

# Κλιματική Κρίση & Δενδροστοιχίες

Το έργο "participatory LAB" χρηματοδοτείται από το Πράσινο Ταμείο στο πλαίσιο του άξονα προτεραιότητας 3: Συμμετοχικότητα Πολιτών «Καινοτόμες δράσεις με τους πολίτες» του χρηματοδοτικού προγράμματος «Φυσικό περιβάλλον & καινοτόμες δράσεις 2020».



ΠΡΑΣΙΝΟ ΤΑΜΕΙΟ



Μέλος ELCA (European Landscape Contractors Association).  
Μέλος EAC (European Arboricultural Council).



Πράγματα που μεγαλώνουν σε αγαπημένους κήπους, Hundertwasser, 1975

*Μιχάλης Αναστασιάδης*

*Γεωπόνος ΓΠΑ MSc*

*Προϊστ. Τμ. Πρασίνου  
Τεχνικής Υπηρεσίας  
Ε.Κ.Π.Α.*



Μέλος ELCA  
EUROPEAN LANDSCAPE  
CONTRACTORS ASSOCIATION

ΑΡ. ΑΠΟΦ. ΠΡΩΤ. 4282/1994:

Ινστιτούτο Μεσογειακών Δασικών Οικοσυστημάτων (ΙΜΔΟ) **6 Νοεμβρίου 2021**

**Εκπαιδευτικό Σεμινάριο με θέμα :**

**Προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή με πράσινες υποδομές και λύσεις  
βασισμένες στο οικοσύστημα**

# Δομή της παρουσίασης

- ✓ Κλιματική Κρίση: κατανόηση, απορίες, συμπεράσματα.
- ✓ Τα οφέλη των «αστικών» Δέντρων.
- ✓ Πράσινες Υποδομές - ΠΥ (Green Infrastructure) και Λύσεις Βασισμένες στη Φύση - ΛΒΦ (Nature Based Solutions).
- ✓ Δενδροστοιχίες & Κλιματική Κρίση: 5 συγκεκριμένα «σεμιναριακά» θέματα, για επαγγελματίες Πρασίνου.
  - Είναι Αποθήκες ή Πηγές αερίων θερμοκηπίου;
  - Μειώνουν την κατανάλωση ενέργειας;
  - Μειώνουν τη θερμοκρασία;
  - Μείωση θερμοκρασίας: με ποιες μεθοδολογίες εφαρμογής;
  - Διαμόρφωση επιφανειών και κατανάλωση νερού;

# Για την ανθρωπογενή προέλευση της Κλιματικής Αλλαγής & Κρίσης, τα «ναι μεν αλλά» τελείωσαν το 2021: η επιστήμη έχει καταλήξει οριστικά: ευθύνεται ο άνθρωπος.



- A.1 It is unequivocal that human influence has warmed the atmosphere, ocean and land. Widespread and rapid changes in the atmosphere, ocean, cryosphere and biosphere have occurred.
- B.1 Global surface temperature will continue to increase until at least the mid-century under all emissions scenarios considered. Global warming of 1.5°C and 2°C will be exceeded during the 21st century unless deep reductions in CO<sub>2</sub> and other greenhouse gas emissions occur in the coming decades.

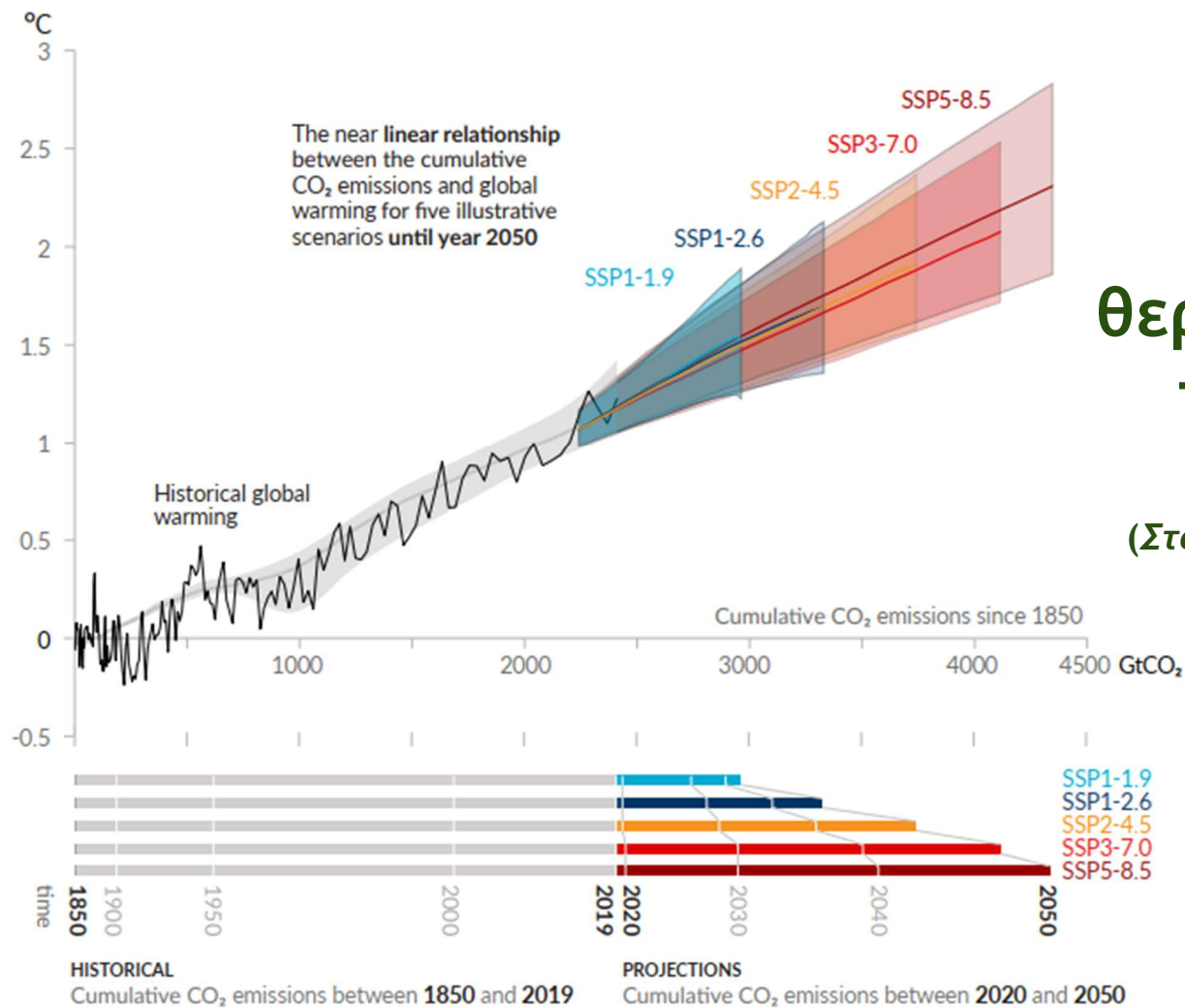
*Lynas, M., Houlton, B. Z., & Perry, S. (2021). Greater than 99% consensus on human caused climate change in the peer-reviewed scientific literature. Environmental Research Letters, 16(11), 114005.*

Our results confirm, as has been found in numerous other previous studies of this question, that there is no significant scientific debate among experts about whether or not climate change is human-caused. This issue has been comprehensively settled, and the reality of ACC is no more in contention among scientists than is plate tectonics or evolution. The tiny number of papers that have been published during our time period which disagree with this overwhelming scientific consensus have had no discernible impact, presumably because they do not provide any convincing evidence to refute the hypothesis that—in the words of IPCC AR5—'it is extremely likely that human influence has been the dominant cause of the observed warming since the mid-20th century' [12], and, most recently in IPCC AR6—'it is unequivocal that human influence has warmed the atmosphere, ocean and land' [13].

Our finding is that the broadly-defined scientific consensus likely far exceeds 99% regarding the role of anthropogenic GHG emissions in modern climate change, and may even be as high as 99.9%. Of

## Every tonne of CO<sub>2</sub> emissions adds to global warming

Global surface temperature increase since 1850-1900 (°C) as a function of cumulative CO<sub>2</sub> emissions (GtCO<sub>2</sub>)



# Απορίες

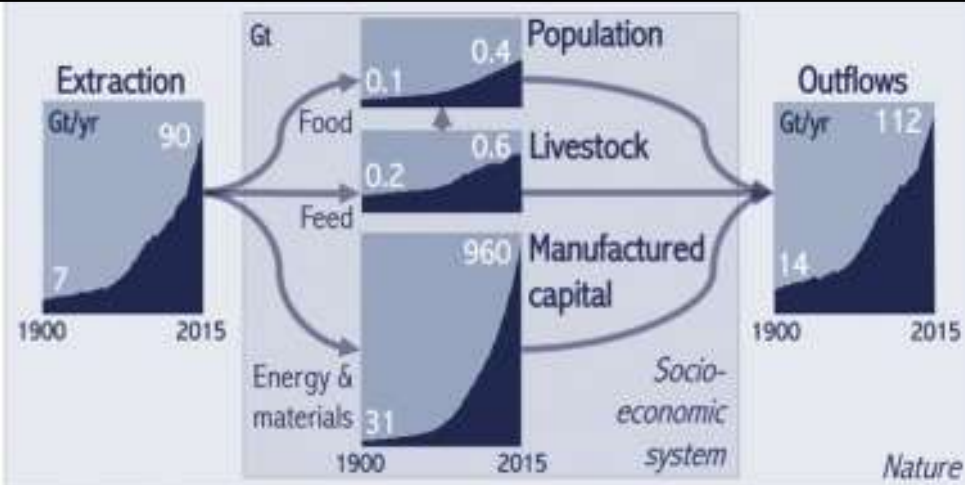
Σε ποιο σενάριο εκπομπών αερίων θερμοκηπίου & μεταβολής της θερμοκρασίας να προσαρμοστούμε;  
(Στους 1,5 ή στους 2 ή στους 3 ή... Βαθμούς;)

Future cumulative CO<sub>2</sub> emissions differ across scenarios, and determine how much warming we will experience

IPCC AR6 WGI (2021)

A mass balanced account of global material extraction, in-use stocks and outflows of wastes and emissions 1900-2015

Flows in Gt/year  
Stocks in Gt



Krausmann et al (2018)

# Απορίες

Με ποιόν «κοινωνικο-οικονομικό μεταβολισμό» να πορευτούμε απέναντι στην Κλιματική Κρίση;

(Είναι δυνατό με τον ίδιο που ακολουθούμε έως σήμερα, που βασίζεται σχεδόν αποκλειστικά στην εκμετάλλευση φυσικών πόρων;)

Muller et al (2013)

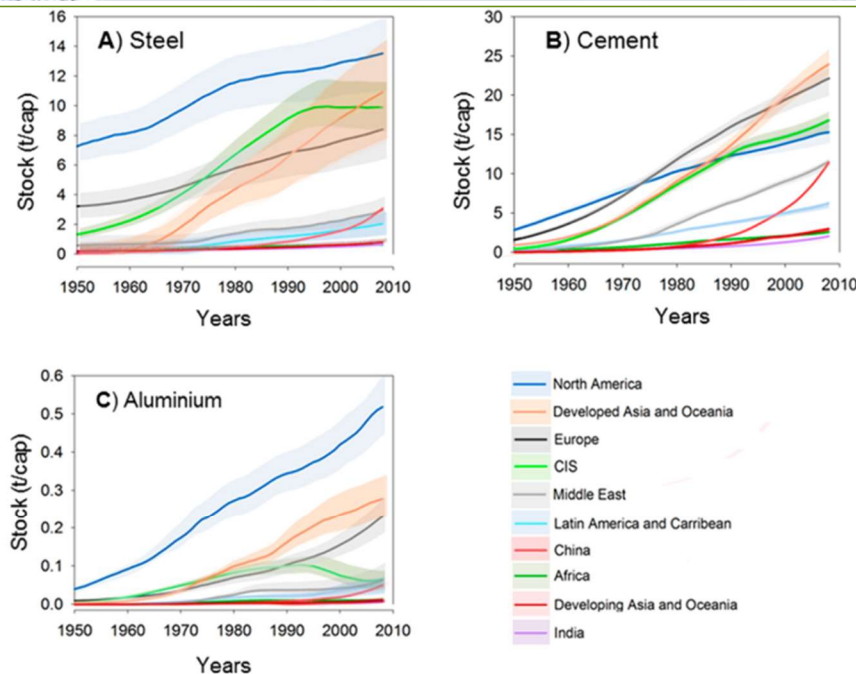
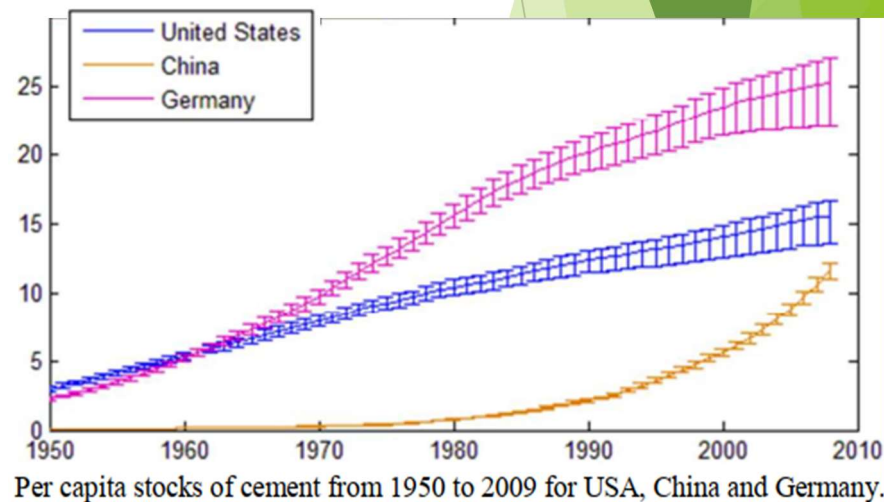


Figure 3. Historical per-capita stocks of steel (A), cement (B), and aluminum (C) by world region. The bands indicate the uncertainty ranges. Most material stocks are growing in all of the world's regions, although saturation has been found for several individual industrialized countries in the case of steel.

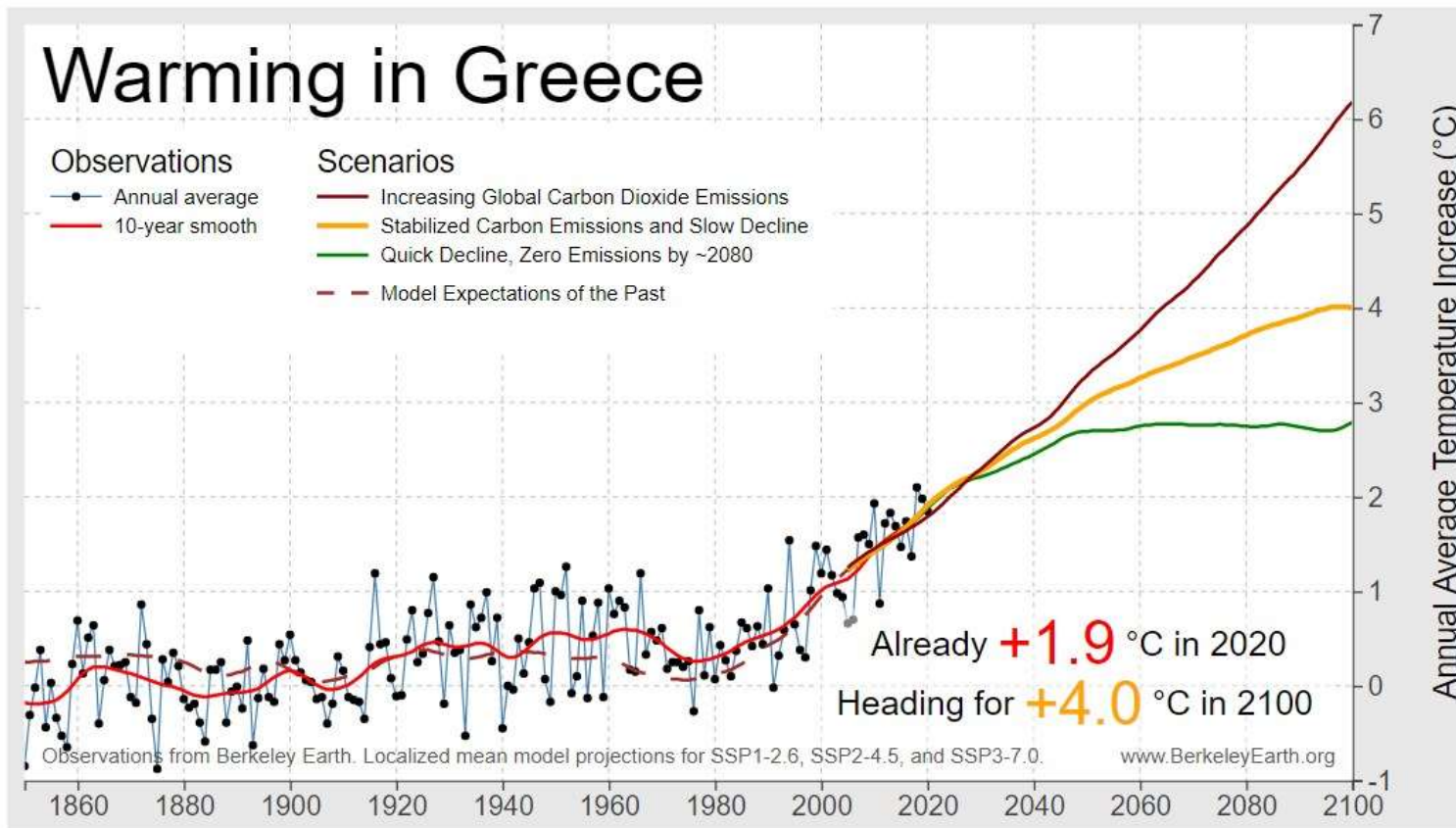


Per capita stocks of cement from 1950 to 2009 for USA, China and Germany.

