



LIFE URBANGREEN
(LIFE17 CCA/ITA/000079)



Servizi ecosistemici di specie arboree in due città europee

Alessio Fini

DISAA, Università di Milano, via Celoria 2, Milano

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

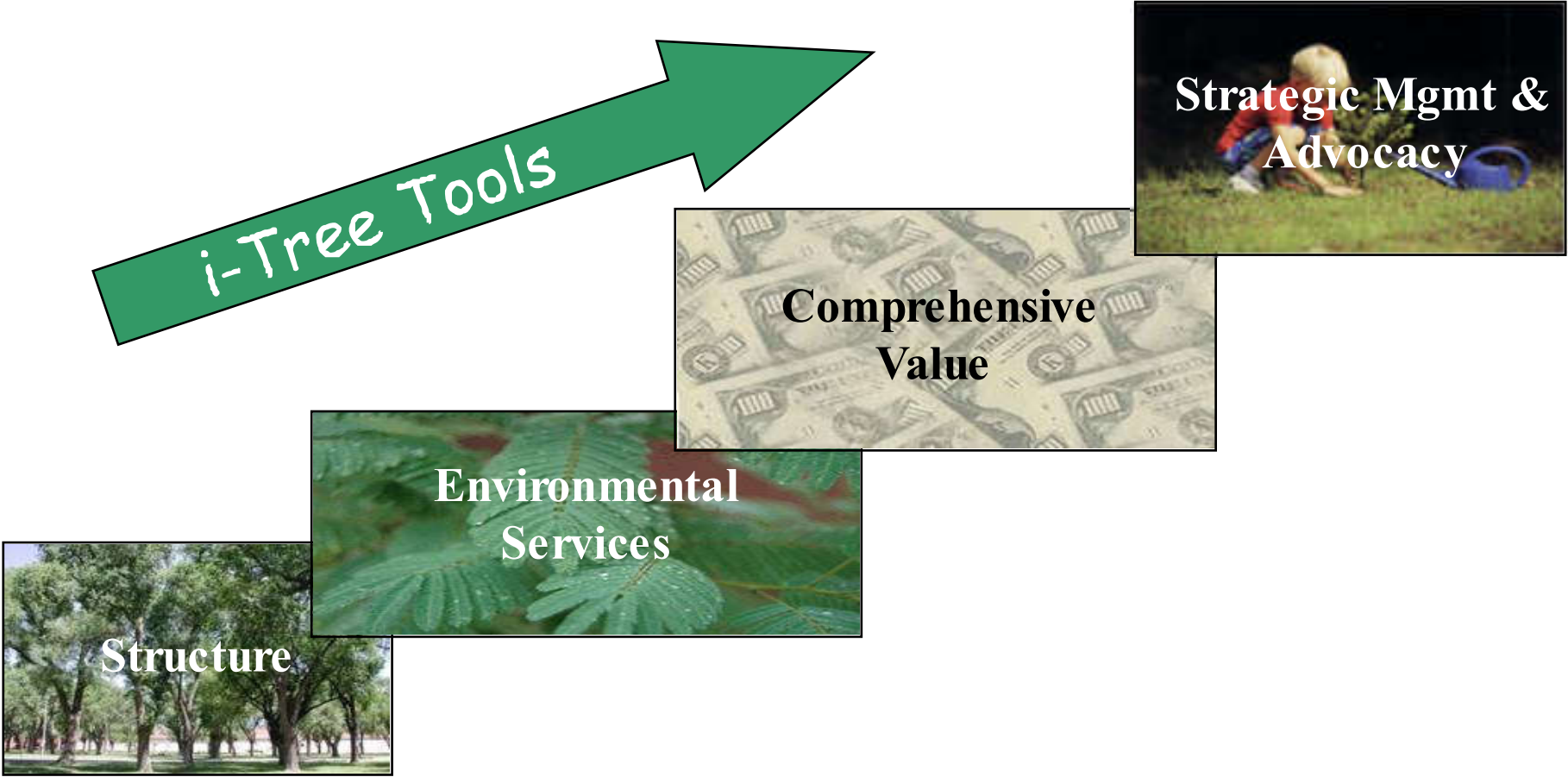
Cices, 2018



Questi due filari producono i soliti benefici???



Quantificare i benefici: I-Tree



Supporto e regolazione: miglioramento del microclima



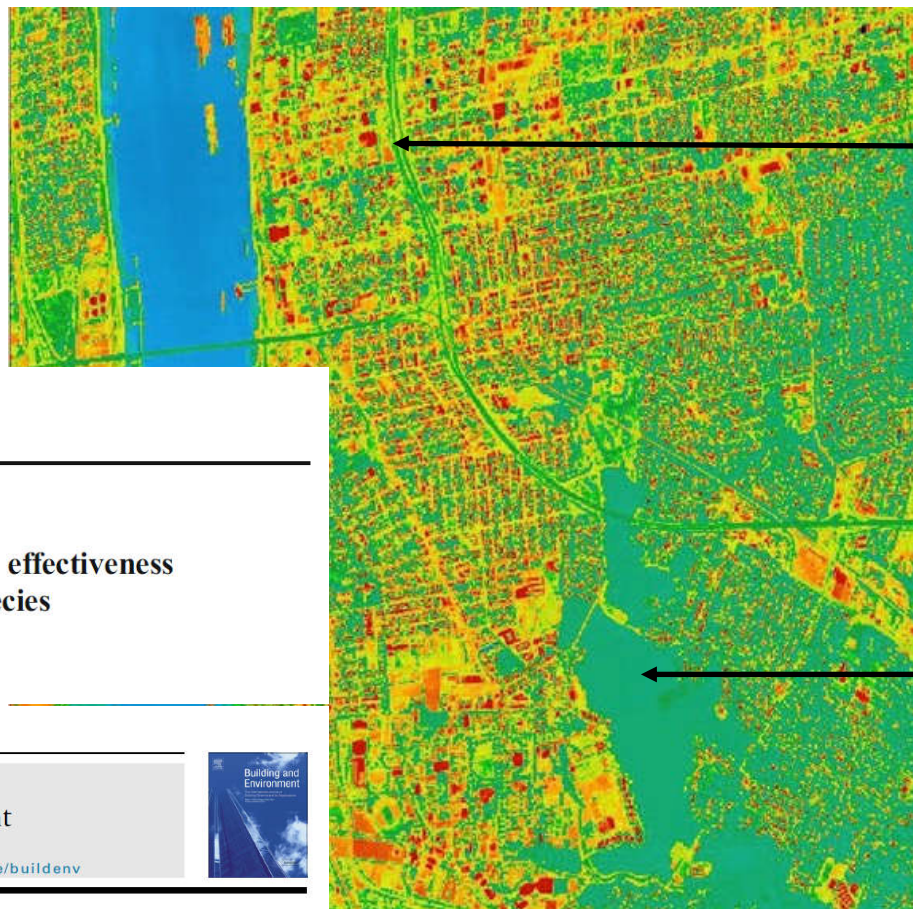
La **traspirazione** delle piante assorbe 2,46 kJ di calore per grammo di acqua che evapora

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



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

Un parco cittadino mostra temperature inferiori ai 30 °C

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



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



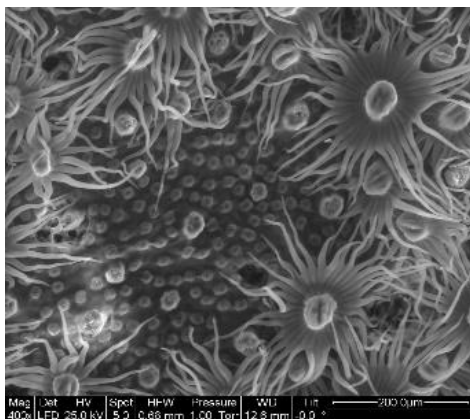
Supporto e regolazione: miglioramento della qualità dell'aria



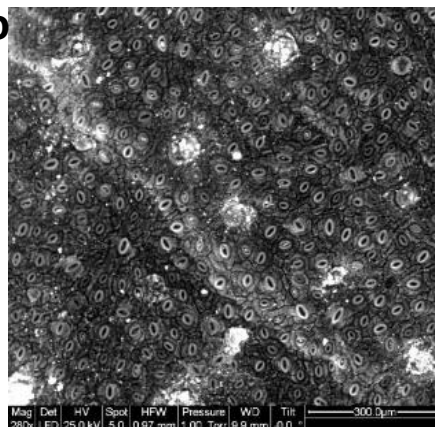
Tipicamente, 1 cm^2 di area fogliare adsorbe 10-70 μg PM all'anno, oltre ad assorbire inquinanti gassosi (CO , NO_x , SO_2 , O_3)

Supporto e regolazione: miglioramento della qualità dell'aria

Eleagno



Ligustro

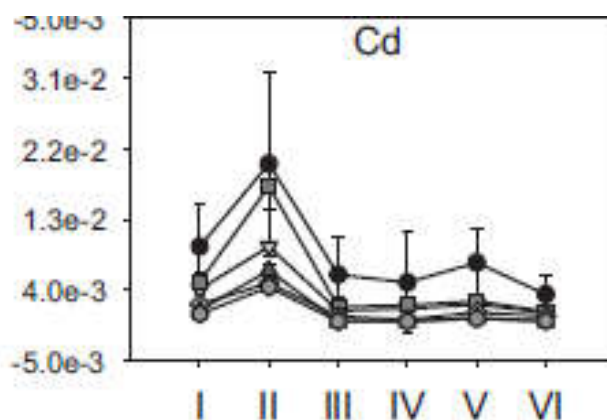
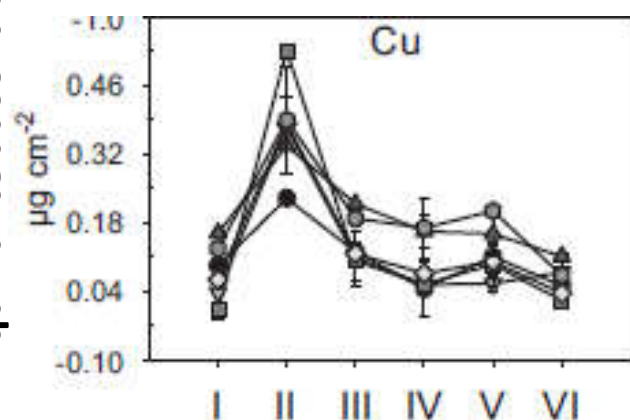


Il contributo del verde alla rimozione di inquinanti è spesso stimato con il modello di deposizione secca



