

# Qualità dell'aria e foreste urbane

Elena Paoletti

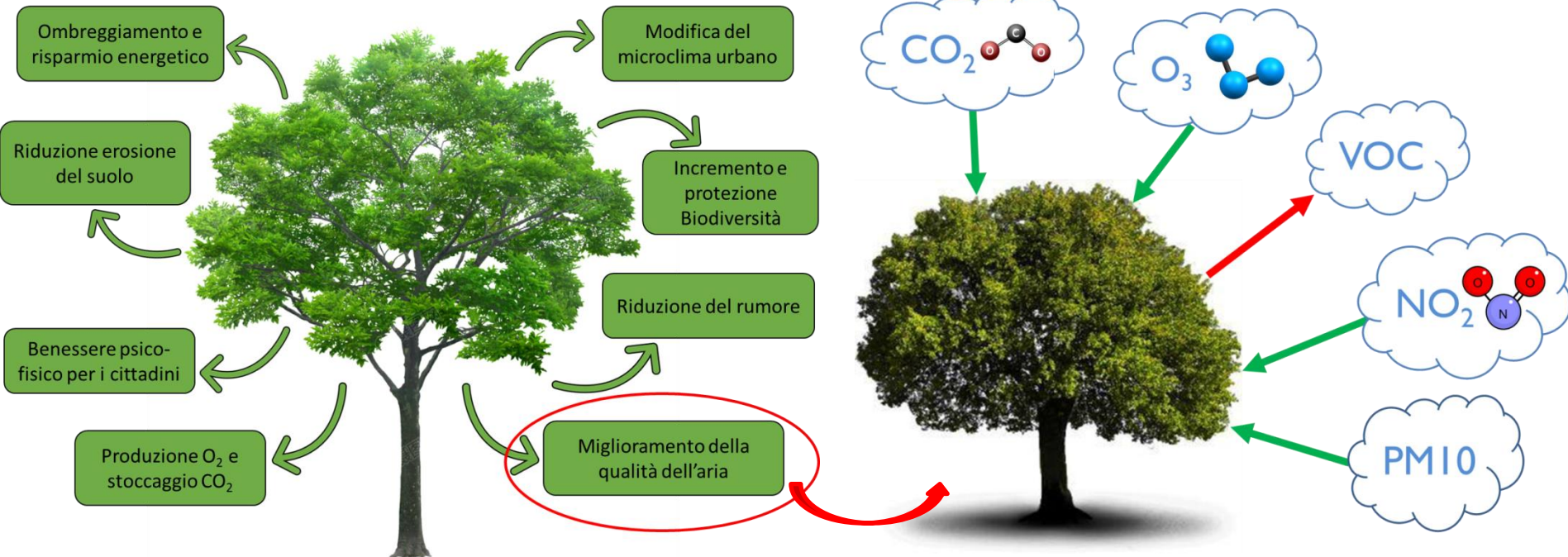
Istituto di Ricerca sugli Ecosistemi Terrestri

Consiglio Nazionale delle Ricerche

Via Madonna del Piano 10

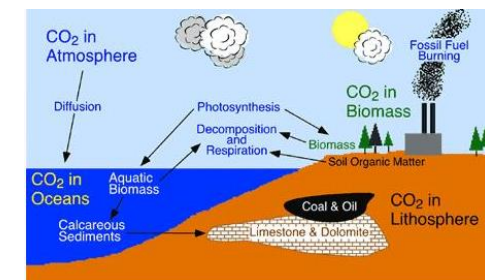
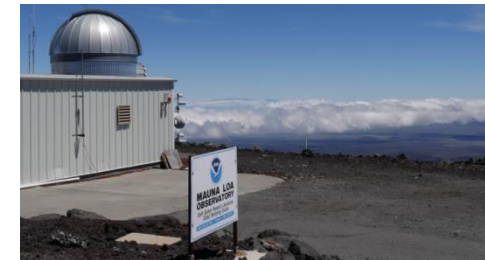
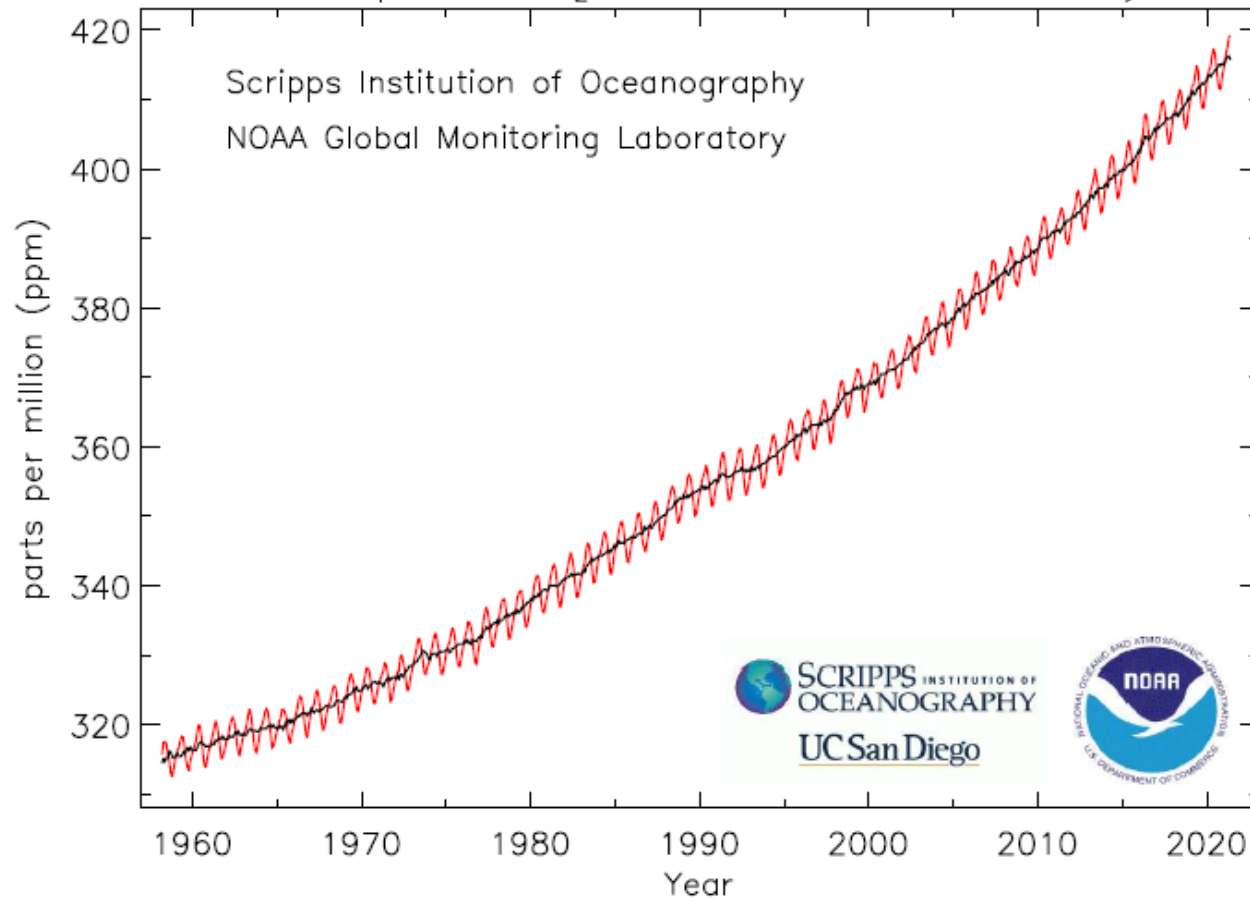
Sesto Fiorentino