# Σε ποιες συγκεκριμένες - τοπικές συνθήκες πρέπει να προσαρμοστούμε στην Ελλάδα;

(Έχουμε ήδη μέση αύξηση θερμοκρασίας 1,9 βαθμούς)

Απορίες



<http://berkeleyearth.org/policy-insights/>

## Σε ποιες συγκεκριμένες - τοπικές συνθήκες πρέπει να προσαρμοστούμε στην Ελλάδα;

(Μήπως οι παρακάτω προβλέψεις προ 10ετίας έχουν ήδη φανεί αισιόδοξες;)

	Αριθμός καυτών ημερών	Αριθμός τροπικών νυχτών	Ποσοτήτα βροχόπτωσης σε διάστημα τριών ημερών (%)	Μεγάλες απαιτήσεις ψύξης (ημέρες)	Μεγάλες απαιτήσεις θέρμανσης (ημέρες)
<b>Αθήνα</b> (δήμος)	10-15	30	10	10	15
<b>Θεσσαλονίκη</b> (δήμος)	15-20	30	10	15	15
<b>Πάτρα</b>	15-20	30	-	10	15
<b>Ηράκλειο</b>	<10	30	-	10	15
<b>Λάρισα</b>	15-20	30	15	15-20	15
<b>Βόλος</b>	10-15	30	15	10	15
<b>Ιωάννινα</b>	10-15	15	-	5	15
<b>Καβάλα</b>	10-15	30	-	10	15
<b>Λαμία</b>	15-20	30	20	10-15	15
<b>Καλαμάτα</b>	15-20	30	-	10	15

WWF Ελλάς (2009), *Το αύριο της Ελλάδας: επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στην Ελλάδα κατά το άμεσο μέλλον*, Αθήνα



## Κλιματικές αλλαγές: ποιες οι προβλέψεις επιπτώσεων στη Μεσόγειο;

- Αύξηση θερμοκρασίας.
- Μείωση ετήσιας βροχόπτωσης.
- Μείωση ημερών κάλυψης όρεων με χιόνι.
- Αύξηση πυρκαγιών.
- Μείωση εδαφικής υγρασίας.
- Αύξηση κινδύνου υποβάθμισης εδαφών (μείωση οργανικής ουσίας).
- Απώλειες ειδών και μεταβολές βιοποικιλότητας (μετακινήσεις ενδιαιτημάτων βορειότερα και ψηλότερα), μεταβολή οικολογικών σχέσεων.

# Κλιματικές αλλαγές: Προβλέψεις επιπτώσεων στο Αστικό Πράσινο;

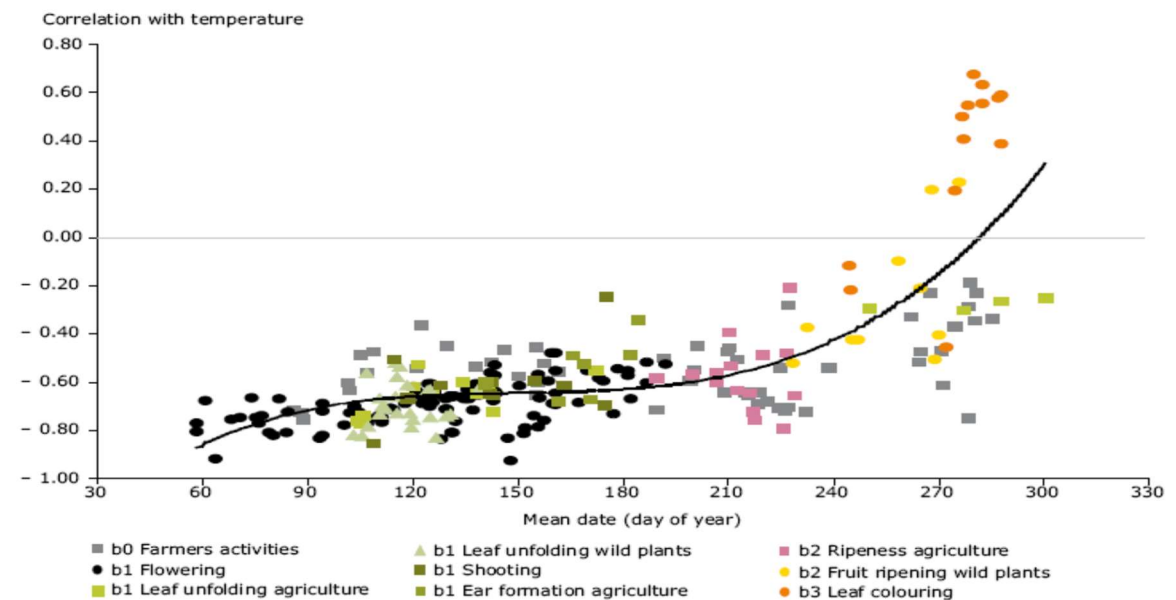
## Απορίες

- Μεταβολές του συνόλου των παραγόντων που επηρεάζουν τον κύκλο ανάπτυξης (παράδειγμα εικόνας: εξάρτηση φαινολογικών σταδίων από θερμοκρασία).
- Διαφοροποίηση εχθρών & ασθενειών, νέοι εχθροί.
- Πιο ταχείς περίοδοι ανάπτυξης.
- Επιπτώσεις σε επικονιαστές (;)
- Μείωση παρασιτισμού (;)
- Ζημιές.

Αναλυτικότερα σε: Αναστασιάδης (2009)

EEA-JRC-WHO (2008)

Figure 5.32 Phenological sensitivity to temperature changes



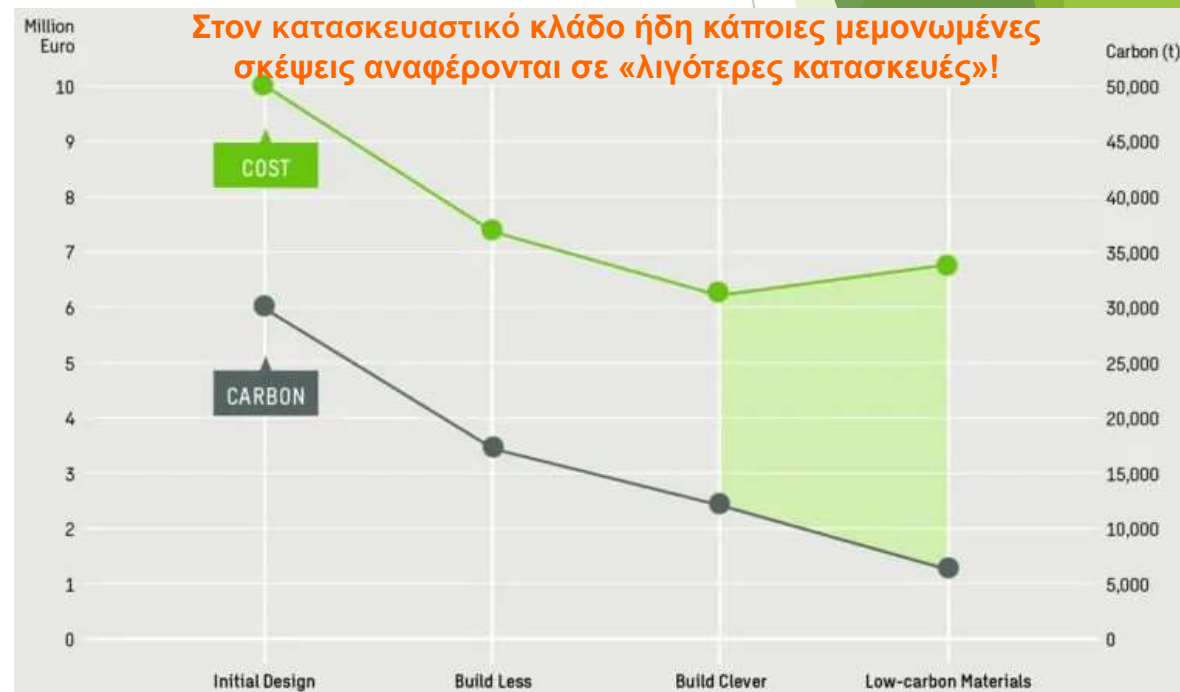
**Note:** In a study of 254 national records across nine countries, most phenological changes correlated significantly with mean monthly temperatures of the previous two months. The earlier a spring event occurred, the stronger the effect of temperature.

Countries included: Austria, Belarus/northern Russia, Estonia, Czech Republic, Germany, Poland, Slovenia, Switzerland, Ukraine/southern Russia. Phenophase groups included: (b0) Farmers activities, (b1) Spring and summer with different leafing, shooting and flowering phases, (b2) Autumn fruit ripening and (b3) Leaf colouring of deciduous trees in fall.

**Source:** Menzel *et al.*, 2006.

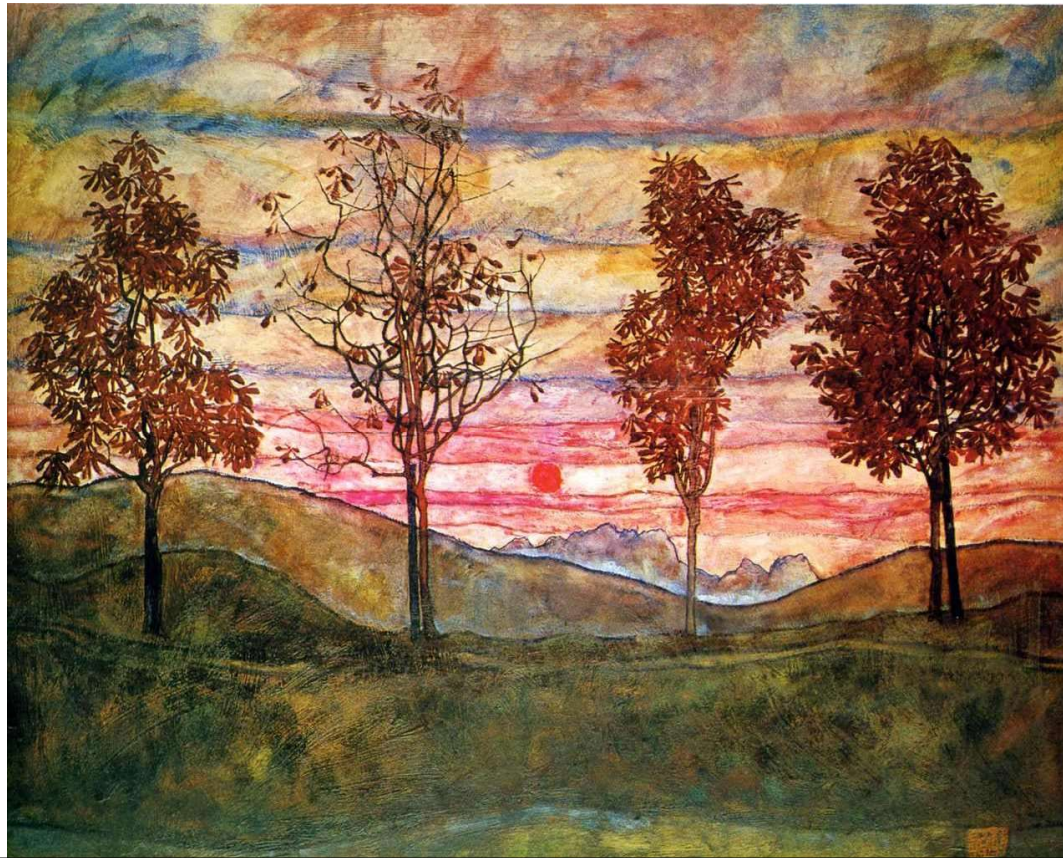
## Συμπεράσματα

- Αναπόφευκτα πρέπει να μιλάμε και για την **Αντιμετώπιση** της Κλιματικής Κρίσης (όχι μόνο της προσαρμογής).
- Αναπόφευκτα πρέπει να μιλάμε και για αλλαγή στους στόχους των εργασιών μας (είναι επείγουσα η ενσωμάτωση «κλιματικών» στόχων: **Κάθε τόνος CO2 μετράει**).
- Αναπόφευκτα πρέπει να μιλάμε έντονα και για πράγματα εκτός της «στενής» δουλειάς μας όπως την αντιμετωπίζουμε/-ουν έως σήμερα (π.χ. για έρευνα, σκληρές υποδομές, διαχείριση θερμοκρασίας, κ.ά.).



<https://www.swecourbaninsight.com/climate-action/carbon-cost-in-infrastructure-the-key-to-the-climate-crisis/>

# Δενδροστοιχίες: Δέντρα σε γραμμικές μεταφορικές υποδομές



*Τέσσερα Δέντρα,  
Egon Schiele,  
1917*

## Τα οφέλη των «αστικών» Δέντρων

- ✓ αισθητική αναβάθμιση των πόλεων και επαφή των ανθρώπων με την φύση
- ✓ μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης
- ✓ ρύθμιση της θερμοκρασίας
- ✓ απορρόφηση των θορύβων της πόλης
- ✓ προστασία των πεζών από τη βροχή, των ήλιο και τη ζέστη
- ✓ διαχείριση όμβριων υδάτων
- ✓ καταφύγιο βιοποικιλότητας
- ✓ βελτίωση της υγείας



## Τα οφέλη των «αστικών» Δέντρων

- ✓ χαμηλότερες ταχύτητες κίνησης των οχημάτων, μείωση της επιθετικής οδήγησης
- ✓ επιμήκυνση του χρόνου ζωής των δρόμων και των πεζοδρομίων
- ✓ μείωση της αίσθησης του χρόνου ταξιδιού
- ✓ διαχωρίζεται με εμφανέστερο τρόπο ο δρόμος από το πεζοδρόμιο
- ✓ βελτίωση της ελκυστικότητας και της επισκεψιμότητας μίας περιοχής
- ✓ εξοικονόμηση ενέργειας, μικρότερες ανάγκες σε κλιματισμό

Νικολάου 2019



# Τα οφέλη των «αστικών» Δέντρων

Καθόλου ασήμαντα δεν είναι όλα τα «άϋλα» που μας προσφέρουν τα δέντρα και το πράσινο: ο άνθρωπος ως είδος τα χρειάζεται για να παραμένει Άνθρωπος!

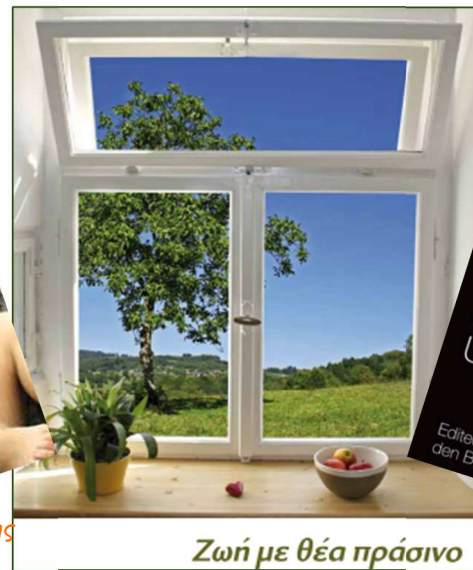


Τα (συγκλονιστικά) πολλαπλά οφέλη των «αστικών» Δέντρων έχουν μελετηθεί επιστημονικά πολύ καλά, έχουν διαχυθεί αρκετά και έχουν γίνει κατανοητά από διεθνείς οργανισμούς και φορείς.

Έλειπε όμως μέχρι σήμερα ένα πλαίσιο στρατηγικής που να ενθαρρύνει (και κατ' επέκταση να υποστηρίζει χρηματοδοτικά) την ένταξή τους στις πόλεις μας, ιδιαίτερα με τρόπο ολιστικό (και «κλιματικό») και ορθολογικό.



Αναστασιάδης  
2011β



Αναστασιάδης  
2011α

Ζωή με θέα πράσινο



Urban green spaces and health

*A review of evidence*





# Πράσινες Υποδομές (Green Infrastructure) και Λύσεις Βασισμένες στη Φύση (Nature Based Solutions)

Έχουν ιδιαίτερη σημασία γιατί αποτελούν κατευθύνσεις πολιτικής της ΕΕ ως εξής:

- Οι Πράσινες Υποδομές (ΠΥ) αναφέρονται πρώτη φορά στην «Στρατηγική της ΕΕ για τη Βιοποικιλότητα το 2020», που υιοθετήθηκε το 2011.
- Αναπτύχθηκαν το 2013 ως διακριτή στρατηγική, με την ΑΝΑΚΟΙΝΩΣΗ ΤΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ: Πράσινη Υποδομή (ΠΥ) – Ενίσχυση του φυσικού κεφαλαίου της Ευρώπης (COM/2013/0249).

**ΠΥ:** στρατηγικά προγραμματισμένο δίκτυο φυσικών και ημιφυσικών περιοχών, καθώς και άλλων χαρακτηριστικών στοιχείων του περιβάλλοντος, ο σχεδιασμός και η διαχείριση του οποίου αποσκοπούν στην παροχή ευρέος φάσματος οικοσυστημικών υπηρεσιών. Το εν λόγω δίκτυο περιλαμβάνει χώρους πρασίνου (ή γαλάζιου, προκειμένου για υδάτινα οικοσυστήματα) και άλλα φυσικά χαρακτηριστικά στοιχεία των χερσαίων (συμπεριλαμβανομένων των παράκτιων) και των θαλάσσιων περιοχών. Στην ξηρά συναντάται ΠΥ σε αγροτικό και αστικό περιβάλλον.

## Πράσινες Υποδομές (Green Infrastructure) και Λύσεις Βασισμένες στη Φύση (Nature Based Solutions - NbS)

- Οι Λύσεις Βασισμένες στη Φύση (ΛΒΦ) αναφέρονται πρώτη φορά ρητά στην Ευρωπαϊκή Πράσινη Συμφωνία - European Green Deal (δηλαδή στην ΑΝΑΚΟΙΝΩΣΗ ΤΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ COM/2019/640).

Γενικότερα, οι μακροχρόνιες λύσεις για την κλιματική αλλαγή απαιτούν να δοθεί μεγαλύτερη προσοχή σε λύσεις που βασίζονται στη φύση, μεταξύ αυτών και για υγιείς

- Αναφέρονται αναλυτικότερα στην πρόσφατη (2<sup>ος</sup> 2021) «Νέα στρατηγική της ΕΕ για την προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή» (δηλαδή στην ΑΝΑΚΟΙΝΩΣΗ ΤΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ COM/2021/82)

### 2.2.4. Προώθηση λύσεων για την προσαρμογή οι οποίες βασίζονται στη φύση

Η υλοποίηση λύσεων που βασίζονται στη φύση σε ευρύτερη κλίμακα θα αύξανε την ανθεκτικότητα στην κλιματική αλλαγή και θα συνέβαλε στην επίτευξη πολλών στόχων της Πράσινης Συμφωνίας. Οι γαλάζιες-πράσινες υποδομές (σε αντίθεση με τις γκριζες)<sup>43</sup>

συνιστούν θετικές λύσεις πολλαπλών σκοπών, που διασφαλίζουν ταυτόχρονα περιβαλλοντικά, κοινωνικά και οικονομικά οφέλη και συμβάλλουν στην ενίσχυση της ανθεκτικότητας στην κλιματική αλλαγή<sup>44</sup>. Για παράδειγμα, η προστασία και η

Οι επαγγελματίες του Πρασίνου χρειάζεται όσο ποτέ άλλοτε να παρακολουθήσουν τις σχετικές πολιτικές και στρατηγικές της ΕΕ, που επηρεάζουν και τις χρηματοδοτήσεις!

