

# REBUS®

REnovation of public Buildings  
and Urban Spaces

## GLI ALBERI E LA CITTÀ

Maria Teresa Salomoni

In appendice:  
VALUTAZIONE BENEFITS®  
Francesco Segneghi

ASSESSORATO AI TRASPORTI, RETI INFRASTRUTTURE MATERIALI  
E IMMATERIALI, PROGRAMMAZIONE TERRITORIALE  
E AGENDA DIGITALE

DIREZIONE GENERALE CURA DEL TERRITORIO E DELL'AMBIENTE

SERVIZIO PIANIFICAZIONE TERRITORIALE E URBANISTICA,  
DEI TRASPORTI E DEL PAESAGGIO

**REBUS®**  
**REnovation of public Building  
and Urban Spaces / 3° edizione**

**Progetto di  
REGIONE EMILIA-ROMAGNA**

Assessorato ai trasporti,  
reti infrastrutture materiali  
e immateriali.  
Programmazione territoriale  
e agenda digitale.  
Raffaele Donini  
*assessore*

**D.G. Cura del territorio e  
dell'ambiente**  
Paolo Ferrecchi  
*direttore*

**Servizio Pianificazione  
territoriale e urbanistica, dei  
trasporti e del paesaggio**  
Roberto Gabrielli  
*dirigente*

Luisa Ravanello  
*project manager*

**Ideato e sviluppato nell'ambito di**  
Progetto europeo  
REPUBLIC-MED  
REtrofitting PUBLIC spaces in  
MEDiterranean cities

**Con il supporto tecnico-scientifico**  
CNR IBIMET - Consiglio  
Nazionale Ricerche, Istituto  
di Biometeorologia - Bologna  
ProAmbiente - Bologna  
Politecnico di Milano -  
Dipartimento DASTU

**Organizzato con**  
ANCI Emilia-Romagna

**Con la collaborazione dei Comuni**  
Ferrara, Ravenna, San Lazzaro di  
Savena - BO (3° edizione)  
Modena, Parma, Rimini  
(2°-1° edizione)

**Con il patrocinio**  
Ministero dell'Ambiente  
CNAPPC Consiglio Nazionale  
Architetti Paesaggisti  
Pianificatori Conservatori  
INU Istituto Nazionale di  
Urbanistica  
AIAPP Associazione Italiana di  
Architettura del Paesaggio  
Climate-KIC Italia

**Con l'adesione di**  
AUDIS Associazione Aree Urbane  
DISmesse  
Nomisma / NOVA VIA by Nomisma  
Urban@it

**Con il patrocinio degli Ordini  
professionali**  
Ordini Architetti P.P.C. delle  
province di Bologna, Ferrara,  
Ravenna, Parma, Rimini, Modena  
Federazione Emilia-Romagna  
Dottori Agronomi e Forestali  
Ordine Dottori Agronomi e  
Forestali delle province di  
Bologna, Ferrara, Ravenna,  
Parma, Rimini, Modena  
Ordini degli Ingegneri delle  
province di Bologna, Ferrara,  
Ravenna, Parma, Rimini, Modena  
AIAPP Triveneto Emilia Romagna

**Media Partner**  
Maggioli Editore  
Architetti Idee Cultura e  
Progetto  
Architetti.com  
Planum. The Journal of Urbanism  
www.planum.net  
Urban Center Bologna  
Urban Center Ferrara

**Social Media Partner**  
DocGreen Forma il tuo verde  
E.Ventopaesaggio  
GARBo Giovani Architetti Bologna  
Giardini Condivisi Parma  
Manifattura Urbana  
OvestLab Modena  
Re-Mend Rigenerazione urbana e  
Architettonica  
Street Italia  
TipiStudio

**Percorso formativo  
Laboratorio Gioco-simulazione /  
3° edizione**

**Ideazione**  
Elena Farnè, Luisa Ravanello

**Sviluppo**  
Elena Farnè, Luisa Ravanello,  
Francesca Poli

**Coordinamento tecnico**  
Luisa Ravanello  
Regione Emilia-Romagna

**Coordinamento organizzativo**  
Antonio Gioielleri  
Marco Giubilini  
Giacomo Prati  
Matteo Zocca  
Anci Emilia-Romagna

**Lectio Magistralis**  
Christine Dalnoky - Atelier de  
Paysage Dalnoky (FR)

**Docenti**  
Valentina Dessì - Politecnico di  
Milano, Dipartimento DASTU  
Claudio Calvaresi - Avanzi  
Sostenibilità per Azioni, Milano  
Kristian Fabbri - architetto  
Elena Farnè - architetto  
Roberto Gabrielli - Regione  
Emilia-Romagna, Servizio  
Pianificazione urbanistica,  
Paesaggio e Uso sostenibile del  
territorio  
Teodoro Georgiadis - CNR  
Bologna, IBIMET  
Marco Marcatili - Nomisma  
Andreas Matzarakis - Università  
di Friburgo  
Francesca Poli - architetto  
Luisa Ravanello - Regione  
Emilia-Romagna, Servizio  
Pianificazione urbanistica,  
Paesaggio e Uso sostenibile del  
territorio  
Maria Teresa Salomoni  
- agronoma paesaggista  
Proambiente

 [www.rebus.site](http://www.rebus.site)  
[bit.ly/rebus-laboratorio](http://bit.ly/rebus-laboratorio)

 [info@rebus.site](mailto:info@rebus.site)  
[rebus@regione.emilia-romagna.it](mailto:rebus@regione.emilia-romagna.it)

 **Rigenerazione urbana e Paesaggio**  
**@LabREBUS**

 **REBUS L'energia della città**

 **#rebus\_er**

 [issuu.com/laboratoriorebus](http://issuu.com/laboratoriorebus)

**Modelli 3D/Cartografia**  
Francesca Poli  
Riccardo Raimondi  
Ilaria Tonti  
Stefano Zec

**Tutor d'aula**  
Giulio Roberti - Envi-Met  
Francesco Segnèghi -  
BENEFITS®

**Facilitazione in aula**  
Anna Agostini  
Adriano Cancellieri  
Elena Farnè  
Elena Ostanel  
Lucio Maria Rubini

**LinkedIn / Facebook**  
Francesca Poli  
Emilia Strada

**Segreteria tecnica-organizzativa**  
Francesca Poli  
Giacomo Prati  
Matteo Zocca

**Segreteria e supporto logistico-  
organizzativo**  
Lorella Dal Monte  
Brunella Guida

**Amministrazione**  
Marisa Dalla Noce - RER  
Miryam Cafaro - Anci ER

**Stampa**  
Centro Stampa  
Regione Emilia-Romagna  
Stampato a Bologna,  
nel 2018

**Crediti**  
© Per le foto, le immagini  
e i disegni, gli studi di  
progettazione, i professionisti,  
i ricercatori, i fotografi e gli  
autori della dispensa  
© Per i testi, le autrici e gli  
autori della dispensa dove non  
diversamente citati altri autori

**Condividi REBUS®**  
Tutti i contenuti sviluppati  
nell'ambito di REBUS® usano  
*Licenza Creative Commons 4.0  
Internazionale  
Non commerciale - Condividi  
allo stesso modo*



**Simulazioni Envi-Met**  
Kristian Fabbri  
Marianna Nardino  
Giulio Roberti

**Simulazioni BENEFITS®**  
Francesco Segnèghi

**Schede casi studio**  
Elena Farnè, Francesca Poli,  
Luisa Ravanello  
*con il contributo di*  
Fernanda Canino, Lorenzo Feltrin,  
Oronzo Filomena, Sebastiano  
Sarti, Anna Maria Tudisco (San  
Lazzaro di Savena), Federica Del  
Conte, Francesca Proni, Leonardo  
Rossi, Nicola Scanfèrta, Antonia  
Tassinari, Ilaria Venturi, Officina  
Meme (Ravenna), Antonio  
Barillari, Tiziana Coletta, Roberta  
Fusari, Francesca Guerzoni,  
Silvia Mazzanti, Davide Tumiati  
(Ferrara)

# indice

- 4 **MARIA TERESA SALOMONI  
FRANCESCO SEGNEGHI**
- 6 **INTRODUZIONE**
- 8 ***CORPUS* CITTADINO, CLIMA,  
INQUINAMENTO E SURRISCALDAMENTO**
- 10 **LA SALUTE NELLA CITTÀ**
- 12 **QUALI PIANTE? E COME?**
- 15 **PIANTE E TEMPERATURA**
- 21 **IL VALORE DELLE BIOCOMPENSAZIONI**
- 22 **I NUMERI**
- 24 **CONCLUSIONI**
- 26 **VALUTAZIONE BENEFITS®**
- 38 **SITOGRAFIA**

# Maria Teresa Salomoni

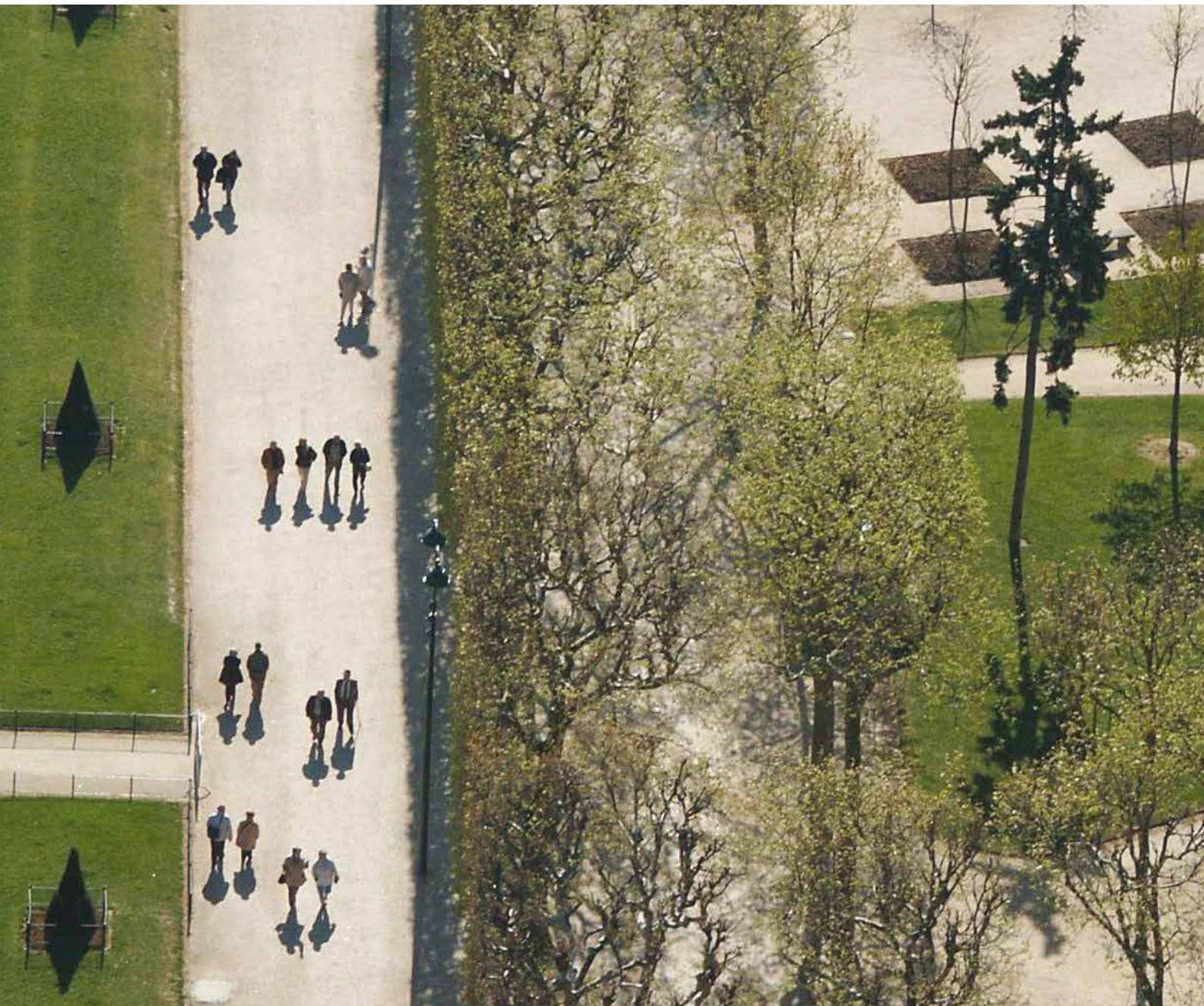
Dottore agronomo paesaggista, giornalista pubblicista e ricercatore specializzata nel settore delle piante ornamentali. In quest'ultimo ambito, si dedica allo studio delle piante impiegate per la mitigazione degli effetti antropici sull'ambiente.

Amante di varie espressioni artistiche, ha coniugato professioni e passioni nella progettazione degli spazi verdi pubblici e privati, nello scrivere di piante e giardini - avendo pubblicato centinaia di articoli tecnici, scientifici e amatoriali ed essendo autrice/coautrice di alcuni libri - e nell'ideazione di eventi legati a piante, tra i quali l'esposizione della Ferrari Auto nel 1997 e una mostra di giardini all'interno di Euroflora.

# Francesco Segneghi

Laureato in Scienze Forestali e Ambientali presso l'Università degli Studi di Padova, dal 2014 è iscritto all'Ordine dei Dottori Agronomi e Forestali di Verona e tuttora esercita la libera professione.

Ha collaborato con Veneto Agricoltura alla gestione forestale delle Foreste Demaniali Regionali di Giazza, Monte Baldo e Val d'Adige; si occupa di relazioni di Valutazione di Incidenza Ambientale (DGRV 2299/2014) e per il rilascio dell'Autorizzazione Paesaggistica; fa valutazioni di stabilità del verde urbano secondo il protocollo SIA. Ha inoltre redatto relazioni di mitigazione ambientale utilizzando le piante per migliorare l'efficienza energetica degli edifici e si interessa dei temi di rigenerazione urbana e resilienza al fine di progettare gli spazi pubblici, adattando le città ai cambiamenti climatici.



In copertina e a lato: Campo di Marte, in francese Champ de Mars, è un celebre e vasto giardino pubblico di Parigi che si trova sulla riva gauche, tra la Tour Eiffel a nord-ovest e l'École militaire a sud-est. Commissionato dal re Luigi XV per scopi militari, il parco

prende il nome dal Campo Marzio romano, un omaggio al dio della guerra. Utilizzato durante la Rivoluzione Francese come luogo adibito alla celebrazione e alla commemorazione, Campo di Marte nel corso del tempo è stato teatro di importanti

avvenimenti come la "Fête de la Fédération" del 14 luglio 1790, da allora divenuta festa nazionale. Trasformato in giardino tra il 1908 e il 1920, lo spazio è molto frequentato da turisti e parigini, che si recano qui per rilassarsi ammirando la Tour Eiffel.

