

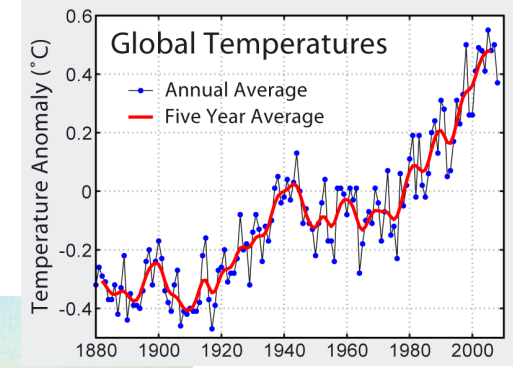
Gli alberi migliorano la qualità dell'aria delle nostre città

Silvano Fares

CNR-Istituto per la BioEconomia



Cambiamenti climatici + smog fotochimico



San Francisco, California, USA



Mexico City, Mexico



Roma...



Sao Paulo, Brazil



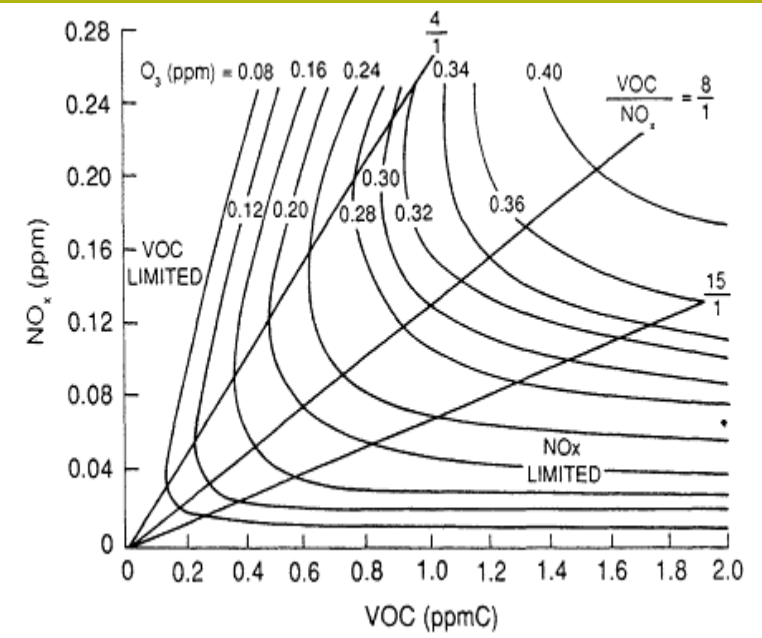
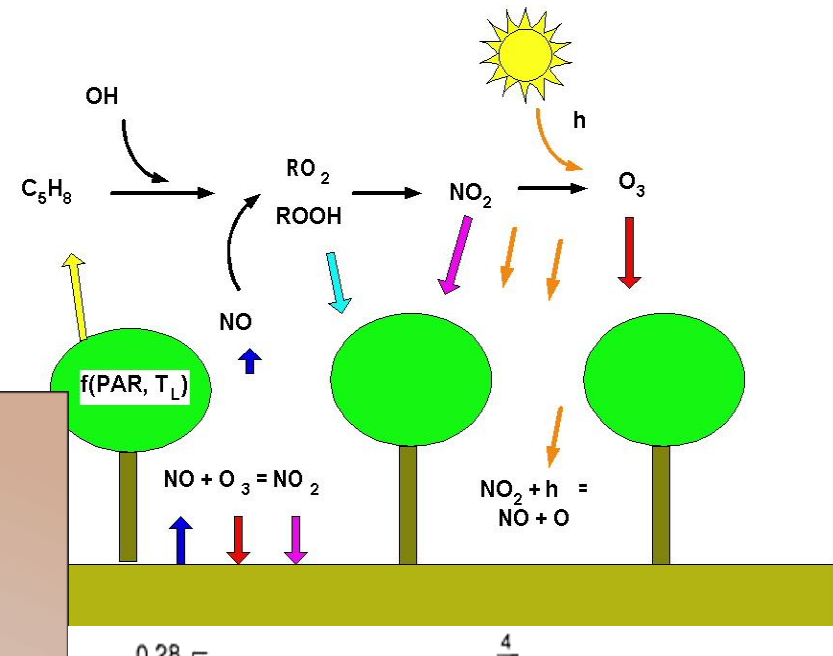
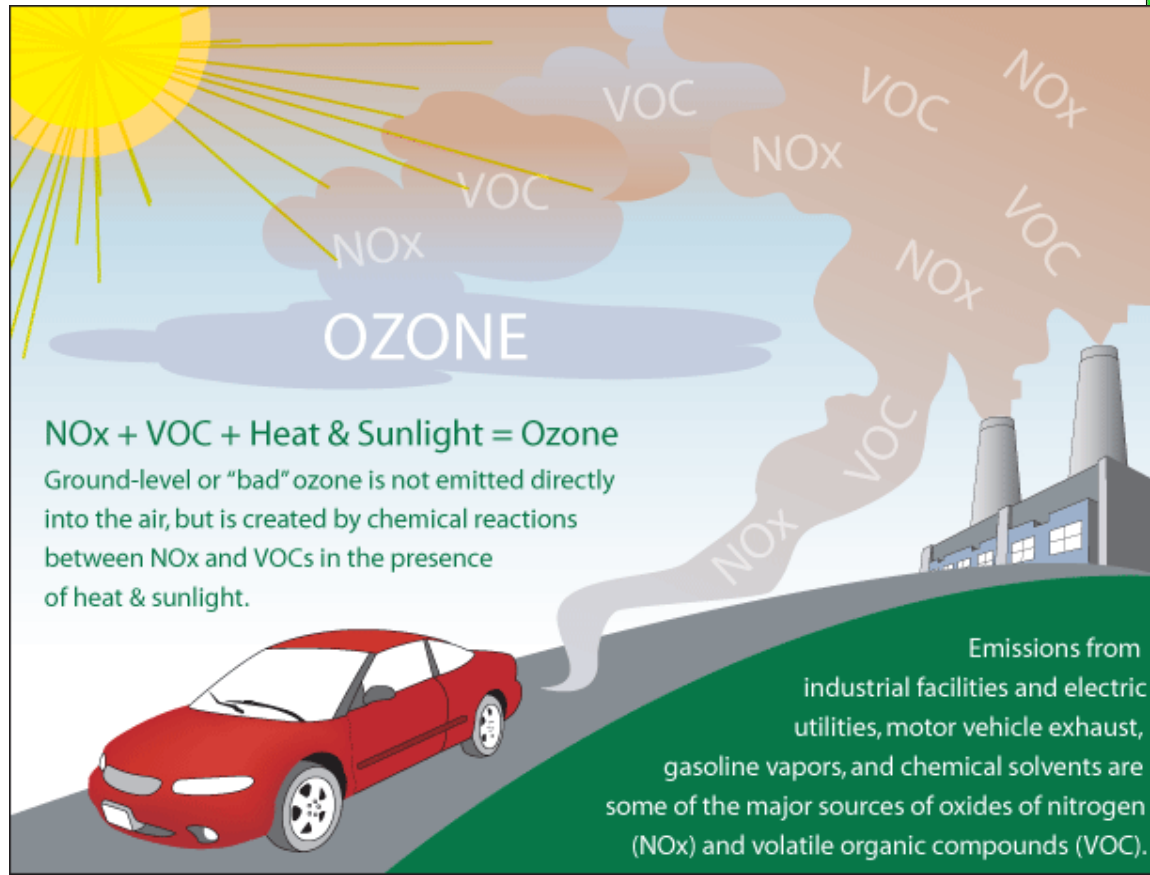
Beijing, China



I prodotti principali dello smog fotochimico sono: ozono (O_3), nitrati di perossiacile (PAN), aldeidi e chetoni, perossido (H_2O_2) e particelle fini ($< 1 \mu m$)

La fotochimica porta alla formazione di ozono

L'ozono si forma a partire da reazioni fotochimiche in cui prendono parte NO_x , VOC e radicali OH

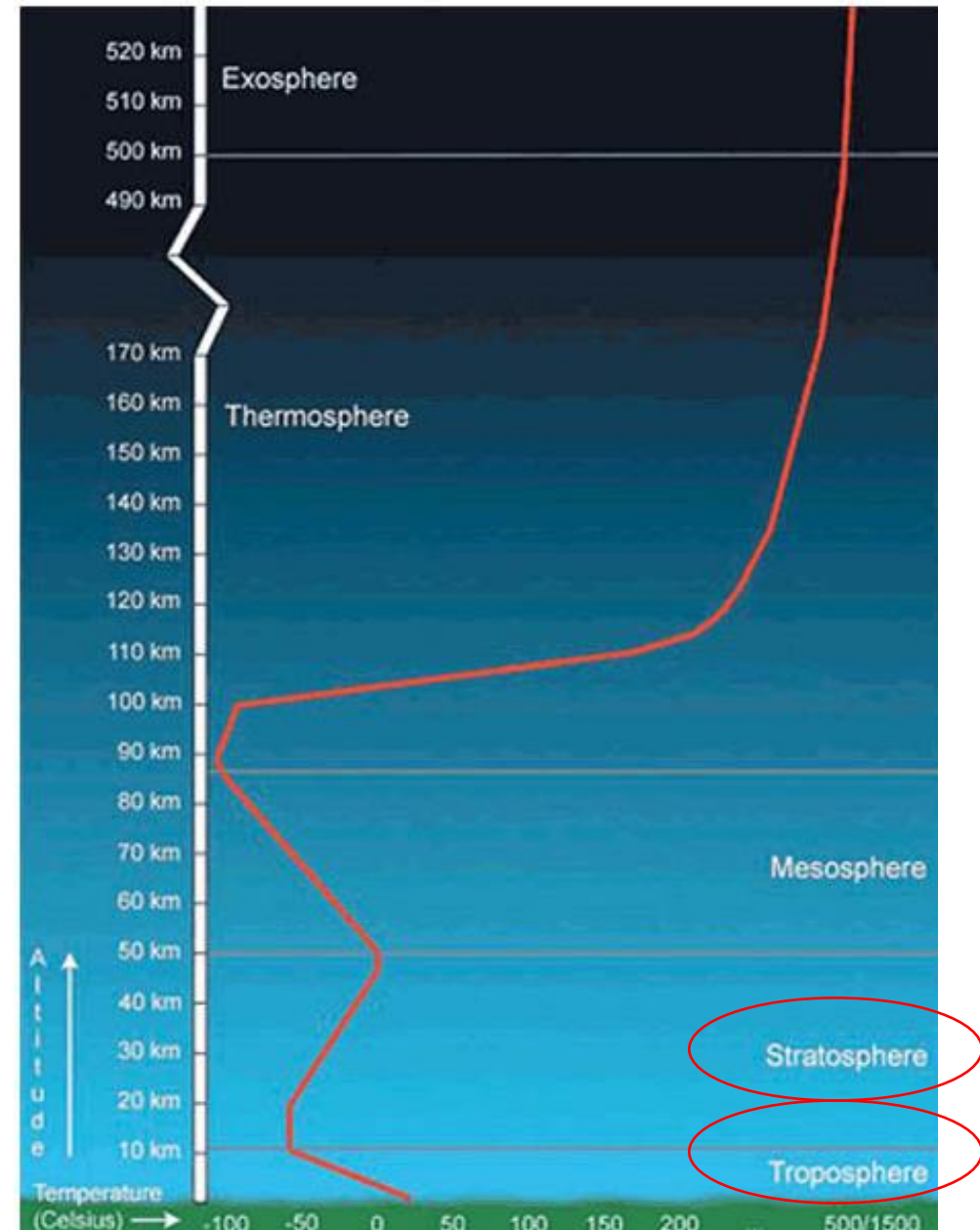
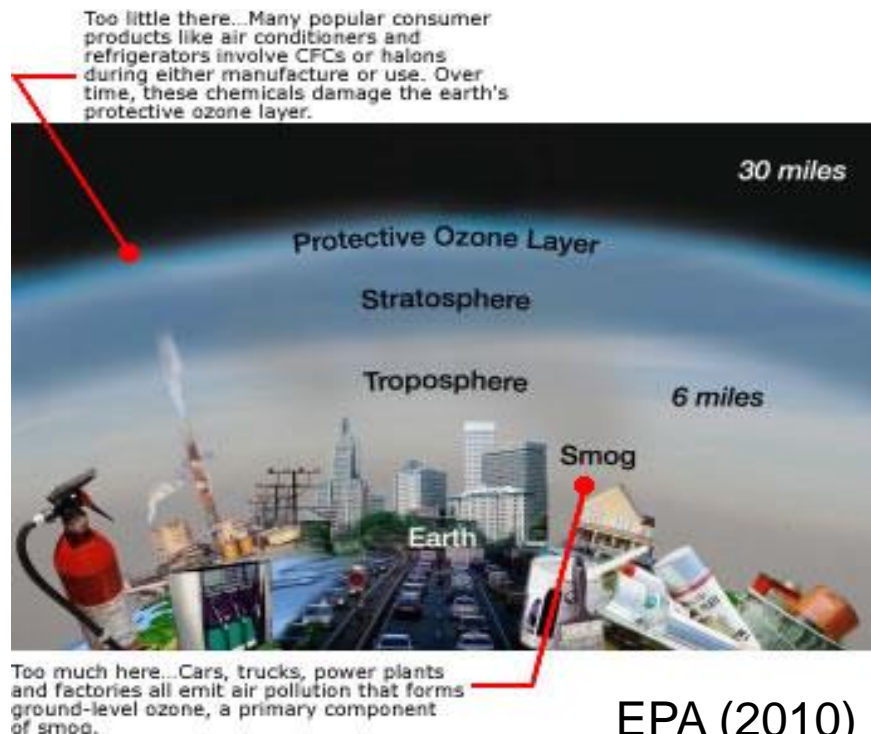


Ozono in bassa troposfera: una crescente minaccia per le piante

L'ozono della stratosfera protegge la vita sulla terra dai dannosi raggi ultravioletti (UV)

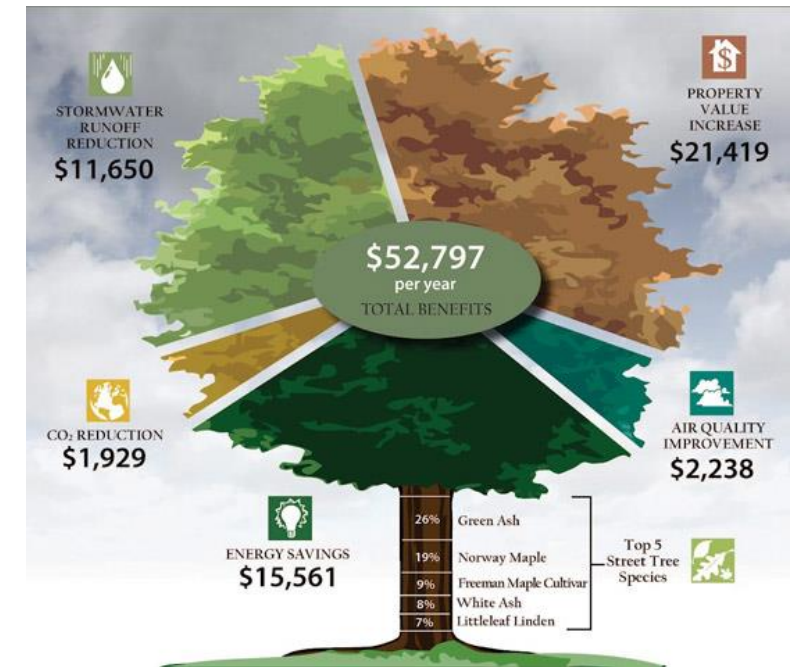
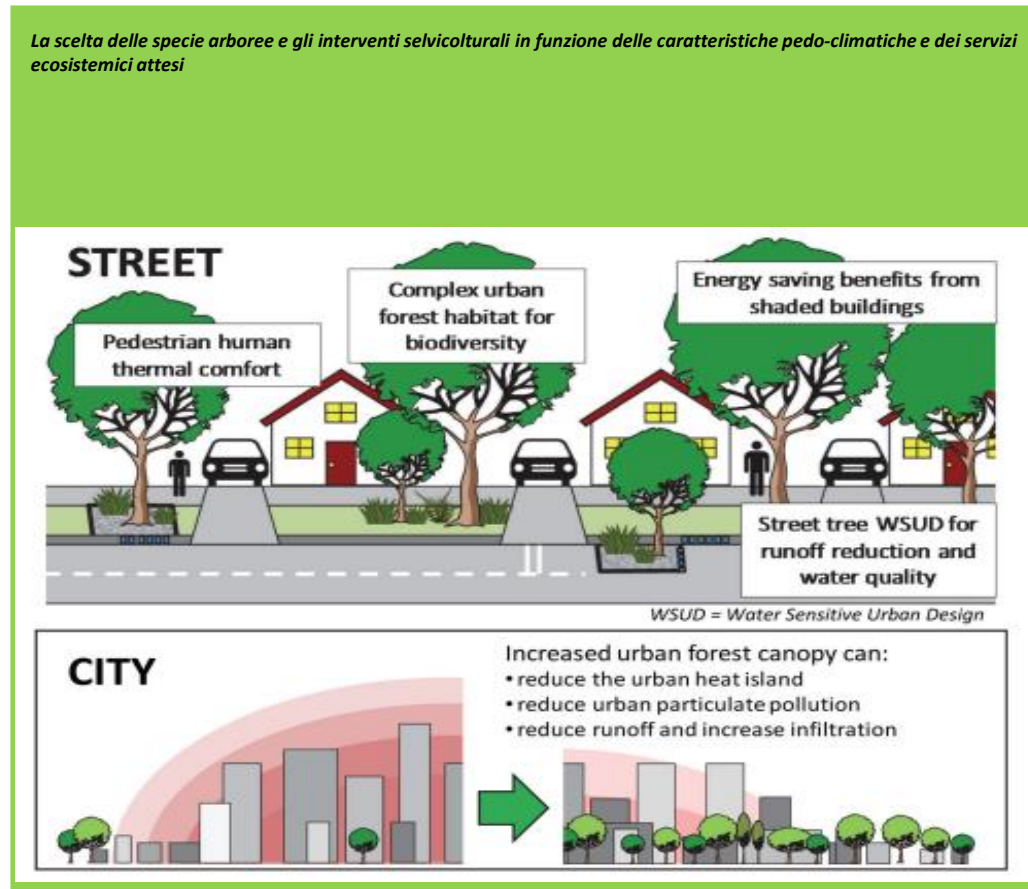
L'ozono nella troposfera e' dannoso!

Ossidante per gli esseri viventi, gas a effetto serra



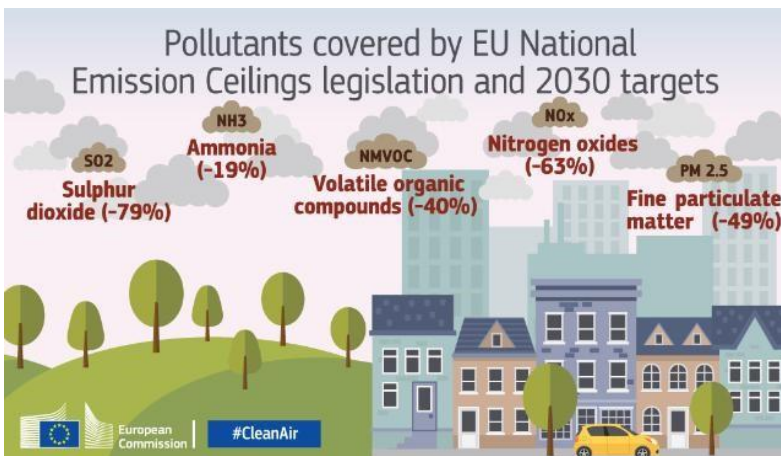
Perchè studiamo i boschi urbani...

