

25  
11  
22

CENTRO CULTURALE ALTINATE  
SAN GAETANO  
VIA ALTINATE, 71 - PADOVA



Promosso da  
Comune  
di Padova



Organizzato da

PAYSAGE  
TOPSCAPE

# LA FORESTAZIONE URBANA PER LA CITTÀ CHE CAMBIA

ALBERI 10MILA  
PADOVA



**Padova città laboratorio di arboricoltura urbana: La ricerca scientifica**

**Alessio Fini<sup>1</sup>, I. Vigevani<sup>2</sup>, S. Comin<sup>1</sup>, D. Corsini<sup>2</sup>, M. Gibin<sup>1</sup>, F. Ferrini<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> – DiSAA, Università di Milano; <sup>2</sup> - DAGRI, Università di Firenze

# I benefici del verde

Le aree verdi forniscono **servizi ecosistemici** = benefici che derivano da processi ecologici, che, direttamente o indirettamente, aumentano lo stato di benessere dagli esseri umani.

Sono di diverse tipologie:

<i>CICES theme</i>	<i>CICES class</i>	<i>TEEB categories</i>	
Provisioning	• Nutrition	• Food, water	➔
	• Materials	• Raw materials, genetic resources, medicinal resources, ornamental resources	
Regulating and maintenance	• Energy		➔
	• Regulation of waste	• Air purification, waste treatment	
	• Flow regulation	• Disturbance prevention, regulation of water flows, erosion prevention	
	• Regulation of physical environment	• Climate regulation, maintaining soil fertility	
Cultural	• Regulation of biotic environment	• Gene pool protection, lifecycle maintenance, pollination, biological control	➔
	• Symbolic	• Information of cognitive development	
	• Intellectual and experiential	• Aesthetic, inspiration for culture, art and design, spiritual experience, recreation and tourism	

Approvvigionamento di risorse: cibo, acqua, energia

Regolazione di fenomeni ambientali (alluvioni, siccità)

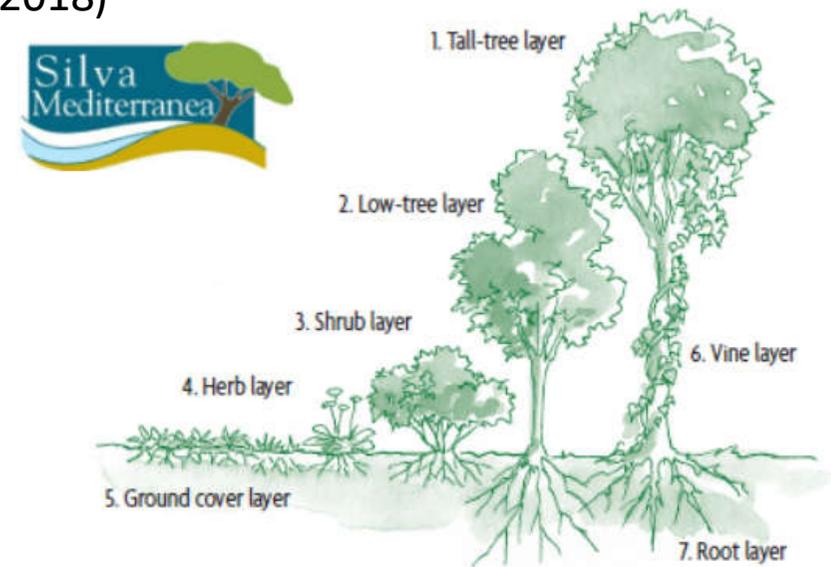
Benefici culturali

Dobbs et al., 2017, Routledge

# Approvvigionamento di risorse



La “**food forest**” è una policoltura di piante legnose ed erbacee perenni, eduli, pianificata e progettata per simulare le dinamiche forestali e perciò autosostenersi (Park et al., 2018)



The seven layers of the forest garden.

# Beni non materiali: benefici sociali

---



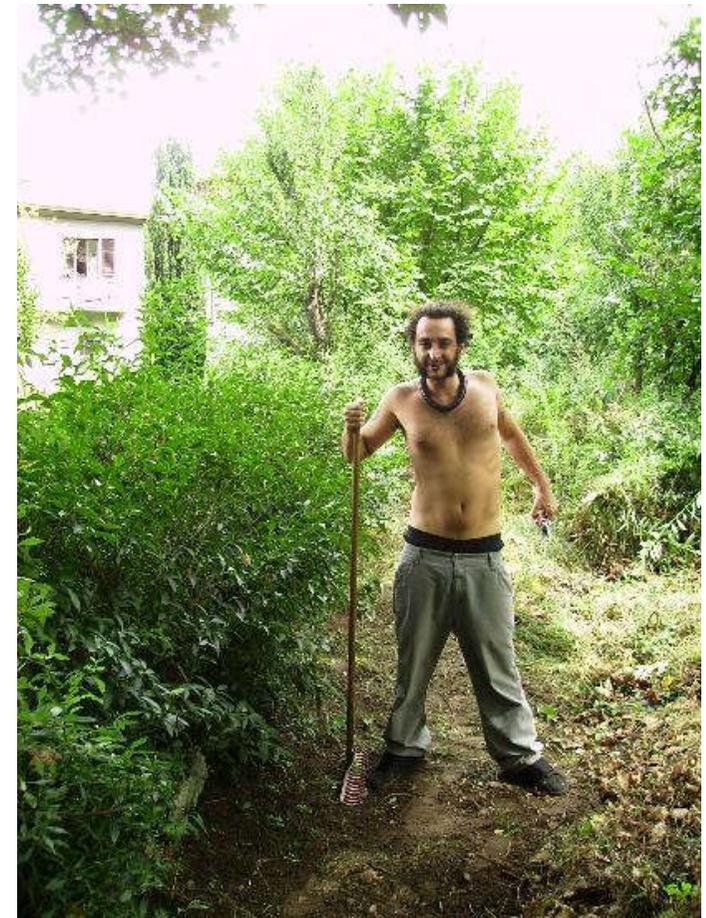
Le aree verdi urbane possono essere il “substrato” dell’aggregazione sociale, possono ridurre il senso di solitudine e favorire la formazione di una comunità coesa, in particolare se le persone condividono un obiettivo comune.

Risultato: minor criminalità, violenze domestiche, vandalismo

# Benefici fisici e psicologici



**Stress reduction theory (SRT):** la natura stimola delle reazioni affettive inconsce, che attivano vie metaboliche in grado di alleviare lo stress. Numerose evidenze supportano che la permanenza in contesti naturali riduce la tensione muscolare, la conduttanza epidermica, il cortisolo salivare, la pressione sanguigna e la frequenza cardiaca (Kuo, 2015).



# Benefici storici e culturali

*Ulmus campestris*  
Mergozzo (VB)

Età stimata: piantato  
attorno al 1600



Vègia pianta stòrta  
ti scùndat l'età cume 'na dòna  
ma mi a al téemp  
Cà da piöcc, uscéi e ragn  
int'la tö panscia vòia che la rimbumba al culp  
A ti s'fèe fòrza e ti sa drizzat  
cume tacà al ciél par mi a schisciàt  
Cusa ma i t'i vist, cusa ma i a t'i senti  
sémpar lì int'i fèst e fi narài  
suta l'acqua e al sùul  
cul Mussolini o cul P.C.  
Tì ti mòlat mi a la tö à nima uramài fundù cum al làach  
t'sè salvàdich  
ti fi à dat par la tèra  
testimòni d'la pòura géent  
ti avrèe capì sicùr al giúst sénza gula  
Mì, fi öl da Margözz  
e tö, spéri par tì che püsèe in là  
ma i un piulètt sénza gi üdizzi  
al végna a sasinàt la pèll  
cargà da piöcc, ragn e tanti ròpp bèll

(*Ulm*, Olmo, poesia di Angelo Danini)

# Benefici storici e culturali



Sotto l'olmo si riunivano i "consoli" di Riva e del Sasso per discutere la vita pubblica, per le decisioni riguardanti la comunità e per amministrare la giustizia di Mergozzo, ha quindi una grande valenza simbolica per una lista che si propone per amministrare il paese per i prossimi 5 anni

(da: Lista Civica Progetto Mergozzo, [http://etempo.overblog.it/pages/Il\\_perche\\_della\\_scelta\\_di\\_un\\_simbolo-1322329.html](http://etempo.overblog.it/pages/Il_perche_della_scelta_di_un_simbolo-1322329.html))

# Supporto e regolazione: miglioramento del microclima



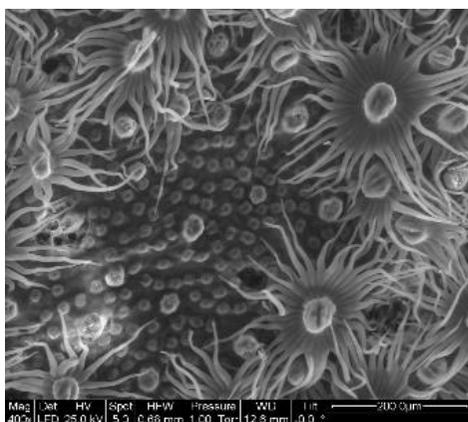
# Supporto e regolazione: miglioramento della qualità dell'aria



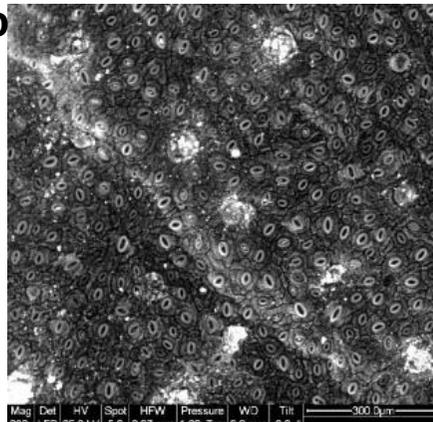
Tipicamente,  $1 \text{ cm}^2$  di area fogliare adsorbe 10-70  $\mu\text{g}$  PM all'anno, oltre ad assorbire inquinanti gassosi ( $\text{CO}$ ,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{O}_3$ )