# Λύσεις Βασισμένες στη Φύση

- Για την ΕΕ και τα κράτη που την αποτελούν, οι ΛΒΦ είναι ελκυστικές για τούτον τον λόγο (από κείμενο της Κομισιόν του 1/2015):

«**Οι επιχειρήσεις έχουν μια ευκαιρία:** Οι δαπάνες για υποδομές ανέρχονται σε περίπου 3,8% του παγκόσμιου ΑΕΠ, που ισοδυναμεί με 2,6 τρισεκατομμύρια δολάρια ΗΠΑ το 2013 και θα μπορούσε να αυξηθεί σε 3,4 τρισεκατομμύρια δολάρια ετησίως έως το 2030. **Σε μια εποχή δημοσιονομικής λιτότητας, η σχέση κόστους-αποτελεσματικότητας έχει γίνει κρίσιμη.** Ως εκ τούτου, οι κυβερνήσεις ενδιαφέρονται να εντοπίσουν οικονομικά αποδοτικές εναλλακτικές λύσεις σε σχέση με τις γκρι υποδομές ή τις υποδομές που βασίζονται στην τεχνολογία για να αντιμετωπίσουν τις προκλήσεις που προκύπτουν από την απώλεια βιοποικιλότητας, την κλιματική αλλαγή, τις συχνότερες φυσικές καταστροφές και την ταχεία αστικοποίηση. **Οι λύσεις που βασίζονται στη φύση έχουν επιδείξει οικονομικά πλεονεκτήματα λόγω της μείωσης των αρχικών κεφαλαιουχικών δαπανών και των τρεχουσών λειτουργικών δαπανών και έχουν χρησιμοποιηθεί στρατηγικά για την ανακεφαλαιοποίηση των πόρων που γερνούν.** Για παράδειγμα, η πόλη της Φιλαδέλφειας διαπίστωσε ότι η καθαρή παρούσα αξία της πράσινης υποδομής για τον έλεγχο των ομβρίων υδάτων κυμαινόταν από 1,94 έως 4,45 δισ. δολάρια, ενώ τα οφέλη της γκρίζας υποδομής κυμαίνονταν μόνο από 0,06 έως 0,14 δισ. δολάρια σε μια περίοδο 40 ετών. **Οι λύσεις που βασίζονται στη φύση προσφέρουν επίσης περισσότερες ευκαιρίες από τις «γκρίζες» υποδομές, καθώς όχι μόνο αυξάνουν την ανθεκτικότητα της κοινωνίας σε εξωτερικές οικονομικές και περιβαλλοντικές πιέσεις, αλλά συμβάλλουν θετικά στην ανθρώπινη υγεία και ευημερία. Αυτά τα στοιχεία είναι απαραίτητα για τη βιώσιμη ανταγωνιστικότητα».**



Towards an  
EU Research and Innovation policy agenda for  
**Nature-Based Solutions &  
Re-Naturing Cities**








Final Report of the Horizon 2020 Expert Group on  
Nature-Based Solutions and Re-Naturing Cities

*Bauduceau et al. (2015)*

# Έκλαϊκευση των Λύσεων Βασισμένων στη Φύση














- Στα πλαίσια προώθησης της κατεύθυνσης αυτής, έχουν χρηματοδοτηθεί και γίνει Κατάλογοι ΛΒΦ για την εκλαϊκευμένη παρουσίαση των διαθέσιμων επιλογών ΛΒΦ στους πολίτες, σχεδιαστές, πολιτικούς κλπ.

## Παράδειγμα καταλόγου ΛβΦ από τη Χώρα των Βάσκων

Climate threats	
	Flooding due to extreme precipitations (pluvial flooding)
	Flooding due to rivers exceeding their capacity (fluvial flooding)
	Sea level rise
	Waves, extreme swell
	Drought
	Temperature increase
	Fires

Ταξινόμηση των  
ΛΒΦ βάσει των  
Κλιματικών  
Απειλών στην  
αντιμετώπιση  
των οποίων  
μπορούν να  
συμβάλουν




## Co-benefits of the 'Nature-based Solutions'

Co-benefits of the 'Nature-based Solutions'	
<b>Environmental</b>	 Regulation of the water cycle
	 Improvement of the water quality
	 Improvement of the soil quality, stability and erosion
	 Improvement of the air quality
	 Improvement of the noise quality and comfort
	 Biodiversity
	 Carbon storage
<b>Social</b>	 Health and Quality of life <sup>19</sup>
	 Recreation and environmental education Enhancing the space for social gathering
	 Regeneration of degraded areas and potential for reducing criminality Improving the connectivity of urban spaces
<b>Economic</b>	 Reducing energy consumption
	 Improvement of local employment
	 Increasing the value of land and property

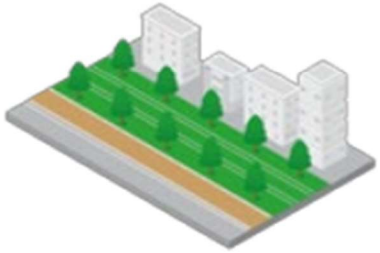
Ταξινόμηση των ΛΒΦ βάσει των επιπλέον οφελών που προσφέρουν (περιβαλλοντικών, κοινωνικών και οικονομικών).

Ταξινόμηση βάσει των κριτηρίων υλοποίησης!

### Implementation criteria

	Initial investment
	Maintenance requirements
	Ownership of the land (public/private) and/or regulatory

## Greening streets



### CLIMATE THREATS



### INTERVENTIONS IN TRANSPORT LINEAR INFRASTRUCTURES

Greening streets



Klimatek Project 2016

### ENVIRONMENTAL CO-BENEFITS



Greening streets



### SOCIAL CO-BENEFITS



Greening streets



### ECONOMIC CO-BENEFITS



Greening streets



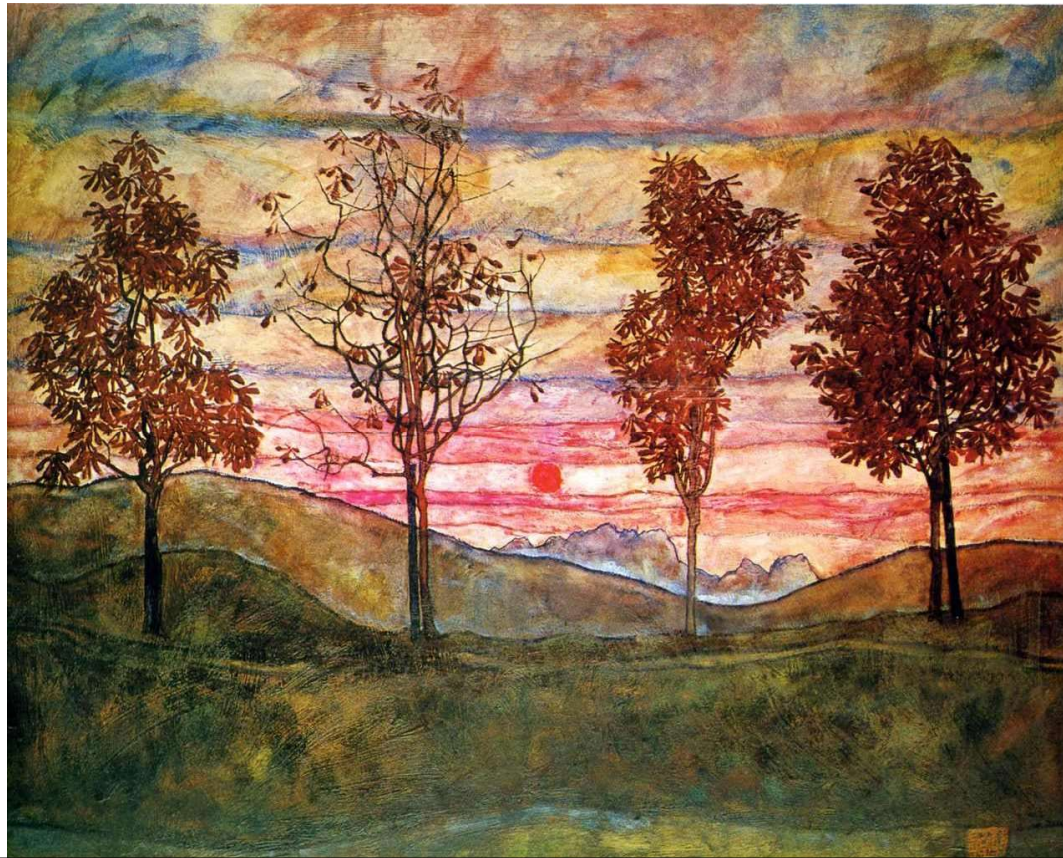
Βαθμολόγηση  
κάθε  
συγκεκριμένης  
ΛΒΦ βάσει των  
κριτηρίων  
(εδώ το  
Πρασίνισμα  
των δρόμων).

Χρειάζεται προσοχή με αυτούς τους καταλόγους: πρέπει πάντα να σκεφτόμαστε και να μιλάμε για το δικό μας Κλίμα και τις δικές μας τοπικές συνθήκες!

## Πράσινες Υποδομές (Green Infrastructure) και Λύσεις Βασισμένες στη Φύση - ΛφΒ (Nature Based Solutions): **Οι προκλήσεις για τους επαγγελματίες πρασίνου**

- Υπάρχουν τουλάχιστον 100 συγκεκριμένες μεμονωμένες ΛφΒ. Στην πλειοψηφία τους αποτελούν, στο μεγαλύτερό τους ποσοστό, «έργα πρασίνου». Και άπτονται άμεσα της ανάπτυξης και ευημερίας φυτών, κάτι που γνωρίζουν αποκλειστικά οι επαγγελματίες Πρασίνου.
- Η μακροπρόθεσμη λειτουργικότητα και συντήρηση των ΛΒΦ είναι ο μόνος τρόπος αυτές να αποτελούν όντως «Λύσεις».
- Είναι κρίσιμη ανάγκη η εμβάθυνση στις τεχνικές γνώσεις Πρασίνου που χρειάζονται για την διαπραγμάτευση, τον σχεδιασμό, την κατασκευή και τη συντήρηση των ΛφΒ. Τεχνικές γνώσεις Πρασίνου που αφορούν και: τις «γκρίζες» υποδομές της ΛφΒ, τις κατάλληλες επιλογές φυτών και ενεργειών για τον κύκλο ζωής τους, κ.ά.

# Δενδροστοιχίες: Δέντρα σε γραμμικές μεταφορικές υποδομές



*Τέσσερα Δέντρα,  
Egon Schiele,  
1917*





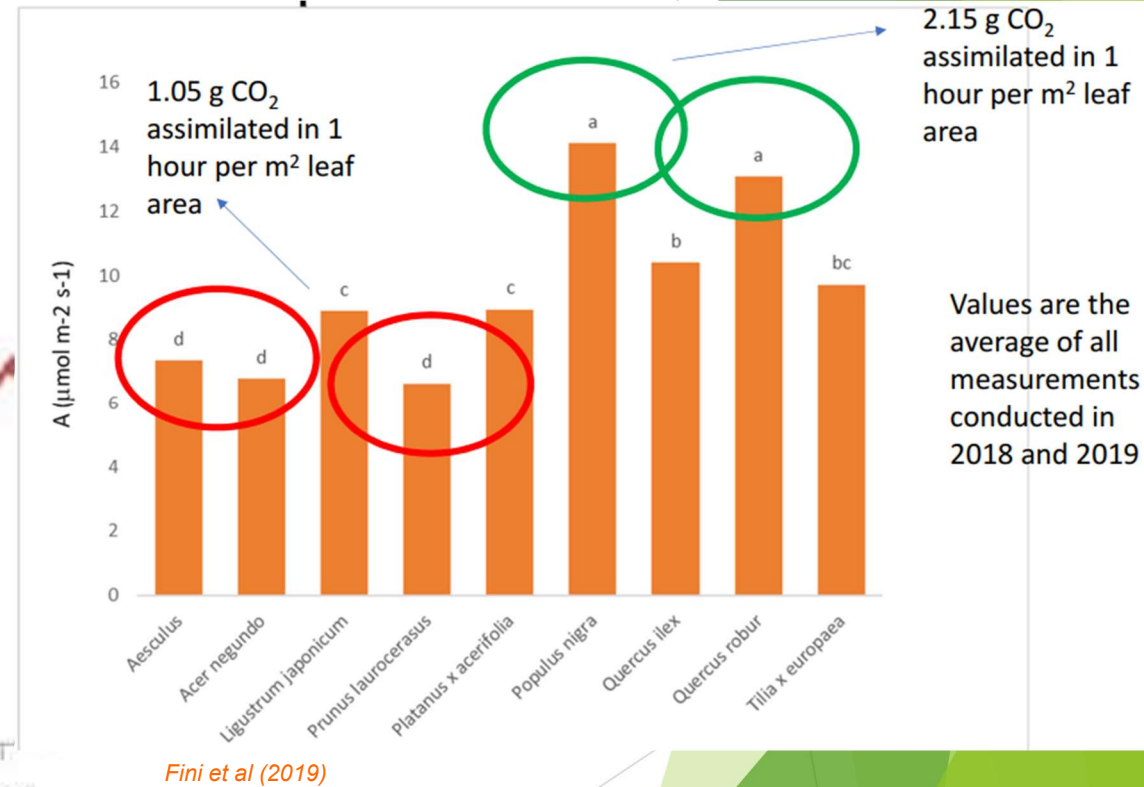
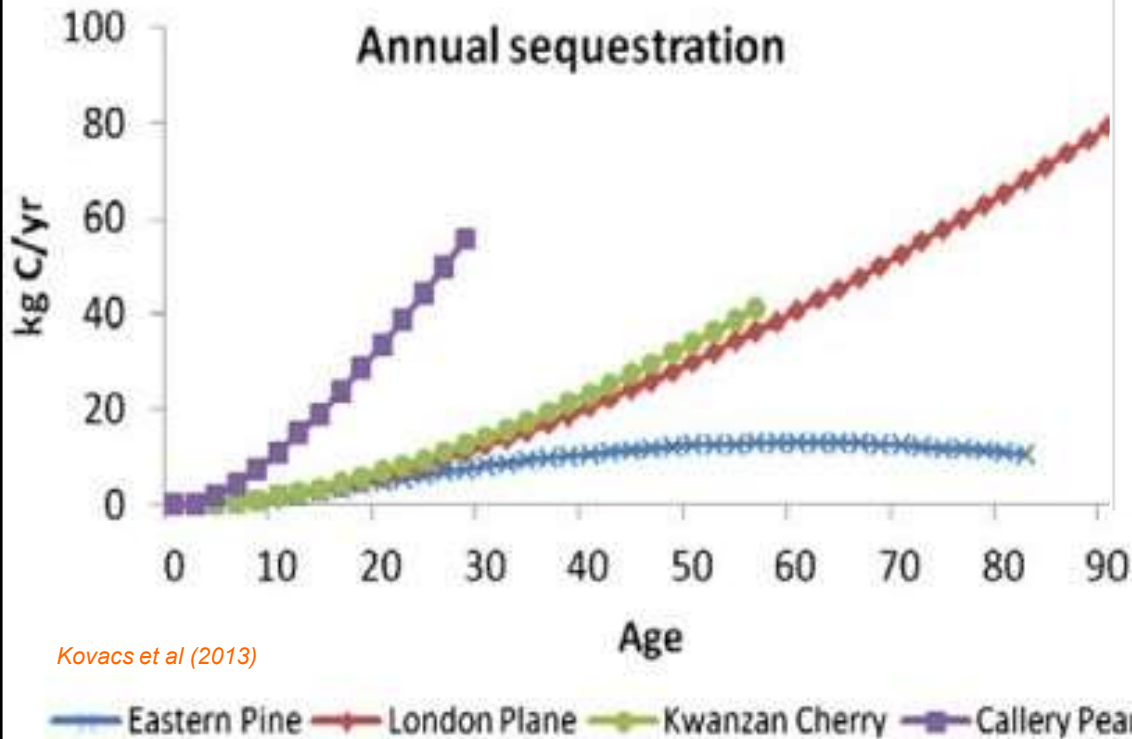
# Δενδροστοιχίες & Κλιματική Κρίση

\* 5 συγκεκριμένα  
«σεμιναριακά»  
θέματα, για  
επαγγελματίες

*Σημείωση: το σημαντικότερο όφελος των αστικών δέντρων που δεν συζητείται εδώ, είναι η βελτίωση της ποιότητας του αέρα που επιτελούν. Συσχετίζεται με την ΚΚ αλλά με πολύπλοκο τρόπο!*

# \* Είναι οι δενδροστοιχίες Αποθήκες ή Πηγές αερίων θερμοκηπίου;

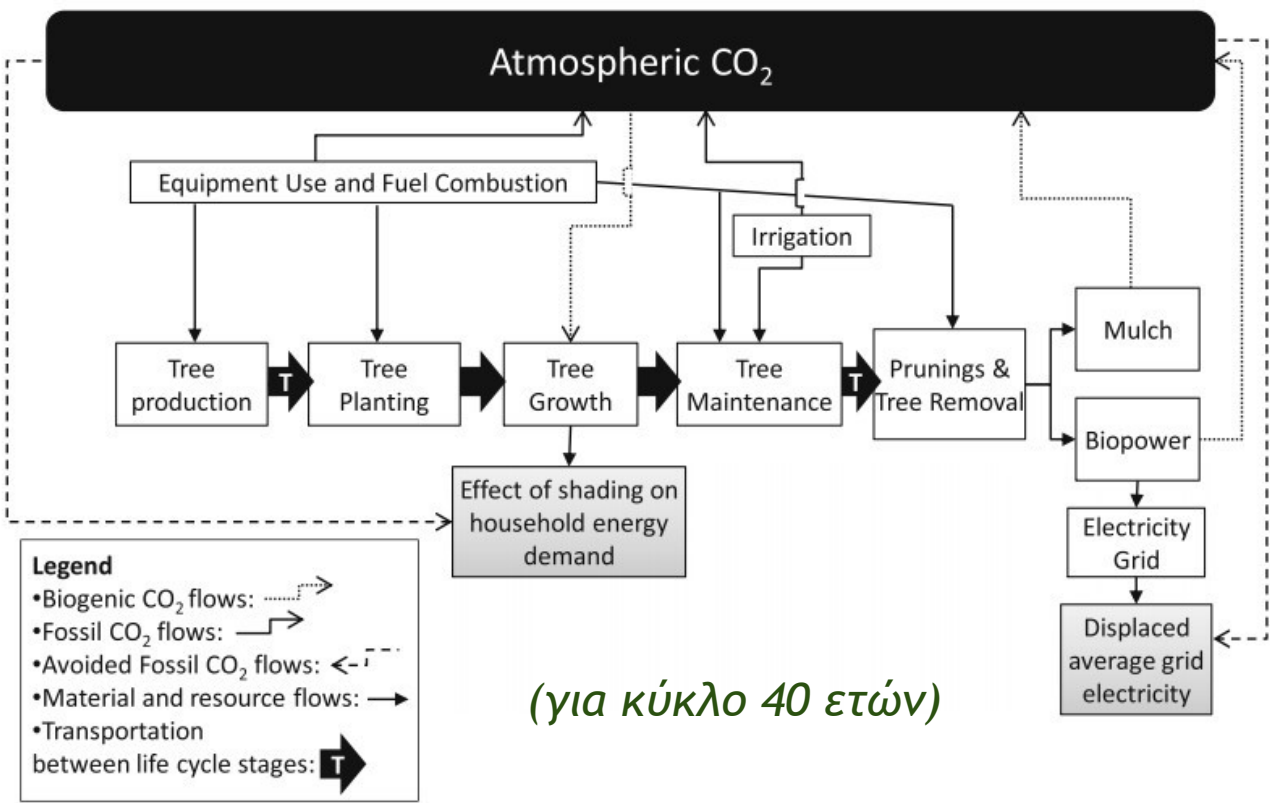
Είναι αυτονόητο ότι τα δέντρα, ως οργανισμοί, όσο μεγαλώνουν και έως την ωριμότητά τους, δεσμεύουν όλο και περισσότερο Άνθρακα.  
Υπάρχουν βέβαια σημαντικές διαφορές ανάλογα με τη φυσιολογία και το είδος του Δέντρου.



