



LIFE URBANGREEN
(LIFE17 CCA/ITA/000079)

LIFE URBANGREEN

Servizi ecosistemici di specie arboree in
due città europee

Risultati preliminari

Alessio Fini

DISAA, Università di Milano, via Celoria 2, Milano

Ulmus campestris
Mergozzo (VB)

Età stimata: piantato
attorno al 1600



Vègia pianta stòrta
ti scùndat l'età cume 'na dòna
ma mia al téemp
Cà da piöcc, uscèi 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 mia schisciàt
Cusa mai t'i vist, cusa mai a t'i senti
sémpar lì int'i fèst e finarài
suta l'acqua e al sùul
cul Mussolini o cul P.C.
Tì ti mòlat mia la tö ànima uramài fundùa cum al làach
t'sè salvàdich
ti fiàdat par la tèra
testimòni d'la pòura géent
ti avrèe capì sicúr al giúst sénsa gula
Mì, fiöl da Margözz
e tö, spèri par tì che püsèe in là
mai un piulètt sénsa giüdizzi
al végna a sasinàt la pèll
cargàa da piöcc, ragn e tanti ròpp bèll

(*Ulum*, 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)

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:

Provisioning	<ul style="list-style-type: none"> • This Section covers all nutritional, non-nutritional material and energetic outputs from living systems as well as abiotic outputs (including water). • The Division level makes a distinction between biomass-based (biotic) provisioning services and the aqueous and non-aqueous abiotic ecosystem outputs. <i>In the full CICES 5.1 Table, the entries for water have been labelled Provisioning (abiotic) as opposed to Provisioning (biotic), and so they may be excluded or included in the listing of ecosystem services as users require. Given that in V5.1 abiotic ecosystem outputs can now be viewed alongside those arising from living systems, users can display the full listing by selecting 'CICES' and 'CICES extended' using the filter provided with any other filters switched off.</i>
Regulation and Maintenance	<ul style="list-style-type: none"> • All the ways in which living organisms can mediate or moderate the ambient environment that affects human health, safety or comfort, together with abiotic equivalents. • The Division level therefore covers (i) the 'transformation of biochemical or physical inputs to ecosystems' in the form of wastes, toxic substances and other nuisances; and (ii) the 'regulation of physical, chemical, biological conditions, which categorizes the various ways in which living systems can mediate the physico-chemical and biological environment of people in a beneficial way. • <i>In the full CICES 5.1 Table, the entries for regulating and maintenance that cover the contributions that living systems make to human well-being are labelled 'biotic'. However, given that in V5.1 abiotic ecosystem outputs can now be viewed alongside those arising from living systems, users can display the full listing by selecting 'CICES' and 'CICES extended' using the filter provided with any other filters switched off.</i>
Cultural	<ul style="list-style-type: none"> • All the non-material, and normally non-rival and non-consumptive, outputs of ecosystems (biotic and abiotic) that affect physical and mental states of people. • Cultural services are primarily regarded as the environmental settings, locations or situations that give rise to changes in the physical or mental states of people, where the character of those settings is fundamentally dependent on living processes; they can involve individual species, habitats and whole ecosystems. • The settings can be semi-natural as well as natural settings (i.e. can include cultural landscapes) providing the characteristics being considered are dependent on <i>in-situ</i> living processes. • In the classification we make the distinction between cultural services that are enabled as a result of direct or indirect interactions of people and living systems. • <i>In the full CICES 5.1 Table, the entries for cultural services that cover the contributions that living systems make to human well-being are labelled 'biotic'. However, given that in V5.1 abiotic ecosystem outputs can now be viewed alongside those arising from living systems, users can display the full listing by selecting 'CICES' and 'CICES extended' using the filter provided with any other filters switched off.</i>



Approvvigionamento di risorse: cibo, acqua, energia



Regolazione di fenomeni ambientali (alluvioni, siccità, mantenimento dei cicli degli elementi)



Fornitura di beni non materiali

Cices, 2018

Supporto e regolazione: miglioramento del microclima



La **traspirazione** delle piante assorbe 2,46 kJ di calore per grammo di acqua che evapora

L'**ombreggiamento** può ridurre la temperatura localmente di 10-15°C

Supporto e regolazione: miglioramento del microclima

Immagine satellitare dell'emissione nell'infrarosso di Baton Rouge (Louisiana) rilevata a metà giugno 1998

Pochi studi hanno confrontato la capacità delle diverse specie di migliorare il microclima

Urban Ecosyst (2015) 18:371–389
DOI 10.1007/s11252-014-0407-7

A comparison of the growth and cooling effectiveness of five commonly planted urban tree species

M. A. Rahman • D. Armson • A. R. Ennos

Building and Environment 114 (2017) 118–128

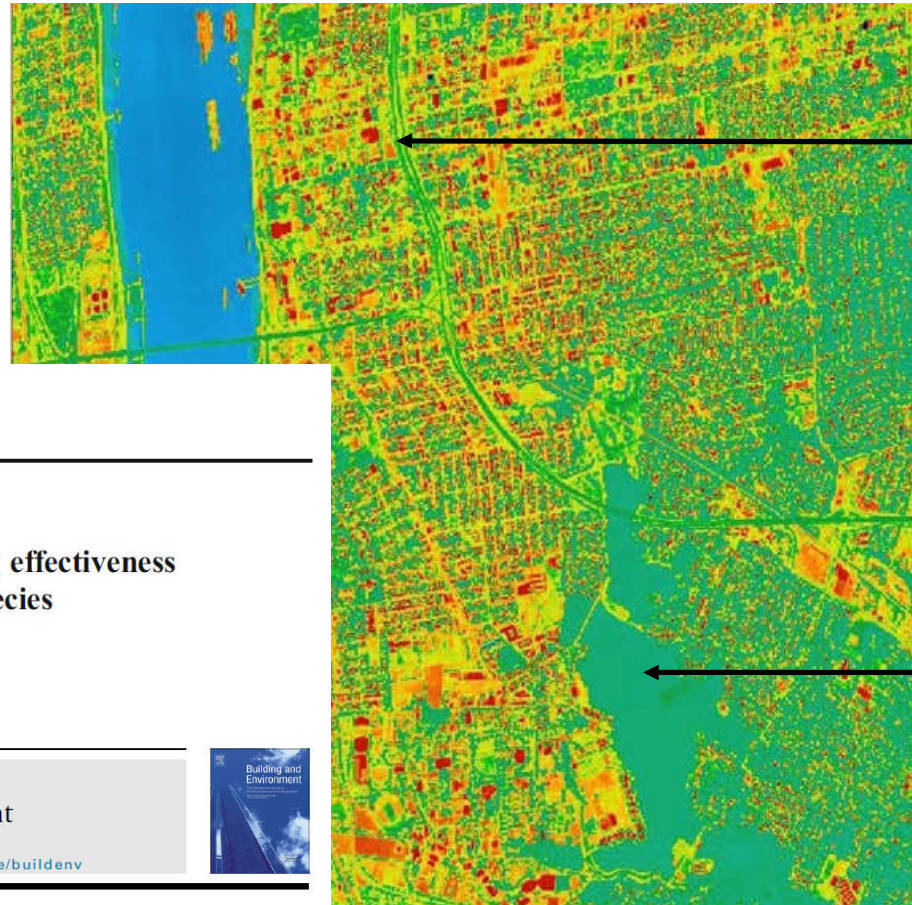
Contents lists available at ScienceDirect

Building and Environment

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



ELSEVIER



Tetti nudi di edifici e/o l'asfalto raggiungono temperature di 65 °C

Un parco cittadino mostra temperature inferiori ai 30 °C

Within canopy temperature differences and cooling ability of *Tilia cordata* trees grown in urban conditions

Mohammad A. Rahman ^{a,*}, Astrid Moser ^b, Thomas Rötzer ^b, Stephan Pauleit ^a



Supporto e regolazione: miglioramento della qualità dell'aria

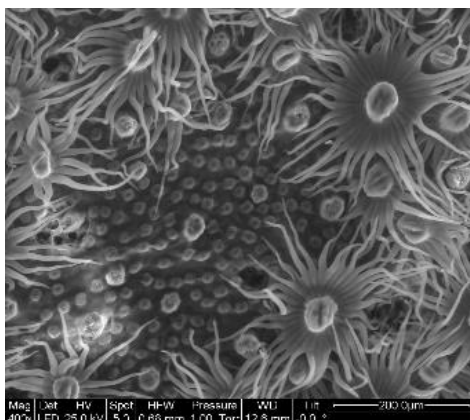


Tipicamente, 1 cm² di area fogliare adsorbe 10-70 µg PM all'anno, oltre ad assorbire inquinanti gassosi (CO, NO_x, SO₂, O₃)

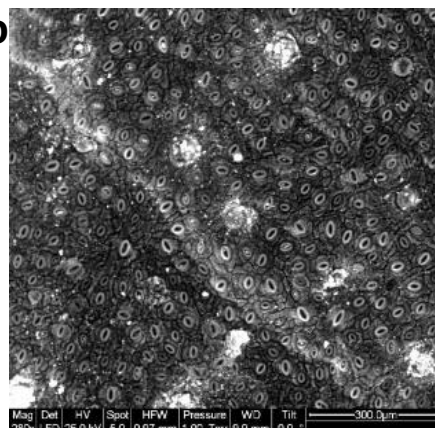


Supporto e regolazione: miglioramento della qualità dell'aria

Eleagno



Ligustro

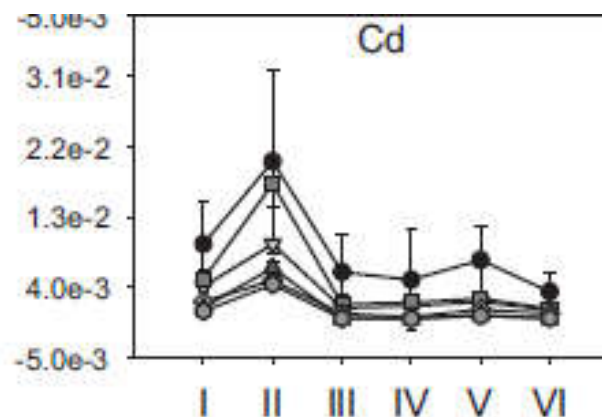
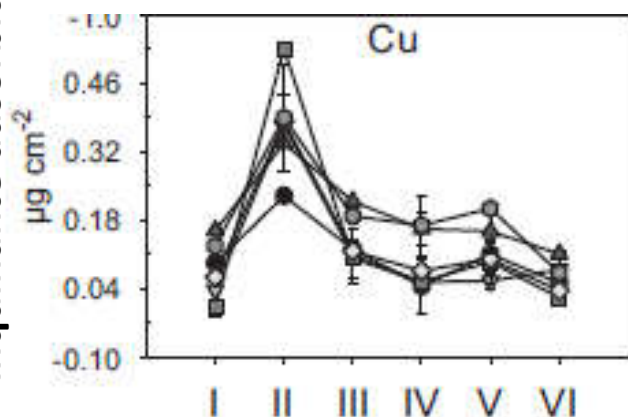