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



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

SCIENTIFIC REPORTS

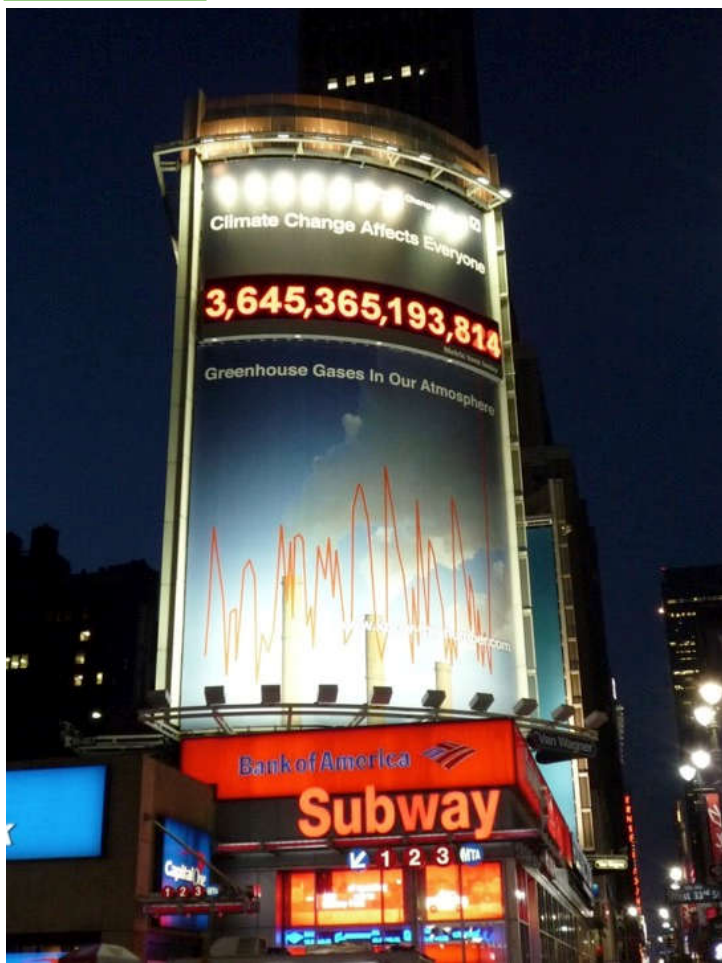
OPEN Variation in Tree Species Ability to Capture and Retain Airborne Fine Particulate Matter (PM_{2.5})

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

first: 20 April 2016
first: 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

Modelli empirici

Stoccaggio di carbonio = 0,5 * densità secca * volume

Volume = a (diametro)^b

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 dioica</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 Volume = a(DBH)^b


McHale et al., 2009, Urban Ecosys

Qualiviva (Mipaaf, Italy)

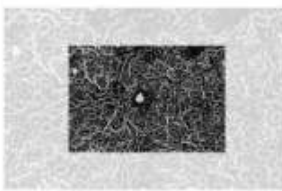
Schede tecniche che descrivono le caratteristiche morfologiche, ecologiche e i requisiti gestionali di 103 specie arboree ornamentali.

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

Le città

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

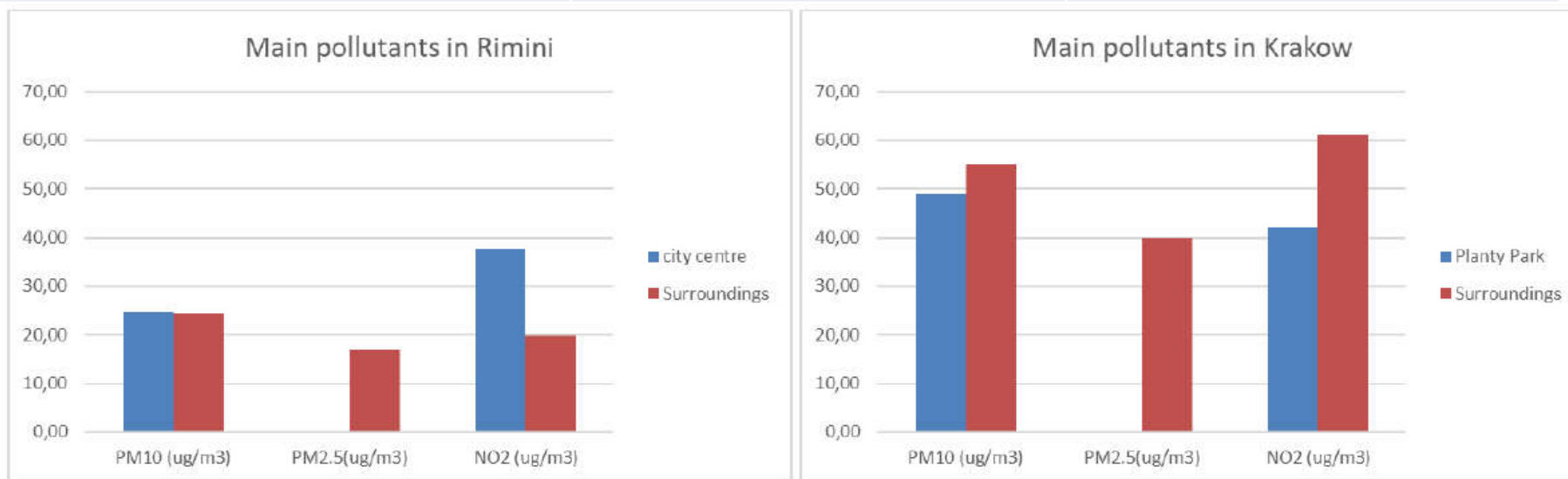


Fig. 1 - Average PM10, PM2,5, and NO2 in the two cities.¹

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

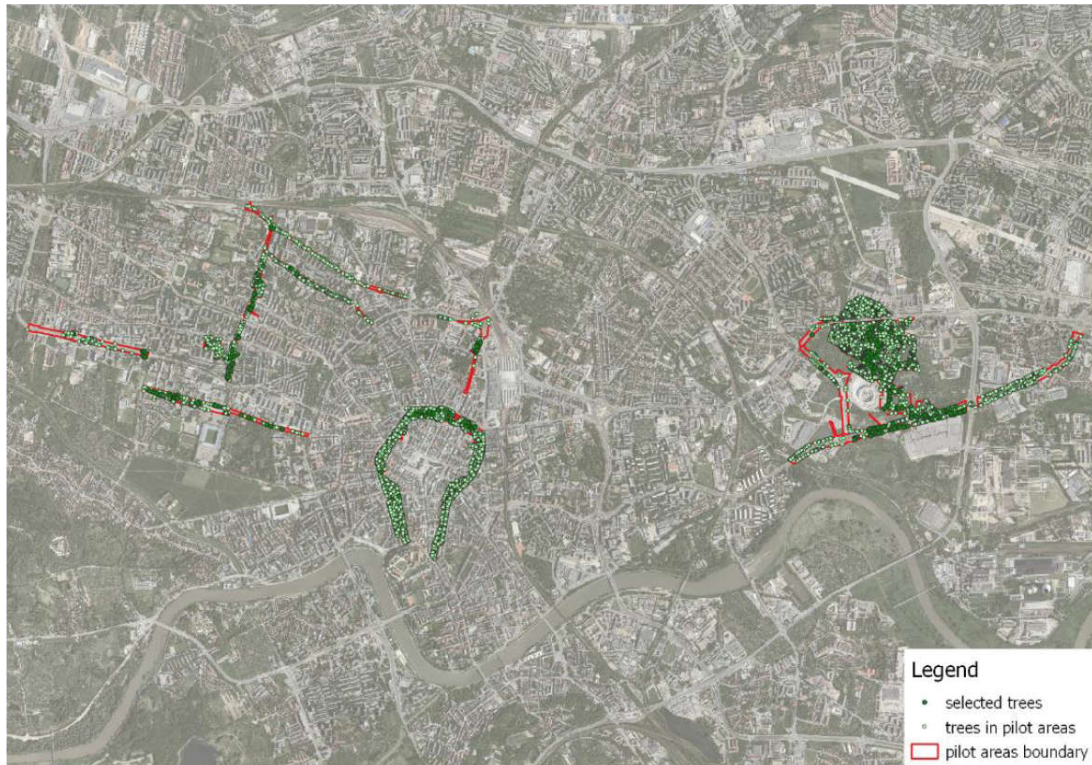
Specie	Habitus
<u><i>Quercus robur</i></u>	Latifolia decidua, grande
<i>Platanus x acerifolia</i>	Latifolia decidua, grande
<u><i>Populus nigra</i></u>	Latifolia decidua, grande
<i>Quercus ilex</i>	Latifolia sempreverde, grande
<u><i>Pinus pinea</i></u>	Conifera sempreverde
<u><i>Tilia x europaea</i></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

Krakov, PL



Rimini, IT



Gli alberi nella aree sperimentali



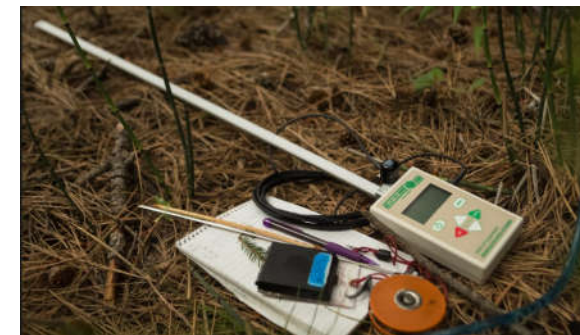
L'età degli alberi è stata determinate con l'aiuto di Anthea and ZZM

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

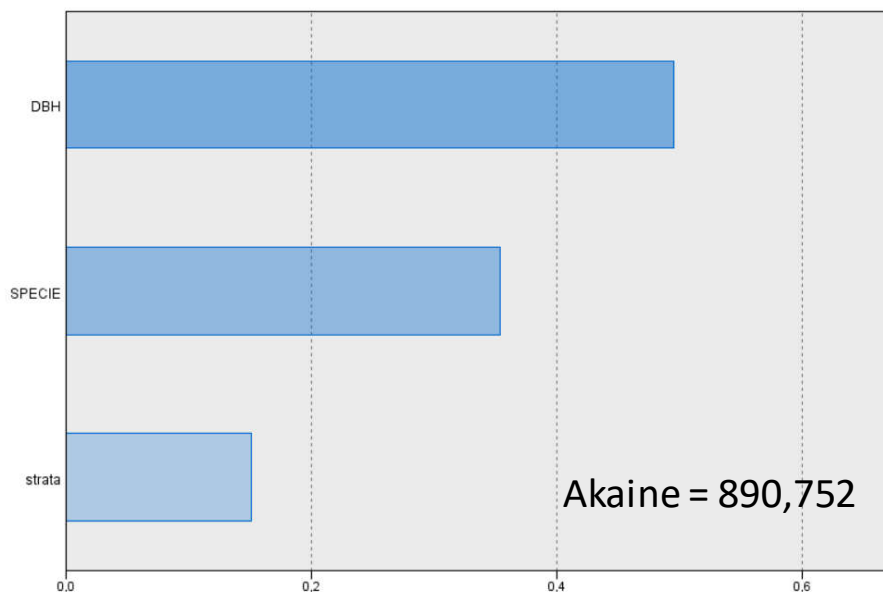
LAI * DLA permette di calcolare preliminarmente l'**area fogliare totale** della pianta.