Όμως τούτο μόνο του το γεγονός, δεν μας απαντάει το ερώτημα. Χρειάζεται να δούμε αναλυτικά και πόσα αέρια θερμοκηπίου παράγονται στον κύκλο ζωής των δέντρων.

# Να αποδειχθεί!

## Αναλύσεις Κύκλου Ζωής (LCA)



McPherson & Kendall (2014), IJLCA

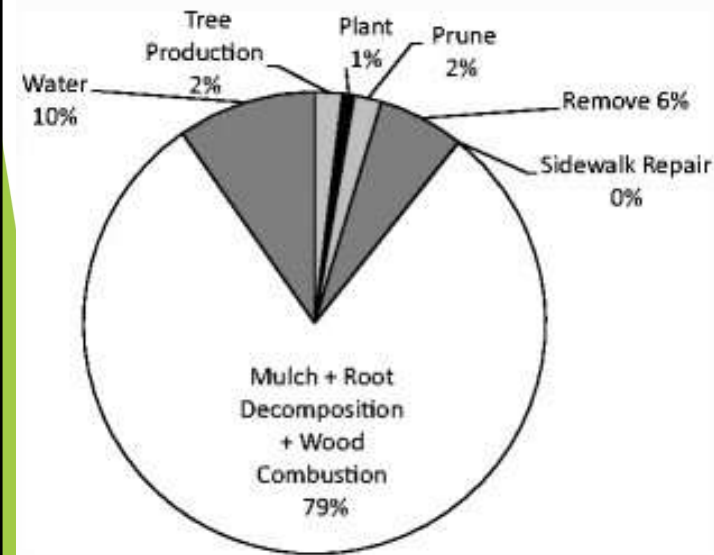
Categories/activities	Street			Total	Total/tree planted (kg)
	V	E	M		
<u>Tree production</u>	173	474	431	1,078	19.1
<u>Plant</u>					
Plant and tree well	52	67		119	2.1
Establish and water	25			25	0.4
Subtotal	77	67		144	2.5
<u>Prune</u>					
Prune and chip	126	150		276	4.9
Process biomass	3	13		16	0.3
Distribute mulch	1			1	0.009
Subtotal	130	163		293	5.2
<u>Remove</u>					
Remove, grind stump, and chip	1,092	2,140		3,232	57.2
Process biomass	109	432		540	9.6
Distribute mulch	17			17	0.3
Subtotal	1,217	2,572		3,789	67.1
<u>Sidewalk repair</u>					
Sidewalk repair	2	30		32	0.6
<u>Watering</u>					
Watering			5,887	5,887	104.3
Grand total	1,599	3,305	6,319	11,222	198.8

1. V vehicle, E equipment, M materials

# Εξαρτάται!

- Διαχείριση των κλαδεμάτων & των νεκρών δένδρων (το τέλος του κύκλου ζωής)

McPherson & Kendall (2014), IJLCA



Breakdown of fossil and biogenic CO<sub>2</sub> emission sources among categories

Total emissions of carbon dioxide equivalents for different end-of-life wood management techniques.

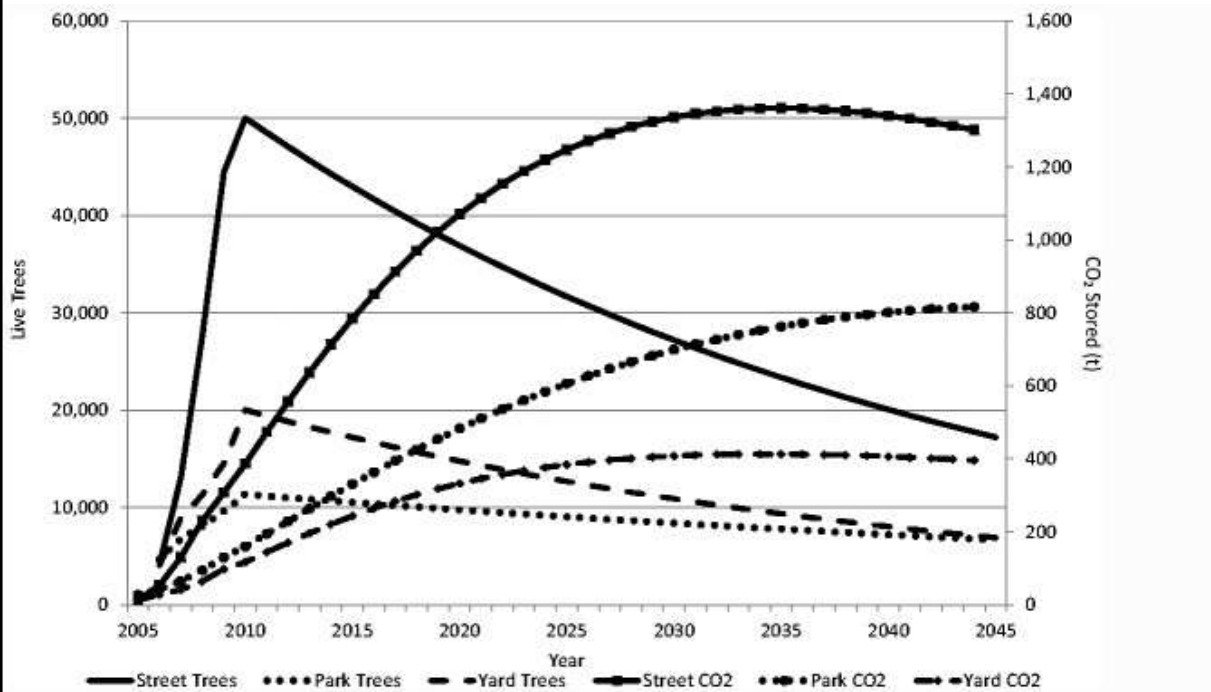
Technique	Total CO <sub>2</sub> equivalent (tonnes)	Carbon ratio emissions/input
Open burn	2037.6	1.1
Burn with energy recovery:		
All electricity	1006.9	0.5
All heat	1236.6	0.7
50:50	1121.7	0.6
Landfill	224,336.9	121.9
Landfill with methane recovery	99,138.9	53.9
Compost	1837.3	1
Biochar	1469.8	0.8
Real world scenario 1	27,215.3	14.8
Real world scenario 2	1809.0	0.9

Το «πέταμα στη χωματερή» αυξάνει τραγικά τα αέρια θερμοκηπίου!

Speak et al (2012)

# Εξαρτάται!

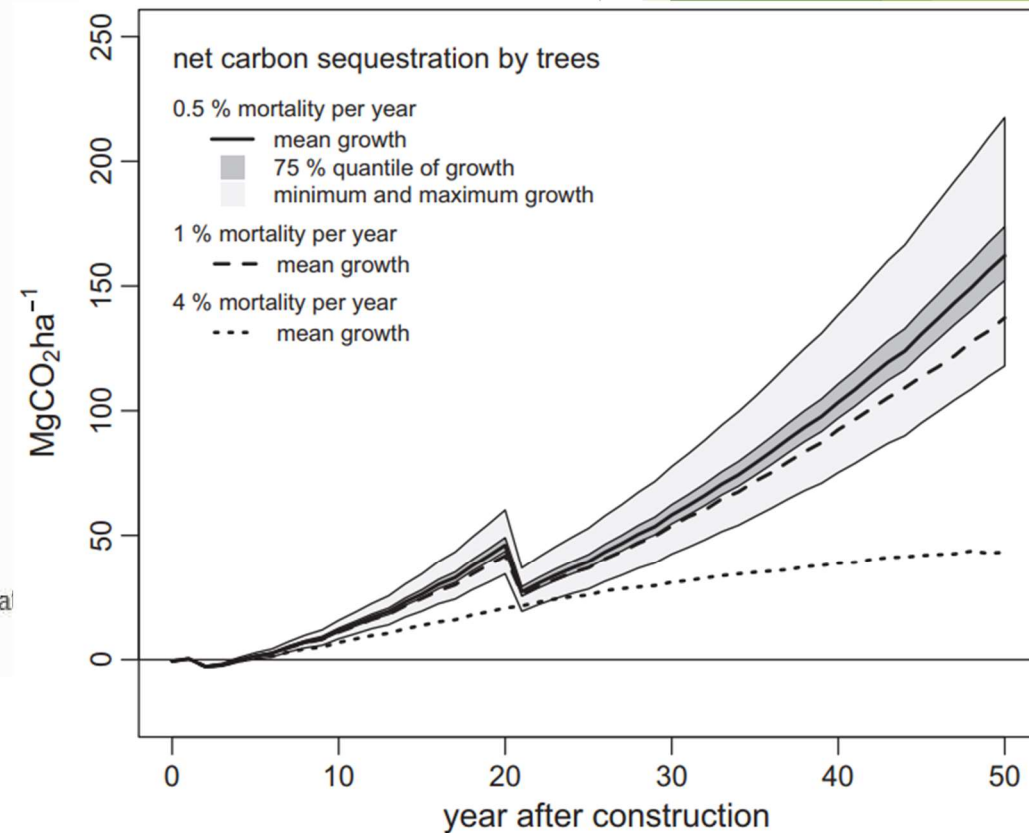
## ■ Θνησιμότητα / επιτυχή εγκατάσταση & ευημερία των Δένδρων



Projected numbers of live trees and bCO<sub>2</sub> stored for trees planted in street, park, and yard local (McPherson, 2014)

McPherson & Kendall (2014), IJLCA

Strohbach et al (2012)

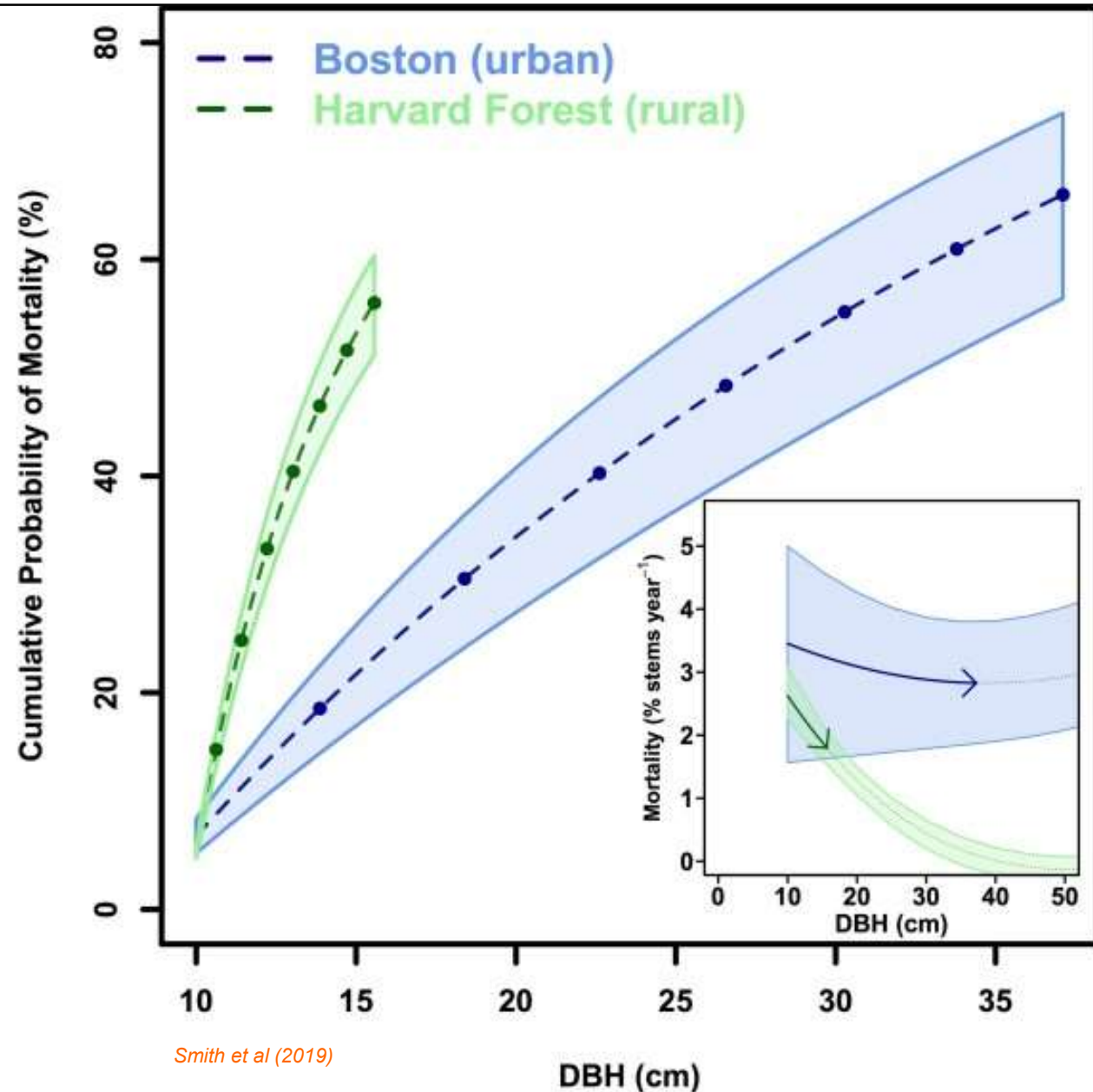


# Εξαρτάται!

Έτσι όπως έχουν ιεραρχηθεί πολιτικά οι προτεραιότητες (χρηματοδότησης εργασιών και έργων), η πιθανότητα θανάτου των Δέντρων στις πόλεις αυξάνεται όσο αυτά μεγαλώνουν.

*McPherson & Kendall (2014), IJLCA*

The Los Angeles Bureau of Street Services (LABSS) pruned street trees to eliminate conflicts with signage, lighting, utilities, vehicles, buildings, and other trees or to remove branches prone to failure. Budget cuts have lengthened BSS's inspection and pruning cycle such that each street tree is routinely inspected and pruned only once every 40 years. Two light duty trucks transported



## Table 2 Estimated total (t) and per tree (kg) fossil and biogenic CO<sub>2</sub> for street, park, and yard locations for the 40-year time period

From: [A life cycle carbon dioxide inventory of the Million Trees Los Angeles program](#)

	Street total	Per tree (kg)	Park total	Per tree (kg)	Yard total	Per tree (kg)	Grand total	Per tree (kg)
Fossil CO <sub>2</sub>								
Total emissions	11,222	198.8	2,270	182.0	3,556	155.5	17,048	185.7
Avoided emissions	-72,853	-1,290.5		0.0	-30,766	-1,345.8	-103,619	-1,128.9
Net emissions	-61,631	-1,091.7	2,270	182.0	-27,210	-1,190.2	-86,570	-943.2
Biogenic CO <sub>2</sub>								
Total emissions	43,200	765.2	9,294	745.2	13,866	606.5	66,359	723.0
Stored in live trees	-40,379	-715.3	-20,946	-1,679.4	-12,378	-541.4	-73,703	-803.0
Stored in root biomass (dead trees)	-2,657	-47.1	-657	-52.7	-825	-36.1	-4,139	-45.1
Net biogenic CO <sub>2</sub>	164	2.9	-12,309	-986.9	663	29.0	-11,482	-125.1
Combined <sup>a</sup>								
Net total (fossil + biogenic)	-61,467	-1,088.8	-10,038	-804.9	-26,547	-1,161.3	-98,053	-1,068.3

<sup>a</sup>The implication of combining these two is that the stored carbon remains stored over long-time horizons, i.e., +100 years

## Δεσμεύουν ή εκλύουν Αέρια Θερμοκηπίου;

Μπορούν να αποτελούν μακροχρόνιες αποθήκες άνθρακα και να βοηθήσουν (κατά τι) στην αντιμετώπιση της Κλιματικής Κρίσης.

Εξαρτάται από:

- Το αν ευημερούν και μακροζωούν ή όχι (-).
- Το πώς διαχειριζόμαστε τα κλαδέματα και τα νεκρά.
- Τον περίτροπο χρόνο κλαδεμάτων (βραχύς ή μακρύς +).
- Το αν και πόσο τα αρδεύουμε ή όχι (+).
- (Το αν εκ της θέσης τους, μειώνουν την κατανάλωση ρεύματος).

	Street total	Per tree (kg)
Fossil CO <sub>2</sub>		
Total emissions	11,222	198.8
Avoided emissions	-72,853	-1,290.5
Net emissions	-61,631	-1,091.7
Biogenic CO <sub>2</sub>		
Total emissions	43,200	765.2
Stored in live trees	-40,379	-715.3
Stored in root biomass (dead trees)	-2,657	-47.1
Net biogenic CO <sub>2</sub>	164	2.9
Combined <sup>a</sup>		
Net total (fossil + biogenic)	-61,467	-1,088.8

McPherson & Kendall (2014), JILCA



## \* Μειώνουν οι δενδροστοιχίες την κατανάλωση ενέργειας ;

- Μείωση θερμοκρασιών λόγω σκίασης το καλοκαίρι (μείωση κατανάλωσης κλιματιστικών για δροσισμό).
- Διατήρηση θερμότητας λόγω ανεμοπροστασίας το χειμώνα.

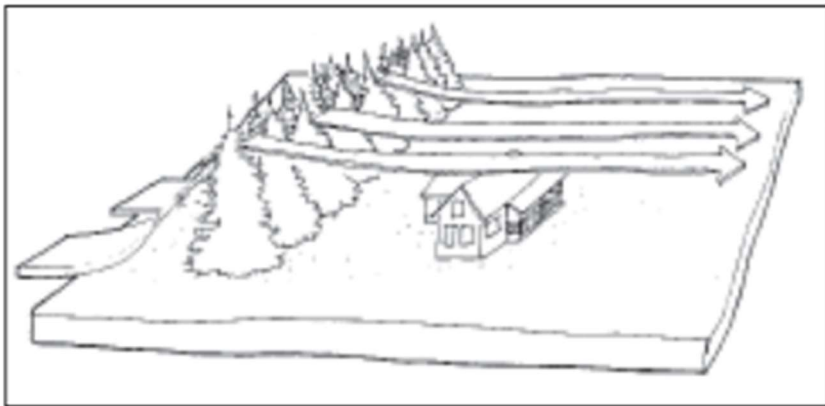
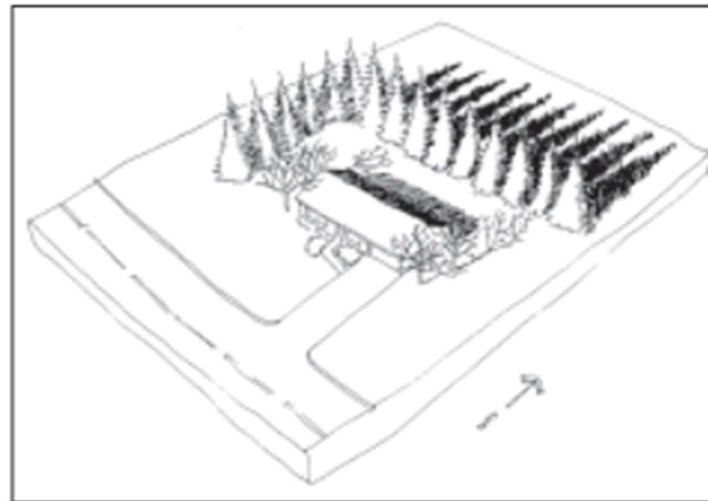


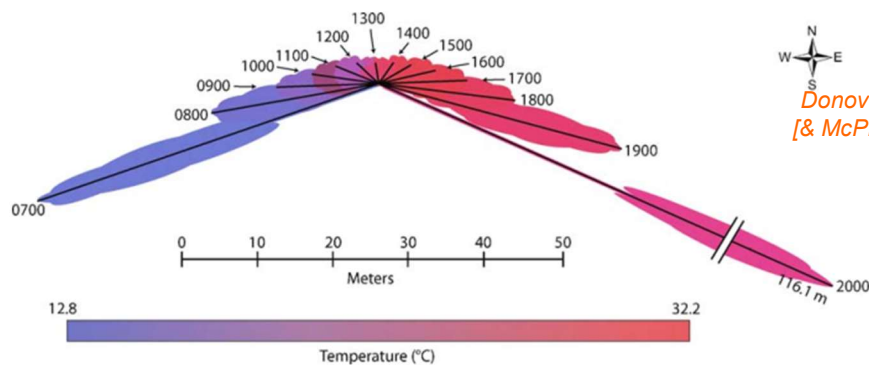
Figure 27—Evergreens protect a building from dust and cold by reducing windspeeds (from Sand 1993).



