

# **Dal seme alla foresta: caratterizzazione di alcune funzionalità ecologiche per gli interventi di forestazione delle 6 Aree previste dal Progetto per la Città Metropolitana di Roma:**

## **“Litorale Romano Centro Settentrionale”**

### **1. Introduzione e approccio di analisi dei Servizi Ecosistemici**

Il concetto di Servizi Ecosistemici (SE), si riferisce ai processi di funzionamento associati agli ecosistemi a beneficio dell'umanità ed è definito come i beni e i servizi prodotti dalla natura e utilizzati per il benessere dell'uomo. Daily nel 1997 definisce i Servizi ecosistemici come le condizioni e i processi attraverso i quali gli ecosistemi naturali e le specie che li compongono sostengono e soddisfano la vita umana. Con il *Millennium Ecosystem Assessment* (MEA) sono state definite quattro classi di servizi ecosistemici: di approvvigionamento, di regolazione, servizi culturali e servizi di supporto necessari a mantenere i servizi prima elencati. La più recente classificazione CICES (Haines-Young, R., Potschin, M., 2018) ha riunito i Servizi di supporto all'interno dei Servizi di regolazione; pertanto, vengono definiti e declinati i Servizi di Approvvigionamento, di Regolazione e quelli Culturali.

La rappresentazione cartografica dei SE è uno dei pilastri della Strategia europea per la biodiversità al 2030. È stato osservato che attualmente, circa il 60% dei SE sono utilizzati in modo insostenibile o provengono da ecosistemi degradati, con chiare conseguenze sul benessere umano (*Millennium Ecosystem Assessment*, 2005, MEA). Questo rapido degrado necessita non solo di una comprensione adeguata delle pressioni che agiscono a tale livello, ma richiede anche che tali informazioni siano integrate in un contesto di gestione sostenibile degli ecosistemi, in accordo con gli SDGs dell'Agenda ONU 2030.

La presente caratterizzazione ecologica vuole declinare quali-quantitativamente la funzione di alcuni tra i principali Servizi ecosistemici forniti dagli interventi di forestazione urbana e periurbana previsti nel Progetto della Città Metropolitana di Roma.

L'approccio adottato consiste nella valutazione qualitativa, basata sul giudizio esperto di un ecologo, che consente di selezionare il valore e l'importanza attribuiti agli argomenti indagati sulla base delle differenti realtà territoriali, attraverso una scelta del livello di efficacia e di potenziale fornitura del SE.

E' stata condotta una valutazione per i decisori, al fine di promuovere le funzioni ecologiche per la caratterizzazione della forestazione urbana e periurbana nei diversi contesti territoriali interessati dall'intervento del Progetto. L'esame delle prospettive sui principali SE indica come l'ecosistema urbano dovrebbe essere gestito, guidando i decisori in linea con le aspettative della società nel contesto delle strategie ambientali in atto a livello nazionale e internazionale, e per contribuire alla transizione ecologica in atto.

A tale scopo, sono state elaborate 9 affermazioni classificando i SE considerati e forniti dalla forestazione urbana e periurbana in quelli di Regolazione (SER) e Culturali (SEC), secondo la Classificazione internazionale CICES, 2016 (**CICES** - **C**ommon **I**nternational **C**lassification of **E**cosystem **S**ervices, Sistema di classificazione gerarchica sviluppato dall'Agenzia Europea dell'Ambiente per favorire il lavoro di contabilità ambientale).

Con le fasi successive di Progetto è auspicabile che questo tipo di indagine possa essere condotta presso gli Stakeholder presenti nei territori, al fine di trasferire, per quanto possibile, anche al Cittadino la consapevolezza delle funzioni ecologiche, sociosanitarie ed economiche che gli interventi di forestazione in atto contribuiranno a valorizzare.