Il contributo del verde alla rimozione di inquinanti è spesso stimato con il modello di deposizione secca



Original article
Air pollution removal by urban forests in Canada and its effect on air quality and human health
David J. Nowak^{a,*}, Satoshi Hirabayashi^b, Marlene Doyle^c, Mark McGovern^d, Jon Pasher^e

Inquinante adsorbito
 $\mu\text{g cm}^{-2}$



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

SCIENTIFIC REPORTS

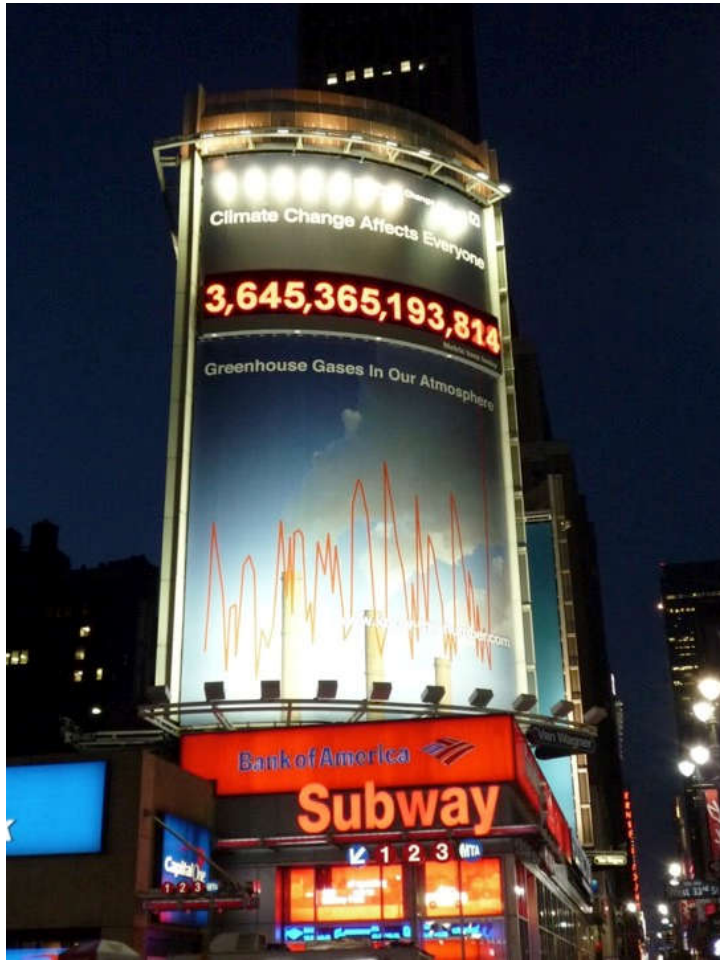
OPEN Variation in Tree Species Ability to Capture and Retain Airborne Fine Particulate Matter ($\text{PM}_{2.5}$)

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

ired: 20 April 2016
revised: 28 April 2017

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.

Supporto e regolazione: riduzione della CO₂ atmosferica



Le piante legnose sono un eccellente ed economico sink di carbonio, in grado di assimilare e stoccare la CO₂ atmosferica

Assimilazione: carbonio annualmente rimosso dall'atmosfera dagli alberi, convertita in zuccheri tramite la fotosintesi

Stoccaggio

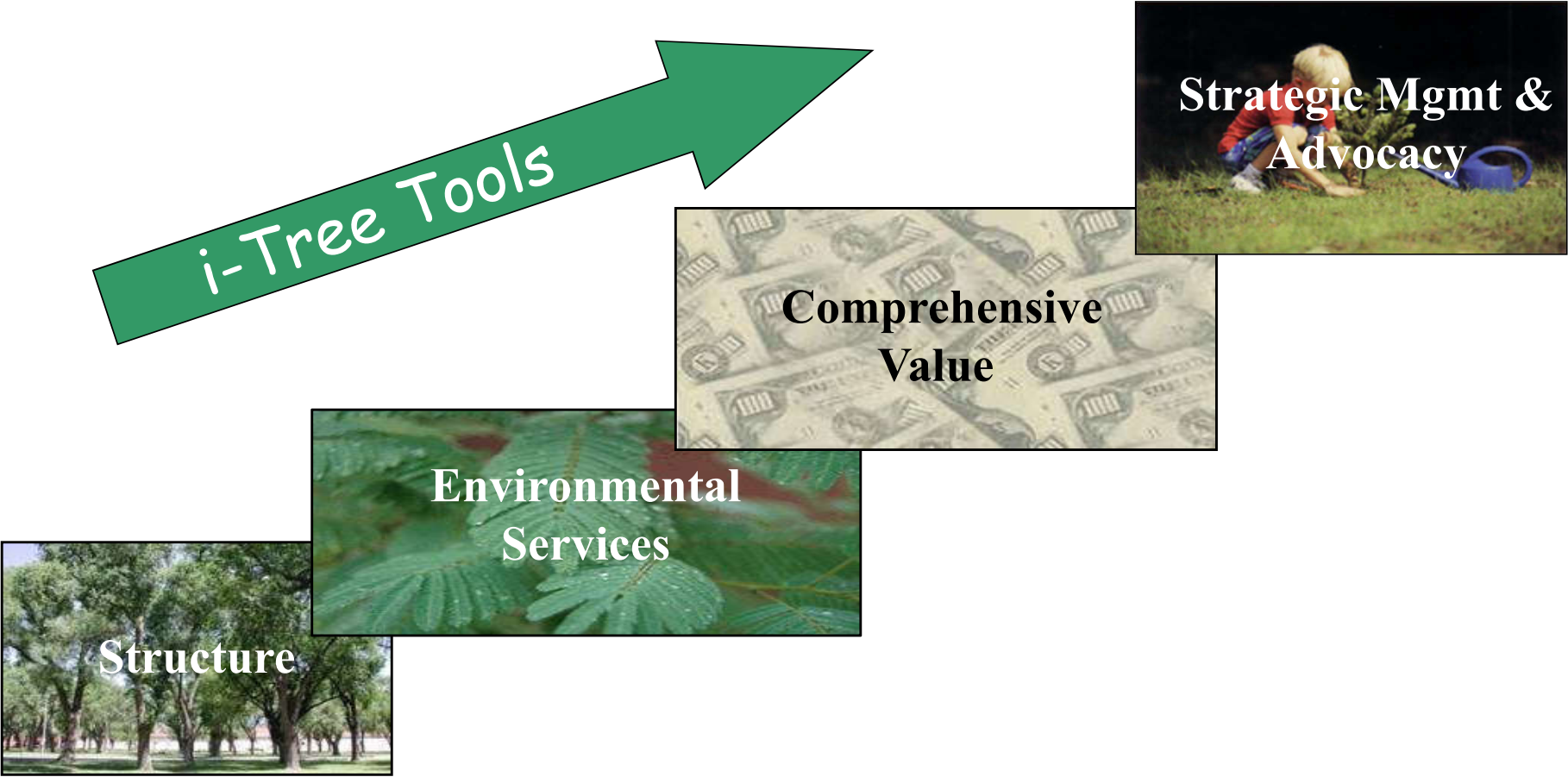
Quota di carbonio che rimane permanentemente in forma organica, sotto forma di biomassa legnosa, fino alla morte dell'albero



Questi due filari producono i soliti benefici???



Quantificare i benefici: I-Tree



Modelli empirici

Stimano la crescita e la biomassa in base ad osservazioni sperimentali

Le relazioni empiriche sono ottenute “fittando” centinaia di osservazioni di parametri diversi delle piante (es. diametro, altezza, età)

Mancano di una robusta base teorica, tuttavia un gran numero di equazioni è stato sviluppato per moltissime specie (soprattutto in ambiente forestale)

Valgono per gli ambienti in cui sono sviluppati, difficile la generalizzazione

ES:

Stoccaggio di carbonio

$$\text{Biomassa} = a (\text{diametro})^b$$

Sequestro di carbonio

Incremento di biomassa tra anni successivi, corretto in base ad alcuni coefficienti

Modelli empirici

Table 1 Parameter estimates for allometric equations relating volume (m³) and diameter breast height (DBH, cm)

Tree species (Spp. Code)	a	b	R2	RMSE
<i>Fraxinus pennsylvanica</i> (FRPE)	5.9 E-04	2.206	0.987	0.175
<i>Gleditsia triacanthos</i> (GLTR)	5.1 E-04	2.220	0.988	0.188
<i>Tilia cordata</i> (TICO)	9.4 E-04	2.042	0.953	0.257
<i>Quercus macrocarpa</i> (QUMA)	2.4 E-04	2.425	0.938	0.365
<i>Celtis occidentalis</i> (CEOC)	1.4 E-03	1.928	0.959	0.293
<i>Ulmus americana</i> (ULAM)	1.8 E-03	1.869	0.924	0.268
<i>Acer platanoides</i> (ACPL)	1.9 E-03	1.785	0.940	0.280
<i>Ulmus pumila</i> (ULPU)	4.9 E-03	1.613	0.874	0.461
<i>Populus sargentii</i> (POSA)	2.1 E-03	1.873	0.991	0.181
<i>Gymnocladus dioicus</i> (GYDI)	4.2 E-04	2.059	0.816	0.411
<i>Acer saccharinum</i> (ACSA)	3.6 E-04	2.292	0.964	0.334

Parameter values are given for each individual species. The equation form is $\text{Volume} = a(\text{DBH})^b$


McHale et al., 2009, Urban Ecosys

Qualiviva (Mipaaf, Italy)

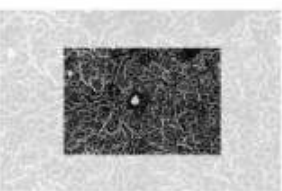
Schede tecniche che descrivono le caratteristiche morfologiche, ecologiche e i requisiti gestionali di 103 specie arboree ornamentali.