- Gli alberi in città contribuiscono a migliorare la qualità della vita



Perchè studiamo i boschi urbani...

- Aumenta l'attenzione da parte delle istituzioni nei confronti del verde urbano
- Nuove politiche per incentivare la messa a dimora di milioni di alberi



Ricercatori, operatori del verde urbano, cittadini, tutti al WFUF!

Greener, healthier and happier cities for all: a Call for Action

World Forum on Urban Forests Mantova 2018

700 partecipanti da circa 70 paesi, 140 speakers in 20 sessioni parallele



Comitato per lo sviluppo del verde pubblico
Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare

VI EDIZIONE STATI GENERALI DEL VERDE URBANO

23 novembre 2020

Intervento Introduttivo del Ministro dell'Ambiente Sergio Costa

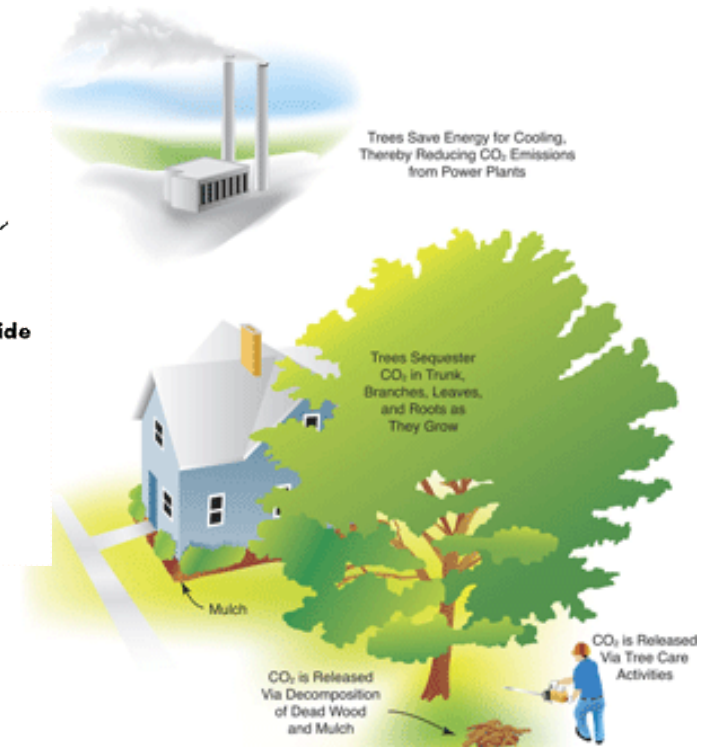
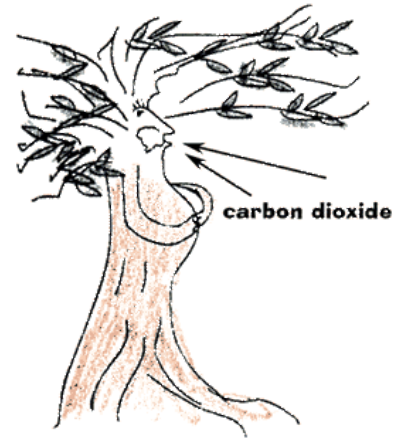
Elogio della foresta e dell'albero in città
Dialogo tra **Massimiliano Atelli** e **Giovanni Maria Flick**

I SESSIONE ore 9.00 - 11.15
FORESTAZIONE URBANA CON I PROVENTI DELLE ASTE DELLA CO₂
(<https://www.gazzettaufficiale.it/eli/gu/2020/11/11/281/sp/pdf>)
Link per partecipare: <https://www.facebook.com/ISPRaAmbiente>

Coordina i lavori:
Massimiliano Atelli, Presidente del Comitato per lo sviluppo del verde pubblico, Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare

Intervengono:
Massimiliano Atelli - Presidente del Comitato per lo sviluppo del verde Pubblico, Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare
Stefano Laporta - Presidente Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca

Il verde urbano ha implicazioni positive sui cicli geochimici di acqua e carbonio

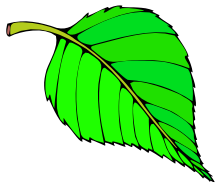
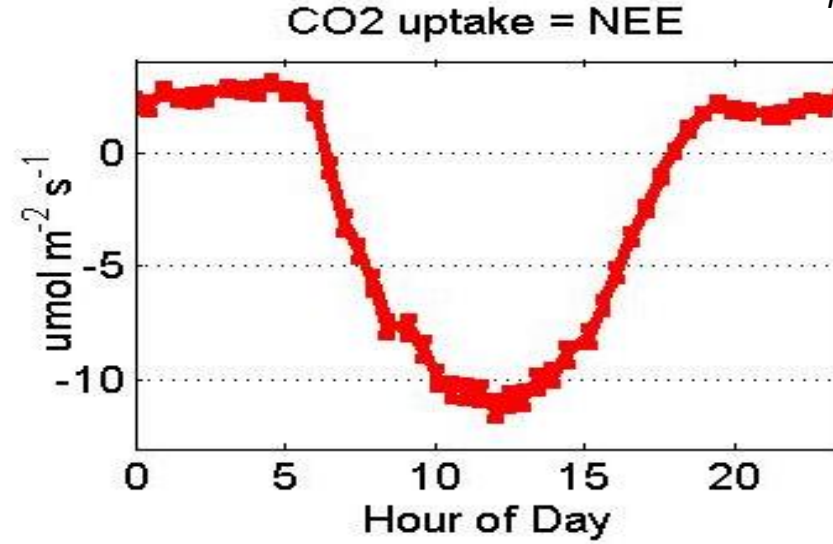
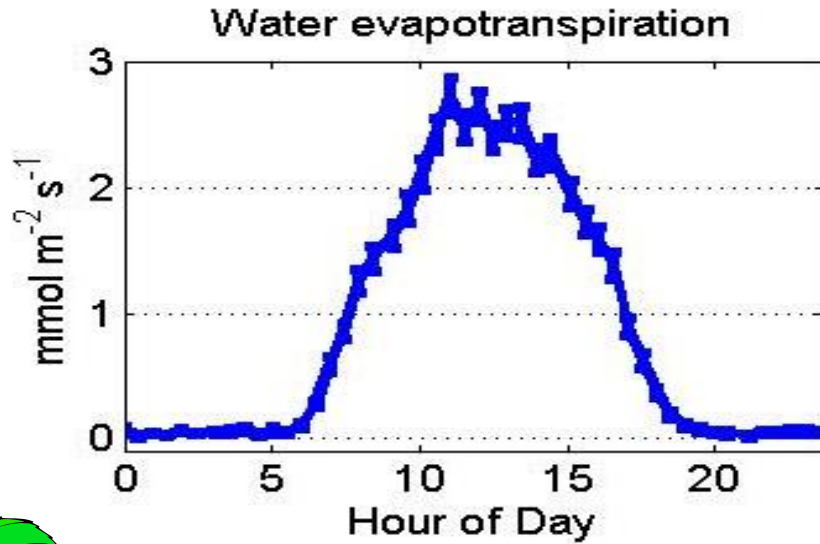


E' stato stimato che **100 alberi** maturi ogni anno:

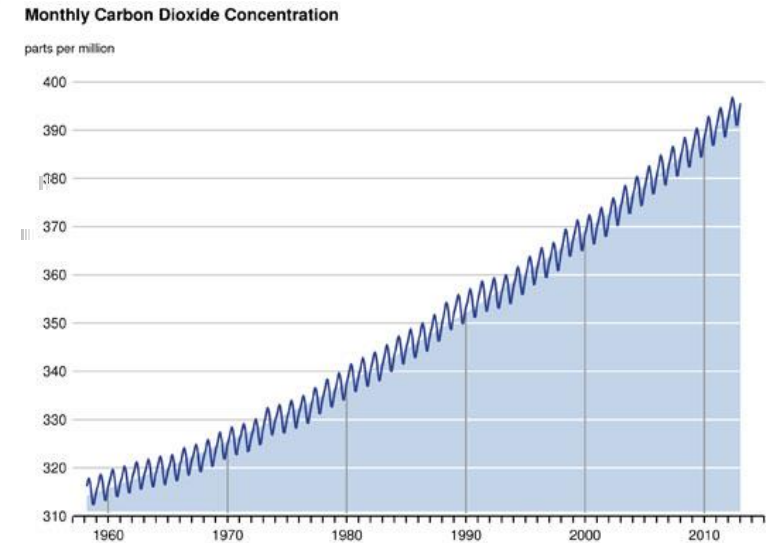
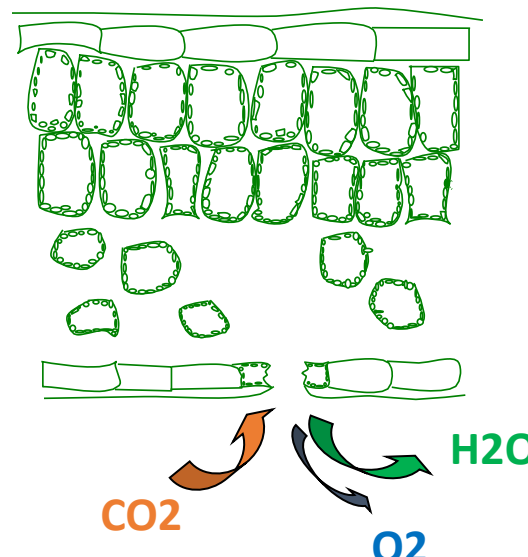
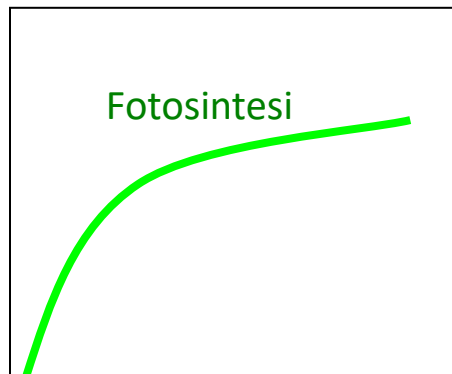
- intercettano circa 284,000 litri di acqua piovana, ciò rappresenta un notevole aiuto nel controllo di eventi meteorici estremi
- rimuovono 14 tonnellate di CO2 attraverso il sequestro nei tessuti legnosi, e grazie alla capacità di ridurre i consumi per la climatizzazione degli edifici

L'andamento giornaliero nell'assimilazione di carbonio

Fares et al. Global Change Biol. 2013



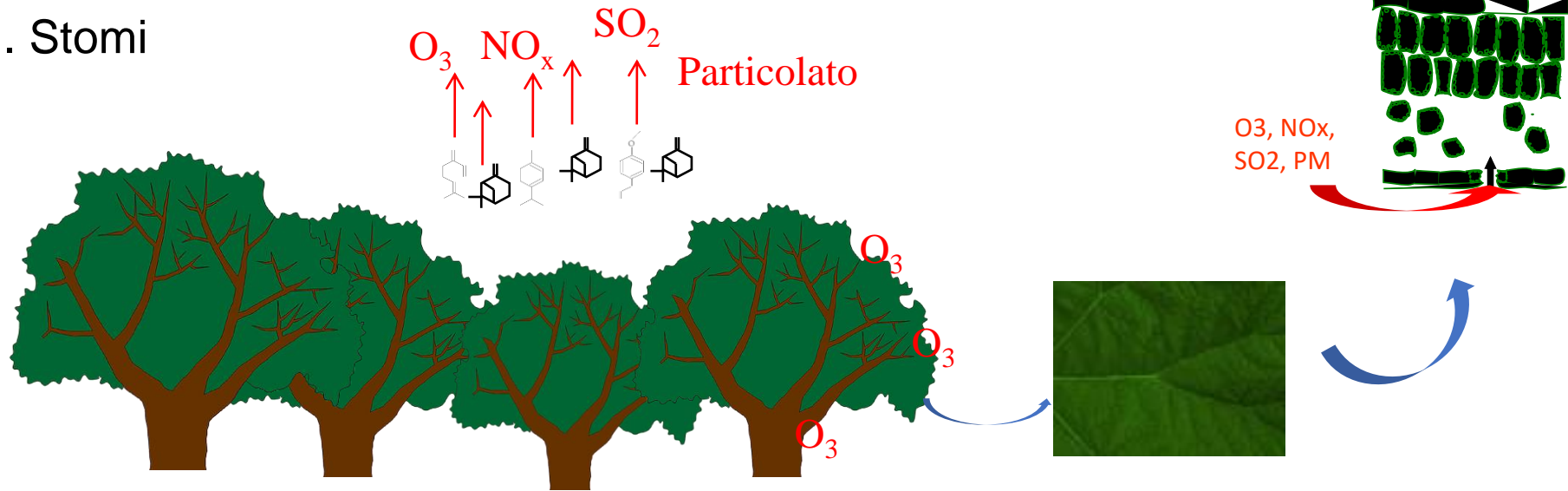
Il processo fotosintetico si svolge all'interno dei **cloroplasti** contenenti clorofilla, che cattura la luce in un complesso aggregato detto fotosistema



Gli alberi riducono l'inquinamento dell'aria

Vie di rimozione degli inquinanti :

1. Stomi



Molti alberi sono in grado di assorbire l'ozono; alberi come Acero, Betulla, Quercia possono assorbire ogni ora fino a 0.2-0.6 mg di ozono per dm² di area fogliare

2. Deposizione sulle cuticole e corteccia

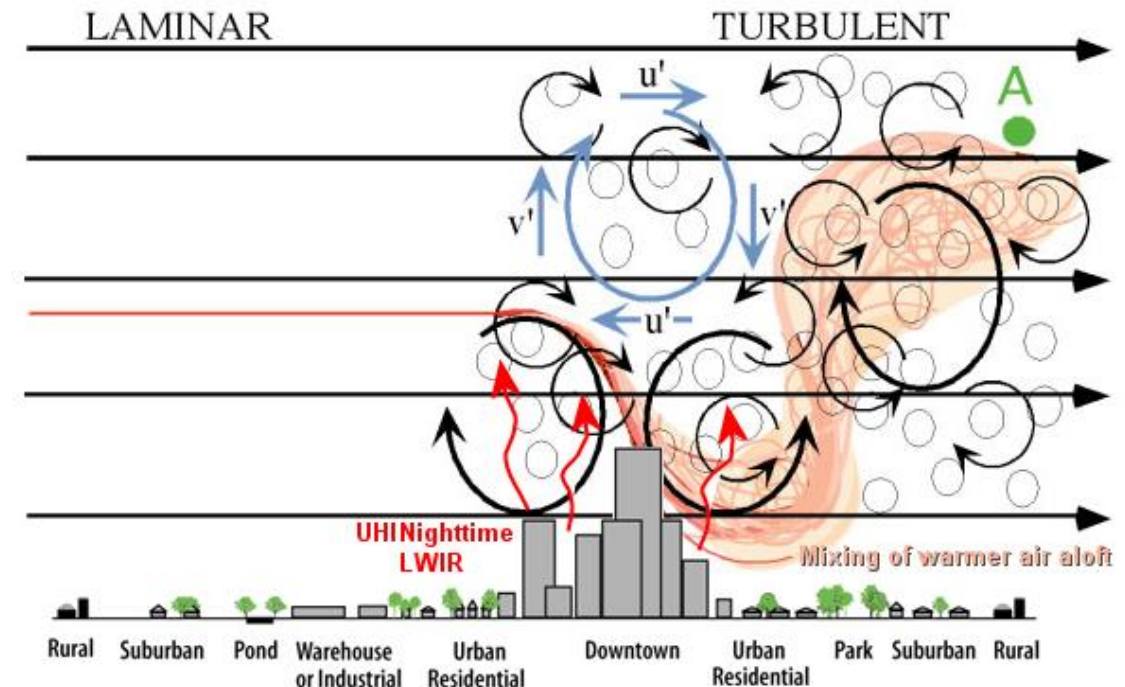
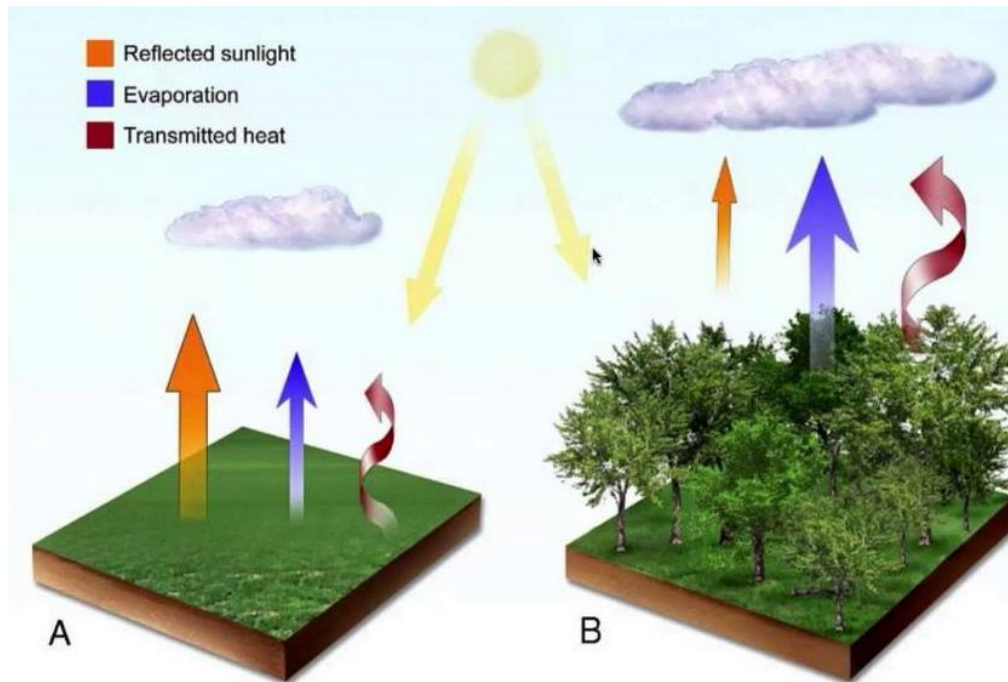
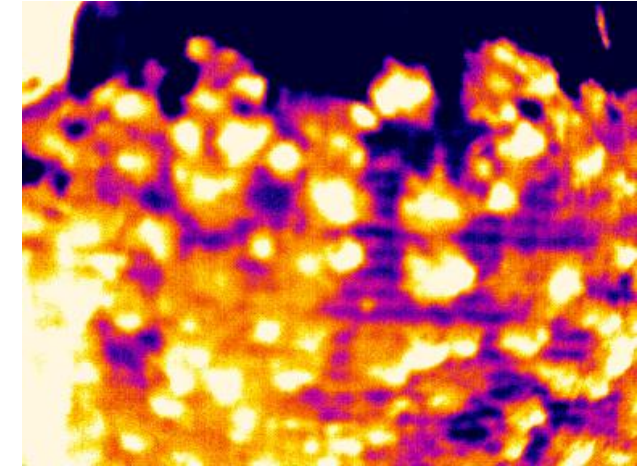
Gli alberi funzionano come filtri per molti composti attraverso deposizione umide e secche

3. Rimozione in fase gassosa: ruolo dei composti organici volatili

100 alberi in un anno rimuovono 460 kg di inquinanti per anno, in particolare ozono e particolato!