## **2. Elenco delle 9 affermazioni relative ai Servizi Ecosistemici e Classi di appartenenza:**

- A. La forestazione urbana e periurbana contribuisce a combattere il Cambiamento climatico mediante la multifunzionalità dei Servizi ecosistemici (SER);
- B. La forestazione urbana e periurbana contribuisce alla mitigazione dell'Isola di Calore Urbana attraverso la traspirazione e l'ombreggiamento operati dalla vegetazione (SER);
- C. La forestazione urbana e periurbana contribuisce ad incrementare la Biodiversità vegetale e animale (SER);
- D. La forestazione urbana e periurbana esercita un'azione di rimozione degli inquinanti atmosferici (adsorbimento di PM<sub>10</sub>, assorbimento di O<sub>3</sub>) tramite le foglie, migliorando la qualità dell'aria con effetti benefici sulla salute del cittadino (SER);
- E. La forestazione urbana e periurbana ha un effetto positivo sul benessere psico-fisico del cittadino (SEC);
- F. La forestazione urbana e periurbana contribuisce tramite la fotosintesi all'assorbimento del diossido di carbonio (CO<sub>2</sub>), uno dei principali gas serra (SER);
- G. La forestazione urbana e periurbana migliora i processi di infiltrazione dell'acqua piovana nel suolo (SER);
- H. La forestazione urbana e periurbana favorisce la consapevolezza sull'importanza della biodiversità e del rispetto verso la natura (SEC);
- I. La forestazione urbana e periurbana, attraverso la selezione delle diverse specie autoctone messe a dimora, può conferire valore identitario e promuovere la qualità paesaggistica del territorio (SEC).

## **3. Considerazioni progettuali**

Occorre innanzitutto sottolineare che le 6 Aree selezionate per il Progetto assolvono in pieno alle affermazioni A (Cambiamento climatico), C (Biodiversità), D (Rimozione inquinanti atmosferici), E (Benessere psico-fisico del Cittadino), fornendo i SE fondamentali per il miglioramento della qualità ambientale e della qualità della vita per tali territori, nel pieno rispetto di quelle che sono le priorità indicate dall'Avviso pubblico e del Piano di Forestazione.

L'affermazione B (Mitigazione Isola di Calore Urbana), risulta maggiormente significativa per i territori caratterizzati da una copertura del suolo costituita prevalentemente da tessuto urbano.

Le affermazioni F (Assorbimento di CO<sub>2</sub>) e G (Infiltrazione dell'acqua piovana), risultano di elevata valenza ecologica e sono anche relazionabili all'estensione superficiale delle differenti Aree.

Per le 6 Aree selezionate con il **Progetto "Litorale Romano Centro Settentrionale"** (LRN), caratterizzate anche da una elevata densità abitativa con un territorio altamente urbanizzato, le foreste svolgono per tale sito un ruolo importante nel ripristino e sostegno dei processi ecosistemici alla base della fornitura dei SE per la salute e il benessere dei Cittadini.

Si precisa che la valutazione ecologica del Progetto risulta di elevato valore, sottolineando l'importanza delle foreste urbane e periurbane nella fornitura, in chiave multifunzionale, dei principali SE di regolazione, tra cui quelli che costituiscono gli obiettivi previsti nell'Avviso pubblico.

Per quanto riguarda la scelta delle specie, si precisa che, in generale, le latifoglie decidue presentano valori di scambio gassoso a livello stomatico (assorbimento di  $\text{CO}_2$  mediante la fotosintesi, e rilascio di vapore acqueo attraverso la traspirazione fogliare) più elevati rispetto alle sempreverdi sia latifoglie che conifere. (SE: La forestazione urbana e periurbana contribuisce tramite la fotosintesi all'assorbimento del diossido di carbonio ( $\text{CO}_2$ ), uno dei principali gas serra; La forestazione urbana e periurbana contribuisce alla mitigazione dell'Isola di Calore Urbana attraverso la traspirazione e l'ombreggiamento operati dalla vegetazione). Si ricorda che le ondate di calore riguardano in particolare la stagione estiva.