Inoltre, è riportata la tolleranza di ciascuna specie ai principali stress biotici e abiotici
Infine, usando I-Tree, sono stati quantificati alcuni servizi ecosistemi delle diverse specie

Stoccaggio CO2

	CO2 stoccata (kg)	CO2 assimilata (kg/anno)
Nuovo impianto	6	5
Esemplare maturo	3730	325

Abbattimento inquinanti

	O3 (kg/anno)	NO2 (kg/anno)	SO2 (kg/anno)	PM10 (kg/anno)
Esemplare maturo	0.1	0.2	0.3	0.1

Aesculus hippocastanum

<http://www.vivaistiitaliani.it/qualiviva/consultazione-shede-tecniche>

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



1 – Misurazione in situ di alcuni servizi ecosistemici

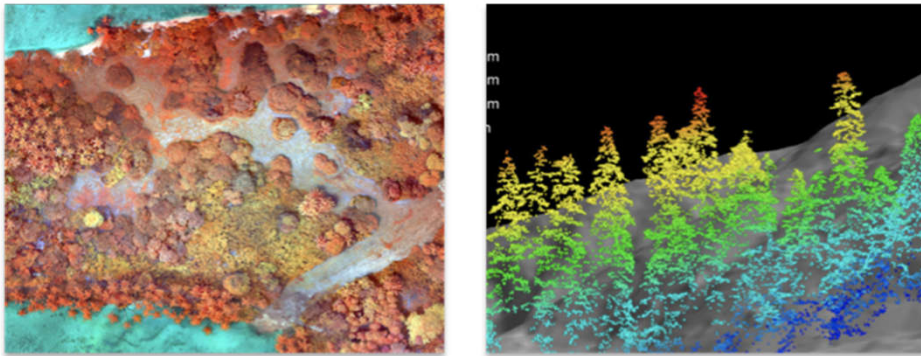


Campagne di misurazioni eco-fisiologiche intensive, effettuate in diversi periodi dell'anno, con lo scopo di misurare direttamente, anzichè stimare con modelli, i benefici forniti da alcune specie arboree:

- Assimilazione di CO₂
- Adsorbimento di PM
- Miglioramento del microclima

2- Gestione basata sulle esigenze dell'albero

Supporto alla gestione del verde per aumentare i benefici

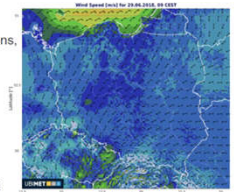


Dati da Remote sensing, dati ottenuti tramite LiDAR (Light Detection And Ranging) e modelli previsionali meteorologici saranno integrati alle misurazioni fisiologiche **per sviluppare un software per una gestione "smart" del verde**, in grado cioè di ottimizzare gli interventi irrigui e la potatura per massimizzare i benefici forniti e ridurre le esternalità legate alla gestione

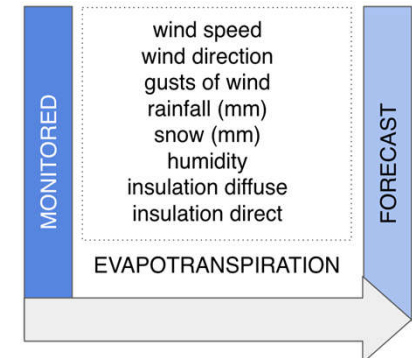


Background: UBIMET Analysis HYDRA® HYBRID DOWNSCALING BASED ON REGRESSION AND ANALYSIS

- Patented Algorithm
- Numerous input data (Weather Stations, Radar, Satellite, Lightning)
- Downscaling via „Fingerprints“:
 - Topographic effects
 - Hydrographic effects
 - Thermal effects
- Weighted spatial regression methods



UBIMET



Partner di progetto

Project coordinator: R3 GIS srl – Merano (Italy)

Partners

University of Milano (IT)

Progea 4D – Krakow (PL)

Anthea srl (City of Rimini – IT)

Zarząd Zieleni Miejskiej (City of Krakow - PL)

Inizio: Luglio 2018



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI MILANO



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

Anthea



Zarząd
Zieleni Miejskiej
w Krakowie

Le città

Parametro (media trentennale)	Rimini	Cracovia
Zona climatica (Koppen)	Cfa	Dfb
Tmin (°C)	8,6	3,8
Tmax (°C)	17,6	12,8
Pioggia (mm)	705	622

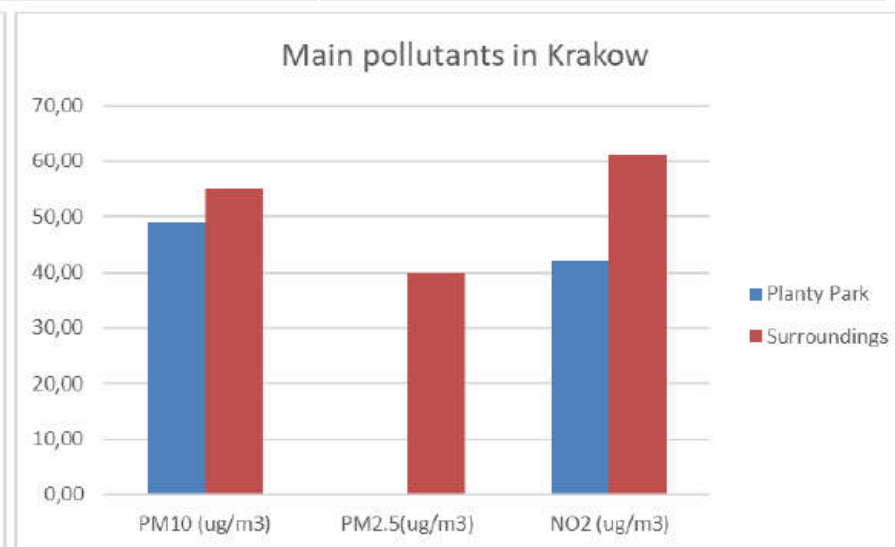
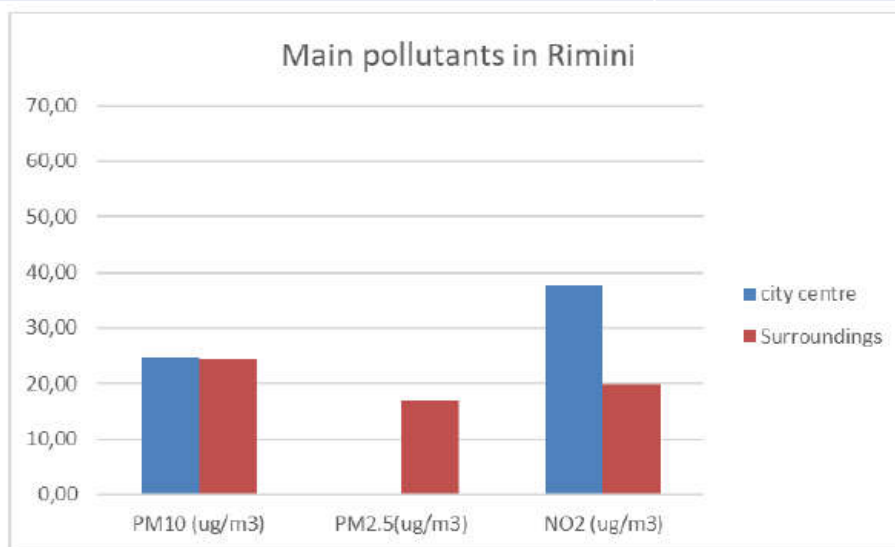


Fig. 1 - Average PM10, PM2,5, and NO2 in the two cities.¹

Le aree sperimentali

Nella fase preliminare del progetto, sono state individuate aree rappresentative in cui effettuare le misurazioni



Le aree sperimentali

Le aree sperimentali sono state stratificate in due macro-tipologie:

Aree pavimentate: alberature stradali, parcheggi, alberi a dimora in buche d'impianto ben definite o con visibile interazione tra pianta e costruito.