# Supporto e regolazione: miglioramento della qualità dell'aria

Eleagno



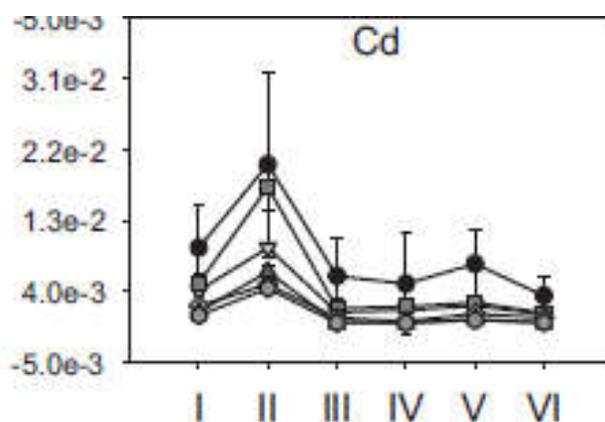
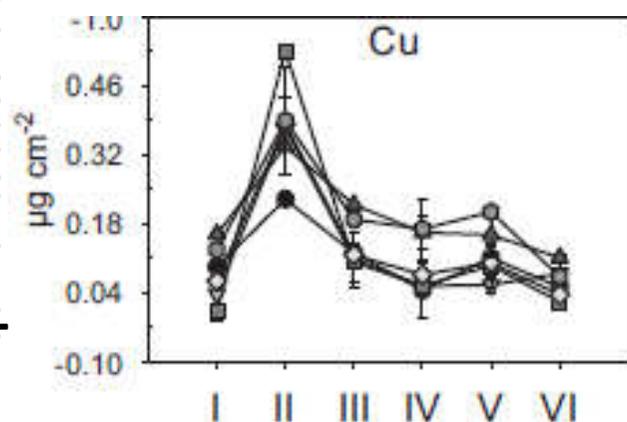
Ligustro



Il contributo del verde alla rimozione di inquinanti è spesso stimato con il modello di deposizione secca



Inquinante adsorbito



Leaf deposition of different elements in *Viburnum lucidum* (black circle), *A. unedo* (white triangle down), *P. x fraseri* (black square), *L. nobilis* (white diamond), *E. x ebbingei* (black triangle up) and *L. japonicum* (white circle). From Mori et al., 2015, 2016.

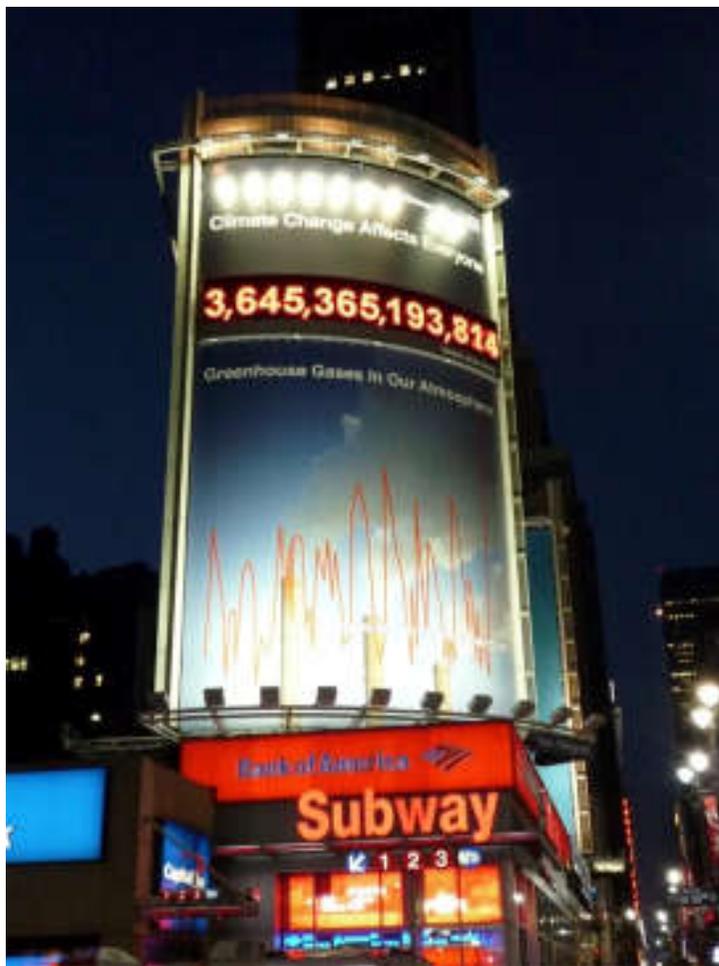
...ma esistono pochi dati sulla capacità di intercettazione delle diverse specie

SCIENTIFIC REPORTS

OPEN Variation in Tree Species Ability to Capture and Retain Airborne Fine Particulate Matter (PM<sub>2.5</sub>)

Lixin Chen, Chenming Liu, Lu Zhang, Rui Zou & Zhenqiang Zhang

# Supporto e regolazione: riduzione della CO<sub>2</sub> atmosferica



Le piante legnose sono un eccellente ed economico sink di carbonio, in grado di assimilare e stoccare la CO<sub>2</sub> atmosferica

**Assimilazione:** carbonio rimosso dall'atmosfera dagli alberi, convertita in zuccheri tramite la fotosintesi nell'unità di tempo, al netto della respirazione

## Stoccaggio

Quota di carbonio che rimane permanentemente in forma organica, sotto forma di biomassa legnosa, fino alla morte dell'albero

## Sequestro

Incremento di stoccaggio in anni successivi

# LIFE URBANGREEN (2018–2022)

---

**2 città:** Rimini e Cracovia

**10 specie arboree**

**2 tipologie di gestione:** tradizionale e “smart”

**Finalità:** 1- quantificare tramite misurazione diretta i benefici del verde;  
2- sviluppare un software di gestione smart che includa i benefici nella calendarizzazione degli interventi



# Le specie modello

## Krakov, PL



## Rimini, IT



- 10 specie: 3 specie in comune nelle 2 città; 3 generi in comune
- I generi selezionati descrivono il 65% e il 57% della popolazione arborea totale di Rimini e Cracovia

Species	n.	DBH min. (cm)	DBH max. (cm)
<b>Rimini</b>			
<i>Acer negundo</i> L.	80	7.50	67.62
<i>Aesculus hippocastanum</i> L.	105	5.00	76.43
<i>Ligustrum lucidum</i> Aiton	76	8.00	30.90
<i>Platanus x acerifolia</i> (Aiton) Willd.	78	5.30	77.55
<i>Populus nigra</i> L. 'Italica'	78	7.50	92.36
<i>Prunus laurocerasus</i> L.	12	4.00	37.88
<i>Quercus ilex</i> L.	110	11.50	109.18
<i>Quercus robur</i> L. 'Pyramidalis'	89	8.00	51.43
<i>Tilia x europaea</i> L.	109	6.20	58.93
<b>Krakov</b>			
<i>Acer platanoides</i> L.	135	5.00	84.39
<i>Aesculus hippocastanum</i> L.	125	4.50	109.71
<i>Cornus alba</i> L.	29	2.23	8.46
<i>Fraxinus excelsior</i> L.	128	4.50	84.87
<i>Populus nigra</i> L. 'Italica'	96	7.00	96.80
<i>Quercus robur</i> L.	126	5.00	129.14
<i>Sorbus aucuparia</i> L.	103	4.00	50.64
<i>Tilia cordata</i> Mill.	146	5.00	74.73
<i>Ulmus laevis</i> Pall.	87	4.00	118.15

# Età, diametro del fusto e area di proiezione della chioma

L'età delle piante è stata reperita da archive di Anthea e ZZM

Il diametro del fusto (DBH) e il raggio della chioma sono stati misurati su circa 800 alberi per città. L'area di proiezione della chioma (CPA) è stata calcolata dal raggio (Pretsch et al., 2015)

Il LAI è stato misurato con un ceptometro



I dati sono stati utilizzati per realizzare equazioni allometriche che correlassero età, DBH e CPA

$$DBH = b * age^a$$

$$TLA = LAI * \pi * R_{canopy}^2 = LAI * \pi * (b * DBH^a)^2$$

Species	b	a	R2	Function
<i>Acer negundo</i>	1,11393344815083	0,92401978988030	0,883	DBH = b * age <sup>a</sup>
<i>Aesculus hippocastanum</i>	0,95897047949680	0,99963633912339	0,947	DBH = b * age <sup>a</sup>
<i>Quercus robur</i>	2,10141368488829	0,75820986641471	0,736	DBH = b * age <sup>a</sup>
<i>Prunus laurocerasus</i>	2,25460849836377	0,61414876018813	0,468	DBH = b * age <sup>a</sup>
<i>Quercus ilex</i>	2,90733535606017	0,66277907159766	0,781	DBH = b * age <sup>a</sup>
<i>Ligustrum lucidum</i>	3,56302969814312	0,45074695375881	0,416	DBH = b * age <sup>a</sup>
<i>Populus nigra</i>	1,28491363078834	1,00839853426417	0,897	DBH = b * age <sup>a</sup>
<i>Platanus x acerifolia</i>	0,65017485710193	1,14619326101069	0,858	DBH = b * age <sup>a</sup>
<i>Tilia x europaea</i>	1,50390917211331	0,90314882990627	0,887	DBH = b * age <sup>a</sup>
<i>Pinus pinea</i>	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.

# Misurazione assimilazione CO<sub>2</sub> e traspirazione per unità di area fogliare

---



Per misurare l'assimilazione netta di CO<sub>2</sub> e la traspirazione è stato usato un analizzatore di scambi gassosi a infrarossi.