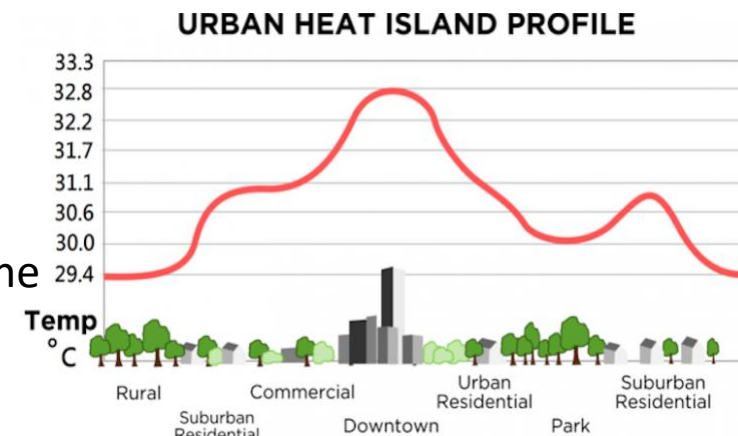
Gli alberi modificano il microclima nelle città

- L'**evapotraspirazione** sottrae calore e può rinfrescare l'aria
- Piante ed edifici contribuiscono ad aumentare turbolenza atmosferica che aiuta a dissipare energia (**e a disperdere inquinanti**)
- L'ombreggiamento fa risparmiare fino al 32% sui costi di climatizzazione
- La riduzione della velocità del vento limita l'infiltrazione di aria fredda negli edifici durante l'inverno

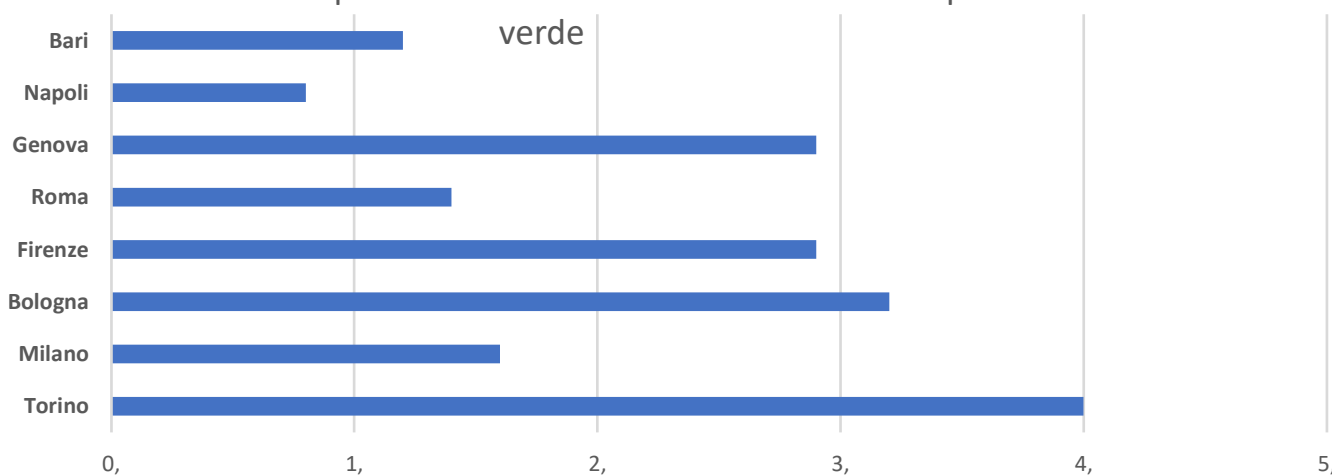


Le foreste urbane riducono l'effetto «isola di calore»

- In Italia le persone che vivono in città sono 42 milioni, circa il 70%.
- Studio con immagini satellitari su 10 città metropolitane: intensificare del 10% la dotazione di aree verdi può portare fino al 4% di abbassamento di temperatura!
- Gli interventi di mitigazione dell'effetto «isola di calore» andrebbero maggiormente orientati verso aree ad elevata densità di consumo di suolo e bassa copertura arborea.

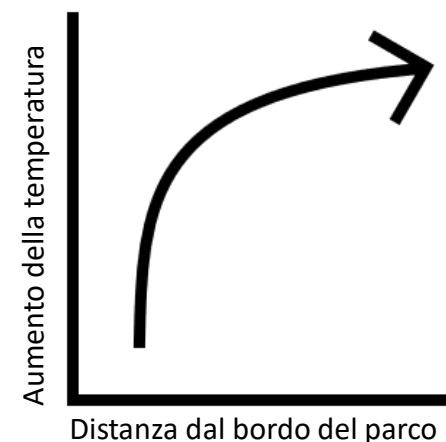


Diminuzione della temperatura superficiale (°C) in aree ad alta densità di consumo di suolo per il 10% di aumento della densità di copertura verde



Fonte: Morabito M, Crisci A, Guerri G, Messeri A, Congedo L, Munafò M (2021). Surface urban heat islands in Italian metropolitan cities: Tree cover and impervious surface influences. *Science of the Total Environment*. 751. - doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.142334

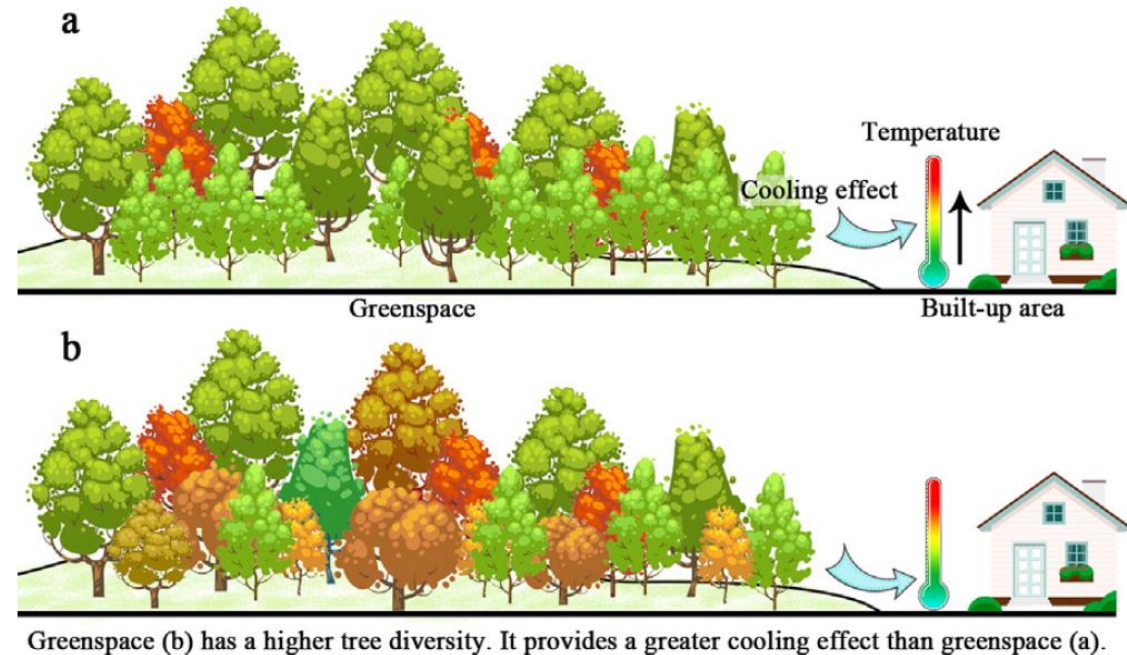
La capacità di raffreddamento esercitata da parchi urbani e filari di alberi è pari a circa 3 °C entro rispettivamente 100 e 30 metri dal bordo



Fonte: 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.

Biodiversità = maggiore capacità di raffreddamento

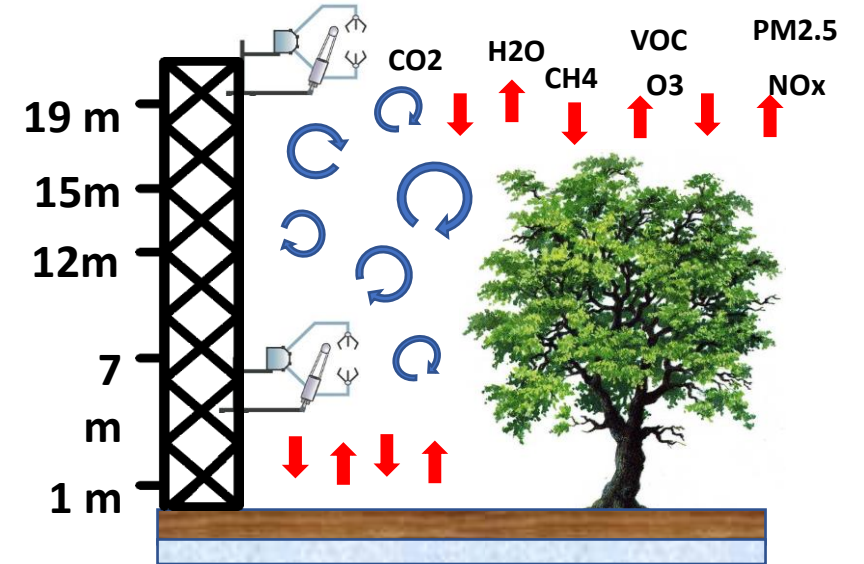
- L'effetto di raffreddamento degli spazi verdi varia stagionalmente
- La diversità degli alberi e la copertura degli alberi sono positivamente correlate con l'ampiezza dell'abbassamento della temperatura
- La profondità della chioma degli alberi è correlata positivamente con il raffreddamento e la densità degli alberi è correlata negativamente.
- L'ottimizzazione della struttura della comunità vegetale migliora l'effetto di raffreddamento degli spazi verdi senza aumentarne le dimensioni.



Wang et al. 2021 STOTEN



Casi di studio per la quantificazione dei servizi ecosistemici

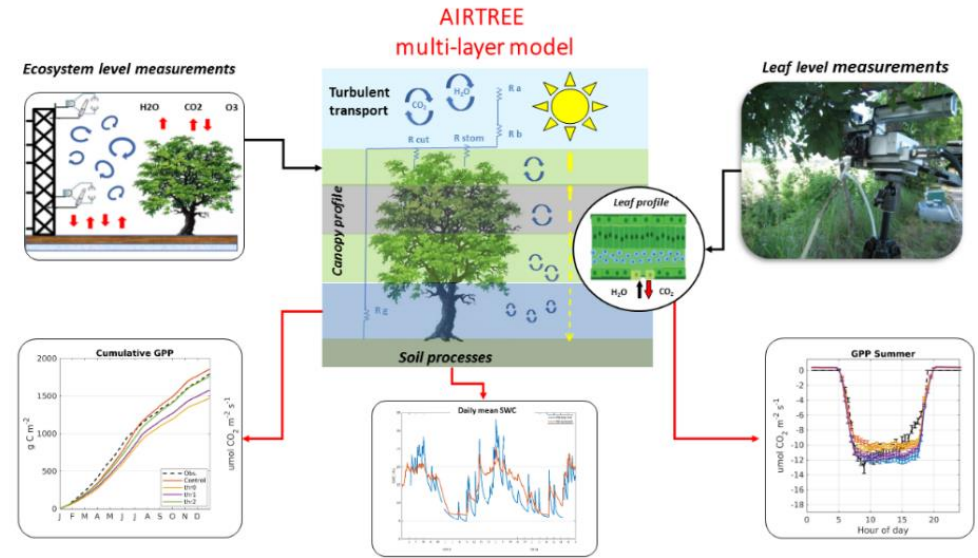


AIRTREE: un modello orientato alla quantificazione dei servizi ecosistemici (CO₂, PM, NO_x, O₃)

Aggregated Interpretation of the Energy balance and water dynamics for Ecosystem services assessment

E' costituito da 4 moduli

- 1) Trasferimento radiativo
 - Temperatura fogliare
 - Radiazione
- 2) Suolo
 - Stato idrologico
- 3) Deposizione
 - Deposizione di PM e O₃
- 4) Fotosintesi
 - **Modello A-gs BWB**



Science of the Total Environment 682 (2019) 494-504



Contents lists available at ScienceDirect

Science of the Total Environment

journal homepage: www.elsevier.com/locate/scitotenv



Ozone and particle fluxes in a Mediterranean forest predicted by the AIRTREE model

Silvano Fares ^{a,*}, Alessandro Alivernini ^a, Adriano Conte ^a, Federico Maggi ^b

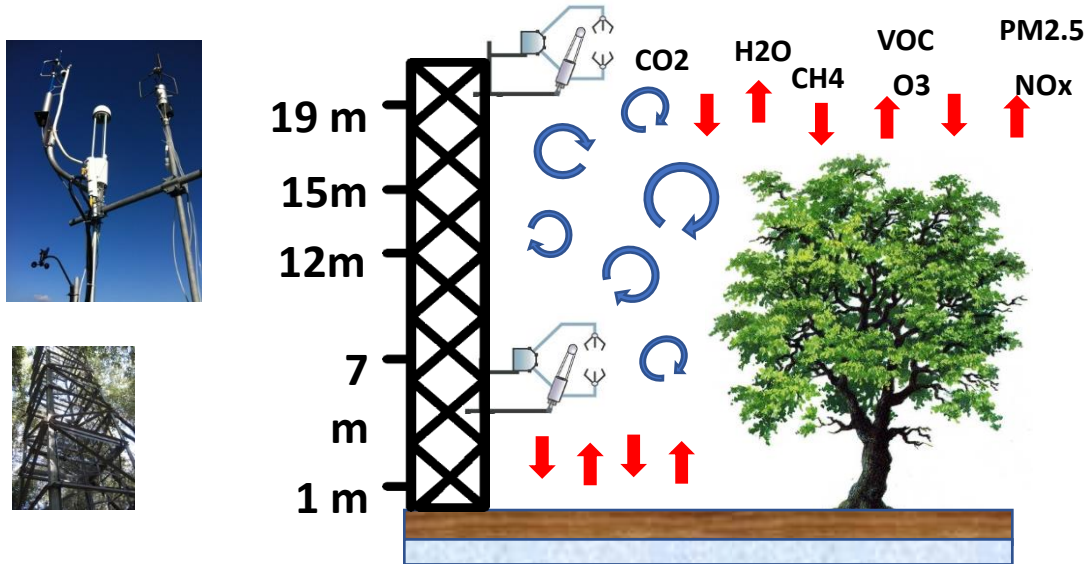


- Chioma divisa in 5 layer

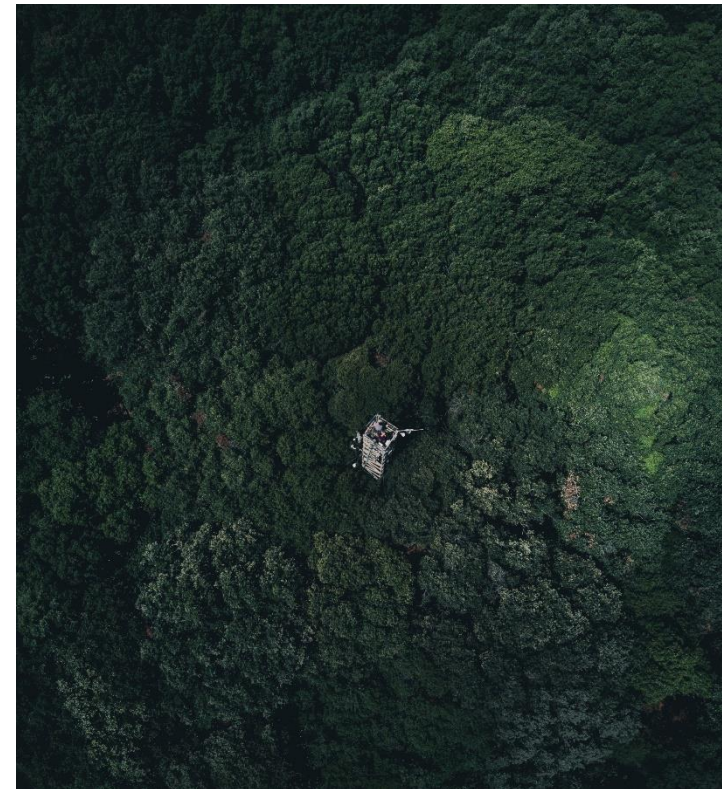
- Le foglie caratterizzate da differenti **classi angolari** e dalla presenza sia di foglie di **luce** che di foglie **d'ombra**.

- Fotosintesi ed traspirazione a livello di chioma sono calcolati integrando ciascuno strato in funzione del rapporto tra foglie di luce e d'ombra presenti.

Validazione del modello: Il sistema di misura dei flussi di CO₂, H₂O, ozono, PM a Castelporziano



Con l'Eddy Covariance, il flusso verticale della lecceta viene misurato dalla **covarianza** tra la componente verticale della velocità del vento e la concentrazione del gas in esame



- A partire dal 2012 misuriamo la concentrazione dei gas in modo ultrarapido (10 Hz) 365 giorni l'anno. 8 Gbyte di dati salvati settimanalmente nei nostri datalogger.
- Misure di supporto: Precipitazione, PAR, Radiazione netta, Radiazione solare incidente, direzione e intensità del vento, temperatura ed umidità dell'aria e del suolo, flusso di calore nel suolo, bagnatura fogliare.

Le Torri di Castelporziano



Vista della torre in località «Grotta di Piastra»



I dati integrano i flussi generati su di una superficie posta sopravvento al punto di campionamento, di dimensioni che possono arrivare a qualche km², a seconda dell'altezza di campionamento e delle caratteristiche atmosferiche.