Aree non pavimentate: piante in parchi e giardini, soggette a scarsi o nulli conflitti con il costruito e a dimora in suoli per la maggior parte non pavimentati



Le specie modello

Sulla base di inventari pre-esistenti sono state individuate le 10 specie per ciascuna città da includere nel progetto:

RIMINI: 2.500.000 m2 di verde con 52.809 alberi appartenenti a 84 specie

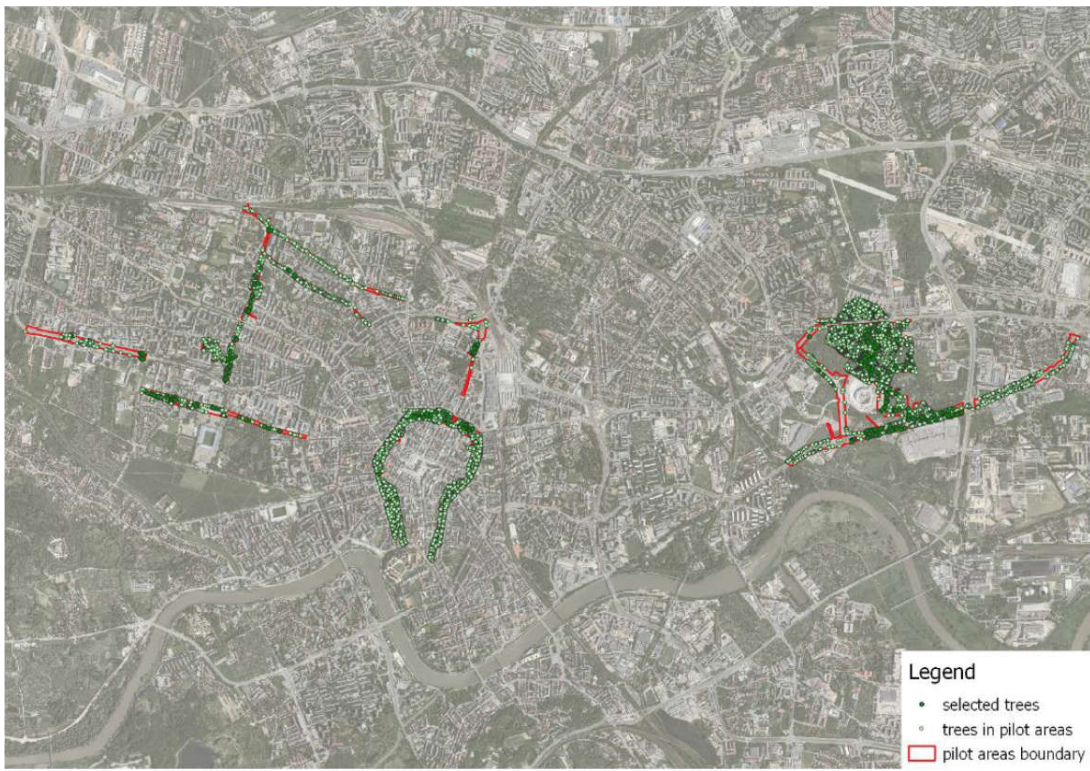
Specie	Habitus
<u><i>Quercus robur</i></u>	Latifolia decidua, grande
<i>Platanus x acerifolia</i>	Latifolia decidua, grande
<u><i>Populus nigra</i></u>	Latifolia decidua, grande
<i>Quercus ilex</i>	Latifolia sempreverde, grande
<u><i>Pinus pinea</i></u>	Conifera sempreverde
<u><i>Tilia x europaea</i></u>	Latifolia decidua, medio/grande
<u><i>Aesculus hippocastanum</i></u>	Latifolia decidua, medio/grande
<u><i>Acer negundo</i></u>	Latifolia decidua, media
<i>Ligustrum lucidum</i>	Latifolia semi-decidua, piccola
<i>Prunus laurocerasus</i>	Arbusto sempreverde

CRACOVIA: 4.720.000 m2 di verde con 50094 alberi censiti appartenenti a 73 specie

Specie	Habitus
<u><i>Quercus robur</i></u>	Latifolia decidua, grande
<i>Fraxinus excelsior</i>	Latifolia decidua, grande
<u><i>Populus nigra</i></u>	Latifolia decidua, grande
<i>Ulmus laevis</i>	Latifolia decidua, grande
<u><i>Pinus nigra</i></u>	Conifera sempreverde
<u><i>Tilia cordata</i></u>	Latifolia decidua, medio/grande
<u><i>Aesculus hippocastanum</i></u>	Latifolia decidua, medio/grande
<u><i>Acer platanoides</i></u>	Latifolia decidua, medio/grande
<i>Sorbus aucuparia</i>	Latifolia decidua, piccola
<i>Cornus alba</i>	Arbusto deciduo

Gli alberi nella aree sperimentali

Krakow, PL



Rimini, IT



Gli alberi nella aree sperimentali



L'età degli alberi è stata determinate con l'aiuto di Anthea and ZYM

Il diametro del fusto, l'altezza e l'area di proiezione della chioma (DLA) sono stati misurati su circa 500 alberi per città.

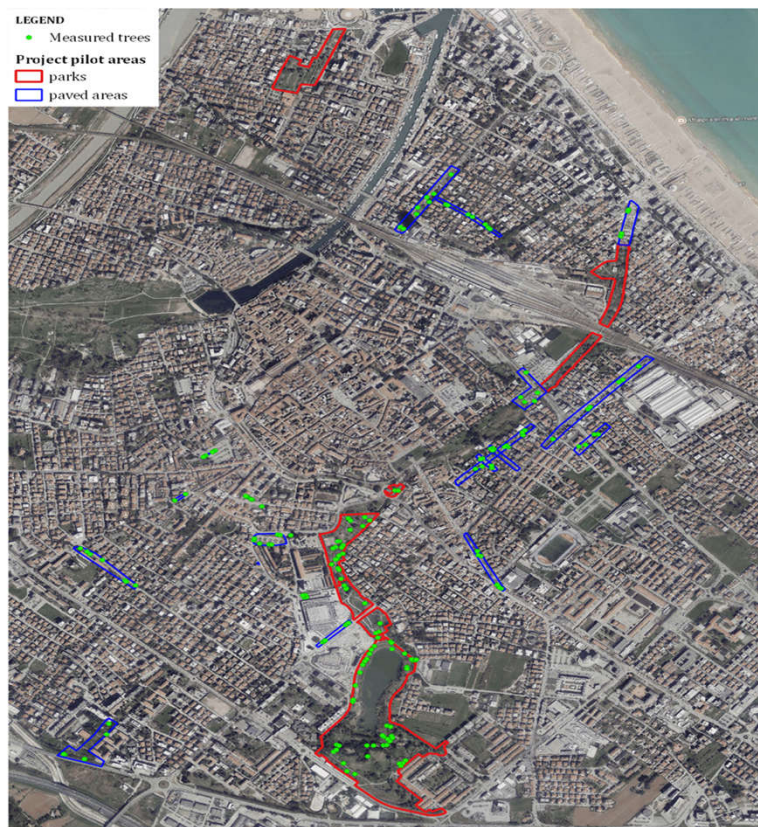
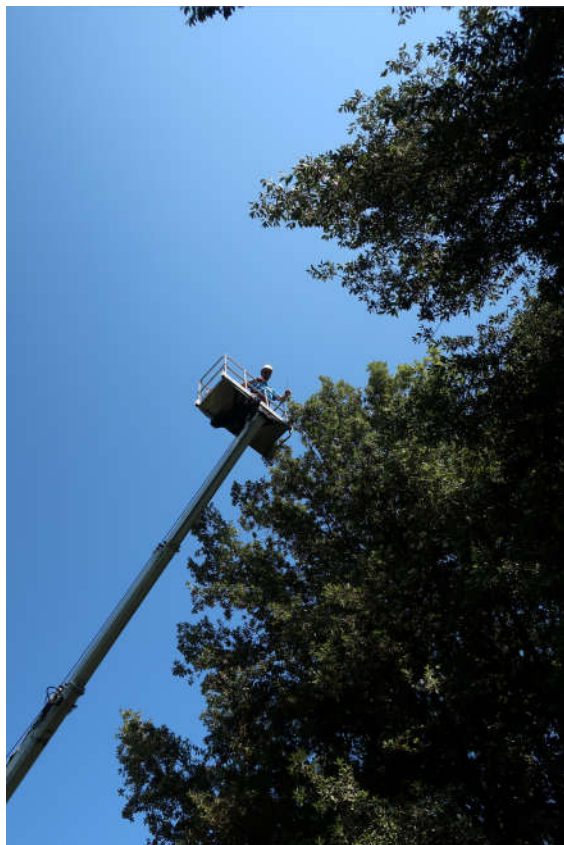
Il Leaf Area Index (LAI) è stato misurato con un ceptometro

LAI * DLA permette di calcolare preliminarmente l'area fogliare totale della pianta.

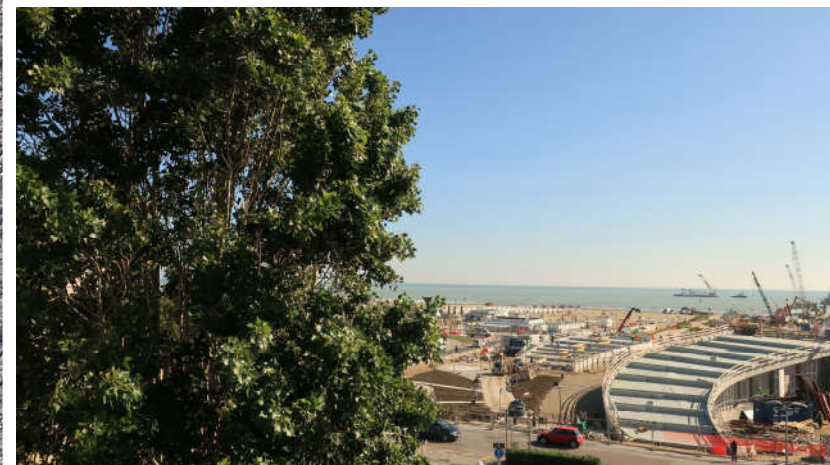
Sulla base dei parametri biometrici, esemplari "medi" di ogni specie sono stati selezionati per le misure fisiologiche