Elena.paoletti@cnr.it



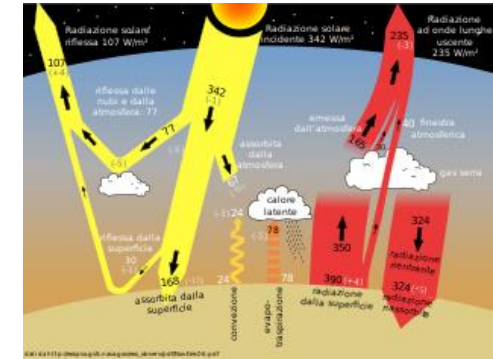
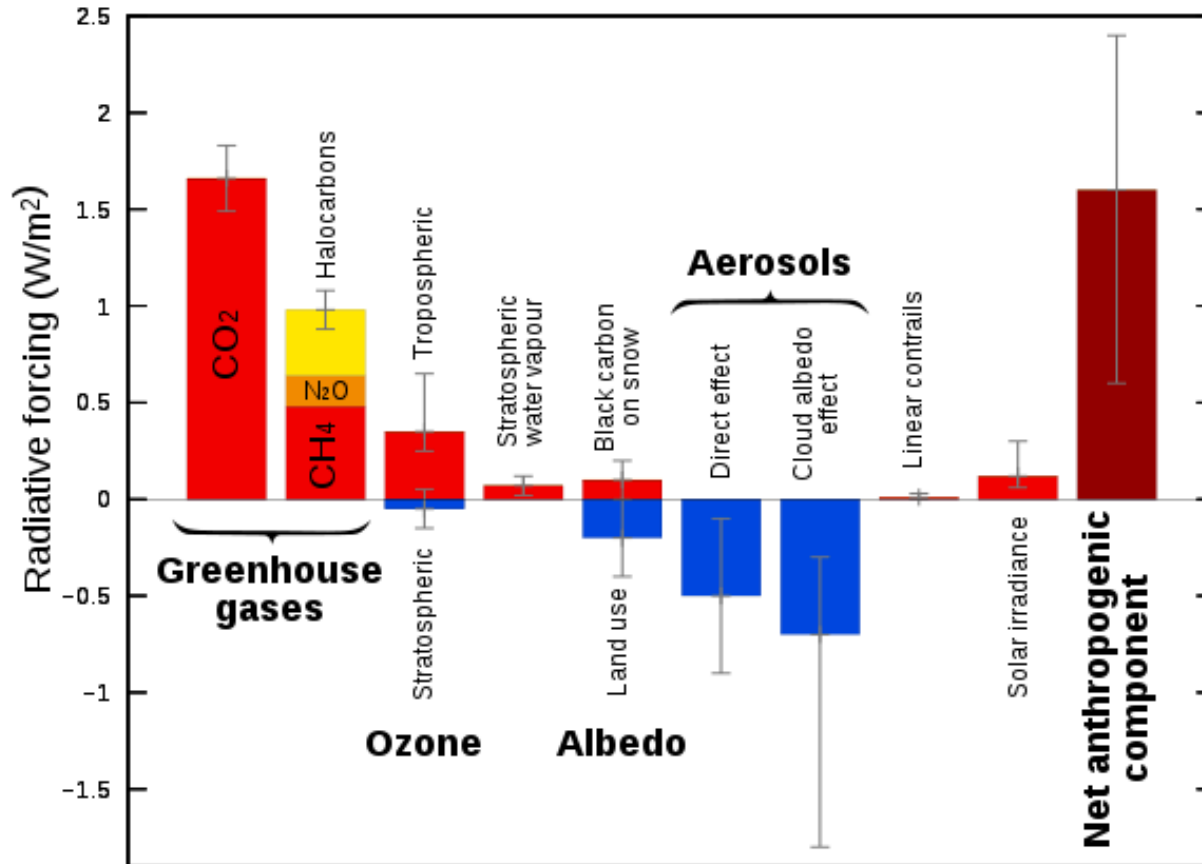
# L'aumento dell'anidride carbonica

Atmospheric CO<sub>2</sub> at Mauna Loa Observatory

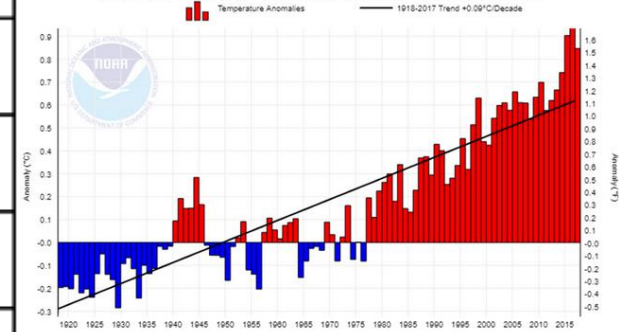


# La CO2 e il cambiamento climatico

## Radiative-forcing components



Global Land and Ocean Temperature Anomalies, January-December



# Gli inquinanti atmosferici più pericolosi per la salute umana

European Environment Agency 

Air quality in Europe — 2020 report

<b>OZONO</b>	$O_3$
<b>BIOSSIDO DI AZOTO</b>	$NO_2$
<b>PARTICOLATO</b>	PM10 e PM2.5

Percentuale della popolazione europea esposta a valori eccedenti i limiti fissati dal WHO (EEA, 2020):

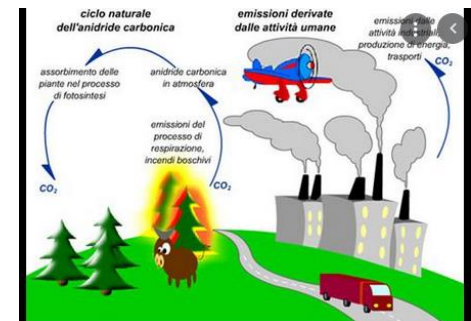
99% per  $O_3$   
74% per PM2.5  
48% per PM10  
4% per  $NO_2$



World Health Organization

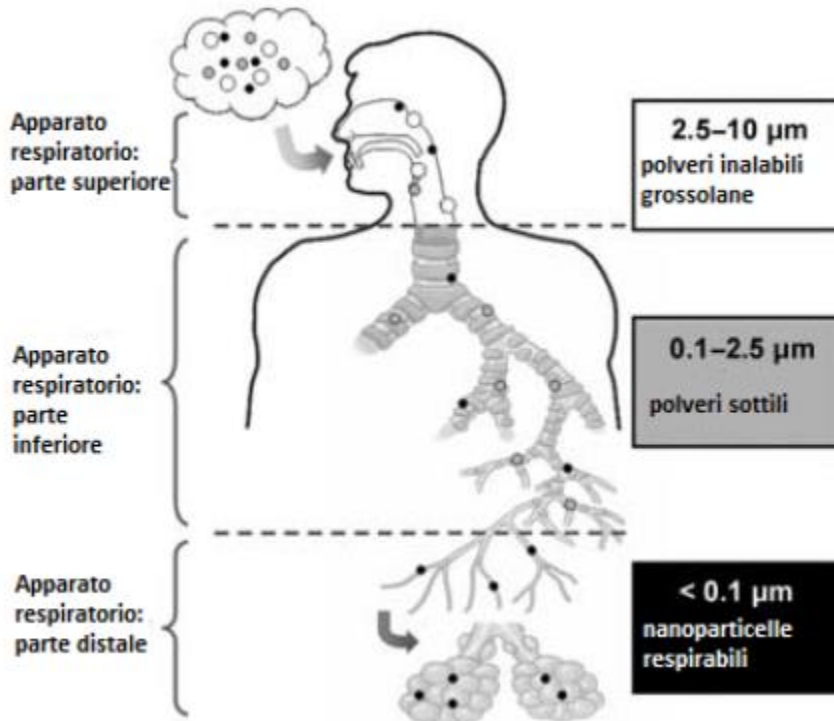
## Fonti

- Precursori ozono: trasporti, riscaldamento, produzione di energia
- Biossido di azoto – traffico
- Particolato fine - processi di combustione, attività agricole e zootecniche



# Particolato

- Disturbi respiratori (tosse, catarro, asma, diminuzione della capacità polmonare, bronchite cronica)
- Effetti sul sistema cardiovascolare



Gli effetti possono essere aggravati da altre sostanze tossiche adsorbite sulle polveri p.e. idrocarburi policiclici aromatici o metalli