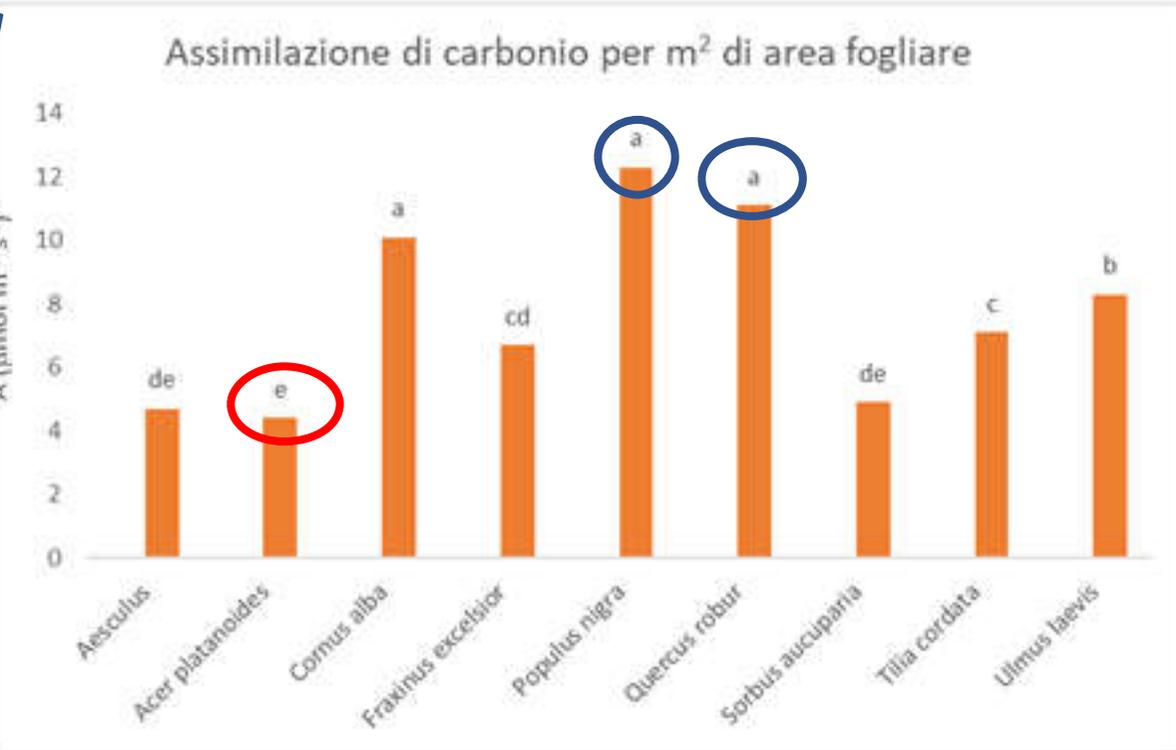
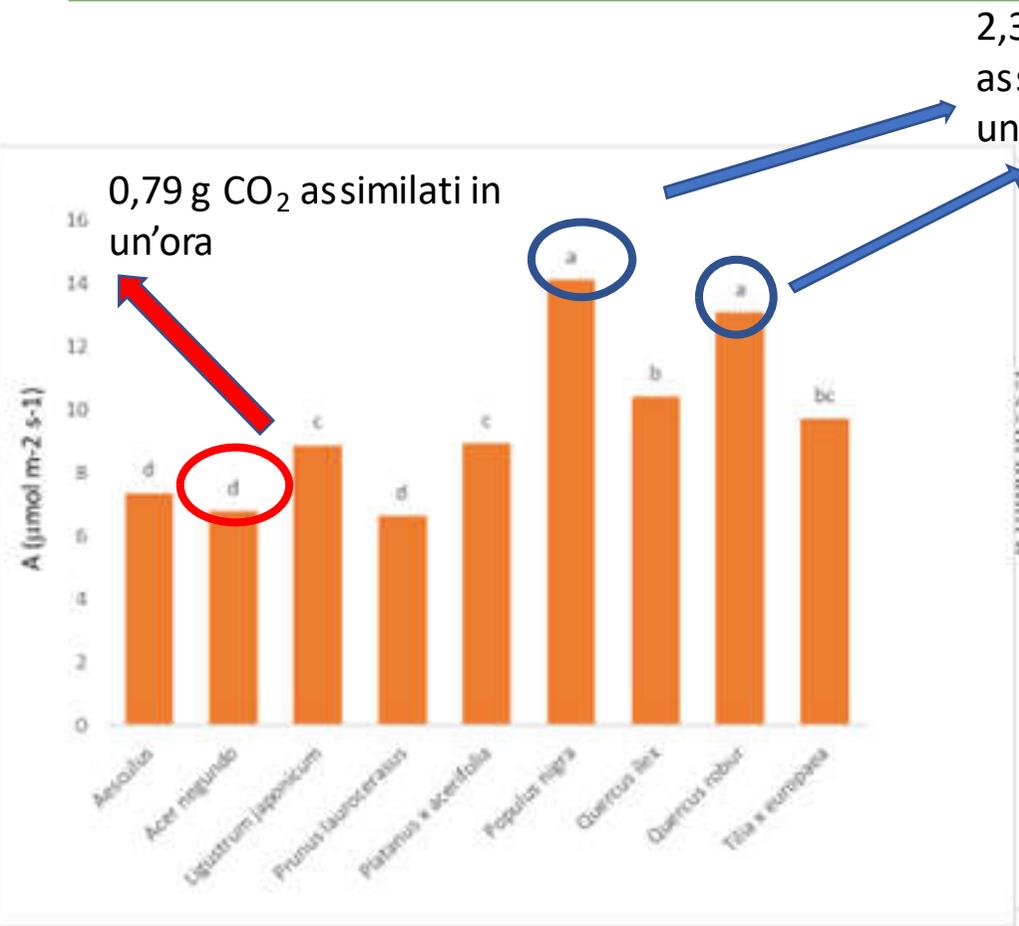
Uno screening iniziale è stato condotto tra l'estate 2018 e l'autunno 2019, su piante rappresentative delle diverse classi diametrali di ciascuna specie

Sono state misurate foglie esterne alla chioma, a luce saturante.

In tutto, lo screening iniziale si è basato sulla misurazione di 4356 (Cracovia) e 3564 (Rimini) foglie

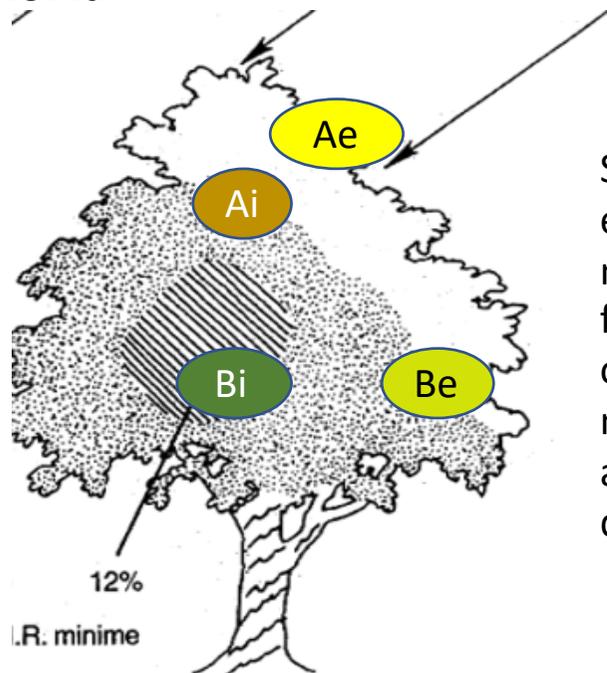


# Assimilazione di CO<sub>2</sub> in foglie di pieno sole a luce saturante



# Misurazione dei servizi ecosistemici

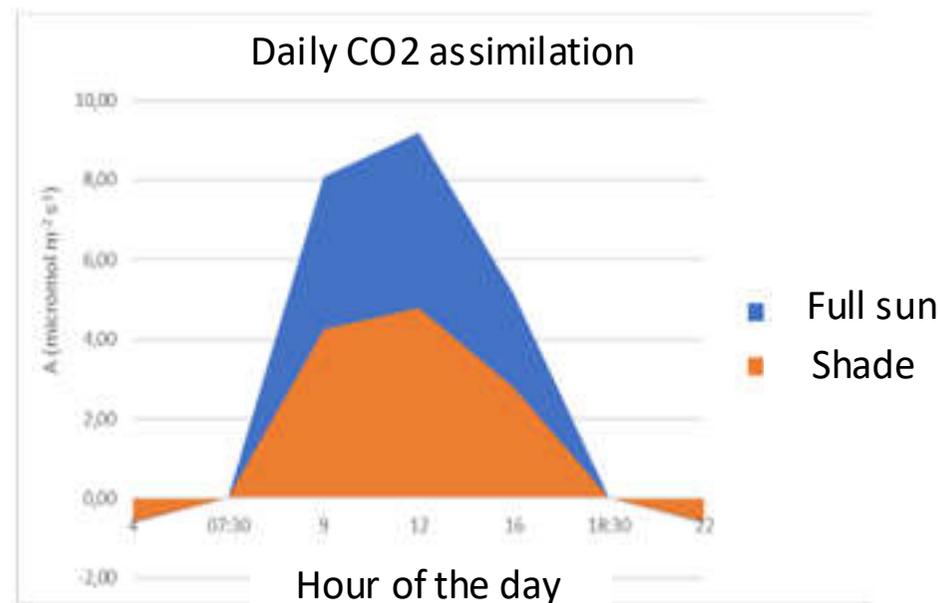
## Foglie di sole e foglie ombreggiate convivono nella chioma



Sono state effettuate misurazioni di foglie di sole e ombra inserite nella porzione apicale e basale della chioma