Rappresenta un importantissimo polmone verde per il centro città. (© [www.parigi.it/it/champ-de-mars.php](http://www.parigi.it/it/champ-de-mars.php))

# introduzione



1. I benefici prodotti  
dalla presenza  
di alberi in città  
TREE:  
Termico  
Rimozione di inquinanti  
Emissione di VOC  
Energetico e salutare

**T**ermico (riduzione T°)  
**R**imozione di inquinanti  
**E**missione di VOC  
**E**nergetico e salutare

Nella scelta delle piante più idonee a vivere nelle città, le conoscenze raggiunte dalla biologia vegetale e dalla fisica dell'atmosfera convergono sulla necessità di valutare nei vegetali sia la loro predisposizione a rimuovere inquinanti atmosferici e a interferire in modo positivo con gli elementi del clima, quali temperatura, umidità relativa e vento, sia le loro proprietà eco-fisiologiche che ne determinano l'adattabilità a un determinato ambiente urbano connotato da distintivi parametri climatici.

Le aree a verde sono quindi da considerarsi quali componenti imprescindibili del territorio inurbato essendo capaci di influenzare lo "Stato di salute ambientale". Secondo l'Organizzazione Mondiale della Sanità (WHO-OMS), il concetto di "Salute ambientale" è inteso come "Equilibrio ecologico che deve esistere tra l'uomo e il suo ambiente, in modo da assicurarne il benessere, che si riferisce all'individuo come entità globale, e ne comporta, non solo la salute fisica, ma anche quella mentale e le relazioni sociali ottimali. Allo stesso modo il benessere riguarda la globalità dell'ambiente, che va dalla singola abitazione a tutta l'atmosfera."

Di fatto, per perseguire l'obiettivo di "Salute ambientale" in ambito urbanistico, occorre pensare su scala globale e agire a livello locale, poiché domani larga parte della popolazione mondiale farà personalmente e quotidianamente i conti con fenomeni di *sick city syndrome* derivanti dal

riscaldamento del clima, dall'aumento degli inquinanti gassosi e polverulenti e da un inurbamento massiccio.

L'OMS sostiene che le singole persone poco possono fare per controllare le fonti di inquinamento dell'aria, poiché le misure di riduzione richiedono un'azione forte da parte delle amministrazioni e dei responsabili politici nazionali e internazionali dei vari settori, come i trasporti, la gestione dei rifiuti, della produzione e uso di energia, le costruzioni e l'agricoltura. Questo è vero, ma **“un cambiamento ambientale che porterebbe un grande effetto positivo sull'inquinamento atmosferico e, quindi, sulla salute umana, è piantare più alberi, soprattutto nelle aree urbane.** Numerosi studi hanno quantificato i **benefici degli alberi per la salute umana** che, come sappiamo, sono alquanto rilevanti. In una stima su larga scala effettuata negli Stati Uniti relativa alla rimozione dell'inquinamento atmosferico da parte degli alberi a livello nazionale, i ricercatori hanno scoperto che gli alberi e le foreste negli Stati Uniti avevano rimosso, nel 2010, 17,4 milioni di tonnellate di inquinamento atmosferico, con effetti sulla salute umana valutati in 6,8 miliardi di dollari. Questa rimozione equivale a un piccolo miglioramento medio della qualità dell'aria, essendo inferiore all'1%, ma i suoi effetti sulla salute umana sono stati significativi, soprattutto nelle aree urbane. Gli impatti sulla salute hanno, infatti, evitato:

- 850 morti;
- 670.000 casi di sintomi respiratori acuti;
- 430.000 incidenza di attacchi di asma;
- 200.000 giorni di scuola persi.

[...] Un altro studio ha evidenziato che a Londra, in uno spazio di 100 km<sup>2</sup>, con copertura arborea pari al 25%, la rimozione potrebbe arrivare a più di 90 tonnellate di particolato all'anno, il che porterebbe a evitare due morti e due ricoveri ospedalieri per anno [...].

In virtù di queste considerazioni, **appare fondamentale indirizzare la progettazione del verde al fine di massimizzare il numero di alberi nelle nostre città e, quindi, esaltare i benefici che il verde urbano può offrire.** Però è importante farlo con progetti di lungo termine, messi a punto con un lavoro corale di pianificatori, urbanisti, progettisti e, soprattutto, esperti di arboricoltura” (F. Ferrini).

L'uso delle alberature occorre che compenetri profondamente la pianificazione reale del territorio e la permei di elementi vivi ed efficaci. **La pianificazione urbanistica non dovrebbe limitarsi a mitigare il nuovo costruito valutandone solo l'intrusività nel paesaggio, volta alla mera quantificazione degli impatti visivi, bensì dovrebbe perseguire nuovi obiettivi, giustificati da solide e recentissime acquisizioni scientifiche, che identificano nel verde urbano una *infrastruttura naturale multifunzionale* in grado di svolgere azioni determinanti e insostituibili nell'attenuazione degli estremi termici e dell'inquinamento dell'aria, dell'acqua e del suolo e capaci, quindi, di aiutare il conseguimento del “benessere urbano”.** All'azione di mitigazione dell'impatto visivo, le zone verdi aggiungono sia l'attività di compensazione delle emissioni gassose e polverulente dell'insediamento stesso sia la capacità, e questa è meno nota, di ingenerare meccanismi fisici sul micro-clima tali da influenzare lo stato termico di vaste estensioni di territorio, soprattutto se le zone verdi fanno parte di uno *smart green system* in grado di garantire contiguità e continuità all'efficacia termica ingenerati dalle piante.

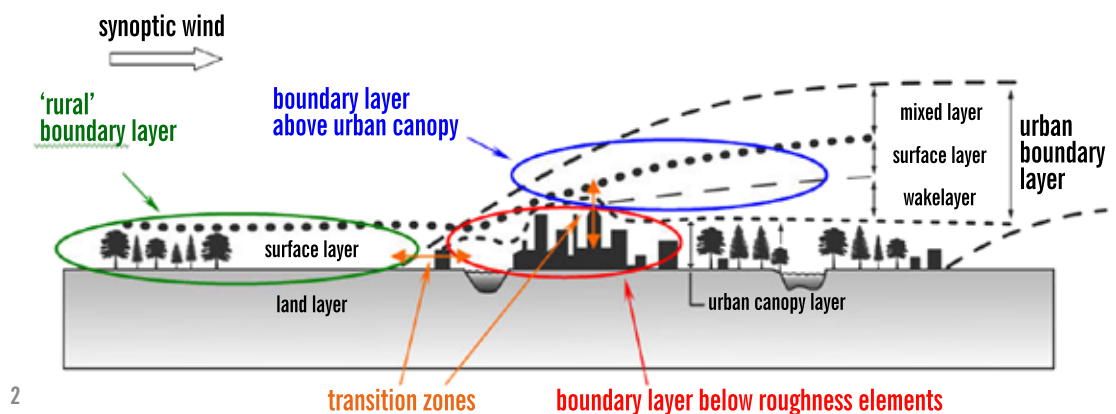
# *corpus* cittadino, clima, inquinamento e surriscaldamento

Di fatto, l'ambiente urbano è un sistema complesso nel quale gli scambi energetici sono governati da numerosi fattori, tra i quali i principali sono la radiazione incidente, le proprietà ottiche-geometriche delle superfici e la conduzione termica dei materiali.

Dalla fine del 1970, è noto il modello della struttura dell'atmosfera suddiviso in *layers*, o strati, suddivisi in *canopy layer*, la volta urbana, e in *boundary layer*, strato limite urbano superiore.

Il primo, compreso fra le strade e i tetti dei palazzi, è modificato in modo puntuale dalla rugosità prodotta dall'alternanza di strade, piazze e costruzioni ed è paragonabile allo strato che si crea sotto gli alberi di una foresta. Dato che è fortemente e direttamente influenzato da ciò che "accade in strada", è a sua volta suddiviso in *sublayer* di spessore variabile in funzione appunto della rugosità.

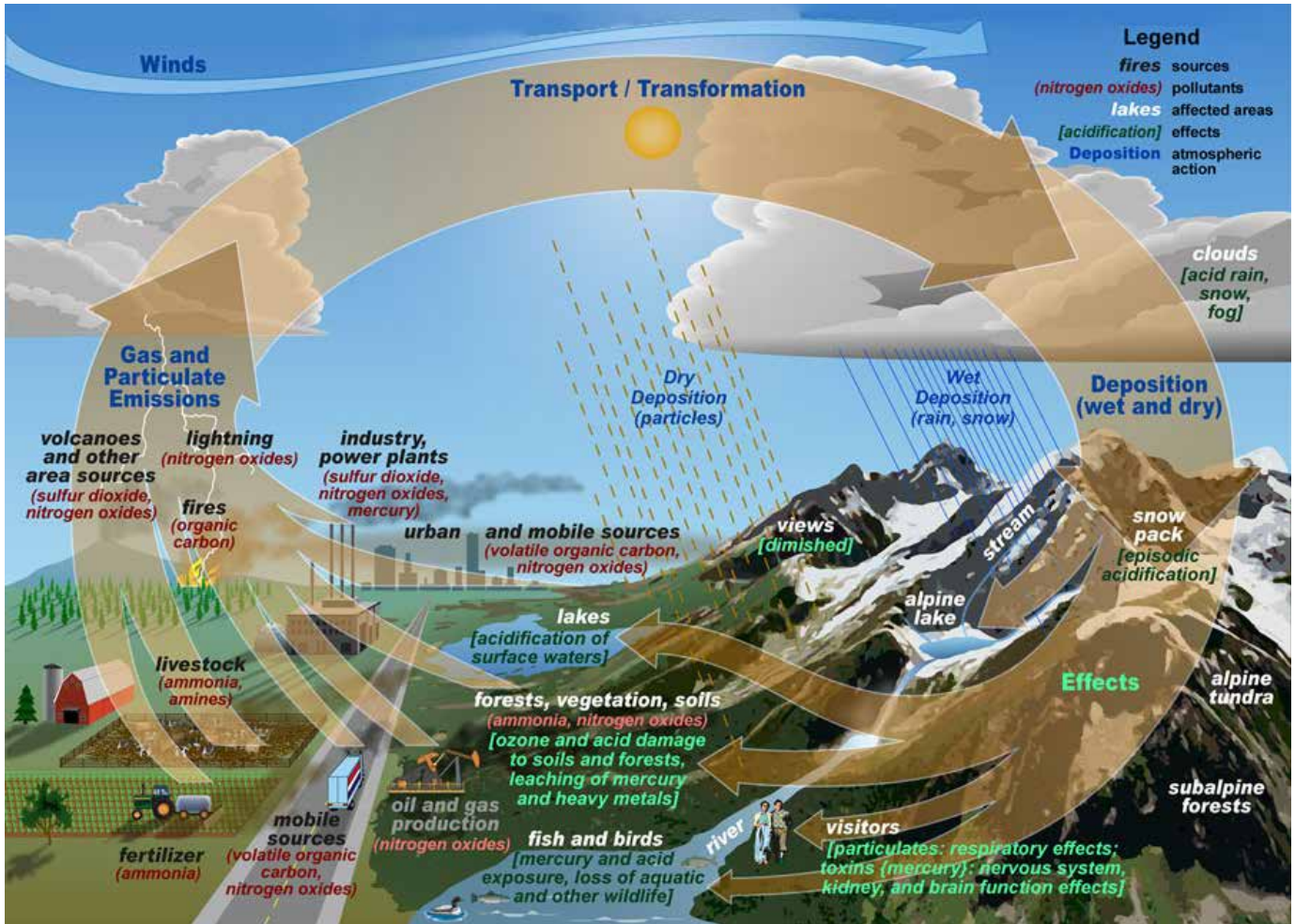
Il secondo si estende al di sopra del precedente rispetto al quale è caratterizzato da una minore escursione termica giornaliera e una maggiore ventilazione.



Per sua natura, l'architettura dell'ambiente urbano è complessa e gli scambi energetici hanno andamenti regolati dalla "tessitura" della città, cioè dalle caratteristiche chimico – fisico – funzionali, quali ad esempio morfologia e proprietà superficiali dei palazzi e delle strade, topografia e uso del territorio. Il bilancio dell'energia su una superficie complessa come la chioma urbana è quindi dovuto alla molteplicità delle componenti urbane, quali riflessione da parte degli elementi costruiti, emissione di radiazione infrarossa, inerzia termica dei materiali, processi di evapotraspirazione da parte della vegetazione e di superfici liquide.

L'entità degli scambi e la partizione dell'energia influenzano le proprietà locali della turbolenza e, conseguentemente, anche il *canopy layer*, con il quale la popolazione della città si confronta ogni giorno; sono elementi che influiscono sull'ambiente igro – termico e che non dovrebbero essere trascurati in fase di progettazione territoriale, dato il loro peso sul bilancio energetico complessivo del *corpus* cittadino e sullo stato di Salute ambientale.





3

La pianificazione territoriale ed urbanistica e la progettazione urbana, integrate con le discipline fisico-ambientali e finalizzate a migliorare la “Salute ambientale”, devono essere il risultato di una serie di processi analitici a loro volta scaturiti da una catena di approcci:

- macroscopici di pianificazione su larga scala che, considerando la forzante macroclimatica, affrontano fattori morfologici, naturalistici e antropici;
- mesoscopici della pianificazione urbana che, nel controllo delle forzanti sul costruito, si occupano della qualità ambientale outdoor;
- microscopici della progettazione edilizia che si dedicano: alla qualità ambientale dello spazio confinato, al modello di funzionamento energetico dell'organismo edilizio, alla correlazione edificio-ambiente, all'impiego della vegetazione come elemento integrante dell'edificato e sua mitigazione.

3. Elementi inquinanti, trasporti, trasformazioni, depositi ed effetti: l'immagine mostra le complesse relazioni esistenti tra i punti di emissione, le reazioni chimico-fisiche, i sistemi di trasporto e gli effetti sugli obiettivi sensibili. (© www.fws.gov)

L'esito favorevole degli approcci integrati consiste, quindi, nel contenimento delle emissioni inquinanti e riscaldanti nelle aree inurbate; è indispensabile finalizzare in tal senso la pianificazione urbanistica per raggiungere gli obiettivi fissati a livello internazionale per la tutela del clima.

# la salute nella città

Accrescere il verde nelle città in generale e lungo le strade in particolare, privilegiando specie a buon adattamento fisiologico alle peculiarità locali, significa modificare l'immagine estetica, sociale ed ecocompatibile dell'abitato: le inevitabili emissioni di gas e di particolati legate alle attività antropiche sono in qualche modo compensate da un aumento degli assorbimenti naturali da parte delle piante e l'uso mirato e accorto della vegetazione può oltretutto consentire una riduzione dell'energia consumata nel condizionare la temperatura degli ambienti interni, raffreddandola o riscaldandola.