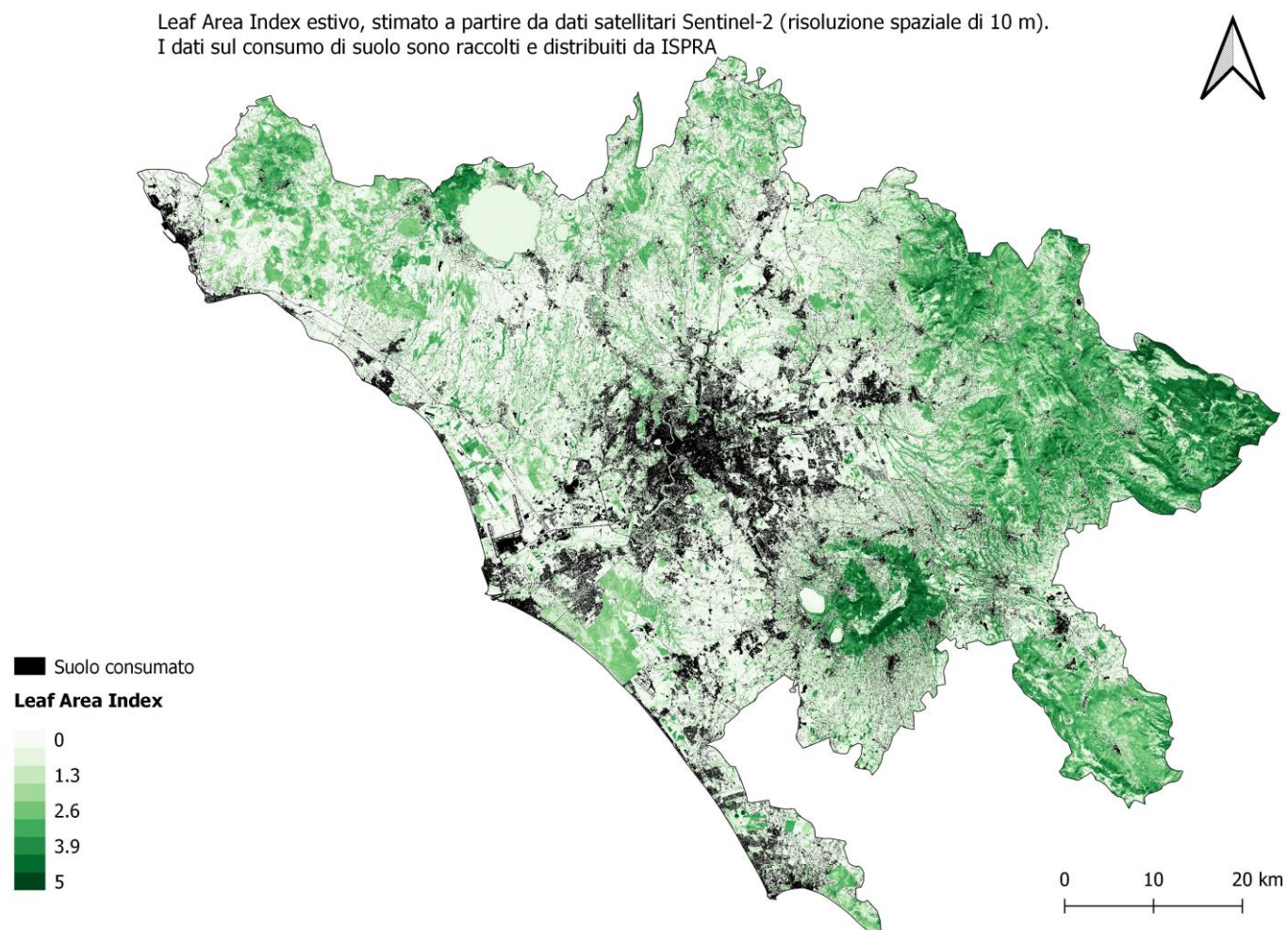
Occorre comunque sottolineare che le specie sempreverdi, nei processi di rimozione degli inquinanti atmosferici, risultano più efficaci per la presenza delle foglie anche nella stagione invernale, con particolare riguardo al particolato atmosferico ( $\text{PM}_{10}$ ), generalmente caratterizzata da concentrazioni più elevate di tale inquinante.

È noto, infatti, come la rimozione di particolato atmosferico sia correlata ai valori di Leaf Area Index (LAI) della vegetazione presente nel sito di interesse. (SE: La forestazione urbana e periurbana esercita un'azione di rimozione degli inquinanti atmosferici (adsorbimento di  $\text{PM}_{10}$ , assorbimento di  $\text{O}_3$ ) tramite le foglie, migliorando la qualità dell'aria con effetti benefici sulla salute del cittadino).

