



Ufficio Scolastico Regionale per la Toscana
Ufficio X
Ambito territoriale della provincia di Pisa



*Centro Interdipartimentale
per lo Studio degli Effetti
dei Cambiamenti Climatici*

Centre for Climate Change Impact

Servizi ecosistemici del verde urbano nell'era del cambiamento climatico



UNIVERSITÀ DI PISA

Damiano Remorini

(damiano.remorini@unipi.it)

Dipartimento di Scienze Agrarie, Alimentari e Agro-ambientali

Università di Pisa



Servizi ecosistemici

(“*ecosystem services*”)

definizione del *Millennium Ecosystem Assessment*:

“i benefici multipli forniti dagli ecosistemi al genere umano”

Essi si distinguono in servizi:

- di **fornitura** (cibo, acqua, materie prime, specie ornamentali)
 - di **regolazione** (qualità aria, clima, erosione)
 - di **supporto** (conservazione biodiversità)
 - **culturali** (estetica, ricreazione, istruzione)

Servizi Ecosistemici	Processo ecosistemico e/o componente fornitore del SE
Fornitura	
1. Cibo	Presenza di piante, animali commestibili
2. Acqua	Riserve d'acqua potabile
3. Fibre, combustibili, altre materie prime	Specie o materiali minerali con uso potenziale come materia prima
4. Materiali genetici: geni della resistenza ai patogeni	Specie con materiale genetico potenzialmente utile
5. Specie ornamentali	Specie o materiali minerali con uso ornamentale
Regolazione	
6. Regolazione qualità dell'aria	Capacità degli ecosistemi di assorbire composti chimici dall'atmosfera
7. Regolazione del clima	Influenza degli ecosistemi sul clima locale e globale
8. Mitigazione dei rischi naturali	Protezione contro i danni da eventi distruttivi (es. inondazioni)
9. Regolazione delle acque	Ruolo delle foreste nell'infiltrazione delle piogge e graduale rilascio delle acque
10. Assimilazione dei rifiuti	Processi di rimozione e dissoluzione di composti organici e composti chimici
11. Protezione dall'erosione	
12. Formazione e rigenerazione del suolo	Formazione e rigenerazione del suolo (pedogenesi)
13. Impollinazione	Abbondanza ed efficacia degli impollinatori
14. Controllo biologico	Controllo delle popolazioni di infestanti attraverso relazioni trofiche (predatori o competitori "utili")
Supporto	
15. Habitat	Funzionalità di aree di riproduzione, alimentazione e rifugio per specie stanziali e in migrazione
16. Conservazione della biodiversità genetica	Mantenimento di processi evolutivi e della fitness biologica (su base fenotipica e/o genetica)
Culturali	
17. Estetico: valore scenico	Qualità estetica del paesaggio (es. diversità strutturale, tranquillità ecc.)
18. Ricreativo: opportunità per turismo e attività ricreative	Attrattività del paesaggio "naturale" e delle attività all'aperto
19. Eredità culturale e identità	Importanza dei elementi storici e d'identificazione per la comunità locale
20. Educazione e scienza: opportunità per formazione ed educazione formale e informale	Caratteristiche del paesaggio, specie e vegetazioni con importanza culturale, con valore/interesse scientifico ed educativo

Modello adattato da de Groot, 2009

Benefici del verde urbano

Fisici

- Miglioramento del microclima
- Fissazione della CO₂
- Purificazione dell'aria
- Riduzione del rumore
- Miglioramento del bilancio idrico
- Controllo dell'erosione

Estetici e culturali

- Funzione paesaggistica
- Funzione architettonica
- Ruolo culturale (orti botanici, arboreti, parchi)

Economici

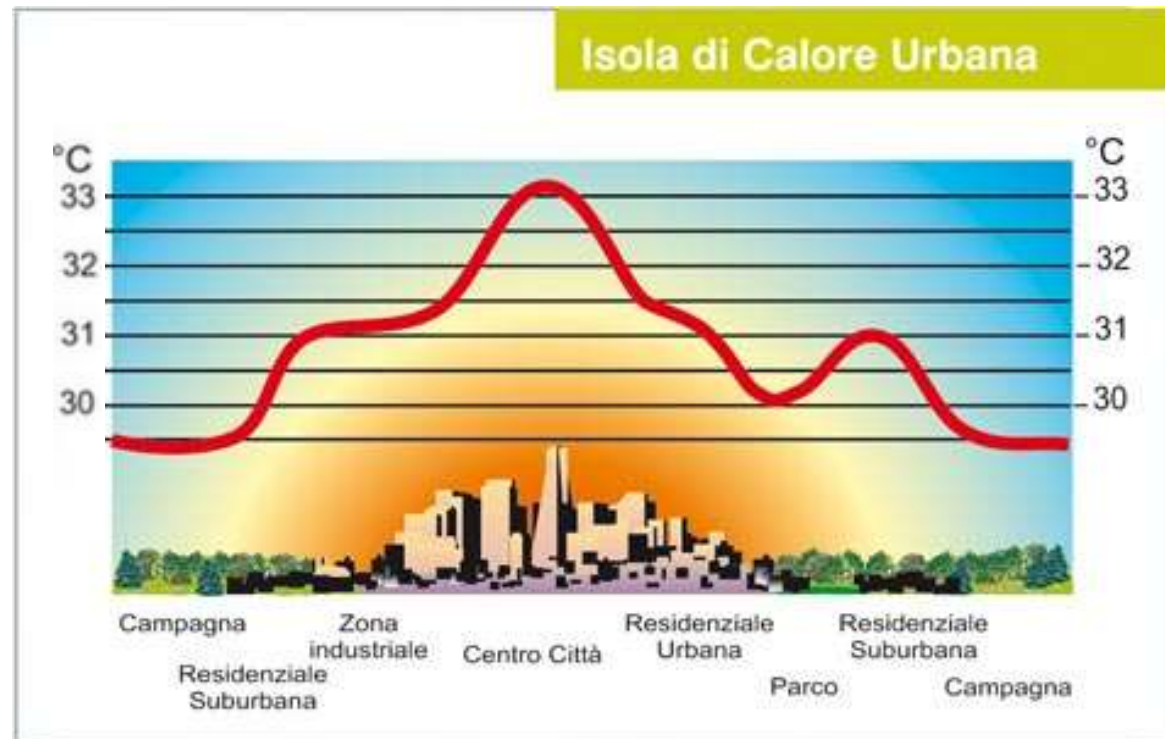
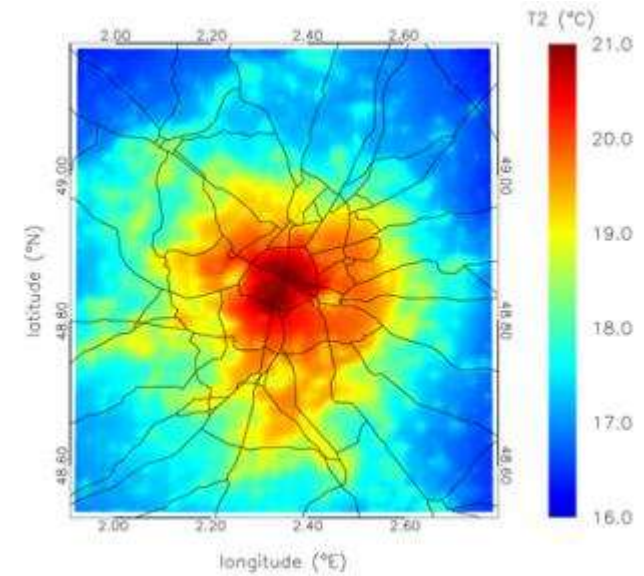
- Valore più elevato degli immobili
- Spese minori di condizionamento e riscaldamento
- Impulso al commercio

Psicologici e sociali

- Miglioramento delle capacità cognitive dei bambini
- Accelerazione delle guarigioni
- Riduzione dell'assenteismo e migliore qualità del lavoro
- Diminuzione dello stress
- Diminuzione dei conflitti domestici
- Diminuzione degli incidenti stradali

Miglioramento del microclima

Parigi
temperature in estate
alle ore 22



Microclima: strada alberata



Esempio: Piantagioni di alberi che sostituiscono l'asfalto a Parigi

Miglioramento del microclima

Regolazione della temperatura



Il processo traspirativo delle piante assorbe calore

Un ettaro di vegetazione traspira 17.000 litri d'acqua in un giorno soleggiato d'estate

Miglioramento del microclima

Regolazione della temperatura

800 m² di terreno con una copertura vegetale pari al 30% della superficie assorbono attraverso il processo di traspirazione circa 1,2 milioni di Kcal che altrimenti sarebbero cedute all'ambiente.