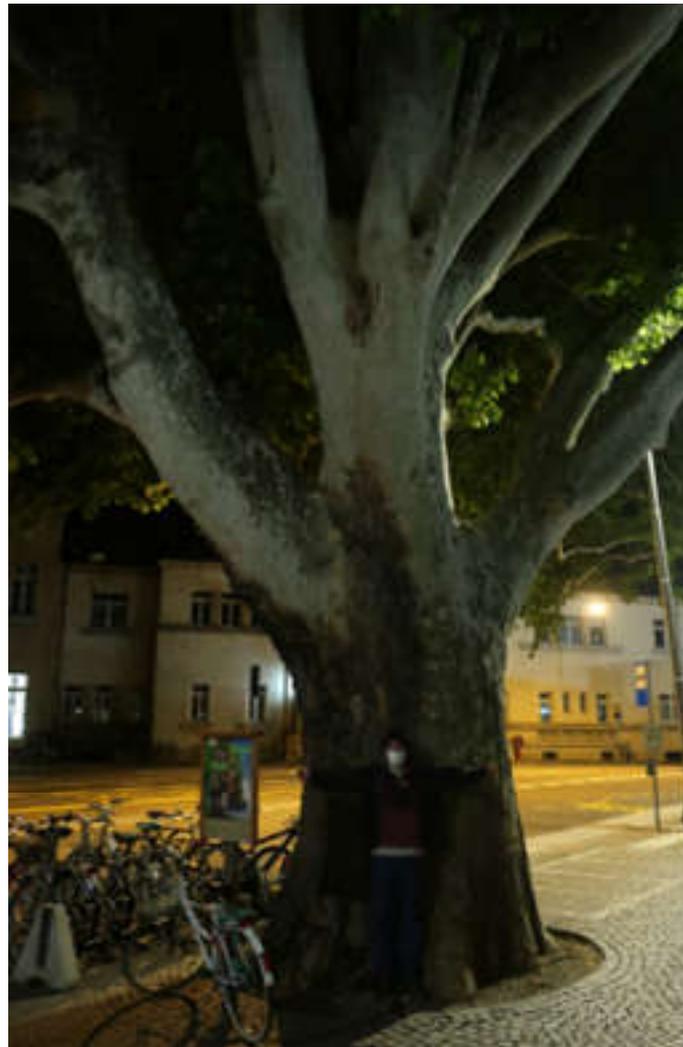
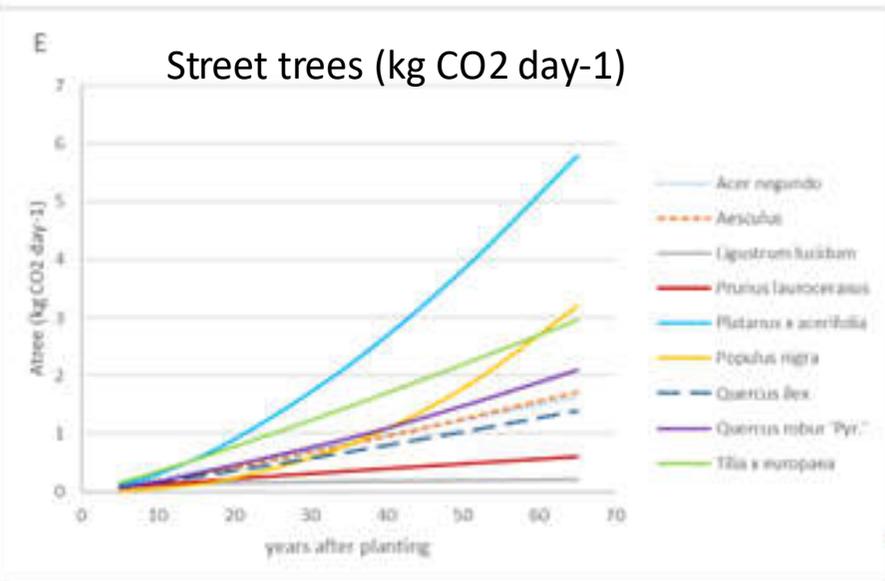
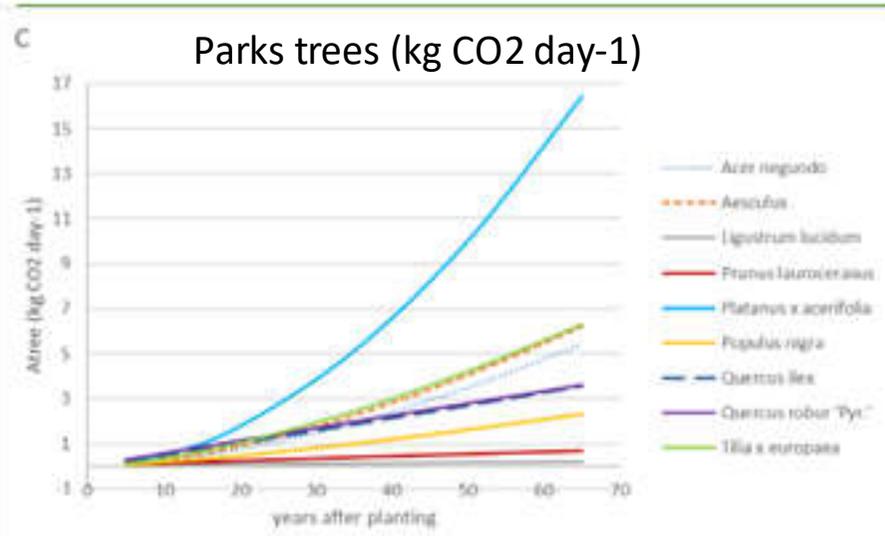
12 repliche per specie, 3 Stagioni di misurazioni all'anno per 4 anno, per un totale di circa 6900 foglie misurate per città

## La fotosintesi varia nell'arco delle 24 ore



Misurazioni ripetute sulla stessa pianta in 4 momenti della giornata: mattina, mezzogiorno, pomeriggio e notte

# Quantità netta di CO<sub>2</sub> rimossa al giorno mediante la fotosintesi (Rimini)

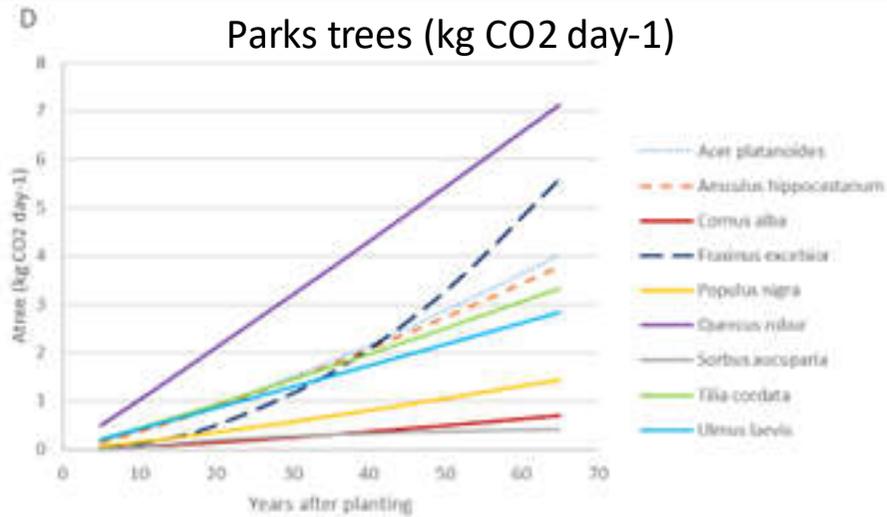


Il platano, nel lungo periodo, ha mostrato la maggior quantità di CO<sub>2</sub> rimossa (in media 10 kg CO<sub>2</sub> al giorno per pianta, 65 anni dopo l'impianto)

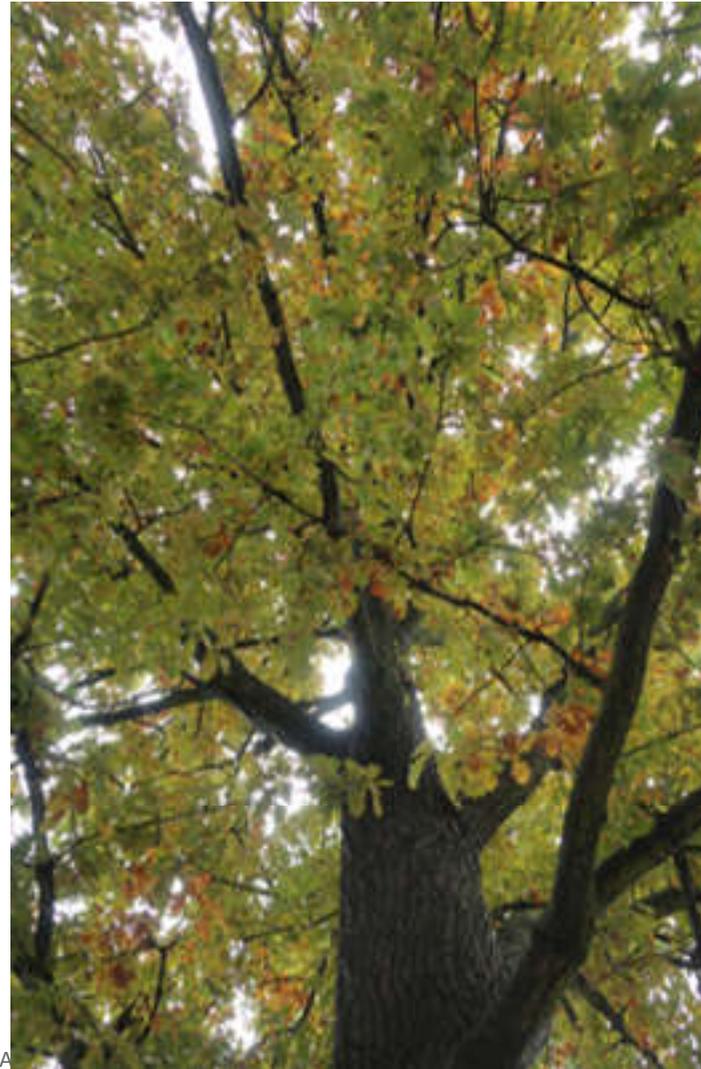
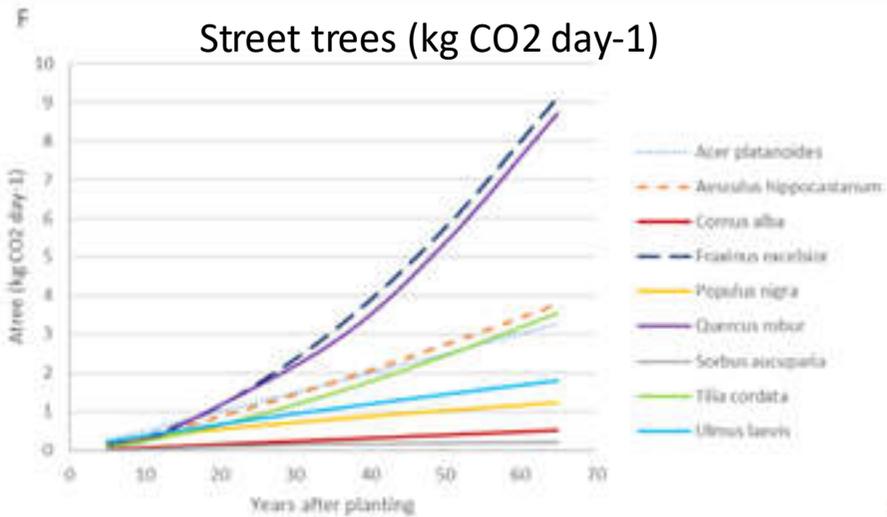
Nuovi impianti di *Q. robur* 'Pyramidalis' (0.594 kg CO<sub>2</sub> giorno<sup>-1</sup>) e *Tilia x europaea* (0.368 kg CO<sub>2</sub> giorno<sup>-1</sup>) hanno assicurato la maggior assimilazione per circa 12-15 anni dall'impianto

# Quantità netta di CO<sub>2</sub> rimossa al giorno mediante la fotosintesi (Crcovia)

Parks trees (kg CO<sub>2</sub> day<sup>-1</sup>)



Street trees (kg CO<sub>2</sub> day<sup>-1</sup>)



*Q. robur* e *F. excelsior* hanno mostrato, nel lungo periodo, la maggior rimozione di CO<sub>2</sub> (fino a 8 kg CO<sub>2</sub> giorno<sup>-1</sup> a 65 anni dall'impianto)

*A. platanoides* ha mostrato la maggior assimilazione, nel breve periodo, se messo a Dimora come alberatura stradale (circa 0.150 kg CO<sub>2</sub> giorno<sup>-1</sup> a 10 anni dall'impianto)