Le ricerche riguardanti lo stato di salute delle popolazioni inurbate hanno dimostrato una stretta correlazione tra malattie e inquinanti, evidenziando la comparsa di un maggior numero di patologie in coloro che vivono all'interno di 300-500 metri dalla carreggiata stradale trafficata rispetto a coloro che vivono a una distanza maggiore di 500 metri. In particolare, è acquisito a livello internazionale il dato riguardante la minore prevalenza di asma nei bambini che vivono in aree con alberature stradali rispetto agli altri che vivono in zone prive di vegetazione in prossimità. Un altro studio, i cui dati sono riportati nel capitolo "Il valore delle biocompensazioni", ha quantificato il valore economico della salute acquisito con l'aumento della vegetazione di quartiere.

In California alcuni ricercatori hanno condotto una meta-analisi di 94 studi per un totale di 28 diversi paesi, che identificavano i livelli di inquinamento dell'aria fino a sette giorni prima di episodi di ictus. Tra gli inquinanti esaminati troviamo il monossido di carbonio, il biossido di zolfo, il biossido di azoto e il particolato (sia il PM2.5 che il PM10). I composti gassosi aumentano significativamente il rischio di ictus nel giorno di massima esposizione all'inquinamento atmosferico, con una riduzione nei giorni successivi, dimostrando una chiara associazione a breve termine. Tuttavia, l'esposizione al PM2.5 è stata considerata la più pericolosa, creando un elevato rischio di ictus fino almeno due giorni dopo l'esposizione. Queste particelle sono sufficientemente piccole per diffondersi dai polmoni nel flusso sanguigno, dove possono provocare problemi cardiovascolari. Gli studi analizzati provengono da tutto il mondo, ma quelli creati con paesi a reddito medio-basso hanno mostrato i più alti livelli di inquinamento atmosferico, con i collegamenti più forti agli ictus. Tuttavia, i ricercatori hanno anche notato che il numero di studi in questi paesi risulta minore rispetto a quelli ad alto reddito, forse a causa dei bassi finanziamenti.

La presenza in città di spazi verdi diffusi, connessi tra loro e accessibili a piedi o in bicicletta, funge da catalizzatore di relazioni sociali positive e da stimolo per l'attività fisica: di conseguenza consente di migliorare la salute, ridurre ansia, stress e aggressività. È stato verificato che i pazienti di ospedali dove sono presenti giardini effettuano degenze più brevi e sono più soddisfatti, così come lo è il personale: in definitiva, costi minori e comfort più elevato.

Sui luoghi di lavoro, la presenza di piante e di biodiversità, naturale in senso lato, aumenta il rendimento riducendo stress e assenze per malattia. Anche il semplice guardare immagini di natura (img.4 - tratta da "The nature of health and well-being: how trees and woods keep us fit and feeling good!" - Wilson E.T., 2013) migliora in pochi minuti la circolazione, riducendo lo stress psico-fisico. Nei paesi anglosassoni la disciplina che si interessa del verde urbano è conosciuta come *urban forestry*, a indicare come le aree verdi possano proporsi come oasi di naturalità entro gli ambiti urbani, con una sottolineatura della *wilderness* delle aree verdi inserite in un "arido" edificato.

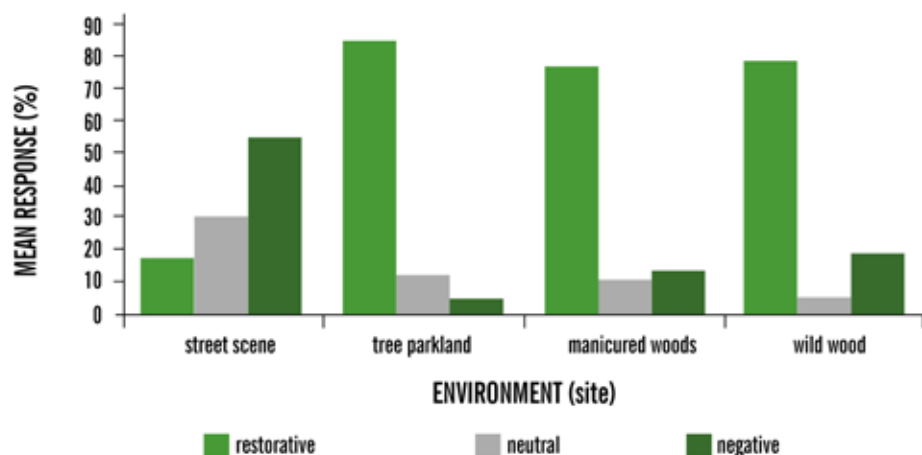
## PSYCHOLOGICAL RESTORATION IN URBAN WOODLANDS (Jorgenses et al. in review)

- > LOCATIONS: variation in naturalness, biodiversity and structural complexity
- > FILMING: 50 images (each 5 m, 2 secs each) + 5 video clips with sound (60 secs. each)
- > TOTAL TIME: 6 mins, 40 secs to cover 250 m transect through each environment



## PSYCHOLOGICAL RESTORATION IN URBAN WOODLANDS (Jorgenses et al. in review)

Keyword analysis for each environment



4. Estratto dalla pubblicazione "The nature of health and well-being: how trees and woods keep us fit and feeling good!" - Wilson E.T., 2013

4

- > pronounced restorative experience in all three green spaces
- > highest proportion of negative impressions/feelings in Street Scene
- > moderate distinction among green space with distinct structural attributes in terms of negative impressions, most obvious in the Wild Wood setting

# quali piante? e come?

A livello generale, in fase di pianificazione, allorché si rendano evidenti importanti impatti generati sull'ambiente da attività antropiche, possono essere previste diverse misure, quali ad esempio la compensazione dell'impatto, procurando o introducendo risorse sostitutive, tra le quali sono comprese le oculate piantagioni di specie vegetali, assortite tra arboree, arbustive ed erbacee.

Pur essendo ben noti i metodi di applicazione dei modelli di forestazione urbana e quelli della gestione del verde, non è ancora stato standardizzato l'approccio metodologico di scelta delle specie e del loro posizionamento rispetto alla mitigazione dei diversi impatti (visivo, termico, da inquinamento) che si vuole ottenere soprattutto in considerazione dei punti sensibili.

Numerosi studi statunitensi applicano la formula "10-20-30" elaborata da Santamour, la quale prevede che, per la massima protezione verso le patologie vegetali e per la massima qualità del verde, la "foresta urbana" dovrebbe essere formata da non più del 10% di una stessa specie arborea, da non più del 20% di uno stesso genere arboreo e non più del 30% di una stessa famiglia arborea.

Secondo le linee guida elaborate dell'ISPRA, uno studio della copertura vegetale deve avvenire su tre livelli: floristico, vegetazionale e paesaggistico e, in fase progettuale, rispondere alle domande: "quali specie? in quale rapporto quantitativo e distribuzionale? quale stadio del dinamismo naturale prendere come riferimento? come raccordarsi con gli ecosistemi circostanti?". L'obiettivo generale deve essere quello di proporre fitocenosi coerenti con la vegetazione autoctona, in funzione dell'estensione delle aree disponibili. Si può suggerire, in vari contesti, di realizzare impianti utilizzando specie e cenosi pioniere, capaci quindi di favorire il recupero naturale della vegetazione locale, ma tale scelta collide con le necessità di immediata biocompensazione, ossia di mitigazione degli impatti, generati dalle attività antropiche, ad opera dei sistemi vegetali.

In caso di nuovi insediamenti, occorre valutare (L. Sani), oltre allo stato quali-quantitativo del verde già presente in un quartiere, la struttura orizzontale, quella verticale e quella temporale delle nuove masse vegetative, intendendo con queste definizioni il grado di copertura delle chiome rispetto suolo (struttura orizzontale: più è ampia maggiore è la mitigazione delle alte temperature), altezza, profondità, portamento della chioma e posizione sociale dell'individuo (struttura verticale: più è diversificata maggiore è la capacità di mitigazione di varie tipologie di inquinanti), permanenza del fogliame nel corso dell'anno e durata potenziale della vita in città (struttura temporale). Tutte e tre le strutture esaminate aumentano la biodiversità in ambito urbano.

Un'ultima valutazione riguarda la connessione tra il suolo e la vegetazione arborea, poiché quest'ultima è spesso isolata dal terreno naturale essendo messa a dimora in "buchi nell'asfalto", su terreni di riporto asfittici e inerti, privi di sostanza organica, di dimensioni ridottissime tali da accogliere a malapena il colletto delle piante e certamente incapaci di permettere un vaso di pioggia sufficiente.

Lo stato dell'arte conferma che nel prossimo futuro sarà opportuno privilegiare un rapporto edificato/vegetato molto differente da quello adottato fino a ora e fornisce strumenti utili alla realizzazione di una infrastruttura naturale multifunzionale individuando, ad esempio, quelle specie che contribuiscono all'abbattimento della CO<sub>2</sub> atmosferica, alla mitigazione dell'inquinamento urbano (tabella 1 - img.5) e, più in generale, a migliorare le condizioni di vita delle popolazioni inurbate.

A parità di aree fogliari, le specie mostrano una capacità di rimozione di PM10 molto differenziata; anche in questo caso, a titolo esemplificativo, nella tabella 2 (img.6) vengono riportati i valori riferiti ad alberi adulti di diametro compreso tra 21 e 30 cm in quanto questa tipologia dendrometrica è la più frequente nel verde urbano relativamente ad alberi adulti ed efficienti.

Le foglie delle piante svolgono un importante ruolo di mitigazione dell'inquinamento dell'aria poiché attraverso gli stomi emettono ossigeno e assorbono il cosiddetto smog fotochimico composto da anidride carbonica e gas quali ozono (O<sub>3</sub>), monossido di carbonio (CO), biossido d'azoto (NO<sub>2</sub>) e anidride solforosa (SO<sub>2</sub>). I gas sono presenti nella maggior parte degli agglomerati urbani di dimensioni rilevanti ma, poiché viaggiano con il vento, possono interessare anche zone scarsamente popolate. Inoltre, foglie e cortecce catturano e trattengono le polveri sottili inalabili (PM10 e inferiori) attraverso peli, rugosità o cuticole cerose poste sulle loro superfici.

PM10	Inquinanti gassosi (O <sub>3</sub> , NO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub> )
Platanus spp	Cupressus sempervirens
Ulmus glabra	Platanus spp
Celtis australis	Ulmus glabra
Populus alba	Populus alba
Aesculus hippocastanumw	Pinus pinaster
Salix alba	Pinus pinea
Ulmus spp	Platanus acerifolia
Pinus pinaster	Aesculus hippocastanum
Pinus pinea	Celtis australis
Populus nigra	Cupressus sempervirens
Ulmus glabra	Juniperus communis

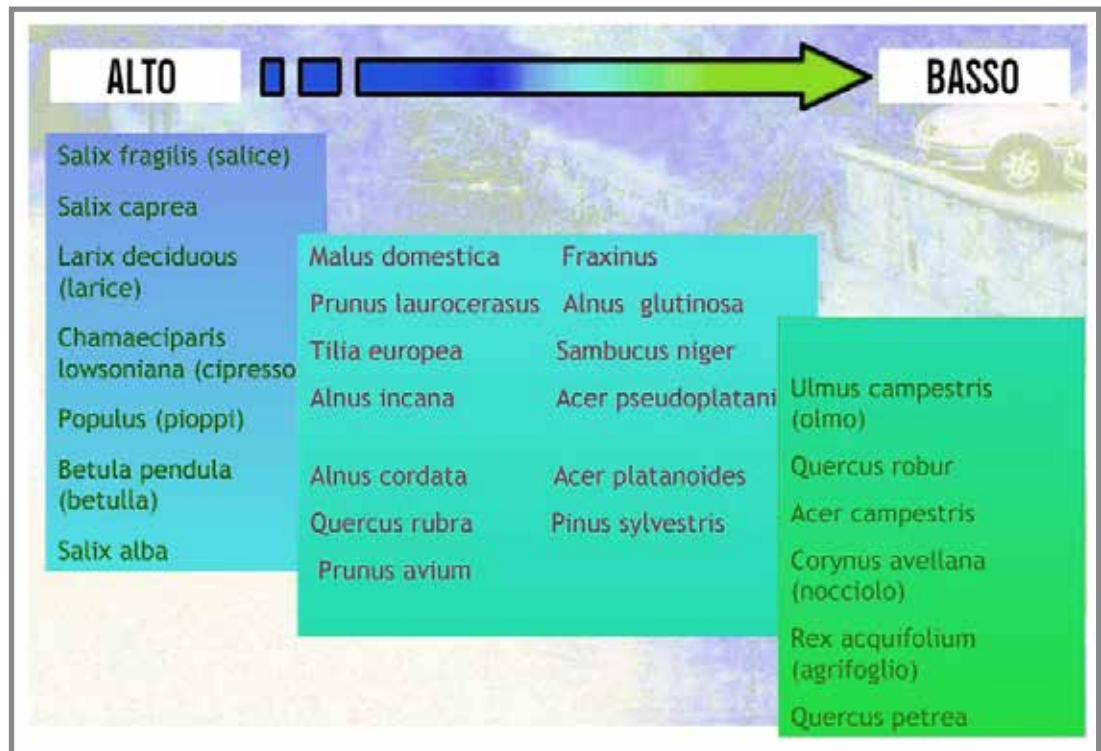
5

Specie	PM10 g/anno	O <sub>3</sub>	NO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>
Tilia spp	103	15	8	1
Pinus pinea	60	16	9	1
Platanus acerifolia	376	52	29	5
Celtis australis	158	29	16	3
Quercus robur	82	15	8	1
Aesculus hippocastanum	152	32	18	3
Tilia cordata	112	16	9	1
Populus nigra	71	20	11	2
Quercus ilex	68	15	8	1
Acer pseudoplatanus	128	27	15	2

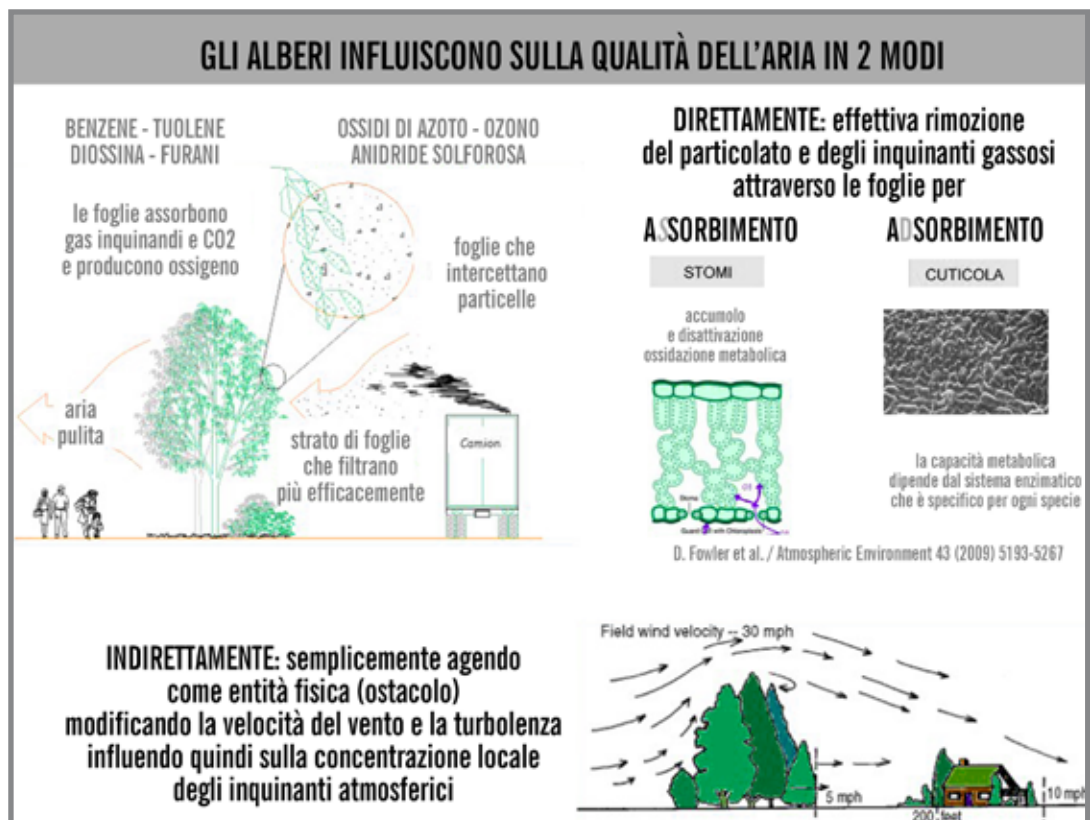
6

5. Specie caratterizzate da elevati valori di rimozione di inquinanti. (Dati ottenuti da Buffoni et al., applicando il modello UFORE).