Circa 380 mila morti premature in Europa  
Circa 52 300 in Italia

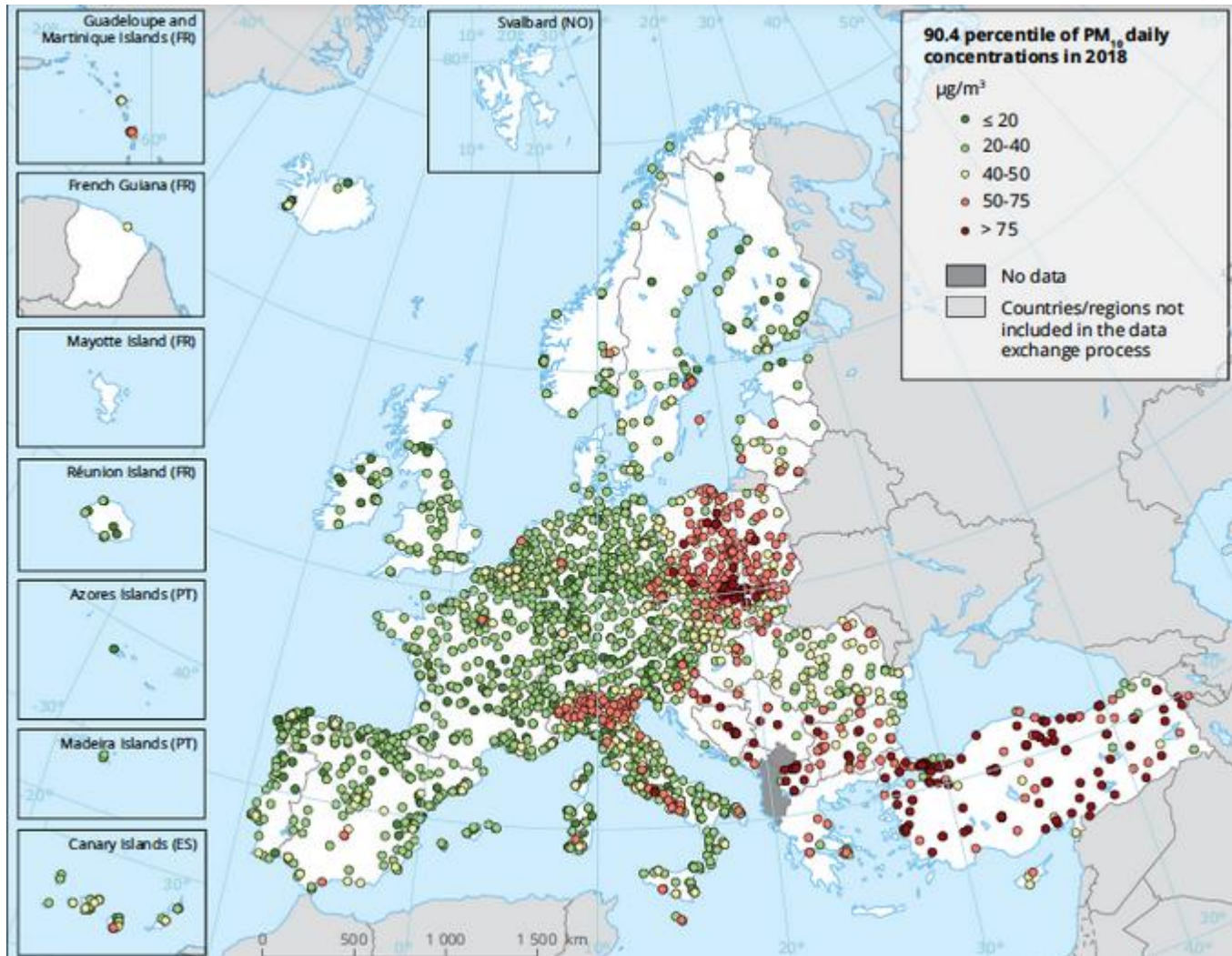


NEWS FEATURE

News Feature: How air pollution threatens brain health

Lynne Peoples

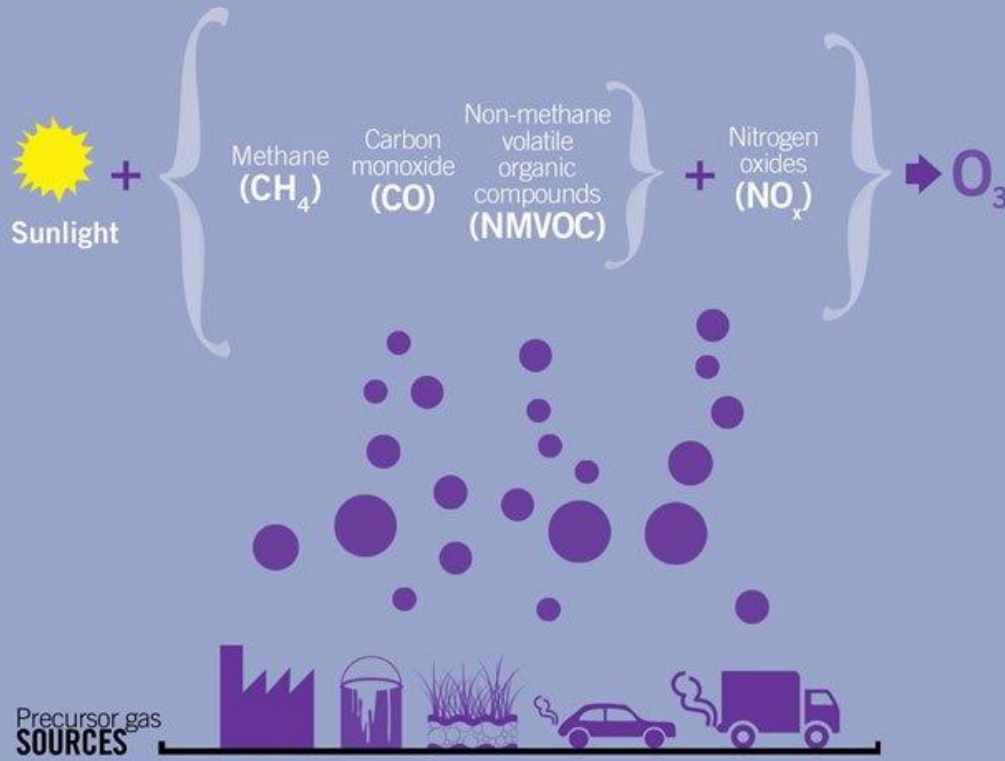
# L'Italia è ad alto rischio di inquinamento da particolato



# Ozono

## Tropospheric Ozone ( $O_3$ )

Tropospheric Ozone ( $O_3$ ) is a major air and climate pollutant. It causes warming and is a highly reactive oxidant, harmful to crop production and human health.  $O_3$  is known as a 'secondary' pollutant because it is **not emitted directly**, but instead forms when precursor gases react in the presence of sunlight.



LIFETIME IN  
ATMOSPHERE

Weeks



### IMPACTS

  $O_3$  precursors can be carried round the globe, making it a **transboundary pollution problem**

 Tropospheric  $O_3$  **warms the atmosphere**

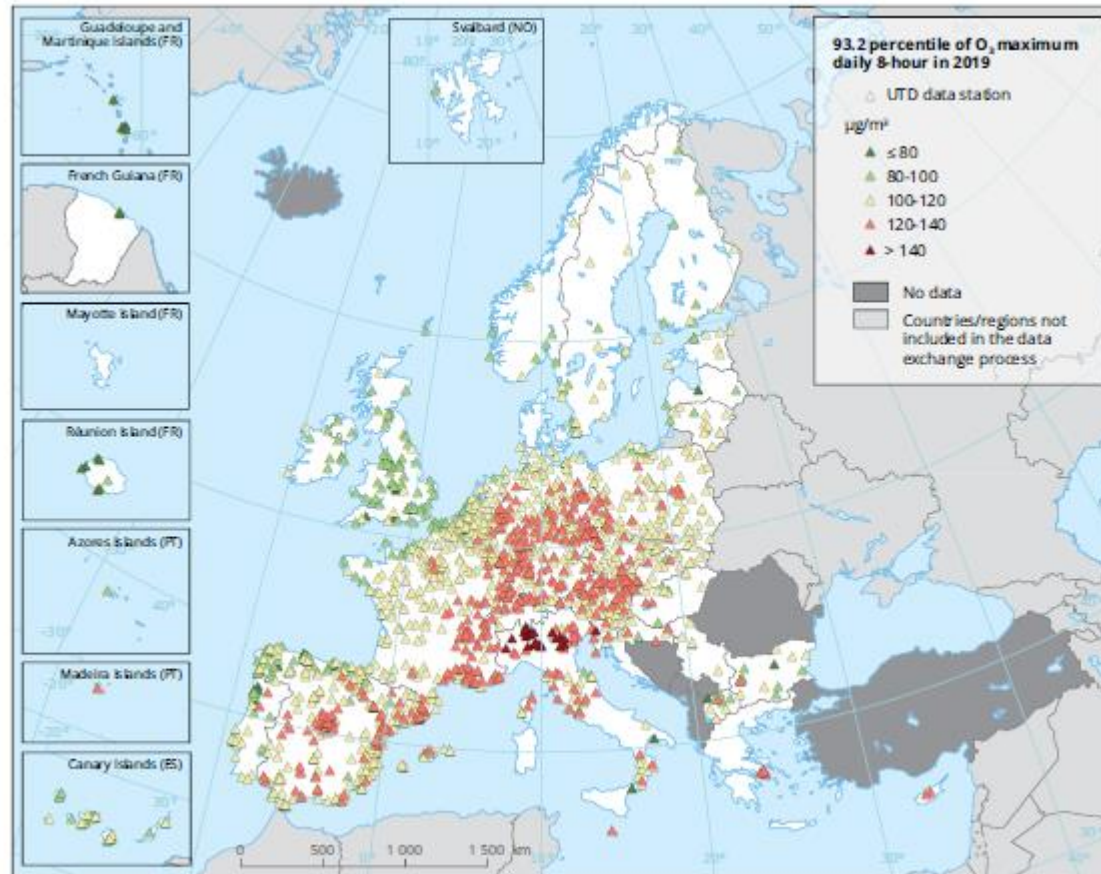
$O_3$  damages plants and affects **agricultural production:**