# Miglioramento della qualità dell'aria (Particolato atmosferico)

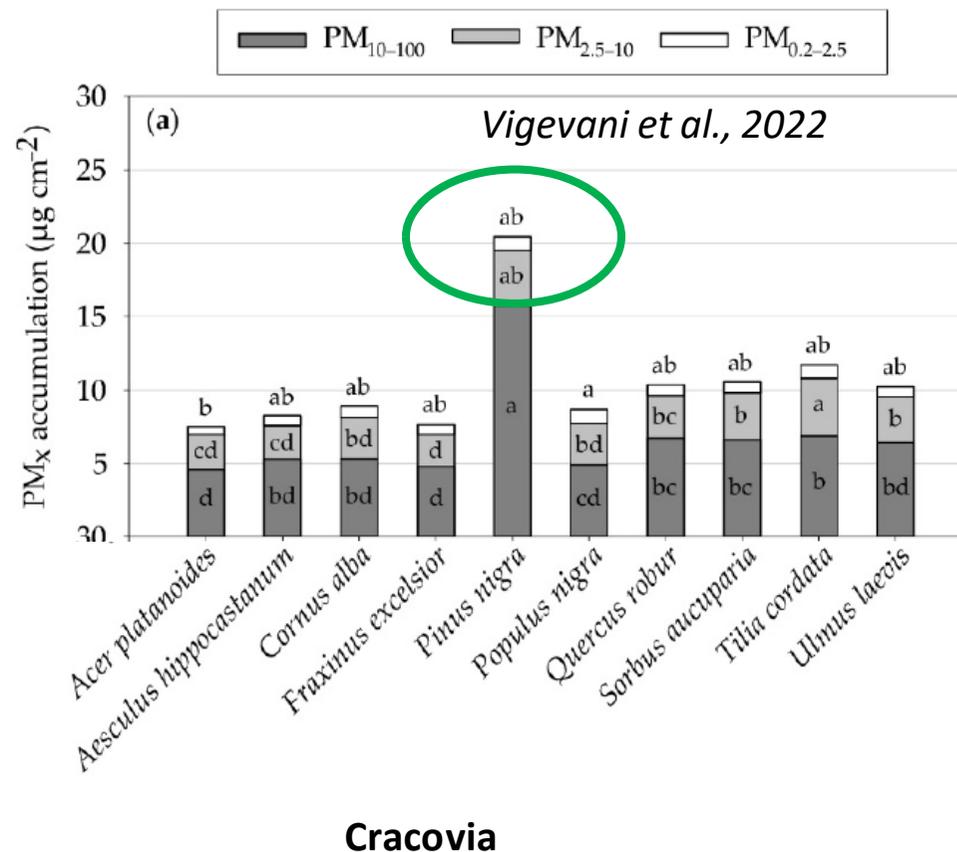
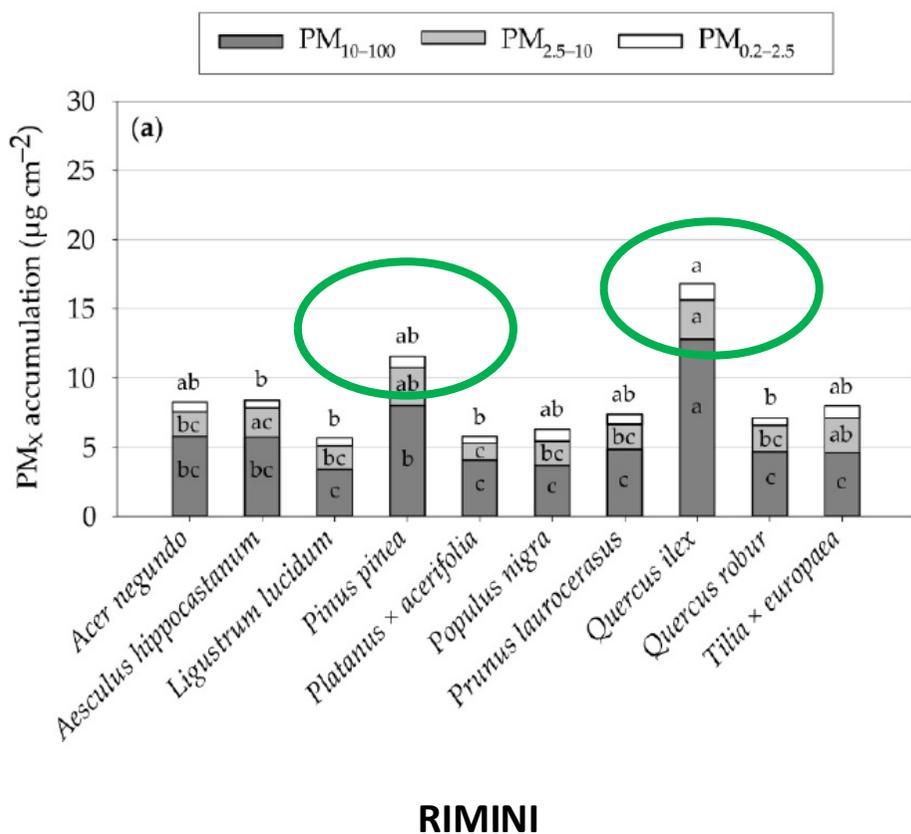
Article

## Particulate Pollution Capture by Seventeen Woody Species Growing in Parks or along Roads in Two European Cities

Irene Vigevani <sup>1,2,3,\*</sup>, Denise Corsini <sup>2</sup>, Jacopo Mori <sup>2</sup>, Alice Pasquinelli <sup>4</sup>, Marco Gibin <sup>1</sup>, Sebastien Comin <sup>1</sup>, Przemysław Szwałko <sup>5</sup>, Edoardo Cagnolati <sup>6</sup>, Francesco Ferrini <sup>2</sup> and Alessio Fini <sup>1</sup>



# PMx rimosso per unità di area fogliare



# 10000 alberi: il Progetto scientifico – Esperimento Benefici

CO <sub>2</sub> assimilation	<u>Cfa</u> 	<u>Cfb</u>  
CO <sub>2</sub> storage	 	 
Cooling by transpiration	 	
PM removal	 	

- Il Progetto LIFE è solo un inizio
- Estendere il modello LIFE Urbangreen ad altre specie e ad altre zone climatiche

## Le specie monitorate

---



### *Liriodendron tulipifera* –

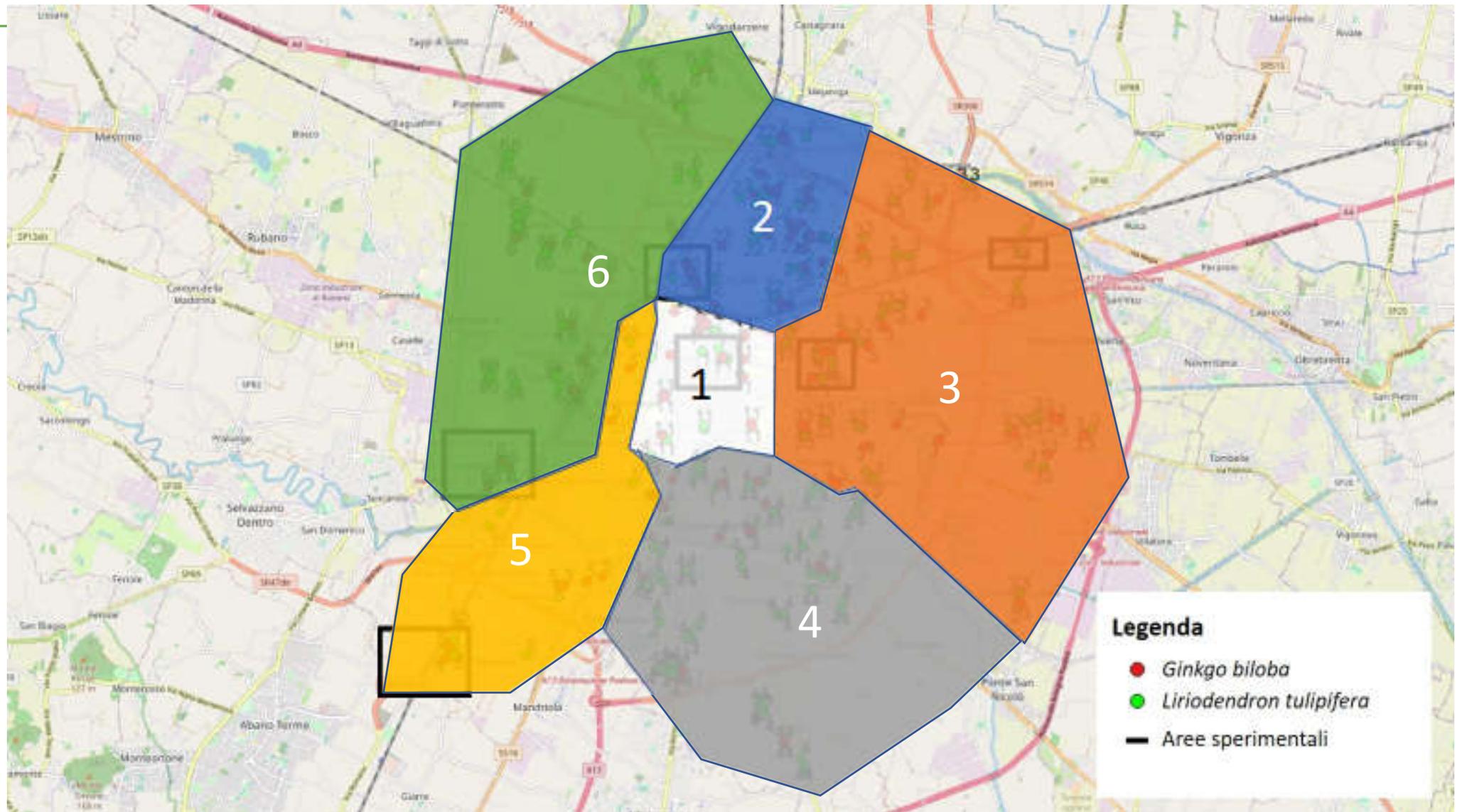
- Specie originaria del Nord America, non invasiva in Italia per la non germinabilità del seme.
- Raggiunge i 30 m di Altezza a maturità
- Fiori simili a tulipani, molto ornamentali, in Maggio
- Splendida colorazione giallo intense autunnale

### *Ginkgo biloba*–

- Specie originaria della Cina, unica superstite della sua Famiglia.
- Raggiunge 15-24 m di altezza a maturità, estremamente rustica.
- Dioica, il frutto è sgradevole
- Splendida colorazione giallo intense autunnale



# Le aree sperimentali



## Attività svolte nel 2022 – Esperimento benefici

---

- Individuazione delle piante e sopralluoghi di verifica del censimento
- Definizione delle repliche
- Misurazioni dendrometriche
- Inizio dello screening fisiologico
- Prima misurazione PM assorbito