Questa quantità di energia è sufficiente a condizionare, in estate, per 12 ore al giorno, due abitazioni di medie dimensioni

La traspirazione

Un albero con un'area fogliare di 680 m^2 può traspirare, in una giornata estiva, 300 litri $\text{H}_2\text{O h}^{-1}$





Miglioramento del microclima

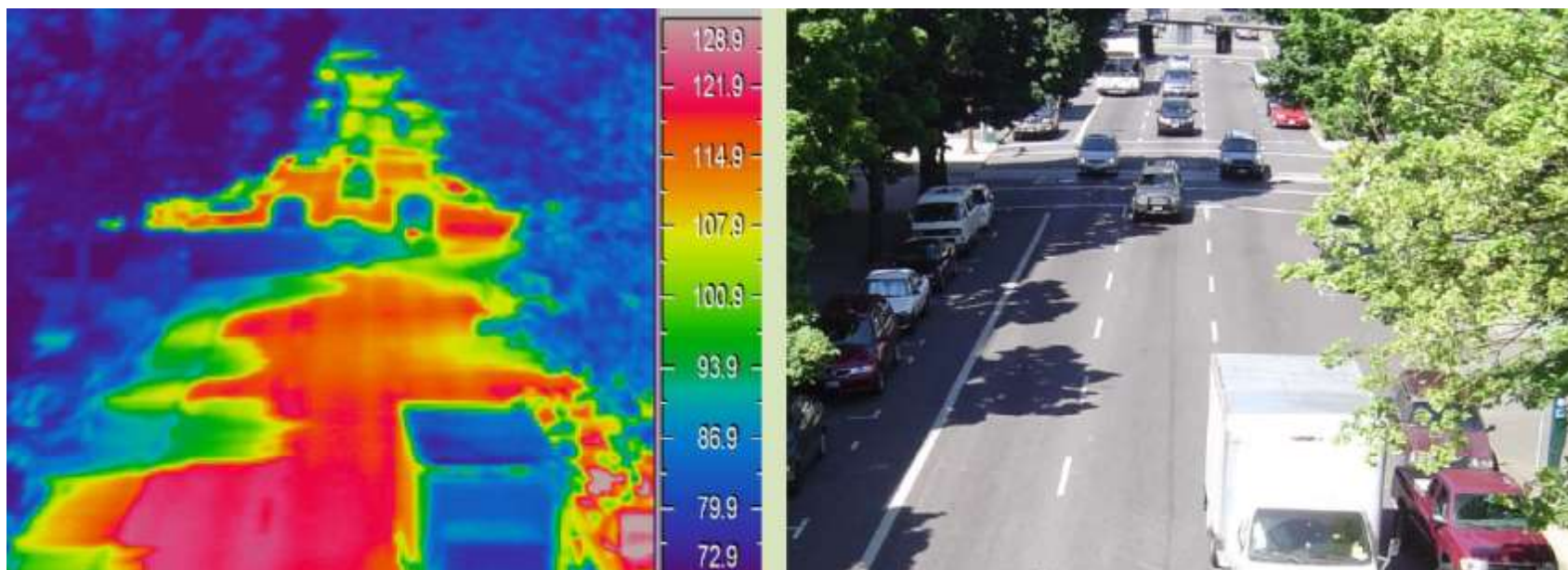
Ombreggiamento

La più importante influenza delle piante sul microclima è il loro **controllo della radiazione solare**

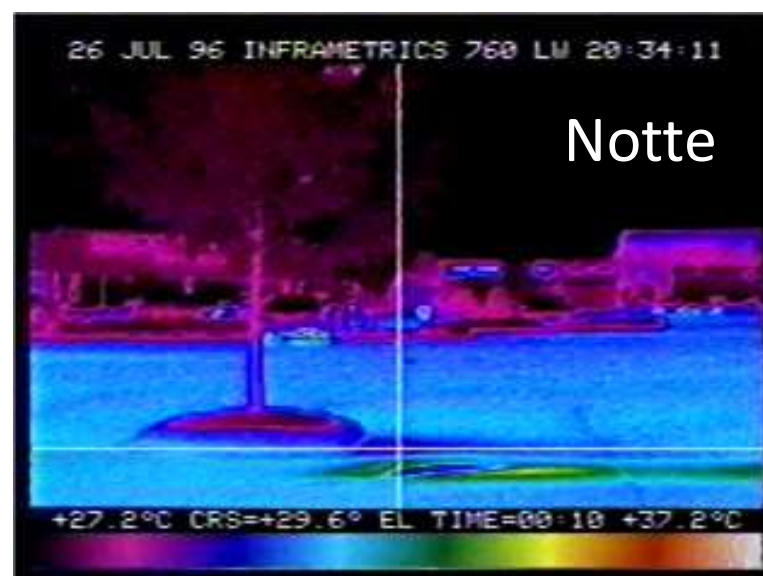
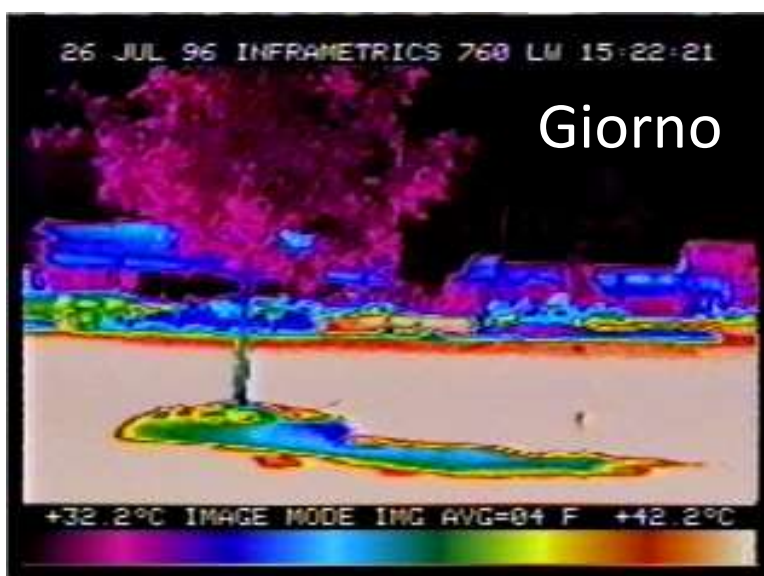
Gli alberi riducono drasticamente la riflessione del calore e la sua re-irradiazione ombreggiando gli edifici e le pavimentazioni (asfalto)

L'ombra degli alberi può ridurre la temperatura di una casa in estate anche di 10-15 °C