McPherson et al  
(2010), USDA gtr228

Η ενεργειακή απόδοση των κτιρίων εξαρτάται από το κλίμα και είναι ακριβώς ανάλογη της ταξινόμησης κατά Korpen!

Tsikaloudaki et al (2012)

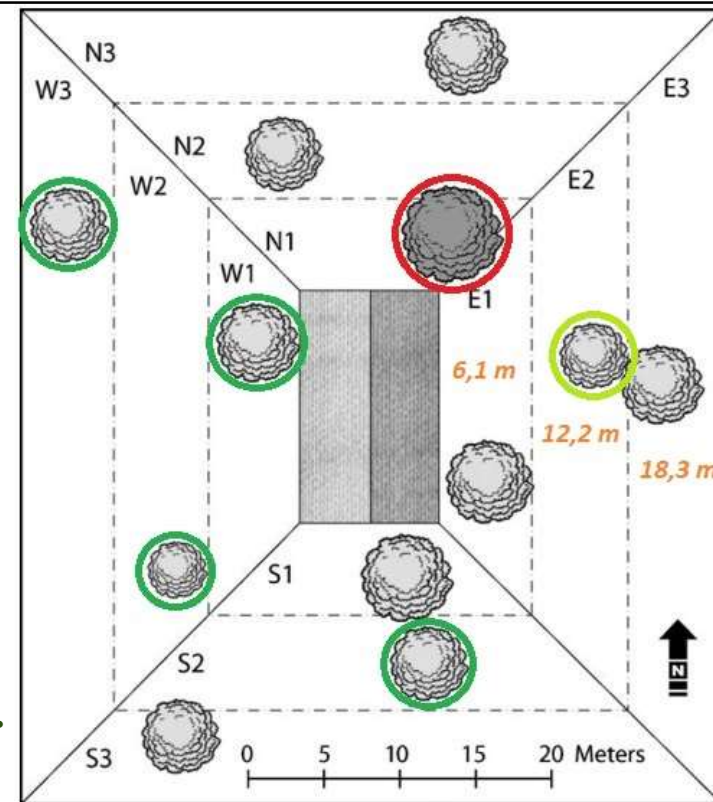


Donovan & Butry (2009)  
 & McPherson & Simpson  
 (2003)]

Fig. 2. Average hourly temperatures (15 May to 15 September 2007) and the length and direction of shadows cast by a 9.1-m (30-ft) tree on July 15th, 2007, in Sacramento, California.

## 1990 - 2012: αποτελέσματα του Sacramento Shade Tree Program (“Sacramento Shade”), μια συνεργασία των Sacramento Tree Foundation (STF) και Sacramento Municipal Utility Districts (SMUD).

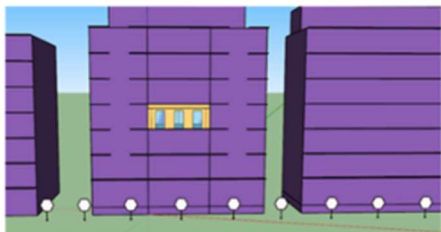
Ko et al (2015)



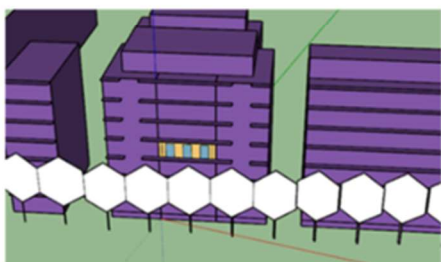
Comparison of energy savings for all planted trees (shade effect only) between projected saving (30 years, Simpson & McPherson, 1998) and simulated saving (20–22 years). The percentage reported below each energy value indicates that percentage saved per year compared to unshaded base case.

	Initially projected for 2023 30 year post planting		Simulated for 2013 20–22 year post planting	
	Per property <sup>1</sup>	Per tree	Per property <sup>1</sup>	Per tree
Mean annual cooling energy	471 kW h 22.0%	153 kW h 7.1%	107 kW h 4.9%	80 kW h 3.7%
Peak demand	0.23 kW 7.1%	0.08 kW 2.3%	0.05 kW 1.6%	0.04 kW 1.2%
Mean annual heating energy	–2.6 MMBtu –5.9%	–0.85 MMBtu –1.9%	–0.5 MMBtu –1.2%	–0.38 MMBtu –0.9%

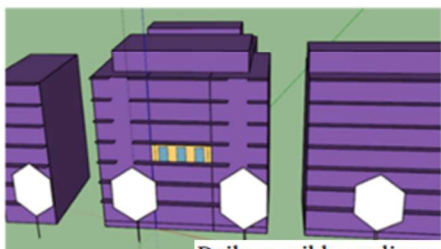
<sup>1</sup> Average number of program trees observed per property: 3.1 (1994) vs. 1.3 (2013).



2 spaces



th spaces



Θεσσαλονίκη, εργασία με  
βιοκλιματικό μοντέλο.  
(22/07/2016. Νότια έκθεση.  
Λιριόδενδρο, Ιπποκαστανιά,  
Φλαμουριά. Απόσταση 3m από  
κτίριο).

*Tsoka et al (2021)*

Daily sensible cooling energy needs and solar radiation gains for the **3rd floor building unit**, for the reference and the examined vegetation scenarios.

*Sum- Zone daily sensible cooling energy needs (KWh/day)*

	BC	LS1	AS1	TS1	LS2	AS2	TS2
	18.98	16.50	16.41	16.17	17.31	17.14	17.04
<b>Reduction compared to BC</b>		-13 %	-14 %	-15 %	-9 %	-10 %	-10 %

*Sum- Daily solar radiation gains (KWh/day)*

	BC	LS1	AS1	TS1	LS2	AS2	TS2
	6.04	5.08	5.08	5.08	5.41	5.40	5.38
<b>Reduction compared to BC</b>		-16 %	-16 %	-16 %	-11 %	-11 %	-11 %

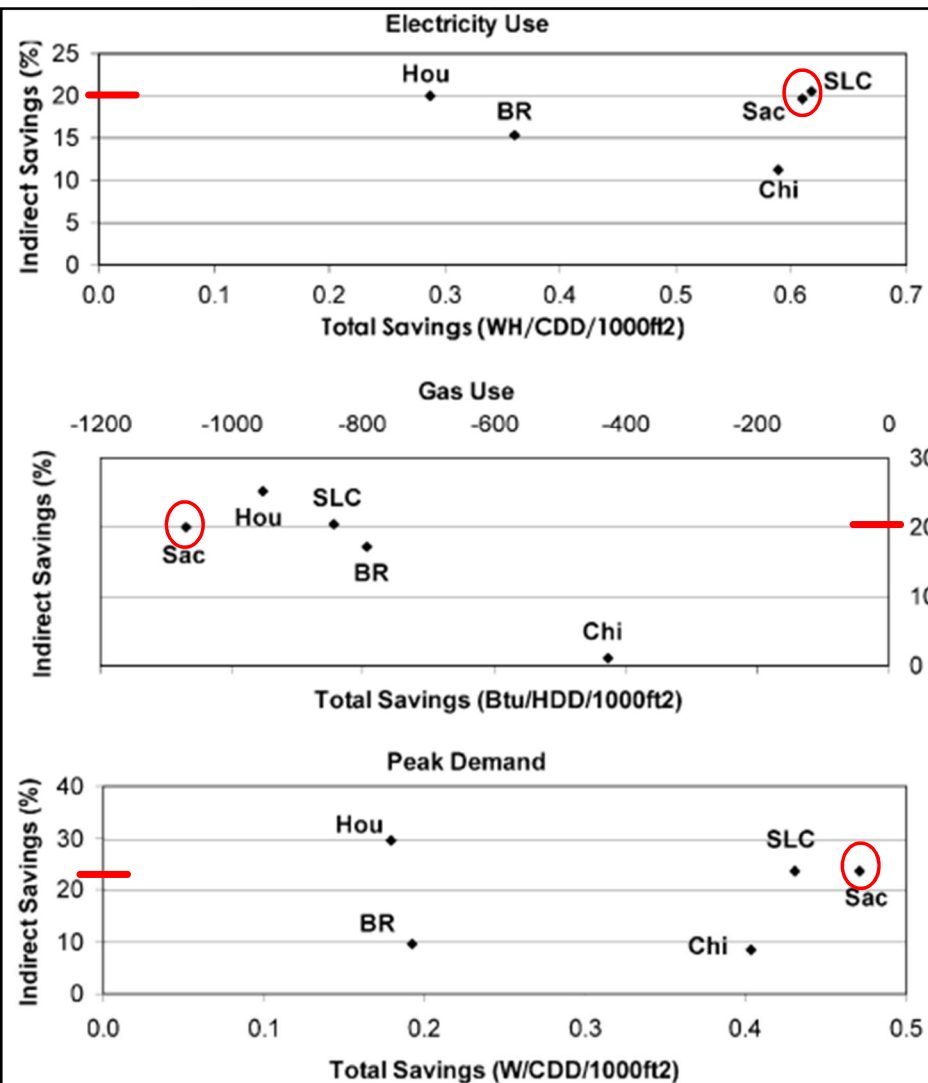
Daily sensible cooling energy needs and solar radiation gains for the **1st floor building unit**, for the reference and the examined vegetation scenarios.

*Sum- Zone daily sensible cooling energy needs (KWh/day)*

	BC	LS1	AS1	TS1	LS2	AS2	TS2
	19.28	11.71	10.64	8.81	16.92	16.22	15.88
<b>Reduction compared to BC</b>		-39.25 %	-44.83 %	-54.34 %	-12.25 %	-15.86 %	-17.64 %

*Sum- Daily solar radiation gains (KWh/day)*

	BC	LS1	AS1	TS1	LS2	AS2	TS2
	5.25	1.82	1.75	1.70	4.33	4.28	4.25
<b>Reduction compared to BC</b>		-65 %	-67 %	-68 %	-18 %	-18 %	-19 %



Υπάρχει ένα σημαντικό κομμάτι «έμμεσων» μειώσεων των καταναλώσεων ενέργειας στα κτίρια για δροσισμό και θέρμανση, από τη βελτίωση των κλιματικών συνθηκών στον πέριξ χώρο (μείωση της θερμοκρασίας το καλοκαίρι, κλπ).

Fig. 2. Percent indirect savings vs. total savings for metropolitan Baton Rouge LA, Chicago IL, Houston TX, Sacramento CA, and Salt Lake City UT. All saving potentials are normalized by cooling- and heating-degree-days, and by total square feet of roof area.

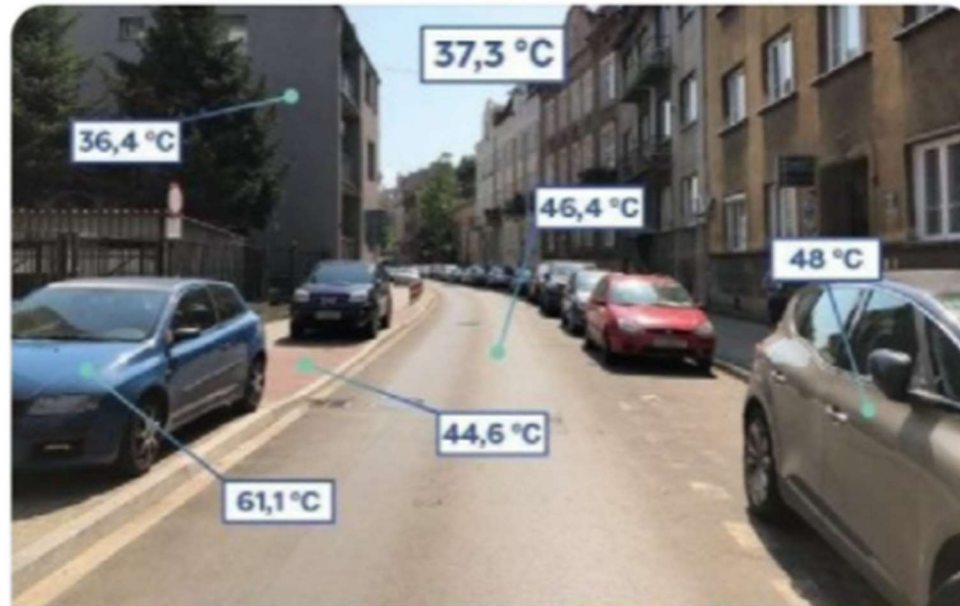
*Akbari & Konopacki (2005)*

Cooling effect outside the site boundary (°C); time: 1500 h (averages for the days of measurement)

Site	Outside observation point	Orientation	$T_r$ (°C)	Cooling effects (K)				
				Distances from site boundary				
				Border	20 m	40 m	60 m	80 m
(1) Hayeled Avenue	Hashtil St.	E–W	31.8	2.3	2.0	1.3	0.8	0.2
(1) Hayeled Avenue	Square	S–N	31.8	1.9	1.8	1.6	1.2	0.5
(2) Meltz Garden	Amsterdam St.	E–W	33.2	0.6	0.6	0.6	0.5	0.4
(3) Emanuel Avenue	Amsterdam St.	E–W	33.2	2.7	0.9	0.5	0.3	0.3
(3) Emanuel Avenue	Emanuel St.	S–N	33.2	2.9	2.3	1.8	1.5	–
(4) Rothschild Avenue	Bar Ilan St.	E–W	32.3	1.9	1.8	1.0	0.7	–
(4) Rothschild Avenue	Bar Ilan St.	W–E	32.3	1.9	1.8	1.4	1.1	–
(5) Hen Avenue	Hashoftim St.	E–W	32.3	2.2	2.2	0.4	0.1	–
(5) Hen Avenue	Hashoftim St.	W–E	32.3	2.2	2.2	0.7	0.4	–
(6) Borochov Square	K.K.L. st.	S–N	32.3	2.9	2.1	1.1	0.1	0.1
Average	–	–	32.5	2.15	1.77	1.04	0.67	0.30