6. Valori di rimozione di inquinanti. (Dati ottenuti da Buffoni et al., applicando il modello UFORE).



7



8

7. Sequestro di CO2.  
(© Baraldi R.  
Ibimet-Cnr di Bologna)

8. Influenza degli alberi sulla qualità dell'aria.  
(© Baraldi R.  
Ibimet-Cnr di Bologna)

# piante e temperatura



9. Colorado State University  
(© Howard F. Schwartz su  
[www.Bugwood.org](http://www.Bugwood.org))

9

Le chiome vegetali intercettano la radiazione solare determinando una temperatura radiante delle superfici ombreggiate molto inferiore a quella delle superfici esposte alla radiazione diretta.

La luce disponibile sotto la chioma degli alberi è composta da una quantità minima di radiazione diretta e, per la maggior parte, da radiazione diffusa. La densa chioma di una struttura verde, come ad esempio un viale alberato, determina una 'bolla di penombra', caratterizzata da una bassa incidenza di radiazione diretta e diffusa, quindi con scarso calore radiante, nella quale il livello di comfort termico è elevato e l'illuminazione adeguata.

La quantità di radiazione solare intercettata rappresenta l'efficienza bioclimatica della vegetazione. Viene espressa normalmente in percentuale di radiazione trasmessa nei diversi assetti stagionali, in particolare per le latifoglie decidue. Le variabili che determinano il controllo della radiazione sono: caratteristiche della foglia (forma, dimensione e tipo), densità e forma della chioma, periodo di fogliazione. In base ai risultati degli studi su queste caratteristiche è stato possibile compilare una tabella della percentuale di trasmissione di alcune specie (tabella 3 - img.11). È evidente che, da un punto di vista bioclimatico, in relazione alla mitigazione della radiazione solare, sono migliori quelle specie con bassa percentuale di trasmissione estiva e alta percentuale invernale.

Le variabili termiche che interessano l'interazione tra vegetazione e costruito sono dipendenti dalle radiazioni: solare diretta, diffusa e riflessa, infrarossa terrestre, oltre a temperatura e umidità dell'aria, intensità e direzione del vento.

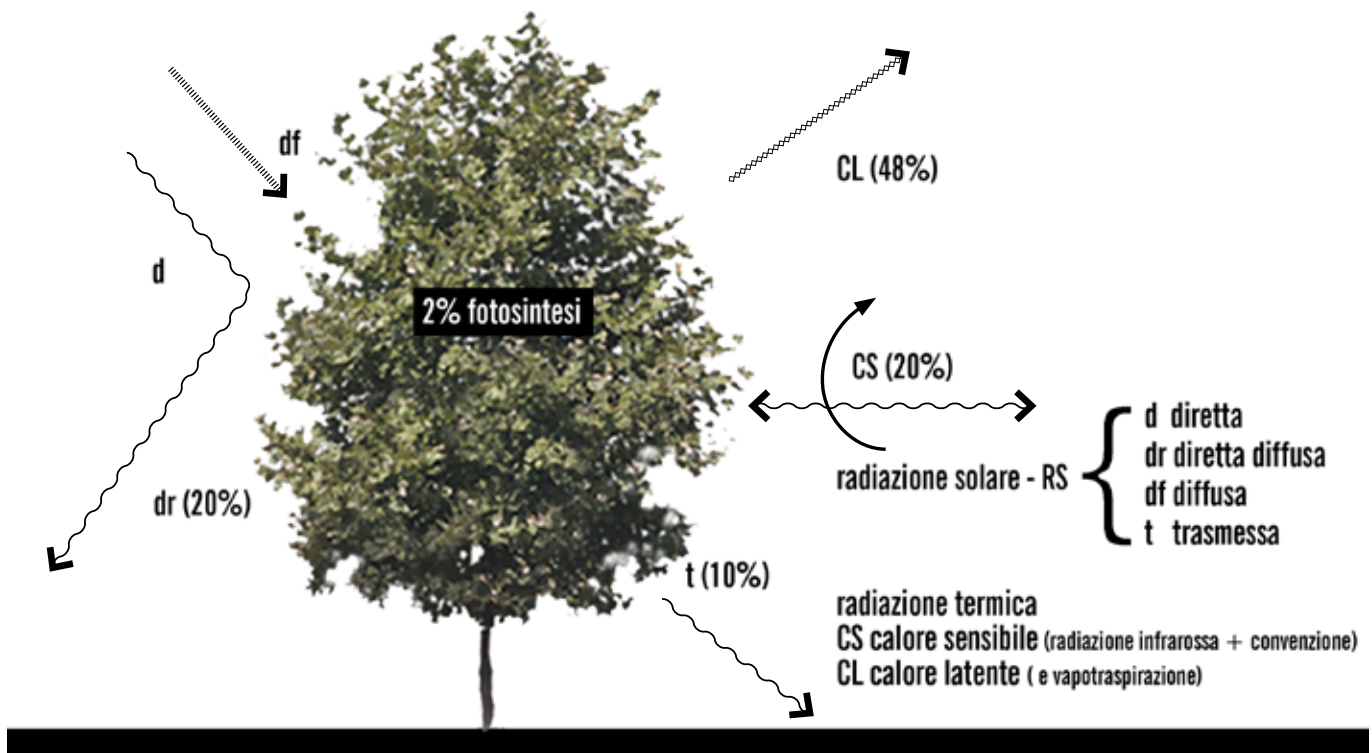
10. Un esempio di 'isola di fresco', nel mezzo delle isole di calore urbane, determinata dagli scambi di calore latente e sensibile prodotti da masse vegetali.  
 (© Spazi verdi urbani di Gianni Scudo e José M. Ochoa de la Torre)

11. Schema degli scambi energetici tra vegetazione e ambiente circostante  
 (© rielaborazione grafica da Spazi verdi urbani di Gianni Scudo e José M. Ochoa de la Torre)

12. Il portamento degli alberi  
 (© rielaborazioni originali da Spazi verdi urbani di Gianni Scudo e José M. Ochoa de la Torre)



10

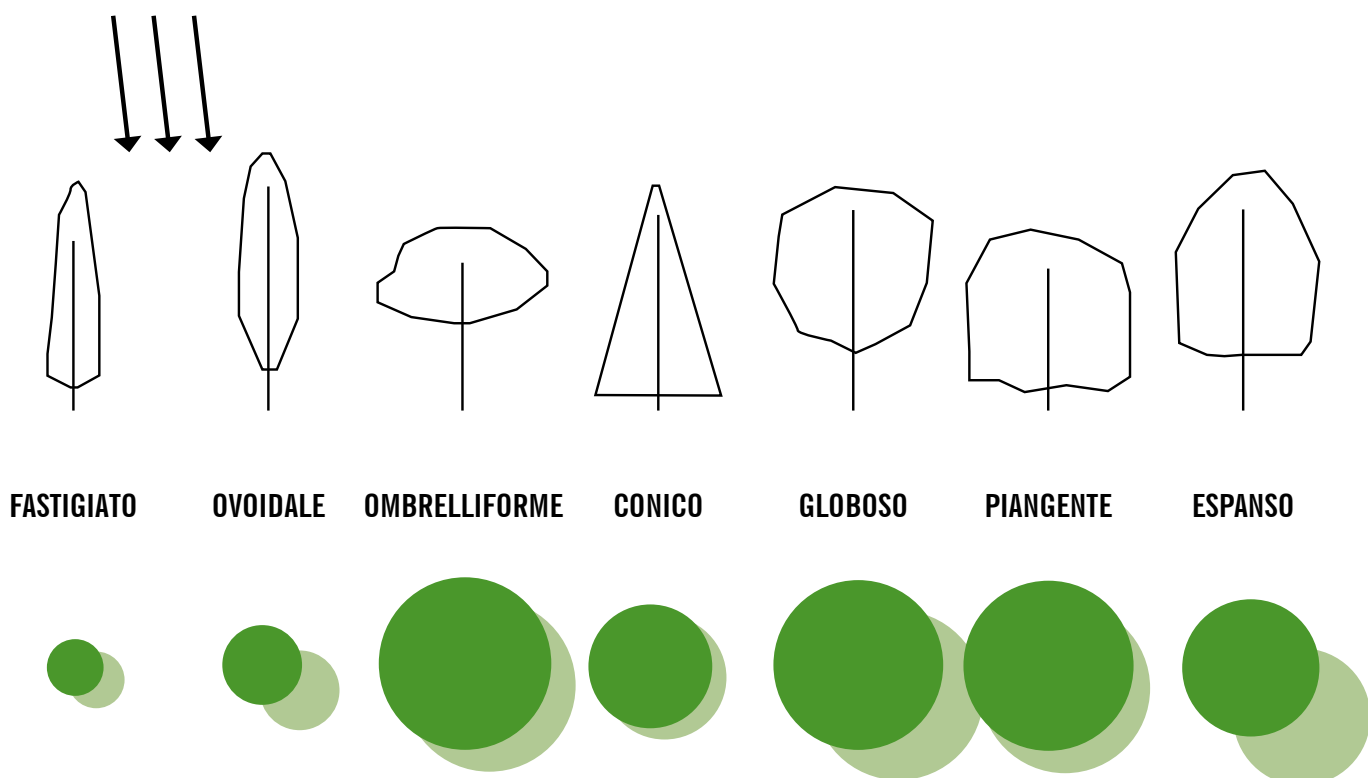


11



Le piante utilizzano una minima parte della radiazione solare per la fotosintesi (2%), mentre il 20% è riflessa, il 10% è trasmessa al terreno e la maggior parte è riemessa sotto forma di “calore sensibile” (20%) e di “calore latente” (48%) attraverso l’evapotraspirazione che abbassa la temperatura dell’aria. Un albero adulto può traspirare fino a 450 litri di acqua al giorno (1000 MJ) e per ogni grammo di H<sub>2</sub>O evaporata occorrono 633 cal, che sono sottratte all’ambiente, producendo un abbassamento di temperatura equivalente alla capacità di cinque condizionatori di aria di piccola potenza operanti venti ore al giorno.

Più la vegetazione è densa e più energia viene assorbita in quanto la massa verde si comporta come un corpo scuro. L’effetto generale che deriva dagli scambi energetici, generati da piante all’interno di un contesto urbano, è la moderazione del microclima grazie alla determinazione di venti termici. Nelle strutture urbane, in condizioni meteorologiche di assenza di vento, l’isola di calore dell’edificato determina una brezza esterno-interno che concentra l’inquinamento. Le strutture urbane verdi (in particolare quelle concentriche e diffuse), puliscono e abbassano la temperatura dell’aria innescando brezze urbane che vanno dal verde al costruito.



13. Tabella della percentuale di trasmissione di alcune specie.

Il coefficiente di trasmissione dipende dalla forma delle foglie, dalla loro dimensione e densità.

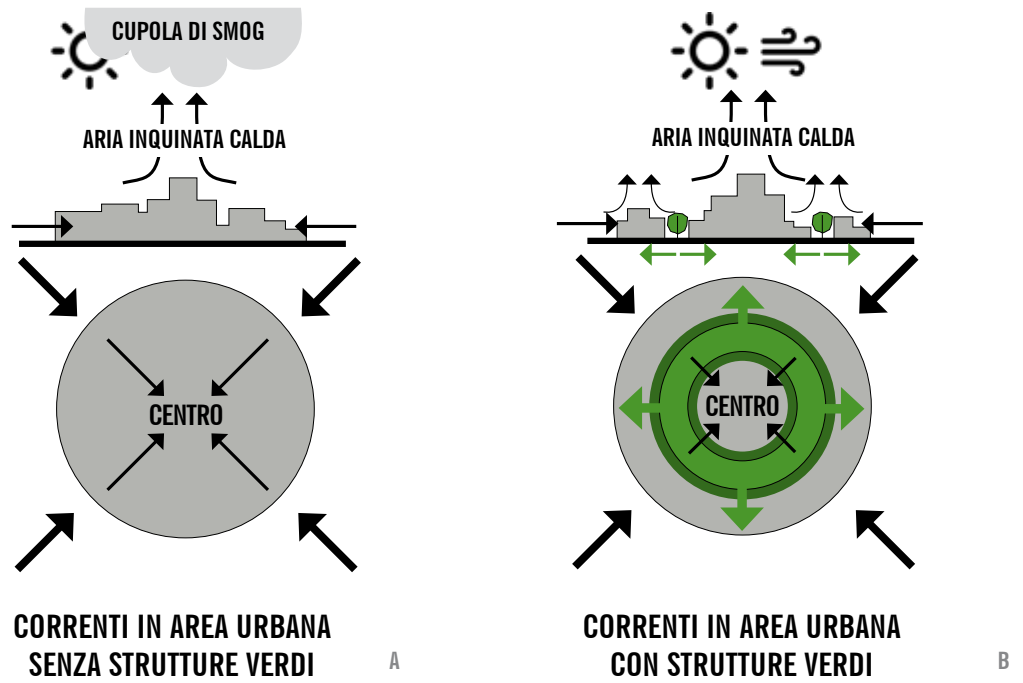
Quindi, le ombre proiettate dagli alberi possono essere più o meno leggere o compatte.