Vista della torre in località «Castello»



Vista dalla torre in località «Scoptoncino»

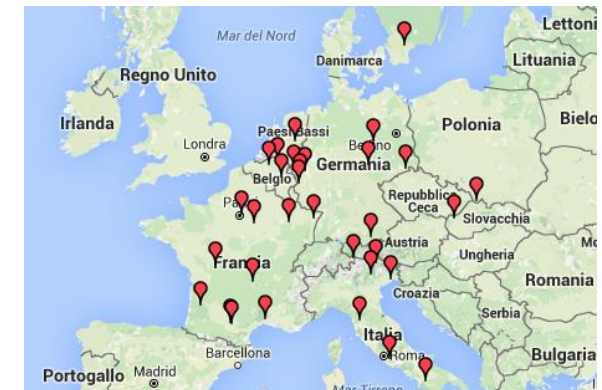


Le reti di monitoraggio europee includono le foreste urbane

ICOS (Integrated Carbon Observation System), una “**European Research Infrastructure** (ESFRI)” per comprendere il bilancio di gas serra delle foreste europee attraverso monitoraggio in continuo

- I siti ICOS rispettano un rigoroso protocollo di misura
- Uso della tecnica Eddy Covariance
- Costi ingenti e necessità di formare ricercatori/tecnici specializzati. Progetti MUR-PON e MUR-Potenziamento infrastrutture in corso
- Commitment di lungo termine da parte dell’istituzione che gestisce il sito
- Recente call progetto europeo «Green deal» orientato sulle foreste urbane

Map of proposed ICOS sites



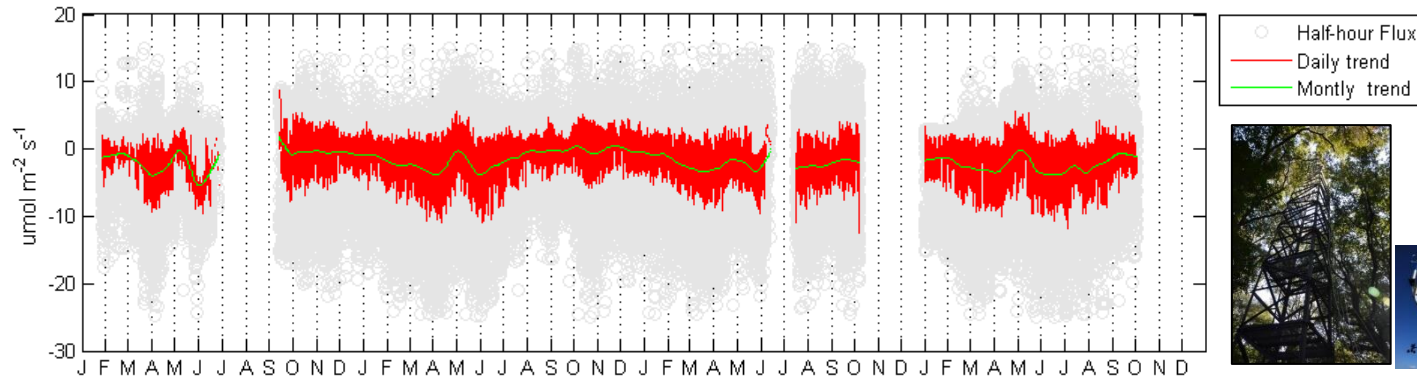
Parco urbano di Capodimonte, Napoli



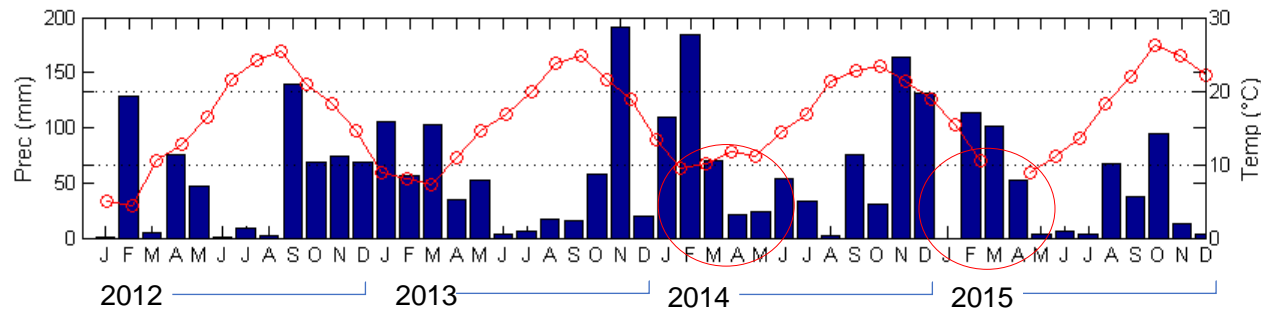
Anni più umidi rendono la lecceta un forte sink di carbonio

Ecophysiological Responses to Rainfall Variability in Grassland and Forests Along a Latitudinal Gradient in Italy

Adriano Conte¹, Silvano Fares^{2*}, Luca Salvati¹, Flavia Savi¹, Giorgio Matteucci¹, Francesco Mazzenga¹, Donatella Spano^{1,3}, Costantino Sirca^{4,5}, Serena Marras^{4,5}, Maria Galvagno¹, Edoardo Cremonese¹ and Leonardo Montagnani^{1,6}

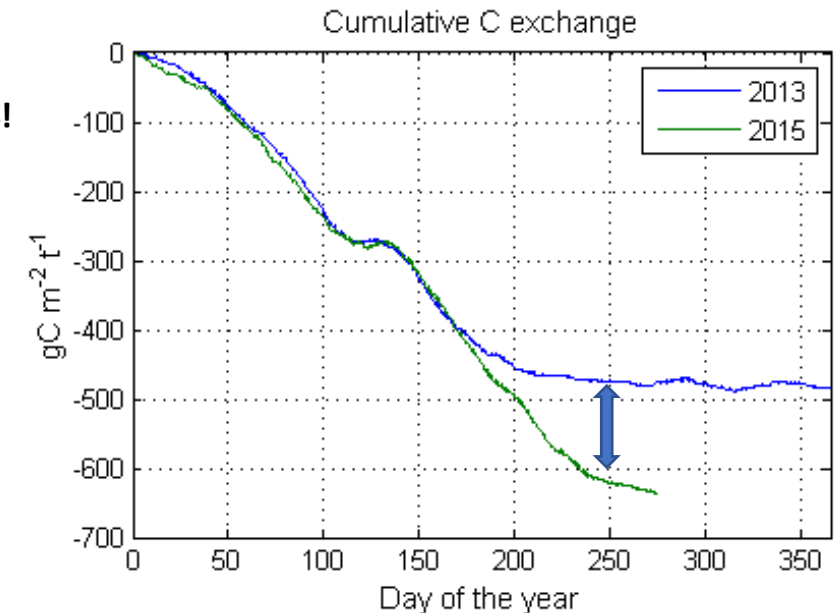


ICOS sito sperimentale del CREA all'interno della tenuta presidenziale di Castelporziano

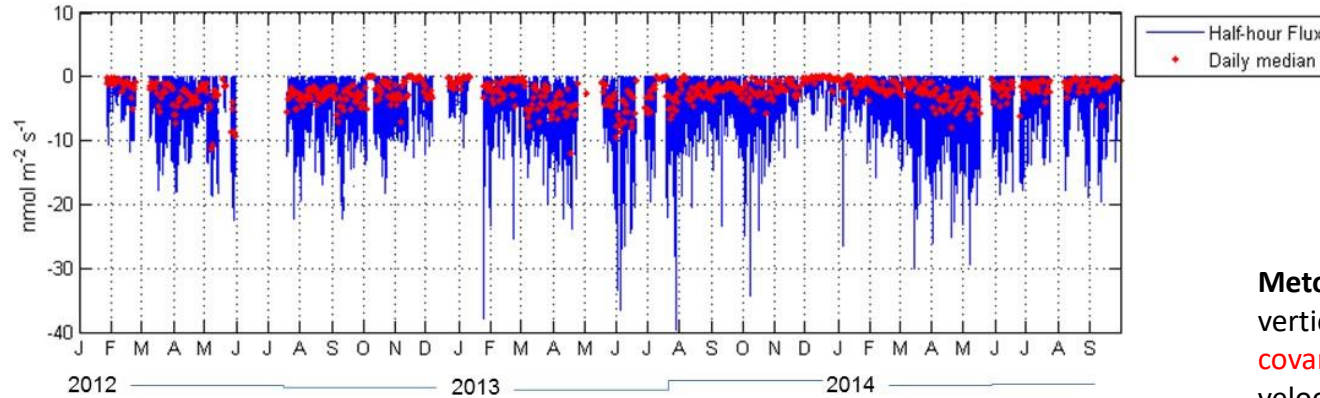


Circa 600 g CO₂ m⁻² per anno rimossi dal bosco in anni con scarsa precipitazione, quasi il doppio nel 2014!

- Tot. GPP in 2013: 1793 g (C) m⁻² (665 mm precip.)
 - Tot. GPP in 2014: 2242 g (C) m⁻² (900 mm precip.)
 - Tot. GPP in 2019: 1870 g (C) m⁻² (694 mm precip.)



Gli ecosistemi forestali come sink di ozono

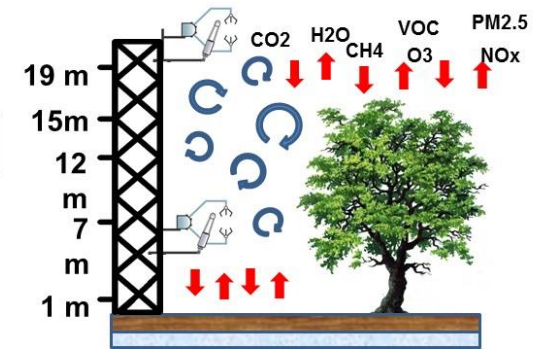


Fino a 8 g O₃ m⁻² sequestrati annualmente!



- Sink stomatico
- Deposizione cuticole e suolo
- Rimozione in fase gassosa (VOC e NO_x)

Fares et al. 2014. Agric For Met. Progetto EXPLO3RVOG

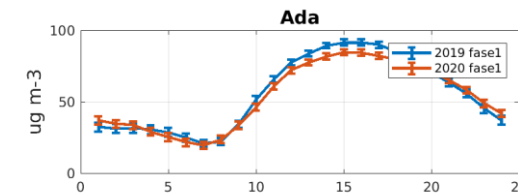
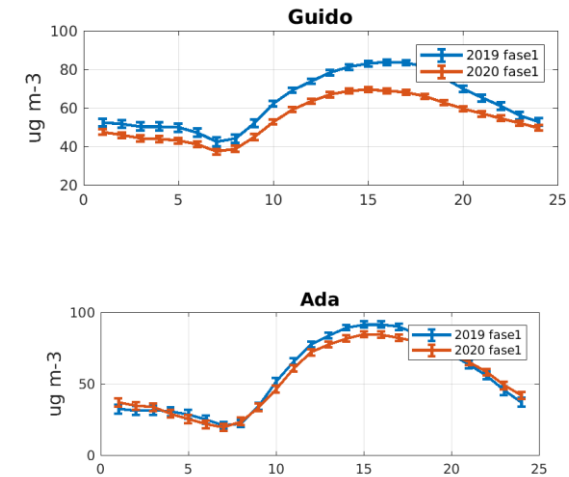
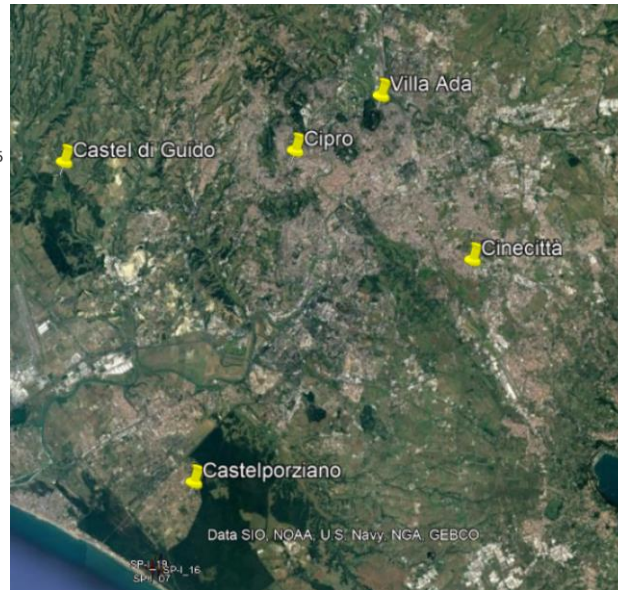
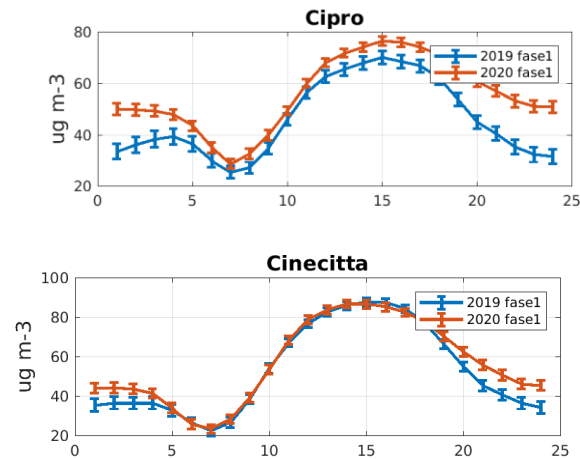


Metodologia: Con l'Eddy Covariance, Il flusso verticale della lecceta viene misurato dalla covarianza tra la componente verticale della velocità del vento e la concentrazione del gas in esame

Sito permanente del presso la Tenuta Presidenziale di Castelporziano, candidato ad ICOS



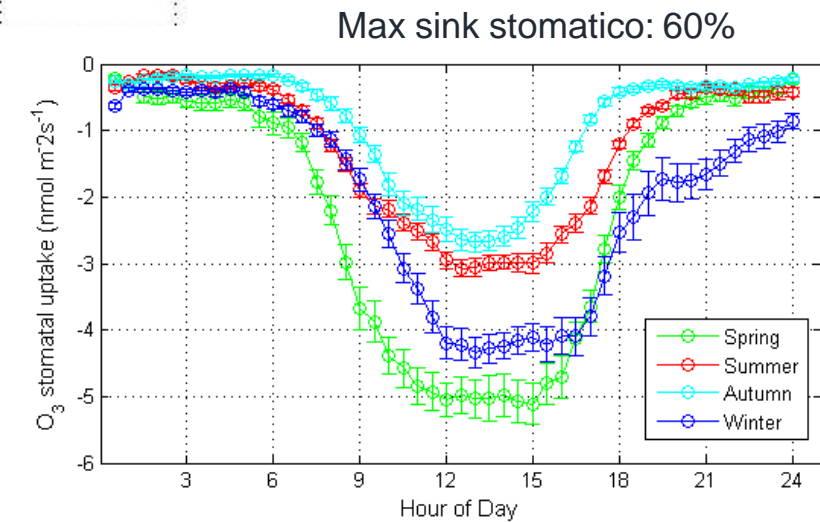
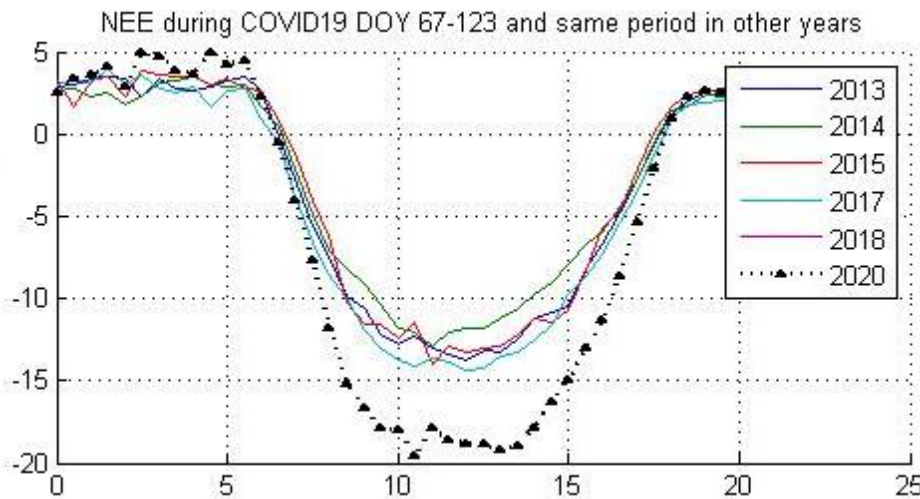
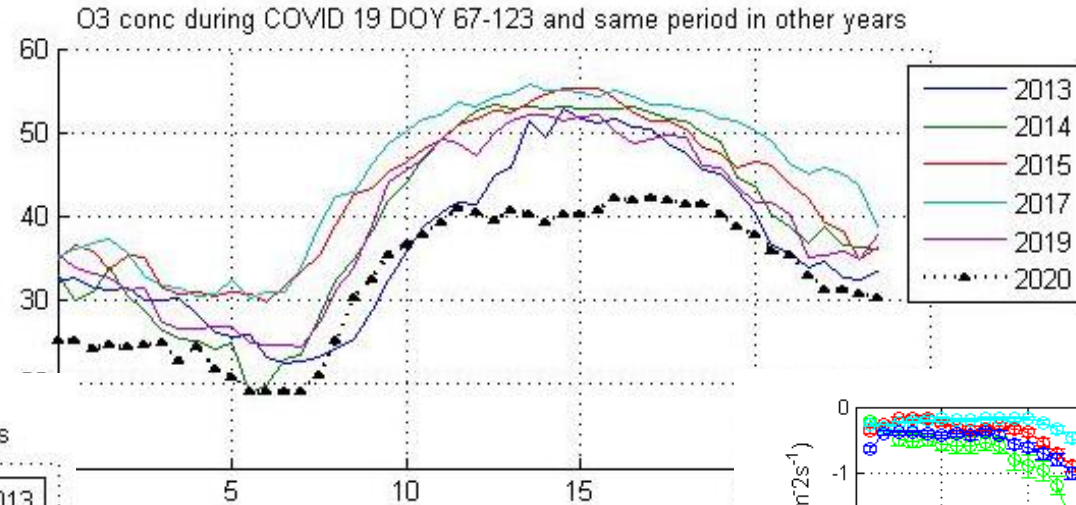
Le concentrazioni di ozono a Roma durante il lockdown (Dati ARPA)



Livelli di ozono più elevati rispetto all'anno precedente durante il lockdown nel centro città, dinamica inversa in zone rurali/parchi urbani

Perché le concentrazioni di ozono nelle città sono aumentate durante il lockdown ma sono diminuite nei parchi urbani?