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



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

Misurazione assimilazione CO₂ e traspirazione per unità di area fogliare

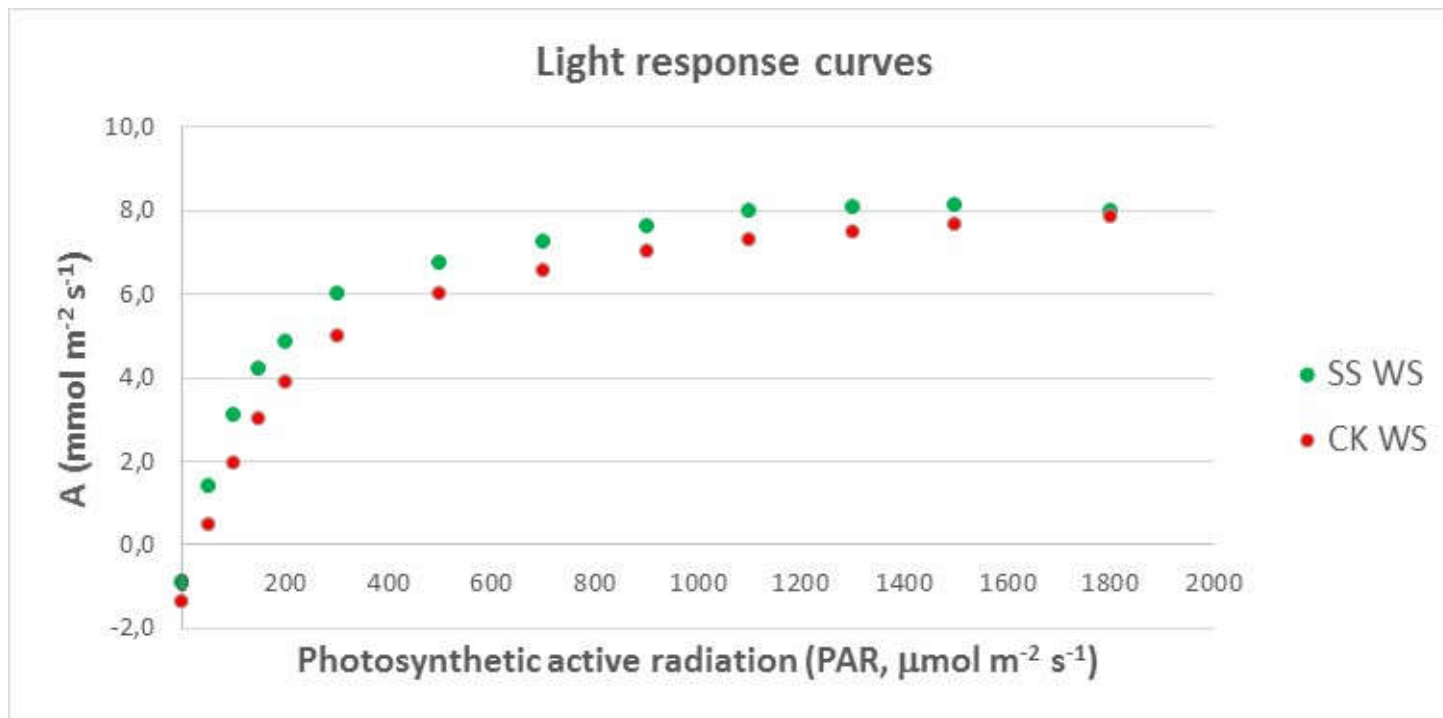


Per misurare l'assimilazione netta di CO₂ e la traspirazione è stato usato un analizzatore di scambi gassosi a infrarossi.

La foglia è inserita nella cuvetta ed esposta a irraggiamento noto (impostabile dall'utente)

Lo strumento fornisce alla foglia un flusso d'aria a CO₂ e umidità nota e misura il differenziale di CO₂ e acqua nell'aria dopo il passaggio nella camera fogliare

Misurazione assimilazione CO₂ e traspirazione per unità di area fogliare (Big leaf)



La curva descrive l'andamento della fotosintesi in risposta alla quantità di radiazione in 2 cultivar di *Acer platanoides*

La forma della curva è asintotica, cioè ulteriori aumenti di radiazione oltre una determinata soglia (punto di saturazione) non causano ulteriori aumenti della fotosintesi

In questa fase, A_{sat} e E_{sat} sono stati misurati a intensità luminosa saturante, per valutare il potenziale di una specie in condizioni di luce non limitanti

Assimilazione di CO₂ e traspirazione



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 traspirazione

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



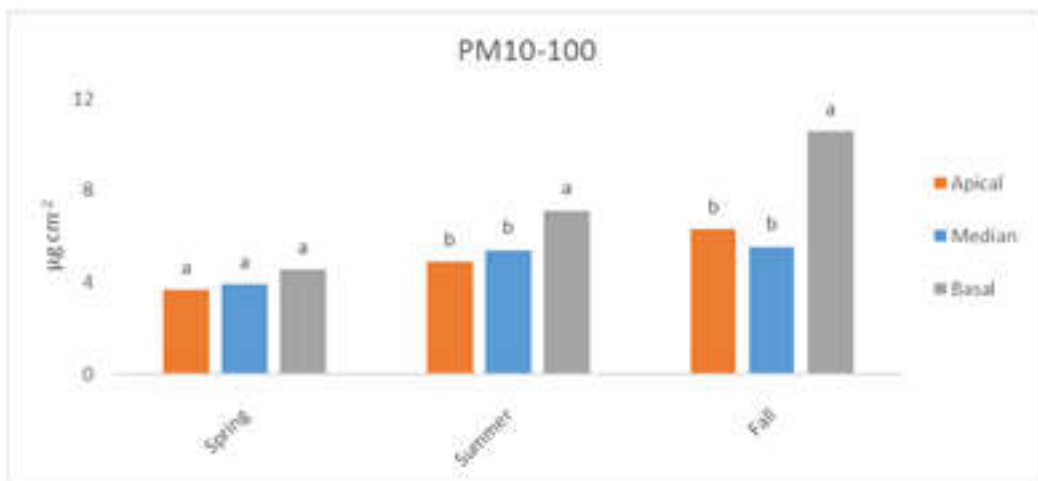
Miglioramento della qualità dell'aria

- Campioni di 200-300 cm² di area fogliare sono stati lavati e filtrati con lo scopo di ottenere la stima gravimetrica della quantità depositata sulla foglia di PM₁₀₋₁₀₀; PM_{2,5-10}; PM_{2,5}.



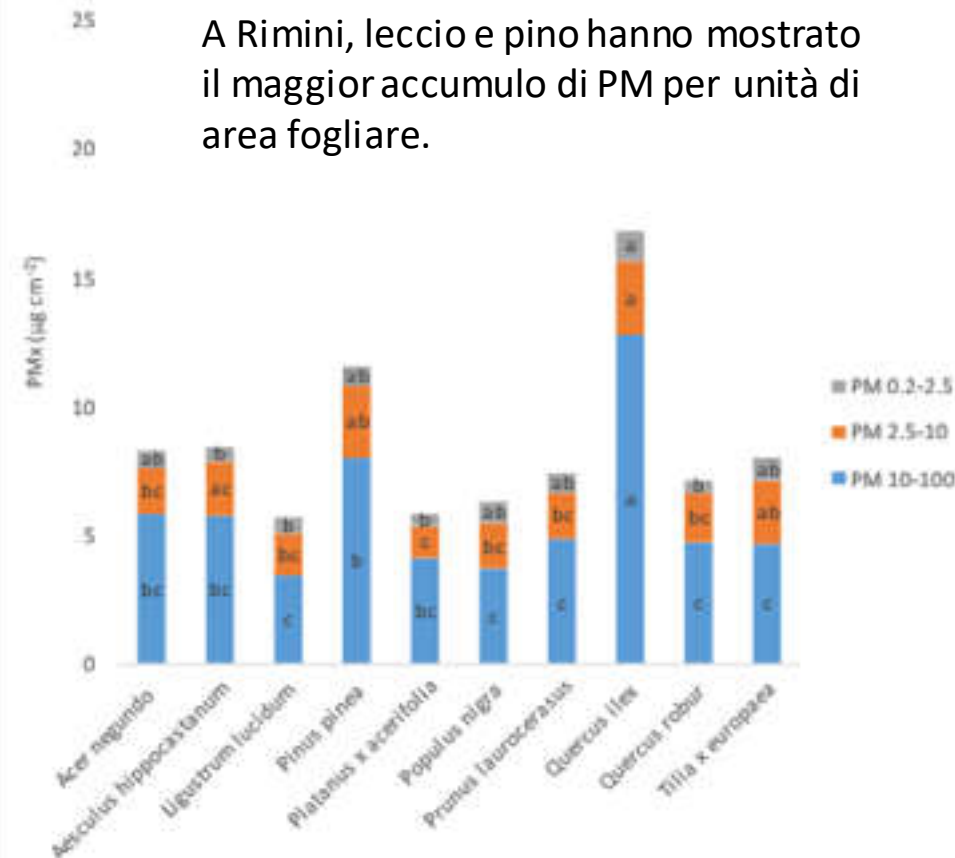
Miglioramento della qualità dell'aria

PM10-100 per unit leaf area



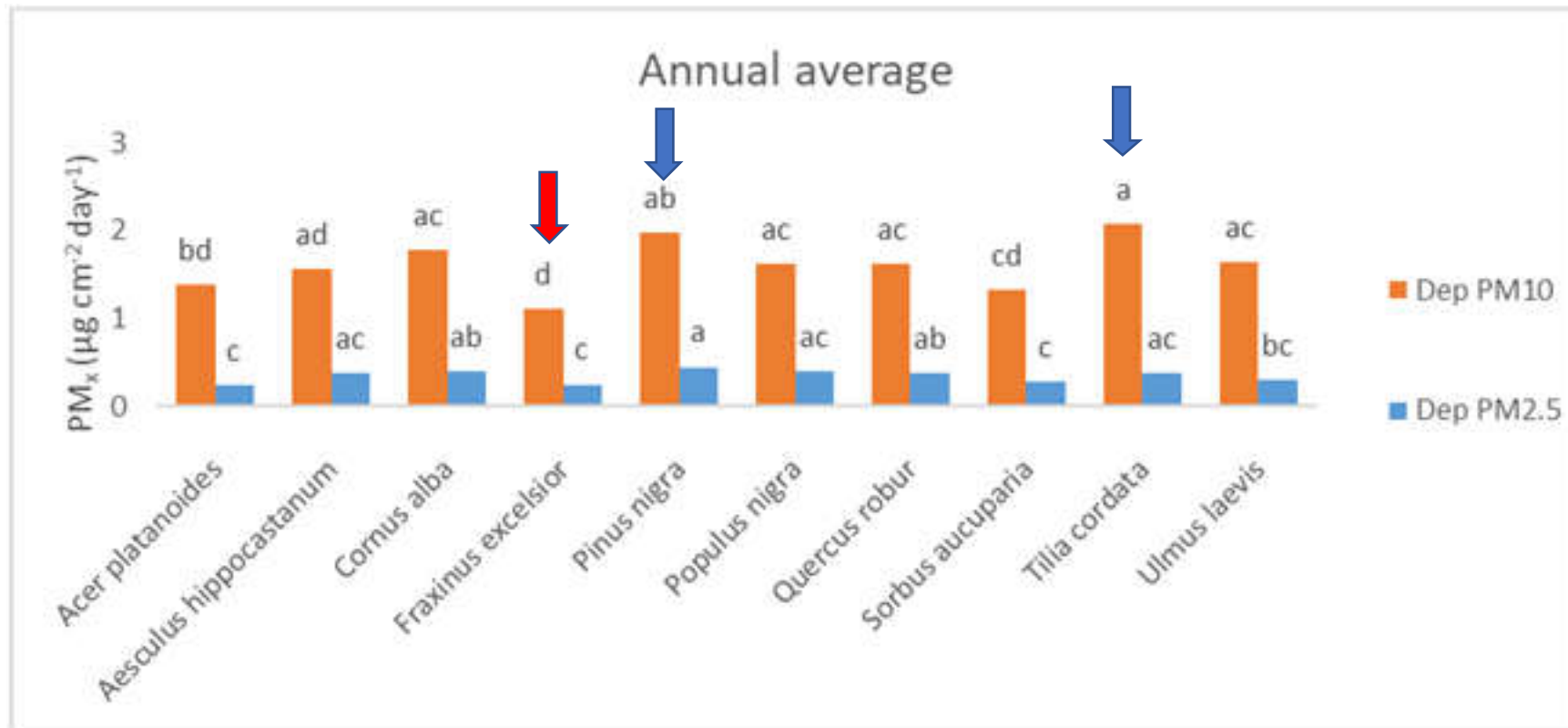
Le foglie basali accumulano più PM rispetto alle mediali e apicali, seppur tale differenza sia significativa solo per le frazioni più grossolane di PM

