanno dimostrato che una buona accessibilità alle aree verdi urbane si traduce in una migliore salute fisica e psicologica degli abitanti (HARTIG *et al.* 2014).

Tuttavia, l'accessibilità è un concetto ampio e flessibile e chiarire la sua definizione è un importante prerequisito per ulteriori analisi. Secondo la definizione riportata da LA ROSA (2014), per accessibilità si intende la possibilità per gli abitanti delle città di raggiungere un determinato luogo.

Inoltre, pur essendo accessibili, molte aree verdi possono non essere fruibili se mancanti di punti di accesso o di servizi (es. panchine), sentieri, campi da gioco (SANESI e CHIARELLO 2006).

Di solito non sono disponibili informazioni in merito all'effettiva accessibilità e alla fruibilità delle aree verdi urbane e per questo è stato proposto un metodo di valutazione congiunta di questi due indicatori utilizzando come sito sperimentale le aree verdi urbane di Roma, una città con struttura semi-compatta che sta evolvendo verso una forma urbana dispersa e policentrica. Lo scopo specifico della metodologia elaborata è quello di valutare l'accessibilità ad aree verdi urbane di insediamenti residenziali consolidati o di nuova edificazione.

## METODOLOGIA



- Selezione delle aree verdi urbane con superficie superiore ad un ettaro a partire da mappe di uso del suolo (es. Urban Atlas, Copernicus).
- Selezione da carte di uso del suolo delle aree residenziali consolidate (ovvero non interessate da un cambiamento di uso del suolo) e di nuova edificazione (ovvero le aree che da altri usi del suolo sono state diventare tessuto urbano residenziale) in un determinato periodo.
- Attribuzione a ciascun poligono di uso del suolo residenziale di un valore di popolazione residente tramite intersezione con strati informativi dedicati (es. Eurostat Population grid).
- Identificazione e mappatura per fotointerpretazione dei punti di accesso a ciascuna area verde urbana.
- Analisi spaziale (*Network analysis*) per individuare il percorso più breve per raggiungere, da ciascun poligono di area residenziale, il punto di accesso dell'area verde più vicina attraverso la rete stradale.
- Identificazione delle aree residenziali che hanno nel loro intorno un'area verde raggiungibile attraverso massimo 15 minuti di cammino (1 km).
- Identificazione per fotointerpretazione della effettiva fruibilità delle aree verdi accessibili.

## RISULTATI ATTESI PRINCIPALI OUTPUT



Questo tipo di analisi permette di misurare:

- numero di punti di accesso lungo il perimetro delle aree verdi;
- numero di abitanti con almeno un'area verde di 5.000 m<sup>2</sup> raggiungibile in 15 minuti a piedi dalla propria abitazione;
- 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.);
- disponibilità o meno all'uso pubblico o accesso limitato a specifici gruppi sociali.

### Bibliografia essenziale

HARTIG T., MITCHELL R., DE VRIES S., FRUMKIN H. (2014). *Nature and health. Annual review of public health*, 35, 207-228.

LA ROSA D. (2014). *Accessibility to greenspaces: GIS based indicators for sustainable planning in a dense urban context*. *Ecological Indicators*, 42: 122-134.

QUATRINI V., TOMAO A., CORONA P., FERRARI B., MASINI E., AGRIMI M. (2019). *Is new always better than old? Accessibility and usability of the urban green areas of the municipality of Rome*. *Urban Forestry & Urban Greening*, 37, 126-134.

SANESI G., CHIARELLO F. (2006). *Residents and urban green spaces: The case of Bari*. *Urban Forestry & Urban Greening*, 4(3-4), 125-134.