Assimilazione di CO₂ e miglioramento della qualità dell'aria

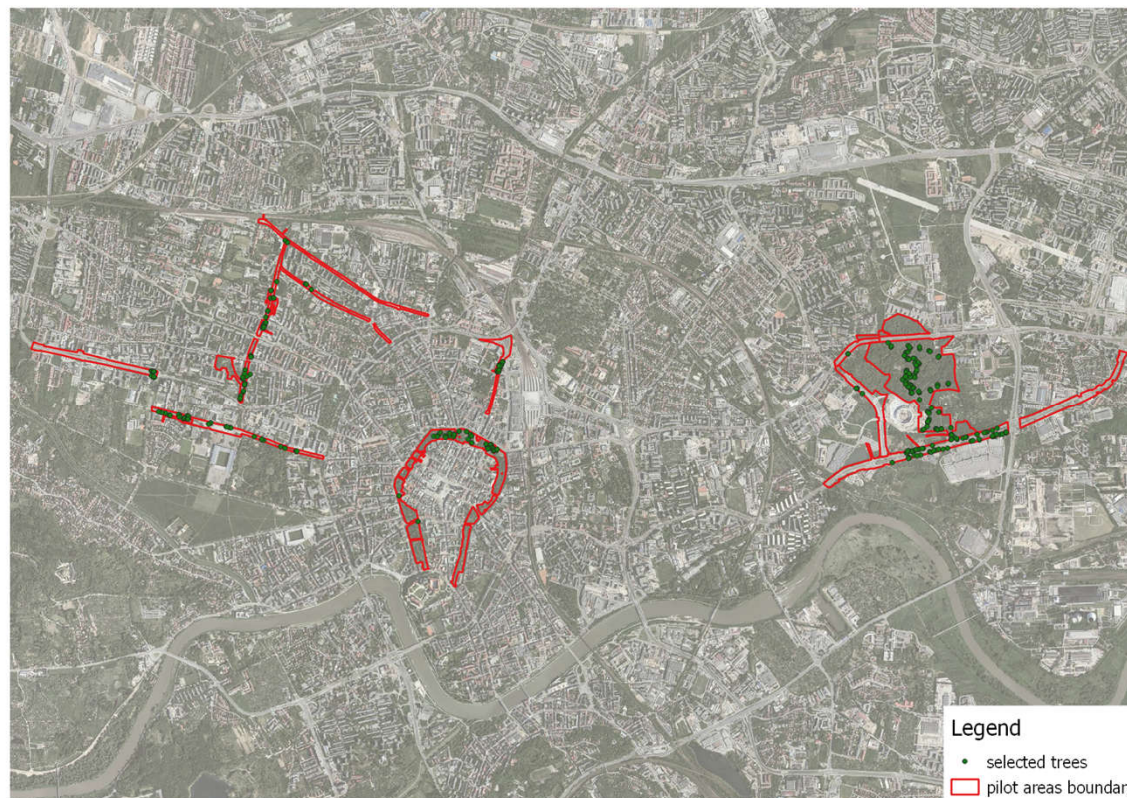


A Rimini sono state effettuate tre campagne di misurazione di fotosintesi e traspirazione, in estate e in autunno 2018 e in maggio 2019. In ogni data, circa 650 foglie sono stati misurate da circa 200 alberi. Le misurazioni sono state fatte a luce saturante su foglie esposte alla luce solare piena



Assimilazione di CO₂ e miglioramento della qualità dell'aria

A Cracovia, al momento sono state effettuate le misurazioni solo nel periodo autunnale e in quello primaverile, misurando circa 800 foglie in ogni periodo.

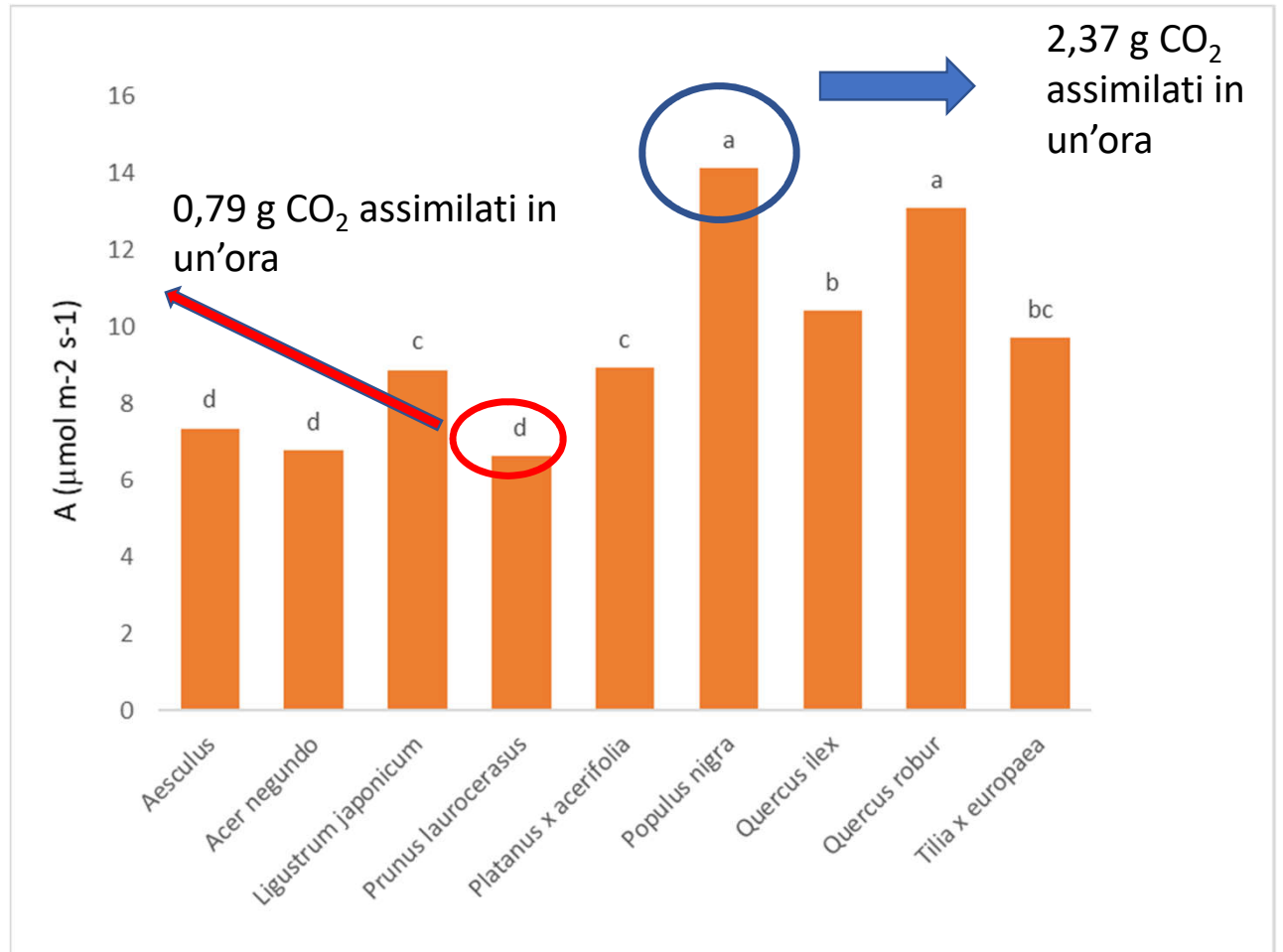


Assimilazione del carbonio: effetti della scelta della specie a Rimini


Pspecie	→	**
Pstrata		**
Petà		n.s.
Pposizione		**
PspecieXstrata		n.s.
PspecieXetà		n.s.
SpecieXposizione		n.s.
AgeXstrata		**
SpecieXageXstrata		**

Valori misurati su foglie in pieno sole, a luce saturante e 410 ppm CO₂

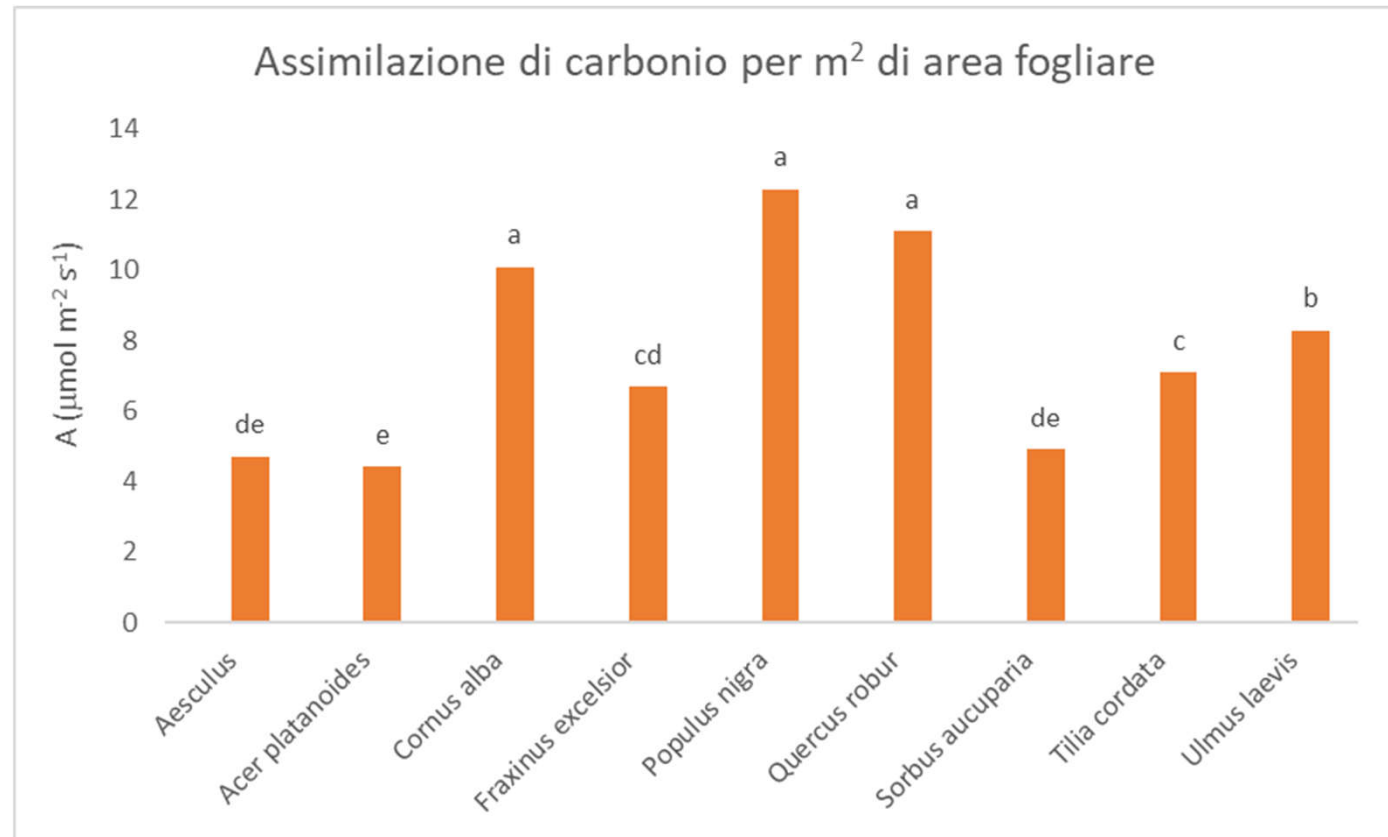
Media delle misurazioni effettuate in primavera, estate e autunno