Annual average



Miglioramento della qualità dell'aria

Cracovia

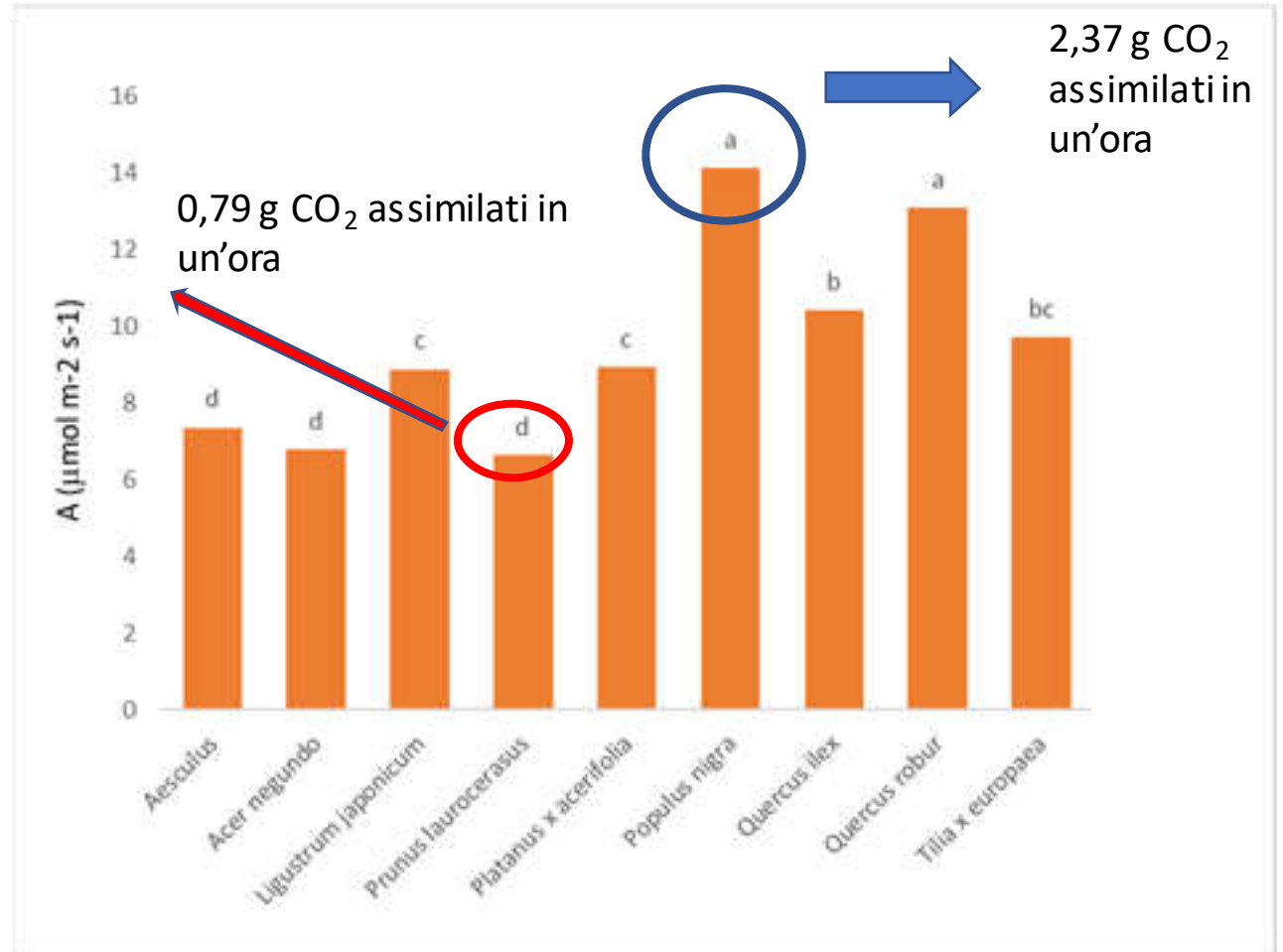


Assimilazione del carbonio: effetti della scelta della specie a Rimini


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

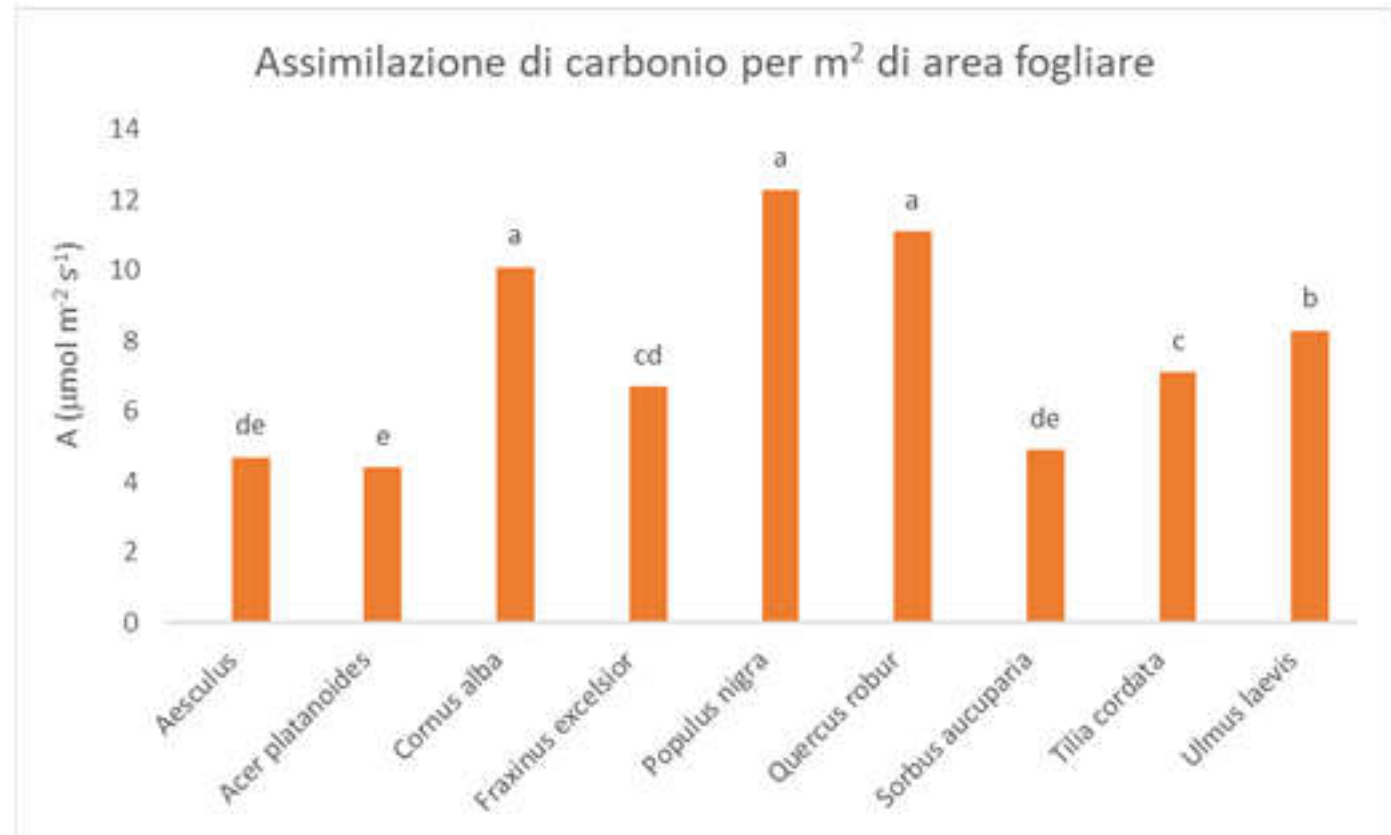
Media delle misurazioni effettuate in primavera, estate e autunno



Assimilazione del carbonio: effetti della scelta della specie a Cracovia

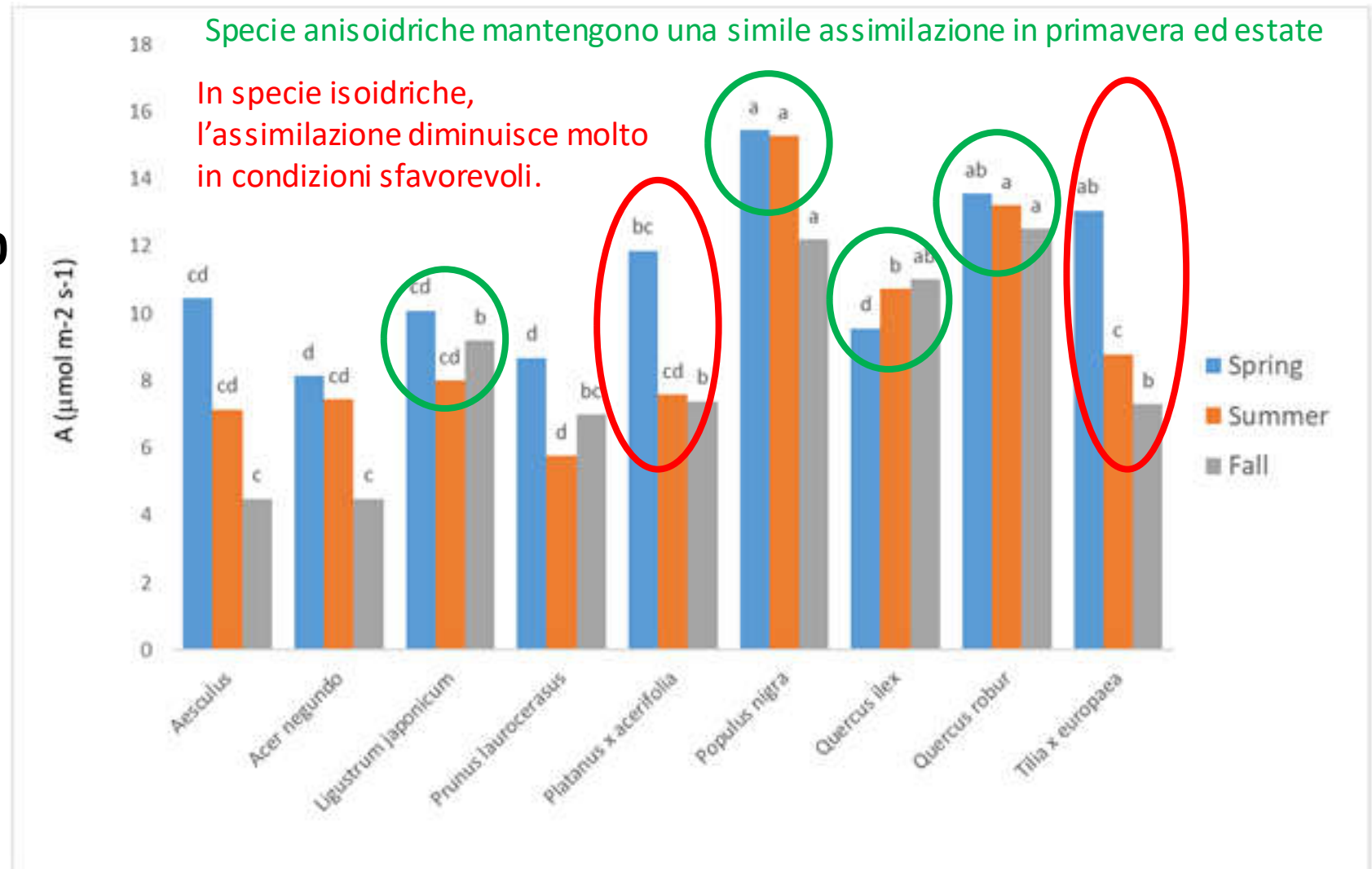
Pspecie		**
Pstrata		n.s.
Petà		**
Pposizione		**
PspecieXstrata		n.s.
PspecieXetà		**
SpecieXposizione		n.s.
AgeXstrata		n.s.
SpecieXageXstrata		n.s.