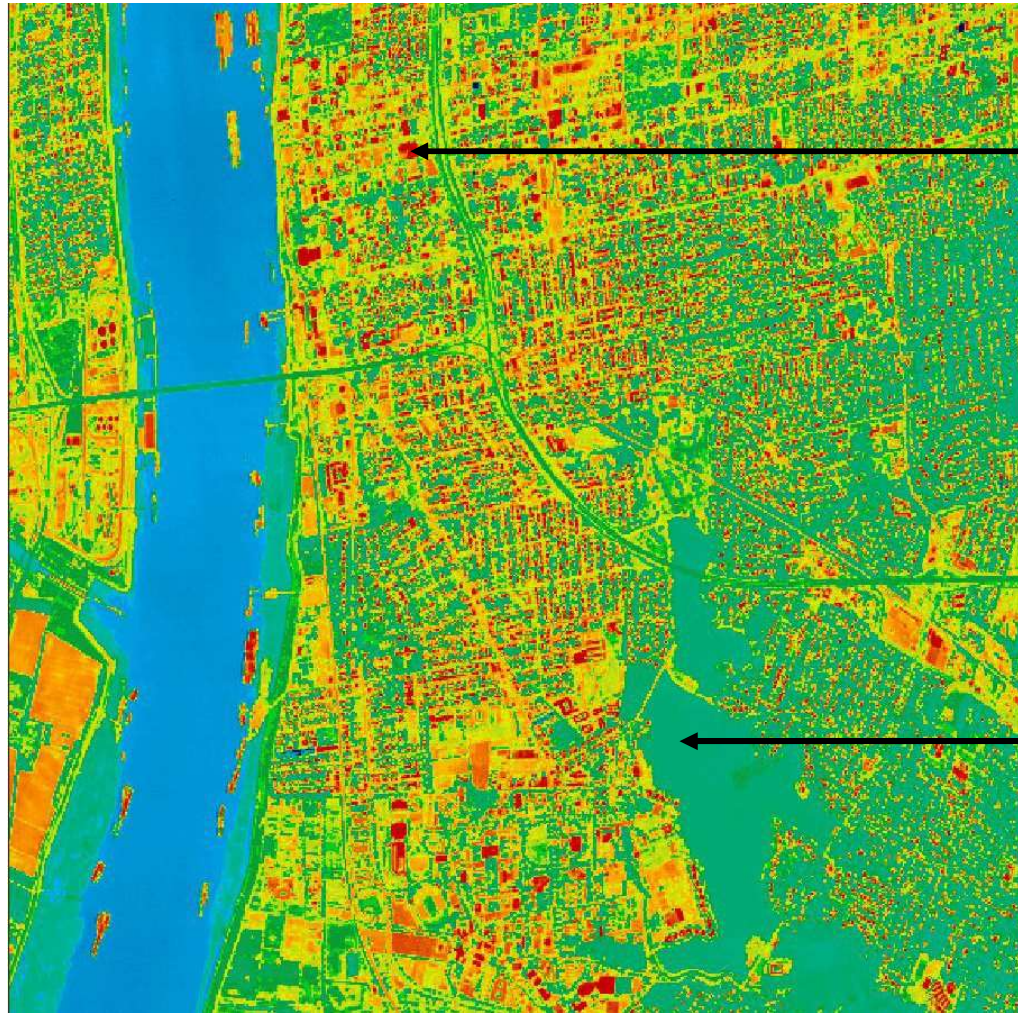


Termografia di una strada: le aree in ombra sono meno calde



Emissione nell'infrarosso di un parcheggio asfaltato con alberi.

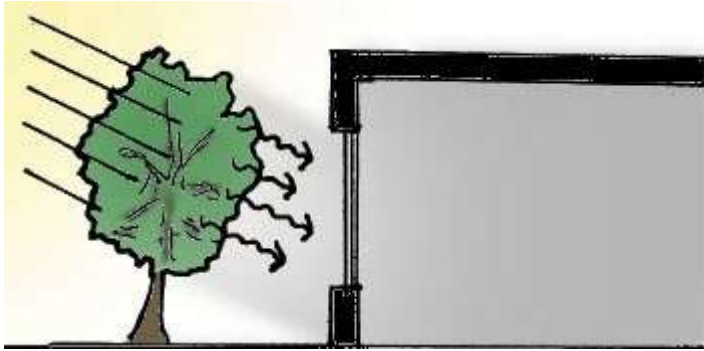
Miglioramento del microclima



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

**Un parco cittadino
mostra temperature
inferiori ai 30 °C**

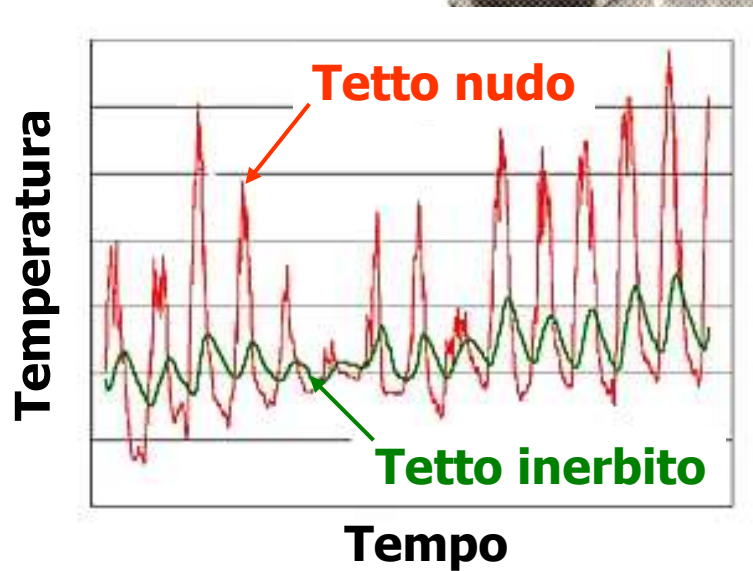
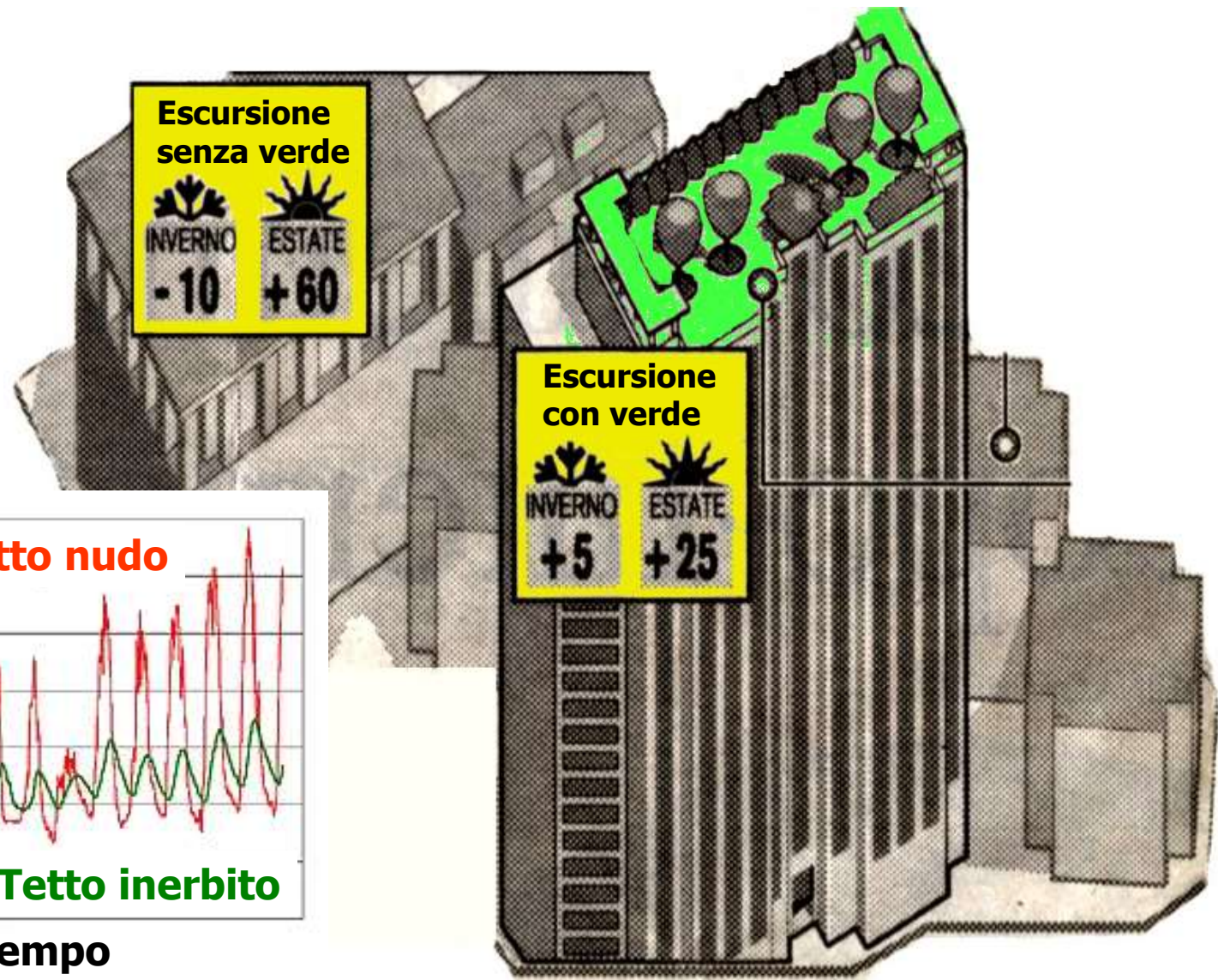
Immagine satellitare dell'emissione nell'infrarosso di Baton Rouge (Louisiana) rilevata a metà giugno 1998



La presenza di alberi adulti intorno ad un'abitazione può ridurre la temperatura di 10-15 °C riducendo anche dell'80% i costi (e il relativo inquinamento) di condizionamento estivo



Tetti verdi



QUALITA' DELL'ARIA

CO₂



O₂



Fissazione e
immobilizzazione della
CO₂



Inquinanti



(particolato,
ozono, altri
gas)

Fissazione, anche
temporanea, degli
inquinanti

Purificazione dell'aria

Le piante filtrano l'aria dai principali inquinanti sia gassosi che sotto forma di polveri



Il traffico stradale produce materiale particolato fino a 70 volte rispetto all'atmosfera pulita.