Elevati flussi stomatici di ozono a Castelporziano in risposta a clima favorevole



JGR Atmospheres

RESEARCH ARTICLE
10.1029/2020JD032398

Key Points:

- Remote and local ozone depositional sinks shape regional winter ozone pollution
- Dynamic ozone dry deposition changes summer surface ozone over northern midlatitude regions by

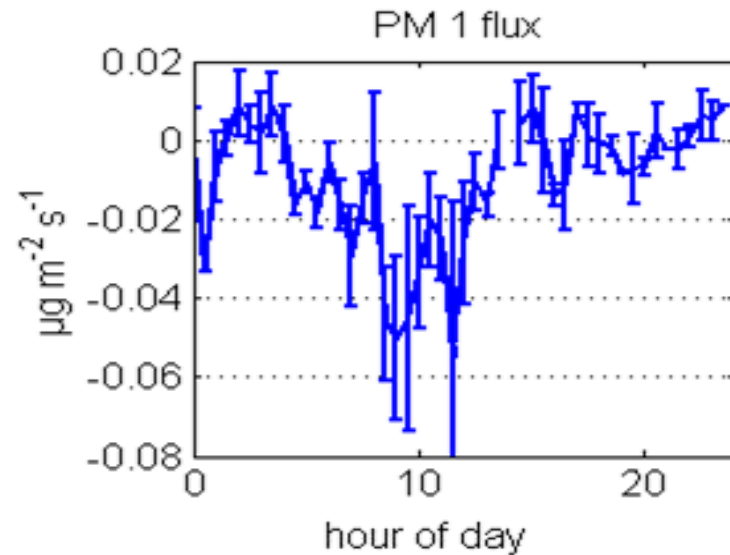
Influence of Dynamic Ozone Dry Deposition on Ozone Pollution

O. E. Clifton^{1,2,3*}, F. Paulot^{4,5}, A. M. Fiore^{1,2}, L. W. Horowitz⁶, G. Corran⁷, C. B. Bauhtitz^{1,2}, S. Fares⁸, I. Goded⁹, A. H. Goldstein¹⁰, C. Gruening¹¹, A. J. Hogg^{1,10}, B. Loubet^{1,11}, I. Mammarella^{12,13}, J. W. Munger^{1,11}, L. Neil^{1,14}, P. Stella^{1,15}, J. Uddling^{1,16}, T. Vesala^{1,7,12,17}, and E. Weng^{1,8,9,18,19}

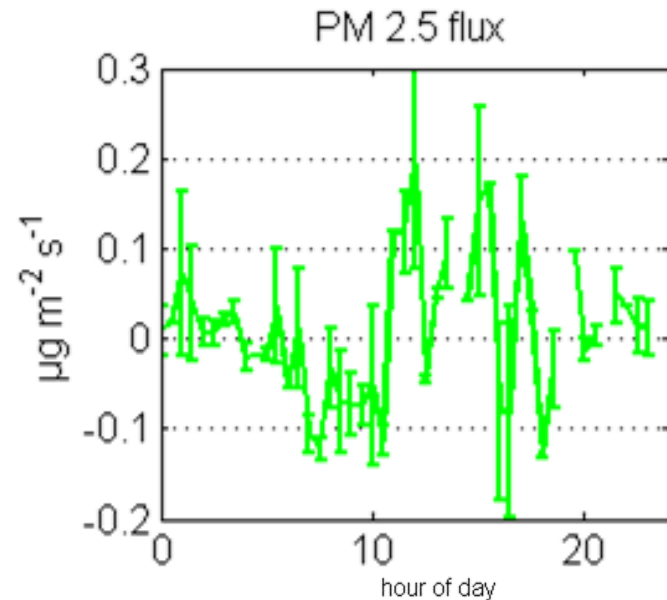
1) Department of Earth and Environmental Science, University of Colorado Boulder, Boulder, CO, USA; 2) Center for Global Change Science, University of Colorado Boulder, Boulder, CO, USA; 3) Center for Environmental and Estuarine Science, University of Colorado Boulder, Boulder, CO, USA; 4) Institut de Ciències del Clima, CSIC-IEA, Barcelona, Spain; 5) Institut de Ciències del Clima, CSIC-IEA, Madrid, Spain; 6) School of Earth and Atmospheric Sciences, Georgia Institute of Technology, Atlanta, GA, USA; 7) School of Earth and Atmospheric Sciences, Georgia Institute of Technology, Atlanta, GA, USA; 8) School of Earth and Atmospheric Sciences, Georgia Institute of Technology, Atlanta, GA, USA; 9) School of Earth and Atmospheric Sciences, Georgia Institute of Technology, Atlanta, GA, USA; 10) School of Earth and Atmospheric Sciences, Georgia Institute of Technology, Atlanta, GA, USA; 11) School of Earth and Atmospheric Sciences, Georgia Institute of Technology, Atlanta, GA, USA; 12) School of Earth and Atmospheric Sciences, Georgia Institute of Technology, Atlanta, GA, USA; 13) School of Earth and Atmospheric Sciences, Georgia Institute of Technology, Atlanta, GA, USA; 14) School of Earth and Atmospheric Sciences, Georgia Institute of Technology, Atlanta, GA, USA; 15) School of Earth and Atmospheric Sciences, Georgia Institute of Technology, Atlanta, GA, USA; 16) School of Earth and Atmospheric Sciences, Georgia Institute of Technology, Atlanta, GA, USA; 17) School of Earth and Atmospheric Sciences, Georgia Institute of Technology, Atlanta, GA, USA; 18) School of Earth and Atmospheric Sciences, Georgia Institute of Technology, Atlanta, GA, USA; 19) School of Earth and Atmospheric Sciences, Georgia Institute of Technology, Atlanta, GA, USA

and Fares, 2014. Annals of Silv Research

La lecceta di Castelporziano è un sink di PM

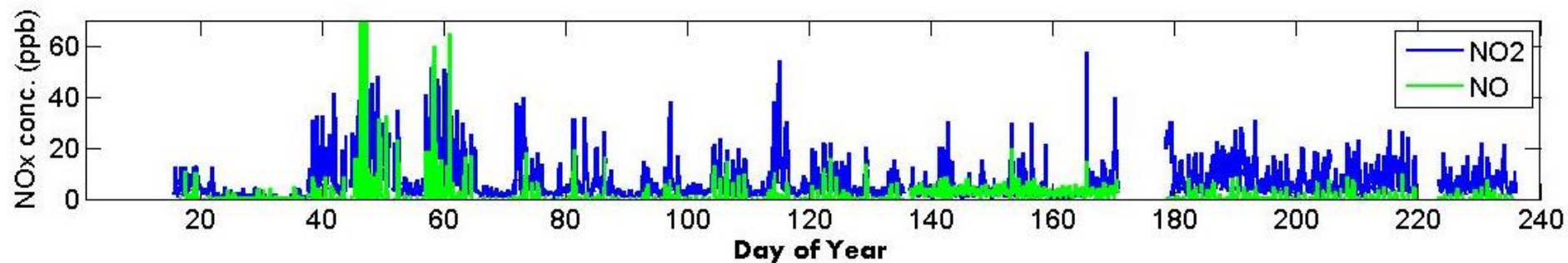


- PM1: evidenti deposizioni nelle ore centrali della giornata

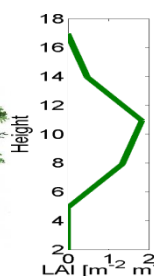


- Flussi positive di PM2.5 indicano risospensione attivata dalla turbolenza

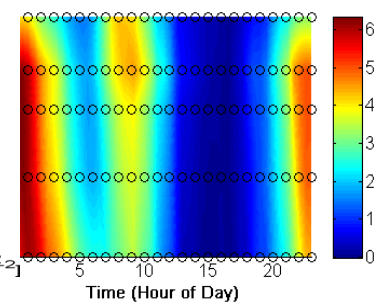
Gli ossidi di azoto scambiati con l'atmosfera



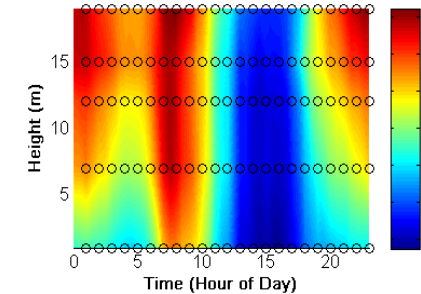
- **Elevate concentrazioni notturne:** effetto boundary layer



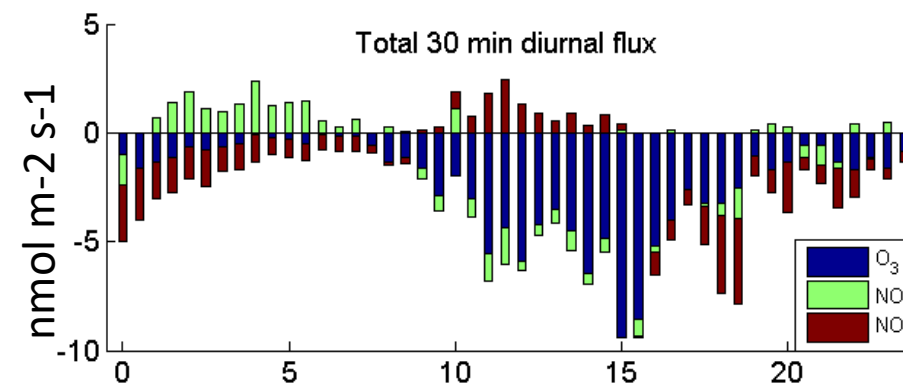
NO



NO₂

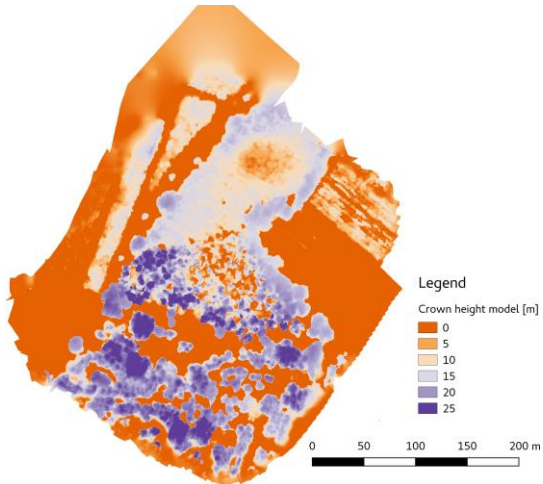
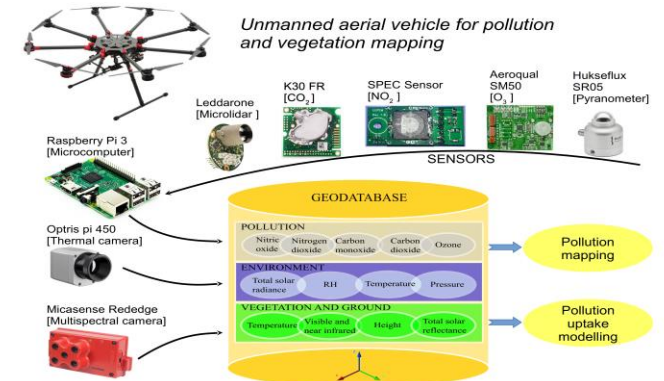


- **Nelle ore di luce:** Emissione di NO₂ dovute a reazione NO+ozono
- **Durante la notte:** Emissione di NO da processi al suolo e mancanza di ozono e VOCs

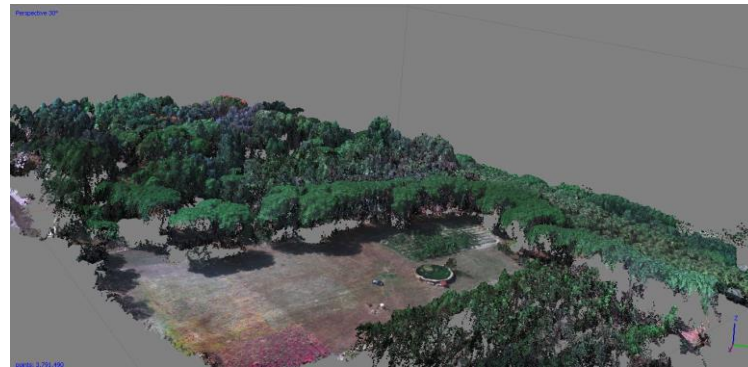


L'impiego di droni + rilievi a terra ci aiuta a parametrizzare i modelli

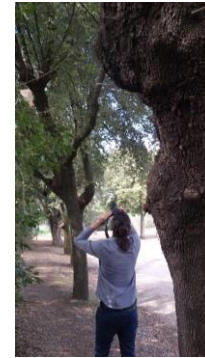
- Grazie a uno schema di campionamento multifase, i rilievi forestali a terra su numero adeguato di plots servono a inferire statisticamente i valori rilevati all'intera popolazione considerata.
- Parametri rilevati a terra: architettura degli alberi e LAI.
- Informazioni aggiuntive raccolte da drone: meteorologia, modello digitale del terreno, altezza delle chiome, ortomosaico in falsi colori per ricavare cartografia tematica



Modello digitale delle altezze ottenuto per triangolazione



Point cloud: una nuvola di punti georeferenziati alla quale sono attribuiti valori di riflettanza spaziale che permette di studiare la struttura del bosco e le caratteristiche ecofisiologiche della vegetazione in risposta all'inquinamento

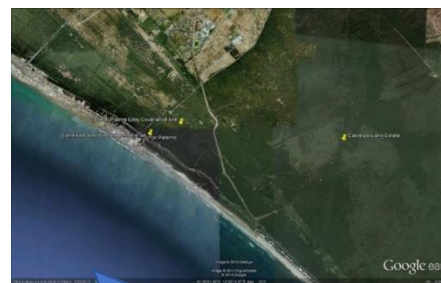


Ortomosaico in falsi colori: Una base per ottenere una cartografia tematica della vegetazione urbana

Modelli + misure per valutare sequestro di carbonio e inquinanti: calcoli per la Tenuta di Castelporziano

AIRTREE (Aggregated Interpretation of the Energy balance and water dynamics for Ecosystem services assessment): Il sequestro di CO2, ozono e polveri da parte di alberi urbani attraverso una modellistica multi-layer

Rimozione di circa 5 tonnellate di carbonio e 3 kg di polveri sottili e per ettaro

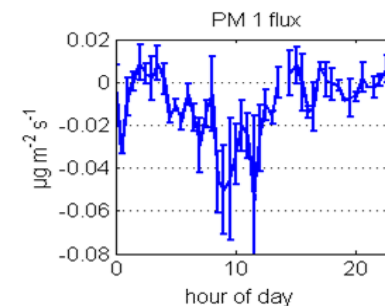


Emissione di una auto che percorre circa 10k km in un anno = 1.5 tonnellate di CO2



Una superficie forestale di 5000 ettari assorbe le emissioni di CO2 di circa 50.000 veicoli in un anno!

...circa il 3% delle emissioni di CO2 e lo 0.6% di PM dal traffico veicolare romano



Roma ospita 43.000 ettari di aree verdi su una superficie di 129.000 ettari!!

Caso di studio presso Parco del Valentino, Torino

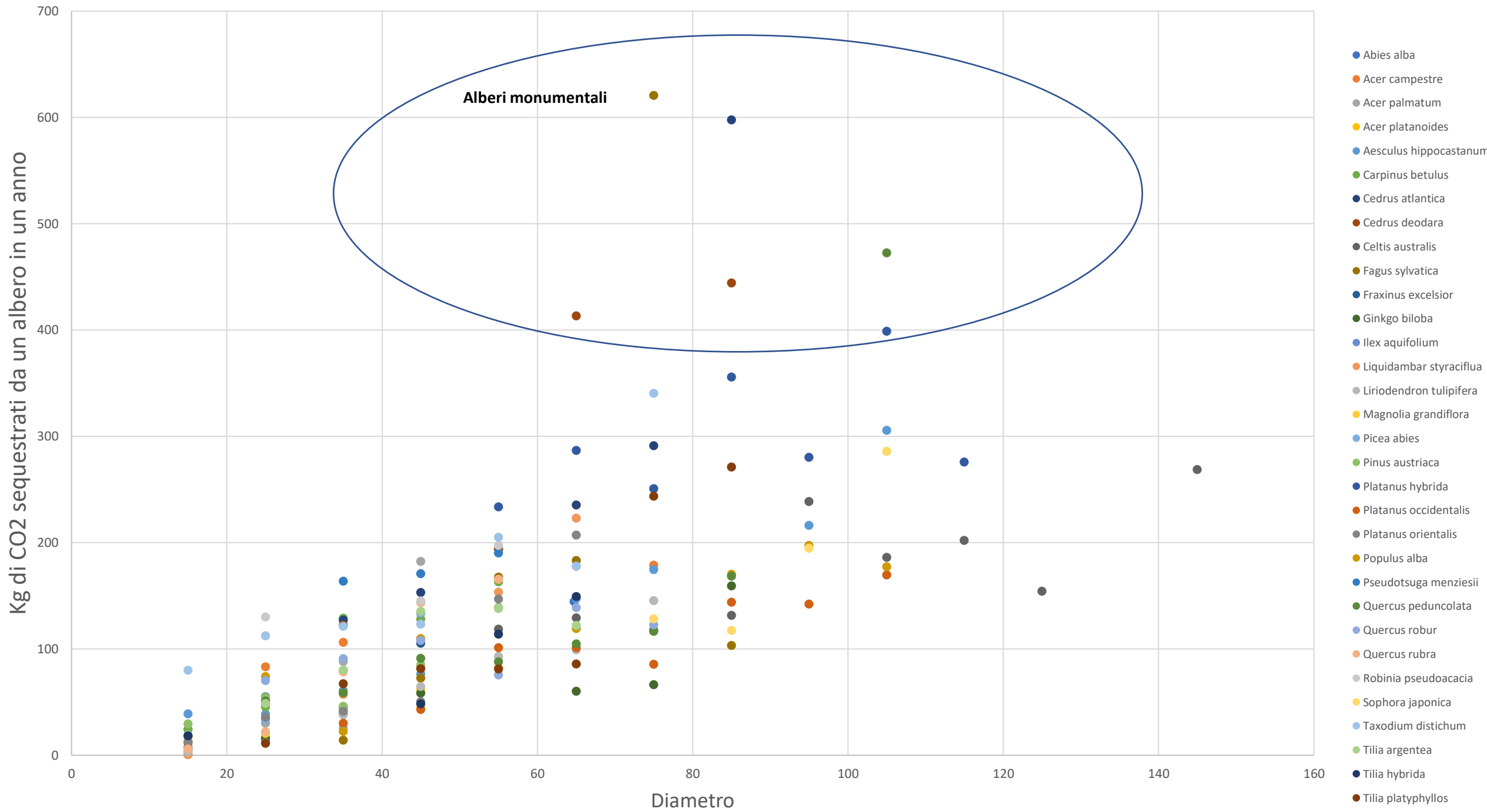
- I boschi urbani e peri-urbani sono pozzi di carbonio che rimuovono 2-4 ton. di carbonio/ha (50 kg di CO2 per albero) a seconda della composizione specifica e del livello di maturità.
- 1.4 kg ozono / ettaro e 8 kg PM / ettaro



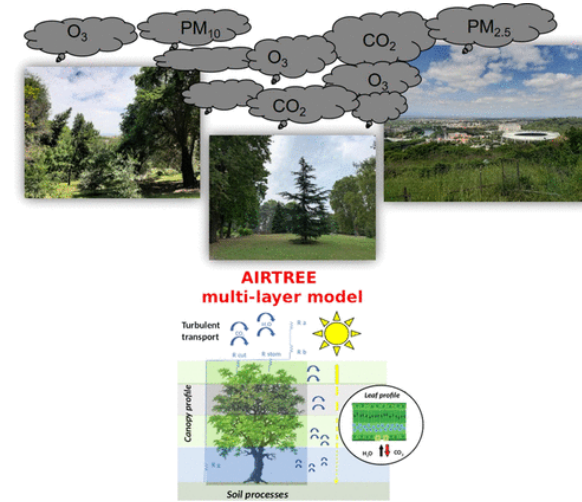
Un piccolo parco urbano di poche decine di ettari può assorbire l'anidride carbonica rilasciata da circa 100 veicoli benzina Euro6.