- Reducing photosynthesis
- Reducing the plants ability to sequester carbon
- Reducing health and productivity of crops



  $O_3$  air pollution causes over **150 thousand premature deaths** every year, and **millions more chronic diseases**, particularly in children and the elderly

# L'Italia è ad alto rischio di inquinamento da ozono

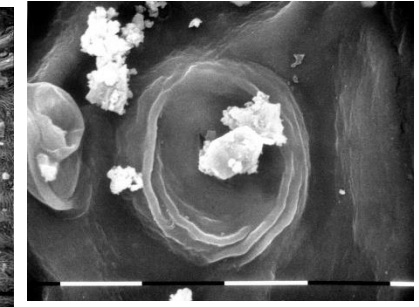
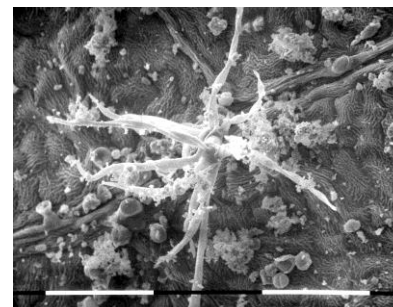
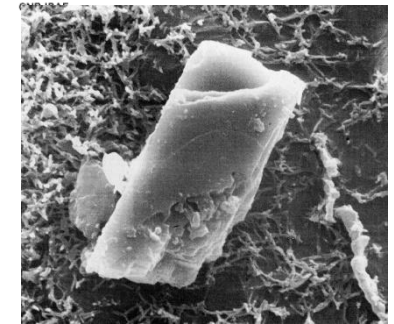
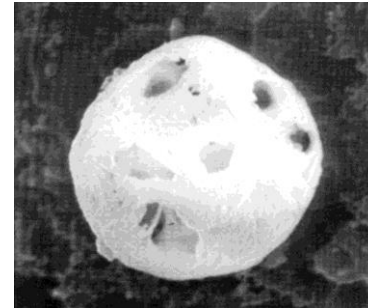
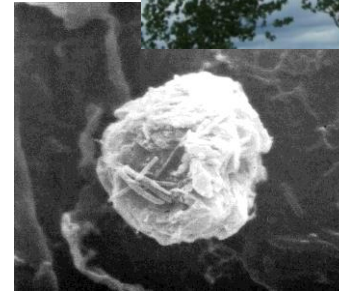
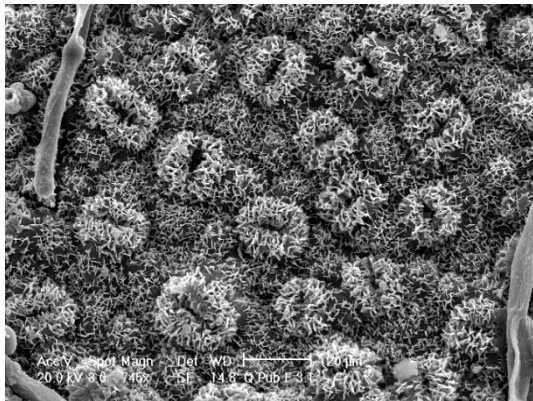


Reference data: ©ESRI | ©EuroGeographics

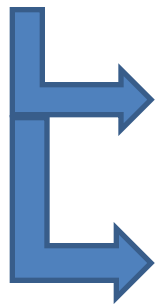


# Come le piante rimuovono il particolato dall'aria

turbolenza => collisione =>  
adesione (deposizione secca) [=>  
risospensione o lavaggio]

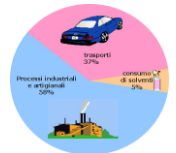


# Il ruolo delle piante nella formazione/distruzione dell'ozono

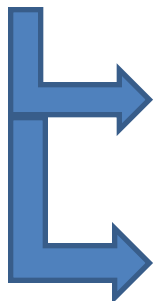


Antropogenici (es: benzene, formaldeide, clorofluorocarburi)

Biogenici (es: isoprene, monoterpeni)

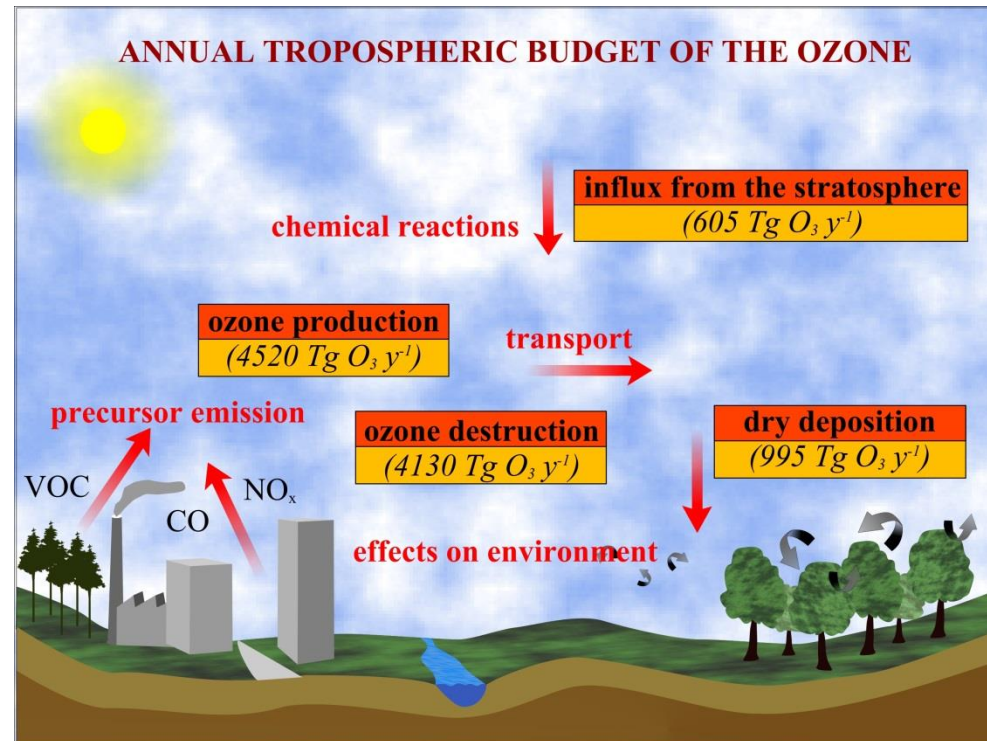


• Deposizione secca



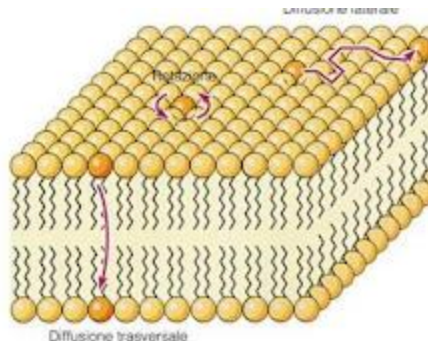
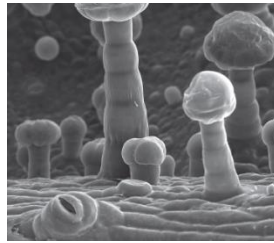
Non stomatica (sulle superfici)