Particolato che viene intercettato dalle foglie provviste di peli o ricoperte di sottili strati di cere o resine.

L'effetto filtrante delle polveri e del particolato da traffico è poi aumentato dall'azione di abbattimento della velocità del vento.

Purificazione dell'aria

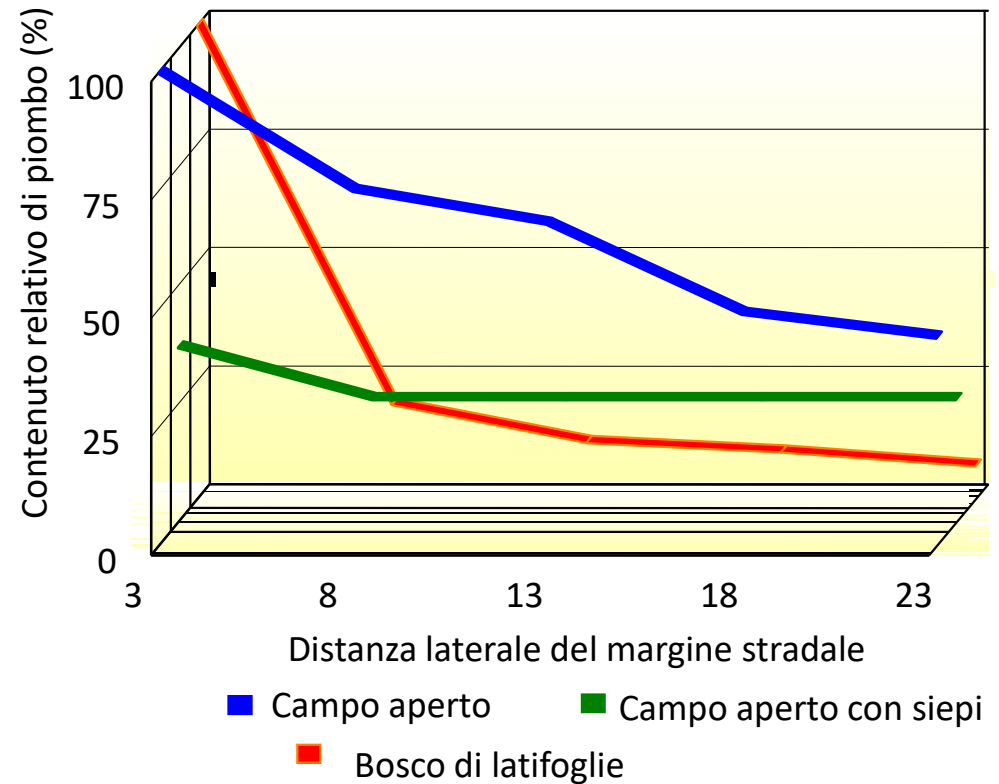
Le piante riducono il contenuto di metalli pesanti presenti nell'aria

Quantità di metalli pesanti rimosse, dall'aria, da un acero di medie dimensioni in un anno

60 mg di cadmio
140 mg di cromo
820 mg di nichel
5200 mg di piombo



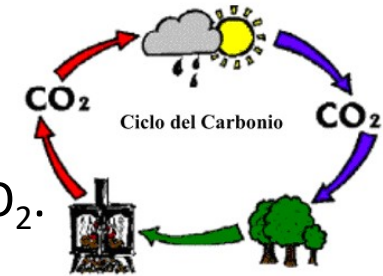
Piombo presente nell'aria in funzione del verde e della distanza dalla sede stradale





Sequestro del carbonio

Un albero sequestra ogni anno decine/centinaia kg CO₂.



1 faggio alto 25 metri, con una chioma di 2700 m³, produce 1,7 kg di O₂/h e rimuove 2,35 kg di CO₂/h.

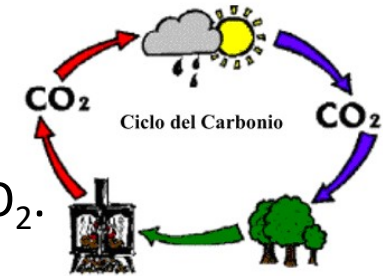
Considerando la stagionalità della fotosintesi, la pianta in questione può arrivare a produrre O₂ per 10 persone/anno (Chiusoli, 1999).





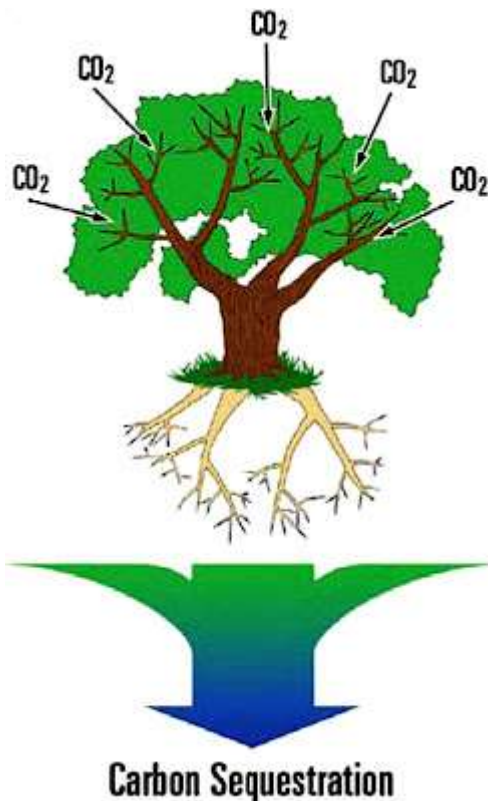
Sequestro del carbonio

Un albero sequestra ogni anno decine/centinaia kg CO₂.



Problemi metodologici

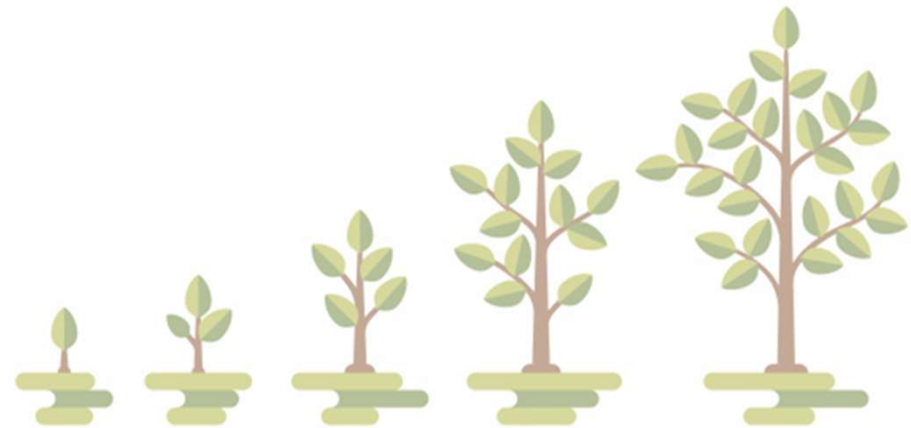
- I modelli esistenti per il calcolo del sequestro di CO₂ da parte degli alberi sono basati sulla biomassa aerea (fusto, altezza, chioma, ed età delle piante)
- Gli errori e le variazioni di delle stime possono essere sostanziali: media sequestro CO₂ da parte di un albero con diametro del fusto di 23-30 cm:
 - Nowak (2002): **4,4-36 kg/anno**
 - Akbari (2002): **4-10 kg/anno**
 - McPherson (1998): **16-340 kg/anno**
 - Coder (1996): **6 kg/anno**
 - Gratani (2007): **117±13 kg/anno (alberi di > dimensione)**



Equazioni allometriche

L'allometria si riferisce alla relazione tra le varie componenti dimensionali dell'albero. Nei normali limiti della variabilità, gli alberi di una popolazione si sviluppano seguendo andamenti simili e le proporzioni tra alcune caratteristiche dell'albero facili da misurare, come diametro del tronco e altezza, possono essere utilizzate per prevedere dati più complessi come il volume e la biomassa.