*Shashua-Bar & Hoffman (2000)*

## \* Μείωση θερμοκρασίας

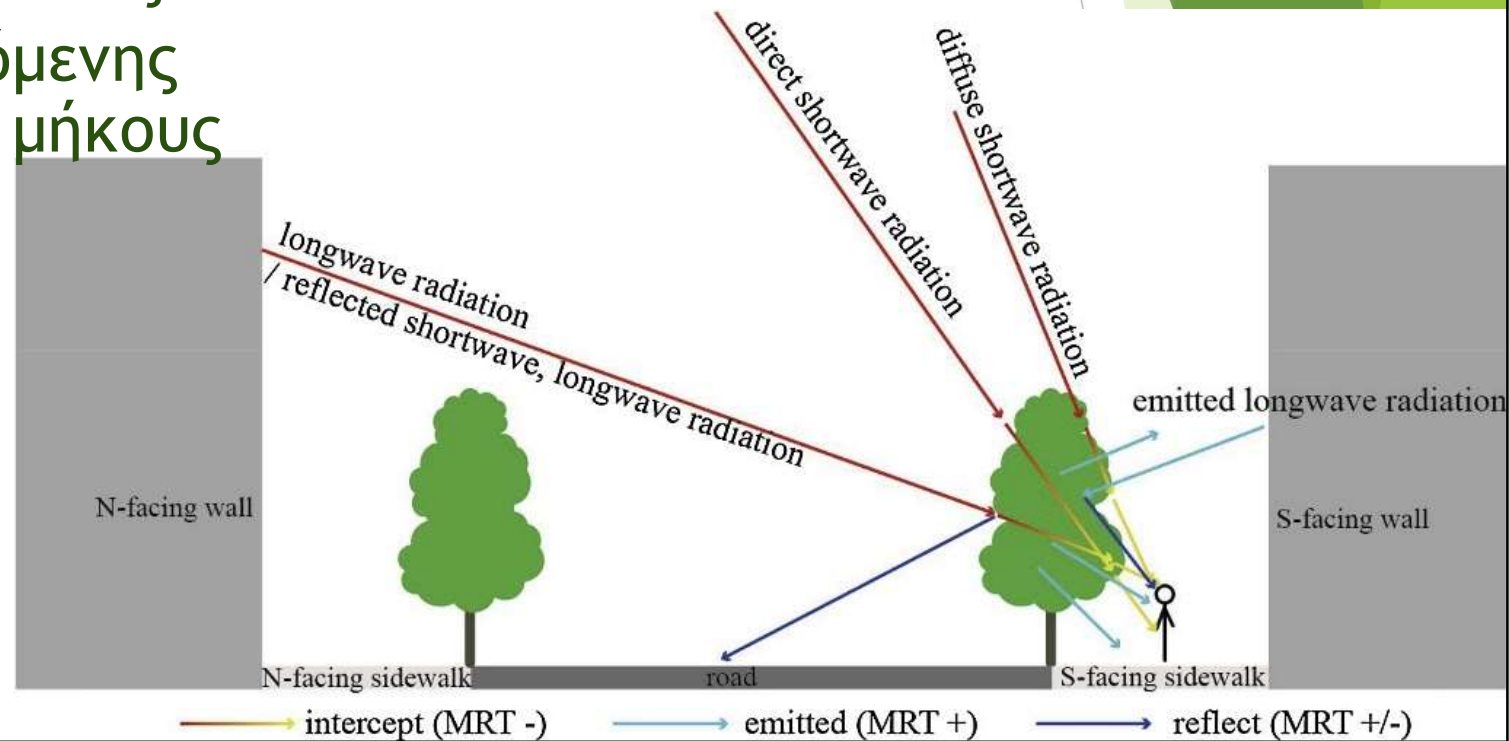


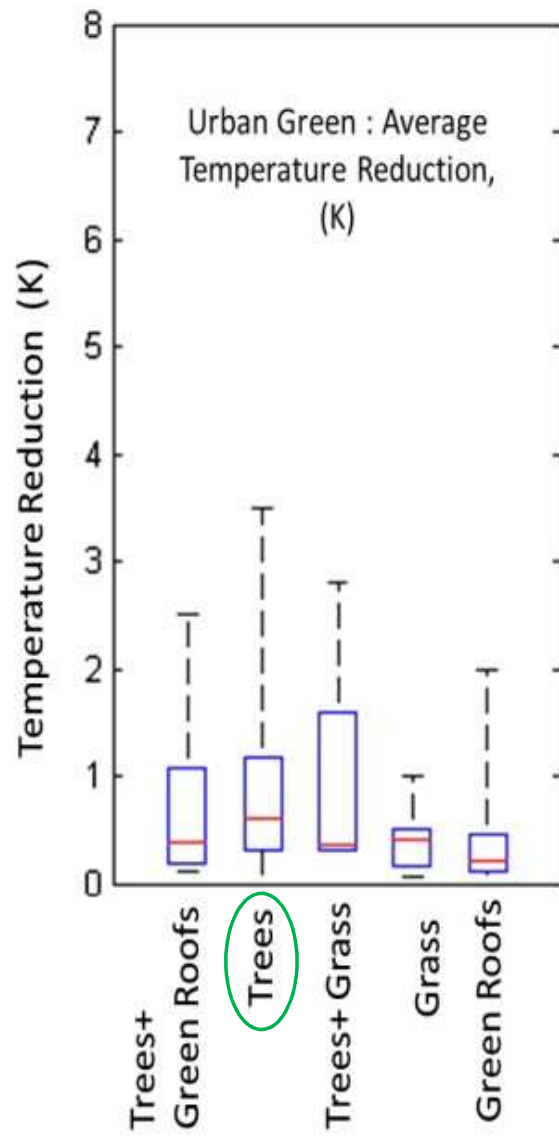
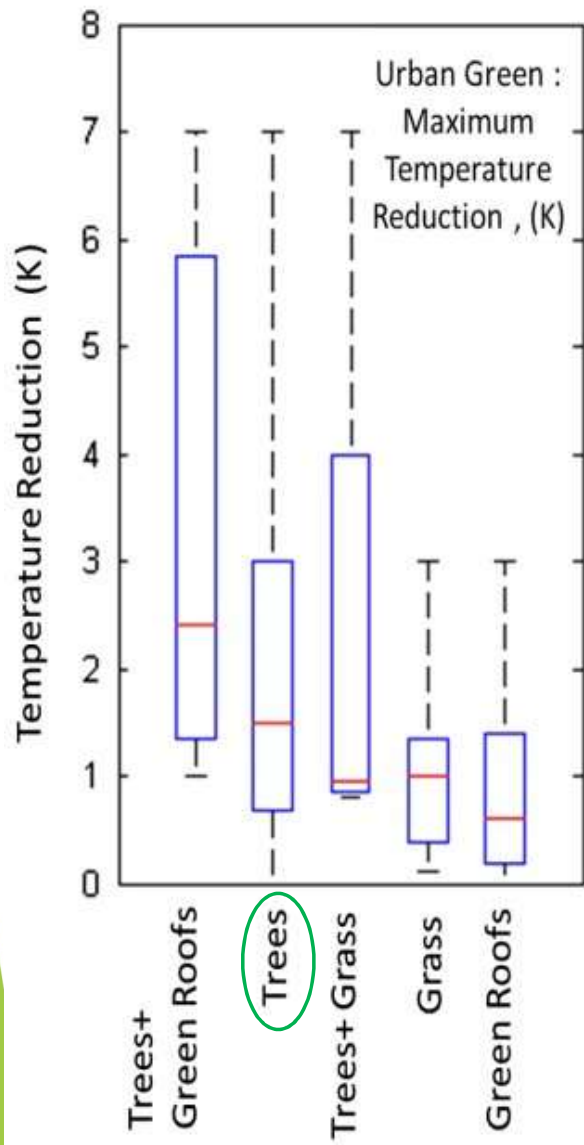
Προσοχή στο τι  
μετράμε! «Χάος» στα  
διάφορα μέτρα  
θερμότητας στην  
βιβλιογραφία!

## \* Μειώνουν οι δενδροστοιχίες τη θερμοκρασία;

- + Σκίαση
- + Διαπνοή
- - Αλλαγή συνθηκών αερισμού
- - Αύξηση σχετικής υγρασίας
- - Περιορισμός εκπεμπόμενης ακτινοβολίας μεγάλου μήκους

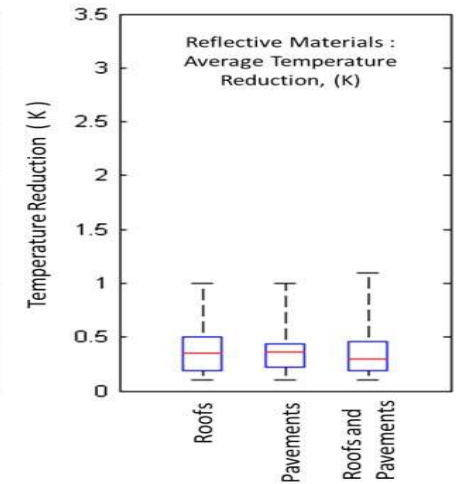
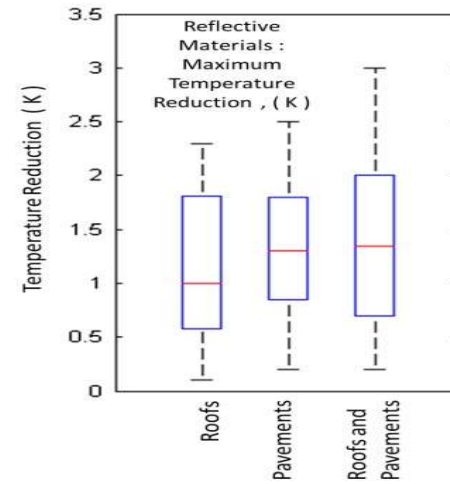
Park et al (2019)





Τα Δέντρα είναι η πιο αποτελεσματική παρέμβαση για τη μείωση της Αστικής Θερμικής Νησίδας.

«ψυχρά υλικά»



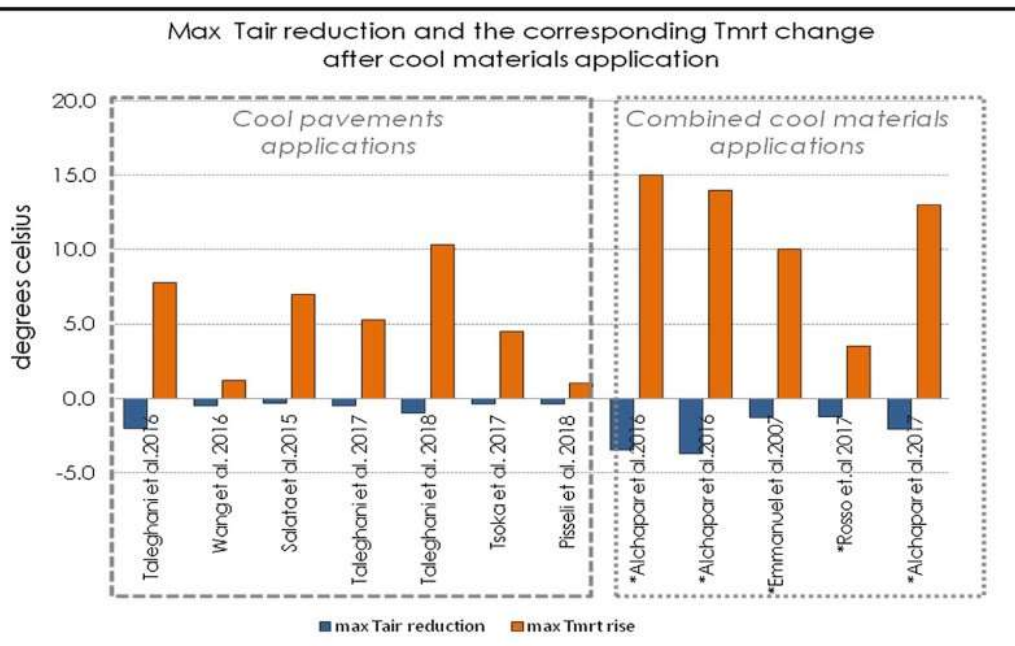
Santamouris et al (2017)



Τα Δέντρα, ως επιλογή μείωσης των αστικών θερμοκρασιών, δεν έχουν έντονα αρνητικές θερμικές επιπτώσεις και ταυτόχρονα μπορούν να συμβάλουν στη μείωση των αερίων θερμοκηπίου.

Garcia – Nevado et al (2021)

«ψυχρά υλικά»



Tsoka et al (2018)



Concepcion St



Gondomar St



0 200 m



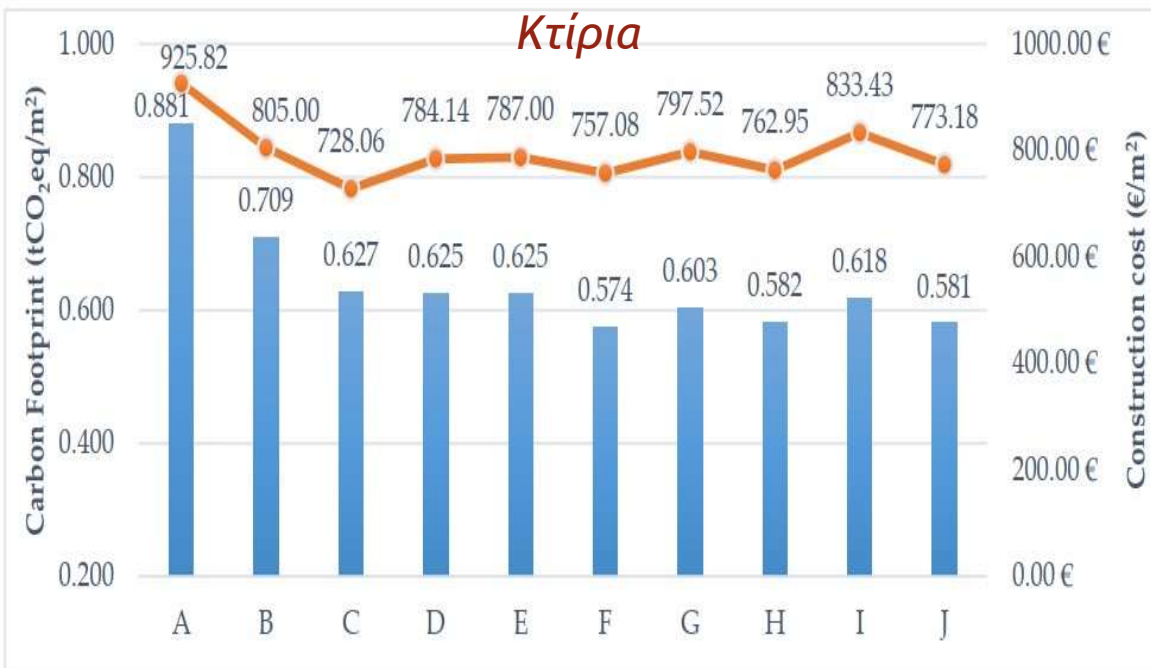
Foro Romano S



Jesus y Maria S

# «Κλιματικώς» τα Δέντρα υπερέχουν οποιασδήποτε κατασκευής

Αυτοκινητόδρομοι



Solis-Guzmán et al (2018)

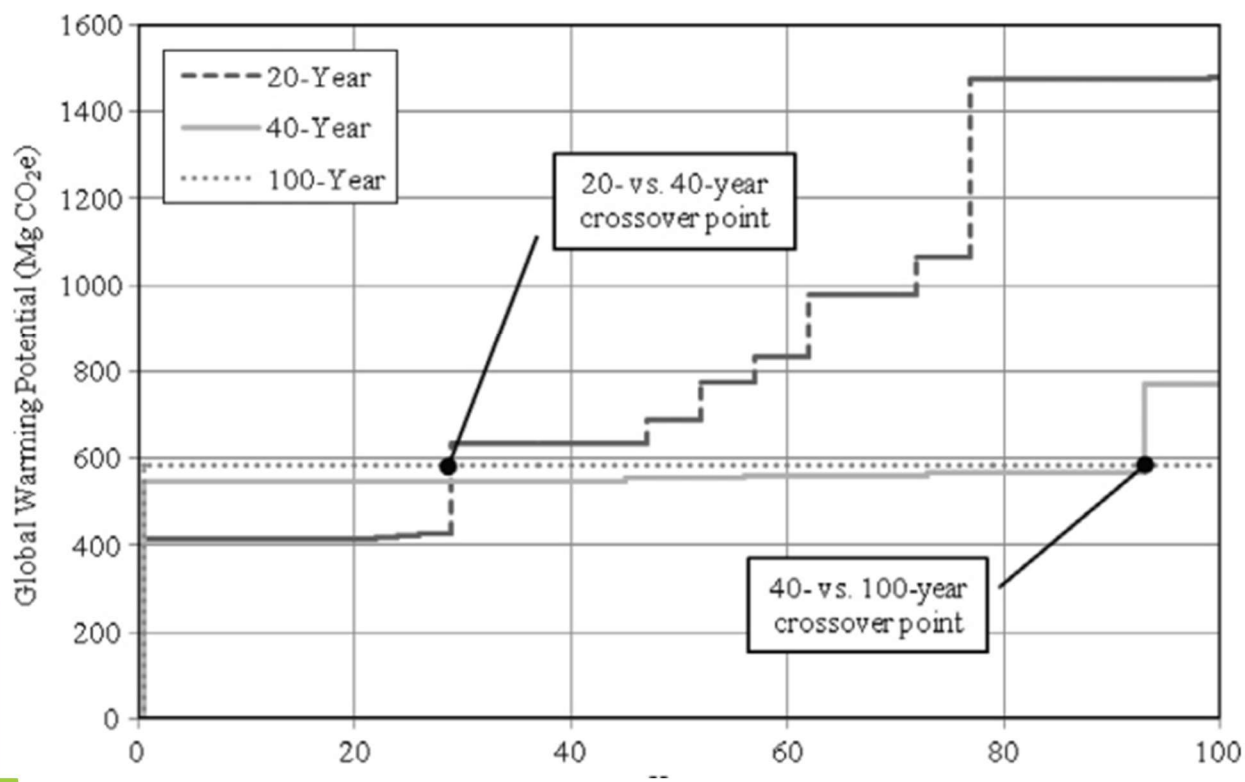
Melanta et al (2013)

Construction process	Total emissions (MT of CO <sub>2</sub> e/project)
Site preparation	89,328
Deforestation	43,395
Soil movement	45,933
Equipment usage	107,483
Materials production	119
Concrete <sup>b</sup>	40
Solvents, asphalt, and fertilizers <sup>c</sup>	79
Environmental mitigation	17,908
Reforestation	682
Resoil	17,226
Total emissions produced	196,930
Total emissions offset	17,908
Net emissions	179,022

>600 KgCO<sub>2</sub>eq/m<sup>2</sup>

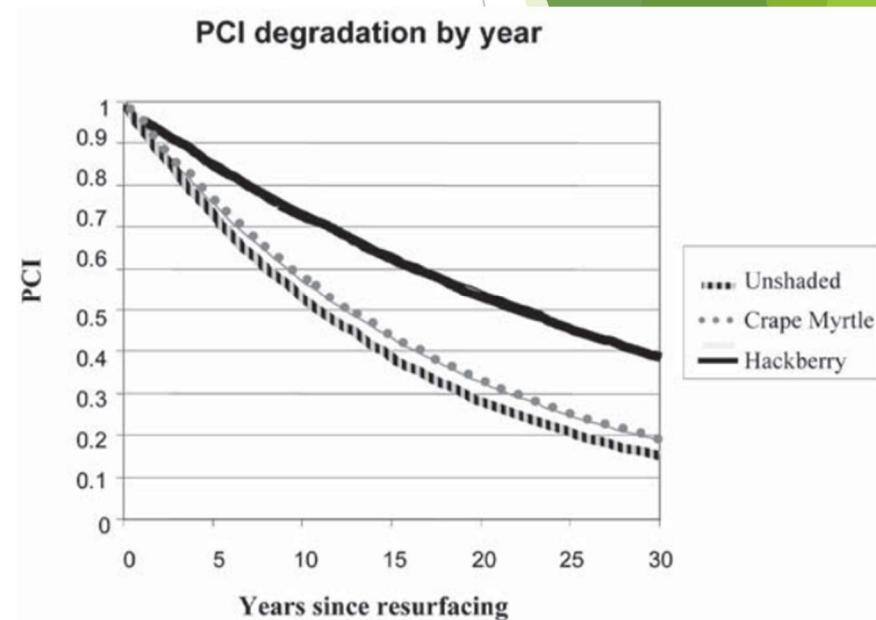
510 tCO<sub>2</sub>eq/m<sup>2</sup> !!!

Επιπλέον, η σημαντική αύξηση του κύκλου ζωής των οδών, λόγω της σκιάσής τους από Δέντρα, πολύ πιθανό να έχει από μόνη της σημαντικό «Κλιματικό» αντίκρουσμα!