Table 2. NPP, Tropospheric Ozone (O₃), and Particle (PM₁₀ and PM_{2.5}) Dry Deposition Simulated by the AIRTREE Model for the Year 2018 at Valentino Urban Park^a

species	dbh (cm)	NPP (g m ⁻²)	NPP class	O ₃ (g m ⁻²)	O ₃ class	PM ₁₀ (g m ⁻²)	PM ₁₀ class	PM _{2.5} (g m ⁻²)	PM _{2.5} class
<i>A. alba</i>	55	61.16	VII	0.73	I	13.82	X	2.21	X
<i>Abies nordmanniana</i>	55	68.03	VII	1.12	II	13.11	X	2.11	X
<i>A. campestre</i>	75	358.45	IV	1.19	II	2.97	III	0.39	IV
<i>Acer negundo</i>	55	327.59 ± 37.58	IV	0.8 ± 0.08	I	3.11 ± 0.311	IV	0.41 ± 0.041	V
<i>Acer palmatum</i>	55	248.59	III	0.56	I	2.79	III	0.37	IV
<i>A. platanoides</i>	55	308.2 ± 30.52	IV	0.9 ± 0.18	I	2.54 ± 0.03	III	0.34 ± 0.004	IV
<i>Acer rubrum</i>	35	132.07	II	0.43	I	1.98	II	0.26	III
<i>Acer saccharum</i>	95	260.01	III	0.86	I	1.88	II	0.25	III
<i>Aesculus hippocastanum</i>	115	327.4	IV	0.85	I	3.52	IV	0.46	V
<i>Alnus glutinosa</i>	55	275.9	III	0.67	I	3.57	IV	0.53	VI
<i>Carpinus betulus</i>	55	259.42 ± 12.19	III	0.67 ± 0.06	I	2.55 ± 0.032	III	0.34 ± 0.004	IV
<i>C. atlantica</i>	115	68.15	VII	1.06	II	27.51	X	4.61	X
<i>Cedrus deodara</i>	95	701.01 ± 41.95	VIII	1.26 ± 0.32	II	25.19 ± 0.135	X	4.23 ± 0.047	X
<i>Cedrus glauca</i>	75	572.77	VI	0.87	I	18.77	X	3.13	X
<i>C. australis</i>	155	214.19	III	1.19	I	1.46	II	0.19	II
<i>Cercis siliquastrum</i>	55	247.61	III	0.64	I	2.4	III	0.32	IV
<i>Chamaecyparis lawsoniana</i>	55	647.91	VI	0.84	I	18.4	X	3.12	X
<i>Corylus avellana</i>	55	384.37	IV	1.83	III	2.46	III	0.33	IV
<i>Cryptomeria japonica</i>	55	699.28	VII	1.01	II	13.21	X	2.09	X
<i>F. sylvatica</i>	135	224.59	III	0.74	I	2.19	III	0.29	III
<i>Fraxinus excelsior</i>	75	215.64	III	0.93	I	1.77	II	0.24	III
<i>Ginkgo biloba</i>	95	208.17	III	1	II	2.12	III	0.28	III
<i>Ilex aquifolium</i>	35	269.42	III	0.9	I	6.97	VII	1.09	X
<i>Juglans nigra</i>	55	208.47 ± 41.08	III	0.77 ± 0.11	I	2.15 ± 0.449	III	0.29 ± 0.06	III
<i>Lagerstroemia indica</i>	15	53.36	I	1.52	IV	5.62	VI	0.88	IX
<i>Libocedrus decurrens</i>	55	337.97 ± 36.06	IV	1.06 ± 0.4	II	16.33 ± 0.201	X	2.7 ± 0.057	X
<i>Liquidambar styraciflua</i>	75	309.18	IV	1	II	2.45	III	0.32	IV
<i>L. tulipifera</i>	75	291.83 ± 12.59	III	1.16 ± 0.09	II	2.45 ± 0.005	III	0.32 ± 0.001	IV
<i>Magnolia grandiflora</i>	55	241.63	III	0.56	I	11.47	X	1.79	X
<i>Magnolia obovata</i>	55	259.3	III	0.58	I	11.47	X	1.79	X
<i>Malus</i>	15	58.43	I	0.57	I	0.75	I	0.1	I
<i>Malus floribunda</i>	15	54.99	I	0.44	I	0.75	I	0.1	I
<i>Metasequoia glyptostroboides</i>	95	679.01	VII	1	II	27.73	X	4.73	X
<i>P. tomentosa</i>	75	389.73	IV	0.9	I	14.68	X	2.3	X
<i>P. abies</i>	55	384.65	IV	0.78	I	16.64	X	2.74	X
<i>Picea omorika</i>	55	383.97	IV	0.79	I	16.59	X	2.73	X
<i>Picea orientalis</i>	35	255.95 ± 19.61	III	0.57 ± 0.02	I	9.96 ± 1.03	X	1.63 ± 0.17	X
<i>Picea pungens</i>	55	376.08 ± 19.12	IV	0.74 ± 0.03	I	15.69 ± 0.782	X	2.58 ± 0.13	X
<i>Pinus excelsa</i>	55	411.6	V	0.88	I	15.55	X	2.57	X
<i>Pinus strobus</i>	75	444.19	V	0.81	I	17.08	X	2.82	X
<i>Pinus sylvestris</i>	55	483.4	V	1.24	II	19.22	X	3.23	X
<i>Platanus acerifolia</i>	135	311.33 ± 30.96	IV	1.12 ± 0.08	II	2.16 ± 0.23	III	0.29 ± 0.03	III
<i>Platanus hybrida</i>	175	359.67	IV	1.17	II	2.95	III	0.39	IV
<i>Platanus occidentalis</i>	175	361.56	IV	0.92	I	2.94	III	0.39	IV
<i>Platanus orientalis</i>	115	337.19	IV	1.19	II	2.39	III	0.32	IV
<i>Populus alba</i>	115	226.16	III	0.96	I	1.91	II	0.25	III
<i>Populus italica</i>	115	195.6	II	0.7	I	1.9	II	0.25	III
<i>Prunus</i>	55	217.11	III	0.7	I	2.46	III	0.33	IV
<i>P. avium</i>	35	150.22	II	0.58	I	1.91	II	0.25	III
<i>P. cerasifera</i>	15	108.25	II	0.62	I	1.42	II	0.19	II
<i>Prunus kazuan</i>	15	128.43	II	1.06	II	1.45	II	0.19	II
<i>Prunus pissardi</i>	15	71.16	I	0.64	I	1.42	II	0.19	II
<i>P. menziesii</i>	55	640.81 ± 8.13	VII	0.83 ± 0.01	I	15.64 ± 0.655	X	2.57 ± 0.106	X
<i>Quercus pedunculata</i>	115	317.21	IV	1.06	II	2.58	III	0.34	IV
<i>Q. pubescens</i>	15	74.53	I	0.73	I	1.06	II	0.14	II
<i>Q. robur</i>	135	317.36	IV	0.94	I	2.53	III	0.34	IV
<i>Q. rubra</i>	115	324.42	IV	1.22	II	2.26	III	0.3	III
<i>R. pseudoacacia</i>	55	319.24 ± 6.86	IV	0.95 ± 0.04	I	2.67 ± 0.079	III	0.36 ± 0.011	IV
<i>Salix babylonica</i>	35	197.9	II	0.57	I	2.42	III	0.32	IV



Caso di studio: Parco di Castel di Guido, Roma



- 4.6 tonnellate di carbonio/ettaro, in media 11 kg (CO2) per albero
- 8.1 kg ozono e PM / ettaro

Table 1. NPP, Tropospheric Ozone (O₃), and Particle (PM₁₀ and PM_{2.5}) Dry Deposition Simulated by the AIRTREE Model for the Year 2018 at Castel di Guido Natural Reserve^a

species	dbh (cm)	NPP (g m ⁻²)	NPP class	O ₃ (g m ⁻²)	O ₃ class	PM ₁₀ (g m ⁻²)	PM ₁₀ class	PM _{2.5} (g m ⁻²)	PM _{2.5} class
<i>A. campestre</i>	35	354.23 ± 38.76	IV	2.97 ± 0.02	V	1.01 ± 0.0482	II	0.09 ± 0.0041	I
<i>Acer negundo</i>	15	46.6	I	2.75	V	0.77	I	0.06	I
<i>A. cordata</i>	35	438.59 ± 39.9	V	3.27 ± 0.05	VI	1 ± 0.0405	II	0.08 ± 0.0034	I
<i>C. atlantica</i>	35	938.24 ± 128.36	X	5.67 ± 0.33	X	7.39 ± 1.272	VIII	1.01 ± 0.1739	X
<i>C. australis</i>	35	392.79	IV	2.8	V	0.93	I	0.08	I
<i>C. sempervirens</i>	55	1084.6	X	7.4	X	16.23	X	2.27	X
<i>Eucalyptus</i> spp.	55	490.78	V	3.34	VI	1.44	II	0.12	II
<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
<i>F. ornus</i>	35	562.24 ± 95.6	VI	2.88 ± 0.26	V	1.42 ± 0.1802	II	0.12 ± 0.0155	II
<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
<i>Juglans regia</i>	35	370.26	IV	2.51	V	1.05	II	0.09	I
<i>Malus sylvestris</i>	35	225.31	III	2.02	IV	0.66	I	0.06	I
<i>Ostrya carpinifolia</i>	35	528.65 ± 91.68	VI	2.85 ± 0.25	V	1.32 ± 0.1603	II	0.11 ± 0.0138	II
<i>Pinus eldarica</i>	35	704.89 ± 97.32	VIII	6.19 ± 0.61	X	9.58 ± 2.4196	X	1.31 ± 0.333	X
<i>Pinus halepensis</i>	55	894.86	IX	6.67	X	13.73	X	1.88	X
<i>Pinus pinaster</i>	55	847.47	IX	6.46	X	12.01	X	1.65	X
<i>Pinus pinea</i>	55	794.22 ± 30.14	VIII	6.39 ± 0.12	X	10.86 ± 0.7685	X	1.49 ± 0.1055	X
<i>Populus nigra</i>	15	83.25	I	2.01	IV	0.69	I	0.06	I
<i>Prunus avium</i>	35	375.44	IV	2.76	V	1.12	II	0.1	I
<i>Pyrus amygdaliformis</i>	15	27.91	I	2.15	IV	0.66	I	0.06	I
<i>Pyrus pyraster</i>	35	319.2	IV	2.57	V	1.08	II	0.09	I
<i>Q. cerris</i>	35	412.27 ± 51.97	V	2.89 ± 0.21	V	1.21 ± 0.1192	II	0.1 ± 0.0103	I
<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
<i>Q. ilex</i>	35	656 ± 162.43	VII	3.43 ± 0.48	VI	2.79 ± 0.7179	III	0.31 ± 0.0803	IV
<i>Q. pubescens</i>	35	486.99 ± 61.35	V	2.98 ± 0.22	V	1.21 ± 0.1192	II	0.1 ± 0.0103	I
<i>Q. robur</i>	15	250.37 ± 77.66	III	2.45 ± 0.12	IV	0.7 ± 0.1171	I	0.06 ± 0.01	I
<i>Quercus suber</i>	35	854.12 ± 87.2	IX	3.52 ± 0.2	VII	2.09 ± 0.1795	III	0.23 ± 0.0201	III
<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
<i>R. pseudoacacia</i>	35	474.66	V	2.65	V	1.16	II	0.1	I
<i>Sorbus domestica</i>	15	189.59	II	2.07	IV	1.01	II	0.09	I

^aModel simulations were carried out for each species at different dbh. We grouped results according to the highest dbh group. The groups were: 15 (dbh ranging from 5 to 15 cm), 35 (dbh ranging from 20 to 35 cm), and 55 (dbh ranging from 40 to 55 cm). SD is shown in cases where more dbh classes were present within each group. Evergreen species are marked in bold.

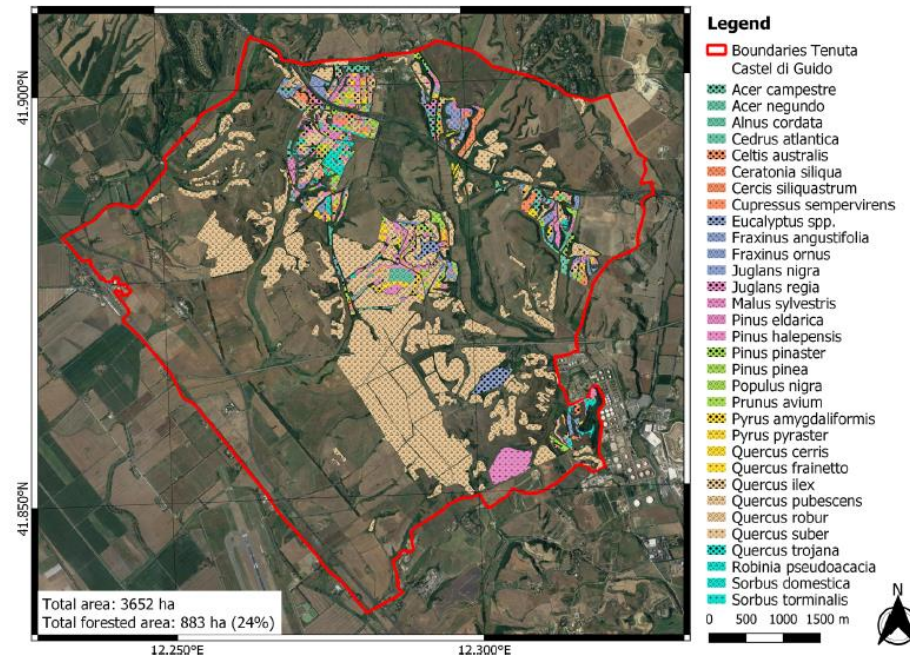
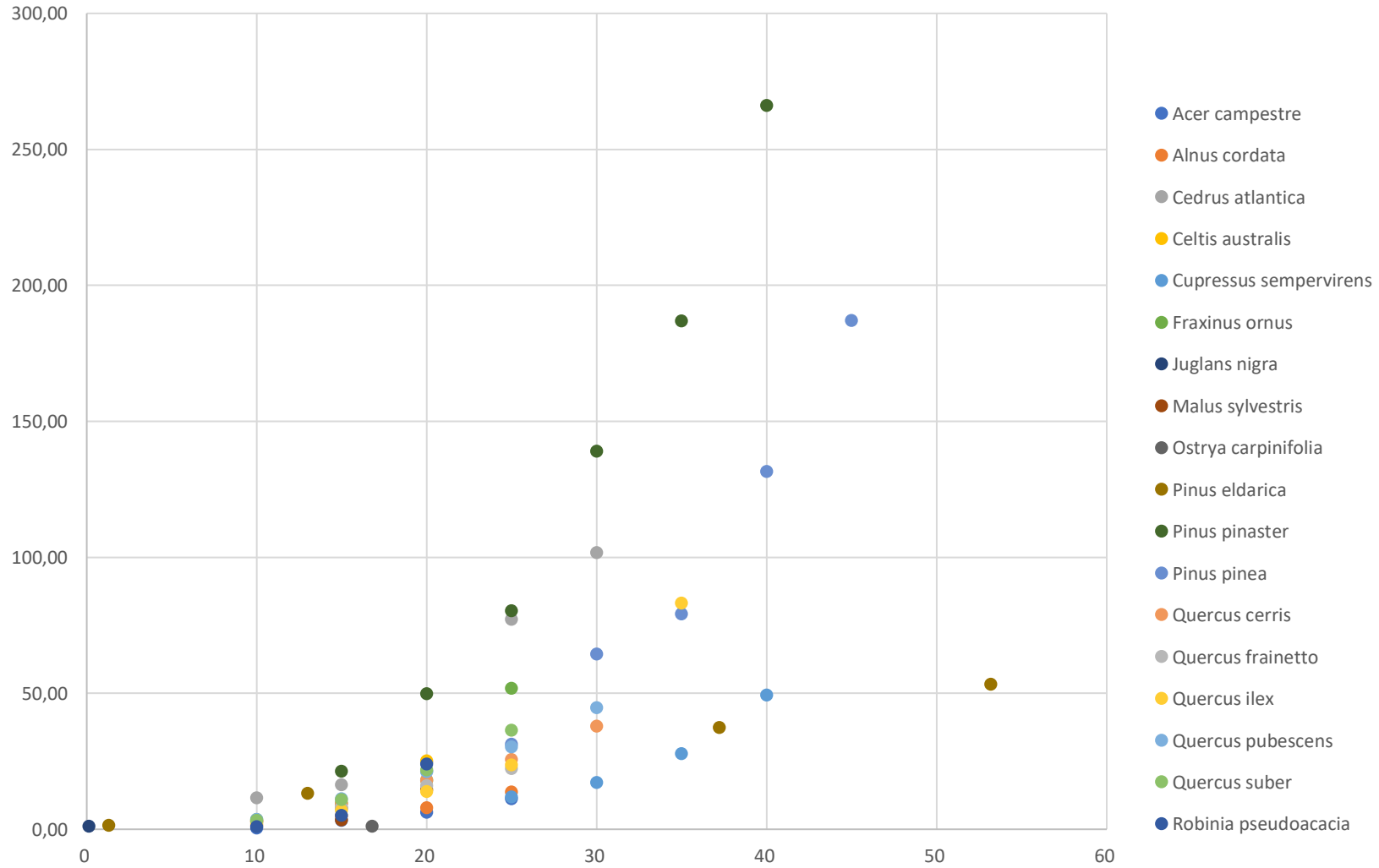


Figure 1. Map of the vegetation surveyed at the park of Castel di Guido, Rome. Map data 2020 Google.

Relazione tra diametro e Kg di CO2 sequestrata annualmente per albero



Conifere vs latifoglie

- Le conifere sempreverdi hanno mostrato più elevati livelli fotosintetici, con tassi di rimozione di PM maggiori rispetto all'ozono
- A parità di assimilazione di carbonio, a Castel di Guido si apprezza il maggiore sequestro di ozono rispetto alle PM grazie al ruolo attivo degli stomi

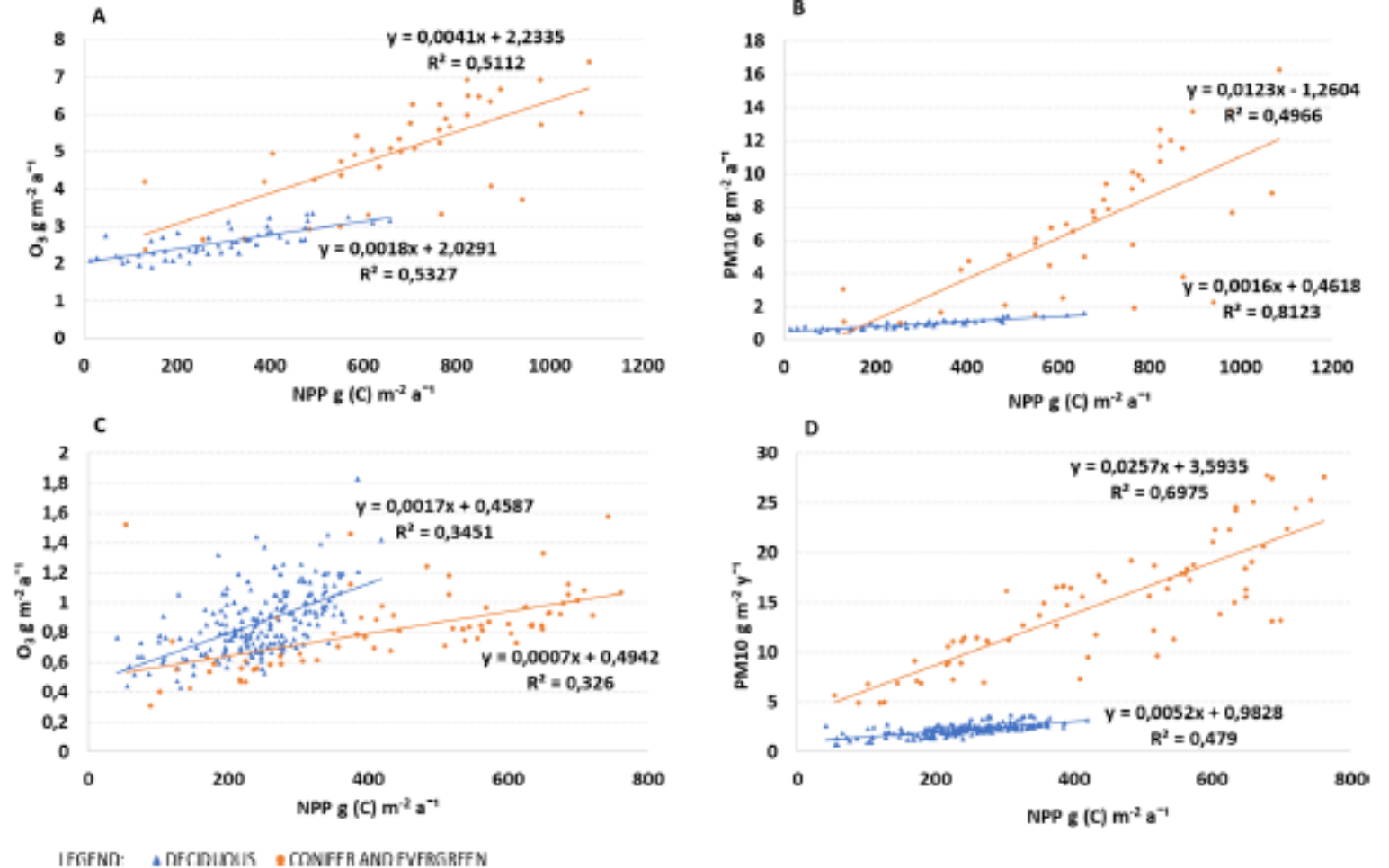


Figure 6. Correlation of NPP with ozone and PM for Castel di Guido (subplots A, B) and Valentino (subplots C, D) urban parks.