Stomatica

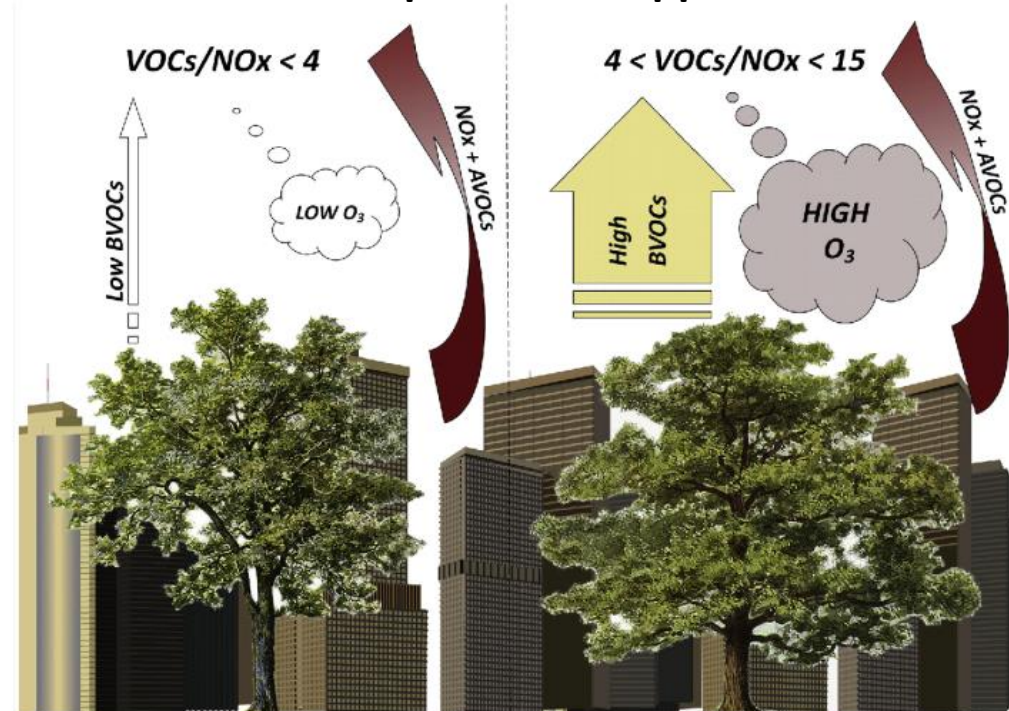


# Il potenziale di ozono formazione (POF)

Il potenziale di ozono-formazione è dovuto all'emissione di composti organici volatili che è specie specifica, cioè le diverse specie differiscono sia nella quantità che nella qualità delle emissioni



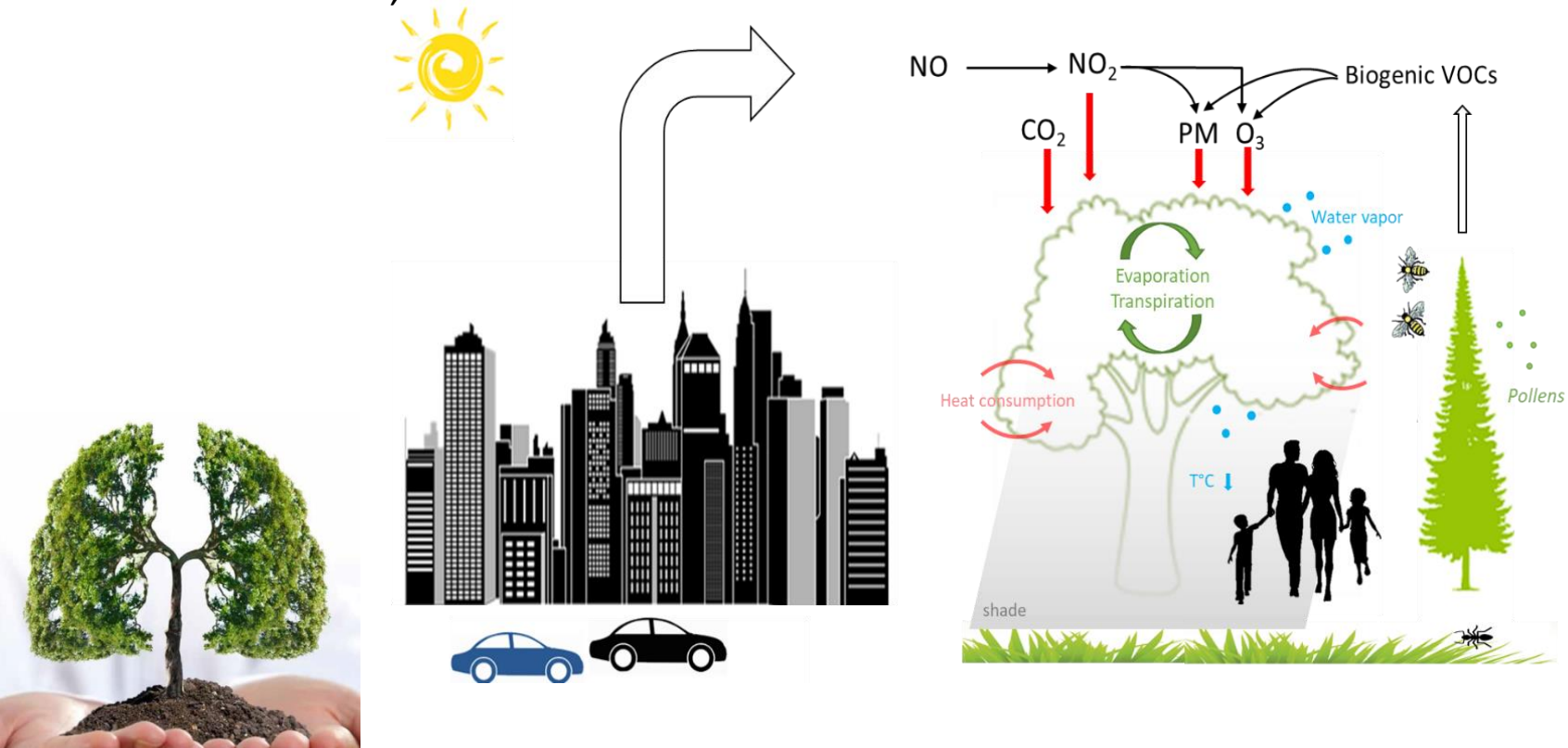
La formazione di O<sub>3</sub> dipende dal rapporto VOC/NO<sub>x</sub>



# Città più verdi per un'aria più pulita

La riforestazione urbana e peri-urbana può aiutare a rispettare i limiti di inquinamento per la protezione della salute umana

E' una strategia win-win per i cittadini perchè oltre alla riduzione dell'inquinamento atmosferico, le piante sequestrano il carbonio atmosferico, regolano la temperatura dell'aria, riducono il rumore, forniscono benefici estetici e sociali....



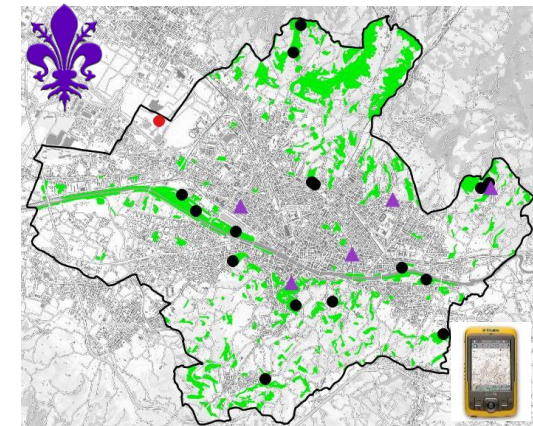


Original article

A spatially-explicit method to assess the dry deposition of air pollution by urban forests in the city of Florence, Italy



Francesca Bottalico<sup>a</sup>, Davide Travaglini<sup>a,\*</sup>, Gherardo Chirici<sup>a</sup>, Vittorio Garfi<sup>b</sup>,  
Francesca Giannetti<sup>a</sup>, Alessandra De Marco<sup>c</sup>, Silvano Fares<sup>d</sup>, Marco Marchetti<sup>b</sup>,  
Susanna Nocentini<sup>e</sup>, Elena Paoletti<sup>e</sup>, Fabio Salbitano<sup>a</sup>, Giovanni Sanesi<sup>f</sup>



# Risultati modellistici

- Rimozione oraria percentuale fino a 5% per ozono e 13% per PM a Firenze
- Rimozione media annua <2%





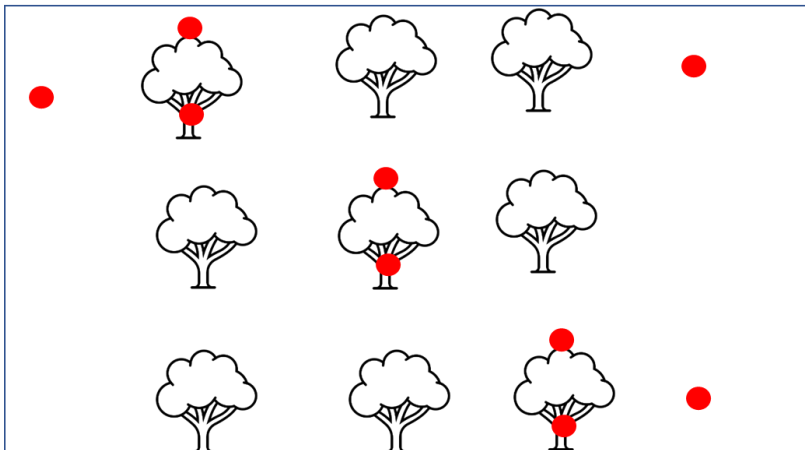
# Misure dirette

- Grande variabilità, poche misure



AIRFRESH

[www.life-airfresh.eu](http://www.life-airfresh.eu)