La tipologia di ombra determina anche la possibilità, o meno, che altre piante vi possano vivere al di sotto. Per esempio, nel caso di ombra rada, possono vivere sia specie da ombra che da penombra.

Inoltre, la scelta delle piante in base all'ombra che proiettano può essere collegata all'uso e al tipo di attività previste nello spazio pubblico.

13

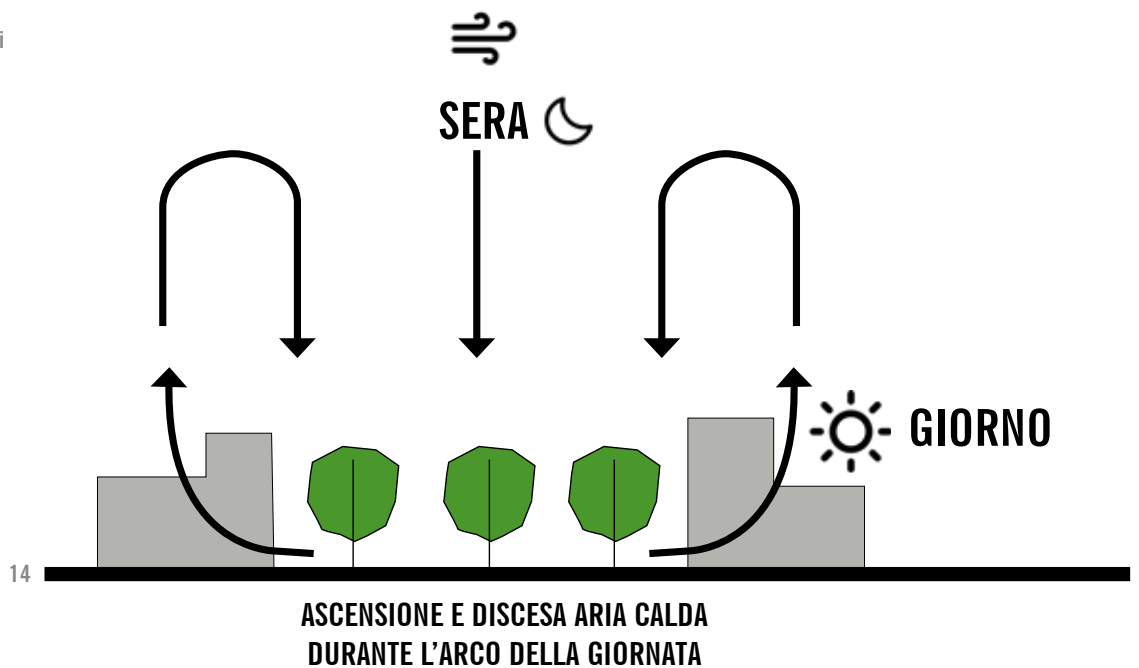
NOME BOTANICO	COEFFICIENTI OMBREGGIAMENTO (% TRASMISSIONE)	
	estate	inverno
<b>Acer platanoides</b>	0,12	0,69
<b>Acer rubrum</b>	0,24	0,74
<b>Acer saccharinum</b>	0,17	0,71
<b>Acer saccharum</b>	0,16	0,69
<b>Aesculus hippocastanum</b>	0,11	0,73
<b>Albizzia julibrissin</b>	0,17	0,68
<b>Amelanchier canadensis</b>	0,23	0,57
<b>Betula alba</b>	0,18	0,62
<b>Carya ovata</b>	0,23	0,66
<b>Catalpa speciosa</b>	0,24	0,68
<b>Celtis australis</b>	0,08	0,53
<b>Celtis occidentalis</b>	0,12	
<b>Crataegus laevigata</b>	0,14	
<b>Crataegus lavalleyi</b>	0,11	
<b>Eleagnus angustifoli</b>	0,13	
<b>Fagus sylvatica</b>	0,12	0,83
<b>Fraxinus excelsior</b>	0,15	0,59
<b>Ginkgo biloba</b>	0,19	0,63
<b>Gleditsia triacanthos</b>	0,36	0,70
<b>Juglans nigra</b>	0,09	0,63
<b>Koelreuteria paniculata</b>	0,19	0,65
<b>Liquidambar styracifula</b>	0,18	0,65
<b>Liriodendron tupilifera</b>	0,10	0,73
<b>Malus s.p.</b>	0,15	0,85
<b>Platanus acerifolia</b>	0,14	0,55
<b>Platanus tremuloides</b>	0,25	
<b>Pyrus communis</b>	0,20	0,60
<b>Quercus palustris</b>	0,22	0,75
<b>Quercus robur</b>	0,19	0,77
<b>Quercus rubra</b>	0,19	
<b>Sophora japonica</b>	0,22	
<b>Tilia cordata</b>	0,12	0,59
<b>Ulmus americana</b>	0,13	0,76
<b>Ulmus pumila</b>	0,15	0,50
<b>Zelkova serrata</b>	0,20	0,74



14. Schemi dei flussi d'aria in una struttura urbana in condizioni meteorologiche di assenza di vento.

A) L'isola di calore del centro determina una brezza esterno-interno che concentra l'inquinamento.  
 B) Le strutture urbane verdi (concentriche e diffuse) puliscono e rinfrescano l'aria innescando brezze urbane che vanno dal verde al costruito.

C) Indicazione dei flussi giornalieri di circolazione dell'aria.  
 (© rielaborazioni originali da *Spazi verdi urbani* di Gianni Scudo e José M. Ochoa de la Torre)



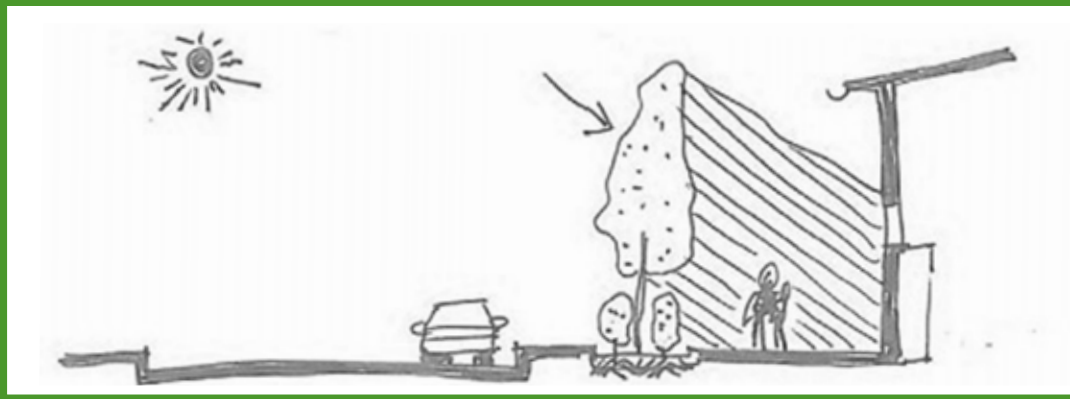
ASCENSIONE E DISCESA ARIA CALDA DURANTE L'ARCO DELLA GIORNATA

## SELEZIONARE LE SPECIE VEGETALI IN FUNZIONE DEGLI USI E DEL CONTESTO URBANO.

Le piante possono essere scelte in funzione degli insediamenti e del contesto urbano, attingendo all'interno di una vasta gamma di specie con caratteristiche e abilità diverse.

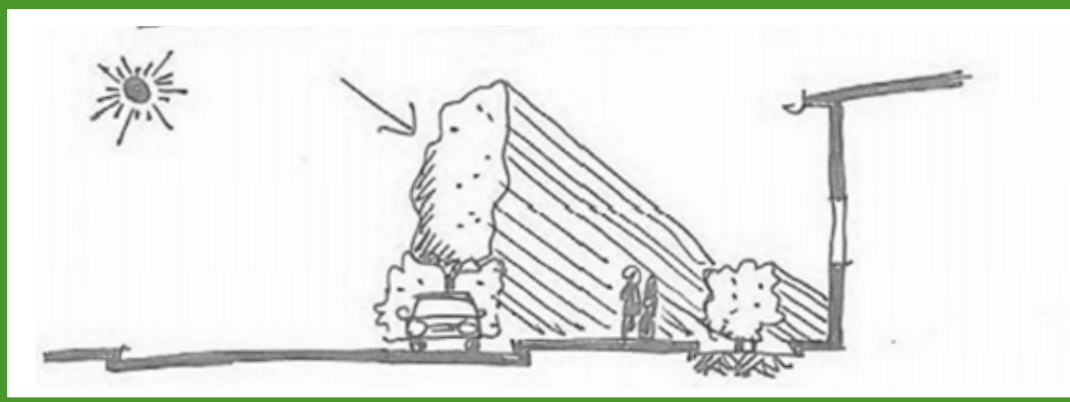
### ATTIVITÀ TERZIARIE

- > alberi per ombreggiare il marciapiede e l'edificio
- > siepe per riparare dal traffico veicolare



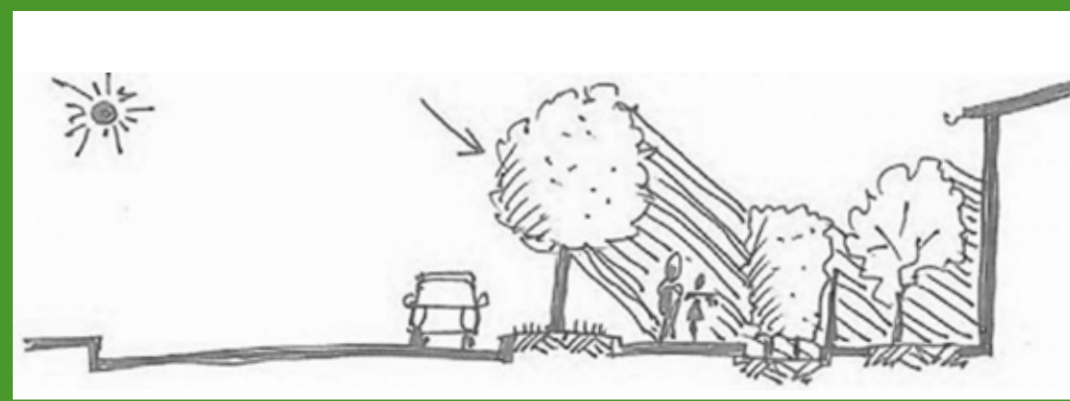
### RESIDENZIALE

- > alberi per ombreggiare il marciapiede
- > siepe per ombreggiare l'edificio e mantenere la privacy
- > parcheggi in ombra e schermati alla vista



### RESIDENZIALE CON GIARDINO PRIVATO

- > alberi per ombreggiare il marciapiede



# il valore delle biocompensazioni

**Alberi ed aree verdi forniscono un “reddito” largamente superiore al costo necessario per il loro impianto e mantenimento: annualmente, a fronte di un euro investito nel verde, ne possono rientrare, a seconda dei casi citati dalla letteratura scientifica, da 1,3 a 3,07 euro (M. Carminati).**

Esiste una ricca bibliografia a supporto delle decisioni degli amministratori per attuare opere di biocompensazione finalizzate alla salute dei cittadini, alla qualità dell'aria, dell'acqua e del suolo, oltre alla generazione di impatti favorevoli sulla biodiversità della flora e della fauna. Ed esiste per i decisori degli interventi di trasformazione del territorio un'altra leva formidabile: **il valore economico del paesaggio. Una gestione sostenibile del territorio coniuga l'attività produttiva e commerciale con le altre funzioni derivanti dall'ambiente, nell'ottica di un paesaggio inteso come bene comune.**

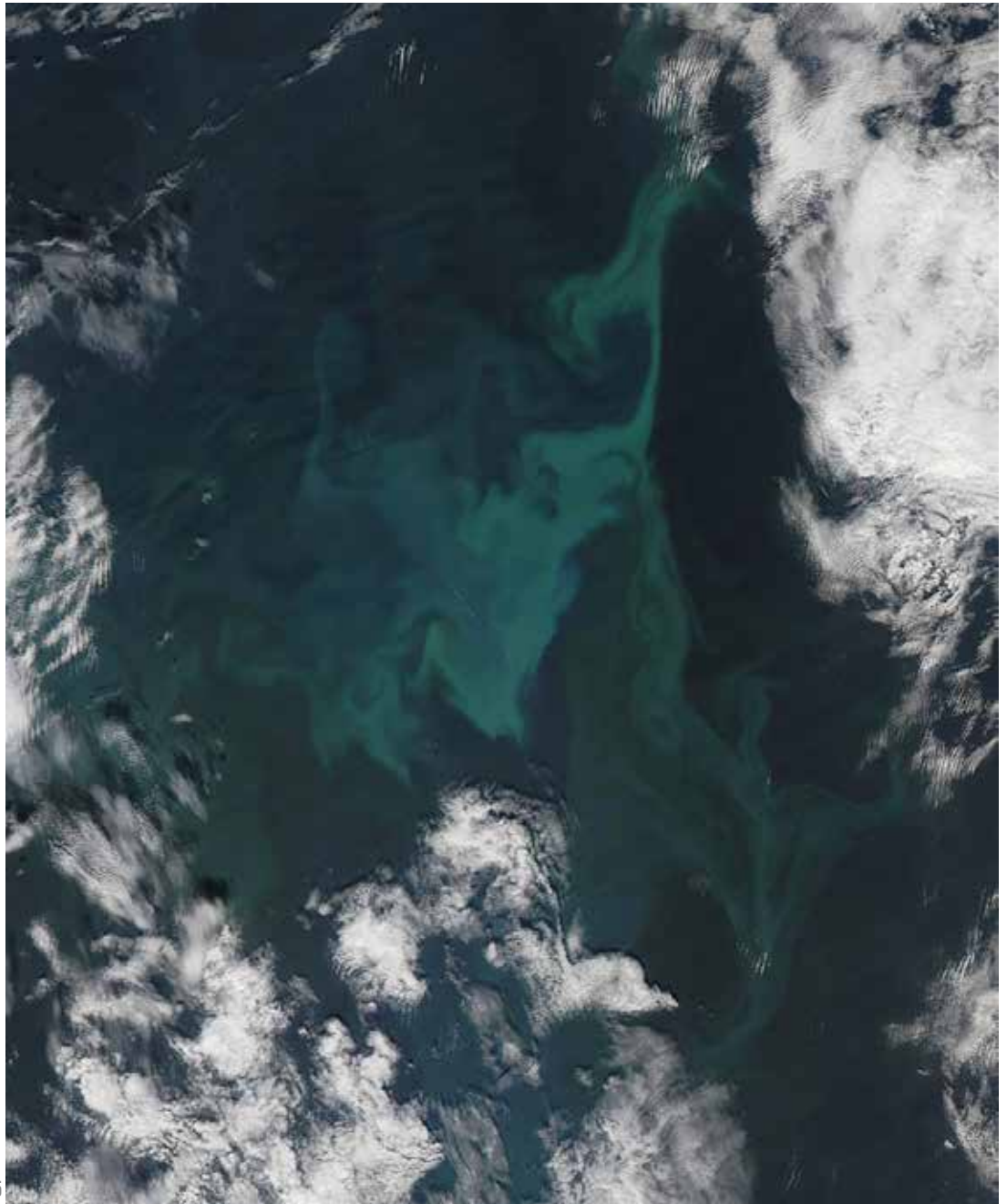
Uno studio condotto nella regione Veneto ha confermato i risultati di numerosi studi statunitensi, evidenziando lo stretto collegamento tra paesaggio e valore immobiliare e rilevando che un'elevata percentuale di boschi e zone coltivate nelle immediate vicinanze degli immobili fa aumentare il valore di una proprietà fondiaria.