Assimilazione del carbonio: effetti della scelta della specie a Cracovia

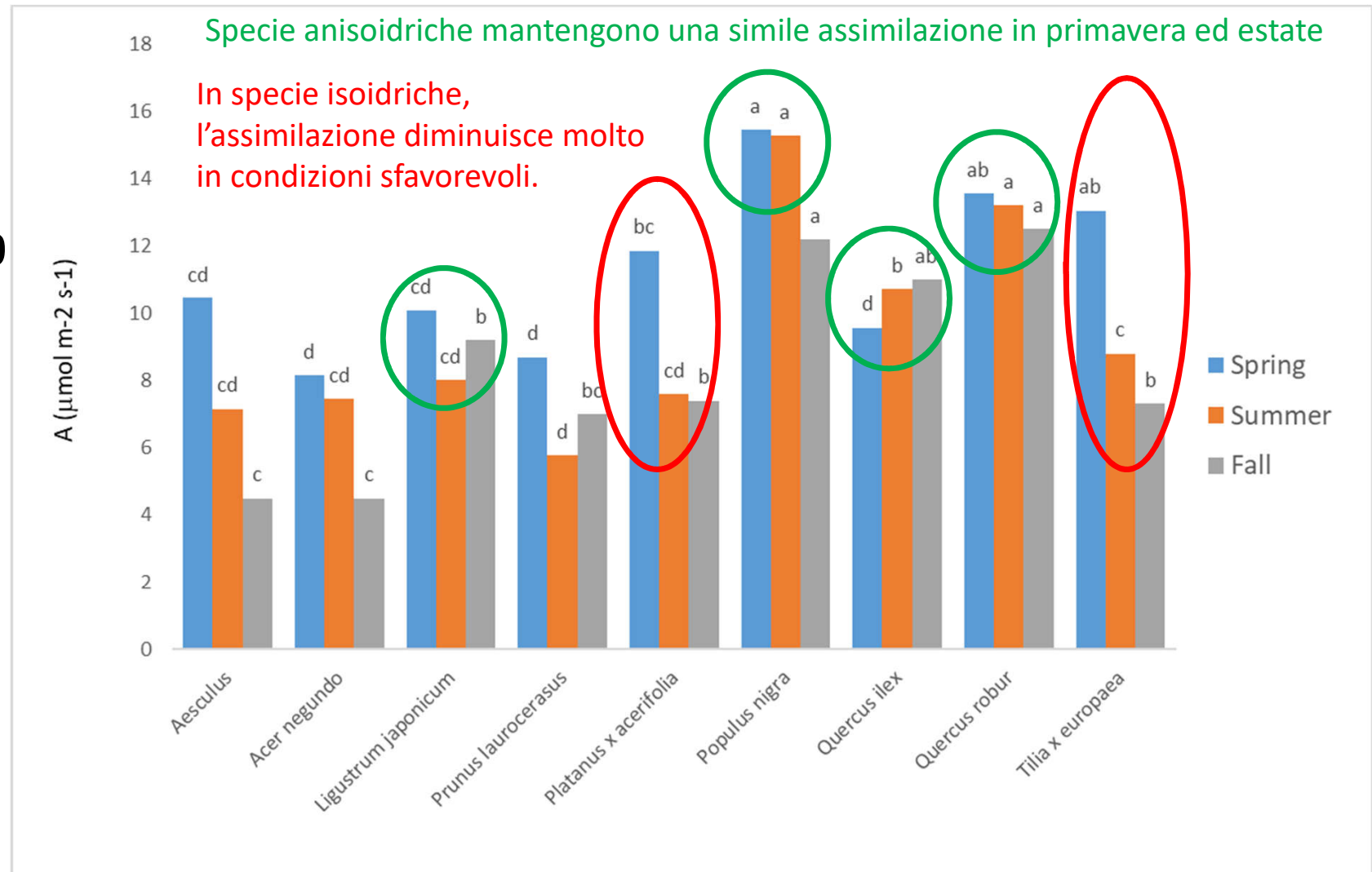
Pspecie		**
Pstrata		n.s.
Petà		**
Pposizione		**
PspecieXstrata		n.s.
PspecieXetà		**
SpecieXposizione		n.s.
AgeXstrata		n.s.
SpecieXageXstrata		n.s.

Valori misurati su foglie in pieno sole



Assimilazione del carbonio: effetti della scelta della specie a Rimini

$P_{\text{specie} \times \text{stagione}} < 0.000$



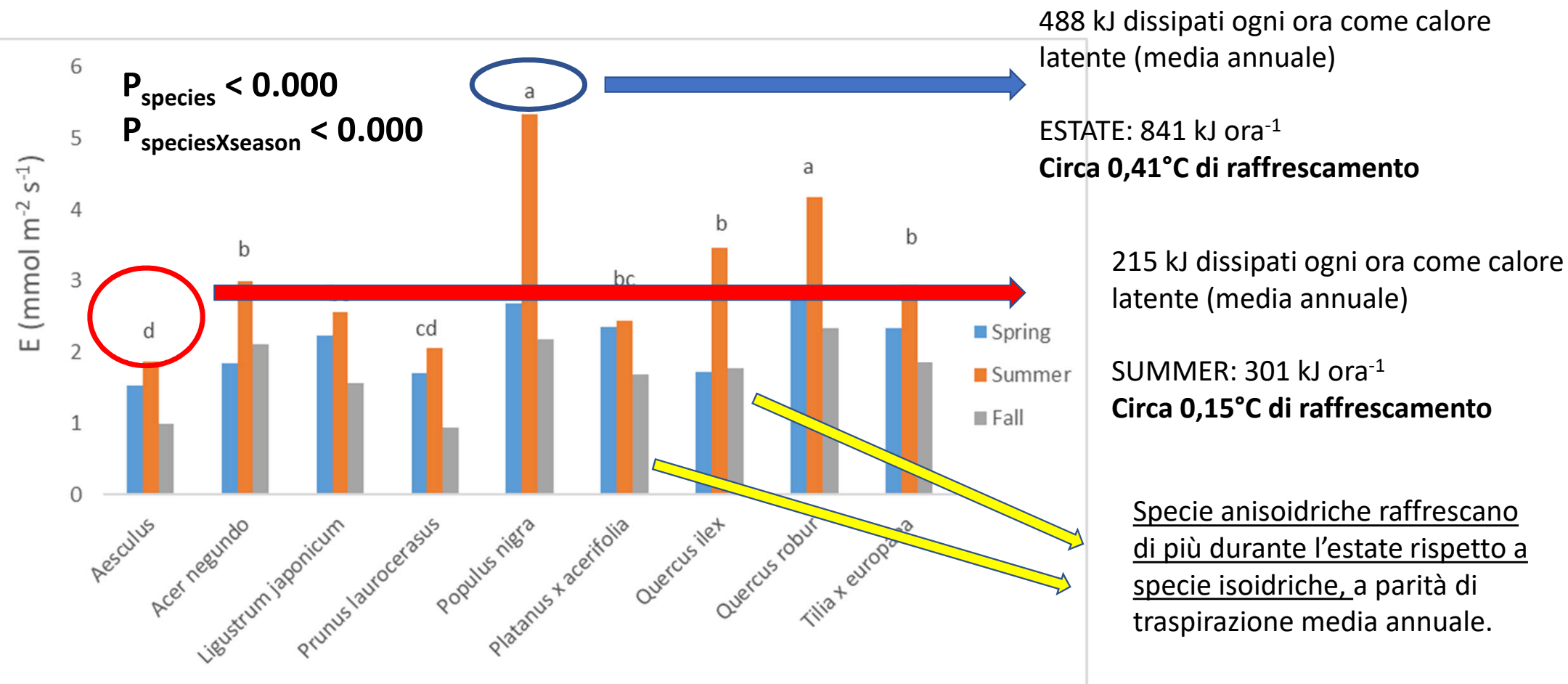
Park trees vs.
street trees



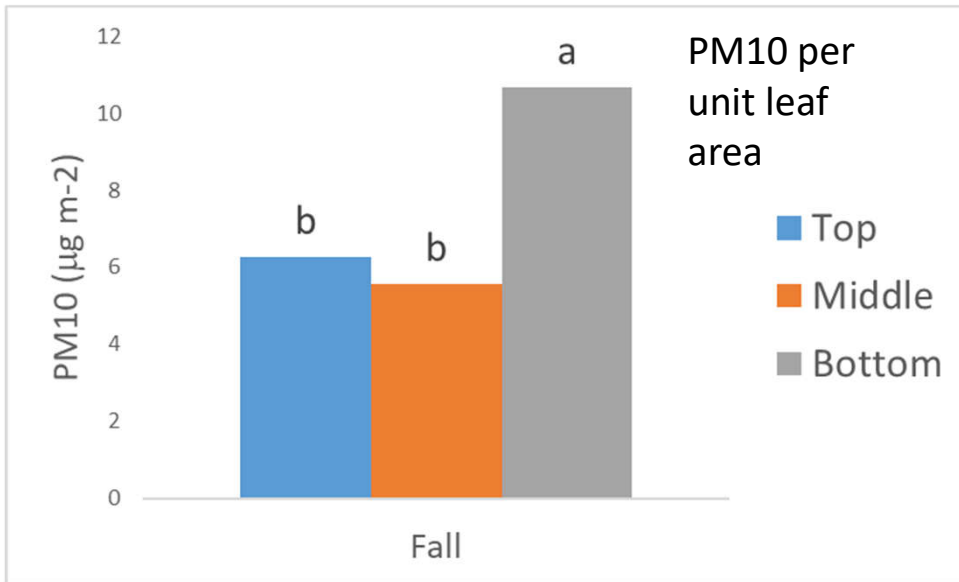
Transpiration and microclimate improvement