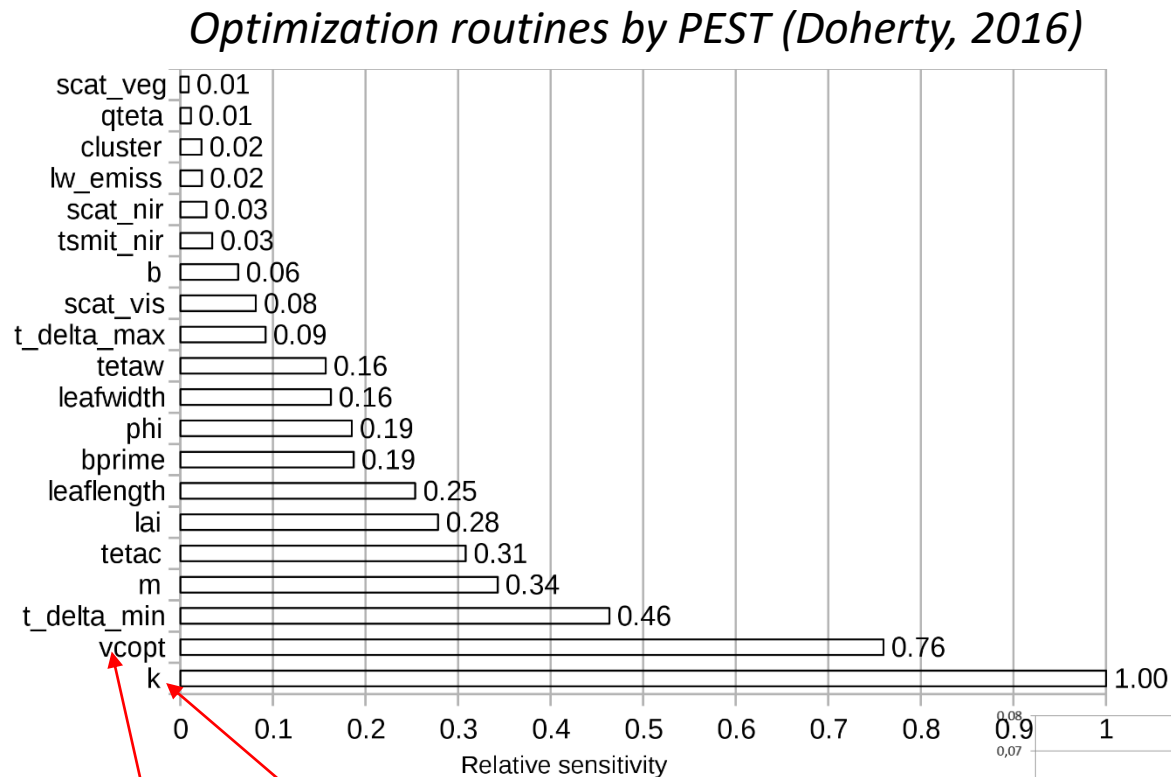


Le sfide del futuro

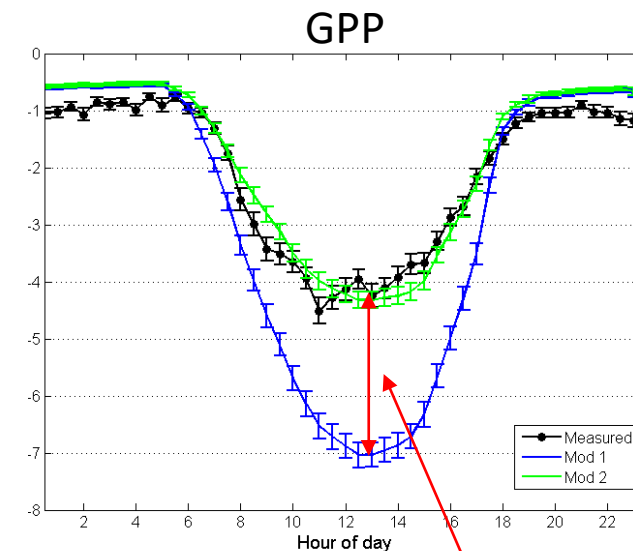


Le sfide del futuro: Più ricerca per comprendere la capacità di specie forestali nel rimuovere carbonio e inquinanti.

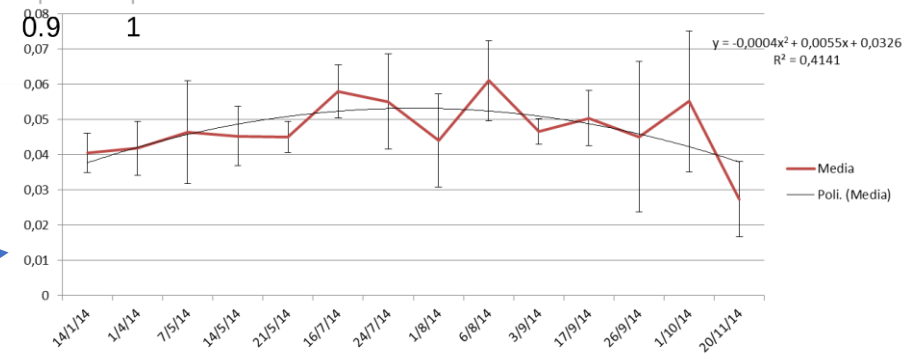
Sensibilità del modello AIRTREE, l'importanza di una corretta parametrizzazione



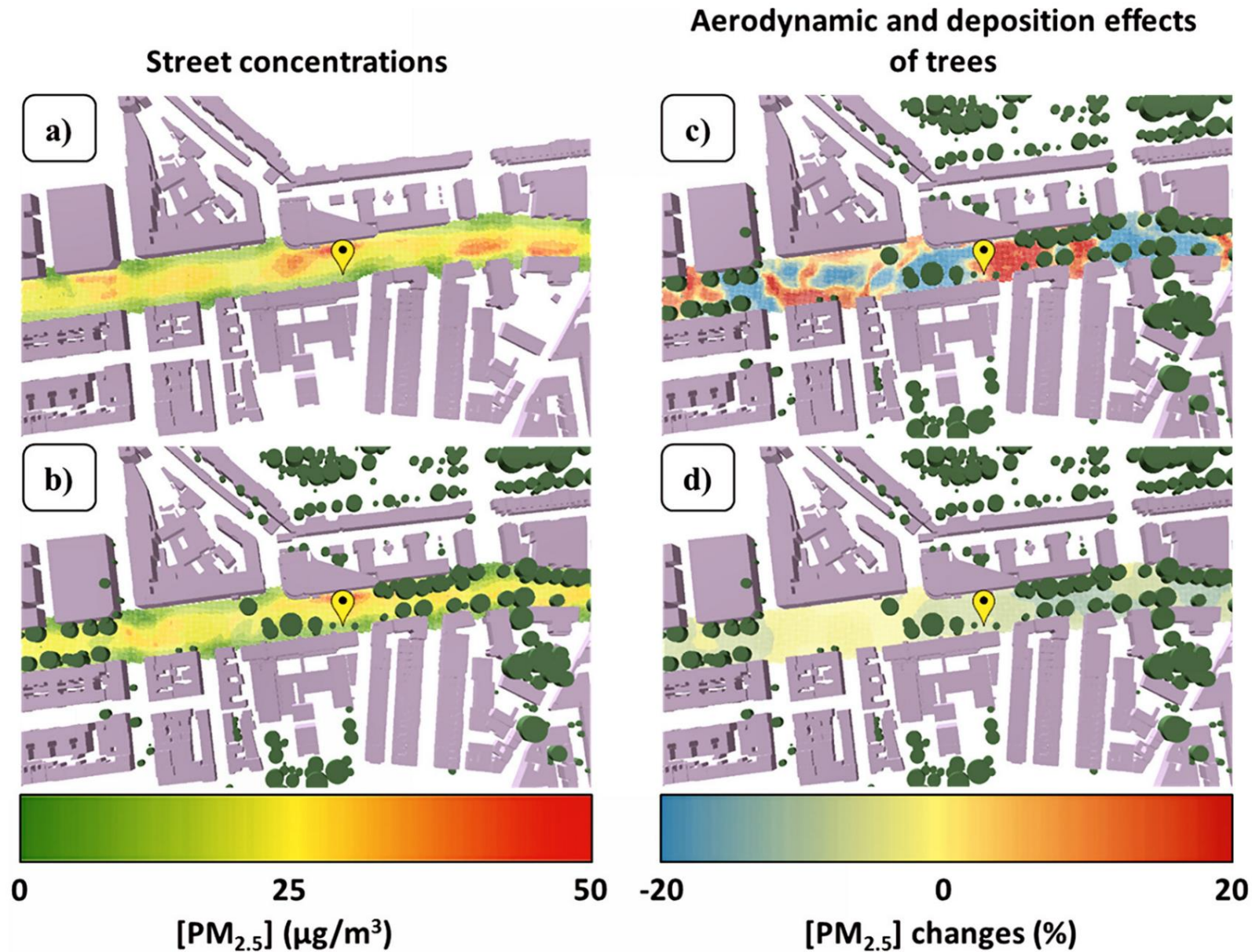
Porosità del suolo
Velocità di carbossilazione della Rubisco



- Previsioni irrealistiche se non si tiene conto dell'effetto dell'umidità del suolo sull'apertura stomatica



Le sfide del futuro: Più ricerca sui sistemi verdi «verticali» con studi di fluidodinamica

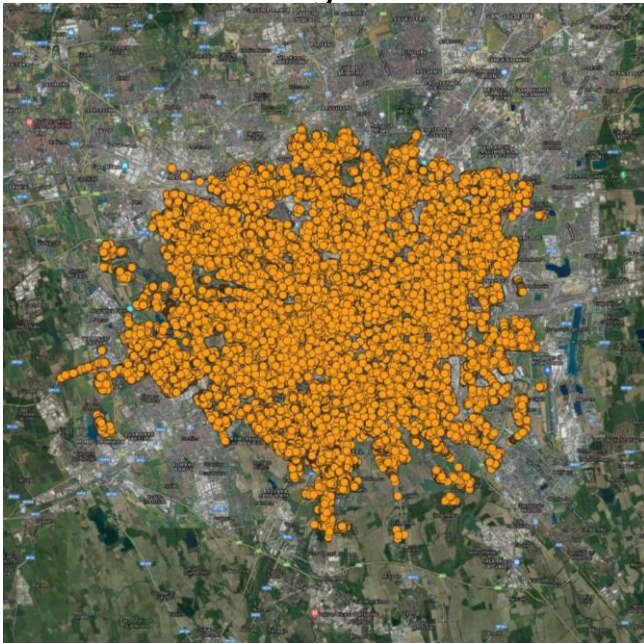


Le chiome degli alberi, generando maggiore turbolenza, provocano una maggiore dispersione di inquinanti. Con la deposizione, in questo quartiere di Londra si sono abbattute le polveri del 7%! (JenJean et al. 2017)

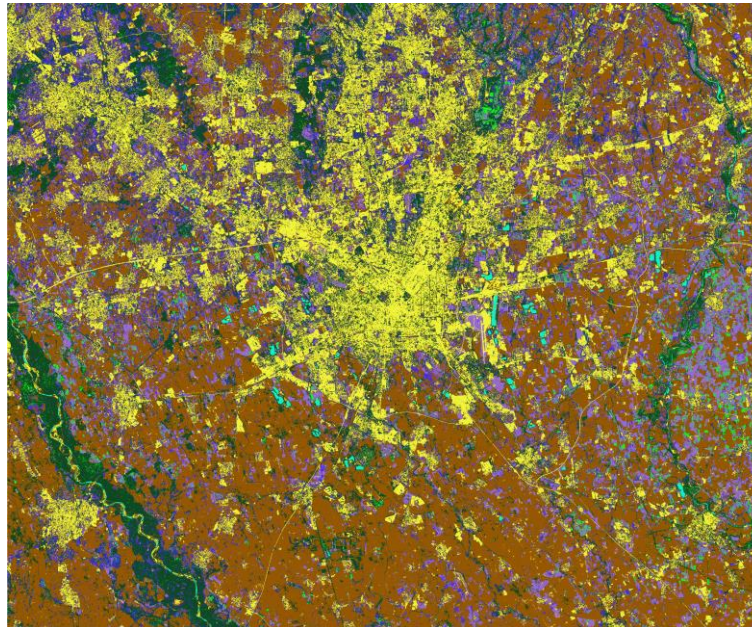
Le sfide del futuro:

- Più efficiente pianificazione del verde, alcune città sono sprovviste di un censimento degli alberi!

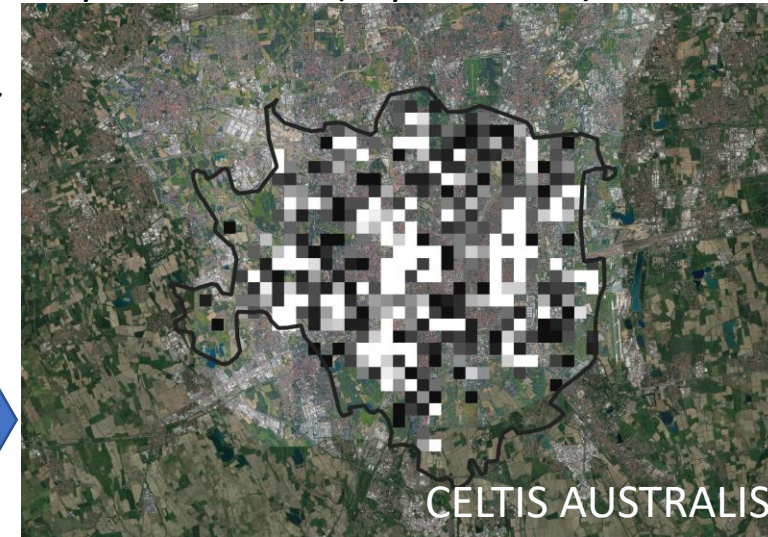
Censimento degli alberi di Milano



Mappa uso del suolo a 10 m ottenuta per classificazione supervisionata

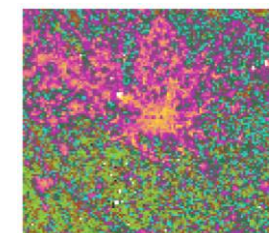


Mappa della vegetazione a 500 m ottenuta per classificazione supervisionata (copertura %)



LEGEND:

- Croplands
- Deciduous Broadleaf tree areas
- Evergreen Broadleaf tree areas
- Evergreen Needleleaf tree areas
- Grasslands
- Shrubs
- Urban and built up
- Water

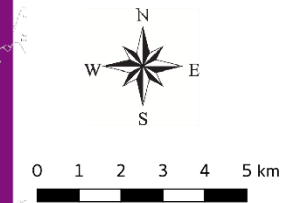
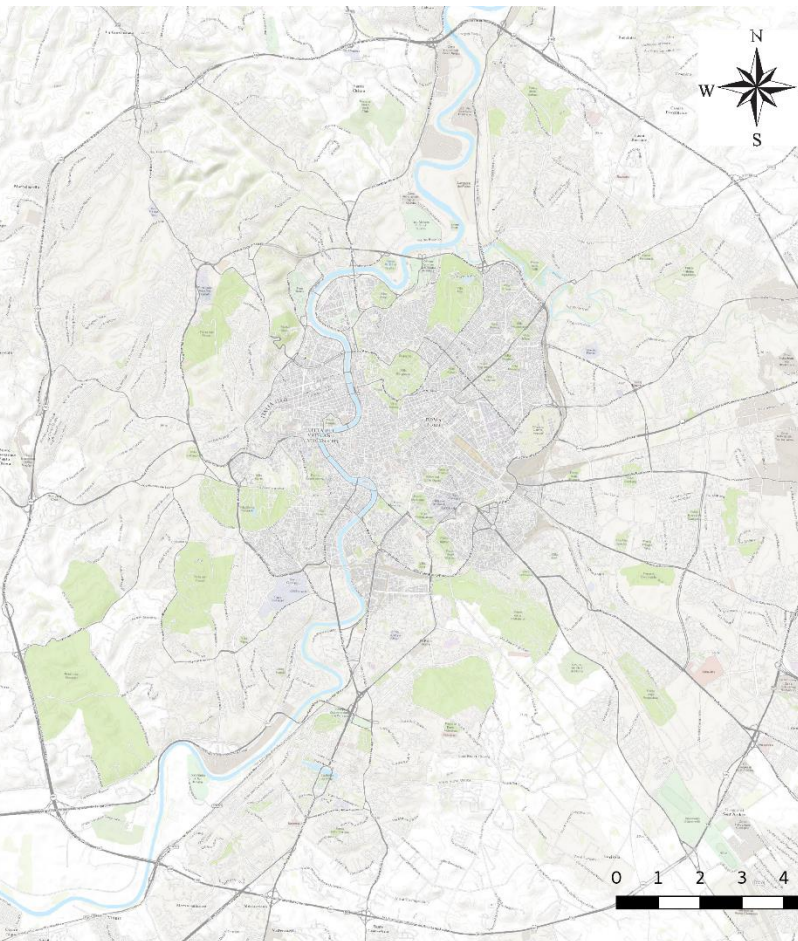


- LAI_MILANO
- 0.033
 - 1.194
 - 2.355
 - 3.517
 - 4.678
 - 5.839
 - 6.999

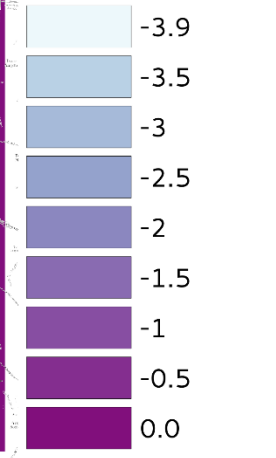
La rimozione dell'ozono e del particolato a Roma

Uso di immagini ad alta risoluzione (Sentinel 2), dati sull'inquinamento atmosferico, produzione del LAI e utilizzo di AIRTREE

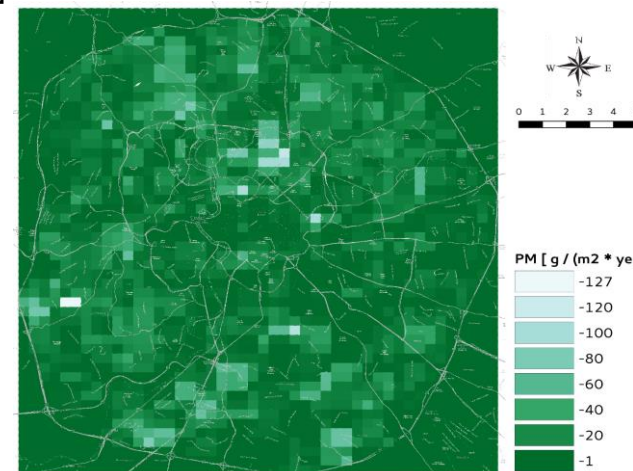
2.6 tons(O₃) year-1



O₃ [g / (m² * year)]