In un suo saggio, T. Tempesta riporta che la domanda di qualità del paesaggio è andata assumendo una crescente importanza a seguito dei progressivi fenomeni d'inurbamento della popolazione causati dall'industrializzazione, che ha determinato un progressivo distacco dell'uomo dall'ambiente naturale e da quello coltivato. Ne è conseguito un crescente flusso di turisti ed escursionisti che ha interessato le aree naturali o semi-naturali in tutti i paesi sviluppati. Però, la domanda di qualità paesaggistica, non può essere ricondotta unicamente alle problematiche di carattere turistico e ricreativo poiché può interagire sia con il mercato degli immobili residenziali, sia, più in generale, con il mercato di alcuni prodotti alimentari e agricoli in generale.

Uno studio pubblicato nel luglio 2015 (Omid Kardan, Peter Gozdyra, Bratislav Misic, Faisal Mola, Lyle J. Palmer, Tomáš Paus & Marc G. Berman - *Neighborhood greenspace and health in a large urban center*) ha dimostrato che **gli ambienti naturali possono migliorare la salute e, di conseguenza, diminuire le spese sanitarie.** Lo studio è stato effettuato a Toronto (Canada) combinando immagini satellitari ad alta risoluzione e dati sugli alberi con questionari riguardanti la percezione di salute generale, le condizioni cardio-metaboliche e le malattie mentali. I risultati suggeriscono che le persone che vivono in quartieri con una maggiore densità di alberi sulle loro strade riportano significativamente una più alta percezione di salute, verificando che la disponibilità di maggior numero di alberi corrisponde a un aumento del reddito personale annuo pari a 10.000 USD. Se in ogni isolato si piantassero 11 alberi in più oltre a quelli che già esistono, si otterrebbe una diminuzione del rischio cardio-metabolico paragonabile a un aumento del reddito annuo individuale di 20.000 USD.

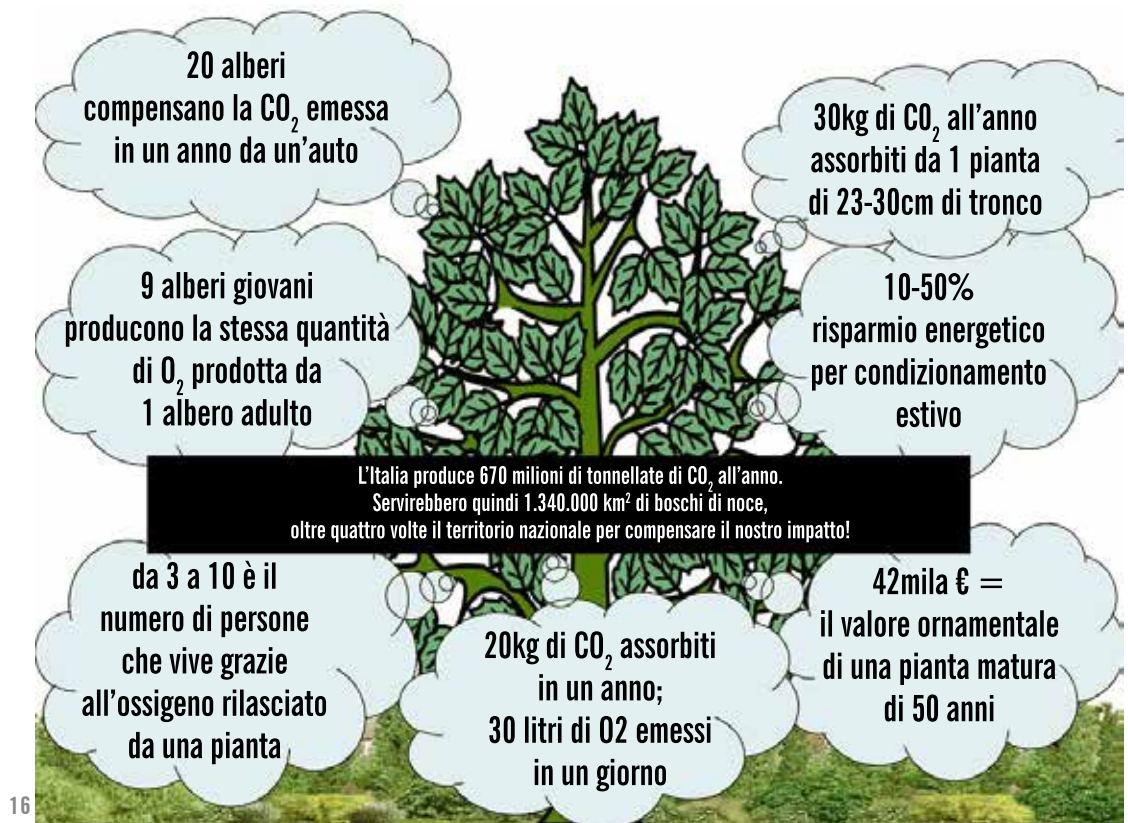
# i numeri

Le piante sono gli unici esseri viventi che producono ossigeno a differenza degli animali che lo utilizzano senza reintegrarlo ed emettendo CO<sub>2</sub>. A livello globale, gli scienziati ritengono che il fitoplancton (img.15) produca dal 50 all'85% dell'ossigeno presente nell'atmosfera terrestre. Un singolo albero può assorbire anidride carbonica a una velocità di 48 lbs/anno e rilasciare abbastanza ossigeno nell'atmosfera per sostenere 2 esseri umani - ma non i loro veicoli e attività (McAloney, Mike - *Arguments for Land Conservation: Documentation and Information Sources for Land Resources Protection, Trust for Public Land, Sacramento, CA, December, 1993*).



15. Immagine di ammasso di fitoplancton nel Mar di Norvegia. (© NASA - [www.nasa.gov](http://www.nasa.gov))

15



16. Alcuni dati sul beneficio prodotto dagli alberi in città

Di fatto, una albero alto 25 metri con una chioma di 15 metri di diametro, ogni anno stocca oltre 20 kg di CO<sub>2</sub> e ogni giorno vegetativo rilascia 30 litri di ossigeno.

Per rimarcare l'importanza delle piante in città nel il miglioramento della Salute ambientale, riportiamo che uno studio statunitense ha stimato che le sole foreste urbane negli Stati Uniti producano ossigeno per circa 61 milioni di tonnellate (David J. Nowak, Robert Hoehn, and Daniel E. Crane - *Oxygen Production by Urban Trees in the United States. Arboriculture & Urban Forestry 2007*).

Le foreste in Italia fissano 50.000.000 tonnellate di carbonio e liberano 100.000.000 tonnellate di ossigeno. In un anno gli italiani respirano circa 16.000.000 tonnellate di ossigeno ma utilizzano altri 84.000.000 milioni per le varie attività produttive.

Per ogni tonnellata di legno nuovo che cresce, circa 1,8 tonnellate di anidride carbonica viene rimossa dall'aria e 1 .3 tonnellate di ossigeno viene prodotto (dati USDA Forest Service).

In una strada urbana non alberata vi sono da 10.000 a 12.000 particelle di particolato atmosferico per litro d'aria; in una stessa strada alberata ve ne sono da 1.000 a 3.000.

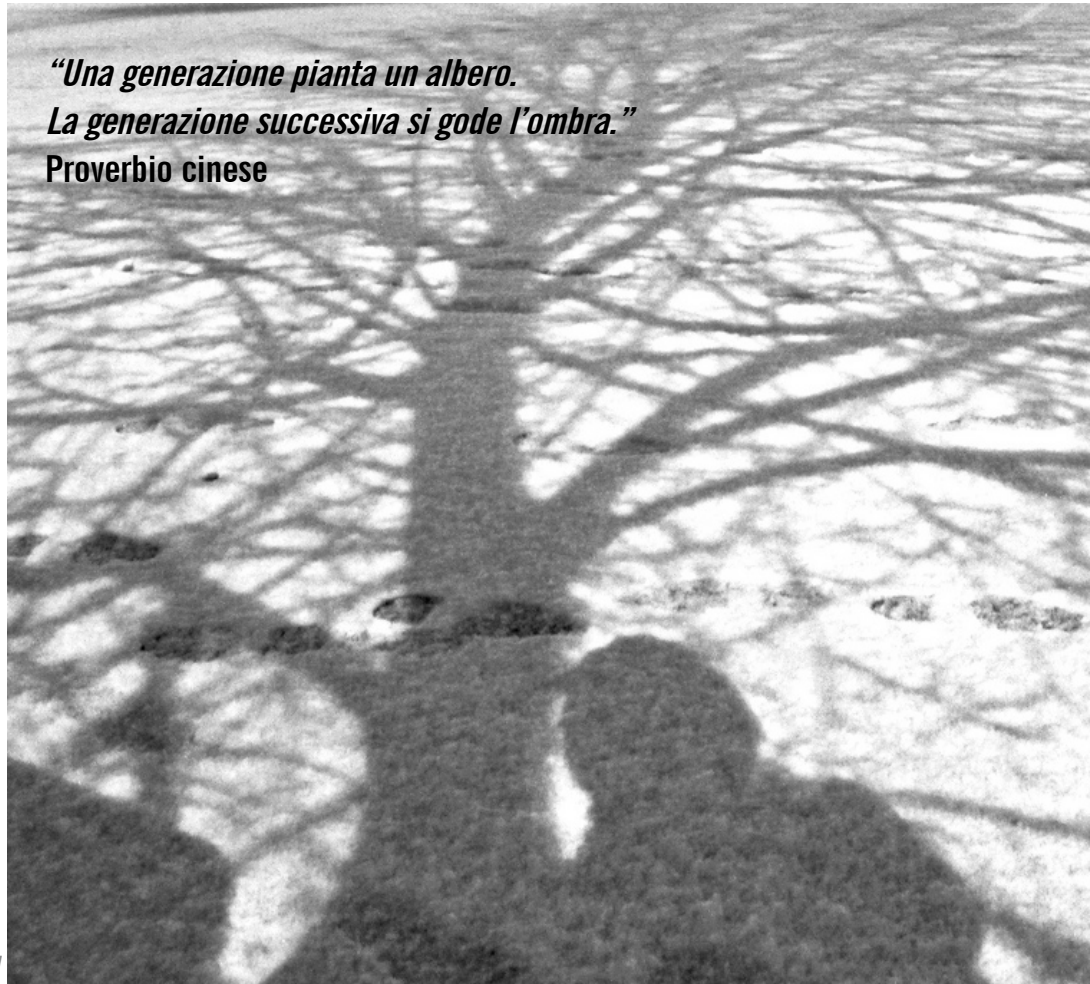
# conclusioni

La tipica città italiana è rappresentabile da anelli concentrici, in cui dall'interno verso l'esterno si assiste a profonde modificazioni dell'assetto territoriale andando dal centro storico e prime periferie di valore documentale, alle periferie più distaccate spesso anonime che terminano in *“zone ambigue, dove la città si disgrega, inglobando nella propria rete infrastrutturale spazi agricoli dapprima ridotti e poi sempre più ampi, fino a che il paesaggio della campagna diventa dominante”* (C. Socco).

Ed è proprio nelle zone ove avviene la contesa città - campagna che ancora si può intervenire, prevenendo ulteriori sottrazioni di paesaggio e attuando corrette tecniche di bio-compensazione volte a ridurre errori del passato ora difficilmente emendabili.

Italo Calvino ne *“Le città invisibili”* classifica le città in due tipologie: quelle che continuano attraverso gli anni e le mutazioni a dare la loro forma ai desideri e quelle in cui i desideri o riescono a cancellare le città o ne sono cancellati. E noi con lui speriamo che i desideri non siano già ricordi

*“Una generazione pianta un albero.  
La generazione successiva si gode l'ombra.”*  
Proverbio cinese



17. Alberi ed ombra in un proverbio cinese.  
(© fotografia di DrJoolz in [www.digital-literacies.com](http://www.digital-literacies.com))

17





# valutazione BENEFITS<sup>®</sup> - BENEFici ecosisTemici dell'infraStruttura verde urbana a cura di Francesco Segneghi

Durante il laboratorio del corso di formazione REBUS<sup>®</sup> - Renovation of public Buildings and Urban Spaces - tenutosi a dicembre 2017, le squadre di Ravenna, Ferrara e San Lazzaro di Savena (BO) hanno progettato la messa a dimora di alcune specie arboree e arbustive al fine di diminuire gli effetti derivati dai fenomeni dell'isola di calore e ondata di calore e di sottrarre dall'ambiente circostante alcuni inquinanti quali CO<sub>2</sub>, PM10 e PM 2,5, SO<sub>2x</sub>, NO<sub>x</sub>, O<sub>3</sub>. I tutor d'aula, utilizzando i dati contenuti nelle schede del progetto 'Qualiviva' e basandosi sulle previsioni delle squadre, hanno provveduto a stimare la quantità di inquinanti che potrebbero essere sottratti dall'ambiente nei diversi casi studio di Ravenna, Ferrara e San Lazzaro.

Per i dati relativi al potenziale abbattimento degli inquinanti si è fatto riferimento al progetto *"Qualiviva - la qualità nella filiera florovivaistica nazionale attraverso l'utilizzo e la divulgazione delle schede varietali e di un capitolato unico di appalto per le opere a verde"*, un progetto di ricerca finanziato dal Ministero delle Politiche Agricole Alimentari e Forestali.