Santero et al (2011)

McPherson & Muchnick (2005)

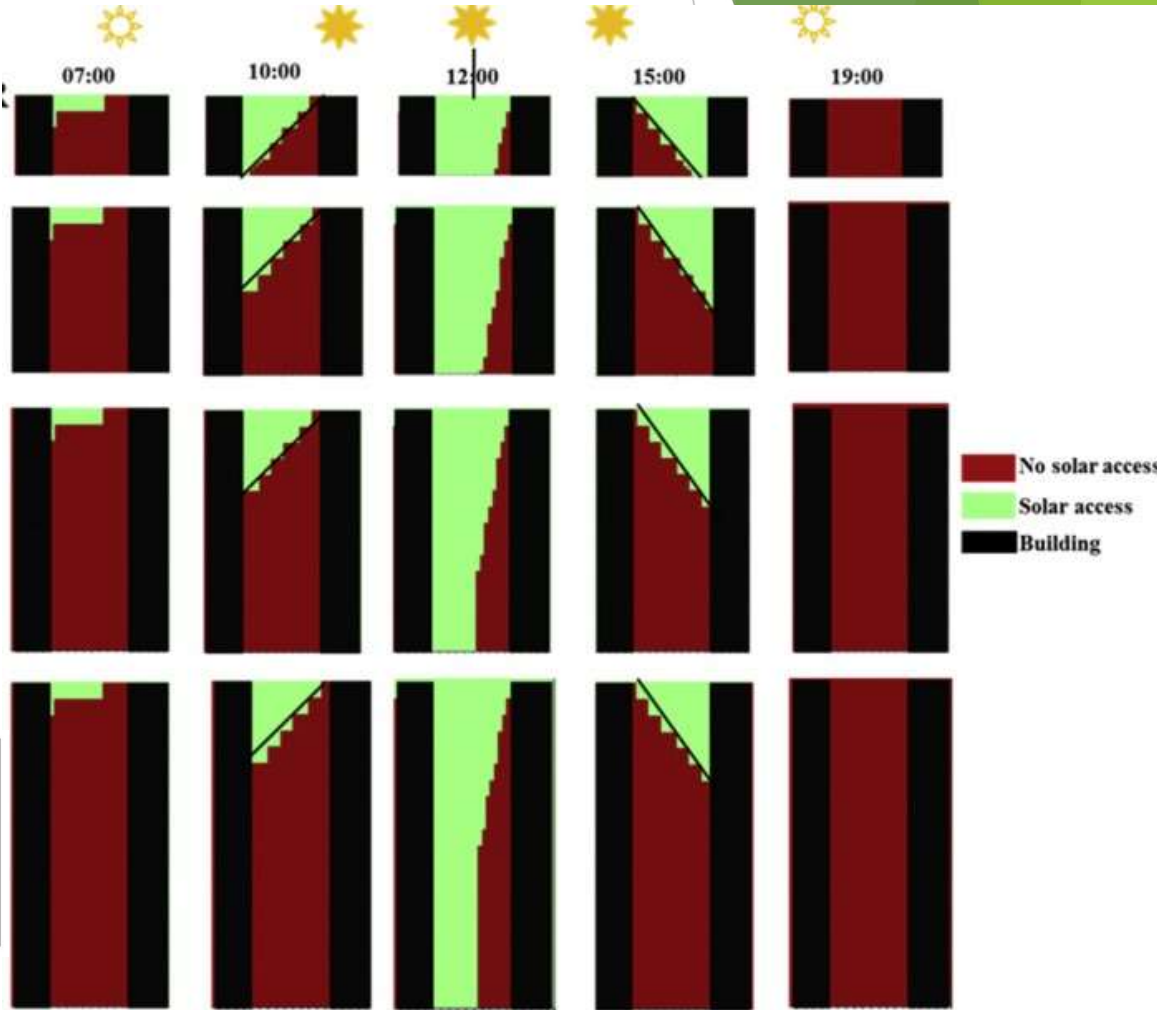


schedule and cost savings. The street superintendent in Modesto, California, U.S. estimated that repaving could be deferred 10 years on a well-shaded street and potentially up to 25 years on heavily shaded streets (Brusca 1998).

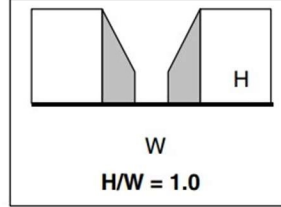
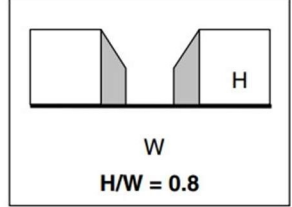
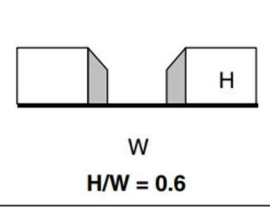
# \* Μείωση θερμοκρασίας: ποιες μεθοδολογίες εφαρμογής;

■ Επειδή ο καθοριστικός παράγοντας είναι η Σκίαση, το ζήτημα αντιμετωπίζεται ως σύμπλοκο Κτιρίων - Δέντρων. Κριτήριο είναι το βάθος του Αστικού Φαραγγιού.

Morakinyo et al (2017)



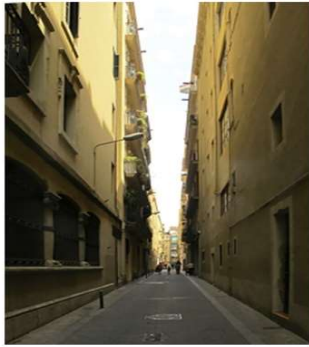
Term of simulation	Species	Tree coverage [%]	Trees potential cooling effect at 15:00 [°C]		
			H/W = 0.6	H/W = 0.8	H/W = 1.0
At similar tree coverage	Ficus Retusa Tree	40	-1.5	-1.3	-1.2
	Tipuana Tipu Tree	40	-1.2	-1.0	-0.9
	Date Palm Tree	40	-0.9	-0.8	-0.7



Shashua-Bar et al (2010)

Gracia

Carrer de Jesus



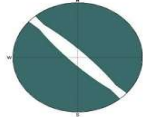
Height: 19m  
Widht: 4.2 m  
H/W : 4.5  
Sky view factor: 0.08



Carrer Sant Pere Màrtir



Height: 16m  
Widht: 5.4m  
H/W : 3.0  
Sky view factor: 0.12



Carrer Gran de Gràcia



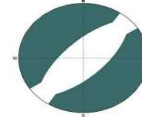
Height: 25m  
Widht: 17m  
H/W : 1.5  
Sky view factor: 0.22



Travessera de Dalt



Height: 31m  
Widht: 30m  
H/W : 1  
Sky view factor: 0.31



Raval

Carrer d'Elisabets



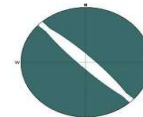
Height: 19.8m  
Widht: 4.5m  
H/W : 4.4  
Sky view factor: 0.08



Carrer del Notariat



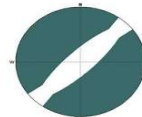
Height: 19.8m  
Widht: 5.9m  
H/W : 3.4  
Sky view factor: 0.12



Carrer del Pintor Fortuny



Height: 19.8m  
Widht: 11.9m  
H/W : 1.7  
Sky view factor: 0.21



Rambla del Raval



Height: 19.8m  
Widht: 58m  
H/W : 0.3  
Sky view factor: 0.63



Salvati et al (2017)

## Για τα Δέντρα, κριτήρια είναι:

- Ο βαθμός συγκόμωσης,
- Η θέση στην οδό (απόσταση από κτίρια),
- Το ύψος της κόμης,
- Το ύψος του κορμού ως την κόμη,
- Η διάμετρος της κόμης,
- Η πυκνότητα του φυλλώματος ή η φυλλική επιφάνεια (LAI) ή ο δείκτης πυκνότητας φύλλων (LAD),
- Η ισοϋδρία / ανισοϋδρία του είδους,
- κ.α... (πάντως όχι το πολυπαιγμένο εδώ δίλημμα «φυλλοβόλο ή όχι»).



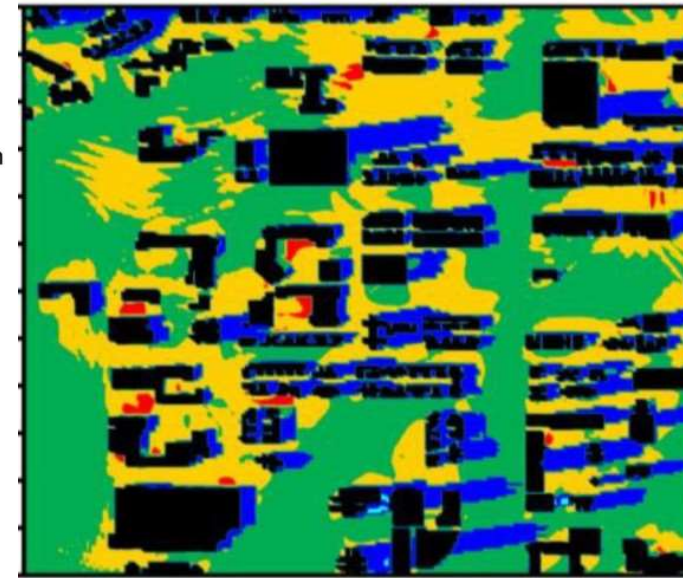
## Το πιο πλήρες μοντέλο έως σήμερα (;)

- Διάκριση των δέντρων σε 54 κατηγορίες ανάλογα με το ύψος της κόμης, το ύψος του κορμού ως την κόμη, τη διάμετρο της κόμης, την πυκνότητα του φυλλώματος.
- Διάκριση των Αστικών Φαραγγιών σε 3 κατηγορίες για σκίαση:
  - ✓ Υψηλής προτεραιότητας ( $H/W \leq 0,5$ ): κοντότερα δέντρα, μεγάλης κόμης, μεγάλης πυκνότητας φυλλώματος.
  - ✓ Μέσης προτεραιότητας ( $0,5 < H/W \leq 1,2$ ): κοντότερα δέντρα, μεγάλης πυκνότητας φυλλώματος, μεγάλου ύψους κορμού ως την κόμη.
  - ✓ Χαμηλής προτεραιότητας ( $H/W > 1,2$ ): ψηλότερα δέντρα, μικρής έως μέσης πυκνότητας φυλλώματος, με μεγάλο ύψους κορμού ως την κόμη.

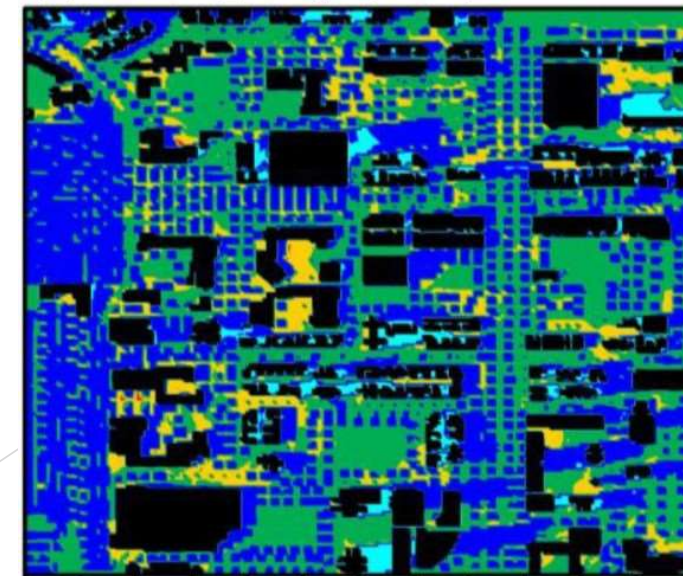


*Morakinyo et al (2020)*

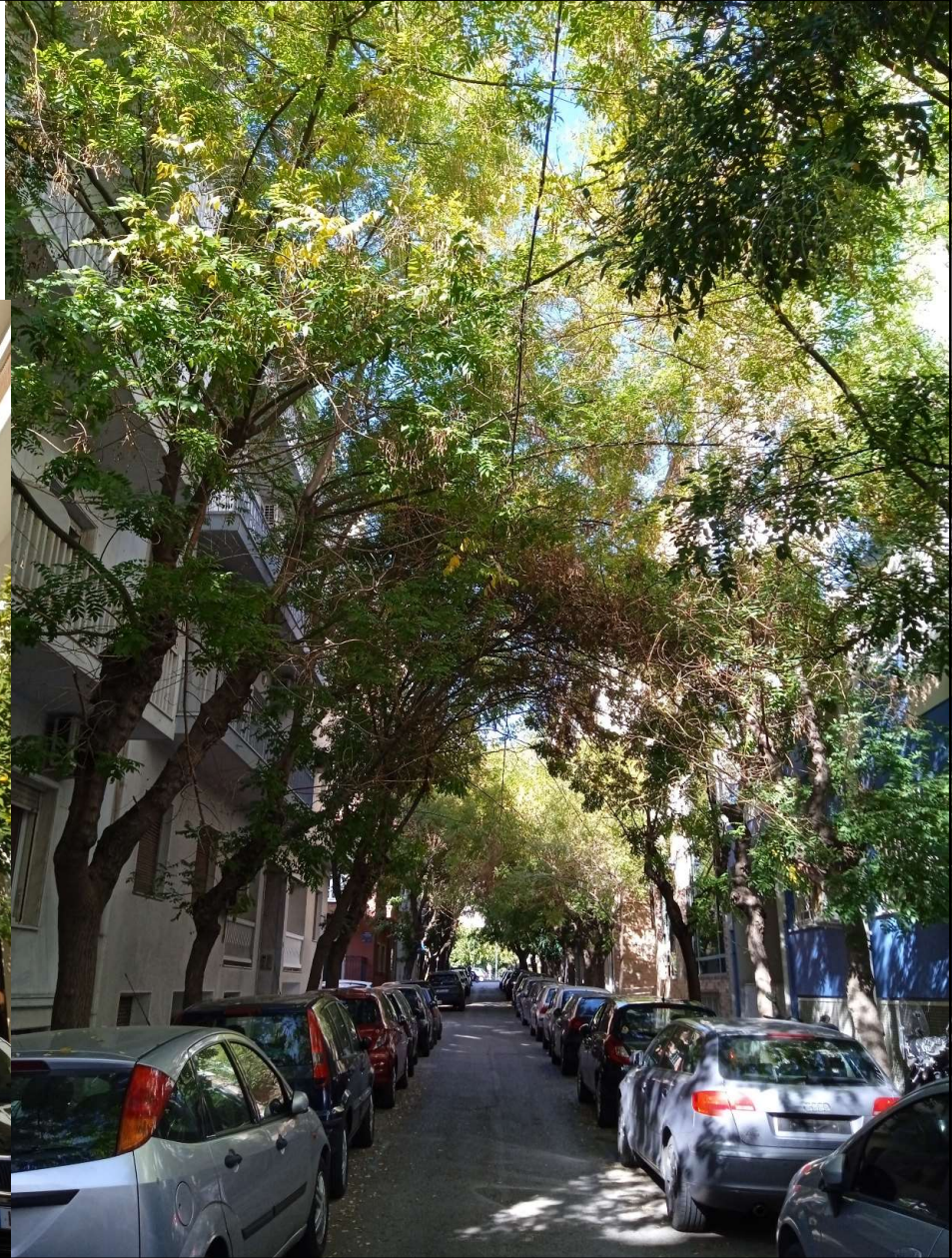
(a) Reference



(d) Scenario\_SVF (proposed)



*3 παράλληλες οδοί με ίδια  
γεωμετρικά χαρακτηριστικά, Αθήνα  
(ο παράδεισος είναι η οδός Καρτάλη)*

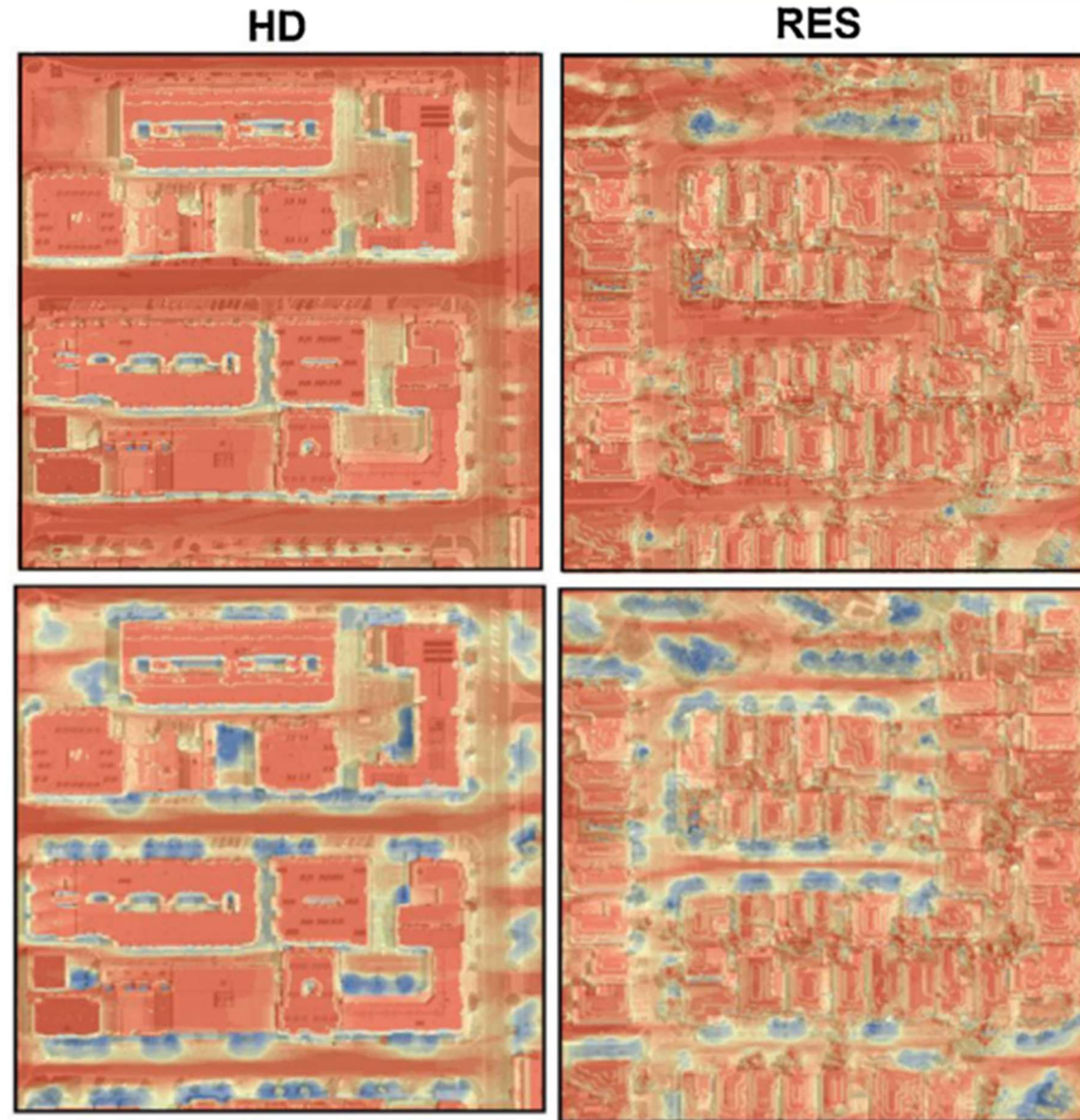




*Μία πρόταση λύσης, όπου είναι ζήτημα ο αερισμός της οδού*

- ✓ Φύτευση σε ομάδες των 3 - 4 δέντρων, ώστε να υπάρχουν μεταξύ τους κενά για την κυκλοφορία αέρα και την εκπομπή ακτινοβολίας.