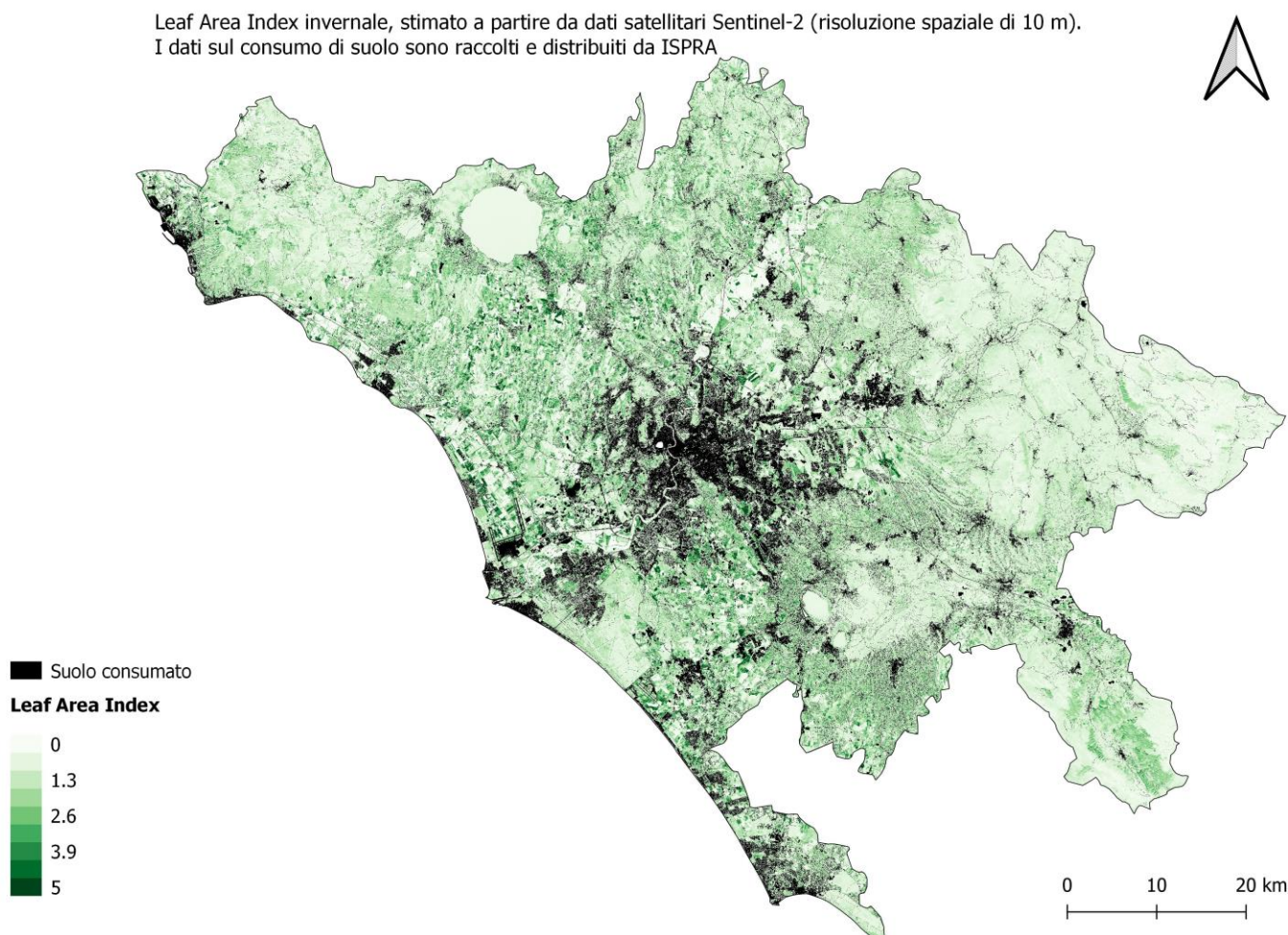
Il LAI è importante perché, essendo direttamente correlato con i tassi fotosintetici e di traspirazione della vegetazione, governa gli scambi di energia e materia tra la litosfera, l'atmosfera e il biota, influenzando i flussi di carbonio, di ossigeno e di acqua. Costituisce quindi un indicatore fondamentale del bilancio idrico del sito e del tasso di sequestro dell'anidride carbonica dall'atmosfera.

Le Fig. 1 e 2 presentano le mappe relative alle stime di LAI ottenute mediante elaborazione di dati da satellite (Sentinel-2) per la Città Metropolitana di Roma nella stagione estiva e invernale per l'anno 2020.