*"Il progetto nasce dalla consapevolezza delle notevoli difformità qualitative presenti ad oggi sul territorio nazionale nelle realizzazioni del verde pubblico che, invece, dovrebbe essere salvaguardato e curato perché essenziale nell'apportare benefici sociali, ambientali e anche economici, basti pensare alla rivalutazione degli immobili laddove siano associati ad aree verdi di qualità. Con la realizzazione delle schede tecniche sono state raccolte informazioni relative a oltre 100 specie arboree, selezionate in base al loro largo uso nel verde urbano o in base alla loro potenziale utilizzabilità. Tale elenco non vuole in alcun modo essere esaustivo, o far sì che nella futura progettazione del verde vengano impiegate solo queste specie, piuttosto vuole essere un punto di partenza e di ispirazione per capire che il beneficio del verde dipende in larga parte dalle specie messe a dimora e che è necessario quindi passare da una scelta delle specie puramente basata sull'estetica, a una basata sul rapporto tra benefici offerti e costi di gestione, che consideri criteri ecologici, economici, sociali, fitosanitari e ambientali. Perseguendo tale finalità [...] nelle schede si è data priorità agli aspetti dimensionali, di tolleranza, alle condizioni del suolo, ai patogeni e agli stress abiotici, e alle problematiche che l'uso di tale specie può causare. La novità delle schede, rispetto ad altri database è la stima, per ciascuna specie, della CO<sub>2</sub> potenzialmente stoccata, degli inquinanti rimossi e della produzione di composti organici volatili."* (Fonte: descrizione generale del progetto Qualiviva, 2011)

Sulla base delle schede tecniche redatte da Qualiviva, nell'ambito del laboratorio REBUS<sup>®</sup> - 4<sup>o</sup> edizione, sono stati creati due fogli elettronici, BENEFITS<sup>®</sup> - BENEFici ecosisTemici dell'infraStruttura verde urbana:

- il primo (BENEFITS\_elenco specie.xlsx) riporta sia i dati inerenti alle caratteristiche estetiche, agli aspetti dimensionali, tolleranza alle condizioni del suolo, ai patogeni e agli stress abiotici, sia le problematiche che l'uso di tale specie può causare. Tali informazioni permettono di effettuare una scelta più oculata delle specie da utilizzare nella progettazione degli spazi verdi;
- il secondo foglio elettronico (BENEFITS\_valutazione.xlsx) riporta i valori di stima della CO<sub>2</sub> potenzialmente assimilata e stoccata e degli inquinanti rimossi.

**I calcoli, come riportato anche nelle schede, sono delle stime indicative, quindi parametri non precisi, riferiti a due fasi di crescita delle piante: nuovo impianto ed esemplare maturo. Inoltre, la capacità delle piante di assorbire inquinanti dipende dalla posizione di messa a dimora, dalla loro vigoria, dallo stato fitosanitario, dalle potature effettuate e dall'interazione di molteplici fattori non predittibili a tavolino.**






**Sulla base dei progetti dell'infrastruttura verde i tutor, supportati dagli agronomi delle squadre, hanno inserito nei fogli elettronici i dati delle nuove specie arboree e arbustive. I valori di calcolo ottenuti hanno fornito una stima dell'anidride carbonica stoccata, assimilata e degli inquinanti rimossi ogni anno dalle piante.**

**Inoltre, per meglio comprendere il ruolo che la vegetazione può svolgere in ambito urbano nell'abbattimento degli inquinanti, si sono prese a riferimento le tabelle di emissione media di CO<sub>2</sub> da parte di un'automobile (120 g CO<sub>2</sub>/km, emissioni da rispettare secondo le disposizioni del protocollo di Kyoto) e la percorrenza annuale media di un italiano, e si è potuto stimare quanta CO<sub>2</sub> emessa annualmente dalle automobili potrebbe essere sottratta all'ambiente grazie alle infrastrutture verdi progettate.**

**Si riportano di seguito i risultati della stima effettuata, sottolineando che, al fine di avere dati più vicini alla realtà, sono auspicabili delle ricerche effettuate in Italia atte ad approfondire le relazioni tra le piante locali e gli inquinanti.**



Potenziale CO2 assimilata esemplare maturo (kg/yr)	Abbattimento O3 esemplare maturo (kg/yr)	Abbattimento NO2 esemplare maturo (kg/yr)	Abbattimento SO2 esemplare maturo (kg/yr)	Abbattimento PM10 esemplare maturo (kg/yr)	TOTALE CO2 STOCCATA (kg)	TOTALE CO2 ASSIMILATA (kg/yr)	TOTALE O3 ABBATTUTO (kg/yr)	TOTALE NO2 ABBATTUTO (kg/yr)	TOTALE SO2 ABBATTUTO (kg/yr)	TOTALE PM10 ABBATTUTE (kg/yr)
87	0.01	0.01	0.01	0.01	0	0	0	0	0	0
120	0.1	0.01	0.1	0.01	0	0	0	0	0	0
120	0.01	0.1	0.1	0.01	0	0	0	0	0	0
189	0.2	0.9	0.1	0.1	0	0	0	0	0	0
215	0.2	0.5	0.2	0	0	0	0	0	0	0
211	0.1	0.1	0.2	0.1	0	0	0	0	0	0
238	0.1	0.1	0.3	0.1	0	0	0	0	0	0
325	0.1	0.2	0.3	0.1	0	0	0	0	0	0
188	0.2	0.4	0.1	0.1	0	0	0	0	0	0
219	0.1	0.1	0.1	0.1	0	0	0	0	0	0
77	0.01	0.01	0.01	0.1	0	0	0	0	0	0
165	0.2	0.2	0.2	0.1	0	0	0	0	0	0
19	0.01	0.01	0.01	0.01	0	0	0	0	0	0
358	0.1	0.1	0.1	0.2	0	0	0	0	0	0
999	0.1	0.1	0.1	0.3	0	0	0	0	0	0
358	0.1	0.1	0.2	0.1	0	0	0	0	0	0
37	0.2	0.1	0.1	0.1	0	0	0	0	0	0
358	0.1	0.1	0.2	0.1	0	0	0	0	0	0
436	0.2	0.4	0.3	0.2	0	0	0	0	0	0
358	0.1	0.1	0.2	0.1	0	0	0	0	0	0
325	0.1	0.2	0.3	0.1	0	0	0	0	0	0
48	0.1	0.1	0.01	0.1	0	0	0	0	0	0
219	0.1	0.1	0.2	0.1	0	0	0	0	0	0
18	0.1	0.01	0.01	0.01	0	0	0	0	0	0
165	0.2	0.2	0.2	0.1	0	0	0	0	0	0
94	0.2	0.1	0.01	0.1	0	0	0	0	0	0
133	0.4	0.2	0.01	0.2	0	0	0	0	0	0
26	0.01	0.01	0.01	0.01	0	0	0	0	0	0
26	0.01	0.01	0.01	0.01	0	0	0	0	0	0
76	0.1	0.1	0.1	0.01	0	0	0	0	0	0
243	0.3	0.6	0.3	0.1	0	0	0	0	0	0
165	0.2	0.2	0.2	0.1	0	0	0	0	0	0
49	0.1	0.01	0.01	0.1	0	0	0	0	0	0
358	0.1	0.1	0.01	0.1	0	0	0	0	0	0
52	0.2	0.1	0.01	0.1	0	0	0	0	0	0
69	0.2	0.1	0.01	0.1	0	0	0	0	0	0
69	0.1	0.01	0.1	0.1	0	0	0	0	0	0
426	0.1	0.1	0.01	0.1	0	0	0	0	0	0
219	0.1	0.1	0.2	0.1	0	0	0	0	0	0
224	0.6	0.4	0.01	0.3	0	0	0	0	0	0
39	0.2	0.1	0.1	0.1	0	0	0	0	0	0
142	0.01	0.1	0.1	0.1	0	0	0	0	0	0
135	0.5	0.2	0.1	0.2	0	0	0	0	0	0
59	0.3	0.1	0.01	0.1	0	0	0	0	0	0
168	0.1	0.7	0.1	0.1	0	0	0	0	0	0
999	0.1	0.1	0.3	0.1	0	0	0	0	0	0
219	0.1	0.1	0.2	0.1	0	0	0	0	0	0
167	0.4	0.3	0.01	0.3	0	0	0	0	0	0
25	0.2	0.1	0.01	0.1	0	0	0	0	0	0
325	0.1	0.2	0.3	0.1	0	0	0	0	0	0
358	0.1	0.1	0.2	0.1	0	0	0	0	0	0
77	0.01	0.01	0.1	0.01	0	0	0	0	0	0
26	0.01	0.1	0.01	0.01	0	0	0	0	0	0
55	0.1	0.3	0.4	0.1	0	0	0	0	0	0
333	0.1	0.1	0.3	0.1	0	0	0	0	0	0
436	0.2	0.3	0.4	0.2	0	0	0	0	0	0
142	0.01	0.01	0.1	0.01	0	0	0	0	0	0
164	0.3	0.2	0.4	0.2	0	0	0	0	0	0
96	0.01	0.01	0.1	0.01	0	0	0	0	0	0
142	0.01	0.1	0.1	0.01	0	0	0	0	0	0
436	0.2	0.3	0.4	0.2	0	0	0	0	0	0
142	0.01	0.1	0.1	0.01	0	0	0	0	0	0
8	0.01	0.01	0.01	0.01	0	0	0	0	0	0
142	0.01	0.1	0.1	0.01	0	0	0	0	0	0
76	0.2	0.01	0.01	0.1	0	0	0	0	0	0
142	0.01	0.1	0.1	0.01	0	0	0	0	0	0
57	0.1	0.3	0.01	0.01	0	0	0	0	0	0
334	0.1	0.1	0.3	0.1	0	0	0	0	0	0
142	0.01	0.1	0.1	0.01	0	0	0	0	0	0
165	0.1	0.1	0.1	0.1	0	0	0	0	0	0
436	0.2	0.3	0.4	0.2	0	0	0	0	0	0
12	0.01	0.01	0.01	0.1	0	0	0	0	0	0
219	0.1	0.1	0.2	0.1	0	0	0	0	0	0
999	0.1	0.1	0.3	0.1	0	0	0	0	0	0
145	0.1	0.4	0.1	0.01	0	0	0	0	0	0
77	0.01	0.01	0.1	0.01	0	0	0	0	0	0
77	0.01	0.01	0.1	0.01	0	0	0	0	0	0
77	0.01	0.01	0.1	0.01	0	0	0	0	0	0
273	0.3	0.2	0.4	0.3	0	0	0	0	0	0
84	0.01	0.01	0.1	0.01	0	0	0	0	0	0
226	0.6	0.3	0.1	0.4	0	0	0	0	0	0
325	0.1	0.2	0.3	0.1	0	0	0	0	0	0
436	0.2	0.3	0.4	0.2	0	0	0	0	0	0
349	0.1	0.2	0.4	0.1	0	0	0	0	0	0
142	0.01	0.1	0.2	0.01	0	0	0	0	0	0
458	0.5	0.4	0.3	0.1	0	0	0	0	0	0
102	0.2	0.1	0.2	0.01	0	0	0	0	0	0
55	0.1	0.01	0.01	0.01	0	0	0	0	0	0
154	0.1	0.1	0.2	0.1	0	0	0	0	0	0
77	0.01	0.01	0.1	0.01	0	0	0	0	0	0
999	0.1	0.1	0.3	0.1	0	0	0	0	0	0
26	0.01	0.01	0.01	0.01	0	0	0	0	0	0
325	0.1	0.2	0.3	0.2	0	0	0	0	0	0
79	0.2	0.3	0.1	0.1	0	0	0	0	0	0
999	0.1	0.1	0.3	0.1	0	0	0	0	0	0
231	0.3	0.6	0.2	0.1	0	0	0	0	0	0
231	0.3	0.6	0.2	0.1	0	0	0	0	0	0
231	0.2	0.2	0.1	0.01	0	0	0	0	0	0
143	0.5	0.2	0.1	0.2	0	0	0	0	0	0
259	0.3	1.5	0.2	0.1	0	0	0	0	0	0
325	0.1	0.2	0.3	0.1	0	0	0	0	0	0
325	0.1	0.2	0.3	0.1	0	0	0	0	0	0
325	0.1	0.2	0.3	0.1	0	0	0	0	0	0

	QUANTITÀ	UNITÀ DI MISURA	
	<b>ALBERI DI NUOVO IMPIANTO</b>		
		<b>n</b>	
	CO <sub>2</sub> stoccata nuovo impianto	kg	
		kg/y	
	<b>PIANTE MATURE</b>		
		<b>n</b>	
	CO <sub>2</sub> stoccata piante mature	kg	
	CO <sub>2</sub> assimilata piante mature	kg/y	
	O <sub>3</sub> abbattuto	kg/y	
	NO <sub>2</sub> abbattuto	kg/y	
	SO <sub>2</sub> abbattuto	kg/y	
PM10 abbattute	kg/y		
	<b>BILANCIO IN/OUT CO<sub>2</sub></b>		
	emissione media di un'automobile (*)	120	g/km
	percorrenza media annua	11.200	km
	emissione media annua di un'automobile	1.344	kg/y
	<b>CO<sub>2</sub> ASSIMILATA NUOVO IMPIANTO</b>		
	n. di automobili le cui emissioni sono mediamente assorbite da nuove piante		kg n/y
	<b>CO<sub>2</sub> ASSIMILATA PIANTE MATURE</b>		
	n. di automobili le cui emissioni sono mediamente assorbite da piante mature		kg n/y

(\*) da rispettare entro il 2020 secondo D 443/2009

19

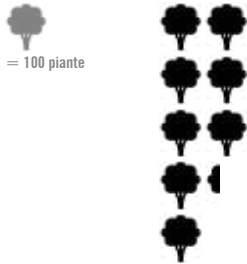


19. Tabella di output che riporta i valori di stima della CO<sub>2</sub> potenzialmente assimilata e stoccata e degli inquinanti rimossi.