*Thom et al (2016)*



\* Κατανάλωση  
νερού

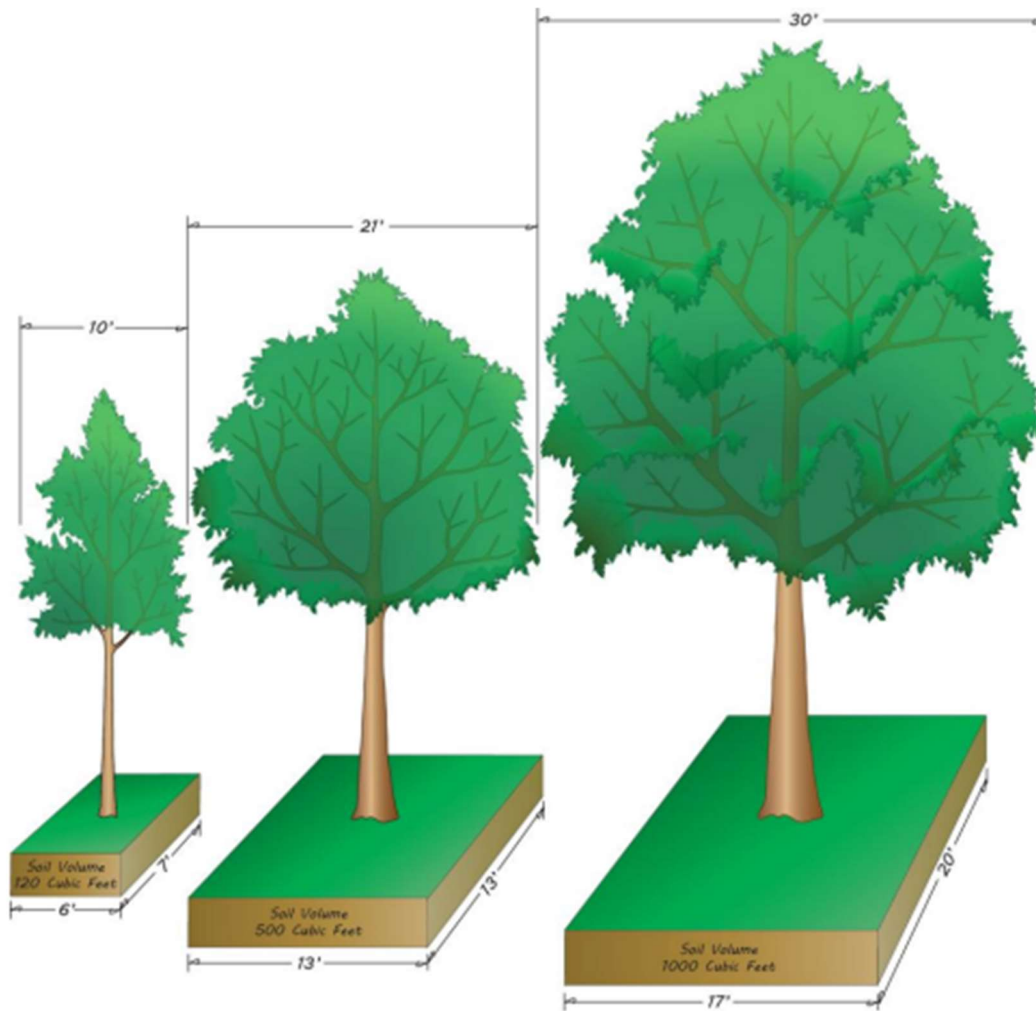






## \* Κατανάλωση νερού / διαμόρφωση επιφανειών

Τα δέντρα χρειάζονται επαρκές όγκο εδάφους.  
Και για να βρίσκουν νερό.



EPA 841 B 13 001

Voltas et al (2015)

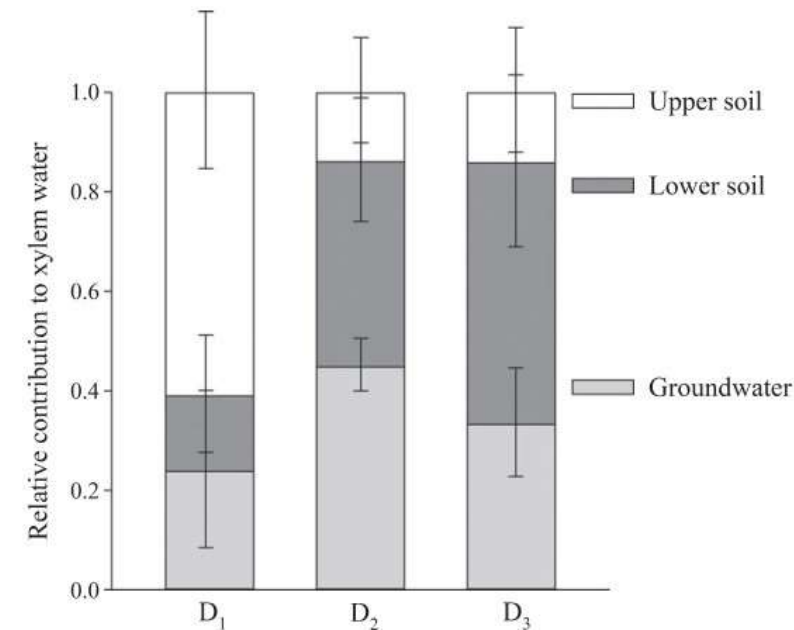
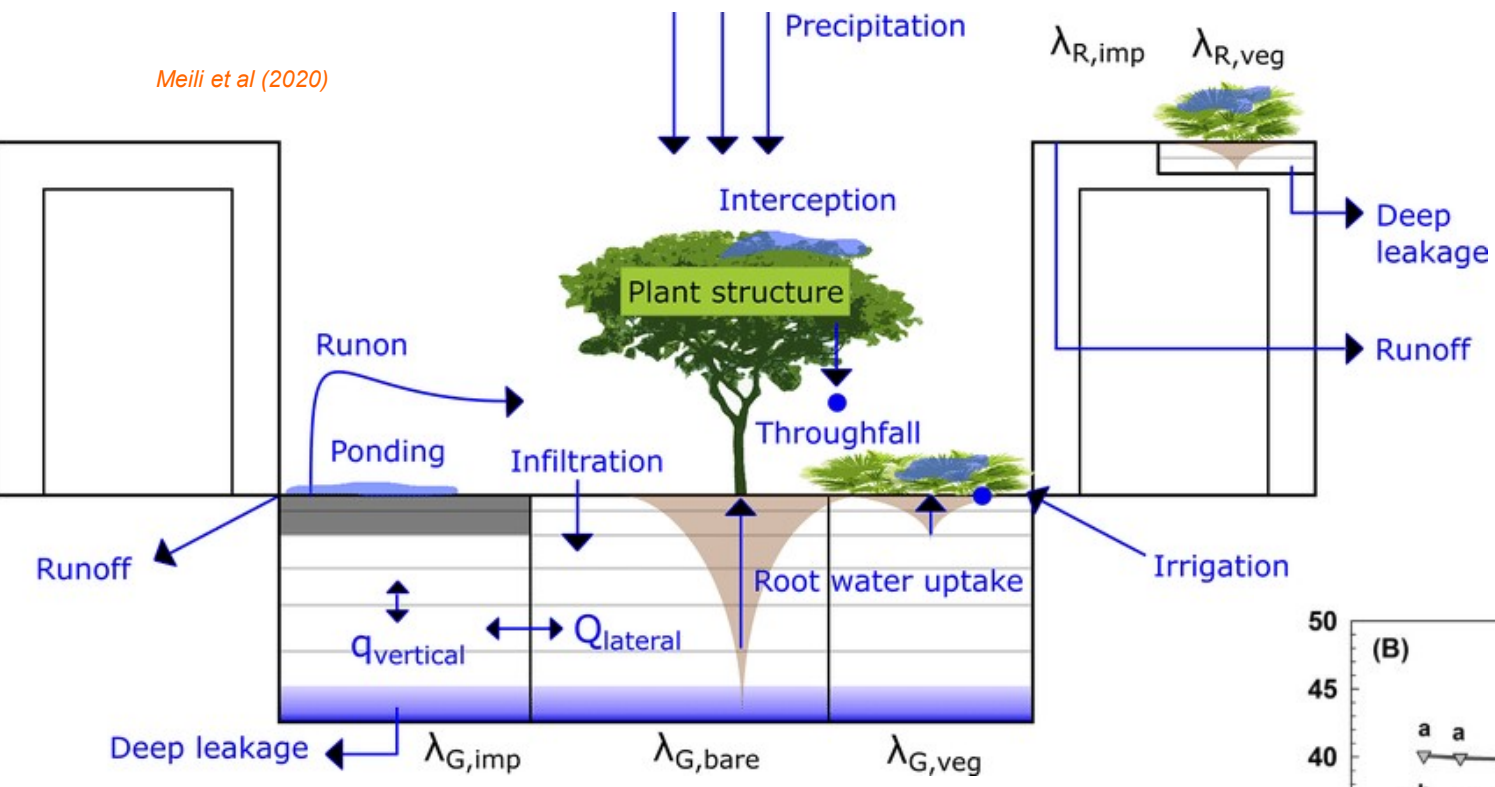
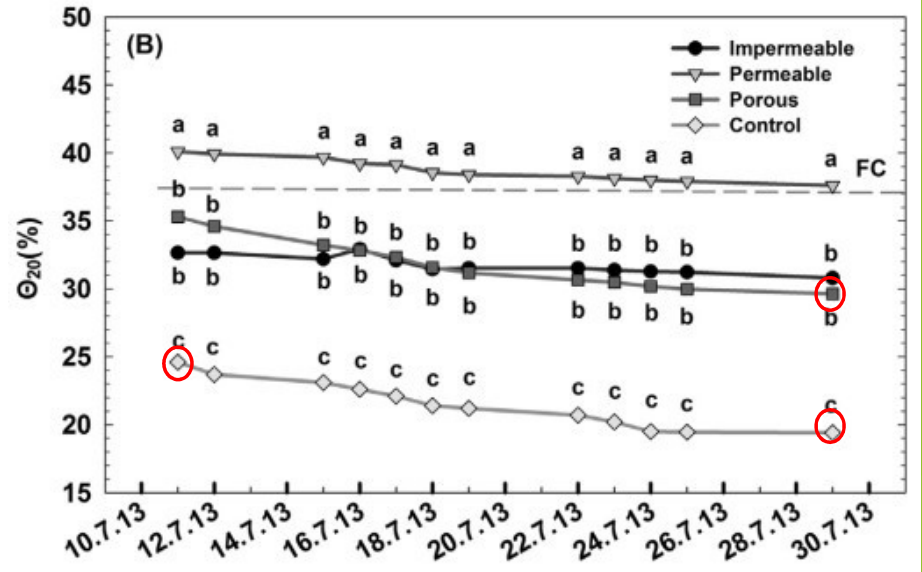


Fig. 3 Relative mean contribution across Aleppo pine (*Pinus halepensis*) populations (percentage  $\pm$  SD) of soil water extracted by the trees on each of three sampling days (D<sub>1</sub>, 2 June; D<sub>2</sub>, 28 July 28; D<sub>3</sub>, 27 September) from three plant water sources obtained by SIAR Bayesian mixing models: upper soil layer (0–15 cm), lower soil layer (15–40 cm) and groundwater (below 40 cm).

Meili et al (2020)



Fini et al (2017)



Στις σφραγισμένες επιφάνειες της πόλης, βρίσκουν νερό κοντά στα κτίρια.

Οι ασφράγιστες ή πορώδεις επιφάνειες είναι υδατικώς χειρότερες. Ιδανικότερες φαίνονται οι περατές.

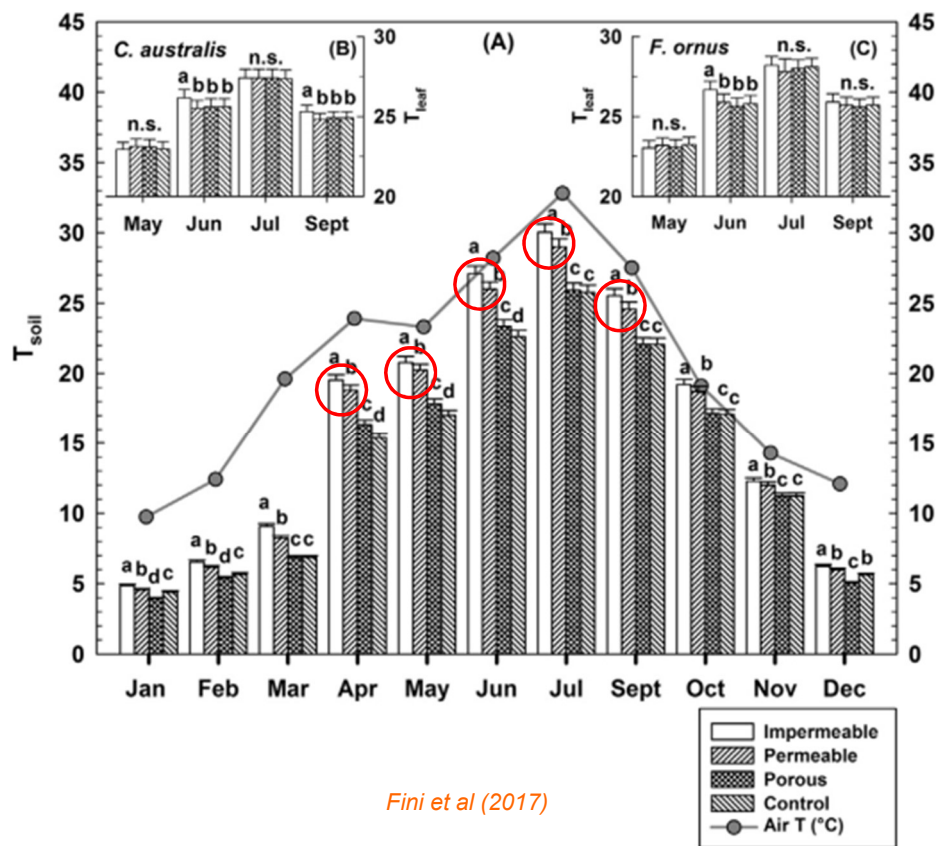
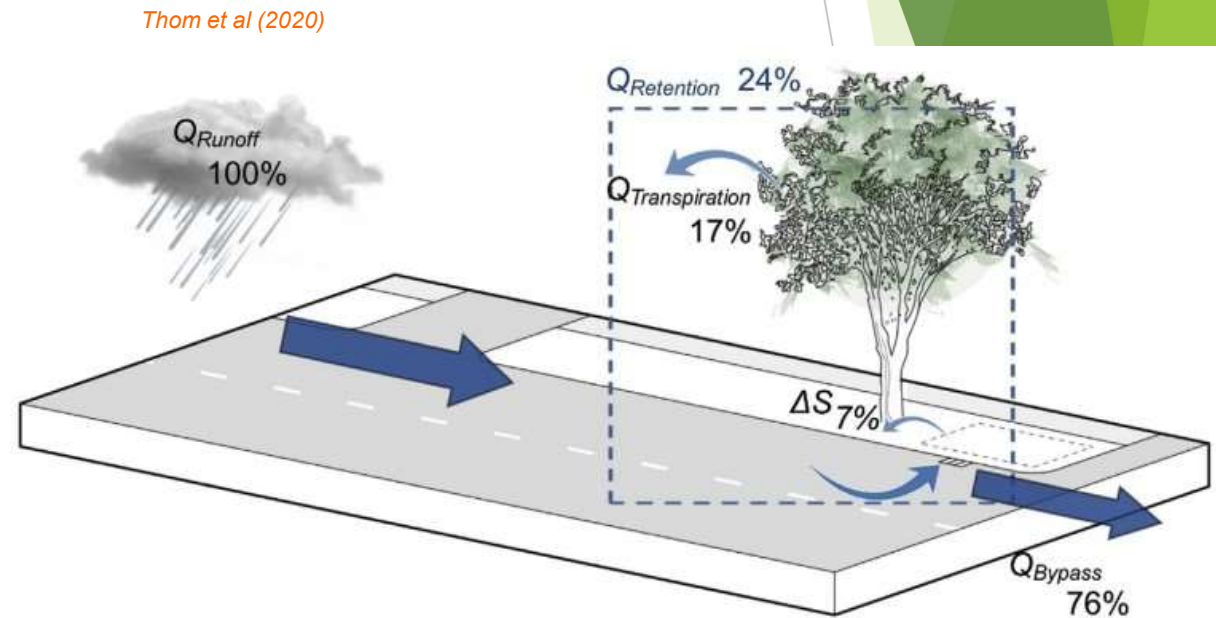
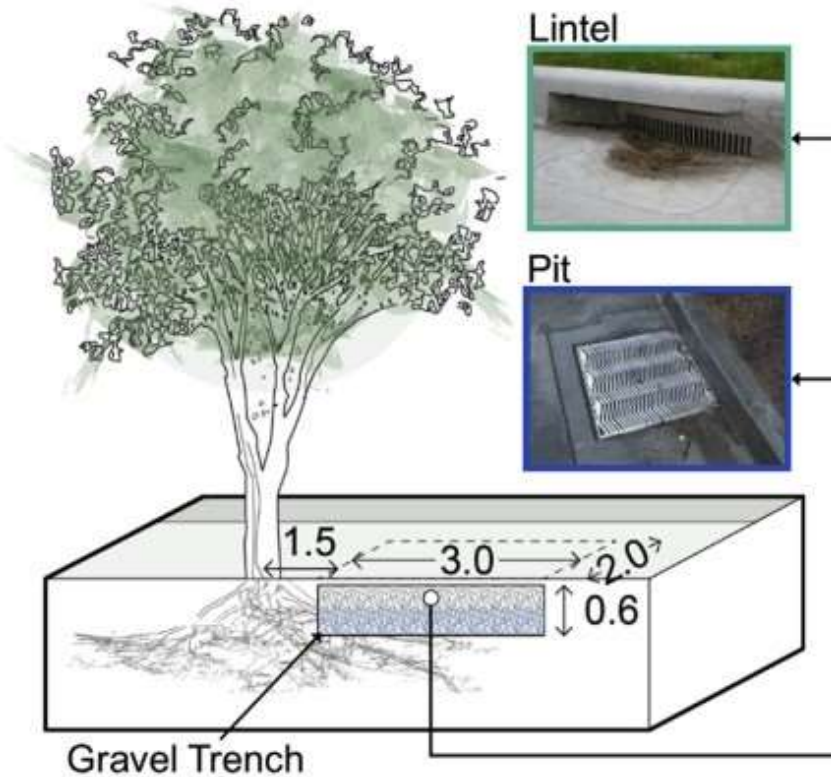


Fig. 2. Monthly average soil temperature (°C) measured 25 cm below grade from January 2012 to December 2015 (A) and, in the insets, average temperature (°C) of leaves of *C. australis* (inset B) and *F. ornus* (inset C) as affected by different types of pavements. Different letters within the same month indicate significant differences at  $P < 0.01$  using Duncan's MRT.

Οι ασφράγιστες ή πορώδεις επιφάνειες είναι καλύτερες όπου υπάρχει κίνδυνος για τα δέντρα από την υψηλή θερμοκρασία του εδάφους.

**Τέλος**, μια ιδέα από την Αυστραλία, για την εύκολη (αναλογικά με άλλες κατασκευές) αύξηση του εδαφικού νερού (και ταυτόχρονα τη μείωση της απορροής αιχμής).



**Fig. 1.** Cross-section illustration of a gravel-filled infiltration trench installed alongside an established *Lophostemon confertus* tree. The inlet that conveys stormwater to the trench was either vertical (*lintel*) or horizontal (*pit*). The cross-section is cut at the centre of the trench showing dimensions relative to the tree in metres.





# Κλιματική Κρίση & Δενδροστοιχίες

*Μιχάλης Αναστασιάδης, Γεωπόνος  
ΓΠΑ MSc, Τ.Υ. Ε.Κ.Π.Α.*

## Ευχαριστώ!

**Ιδιαίτερες ευχαριστίες στη Νατάσα  
Νικολάου, Γεωπόνο στο Δ.  
Χαλανδρίου, για τη βοήθειά της  
στη συγκεκριμένη παρουσίαση!**