



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
Εθνικόν και Καποδιστριακόν
Πανεπιστήμιον Αθηνών

Προσαρμόζοντας τις πόλεις στην κλιματική αλλαγή

Κων/νος Καρτάλης, Καθηγητής ΕΚΠΑ

Μέλος της Επιστημονικής Επιτροπής της Ευρωπαϊκής Ένωσης για την
Κλιματική Αλλαγή

ckartali@phys.uoa.gr

Η Μεσόγειος ως κλιματικό hot spot

Ενισχυμένη τάση αύξησης της θερμοκρασίας (περισσότερο ενισχυμένη τους θερινούς μήνες στην Αν. Μεσόγειο).

Πιο συχνά και έντονα φαινόμενα ξηρασίας, ιδιαίτερα στη βόρεια Μεσόγειο

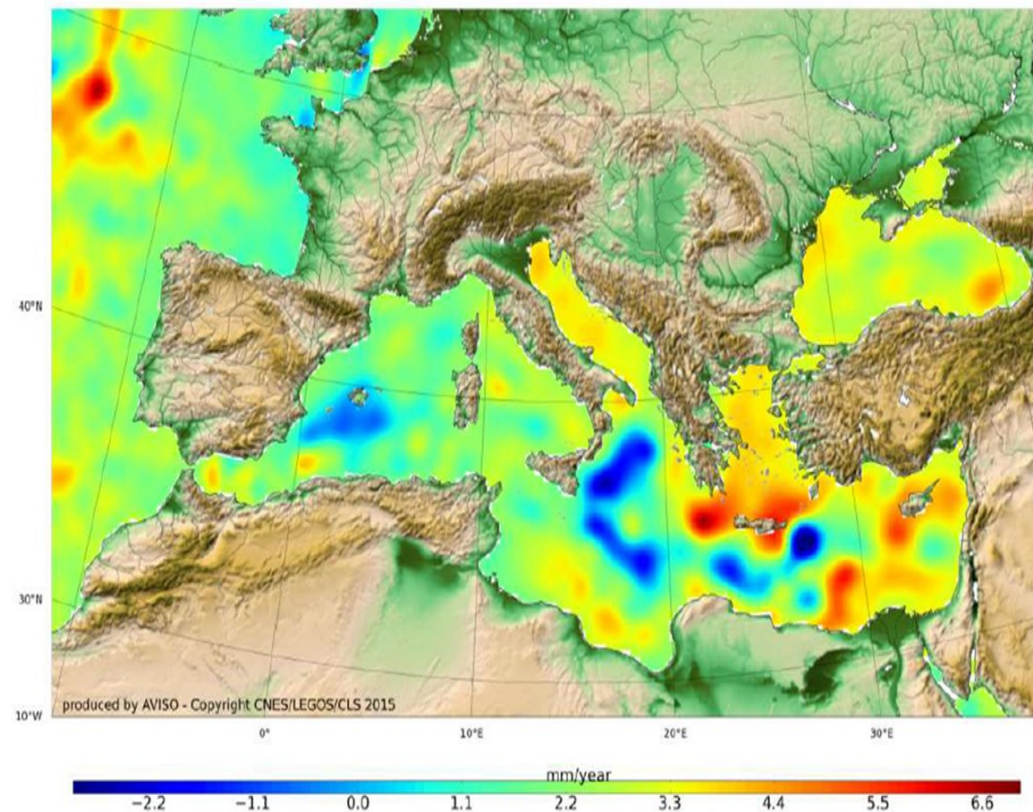
Αύξηση των καυσώνων στο διάστημα 2000-2020.

Ως αποτέλεσμα των φαινομένων ξηρασίας και των καυσώνων, οι δασικές πυρκαγιές είναι περισσότερο καταστροφικές.

Αύξηση της επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας κατά 0.29°C – 0.44°C ανά δεκαετία, από τις αρχές 1980 και με ισχυρότερες τάσεις στην Ανατολική Μεσόγειο.

Η στάθμη της θάλασσας έχει αυξηθεί κατά $2.8 \pm 0.1 \text{ mm yr}^{-1}$ στο διάστημα 1993–2018.