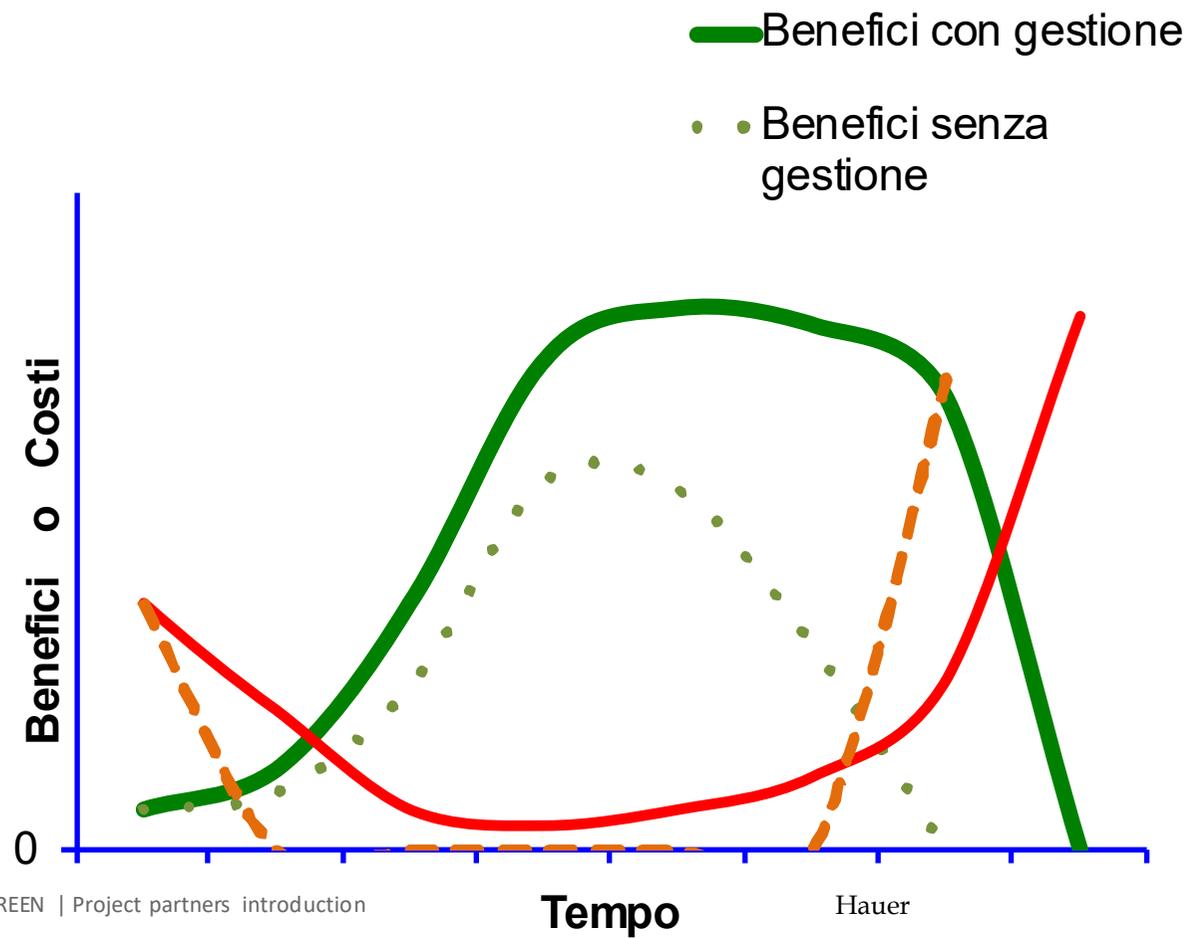


## Dalla teoria alla pratica



Prima il beneficio netto di un nuovo impianto divenga positivo, è necessario che l'albero si affranchi e cresca

Ridurre la mortalità post-trapianto e favorire l'affrancamento



# Migliorare la tolleranza al trapianto

## Metodo di produzione in vivaio

### Specie utilizzate

- 1) *Celtis australis* (isoidrica, alta tolleranza al trapianto)
- 2) *Liquidambar styraciflua* (anisoidrica, bassa tolleranza al trapianto)

### Metodi a confronto:

- 1) Piante in zolla
- 2) Piante in zolla, indurite prima del trapianto
- 3) Piante in vaso antispiralizzante



Piante zollate e rivestite, lasciate nella buca d'impianto e ben bagnate fino all'emersione delle radici assorbenti dal rivestimento



Piante messe in vasi antispiralizzanti per un anno prima del trapianto

## Il metodo di produzione (Gilman, 2001)

	Irriguo	Non irriguo	Irriguo	Irriguo
<i>Metodo di produzione</i>	<i>Costo per albero (D=6 cm) e sopravvivenza</i>			
Contenitore			100%	50%
7		383 \$	100%	71%
Acquarimento	383 \$	274 \$	100%	100%

Piante in coltivazione in vivaio  
Messa a dimora prevista per febbraio 2023

# Migliorare la tolleranza al trapianto

## Potatura al trapianto

Impianto effettuato in febbraio 2022

Specie utilizzate

- 1) *Acer campestre* (alta tolleranza al trapianto)
- 2) *Carpinus betulus* (media tolleranza al trapianto)
- 3) *Fraxinus excelsior* (medio-bassa tolleranza al trapianto)
- 4) *Fagus sylvatica* (bassa tolleranza al trapianto)

Metodi a confronto:

- 1) Nessuna potatura
- 2) Potatura secondo BMP al trapianto



# Ipotesi sperimentale

---

Testare l'ipotesi che una potatura ben effettuata all'impianto possa:

1- rimuovere precocemente difetti strutturali e formare una struttura solida, senza infliggere ferite di grandi dimensioni

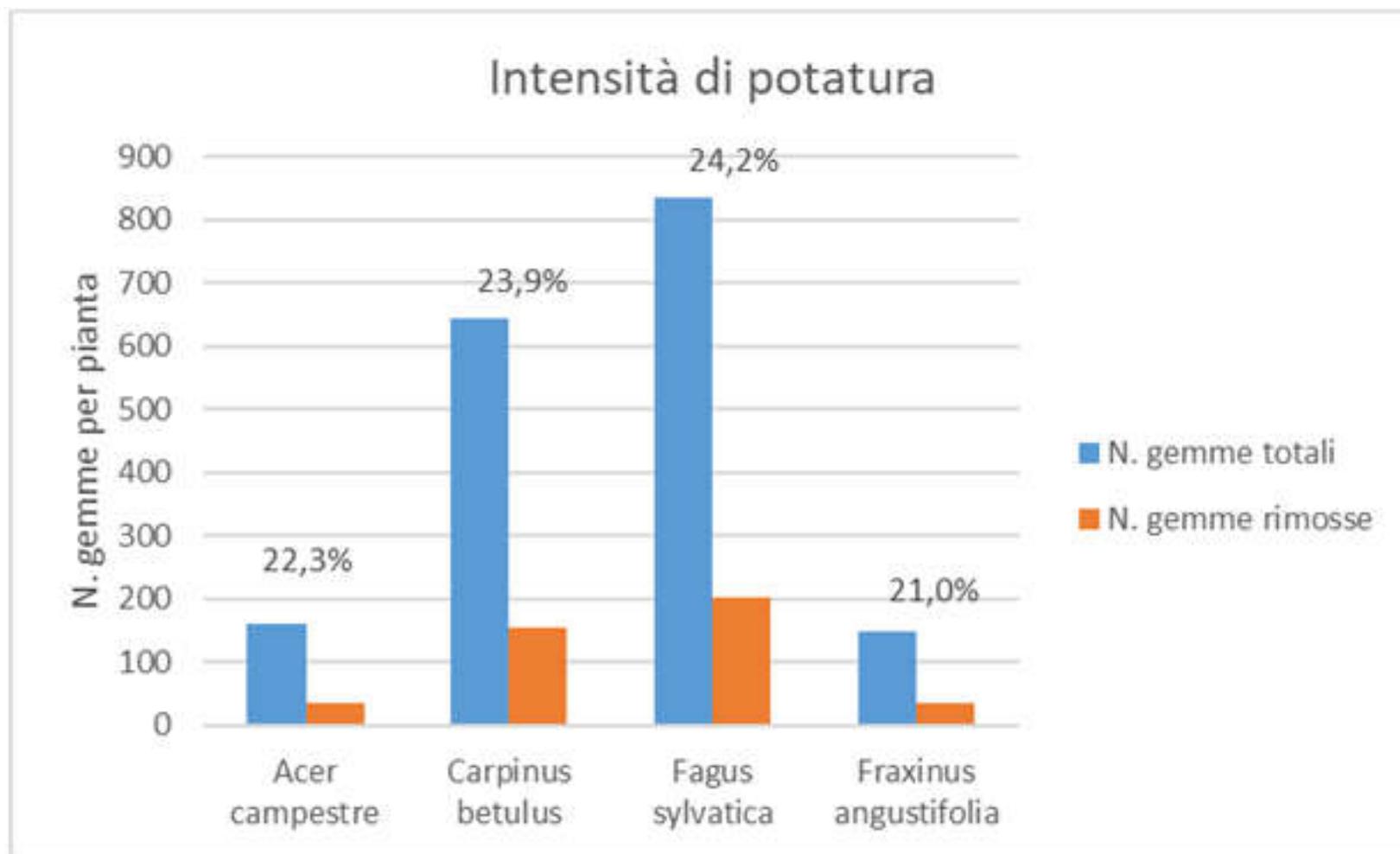
2- ridurre l'area fogliare e mitigare lo stress da trapianto, senza penalizzare la crescita

## Teoria

- Gli apici meristemati producono auxine che stimolano la crescita radicale
- Rimuovere indiscriminatamente gli apici (capitozzo) riduce la crescita radicale
- Importanza della corretta potatura