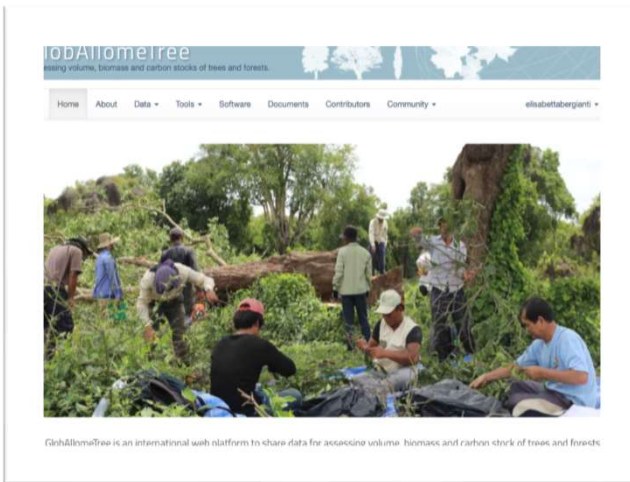
Sono state sviluppate da diversi autori correlando le misure distruttive della biomassa epigea e ipogea degli alberi con i loro dati dimensionali (generalmente diametro del tronco e altezza).



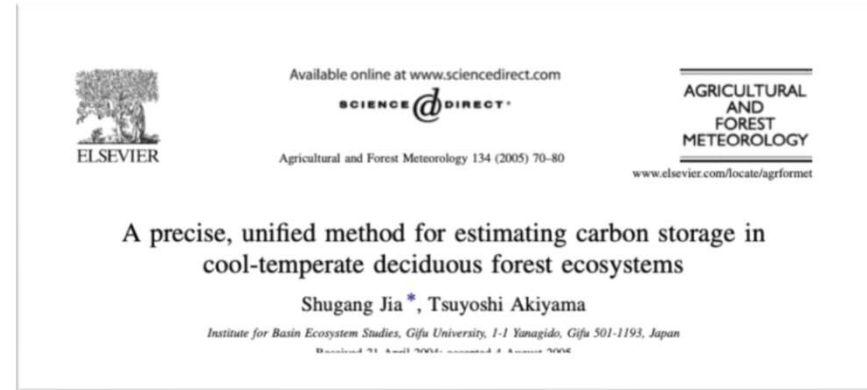
Alberi urbani pubblici di Pisa



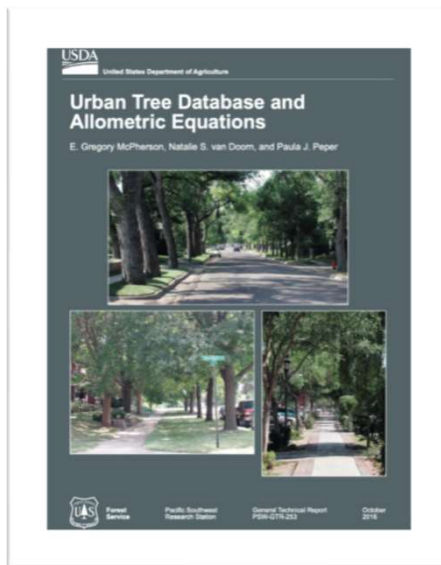
GENERE	N.	%
<i>Pinus</i>	3.547	19,6
<i>Tilia</i>	2.797	15,5
<i>Quercus</i>	1.691	9,4
<i>Platanus</i>	1.298	7,2
<i>Cupressus</i>	1.272	7,0
<i>Acer</i>	833	4,6
<i>Ligustrum</i>	723	4,0
<i>Populus</i>	705	3,9
<i>Robinia</i>	564	3,1
<i>Celtis</i>	451	2,5
Altri generi (79)	4.193	23,2
Totale	18.074	100,0



GAT: Equazioni allometriche specie-specifiche, raccolte sul sito web GlobAllomeTree



Jia: Formula generale allometrica



Modelli proposti dall'USDA (*United States Department of Agriculture*), che utilizzano equazioni allometriche correlate a:

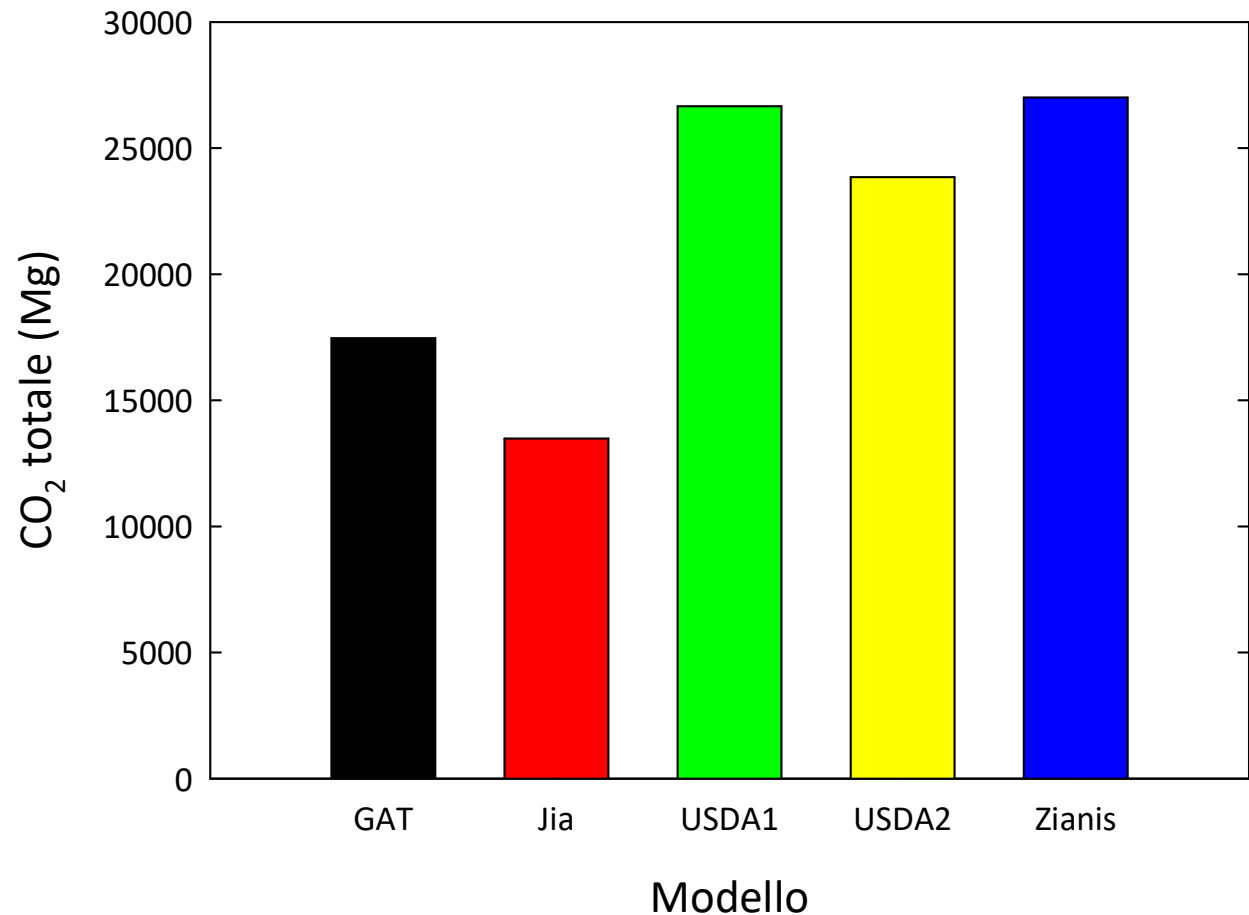
1. diametro del tronco
2. diametro del tronco + altezza



Zianis: Raccolta di equazioni allometriche elaborate per alberature urbane presenti in città europee.