**Figura 1** (elaborazione Manes F., Sebastiani A.)



**Figura 2** (elaborazione Manes F., Sebastiani A.)

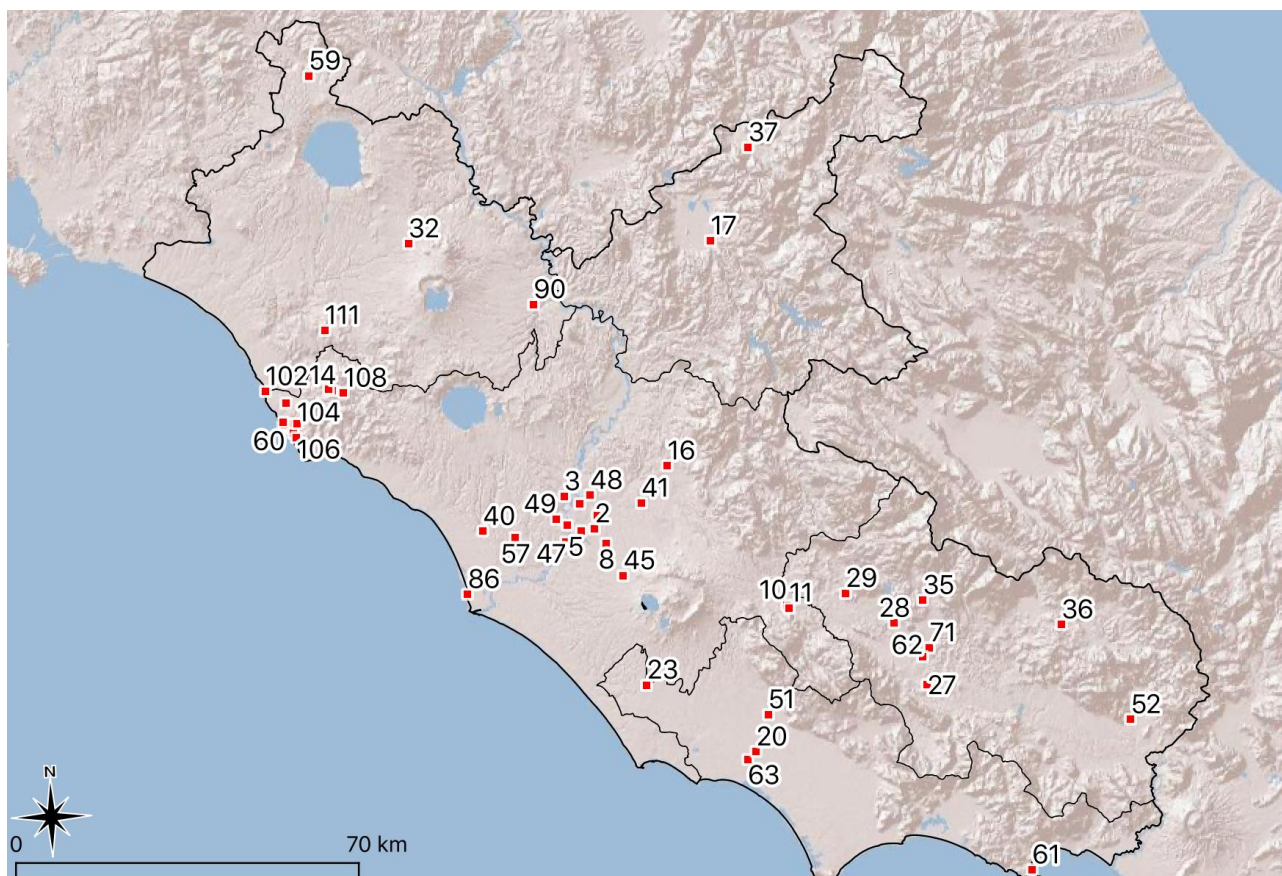


È interessante notare che i valori più elevati di LAI sono riscontrabili nelle aree periurbane, soprattutto durante la stagione estiva in relazione alle fasi fenologiche della vegetazione caducifolia e dove vi è una minor incidenza di consumo di suolo ed un minor impatto antropico. Tali aree, che durante la stagione estiva mostrano un LAI anche superiore a 5, sono in molti casi soggette ad importanti vincoli di tutela, includendo Parchi Regionali (Parco Regionale dei Castelli Romani, Parco Regionale dei Monti Simbruini, Riserva Statale del Litorale Romano) e aree facenti parte della Rete Natura2000.

Questo approccio metodologico, che si avvale di dati telerilevati con una buona risoluzione a terra (pixel di 10 metri) potrà consentire, nel corso degli anni, di condurre un'analisi di monitoraggio e di rappresentare cartograficamente la potenziale evoluzione della copertura vegetazionale.

In merito all'inquinamento atmosferico si riporta nella seguente Figura 3 la localizzazione delle centraline ARPA di monitoraggio attive presso la Regione Lazio per la rilevazione della concentrazione del Particolato.





**Figura 3** (dati ARPA, Lazio 2019)

Si riportano di seguito alcune indicazioni progettuali e le stime conservative di assorbimento di diossido di carbonio (CO<sub>2</sub>) e di adsorbimento a regime di Particolato atmosferico (PM<sub>10</sub>) delle 6 Aree selezionate per il Progetto, in base alla estensione superficiale delle Aree e in base alle percentuali delle differenti specie arboree caducifoglie e sempreverdi proposte nei Progetti.  
 (80 euro, valore attuale di 1 tonnellata di diossido di carbonio assorbito dalla vegetazione).  
 (107.384 euro, valore delle esternalità negative per 1 tonnellata di PM<sub>10</sub> rimossa, EEA 2021).