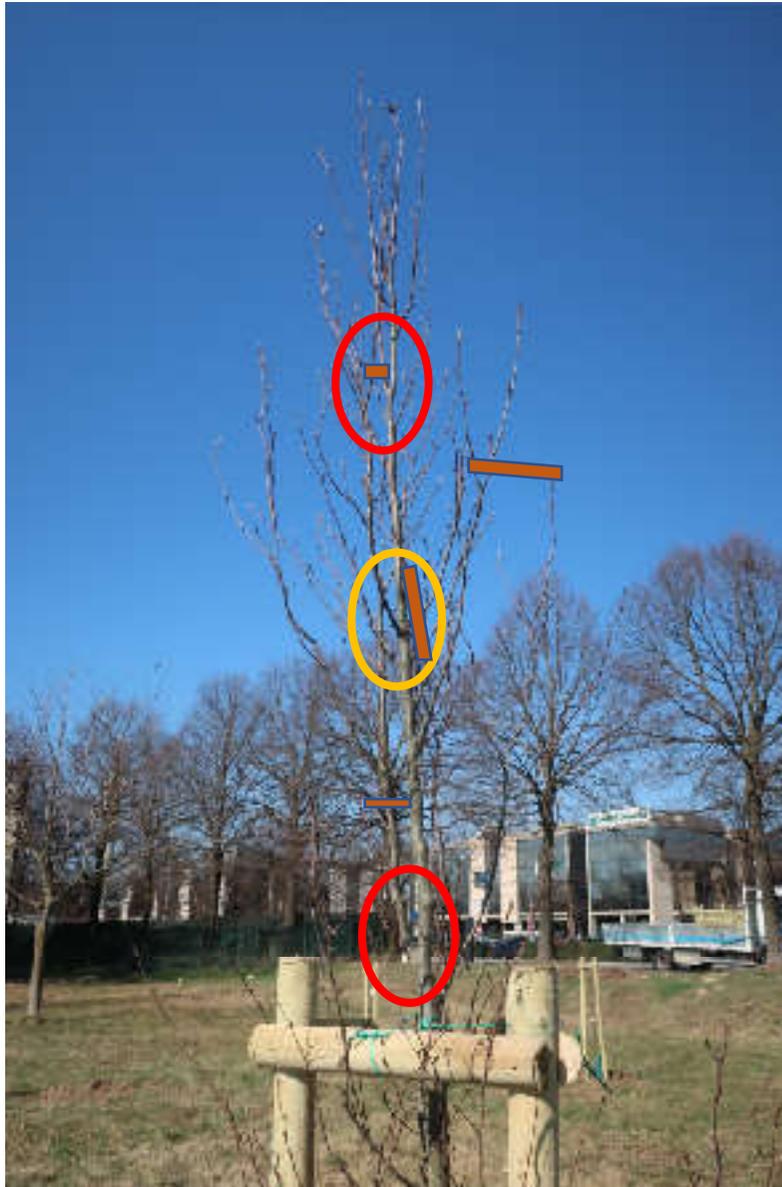


## Risultati preliminari - Intensità di potatura



La potatura è stata effettuata al trapianto (fine febbraio 2022)

In media, è stato rimosso il 21-24% delle gemme, sempre preservando la dominanza apicale



## Le condizioni ambientali

---

Padova	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Media/Tot
T 2022	11 °C	14 °C	22 °C	27,0 °C	30,0 °C	28 °C	21 °C	21,5 °C
T 1999-2019	8,9 °C	13,3 °C	17,8 °C	22,2 °C	24,4 °C	24,2 °C	19,5 °C	18,1 °C
Pioggia 2022	11,4 mm	38 mm	52 mm	7 mm	45 mm	78 mm	93 mm	324 mm
Pioggia 1999-2019	68 mm	92 mm	100 mm	78 mm	64 mm	79 mm	104 mm	585 mm

La terribile stagione vegetative del 2022:

- Temperatura dell'aria di 3,4 °C superiore rispetto alla media trentennale, con picchi di circa 5 °C in giugno e luglio
- 45% in meno di precipitazioni rispetto alla media trentennale. Tra marzo e giugno 78% di pioggia in meno rispetto alle media trentennale

# La fisiologia: il potenziale idrico

---

Il potenziale idrico è una misura dell'idratazione dei tessuti della pianta.

È stato misurato con una camera a pressione tra l'una e le quattro di notte quando, in assenza di traspirazione, il potenziale idrico dei diversi organi della pianta va in equilibrio.

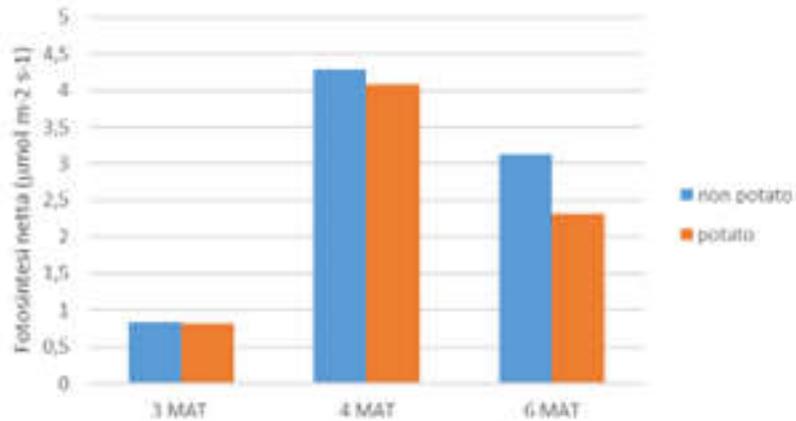
Diverso comportamento nelle diverse specie (acero più isodrico, frassino più anisodrico)

Forte stress nei primi 3 mesi dal trapianto

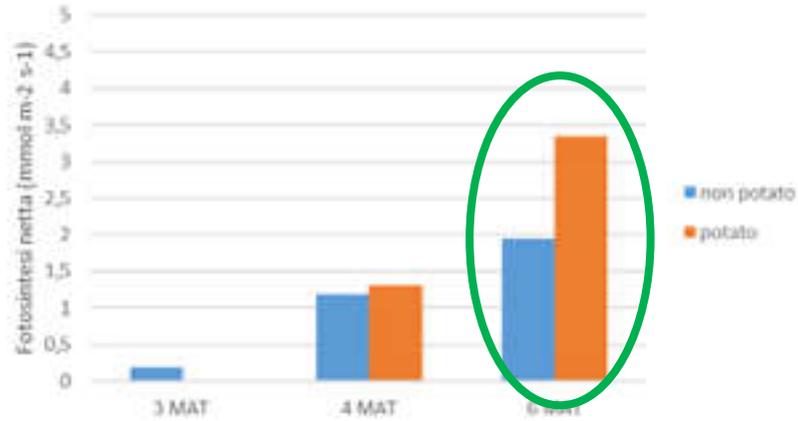


# La fisiologia: la fotosintesi

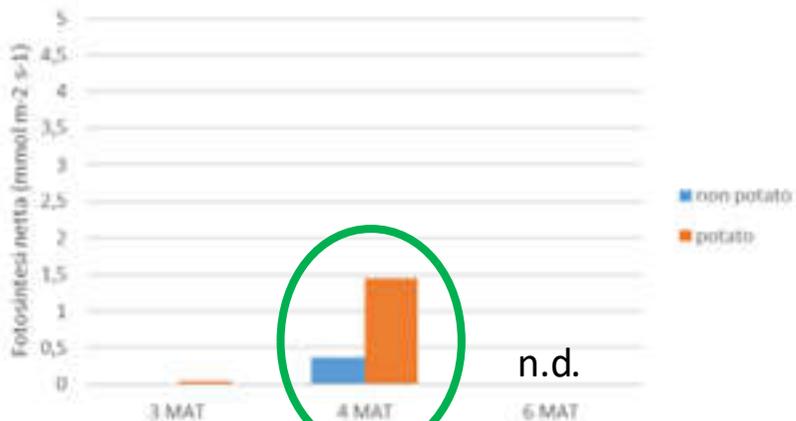
Acer campestre



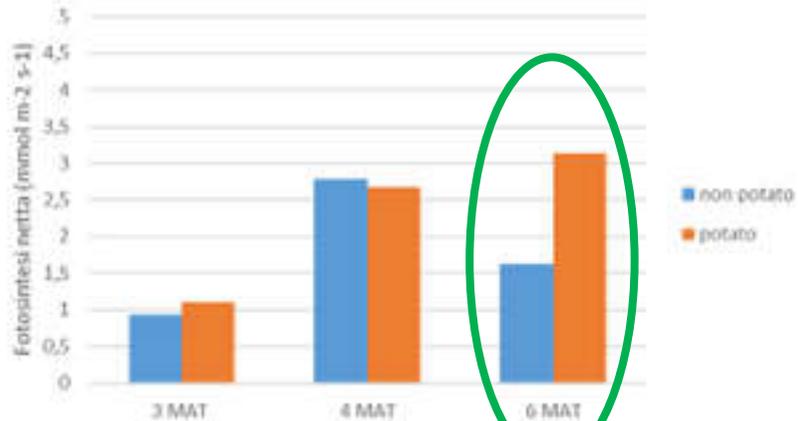
Carpinus betulus



Fagus sylvatica



Fraxinus excelsior



Indica la quantità di CO<sub>2</sub> assimilata, al netto della respirazione, da 1 m<sup>2</sup> di area fogliare in 1 secondo

Acer, in base ai valori di potenziale e fotosintesi, è la specie più tollerante al trapianto, Fagus la più sensibile.

La potatura ha aumentato la fotosintesi in carpino e frassino (settembre) e faggio (luglio)



## Conclusioni e prospettive future

- Il Progetto “10000 alberi per Padova” sta rappresentando un’occasione di coniugare la ricerca scientifica con l’implementazione di opere a verde
- Ciò implica la spesso difficile convivenza tra la rigidità delle esigenze sperimentali e la prassi delle amministrazioni e delle imprese
- Tuttavia, l’uso del sistema città come living laboratory è fondamentale per estendere al pieno campo in contesti reali le ipotesi formulate in studi di “laboratorio”
- I risultati fin qui ottenuti sono assolutamente preliminari e verranno completati in ulteriori anni di ricerca