Ali, E., W. Cramer, J. Carnicer, E. Georgopoulou, N.J.M. Hilmi, G. Le Cozannet, and P. Lionello, 2022: Cross-Chapter Paper 4: Mediterranean Region. In: Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Lösschke, V. Möller, A. Okem, B. Rama (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA



MedECC (2020) Climate and Environmental Change in the Mediterranean Basin – Current Situation and Risks for the Future. First Mediterranean Assessment Report [Cramer, W., Guiot, J., Marini, K. (eds.)] Union for the Mediterranean, Plan Bleu, UNEP/MAP, Marseille, France, 632pp

Νέος κίνδυνος: Συνδυασμένα φαινόμενα (Compound Events)

Drought and heat wave – Summer 2022

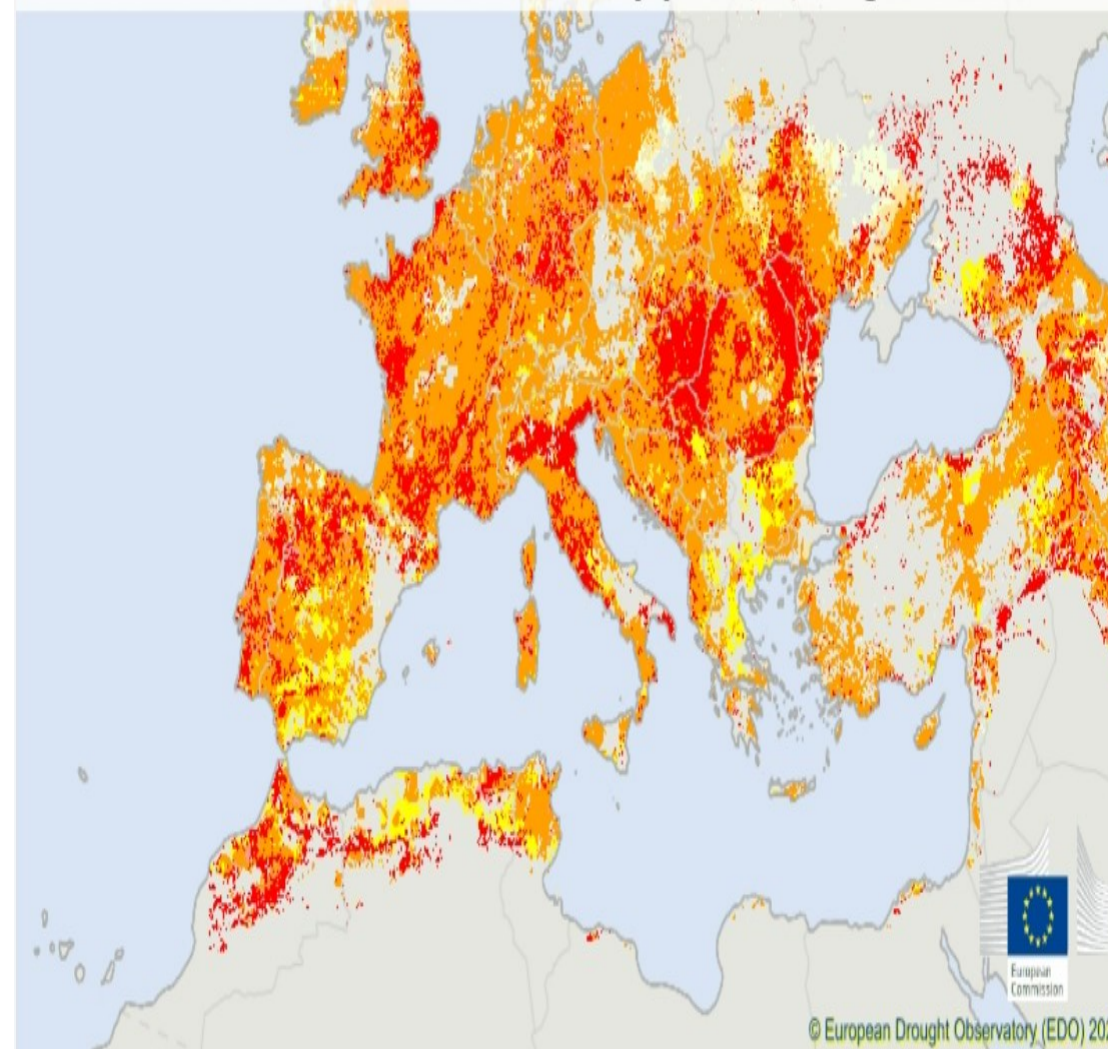
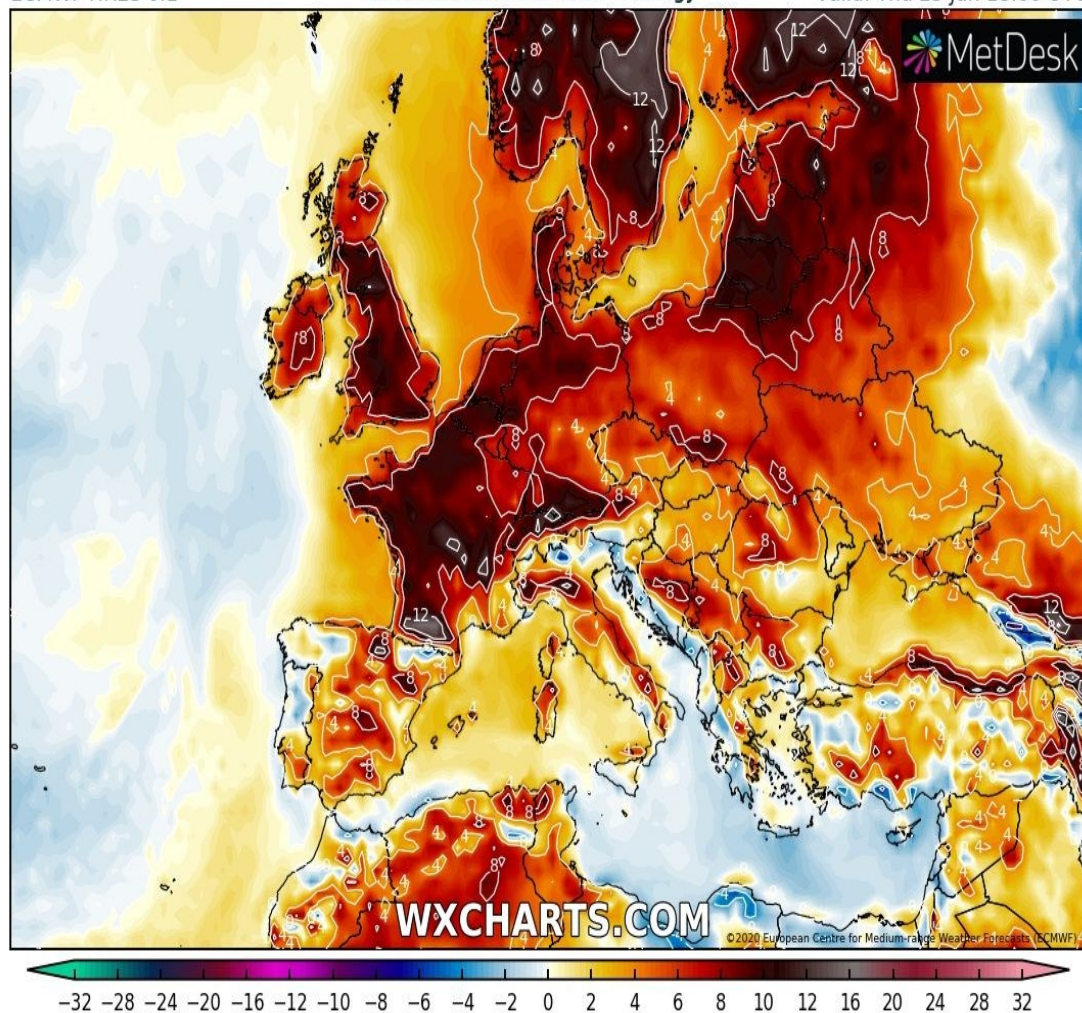
2 m Temperature Anomaly (°C)