CO₂ accumulata dal patrimonio arboreo pubblico del Comune di Pisa

18074 alberi
89 generi
110 specie



AREA DI STUDIO	NUMERO DI ALBERI	STOCCAGGIO DI CARBONIO/ALBERO	MODELLO	REFERENZE
PISA	18.074	209,6	Equazione allometrica generale studiata da Jia et al., 2005	
PISA	18.074	414,3	Equazioni allometriche europee da Globalloometree	
PISA	18.074	370,6	Equazioni allometriche USDA1	
PISA	18.074	272,2	Equazioni allometriche USDA2	
PISA	18.074	420,9	Equazioni allometriche europee raccolte da Zianis et al., 2005	
FIRENZE	885	354,6	UFORE	Paoletti et al., 2011
BOLZANO	475	377,1	Equazioni allometriche europee	Russo et al., 2013
BOLZANO	475	295,1	CTCC	Russo et al., 2013
BOLZANO	475	283,9	UFORE	Russo et al., 2013
LISBONA	41.274	509,9	i-Tree STRATUM	Soares et al., 2011

Tree and forest effects on air quality and human health in the United States



David J. Nowak ^{a,*}, Satoshi Hirabayashi ^b, Allison Bodine ^b, Eric Greenfield ^a

^a USDA Forest Service, 5 Moon Library, SUNY-ESF, Syracuse, NY 13210, USA

^b The Davey Institute, 5 Moon Library, SUNY-ESF, Syracuse, NY 13210, USA

Alberi e foreste rimuovono $17 \cdot 10^6$ t di inquinanti,
equivalenti ad un “valore” di $6,8 \cdot 10^9$ \$,
corrispondenti al “risparmio” di 850 casi di mortalità
e di 670.000 casi di sintomi respiratori acuti



Per calcolare il valore monetario di questa rimozione, gli economisti usano il termine di “esternalità negative”, o costi indiretti sostenuti dalla società (es: incremento delle spese sanitarie e la riduzione degli introiti dovuti al turismo, ecc...).



Un albero adulto assorbe 55-110 kg di PM_{10} e gas inquinanti (in una città di dimensioni medio/grandi questo significa un valore di circa 25-30 mil €)

(dati Center for Urban Horticulture – Univ. of Washington)



Patty Hastings/MEDILL
Trees surrounding city hall are attached with tags that list their dollar value in the amount of environmental and socio-economic services they will give back over the next 15 years.

Chicago area trees tagged with eco-dollar value

Urban ecosystem services: tree diversity and stability of tropospheric ozone removal

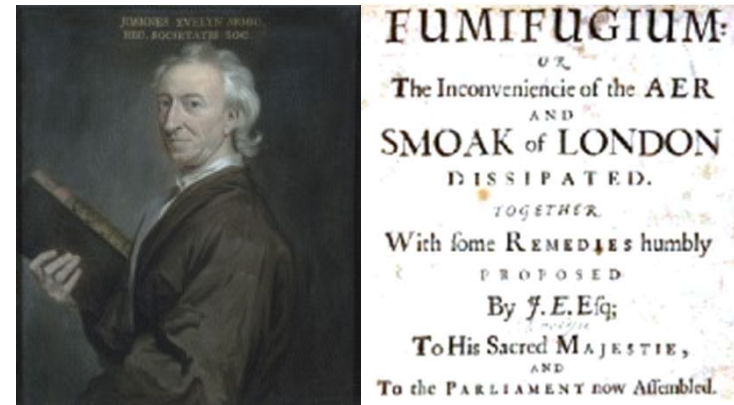
FAUSTO MANES,^{1,3} GUIDO INCERTI,¹ ELISABETTA SALVATORI,¹ MARCELLO VITALE,¹ CARLO RICOTTA,¹
AND ROBERT COSTANZA²

¹*Department of Environmental Biology, Sapienza University of Rome, Piazzale Aldo Moro, 5, 00185 Rome, Italy*
²*Institute for Sustainable Solutions, Portland State University, Portland, Oregon 97207 USA*

A Roma, solo
considerando
l'inquinamento da
ozono,
il “valore” dei servizi
ecosistemici
degli alberi è stimabile
in **5 milioni di \$**



1661: John Evelyn:
consigliava a Re Carlo II di
circondare Londra con una
cintura di piante odorose,
per *purificare l'aria puzzolente*



(il concetto è stato ripreso nel piano urbanistico del 1944, che prevedeva la green belt)



Beijing Green Belt

FUNZIONE ESTETICA

Arredo urbano, verde funzionale o decorativo, incremento di valore degli immobili, riduzione dell'impatto visivo di infrastrutture, effetti cromatici, plus-valenza turistica



Benefici economici



- Valore più elevato degli immobili
- Spese minori di condizionamento e riscaldamento
- Impulso al commercio

FUNZIONE RICREATIVA E SOCIALE

svago e aggregazione per
bambini, adulti, anziani,
animali



Orti Sociali

Si definisce orto urbano un appezzamento di dimensioni contenute (50-100 mq), ad ordinamento policolturale coltivato dall'interessato e/o dai suoi familiari i cui prodotti sono destinati all'autoconsumo o a scambi ma mai al commercio (Zoppi 1999)



Utilizzati per una doppia finalità da parte delle Amministrazioni (Comunali o di Quartiere) in quanto intermedi tra una sistemazione a verde e un servizio utile per la socialità

HORTICULTURAL THERAPY



Forma di terapia volta al miglioramento del benessere fisico e psicologico delle persone e quindi, come tale, non utilizzata esclusivamente per persone malate o disabili .



Alcuni risultati della ricerca



Ulrich (1984): la semplice vista di piante sane può essere di aiuto nel processo riabilitativo

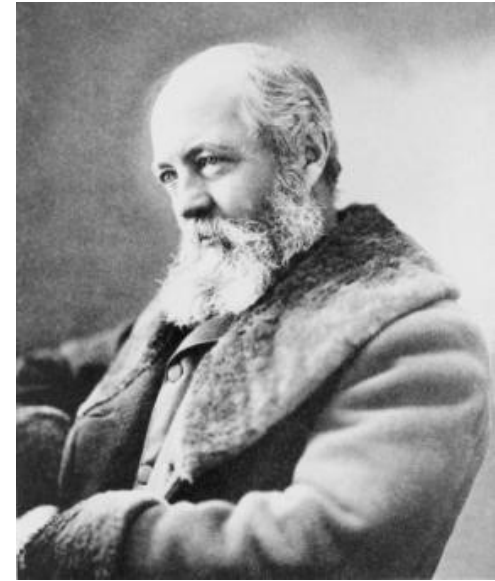
Lewis and Mattson, 1988; Owen, 1994: altre ricerche hanno evidenziato effetti sullo stato psicofisico direttamente misurabili determinati dalla visita di un parco/giardino: es. un apprezzabile abbassamento della pressione sanguigna.

Kidd et al., 2000: Soddisfazione e rilassamento seguenti al coinvolgimento attivo e passivo nelle attività di giardinaggio

Alcuni parametri fisiologici influenzati dalla presenza di “verde”