### **Progetto “Litorale Romano Centro Settentrionale” (LRN)**

#### **LRN\_1**

I SE di regolazione che si suggerisce di valorizzare in tale Area, visto il livello di urbanizzazione circostante, riguardano la mitigazione dell’Isola di Calore Urbana attraverso la traspirazione e l’ombreggiamento operati dalla vegetazione e la rimozione degli inquinanti atmosferici (adsorbimento di PM<sub>10</sub>, assorbimento di O<sub>3</sub>). In base alle indicazioni degli Esperti botanici si suggerisce tra le specie arbustive di privilegiare le specie *Pistacia lentiscus*, *Rhamnus alaternus* subsp. *alaternus*, *Phillyrea latifolia*.

#### **Stime di assorbimento di CO<sub>2</sub> nei primi 5 anni:**

- Specie caducifoglie	44 t/ha,	valore monetario stimato pari a	3.570 Euro
- Specie sempreverdi	22 t/ha,	valore monetario stimato pari a	1.775 Euro
		valore monetario totale a 5 anni	5.345 Euro

**Stime di assorbimento di CO<sub>2</sub> nei primi 20 anni:**

- Specie caducifoglie	247 t/ha,	valore monetario stimato pari a	19.790 Euro
- Specie sempreverdi	124 t/ha,	valore monetario stimato pari a	9.888 Euro
		valore monetario totale a 20 anni	29.678 Euro

**Stima di adsorbimento medio annuo di PM<sub>10</sub>:**

- Rimozione di 0,03 t/anno	valore monetario stimato/anno pari a	2.775 Euro
----------------------------	--------------------------------------	------------

**LRN\_2**

Anche per questa Area i SE di regolazione che si suggerisce di valorizzare riguardano la mitigazione dell'Isola di Calore Urbana e la rimozione degli inquinanti atmosferici. Sarebbe auspicabile privilegiare le specie sempreverdi anche in funzione delle locali condizioni morfologiche e pedologiche, tra cui *Q. ilex* subsp. *ilex*, *Phillyrea latifolia*, *Pistacia lentiscus*, *Rhamnus alaternus* subsp. *alaternus*.

**Stime di assorbimento di CO<sub>2</sub> nei primi 5 anni:**

- Specie caducifoglie	53 t/ha,	valore monetario stimato pari a	8.560 Euro
- Specie sempreverdi	47 t/ha,	valore monetario stimato pari a	3.820 Euro
		valore monetario totale a 5 anni	12.380 Euro

**Stime di assorbimento di CO<sub>2</sub> nei primi 20 anni:**

- Specie caducifoglie	289 t/ha,	valore monetario stimato pari a	47.445 Euro
- Specie sempreverdi	264 t/ha,	valore monetario stimato pari a	21.250 Euro
		valore monetario totale a 20 anni	68.695 Euro

**Stima di adsorbimento medio annuo di PM<sub>10</sub>:**

- Rimozione di 0,06 t/anno	valore monetario stimato/anno pari a	6.425 Euro
----------------------------	--------------------------------------	------------

**LRN\_3**

Si suggerisce di potenziare la multifunzionalità di fornitura dei SE per tale Area che si presenta in territori urbanizzati con ambiti sia prossimi al fiume Tevere e sia distali. Si recepiscono le indicazioni di scelta delle specie proposte dagli Esperti Botanici. La superficie estesa dell'area sottoposta a forestazione garantirà inoltre, tramite la fotosintesi, sostenute quantità di assorbimento di diossido di carbonio (CO<sub>2</sub>), uno dei principali gas serra.

**Stime di assorbimento di CO<sub>2</sub> nei primi 5 anni:**

- Specie caducifoglie	697 t/ha,	valore monetario stimato pari a	55.760 Euro
- Specie sempreverdi	127 t/ha,	valore monetario stimato pari a	10.160 Euro
		valore monetario totale a 5 anni	65.920 Euro

**Stime di assorbimento di CO<sub>2</sub> nei primi 20 anni:**

- Specie caducifoglie	3.482 t/ha,	valore monetario stimato pari a	309.834 Euro
- Specie sempreverdi	706 t/ha,	valore monetario stimato pari a	56.530 Euro
		valore monetario totale a 20 anni	366.364 Euro

**Stima di adsorbimento medio annuo di PM<sub>10</sub>:**

- Rimozione di 0,31 t/anno	valore monetario stimato/anno pari a	33.289 Euro
----------------------------	--------------------------------------	-------------

#### **LRN\_4**

Per tale Area si suggerisce di valorizzare quanto più possibile la VNP e la relativa multifunzionalità di fornitura di SE.