Transpirazione e miglioramento del microclima: effetto della specie e della stagione a Rimini



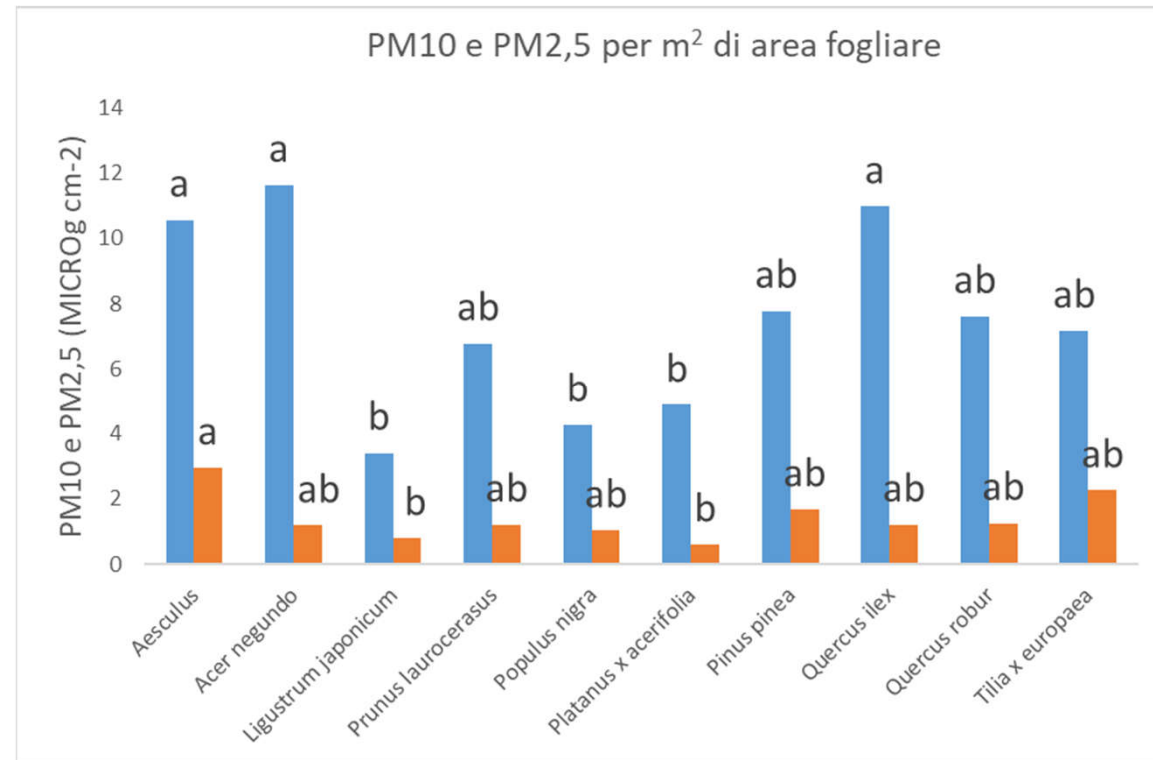
Miglioramento della qualità dell'aria



Lower leaves are the most effective to capture PM10, no significant effect of leaf position for PM2,5

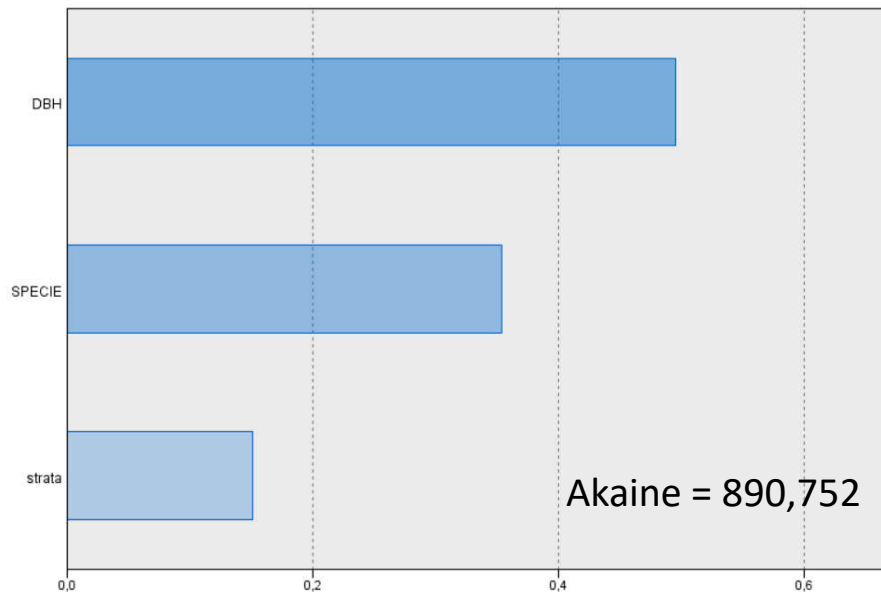
Strata was not significant

Aesculus, *Acer negundo* e *Q. ilex* hanno mostrato maggior adsorbimento di PM10 per unità di area fogliare rispetto a *Ligustrum*, *Populus*, e *Platanus*. *Aesculus* è stato particolarmente efficiente nella rimozione del PM 2,5



Area fogliare

Un approccio machine-learning è stato utilizzato per stimare equazioni che correlino l'età al diametro del fusto e il diametro del fusto all'area fogliare



$$TLA = e^a * b/DBH$$

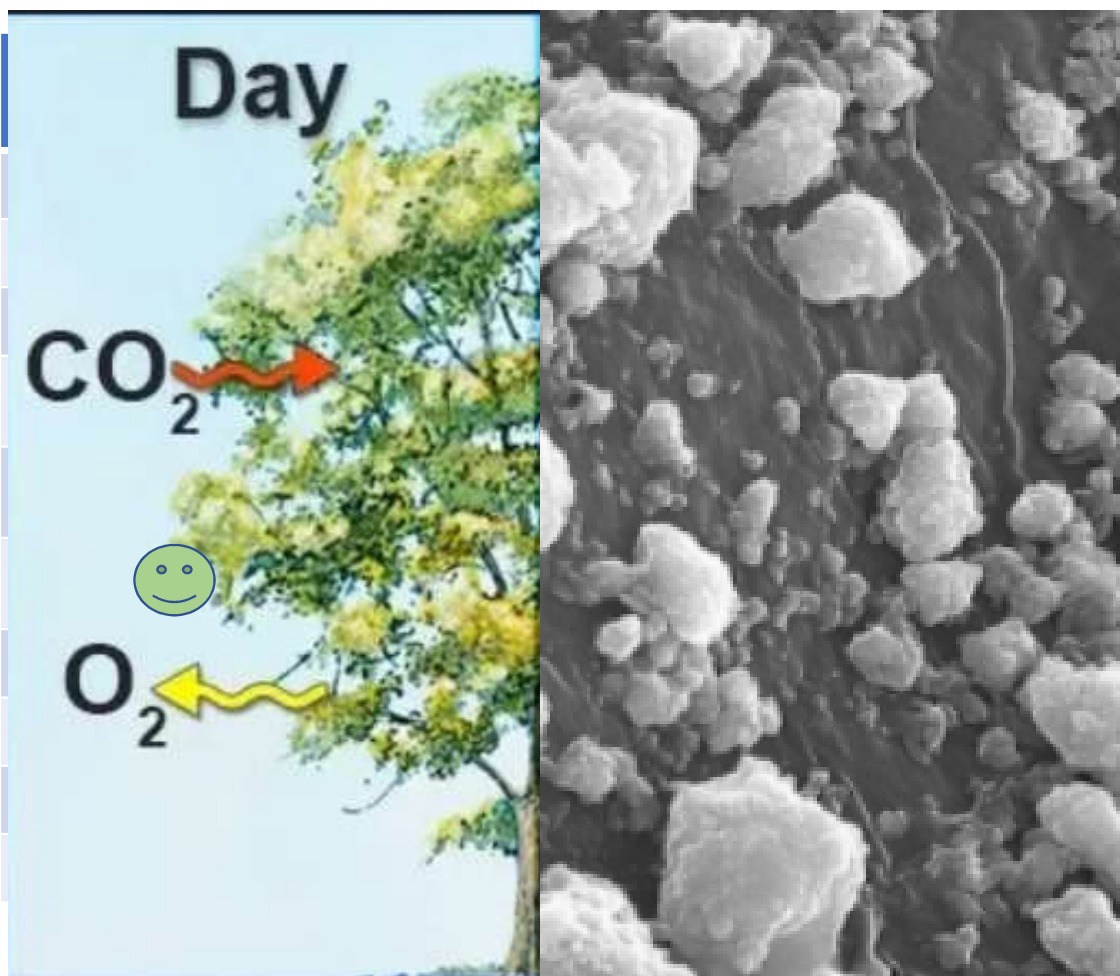
Species	Strata	a	b	R2
<i>Acer</i>	Unpaved	7,521	-51,636	0,948
	Paved	6,881733	-39,2642	0,927
<i>Aesculus</i>	Unpaved	7,799567	-55,3401	0,95
	Paved	5,956216	-23,4743	0,935
<i>Quercus robur</i>	Unpaved	7,146393	-34,2247	0,968
	Paved	8,189543	-87,2398	0,807
<i>Prunus laurocerasus</i>	Unpaved	6,653643	-19,0259	0,502
	Paved	7,280494	-37,3289	0,796
<i>Quercus ilex</i>	Unpaved	6,354624	-48,048	0,926
	Paved	5,66981	-22,1225	0,612
<i>Ligustrum</i>	Unpaved	4,062086	-18,1414	0,563
	Paved	4,946129	-27,3438	0,862
<i>Populus nigra</i>	Unpaved	7,661452	-96,4858	0,996
	Paved	9,807912	-119,141	0,94
<i>Platanus x acerifolia</i>	Unpaved	6,455244	-32,6496	0,905
	Paved	6,815241	-34,9559	0,975
<i>Tilia x europaea</i>	Unpaved	6,595278	-36,8099	0,98



Che benefici fornirebbe
il mio albero di 40 anni
di età, se fosse...