Valori misurati su foglie in pieno sole



Assimilazione del carbonio: effetti della scelta della specie a Rimini

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



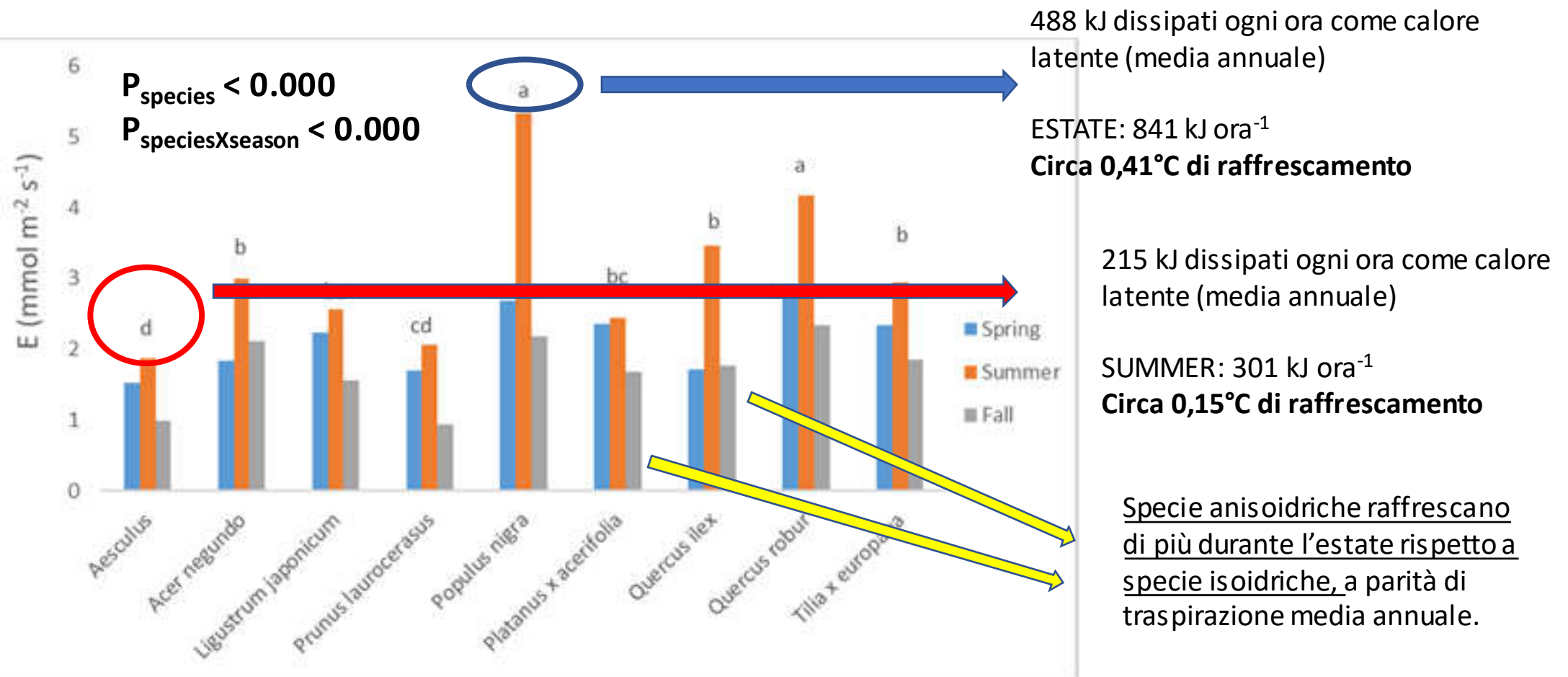
Park trees vs.
street trees



Transpiration and microclimate improvement



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

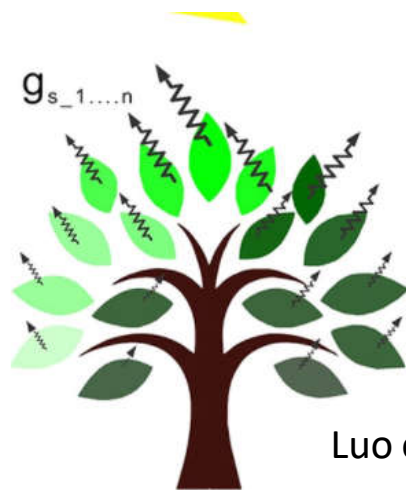


L'auto-ombreggiamento della chioma

Non tutte le foglie sono esposte alla luce solare piena

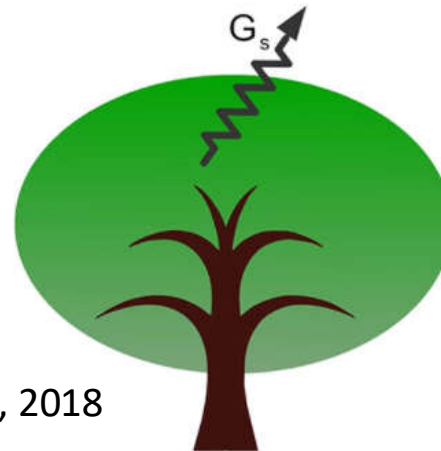
Per effettuare l'upscaling dalla foglia all'unità di suolo coperta dalla chioma è possibile usare diversi modelli

Dopo lo screening iniziale, su piante rappresentative di ogni specie sono state effettuate misurazioni su foglie campionate in porzioni della chioma a irraggiamento omogeneo, per effettuare l'upscaling usando un multi-layer model

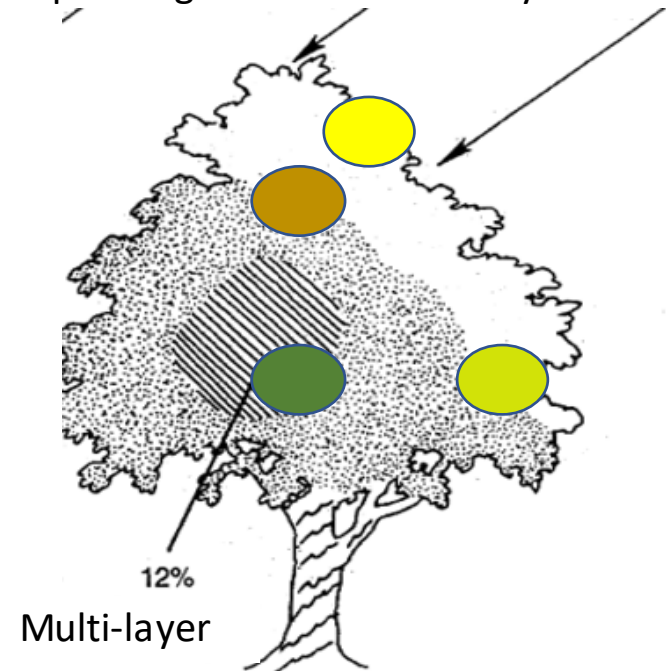


Reality

Luo et al., 2018



The big-leaf scheme



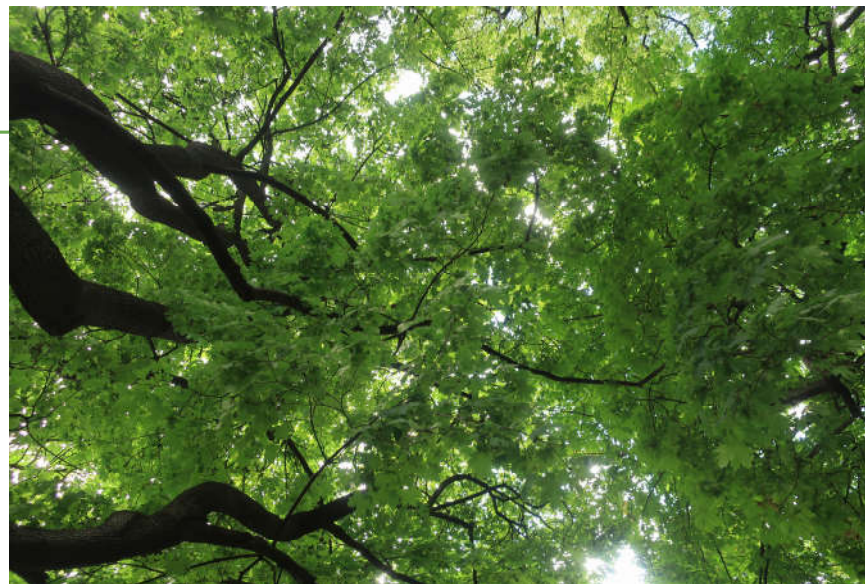
Multi-layer

Misura della PAR



La radiazione media in ciascuna delle 4 porzioni omogenee (Distale Esterna, Distale Interna, Basale Esterna, Basale Interna) della chioma è stata Misurata in tutte le specie utilizzando un ceptometro.

La riduzione della PAR nelle porzioni interne della chioma, rispetto a quella sovrachioma, è stata calcolata per ogni specie



Upscaling da secondo a intera giornata

La radiazione non è costante durante la giornata, ma varia in funzione dell'inclinazione del sole.