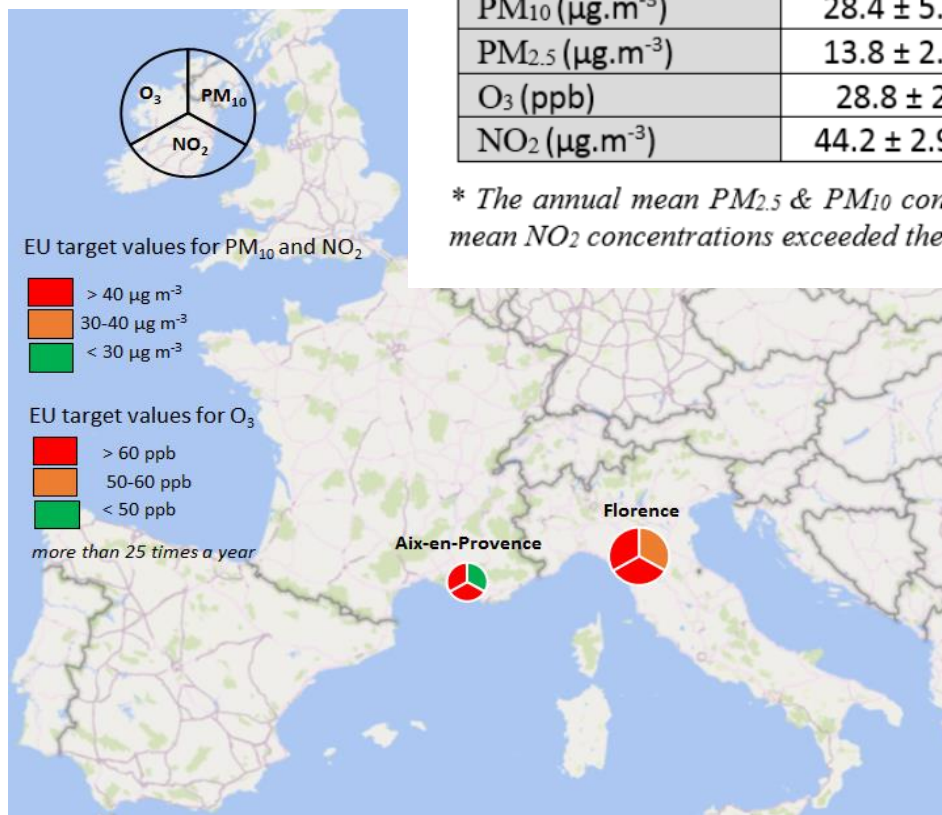
# Firenze e Aix-en-Provence: Front runner cities



Due città europee dove i cittadini sono regolarmente esposti ai limiti fissati dal WHO per gli inquinanti atmosferici ed al Cambiamento Climatico

Metrics (unit)	Aix		Florence	
	Mean unit	Trends unit per year	Mean unit	Trends unit per year
PM <sub>10</sub> (µg.m <sup>-3</sup> )	28.4 ± 5.3 *	- 0.58	25.8 ± 5.9 *	- 1.09
PM <sub>2.5</sub> (µg.m <sup>-3</sup> )	13.8 ± 2.6 *	- 0.30	16.1 ± 2.8 *	- 0.54
O <sub>3</sub> (ppb)	28.8 ± 2.2	<b>+ 0.24</b>	22.8 ± 7.9	<b>+ 0.18</b>
NO <sub>2</sub> (µg.m <sup>-3</sup> )	44.2 ± 2.9 **	- 0.57	46.3 ± 8.9 **	- 1.22

\* The annual mean PM<sub>2.5</sub> & PM<sub>10</sub> concentrations exceeded the WHO AQG each year. \*\* The annual mean NO<sub>2</sub> concentrations exceeded the EU & WHO limit values each year.



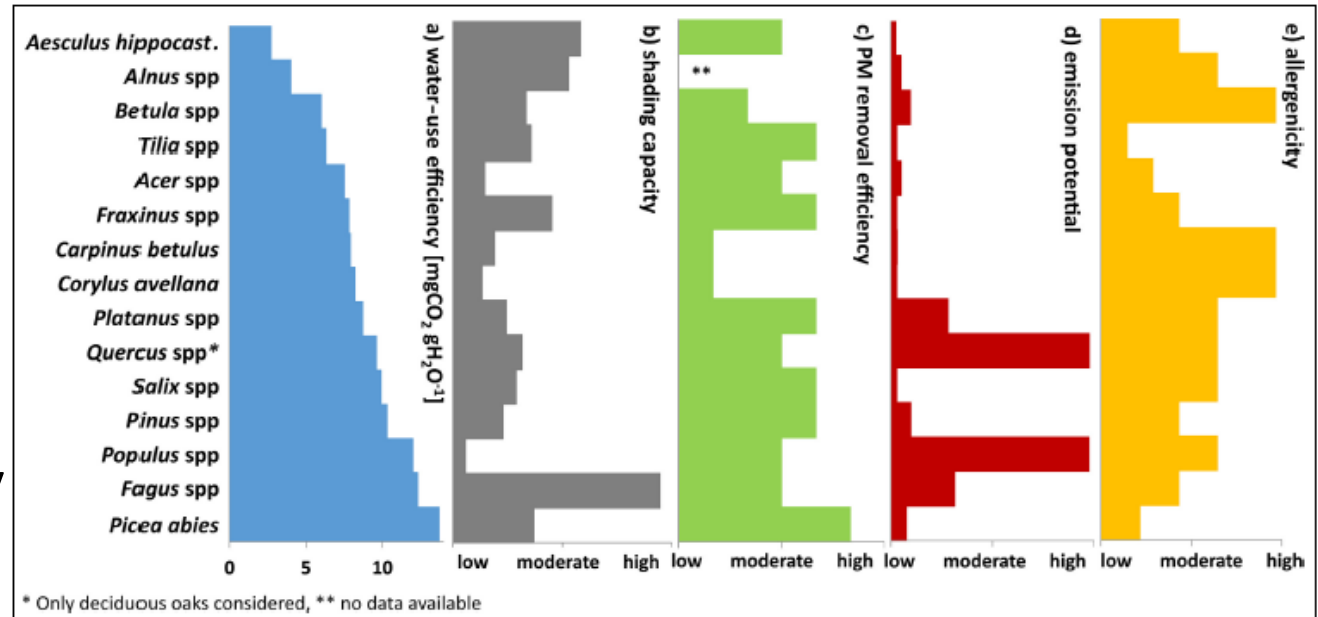
Temperatura dell'aria:  
+ 1,9-4,6 °C entro il 2100

Per il 2019, si stima che 73 e **167** morti premature e 309 e **700** ricoveri ospedalieri per malattie cardiovascolari/respiratorie siano dovuti all'inquinamento atmosferico ad Aix e **Firenze**

# Quali sono le caratteristiche che rendono una specie più adatta al miglioramento della qualità dell'aria?

The tree traits considered most relevant for air pollution mitigation in European cities are :

- canopy density
- foliage longevity
- water-use strategy
- emission of reactive compounds