##### **Stime di assorbimento di CO<sub>2</sub> nei primi 5 anni:**

- Specie caducifoglie	243 t/ha,	valore monetario stimato pari a	19.440 Euro
- Specie sempreverdi	53 t/ha,	valore monetario stimato pari a	4.240 Euro
		valore monetario totale a 5 anni	23.680 Euro

##### **Stime di assorbimento di CO<sub>2</sub> nei primi 20 anni:**

- Specie caducifoglie	1.346 t/ha,	valore monetario stimato pari a	107.680 Euro
- Specie sempreverdi	292 t/ha,	valore monetario stimato pari a	23.360 Euro
		valore monetario totale a 20 anni	131.040 Euro

##### **Stima di adsorbimento medio annuo di PM<sub>10</sub>:**

- Rimozione di 0,1 t/anno	valore monetario stimato/anno pari a	11.829 Euro
---------------------------	--------------------------------------	-------------

#### **LRN\_5**

Anche per tale Area si suggerisce di valorizzare quanto più possibile la VNP e la relativa multifunzionalità di fornitura di SE.

##### **Stime di assorbimento di CO<sub>2</sub> nei primi 5 anni:**

- Specie caducifoglie	627 t/ha,	valore monetario stimato pari a	50.160 Euro
- Specie sempreverdi	29 t/ha,	valore monetario stimato pari a	2.397 Euro
		valore monetario totale a 5 anni	52.557 Euro

##### **Stime di assorbimento di CO<sub>2</sub> nei primi 20 anni:**

- Specie caducifoglie	3.477 t/ha,	valore monetario stimato pari a	278.130 Euro
- Specie sempreverdi	215 t/ha,	valore monetario stimato pari a	17.236 Euro
		valore monetario totale a 20 anni	295.366 Euro

##### **Stima di adsorbimento medio annuo di PM<sub>10</sub>:**

- Rimozione di 0,05 t/anno	valore monetario stimato/anno pari a	5.980 Euro
----------------------------	--------------------------------------	------------

#### **LRN\_6**

L'estensione superficiale dell'Area sottoposta a forestazione garantisce, tramite la fotosintesi, quantità significative di assorbimento di diossido di carbonio (CO<sub>2</sub>).

Per tale Area si suggerisce di valorizzare la VNP e la relativa multifunzionalità di fornitura di SE, contribuendo ad incrementare quanto più possibile la Biodiversità vegetale e animale del territorio.

##### **Stime di assorbimento di CO<sub>2</sub> nei primi 5 anni:**

- Specie caducifoglie	155 t/ha,	valore monetario stimato pari a	12.400 Euro
- Specie sempreverdi	30 t/ha,	valore monetario stimato pari a	2.400 Euro
		valore monetario totale a 5 anni	14.800 Euro

##### **Stime di assorbimento di CO<sub>2</sub> nei primi 20 anni:**



- Specie caducifoglie	862 t/ha,	valore monetario stimato pari a	68.960 Euro
- Specie sempreverdi	167 t/ha,	valore monetario stimato pari a	13.360 Euro
		valore monetario totale a 20 anni	82.320 Euro

#### **Stima di adsorbimento medio annuo di PM<sub>10</sub>:**

- Rimozione di 0,07 t/anno                      valore monetario stimato/anno pari a    7.393 Euro

#### **Di seguito una sintesi della stima dei benefici monetari relativi ad alcuni Servizi Ecosistemici forniti da questo Progetto:**

Numero di Aree (LRN) ed ettari interessati dal Piano di Forestazione: 6 Aree; 46,6 ha.

Stima del valore monetario del sequestro potenziale di diossido di carbonio atmosferico (CO<sub>2</sub>) totale, a 5 anni e di quello medio per ettaro nei primi 5 anni: Euro 174.682; Euro 3.748/ha/primi 5 anni

Stima del valore monetario del sequestro potenziale di diossido di carbonio atmosferico (CO<sub>2</sub>) totale, a 20 anni e di quello medio annuo per ettaro: Euro 973.463; Euro 1.044/ha/anno

Stima del valore monetario relativo alla rimozione potenziale di Particolato atmosferico (PM<sub>10</sub>) a 5 anni dall'intervento di forestazione: Euro 338.455.

**Professor Franco Manes**

#### **Bibliografia essenziale**

Millennium Ecosystem Assessment: <https://www.millenniumassessment.org/en/index.html>

Haines-Young, R., Potschin, M., 2018. Common International Classification of Ecosystem Services (CICES) V5.1. Guidance on the Application of the Revised Structure. <https://cices.eu/content/uploads/sites/8/2018/01/Guidance-V51-01012018.pdf>.