Assimilazione di CO₂ e traspirazione sono stati misurati sulla stessa pianta in diversi momenti della giornata (mattina, mezzogiorno, sera)

Le misurazioni, in ogni momento della giornata, sono state effettuate esponendo le foglie esterne nella cuvetta a una radiazione analoga a quella sovrachiuma della fascia oraria, mentre per le foglie interne sono state applicate le corrispondenti riduzioni

L'integrale sotteso dalla curva giornaliera è la quantità di CO₂ assimilata in una giornata

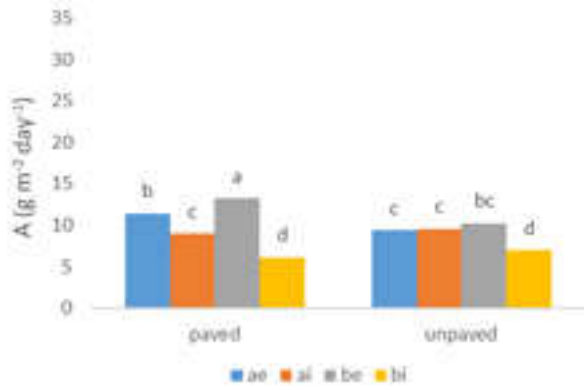


Primavera

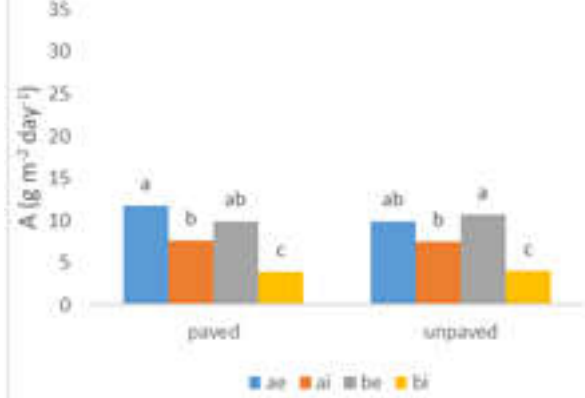
Estate

Autunno

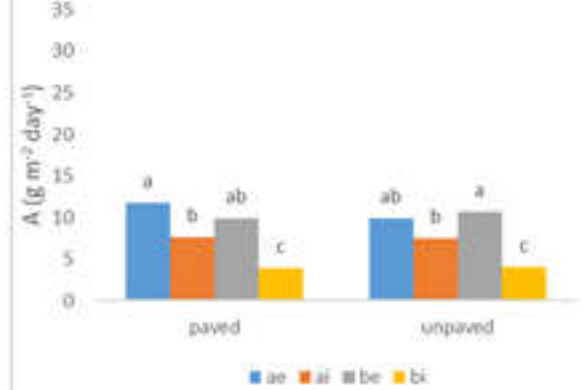
Acer negundo



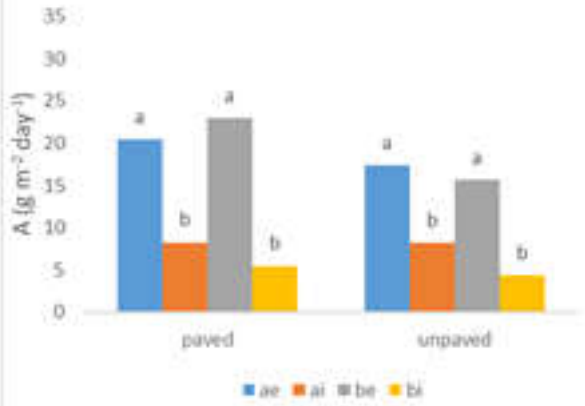
Acer negundo



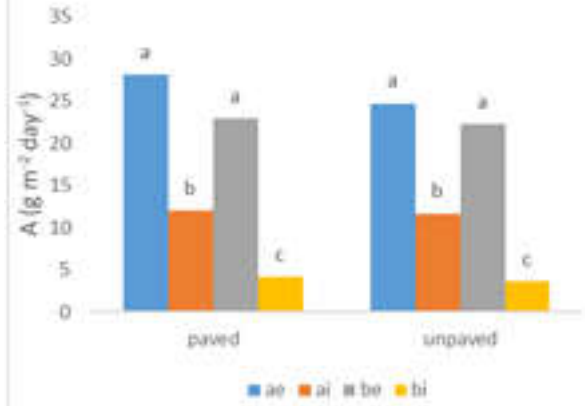
Acer negundo



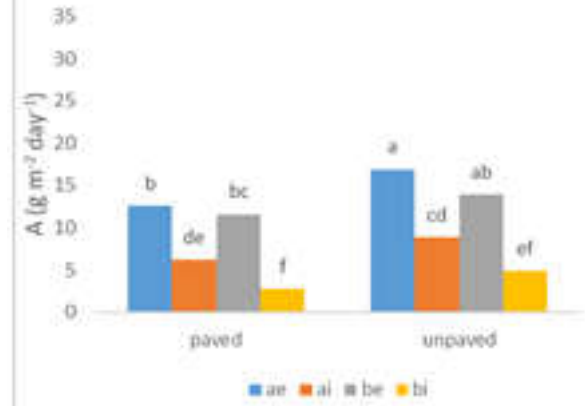
Quercus robur



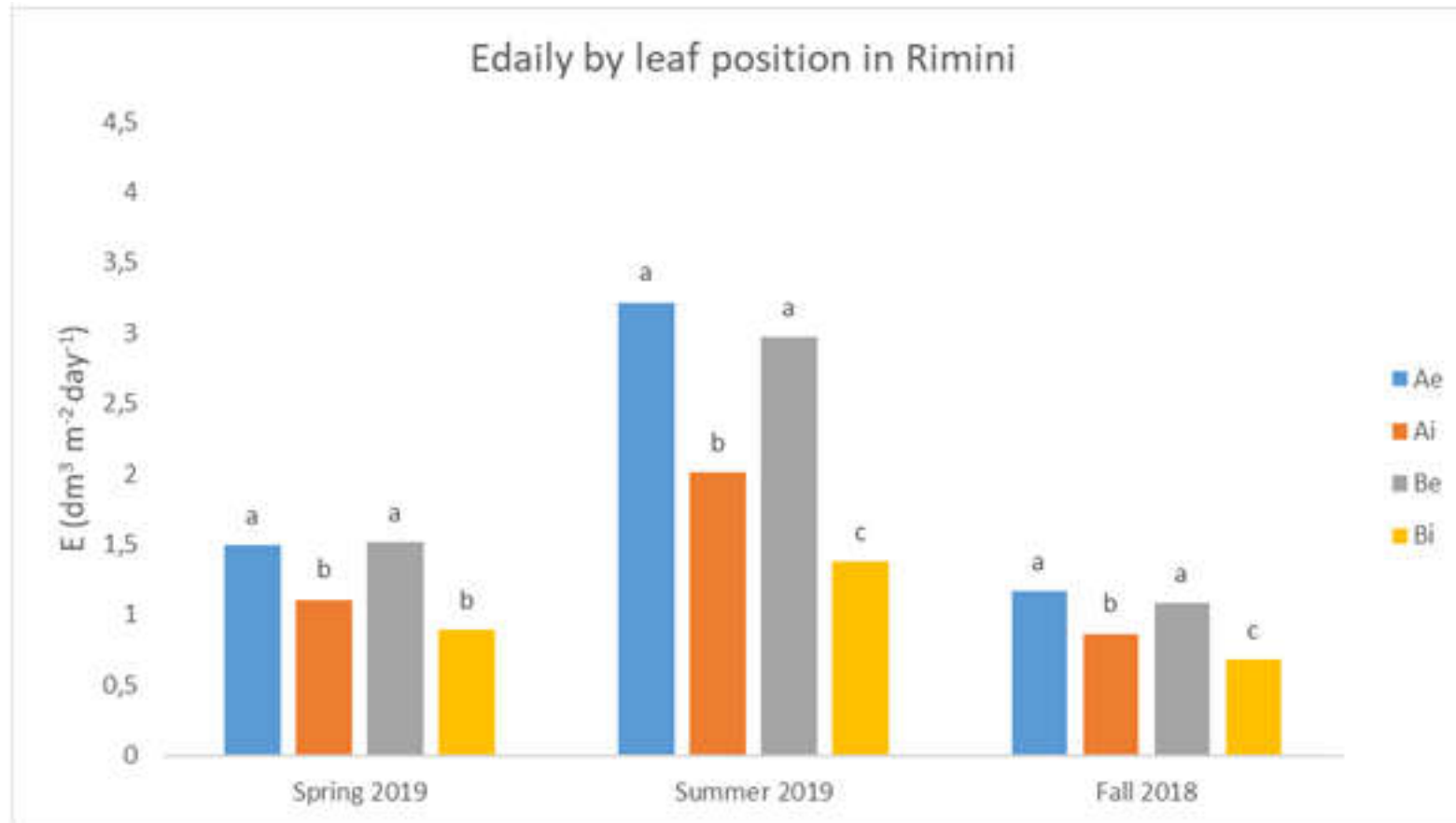
Quercus robur



Quercus robur



Traspirazione in funzione della posizione delle foglie



Upscaling all'unità di suolo (multi-layer)

$$A \text{ (soil)} \text{ (g m}^{-2} \text{ soil day}^{-1}) = 0,5 * [\text{Aufs (g m}^{-2} \text{ day}^{-1}) * \text{LAI}_{\text{sun}} + \text{Aush (g m}^{-2} \text{ day}^{-1}) * \text{LAI}_{\text{shade}}] + 0,5 * [\text{Alfs (g m}^{-2} \text{ day}^{-1}) * \text{LAI}_{\text{sun}} + \text{Alsh (g m}^{-2} \text{ day}^{-1}) * \text{LAI}_{\text{shade}}]$$

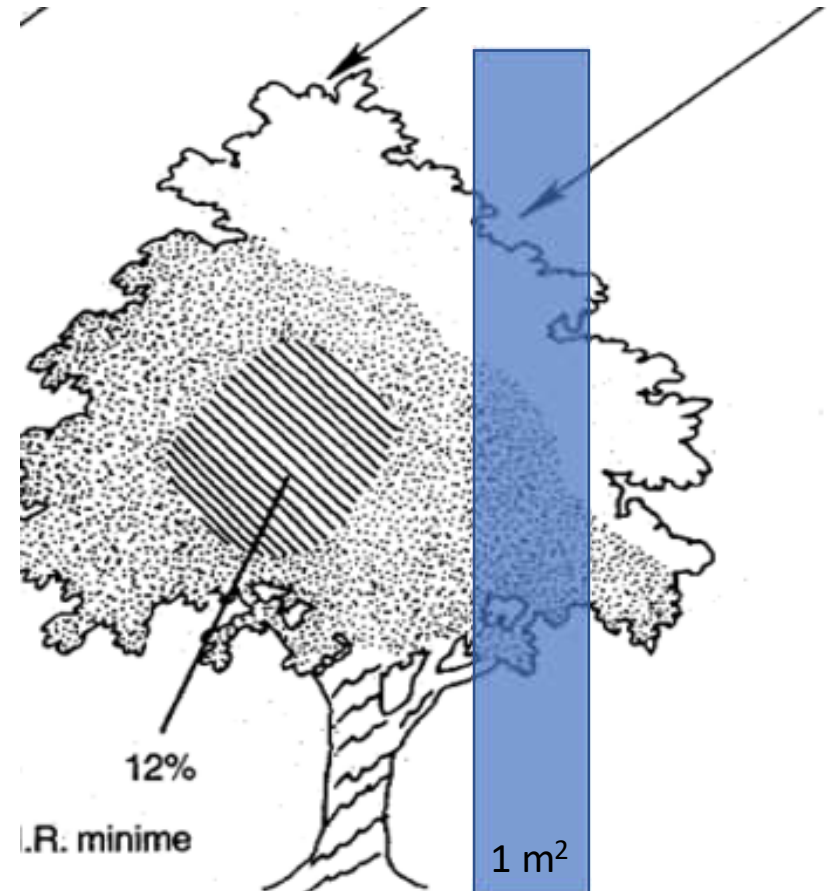
dove 0,5 assume che l'area fogliare sia egualmente ripartita tra foglie basali (l) e apicali (u)

Aufs, Aush indicano la fotosintesi netta di foglie apicali, rispettivamente in pieno sole e ombreggiate