87 tons(PM)
year-1



PM [g / (m² * year)]



Le sfide del futuro: Mettere in atto un sistema di pagamento dei servizi ecosistemici

Airtree-model

Public maps
Analysis Map
New analysis
Airtree results


NEW ANALYSIS

Email:

MAPS

Map:

Layer



crea Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria

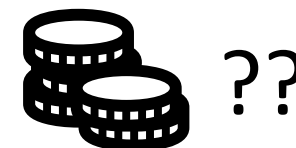
URBANFOR3

New analysis

Tree Parameters

Species	<input type="text" value="Softwood"/>
Name	<input type="text" value="Pinus pinea"/>
Canopy depth [m]	<input type="text" value="3,43"/>
Tree total height [m]	<input type="text" value="24,05"/>
Leaf clustering	<input type="text" value="0,621"/>
Leaf area index	<input type="text" value="2,2"/>
Diameter ad breast height [cm]	<input type="text" value="21"/>
Canopy diameter [m]	<input type="text" value="5"/>
Canopy orthogonal diameter [m]	<input type="text" value="5"/>
Canopy cover [%]	<input type="text" value="100"/>

PM10 (kg/(km2 * anno))	154,03
PM2.5 (kg/km2 * anno)	4,45
PM1 (kg/km2 * anno)	0,13
Ozone (g / (m2*anno))	8,03



Le sfide del futuro: Piantare milioni di alberi

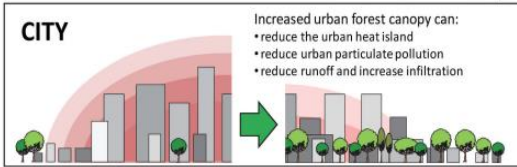
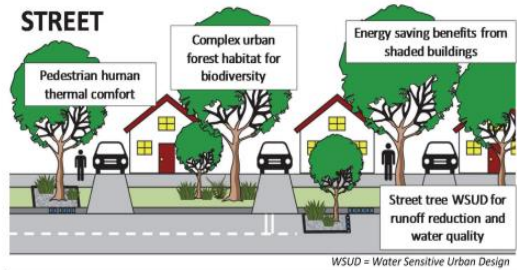
*Nuovo paradigma:
Passare dal metro
quadro all'ettaro*



- L'Italia è chiamata nei prossimi 10 anni a piantare più di 200 mln di alberi come proprio contributo alla "Strategia europea per la biodiversità 2030" che prevede di piantare 3 mld di alberi nei paesi dell'Unione.
- Un obiettivo perseguibile grazie alla Strategia Forestale Nazionale attenta alla pianificazione e gestione sostenibile delle risorse forestali.
- Ipotizzando almeno 100mila ha di nuovi impianti e nuovi boschi - prevalentemente periurbani, determinanti anche per la connessione ecologica con le foreste naturali - la sottrazione di anidride carbonica dall'atmosfera aumenterebbe di quasi 1 milione di tonnellate rispetto ai 46 mln di tonnellate di anidride carbonica che le foreste italiane rimuovono ogni anno dall'atmosfera.

Le sfide del futuro: gestire il verde urbano per massimizzare i servizi ecosistemici

La scelta delle specie arboree e gli interventi selvicolturali in funzione delle caratteristiche pedo-climatiche e dei servizi ecosistemici attesi



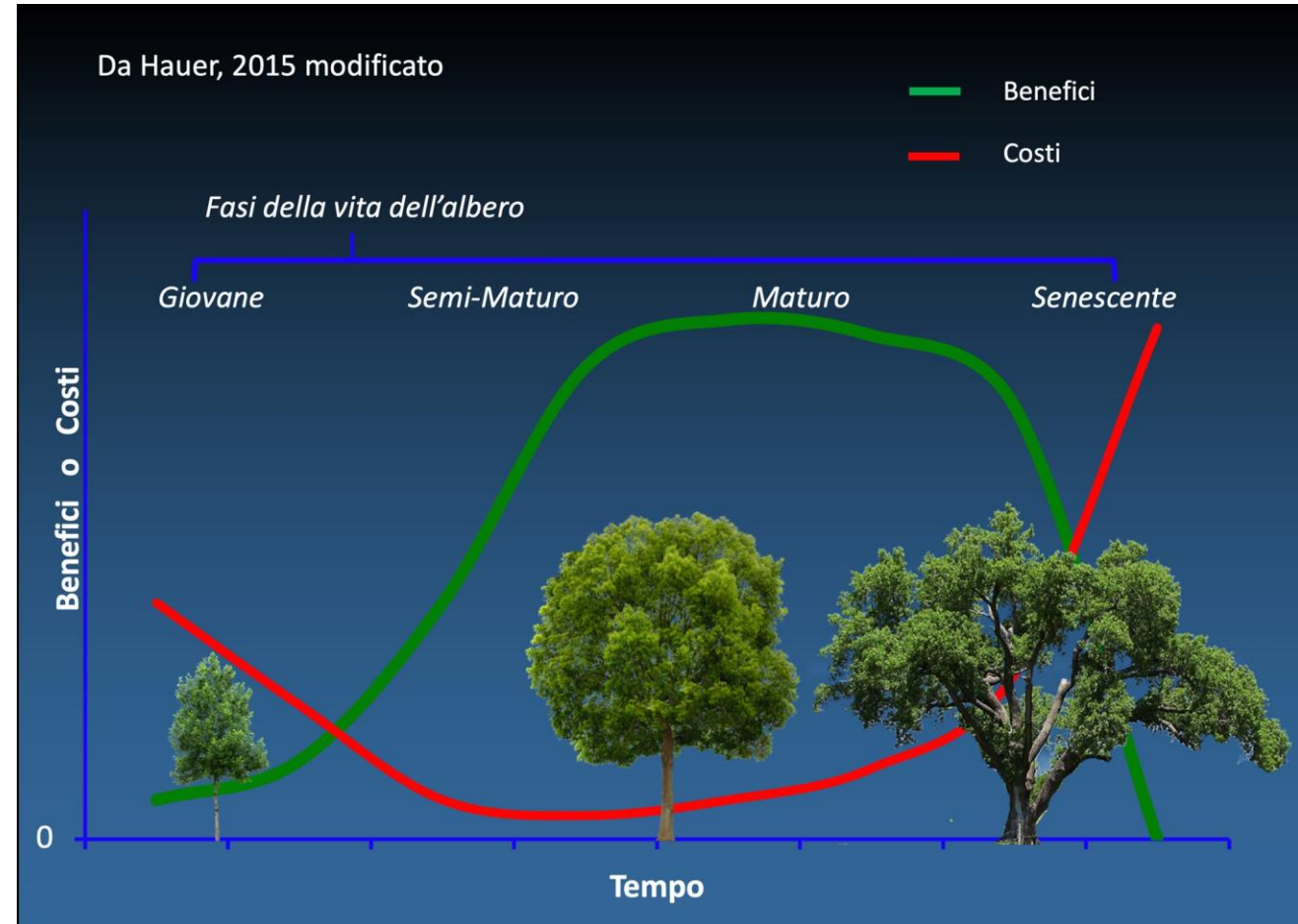
Livesley et al J. Environ. Qual. 2016

Esempi di gestione degli interventi più o meno virtuosa

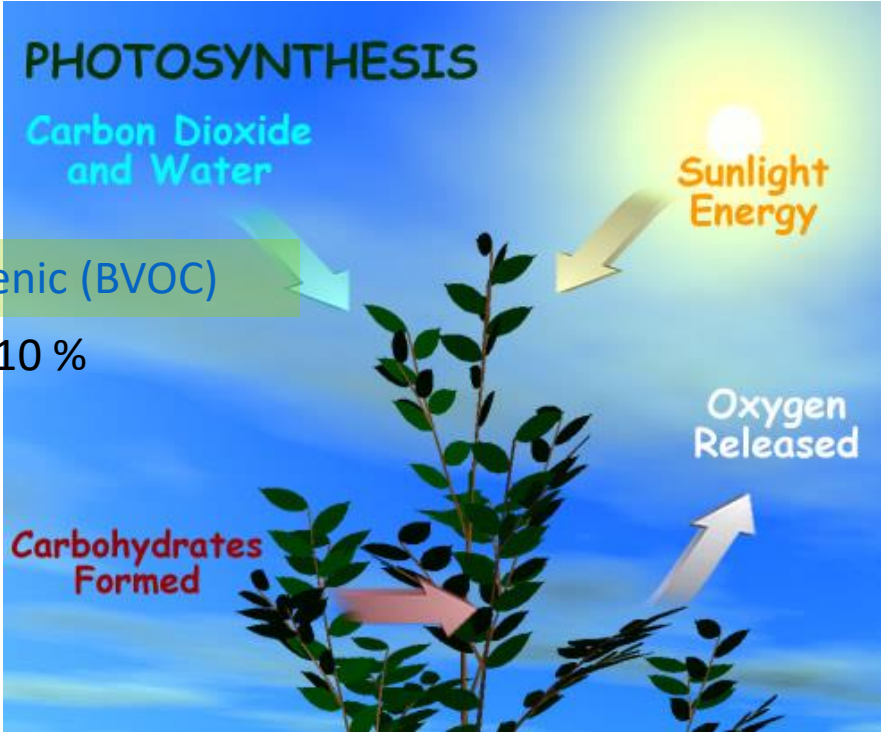
Platano capitozzato: instabilità dei rami e minore capacità di sequestro degli inquinanti



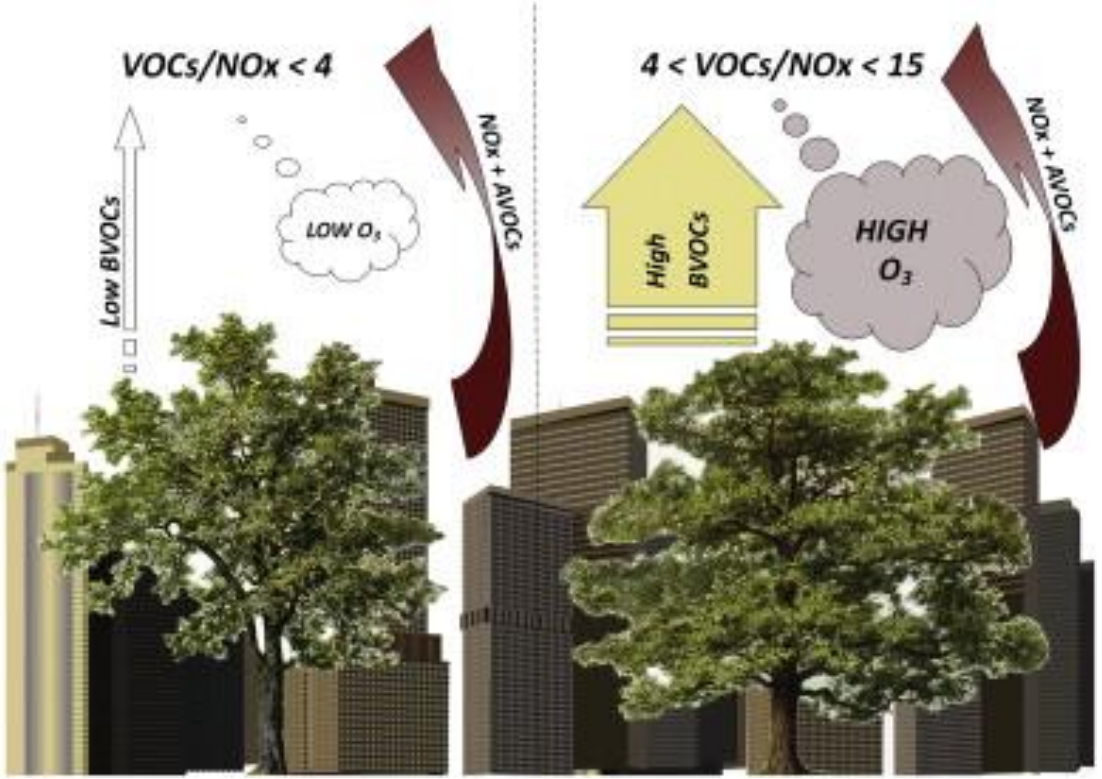
Una potatura più equilibrata volta a massimizzare la capacità di ombreggiamento e sequestro di inquinanti



Le sfide del futuro: gestire il verde urbano minimizzando i disservizi servizi ecosistemici

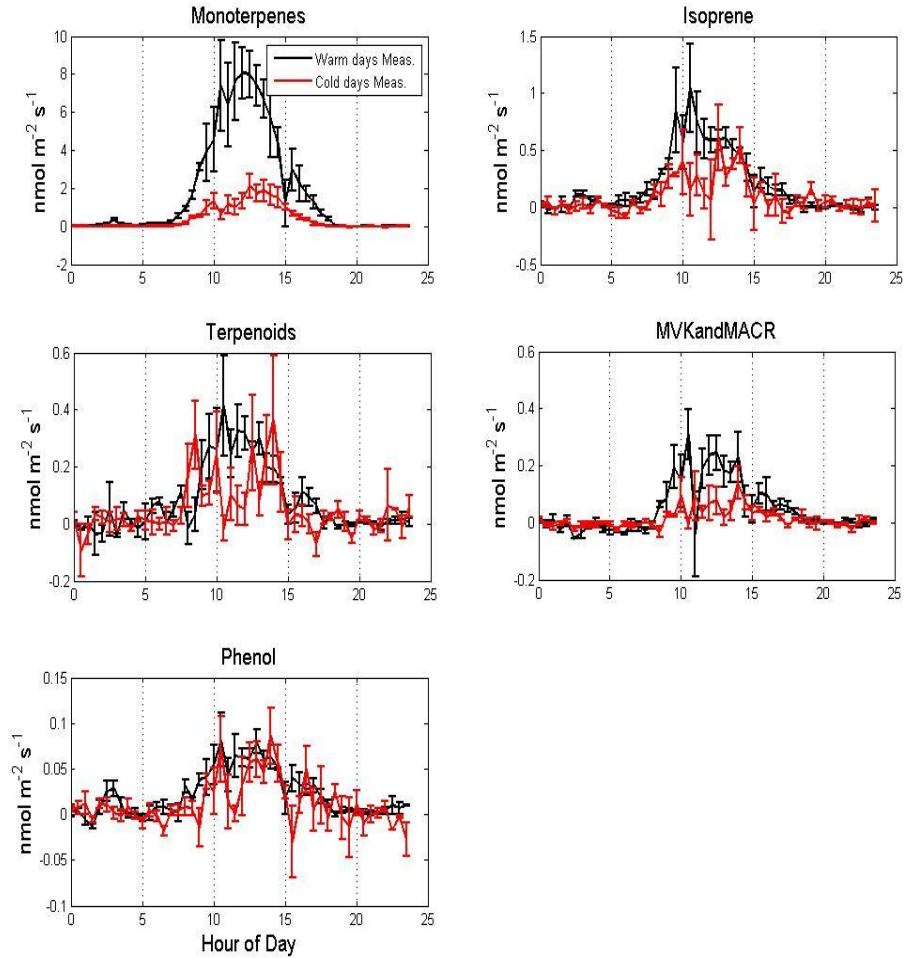


Alcune specie forestali utilizzate nelle alberature urbane possono produrre composti organici volatili che formano ozono, occorre fare attenzione nella scelta delle specie!



- Amount Known**
- Isoprene (C₅H₈)
 - Monoterpenes (C₁₀H₁₆)
 - Oxygenated VOC
 - Sesquiterpenes (C₁₅H₂₄)

La lecceta di Castelporziano emette VOC



Tipico andamento giornaliero dei VOC che rispondono a luce e temperatura



Fasi dell'installazione di un PTR-MS



Le sfide del futuro: supportare gli amministratori del verde



Specifind

Fill in the form specifying your interests and start searching for arboreal plants from which you can get more benefits.

Login

Search Species

Tree Hight: Min Max m

Height at Maturity: m

Localty: Nation Locality

Benefits: Overall Specific

Pollutant Removal: Overall Rate (select)

Low VOC Emissions: (select)

Low Allergenicity: (select)

Carbon Storage: (select)

Air Temperature Reduction: (select)

Report: Estimate Values per Area Unit Generate Report per Specie Genus Show All

In the report you will get a list of the most used tree species for urban greenery, arranged according to a score (rank) expressing the degree of compliance with chassid requirements.

Climatic and site requirements are measured (if you specify the location), the correspondence to the possible required height and the value of the potential environmental benefits of species, weighted according to the specified scale of importance from 0 to 10 (*).

Show in Report

AIRTREE in WebGis: on-line decision support system for urban forestry - www.air-tree.org

PM10 (kg/(km2 * anno))	154,03
PM2.5 (kg/km2 * anno)	4,45
PM1 (kg/km2 * anno)	0,13
Ozone (g / (m2*anno))	8,03



Statistiche dinamiche

Alberi e siepi antismog

Selezione i seguenti parametri:

Inquinante: Assorbimento di O3

Tipologia pianta: Albero grande

Allergenicita': Alta

Scelta grafico: completo zoomato

Asse x: 0 10

Asse y: 0 100

Tabella piante Grafico piante

Show 10 entries

Genere_Specie	Nome_comune	Dimensione_pianta	Allergenicita'	Assorbimento O3	Assorbimento NO2	Abbattimento PM10	Assorbimento CO2
Fagus_sylvatica	Faggio europeo	Albero grande	bassa	47.95	44.174	5.788	0.4699
Fraxinus_excelsior	Frassino maggiore	Albero grande	media	42.7	43.206	0.663	0.2727
Liriodendron_tulipifera	L'albero dei tulipani o tulipie	Albero grande	nulla	36.626	42.563	3.036	0.0362
Tilia_cordata	Tiglio selvatico	Albero grande	nulla	32.772	30.424	2.84	0.0606
Tilia_platyphyllos	Tiglio nostrano	Albero grande	nulla	32.772	30.424	2.84	0.0606
Fagus_spp.	Faggio	Albero grande	bassa	29.439	41.717	5.278	0.1092
Platanus_x_acerifolia	Platano comune	Albero grande	bassa	28.396	37.844	1.876	0.0822
Aesculus_hippocastanum	Ippocastano	Albero grande	nulla	26.899	22.474	0.914	0.1223
Acer_pseudoplatanus	Acero Montano	Albero grande	nulla	26.124	24.355	2.58	0.0935
Acer_platanoides	Acero Riccio	Albero grande	nulla	26.04	24.355	2.58	0.0805

Unità di misura

Ozono (O3): bilancio giornaliero per pianta estate (rimozione netta) 01.04-31.10 O3 assorbito-O3 prodotto g/tree/day

Biossido di azoto (NO2): assorbimento giornaliero per pianta anno g/tree/day

Particolato fine (PM10): assorbimento giornaliero per pianta inverno (01.11-31.03) g/tree/day

Anidride carbonica (CO2): totale sequestrata per anno t/tree/year

Grazie!



Silvano Fares
CNR-Istituto per la BioEconomia
Skype: silva_802000
email: silvano.fares@cnr.it