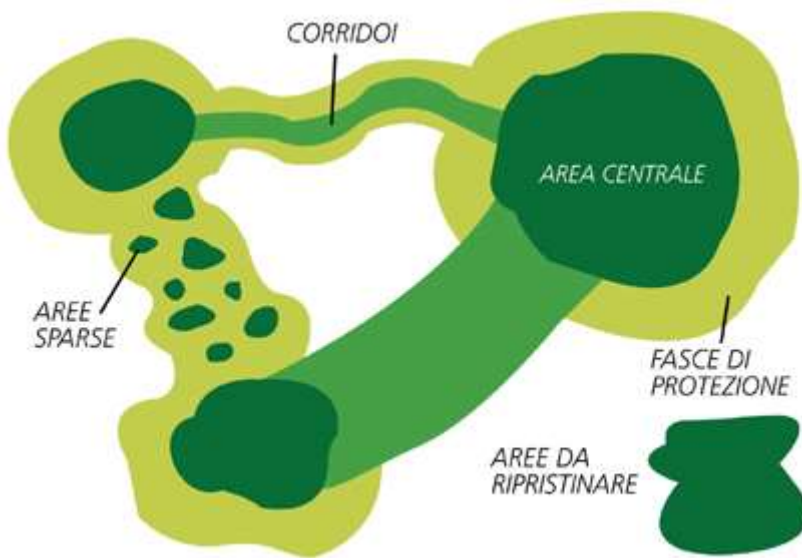
- pressione sanguigna
 - ritmo cardiaco
 - attività cerebrale
 - durata ricoveri ospedalieri
 - uso di farmaci antidolorifici
 - tensione muscolare
 - stato emotivo
 - livello di attenzione
 - funzioni motorie
 - tasso di criminalità
 - frequenza visite mediche
 - funzioni cognitive
 - concentrazione/qualità del lavoro
 - immaginazione e creatività nel fanciullo
 - stress
- ✓ Problemi correlati all'età
 - ✓ Tossicodipendenza
 - ✓ Psico-pedagogia
 - ✓ Persone afflitte da sindromi depressive
 - ✓ Patologie psichiatriche
 - ✓ Traumi cerebrali
 - ✓ Persone disabili
 - ✓ Carcerati
 - ✓ Patologie legate al morbo di Alzheimer e alla demenza senile

Frederick Law **Olmsted** (1822-1903), il progettista del **Central Park** di New York (340 ha, 500.000 alberi, 92 km di viali), si recava personalmente nei quartieri degradati di Manhattan, per **distribuire** manifestini che invitavano i cittadini a trarre vantaggio dalla presenza della vegetazione in città: si voleva favorire il **recupero psico-fisico** e **l'integrazione sociale**.



CONSERVAZIONE DELLA NATURA

(biodiversità, corridoi ecologici)



EDUCAZIONE AMBIENTALE

contatto con la natura (successione delle stagioni)

Paul Lauterbur (Premio Nobel 2003 per la Medicina):

“il senso di stupore, la curiosità e il fascino delle stagioni che solo il mondo delle piante può infondere in un giovane è una cosa che ti segna per tutta la vita e non ti lascia mai più”.



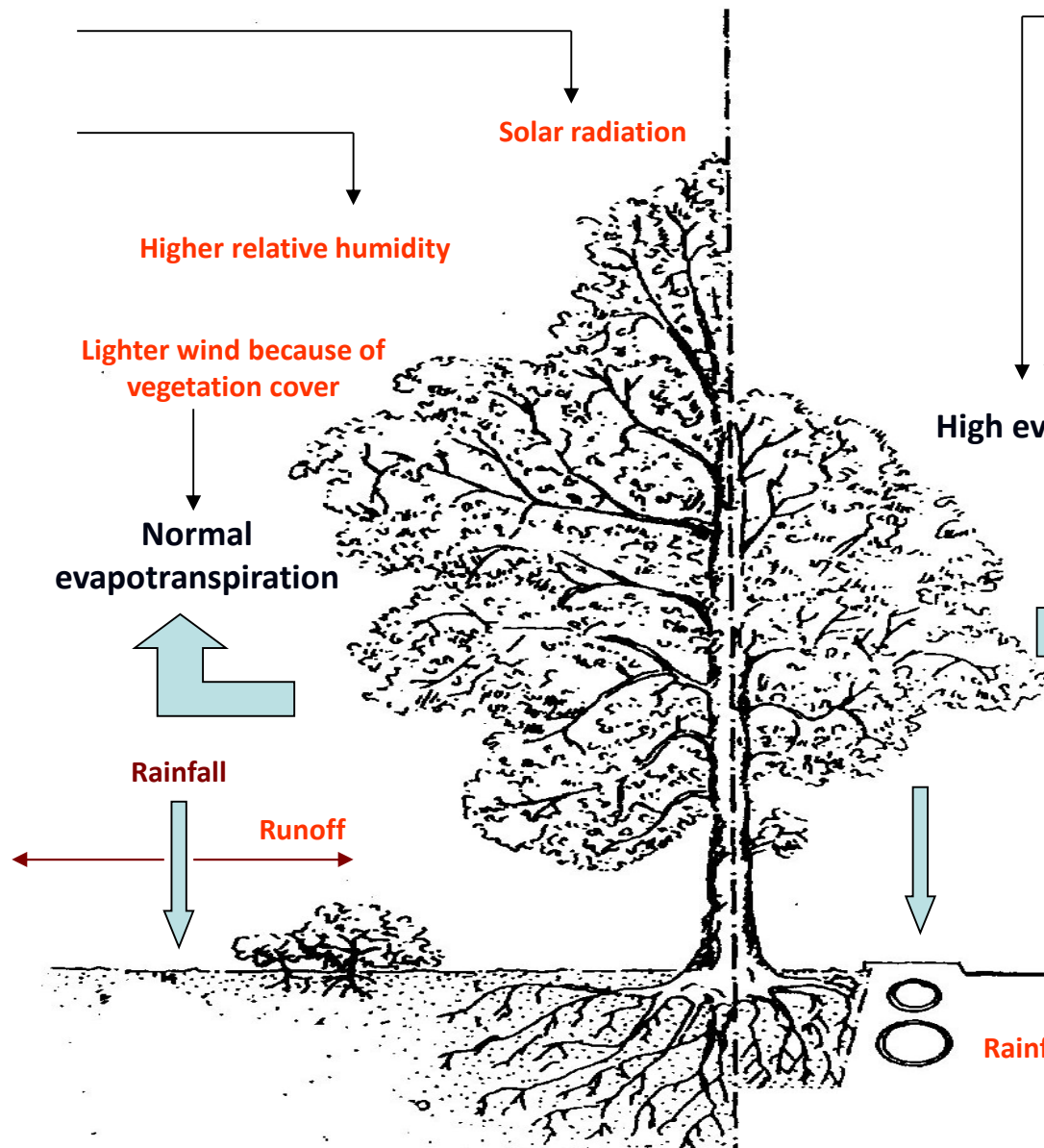
Climate (Global) Change

Riflessioni (Bacino mediterraneo)

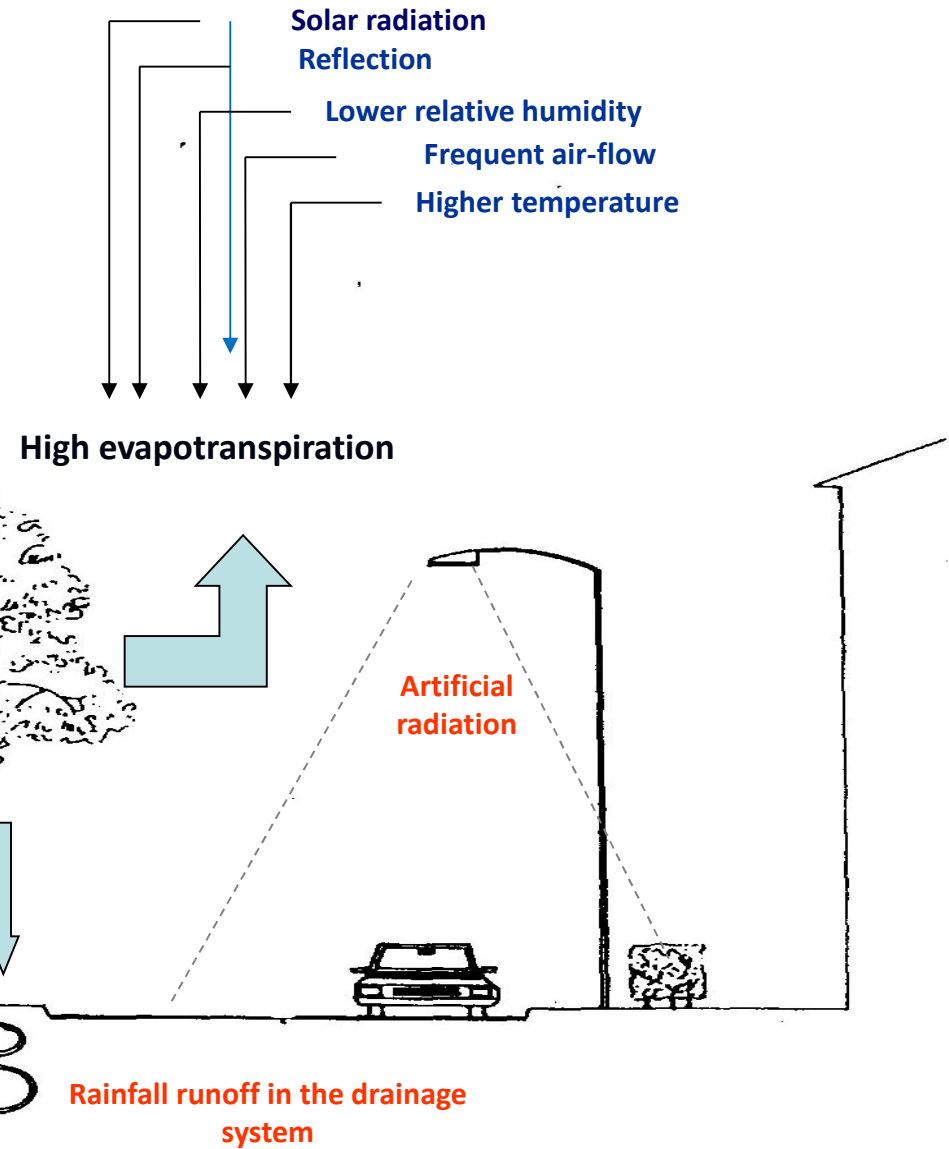
- Diminuzione nelle piogge autunnali ed invernali
- Aumento periodi di siccità
- Aumento dell'intensità delle piogge
- Spostamento delle stagioni