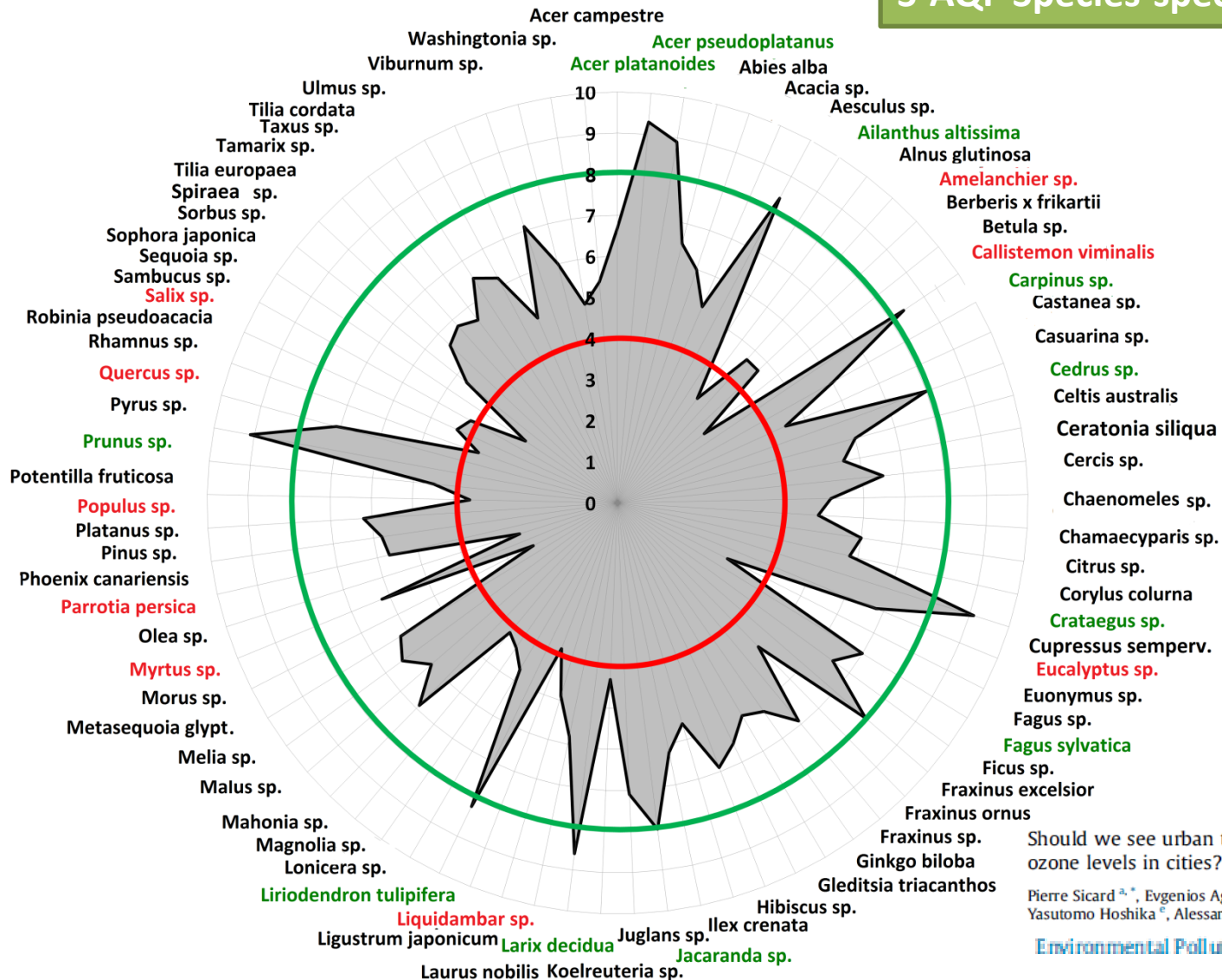


**Figure 3.** Selection criteria listed for the most common urban tree species. (a) Water-use efficiency (WUE) taken from Wang et al. (2013) and other sources; (b) shading capacity calculated as leaf area index  $\times$  relative leaf abundance throughout the year (based on Tiwary et al. 2016)  $\times$  crown width/tree height (based on <https://www.hortcopia.com/hortpip/index.shtml>); (c) PM removal efficiency based on relative numbers given by Yang et al. (2015) as described in the text; (d) lumped isoprene and monoterpene emission potentials under standard conditions (based on units of micrograms per grams dry weight per hour; Karl et al. 2009); and (e) allergenicity calculated as pollination duration  $\times$  intensity  $\times$  toxicity (Cariñanos et al. 2016). All values except WUE are scaled between lowest and highest values obtained in the dataset.



# Come possiamo usare gli alberi per ridurre i livelli di ozono in città

## S-AQI Species-specific air quality index



- Rimuovere O3 (1-3)
- Rimuovere NO2 (1-3)
- Emettere BVOC (1-3)
- Rimuovere PM10 (1-3)
- Tollerare O3, insetti, malattie, siccità, e rilasciare polline (1-3)

Should we see urban trees as effective solutions to reduce increasing ozone levels in cities?\*

Pierre Sicard <sup>a,\*</sup>, Evgenios Agathokleous <sup>b,c</sup>, Valda Araminiene <sup>d</sup>, Elisa Carrari <sup>e</sup>, Yasutomo Hoshika <sup>e</sup>, Alessandra De Marco <sup>f</sup>, Elena Paoletti <sup>e</sup>

[Environmental Pollution 243 \(2018\) 163–176](#)

# SPECIFIND: select the best tree species for your European city

## 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 Height

Height at Maturity      Min      Max      m

#### Locality

Nation       ▼

Locality       ▼

#### Benefits \*

Pollutant Removal       Overall       Specific

Overall Rate       ▼

Low VOC Emissions       ▼

Low Allergenicity       ▼

Carbon Storage       ▼

Air Temperature Reduction       ▼

Select All

↑ [Show in Report](#)

#### Report

Estimate Values per Area Unit     

Generate Report per       Specie       Genus

Show       ▼

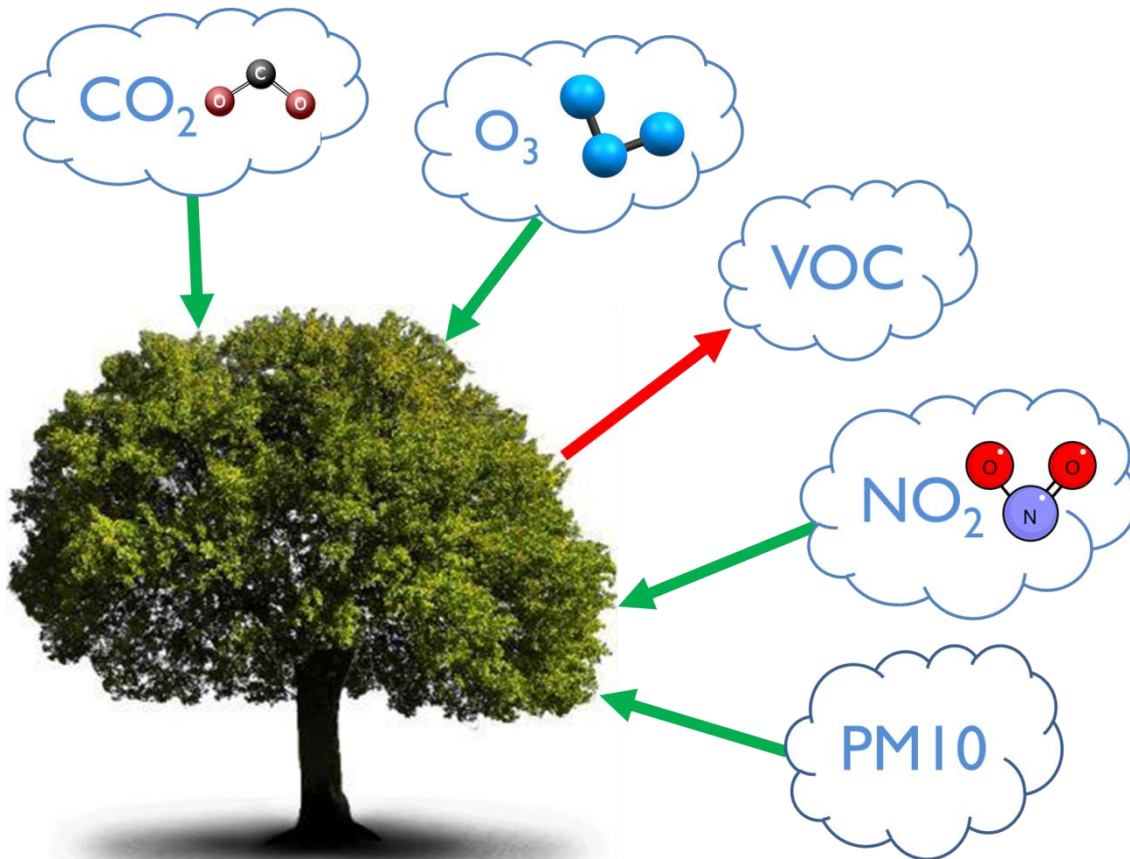
In the report you will get a list of the most used tree species for urban greenery, arranged according to a score (rank) expressing the degree of compliance with chased requirements.


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 (\*).

In the report there are reported indicative benefit estimates for single adult plant (or m<sup>2</sup>), too, if required to display them.