Servizi ecosistemici di un albero di 40 anni

Species	DBH (cm)		Leaf area (m2)		
	Parco e strada	Strada	Parco	Strada	
<i>Aesculus</i>	38,8	161	518		😊😊
<i>Acer negundo</i>	33,8	211	444		😊😊
<i>Ligustrum japonicum</i>	18,5	20	59		
<i>Prunus laurocerasus*</i>	21	239	239		
<i>Platanus x acerifolia</i>	46,8	270	608		😊😊😊
<i>Populus nigra</i>	56,6	133	119		😊😊
<i>Quercus ilex</i>	33,8	160	470		😊😊
<i>Quercus robur</i>	38,5	192	334		
<i>Tilia x europaea</i>	42,1	261	368		😊😊



Servizi ecosistemici di un albero di 40 anni

Species	DBH (cm)	Calore latente dissipato (MJ h ⁻¹)	
		Strada	Parco
	Parco e strada		
<i>Aesculus</i>	38,8	34,2	130,4
<i>Acer negundo</i>	33,8	97,0 😊	124,2
<i>Ligustrum japonicum</i>	18,5	13,0	8,1
<i>Prunus laurocerasus</i> *	21	55,7	55,7
<i>Platanus x acerifolia</i>	46,8	96,7 😊	190,2 😊
<i>Populus nigra</i>	56,6	70,8	62,5
<i>Quercus ilex</i>	33,8	61,0	167,2 😊
<i>Quercus robur</i>	38,5	102,6 😊	151,3 😊
<i>Tilia x europaea</i>	42,1	97,6 😊	139,7



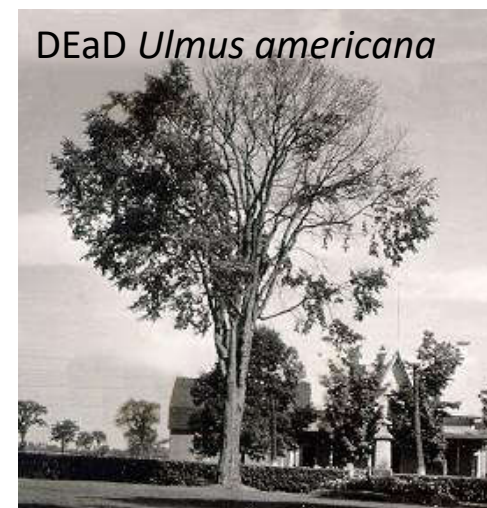
L'uso eccessivo di una o più specie supposte fornire i maggiori benefici può portare a perdite catastrofiche in caso di attacco da parte patogeni o parassiti specialisti



+



=



+



=

Migliaia di milioni di frassini uccisi, con un costo stimato di 12,7 miliardi di \$ entro il 2020

(Lovett et al., 2016)

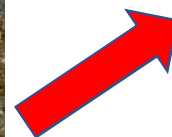
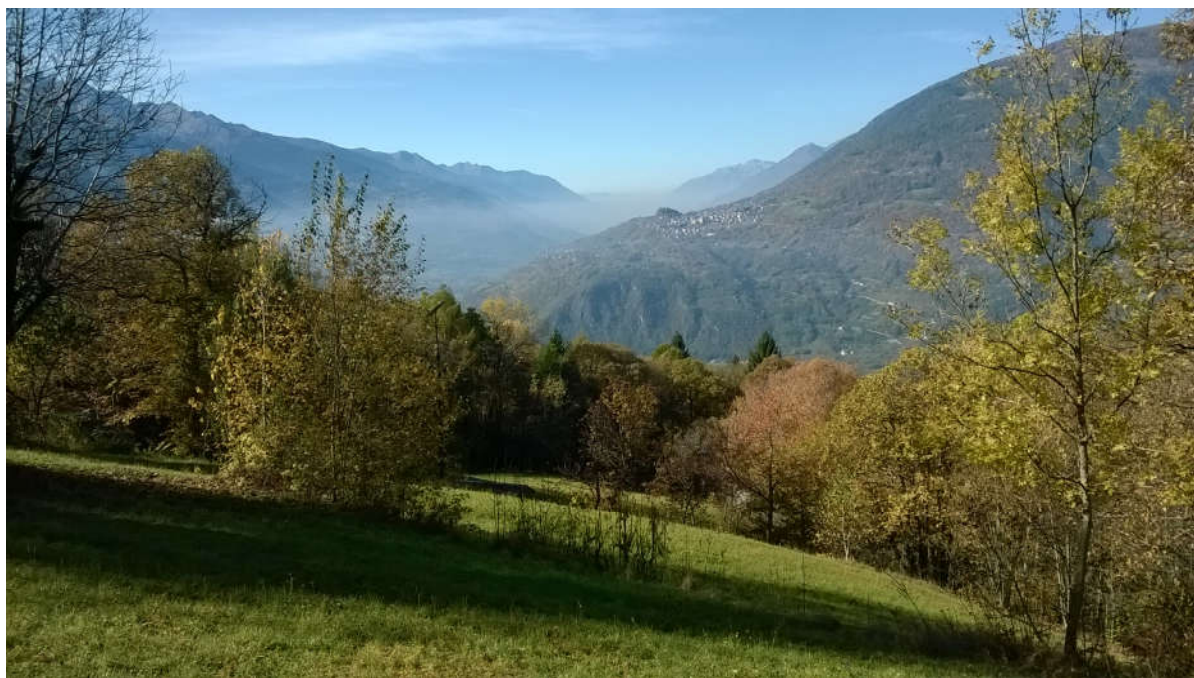
Diversificare per tutelare



5% rule (Ball, 2016)

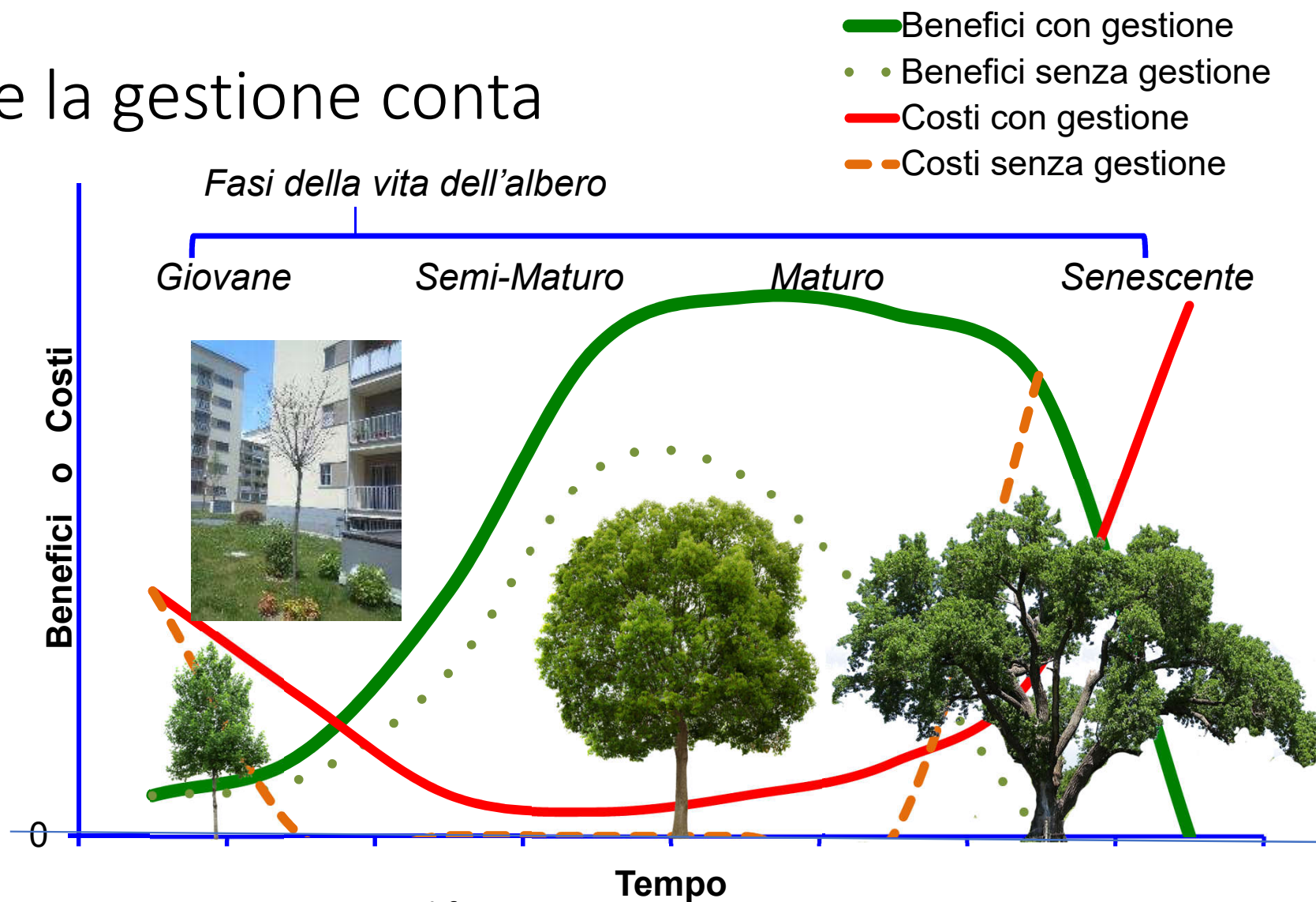
Mantenere, in una città, la frequenza di ciascun genere sotto il 5%

La natura è eterogena e difforme



Siamo pronti per un verde eterofita?

Anche la gestione conta



Anche la gestione conta


In una successiva azione del progetto, saranno valutati gli effetti di alcune tecniche di gestione sui benefici forniti:

- Irrigazione
- Pacciamatura
- Potatura
- Decompattazione



?





Grazie per
l'attenzione



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI MILANO

LIFE  URBANGREEN



With the contribution of the LIFE Programme of the European Union
LIFE17 CCA/IT/000079

www.lifeurbangreen.eu