Native environment



Urban environment



Influence of urban microclimate on tree growth

(modified from Ballarin Denti and Rabotti, 1996)

Ambiente urbano *sensu lato* o *sensu strictu*?



Fattori intrinseci

Compattazione



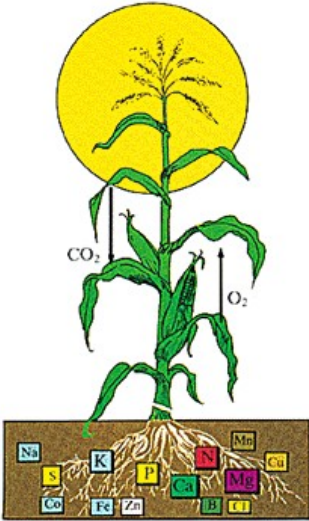
Drenaggio



Suolo



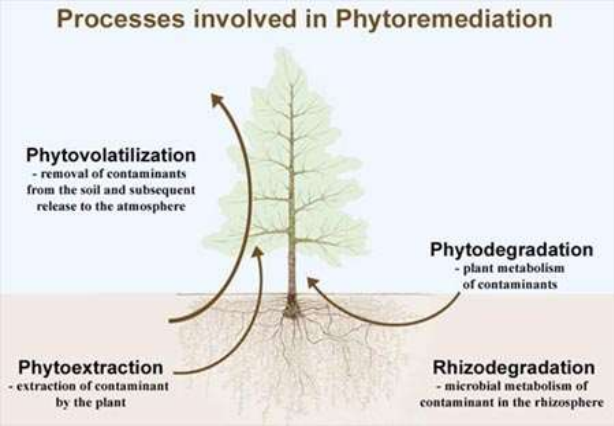
Nutrienti



Fattori climatici



Tossicità



Fattori estrinseci al sito

- Vandalismo
- Sali antighiaccio
- Danni da vento
- Inquinamento dell'aria e del terreno
- Eccessiva frequentazione
- Danni da veicoli
- Danni da sostegni e legature
- Malattie e danni da animali
- Danni conseguenti a lavori stradali/edili

Specie dichiarate in espansione in Italia



Heteroptera: Arocatus melanocephalus (indigenous) **olmo (1)**

Heteroptera: Corythucha arcuata **querce (2)**

Homoptera: Marchalina hellenica **pino (3)**

Lepidoptera: Paysandisia archon **palme (4)**

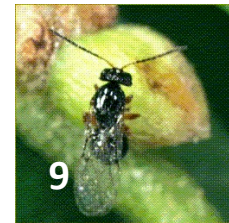
Coleoptera: Rhynchophorus ferrugineus **palme(5)**

Coleoptera: Anoplophora chinensis **molte specie(6)**

Coleoptera: Megaplatypus mutatus **pioppo (7)**

Hymenoptera: Leptocybe invasa **eucalipto spp (8)**

Hymenoptera: Dryocosmus kuriphilus **castagno (9)**



Danni da vento



Qual è il peggior nemico degli alberi in città?

L'uomo!







Prov. PT



Prov. CO



Prov. PI



Prov. FI



Prov. FI



Prov. PR



Gli alberi crescono ...
... e hanno bisogno di spazio





Ucciso nell'auto schiacciata da un pioppo

Morto sul colpo il pensionato alla guida, gravi la moglie e un'amica

di GIAN PAOLO BATTINI

LA SPEZIA

ASSURDA tragedia sui tornanti della Val di Vara nell'entroterra spezzino la mattina del Primo Maggio. Un pioppo è caduto e ha centrato in pieno un'auto occupata da tre pensionati che passava lungo la provinciale nel comune di Sesta Godano. L'auto si è come sbriciolata sotto il peso dell'albero, alto una ventina di metri e pesante trenta quintali, che si è abbattuto di traverso sulla carreggiata. Il bilancio è pesante. Il conducente è morto sul colpo, la moglie è in prognosi riservata mentre un'amica della coppia che sedeva sul sedile posteriore ha riportato ferite meno gravi. La tragedia è avvenuta alle 9 precise. La vittima, Franco Vergassola, 72 anni, residente alla Spezia, la moglie Tosca Mutti, 72enne, e Vanda Baroni, 81enne, erano sulla Fiat Punto guidata da Vergassola ed erano diretti alla tradizionale fiera agricola del Primo Maggio di Sesta Godano.

IL PIOPPO si è «staccato» dal terreno che costeggia la strada all'altezza del bivio per Bergassana in località Ponte Santa Margherita. Come un macigno, è piombato sul tettuccio dell'auto schiacciandolo come se fosse di cartone. Per Franco Vergassola non c'è stato nulla da fare. È morto sul colpo per le gravissime lesioni subite. Gravi, ma non letali, le ferite per le due donne. Il primo a prestare soccorso è stato un carabiniere fuori servizio che con la famiglia stava andando alla fiera e che era dietro la Punto di Vergassola. È stato lui a chiamare subito il 112 e il 118. In pochi minuti sono arrivati sul posto l'automedica e i vigili del fuoco di Brugnato, le ambulanze della Pubblica Assistenza di Sesta Godano e della Croce Rossa di Sesta Godano e i carabinieri di Sesta Godano. Per liberare le due donne e



INDAGINI

L'albero, pesante 30 tonnellate, si è abbattuto sulla provinciale mentre passava la macchina con i tre a bordo diretti a una festa a Sesta Godano

liberare fuori servizio che con la famiglia stava andando alla fiera e che era dietro la Punto di Vergassola. È stato lui a chiamare subito il 112 e il 118. In pochi minuti sono arrivati sul posto l'automedica e i vigili del fuoco di Brugnato, le ambulanze della Pubblica Assistenza di Sesta Godano e della Croce Rossa di Sesta Godano e i carabinieri di Sesta Godano. Per liberare le due donne e

le lamiere dell'auto i vigili del fuoco hanno lavorato per quasi un'ora. Con la motosega hanno tagliato in più punti il grosso albero rendendone possibile la rimozione. Nell'auto è miracolosamente rimasto illeso l'ago, il cagnolino di Vanda Baroni che al momento del disastro era accucciato sul tappetino del sedile posteriore. Per il trasferimento negli ospedali genovesi delle due donne è

stato richiesto l'intervento dell'elicottero dei vigili del fuoco del capoluogo ligure che è atterrato al campo sportivo di Sesta Godano. Tosca Mutti è stata portata all'ospedale Galliera, Vanda Baroni al San Martino.

AL MOMENTO non è ancora chiaro cosa abbia causato la caduta

zia. Ci nomin me e p bui ceè l'autog to.



Roma, 1 settembre 2014

Il verde urbano apporta benefici fisici, economici, estetici, culturali, psicologici e sociali ed è, soprattutto, un elemento strategico per l'equilibrio delle città



Città grigia ...

... o città verde?



TREES ARE THE ANSWER