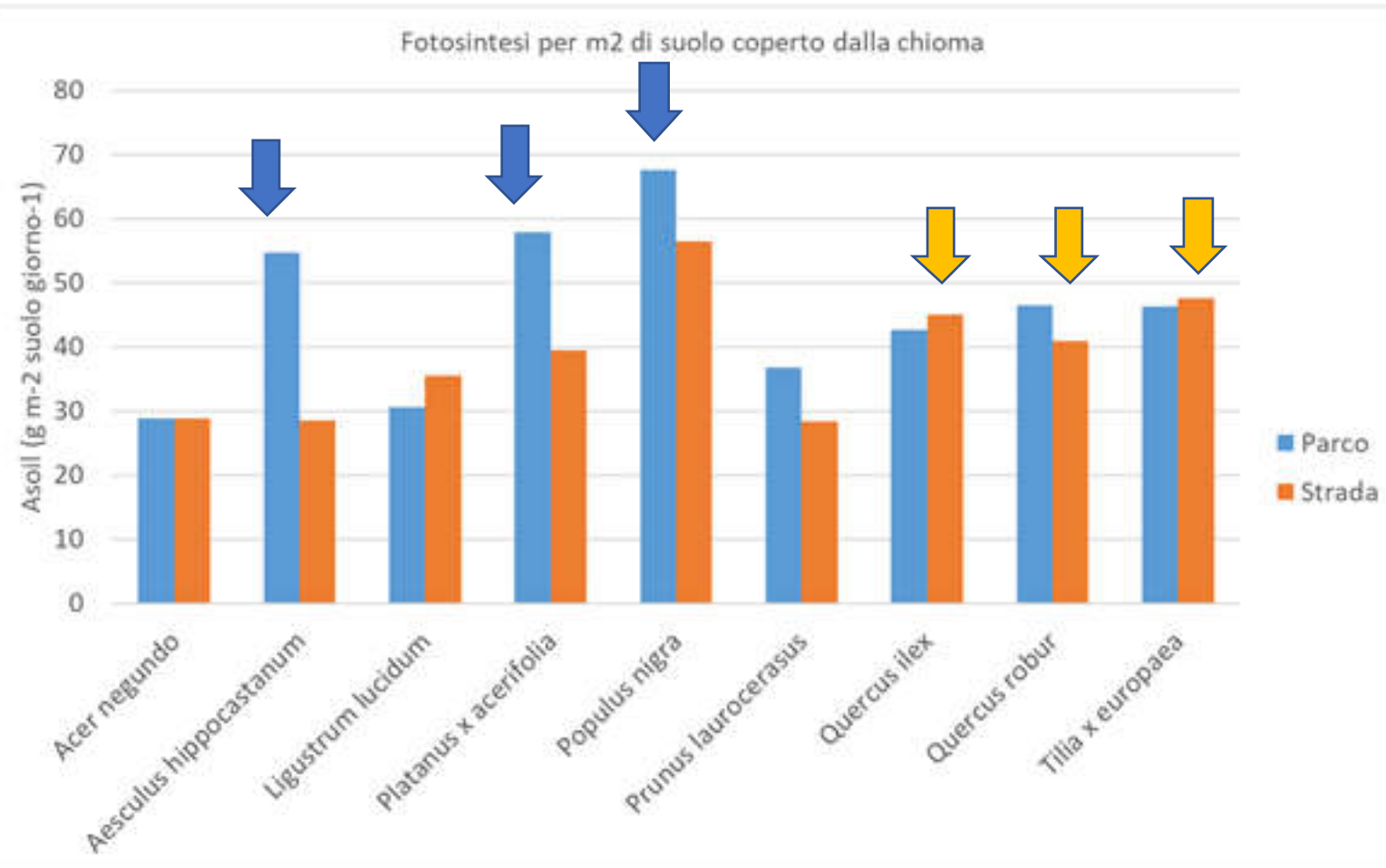
Alfs, Alsh indicano la fotosintesi netta di foglie basali, rispettivamente in pieno sole e ombreggiate

LAI_{sun} è la frazione della chioma esposta alla luce solare piena, calcolato come: $2 * \cos(\text{Zenith}) * (1 - \exp(-0,5 * \text{LAI} * \text{CLP} / \cos(\text{Zenith})))$

LAI_{shade} è la frazione della chioma ombreggiata, calcolata come $\text{LAI} - \text{LAI}_{\text{sun}}$



Assimilazione di CO₂ per unità di suolo coperto dalla chioma



Dipende sia dalla fotosintesi per unità di area fogliare, sia dal LAI

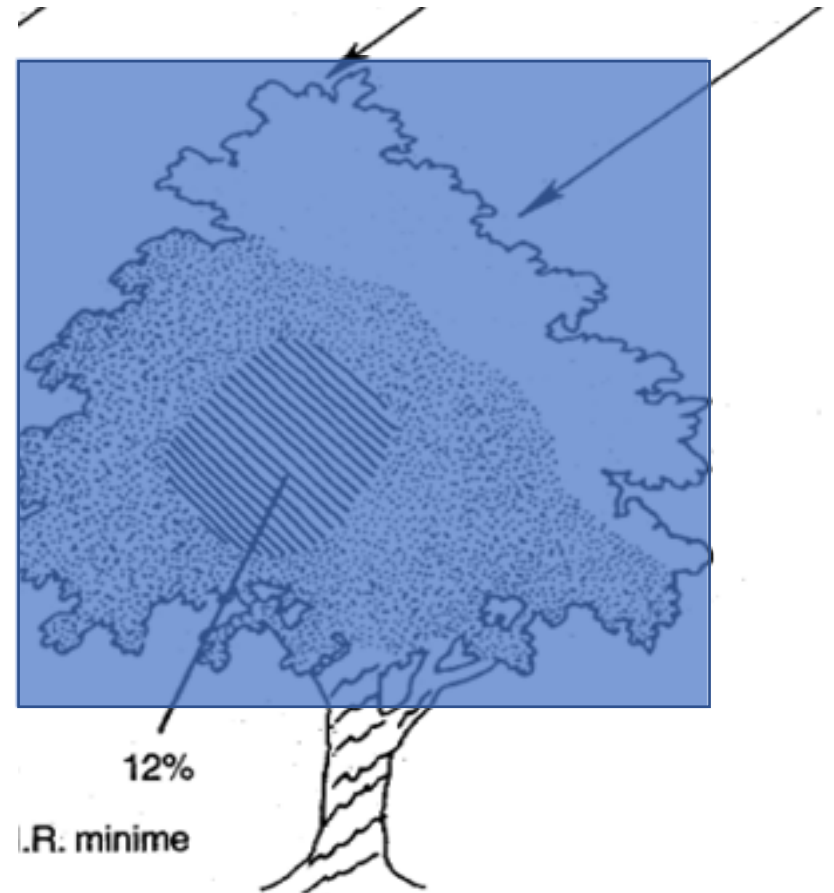
Alcune specie compensano a una bassa fotosintesi per unità di area fogliare con un alto LAI

In tali specie, la potatura condiziona in modo drastico il beneficio fornito

Upscaling all'intera chioma (multi-layer)

A (whole tree) (g day⁻¹) = $A_{\text{soil}} * \text{DLA}$

DLA è l'area di proiezione della chioma

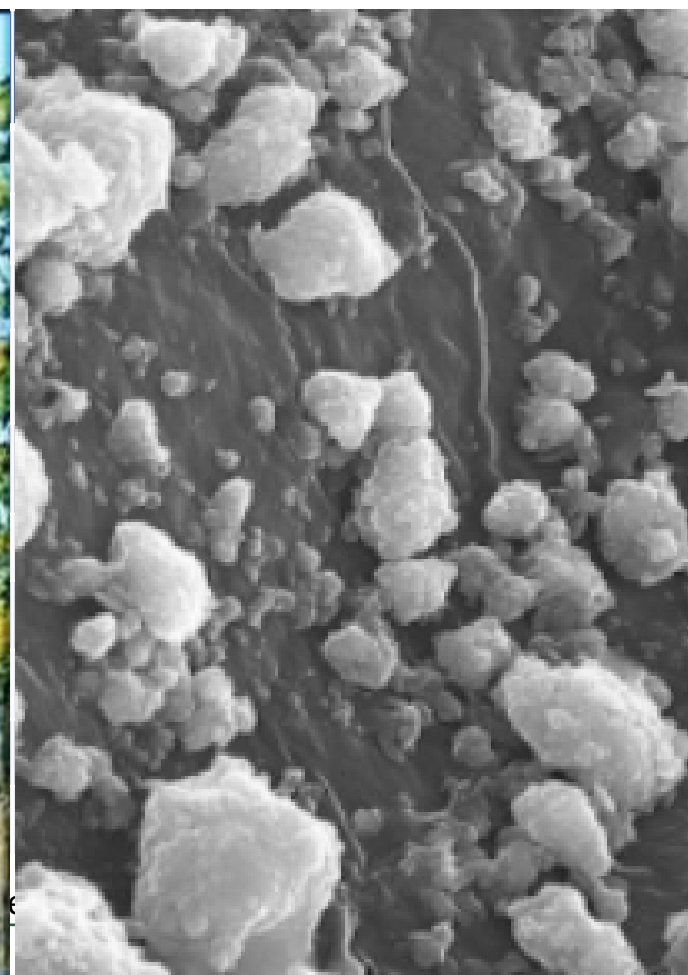
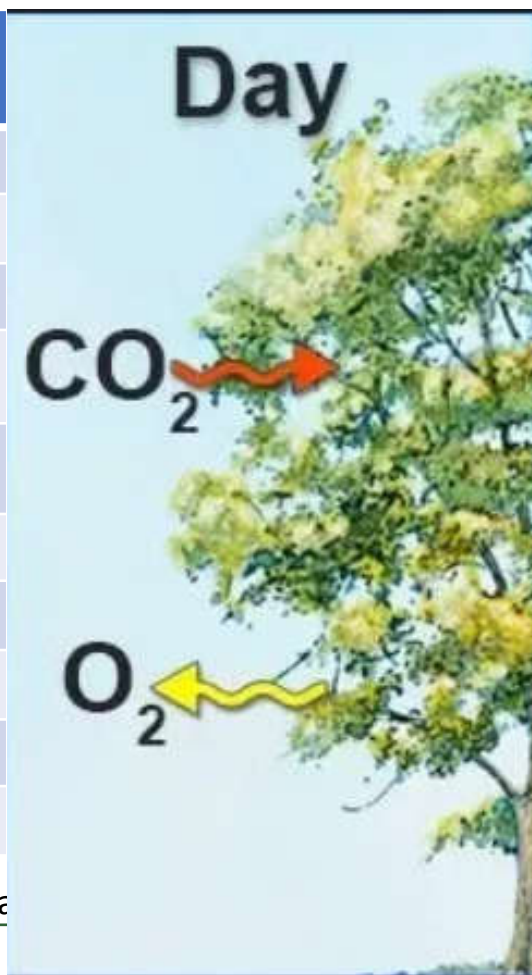




Che benefici fornirebbe
il mio albero di 40 anni
di età, se fosse...