20-21-22. Le squadre di REBUS® al lavoro nella fase di laboratorio, impegnate con la progettazione dell'infrastruttura verde e l'inserimento dei dati di progetto nel foglio di calcolo BENEFITS.  
(© foto di Matteo Chiura)

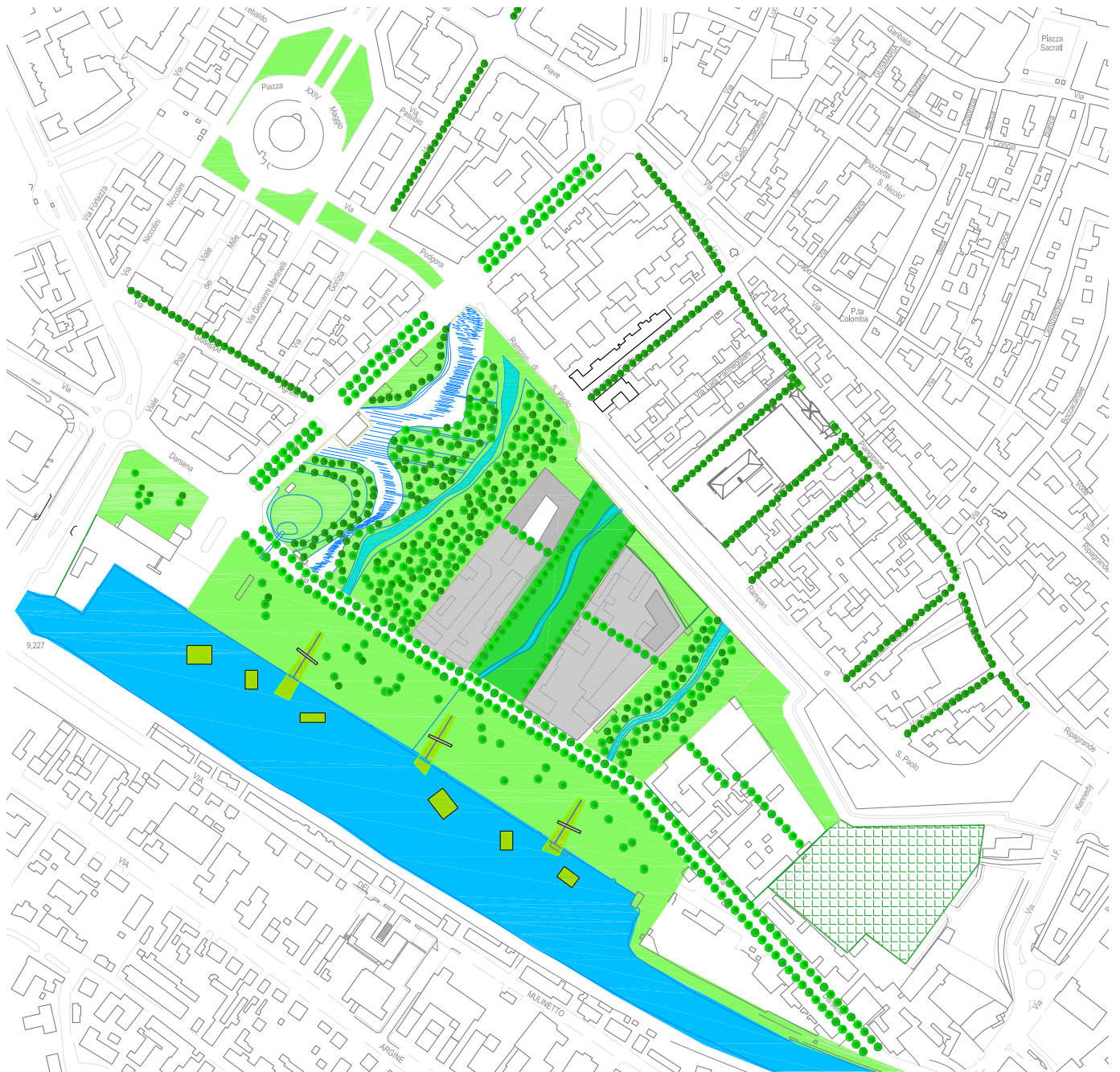


# Ferrara / laboratorio dicembre 2017

NOME LATINO	NOME VOLGARE	FAMIGLIA	GENERE	N.PIANTE	%
Acer campestre	Acero campestre	Sapindaceae	Acer	130	15,8
Carpinus betulus	Carpino bianco	Betulaceae	Carpinus	50	6,1
Celtis australis	Bagolaro	Cannabaceae	Celtis	145	17,6
Cercis siliquastrum	Albero di Giuda	Fabaceae	Cercis	50	6,1
Fraxinus excelsior	Frassino maggiore	Oleaceae	Fraxinus	30	3,6
Malus spp (da fiore)	Melo	Rosaceae	Malus	130	15,8
Populus alba	Pioppo bianco	Salicaceae	Populus	40	4,8
Populus nigra	Pioppo nero	Salicaceae	Populus	30	3,6
Pyrus calleryana	Pero Chanticleer	Rosaceae	Pyrus	50	6,1
Quercus robur	Farnia	Fagaceae	Quercus	20	2,4
Salix alba	Salice bianco	Salicaceae	Salix	80	9,7
Tilia cordata	Tiglio selvatico	Tiliaceae	Tilia	20	2,4
Zelkova serrata	Zelkova giapponese	Ulmaceae	Zelkova	50	6,1
<b>13 specie utilizzate</b>				<b>825</b>	<b>100%</b>









	QUANTITÀ	UNITÀ DI MISURA
<b>ALBERI DI NUOVO IMPIANTO</b>	<b>825</b>	<b>n</b>
CO <sub>2</sub> stoccata nuovo impianto	5.040	kg
CO <sub>2</sub> assimilata nuovo impianto	4.605	kg/y
 <b>PIANTE MATURE</b>	<b>825</b>	<b>n</b>
CO <sub>2</sub> stoccata piante mature	1.967.120	kg
CO <sub>2</sub> assimilata piante mature	202.575	kg/y
O <sub>3</sub> abbattuto	112	kg/y
NO <sub>2</sub> abbattuto	101	kg/y
SO <sub>2</sub> abbattuto	101	kg/y
PM10 abbattute	158	kg/y
<b>BILANCIO IN/OUT CO<sub>2</sub></b>		
emissione media di un'automobile	120	g/km
percorrenza media annua	11.200	km
emissione media annua di un'automobile	1.344	kg/y
 <b>CO<sub>2</sub> ASSIMILATA NUOVO IMPIANTO</b>	<b>4.605</b>	<b>kg</b>
n. di automobili le cui emissioni sono mediamente assorbite da nuove piante	3,43	n/y
 <b>CO<sub>2</sub> ASSIMILATA PIANTE MATURE</b>	<b>202.575</b>	<b>kg</b>
n. di automobili le cui emissioni sono mediamente assorbite da piante mature	150,73	n/y





23

23. Progetto dell'infrastruttura verde (© REBUS®, squadra Ferrara 2)

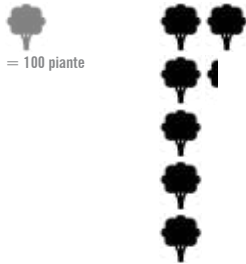


- |   |                        |   |                                       |
|---|------------------------|---|---------------------------------------|
|  | ALBERO DI 1° GRANDEZZA |  | PRATO                                 |
|  | ALBERO DI 2° GRANDEZZA |  | CANAPA PER FITORIMEDIO                |
|  | ALBERI IN FILARE       |  | PERGOLATO OMBREGGIATE                 |
|  | MASSE VEGETATE         |  | PIANTE ACQUATICHE PER FITODEPURAZIONE |

# San Lazzaro di Savena (BO) / laboratorio dicembre 2017

NOME LATINO	NOME VOLGARE	FAMIGLIA	GENERE	N.PIANTE	%
Acer campestre	Acero campestre	Sapindaceae	Acer	106	17,2
Carpinus betulus	Carpino bianco	Betulaceae	Carpinus	51	8,3
Celtis australis	Bagolaro	Cannabaceae	Celtis	35	5,7
Cercis siliquastrum	Albero di Giuda	Fabaceae	Cercis	28	4,5
Fraxinus excelsior	Frassino maggiore	Oleaceae	Fraxinus	20	3,2
Fraxinus ornus	Frassino meridionale	Oleaceae	Fraxinus	130	21,1
Ginkgo biloba	Ginkgo biloba	Ginkgoaceae	Ginkgo	11	1,8
Liquidambar styraciflua	Storace americano	Altingiaceae	Liquidambar	27	4,4
Liriodendron tulipifera	Tulipifero	Magnoliaceae	Liriodendron	27	4,4
Morus spp.	Gelso	Moraceae	Morus	14	2,3
Quercus ilex	Leccio	Fagaceae	Quercus	31	5,0
Quercus robur	Farnia	Fagaceae	Quercus	40	6,5
Salix alba	Salice bianco	Salicaceae	Salix	10	1,6
Salix babylonica	Salice piangente	Salicaceae	Salix	12	1,9
Tilia cordata	Tiglio selvatico	Tiliaceae	Tilia	75	12,2

15 specie utilizzate

617 100%

	QUANTITÀ	UNITÀ DI MISURA
<b>ALBERI DI NUOVO IMPIANTO</b>	<b>617</b>	<b>n</b>
CO <sub>2</sub> stoccata nuovo impianto	3.184	kg
CO <sub>2</sub> assimilata nuovo impianto	2.493	kg/y
 <b>PIANTE MATURE</b>	<b>617</b>	<b>n</b>
CO <sub>2</sub> stoccata piante mature	1.516.370	kg
CO <sub>2</sub> assimilata piante mature	157.742	kg/y
O <sub>3</sub> abbattuto	122	kg/y
NO <sub>2</sub> abbattuto	78	kg/y
SO <sub>2</sub> abbattuto	78	kg/y
PM10 abbattute	105	kg/y
<b>BILANCIO IN/OUT CO<sub>2</sub></b>		
emissione media di un'automobile	120	g/km
percorrenza media annua	11.200	km
emissione media annua di un'automobile	1.344	kg/y
 <b>CO<sub>2</sub> ASSIMILATA NUOVO IMPIANTO</b>	<b>2.493</b>	<b>kg</b>
n. di automobili le cui emissioni sono mediamente assorbite da nuove piante	1,85	n/y
 <b>CO<sub>2</sub> ASSIMILATA PIANTE MATURE</b>	<b>157.742</b>	<b>kg</b>
n. di automobili le cui emissioni sono mediamente assorbite da piante mature	117,37	n/y



24

24. Progetto dell'infrastruttura verde (© REBUS®, squadra San Lazzaro 2)

 STRADE ALBERATE PEDONALI

 STRADE ALBERATE CARRABILI

 AREE VERDI A PRATO

 PARCO FLUVIALE LUNGO SAVENA E DIAGONALE VERDE

# Ravenna / laboratorio dicembre 2017

NOME LATINO	NOME VOLGARE	FAMIGLIA	GENERE	N. PIANTE	%
Acer campestre	Acero campestre	Sapindaceae	Acer	60	5,0
Acer platanoides	Acero riccio	Sapindaceae	Acer	30	2,5
Acer saccharinum	Acero argenteo	Sapindaceae	Acer	40	3,3
Carpinus betulus	Carpino bianco	Betulaceae	Carpinus	204	17,0
Celtis australis	Bagolaro	Cannabaceae	Celtis	60	5,0
Cercis siliquastrum	Albero di Giuda	Fabaceae	Cercis	60	5,0
Eriobotrya japonica	Nespolo del Giappone	Rosaceae	Eriobotrya	30	2,5
Fraxinus excelsior	Frassino maggiore	Oleaceae	Fraxinus	30	2,5
Fraxinus ornus	Frassino meridionale	Oleaceae	Fraxinus	60	5,0
Fraxinus oxycarpa	Frassino orniello	Oleaceae	Fraxinus	42	3,5
Ginkgo biloba	Ginkgo biloba	Ginkgoaceae	Ginkgo	30	2,5
Juglans nigra	Noce nero	Juglandaceae	Juglans	40	3,3
Populus nigra	Pioppo nero	Salicaceae	Populus	164	13,7
Prunus cerasifera	Pissardi o mirabolano	Rosaceae	Prunus	80	6,7
Quercus ilex	Leccio	Fagaceae	Quercus	40	3,3
Quercus robur	Farnia	Fagaceae	Quercus	50	4,2
Quercus rubra	Quercia rossa	Fagaceae	Quercus	30	2,5
Salix babylonica	Salice piangente	Salicaceae	Salix	30	2,5
Tamarix spp.	Tamerice	Tamaricaceae	Tamarix	40	3,3
Tilia platyphyllos	Tiglio nostrano	Tiliaceae	Tilia	40	3,3
Ulmus procera	Olmo inglese	Ulmaceae	Ulmus	40	3,3

**21 specie utilizzate** **1.200** **100%**

QUANTITÀ UNITÀ DI MISURA

## ALBERI DI NUOVO IMPIANTO

<b>ALBERI DI NUOVO IMPIANTO</b>	<b>1.200</b>	<b>n</b>
CO <sub>2</sub> stoccata nuovo impianto	7.186	kg
CO <sub>2</sub> assimilata nuovo impianto	5.212	kg/y

## PIANTE MATURE

<b>PIANTE MATURE</b>	<b>1.200</b>	<b>n</b>
CO <sub>2</sub> stoccata piante mature	2.656.930	kg
CO <sub>2</sub> assimilata piante mature	332.584	kg/y
O <sub>3</sub> abbattuto	183	kg/y
NO <sub>2</sub> abbattuto	258	kg/y
SO <sub>2</sub> abbattuto	258	kg/y
PM10 abbattute	225	kg/y

## BILANCIO IN/OUT CO<sub>2</sub>

emissione media di un'automobile	120	g/km
percorrenza media annua	11.200	km
emissione media annua di un'automobile	1.344	kg/y

## CO<sub>2</sub> ASSIMILATA NUOVO IMPIANTO

n. di automobili le cui emissioni sono mediamente assorbite da nuove piante	<b>5.212</b>	<b>kg</b>
	3,88	n/y

## CO<sub>2</sub> ASSIMILATA PIANTE MATURE















n. di automobili le cui emissioni sono mediamente assorbite da piante mature	<b>332.584</b>	<b>kg</b>
	247,46	n/y





25

25. Progetto dell'infrastruttura verde (© REBUS®, squadra Ravenna 2)

- |   |                       |   |                        |
|---|-----------------------|---|------------------------|
|  | PARCO LINEARE         |  | VERDE PREVENTIVO       |
|  | VERDE DI SCHERMATURA  |  | VERDE RIQUALIFICAZIONE |
|  | PARCHEGGI PERMEABILI  |  | SPIAGGIA               |
|  | ORTI-GIARDINI SOCIALI |  | PIAZZE DELLA PIOGGIA   |
|  | VERDE SPORTIVO        |  | PIAZZA                 |
|  | GIARDINI D'ARTE       |  | FILARE ALBERATO        |
|  | VERDE DI RIMEDIO      |  | ZATTER VERDI           |

# sitografia

## **Progetto Qualiviva**

<http://www.vivaistiitaliani.it/news/40-progetto-qualiviva>

## **Schede Qualiviva**

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

## **BENEFITS - BENEFICI ecosistemici dell'infrastruttura verde urbana**

**Fogli di calcolo per la valutazione dei benefici dell'infrastruttura verde**

[bit.ly/benefits-specie](http://bit.ly/benefits-specie)

[bit.ly/benefits-valutazione](http://bit.ly/benefits-valutazione)



un progetto di



in collaborazione con



partnership tecnico-scientifica

in collaborazione con



con il patrocinio di

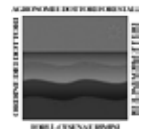


con l'adesione di



con il patrocinio degli ordini professionali

architettibologna



media partner



social media partner