European Environment Agency, 2021. Eionet Report. ETC/ATNI 2020/4. Costs of air pollution from European industrial facilities 2008–2017

Manes, F., Incerti, G., Salvatori, E., Vitale, M., Ricotta, C., Costanza, R., 2012. Urban ecosystem services: tree diversity and stability of tropospheric ozone removal. Ecological Applications, 22(1), 349-360.

Manes, F., Marando, F., Capotorti, G., Blasi, C., Salvatori, E., Fusaro, L., Ciancarella, L., Mircea, M., Marchetti, M., Chirici, G., Munafò, M., 2016. Regulating Ecosystem Services of forests in ten Italian Metropolitan Cities: Air quality improvement by PM<sub>10</sub> and O<sub>3</sub> removal. Ecological Indicators 67, 425–440.

Marando, F., Salvatori, E., Fusaro, L., Manes, F., 2016. Removal of PM<sub>10</sub> by forests as a nature-based solution for air quality improvement in the Metropolitan city of Rome. *Forests*, 7(7), 150.

Marando, F., Salvatori, E., Sebastiani, A., Fusaro, L., Manes, F., 2019. Regulating Ecosystem Services and Green Infrastructure: assessment of Urban Heat Island effect mitigation in the municipality of Rome, Italy. *Ecological Modelling*, 392, 92-102.

Magnani F., Raddi S., 2021. Afforestazione e fissazione della CO<sub>2</sub> atmosferica: qualche cifra indicative dalla ricerca scientifica. *Forest@*, 18, 60-63.

Sebastiani, A., Marando, F., & Manes, F. (2021). Mismatch of regulating ecosystem services for sustainable urban planning: PM10 removal and urban heat island effect mitigation in the municipality of Rome (Italy). *Urban Forestry & Urban Greening*, 57, 126938.

Orioli, R., Antonucci, C., Scortichini, M., Cerza, F., Marando, F., Ancona, C., Manes, F., Davoli, M., Michelozzi, P., Forastiere, F., Cesaroni, G., 2019. Exposure to Residential Greenness as a Predictor of Cause-Specific Mortality and Stroke Incidence in the Rome Longitudinal Study. *Environmental health perspectives*, 127(2), 027002.

Anderle, A., & APAT. (2002). Assorbimento e fissazione di carbonio nelle foreste e nei prodotti legnosi in Italia. Roma: APAT.

Akbari, H. (2002). Shade trees reduce building energy use and CO<sub>2</sub> emissions from power plants. *Environmental pollution*, 116, S119-S126.

Barbati A., Ferrari B. , Alivernini A., Quatrini A., Merlini P., Puletti N., Corona P., 2014 – Sistemi forestali e sequestro del carbonio in Italia. *L'Italia Forestale e Montana*, 69 (4): 205-212.  
<http://dx.doi.org/10.4129/ifm.2014.4.01>

Baraldi, Ricerca effettuata dall'istituto di Biometeorologia (IBIMET) del CNR di Bologna (<http://www.bo.ibimet.cnr.it/repository/forestazione-urbana-schede>)

Chaparro, L., & Terradas, J. (2009). Ecological services of urban forest in Barcelona. Institut Municipal de Parcs i Jardins Ajuntament de Barcelona, Àrea de Medi Ambient.

Cotillas, M., Espelta, J. M., Sánchez-Costa, E., & Sabaté, S. (2016). Aboveground and belowground biomass allocation patterns in two Mediterranean oaks with contrasting leaf habit: an insight into carbon stock in young oak coppices. *European journal of forest research*, 135(2), 243-252.

Gasparini, P., & Tabacchi, G. (2011). L'Inventario Nazionale delle Foreste e dei serbatoi forestali di Carbonio INFC 2005. Secondo inventario forestale nazionale italiano. Metodi e risultati. Ministero delle Politiche Agricole, Alimentari e Forestali, 653. (Consultabile anche al seguente indirizzo [https://www.sian.it/inventarioforestale/jsp/pools\\_carbonio.jsp?menu=3](https://www.sian.it/inventarioforestale/jsp/pools_carbonio.jsp?menu=3)).

ISPRA. Italian Greenhouse Gas Inventory 1990-2018, 2020. ISBN 978-88-448-0993-5

Minotta G., Sanesi G., Colangelo G., Laforzezza R., 2010 – Inventario forestale nazionale (INFC) e ruolo delle piantagioni forestali. In: Sanesi G., Mairota P. (a cura di), “Foreste e ciclo del carbonio in Italia: come mitigare il cambiamento climatico”. Fondazione Gas Natural, Barcellona, Spagna, p. 132-146.