Servizi ecosistemici di un albero di 40 anni a Rimini

Species	DBH (cm)
	Parco e strada
<i>Aesculus</i>	38,5
<i>Acer negundo</i>	33,7
<i>Ligustrum lucidum</i>	18,8
<i>Platanus x acerifolia</i>	46,8
<i>Populus nigra</i>	56,6
<i>Quercus ilex</i>	34,0
<i>Quercus robur</i>	33,6
<i>Tilia x europaea</i>	42,5
<i>Pinus pinea</i>	32,2



* Considerando il 100% dei giorni nella stagione

di 185 giorni

Servizi ecosistemici di un albero di 40 anni a Cracovia

Species	DBH (cm)	Stoccaggio di CO2 (kg CO2 tree-1)
<i>Acer platanoides</i>	34,6	3693,237
<i>Aesculus hippocastanum</i>	44,7	2247,874
<i>Fraxinus excelsior</i>	45,3	5261,388
<i>Populus nigra</i>	57,8	3686,455
<i>Quercus robur</i>	47,0	6286,373
<i>Sorbus aucuparia</i>	27,0	2020,265
<i>Tilia cordata</i>	42,1	4217
<i>Ulmus laevis</i>	40,0	6098,251
<i>Cornus alba</i>	12,7	623,603
<i>Pinus nigra</i>	31,5	2937,991



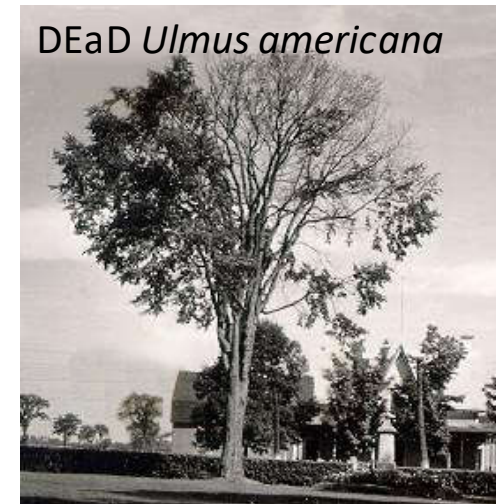
L'uso eccessivo di una o più specie supposte fornire i maggiori benefici può portare a perdite catastrofiche in caso di attacco da parte patogeni o parassiti specialisti



+



=



+



=

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

(Lovett et al., 2016)

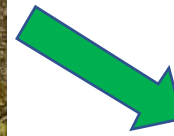
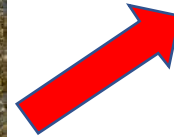
Diversificare per tutelare



5% rule (Ball, 2016)

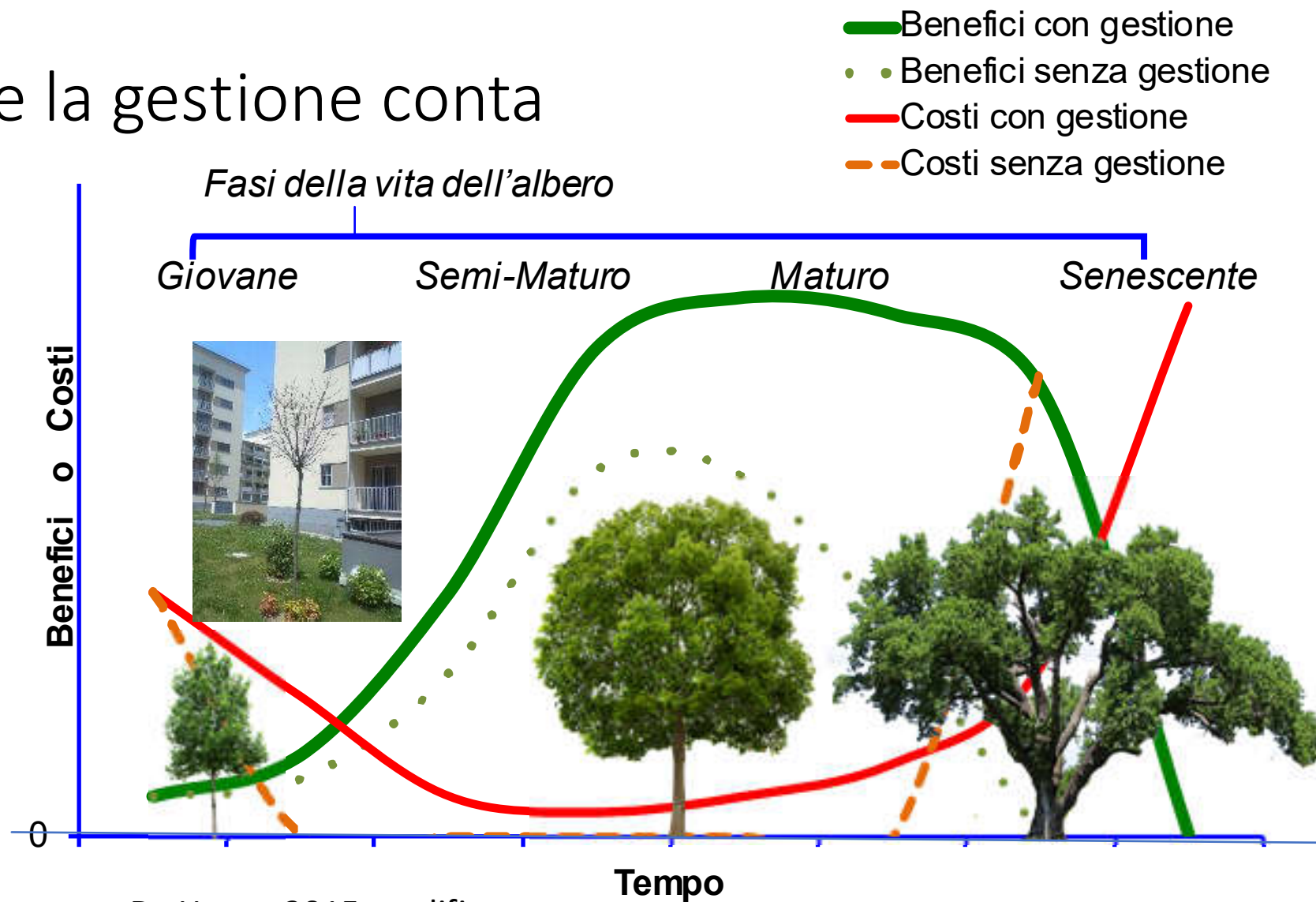
Mantenere, in una città, la frequenza di ciascun genere sotto il 5%

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, sono stati valutati gli effetti di alcune tecniche di gestione sui benefici forniti:

- Irrigazione
- Pacciamatura
- Potatura
- Decompattazione



?



Stima del fabbisogno irriguo

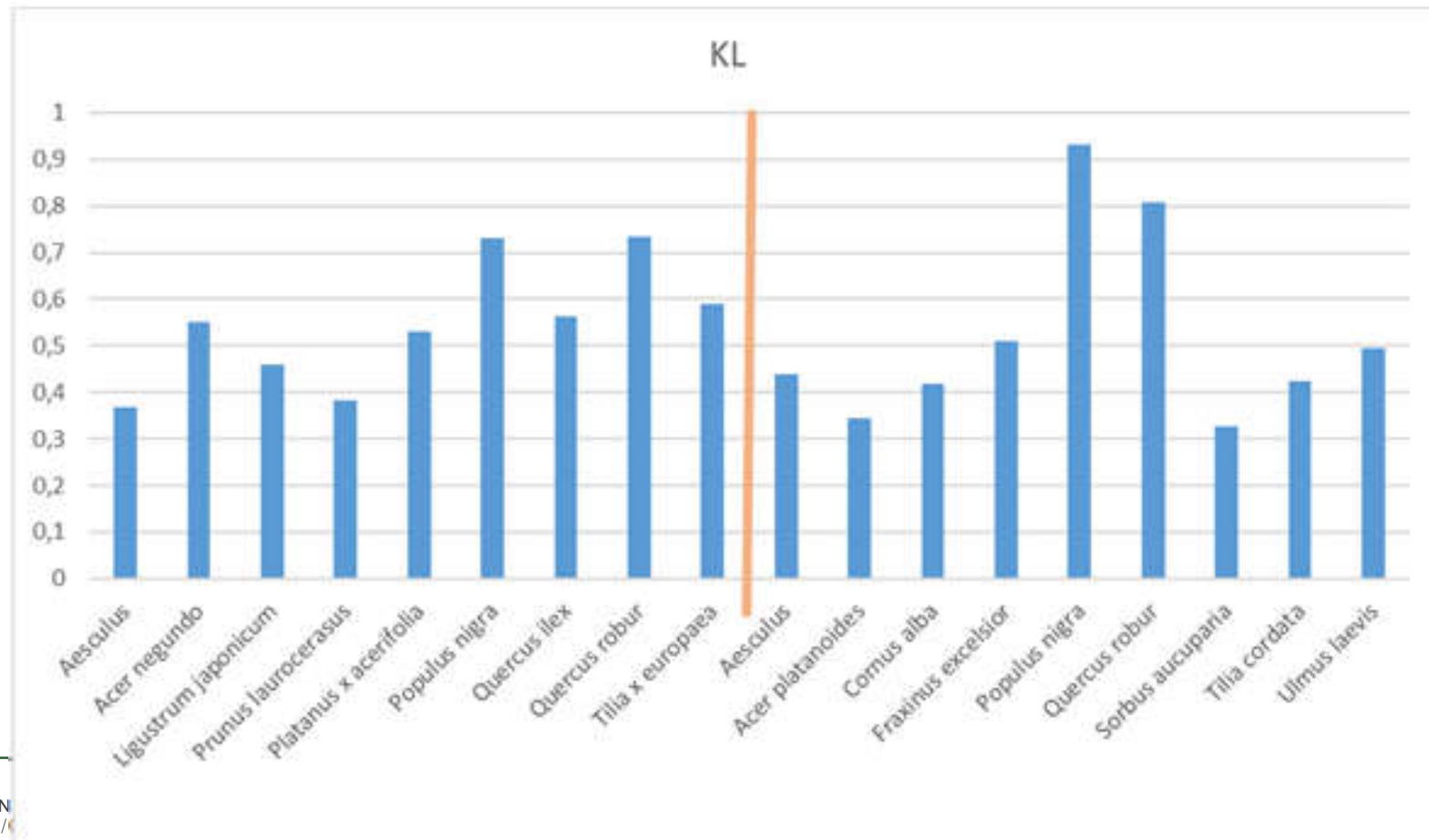
- Integrando i dati di traspirazione per unità di area fogliare sul LAI secondo il modello proposto da Sellers et al. (2017) è stato possibile calcolare l'evapotraspirazione effettiva delle diverse specie ($ETE = \text{dm}^3 \text{ acqua}/\text{m}^2 \text{ suolo}$)
- Misurando con Ubimet i dati meteorologici nelle dati corrispondenti a quelle di misurazione della traspirazione è stato possibile calcolare l'evapotraspirazione potenziale utilizzando l'equazione di Penman–Monteith modificata FAO ($ET_0 = \text{dm}^3/\text{m}^2 \text{ suolo}$)
- Dal rapporto tra ETE e ET_0 misurati è stato possibile calcolare il K_L di ciascuna specie.
- Il K_L di è utile per stimare l'evapotraspirato di ciascuna specie sulla base di dati meteorologici facilmente misurabili

KL

Irrigazione = Riserva idrica del suolo – ETE + pioggia

Riserva idrica del suolo = Contenuto idrico attuale – PA

$$ETE = KL * ETO$$





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