## Ringraziamenti

---



Comune  
di Padova

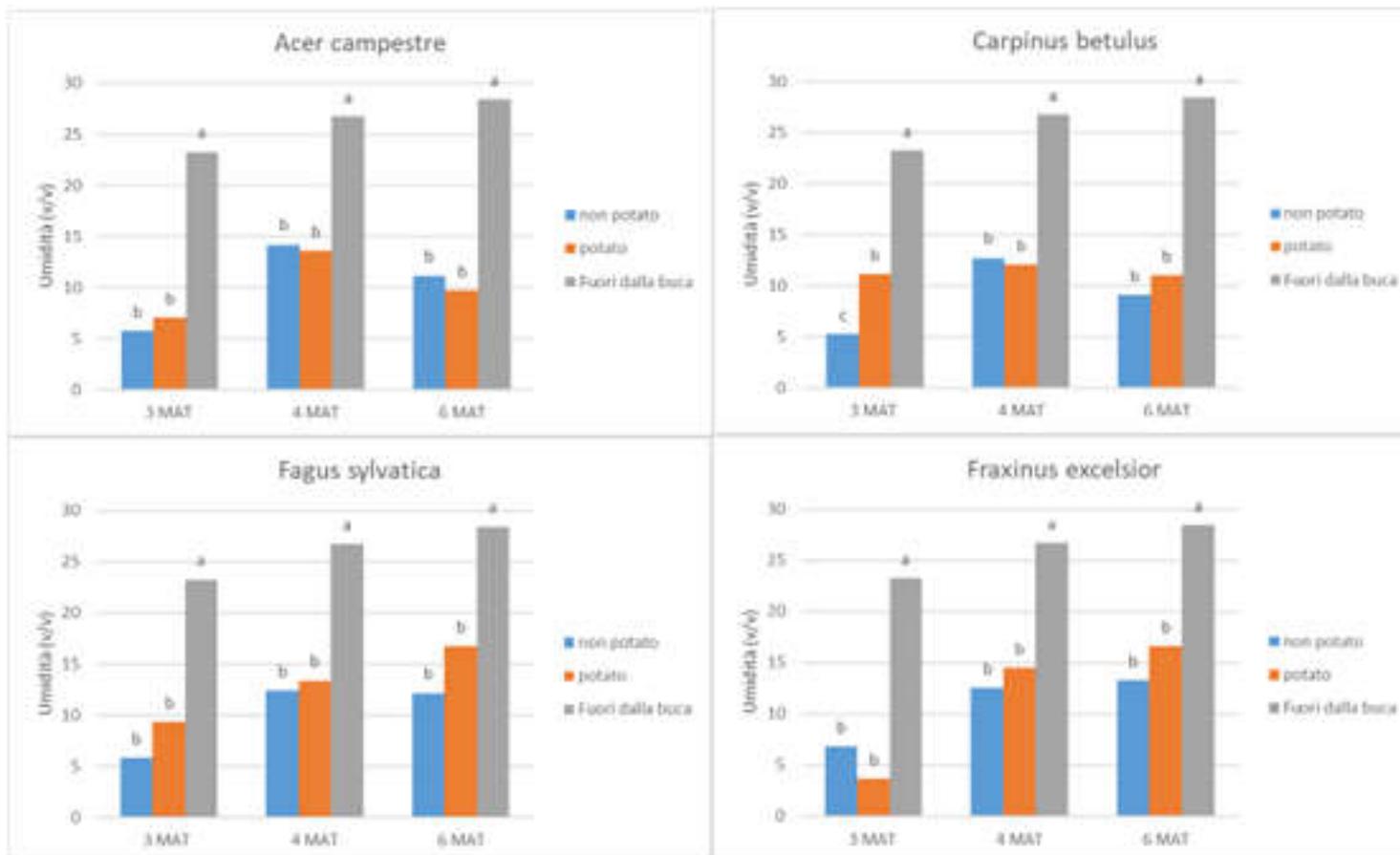
**Grazie per l'attenzione**



**AMBIENTE**

GREEN SOLUTIONS

## Le condizioni ambientali: umidità del suolo nei primi 20 cm

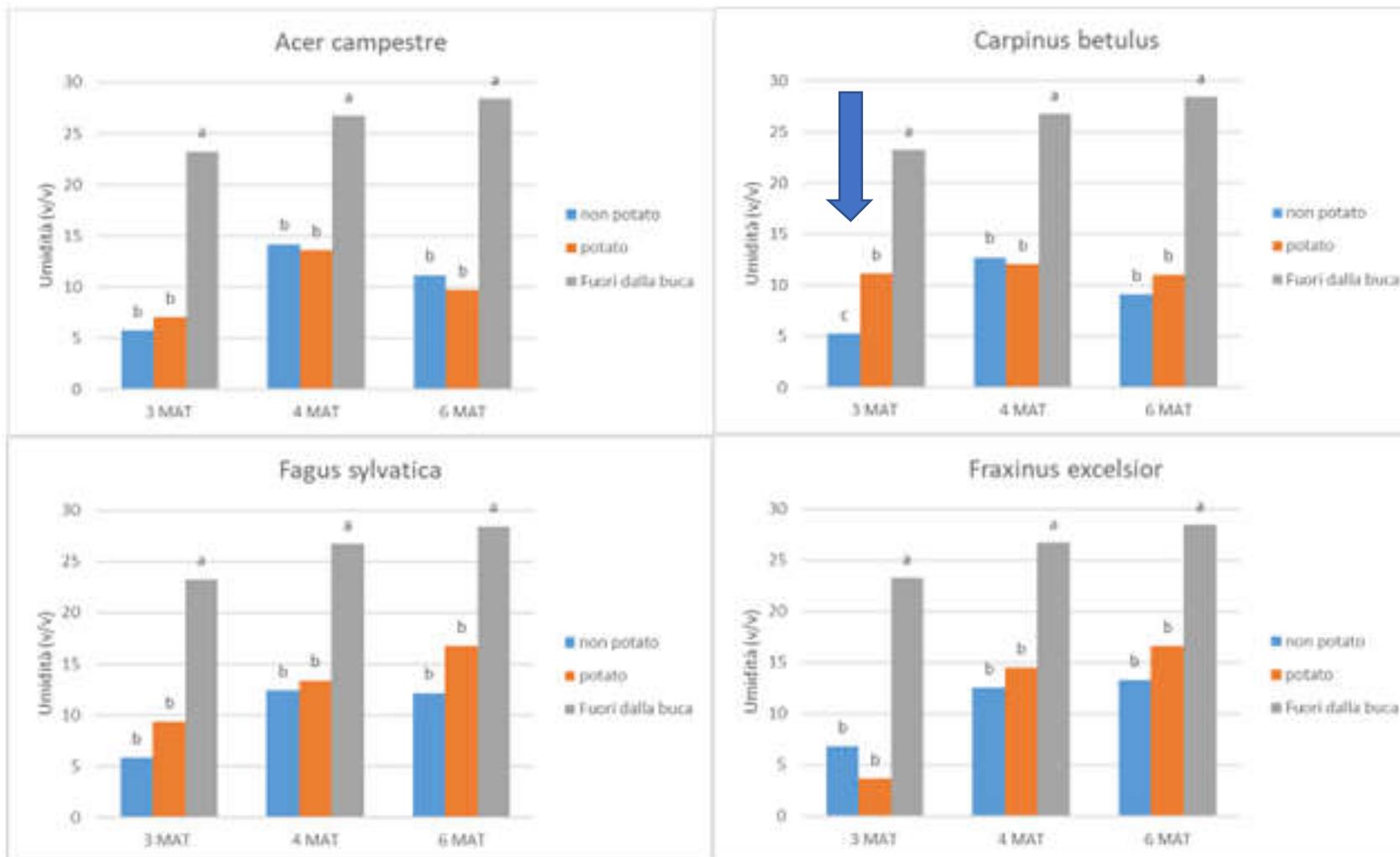


Umidità significativamente inferiore nella zolla, rispetto al suolo nativo.

Possibili cause:

1. La trivella usata per scavare la buca ha compattato il suolo, riducendo il flusso idrico dall'esterno all'interno della zolla. L'acqua nella zolla è rapidamente consumata dalla traspirazione
2. Differenza nella capacità di ritenzione idrica del suolo nativo e quello da vivaio

# Le condizioni ambientali: umidità del suolo nei primi 20 cm



Fattore	P
Pspecie	**
Ppotatura	n.s.
Ptempo	**
PspXpot	n.s.
PspXtempo	*
PpotXtempo	n.s.
PspXpotXtempo	*

\* = differenze significative con P<0,05

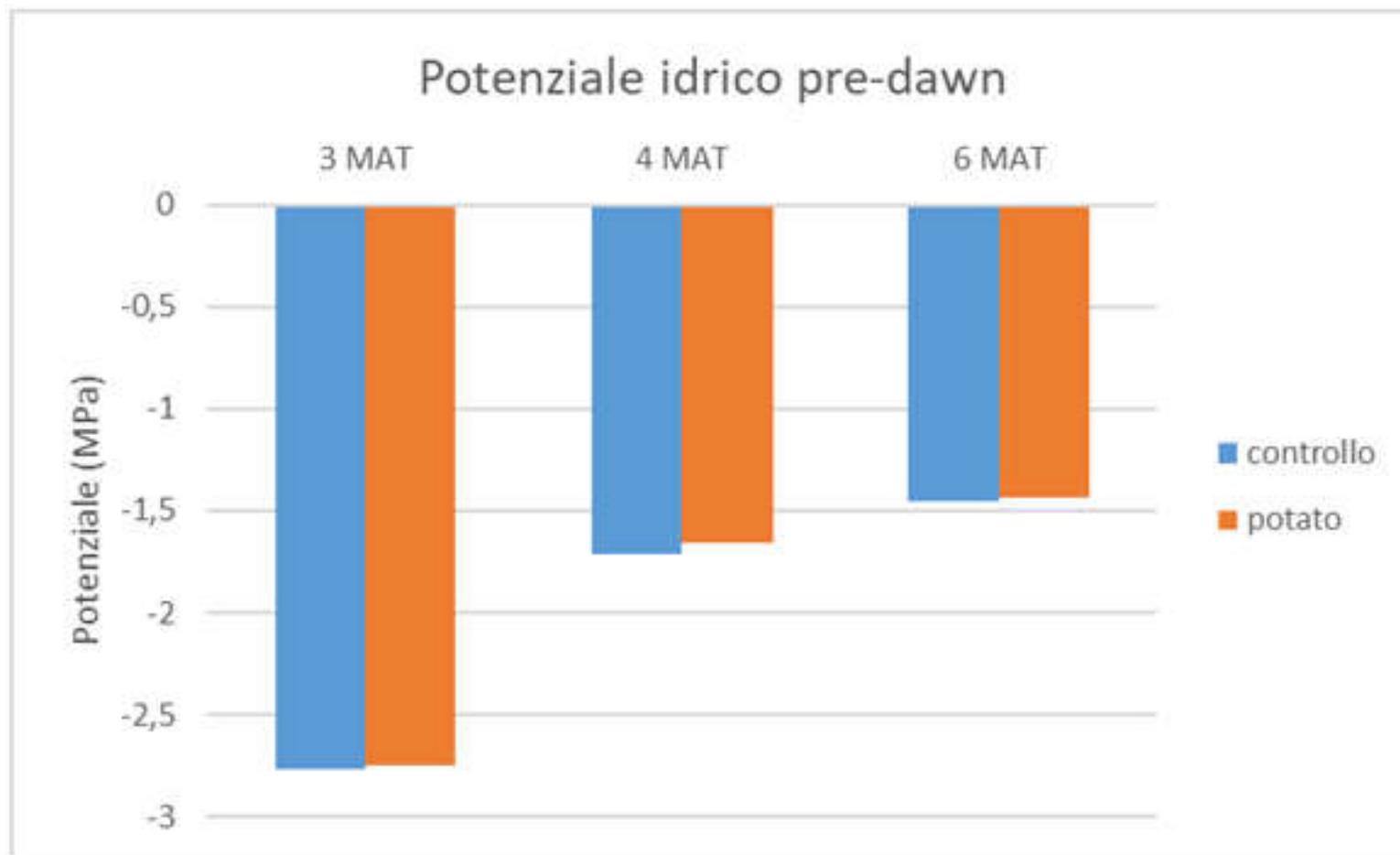
\*\* = differenze significative con P<0,01

n.s. = non significativo

# La fisiologia: il potenziale idrico

La potatura non ha influenzato il potenziale idrico in modo significativo

Inserire foto potenziale idrico



# Avvizzimento