# Piano Regionale per la Qualità dell'Aria Ambiente della Regione Toscana (2018)

- U3) Indirizzi per la piantagione di specifiche specie arboree in aree urbane per l'assorbimento di particolato e ozono



<i>Ginkgo biloba</i>	Famiglia: Ginkgoaceae	Ginkgo
	<b>Caratteristiche:</b> Latifoglia Decidua Riproduzione: Dioica H media: 20 m Forma chioma: Ovale	<b>Consigliata</b> in zone ad elevata presenza di inquinanti e gassosi e PM <sub>10</sub>
Assorbimento CO <sub>2</sub> : Alto Assorbimento Gas Inquinanti O <sub>3</sub> , NO <sub>2</sub> : Alto Abbattimento PM <sub>10</sub> : Alto Formazione O <sub>3</sub> : Basso		

# le migliori

Categorizzazione  
basata su  
valutazione  
globale rispetto a  
qualità dell'aria  
278 specie analizzate,  
per circa 100 mancano  
alcuni parametri  
(necessità di misure  
dirette)



Genere	Specie	Net O3	NO2	PM10	CO2	tot
<i>Fagus</i>	<i>sylvatica</i>	8	7	7	4	26
<i>Fagus</i>	<i>spp.</i>	8	7	7	4	26
<i>Cedrus</i>	<i>libani</i>	8	6	7	4	25
<i>Acer</i>	<i>pseudoplatanus</i>	8	6	6	4	24
<i>Acer</i>	<i>platanoides</i>	8	6	6	3	23
<i>Quercus</i>	<i>douglasii</i>	8	6	5	4	23
<i>Platanus</i>	<i>x acerifolia</i>	8	7	5	3	23
<i>Quercus</i>	<i>cerris</i>	8	6	5	4	23
<i>Tilia</i>	<i>cordata</i>	8	6	5	3	22
<i>Quercus</i>	<i>rotundifolia</i>	7	6	5	4	22
<i>Liriodendron</i>	<i>tulipifera</i>	8	6	6	1	21
<i>Tilia</i>	<i>platyphyllos</i>	8	6	5	2	21
<i>Cedrus</i>	<i>atlantica</i>	7	4	6	4	21
<i>Tilia</i>	<i>x europaea</i>	8	6	5	2	21
<i>Aesculus</i>	<i>hippocastanum</i>	8	6	4	3	21
<i>Prunus</i>	<i>avium</i>	8	6	4	3	21
<i>Juglans</i>	<i>regia</i>	8	6	4	2	20
<i>Fraxinus</i>	<i>excelsior</i>	8	7	4	1	20
<i>Ulmus</i>	<i>americana</i>	8	5	4	3	20
<i>Fraxinus</i>	<i>uhdei</i>	8	5	3	4	20

# Categorizzazione e basata su valutazione globale rispetto a qualità dell'aria

278 specie analizzate,  
per circa 100 mancano  
alcuni parametri  
(necessità di misure  
dirette)

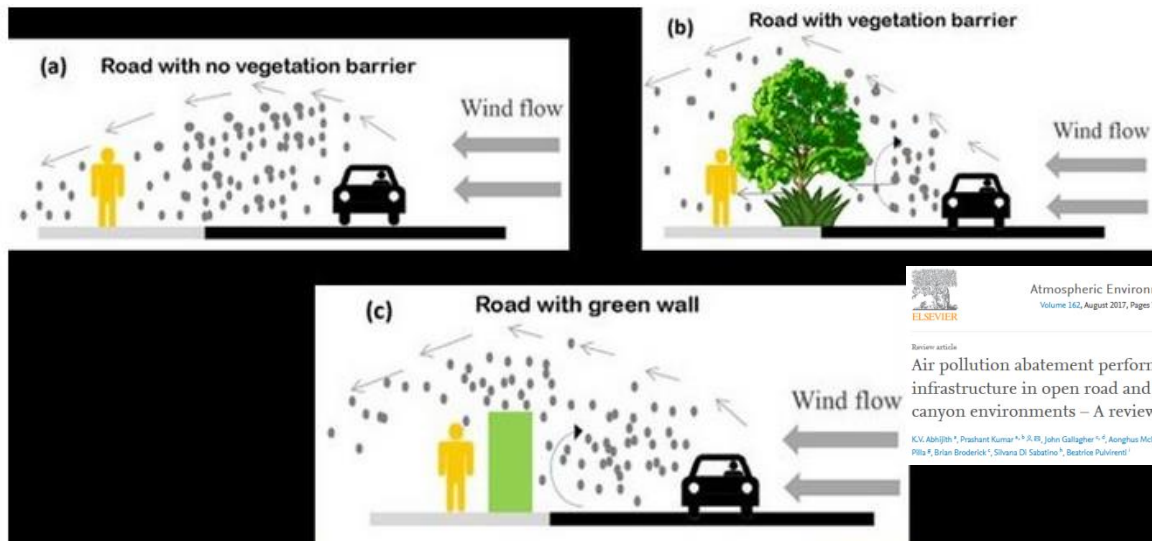


## le peggiori

Genere	Specie	Net O3	NO2	PM10	CO2	tot
<i>Salix</i>	<i>atrocineria</i>	1	2	1	1	5
<i>Populus</i>	<i>nigra</i>	0	2	1	2	5
<i>Salix</i>	<i>amygdaloides</i>	2	1	1	1	5
<i>Amelanchier</i>	<i>spp.</i>	3	1	0	1	5
<i>Pittosporum</i>	<i>tobira</i>	4	0	0	1	5
<i>Pittosporum</i>	<i>undulatum</i>	4	0	0	1	5
<i>Syringa</i>	<i>spp.</i>	4	0	0	1	5
<i>Salix</i>	<i>matsudana</i>	2	2	1	1	6
<i>Erythrina</i>	<i>spp.</i>	3	1	1	1	6
<i>Magnolia</i>	<i>stellata</i>	3	1	1	1	6
<i>Ilex</i>	<i>sp.</i>	4	1	0	1	6
<i>Cornus</i>	<i>sp.</i>	4	1	0	1	6
<i>Cotinus</i>	<i>coggygria</i>	4	1	0	1	6
<i>Prunus</i>	<i>virginiana</i>	4	1	0	1	6
<i>Prunus</i>	<i>spp.</i>	4	1	0	1	6
<i>Viburnum</i>	<i>spp.</i>	4	1	0	1	6
<i>Vitex</i>	<i>spp.</i>	4	1	0	1	6
<i>Rubus</i>	<i>parviflorus</i>	5	0	0	1	6
<i>Photinia</i>	<i>x fraserii</i>	4	1	1	1	7
<i>Tamarix</i>	<i>spp.</i>	4	1	1	1	7
<i>Diospyros</i>	<i>kaki</i>	4	1	1	1	7
<i>Ligustrum</i>	<i>coriaceum</i>	4	2	0	1	7
<i>Ligustrum</i>	<i>lucidum</i>	4	2	0	1	7
<i>Ligustrum</i>	<i>obovatum</i>	4	2	0	1	7

# L'albero giusto nel posto giusto

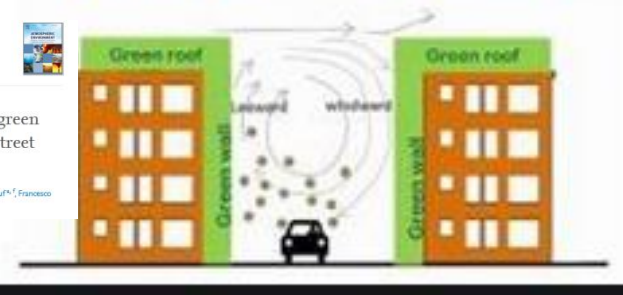
- In generale, favorire la circolazione del vento
- Negli street canyons, meglio piante a basso ingombro



Atmospheric Environment  
Volume 162, August 2017, Pages 71–86

Review article  
Air pollution abatement performances of green infrastructure in open road and built-up street canyon environments – A review

K.V. Abujith\*, Prashant Kumar<sup>a,†</sup>, A.R. John Gallagher<sup>a,†</sup>, Aonghus McNabola<sup>a,†</sup>, Richard Balduf<sup>a,†</sup>, Francesco Pilla<sup>a</sup>, Brian Broderick<sup>a</sup>, Silvana Di Sabatino<sup>b</sup>, Beatrice Pulvirenti<sup>c</sup>



# Conclusioni



- Il verde urbano può aiutare a migliorare la qualità dell'aria in città, purchè si scelgano le specie e le modalità di impianto più appropriate
- Faggio, aceri, frassini sono i generi migliori per l'assorbimento di **inquinanti gassosi**
- Le grandi conifere, in particolare con foglia squamiforme, sono da preferire nel caso di elevati livelli di **PM10**
- **Evitare querce, salici e pioppi** in zone ad elevate concentrazioni di ozono
- Evitare 'tunnel' vegetali su arterie di grande traffico e favorire invece le siepi