ECMWF HRES 0.1°

Base: CFSR 1979-2010 climatology

Run: Mon 22 Jun 00Z

Valid: Thu 25 Jun 18:00 UTC



<https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1029/2022EF002833>

<https://climate.copernicus.eu/>

Μία τριπλή σχέση

1. Οι πόλεις συμβάλλουν στην κλιματική αλλαγή μέσω των εκπομπών αερίων Θερμοκηπίου (μετριασμός).
2. Η κλιματική αλλαγή εμπεριέχει κινδύνους για ακραία καιρικά και κλιματικά φαινόμενα που μπορεί να πλήξουν το αστικό περιβάλλον καθώς και για καύσωνες (προσαρμογή).
3. Το πώς οργανώνεται και αναπτύσσεται μία πόλη, επηρεάζει την κατανάλωση ενέργειας και κατά συνέπεια την παραγωγή θερμότητας αλλά και αερίων θερμοκηπίου (μετριασμός και προσαρμογή).

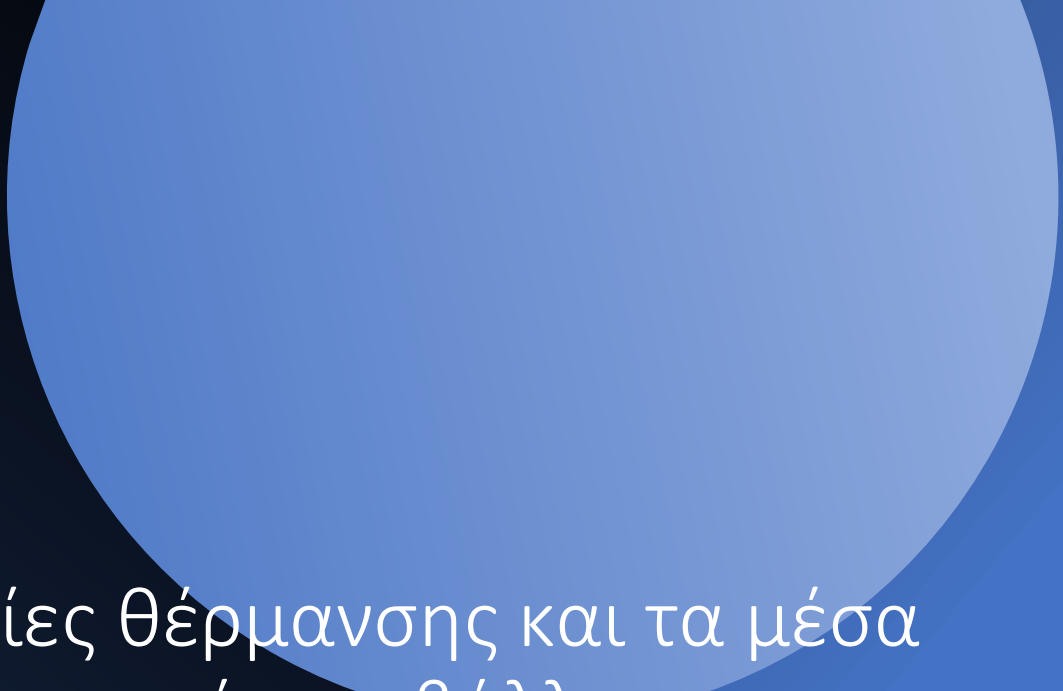
Ένα **ΣΧΕΔΙΟ ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗΣ** που θα στοχεύει στη μείωση κατά ένα βαθμό Κελσίου της θερμοκρασίας αέρα στην Αθήνα

θα οδηγήσει στη μείωση:

της κατανάλωσης ενέργειας για ψύξη κατά 4.1%,

της θνησιμότητας ειδικά για τις ευάλωτες ηλικιακά ομάδες (λ.χ. > 65 ετών) στην περίπτωση καυσώνων κατά περίπου 10%,

της συγκέντρωσης όζοντος κατά 7-9%.



Αναγνωρίζοντας τις αιτίες θέρμανσης και τα μέσα
δροσισμού στο αστικό περιβάλλον



City geometry
Building density, city layout,
height & size



Heat from human activities
Industrial/domestic heating



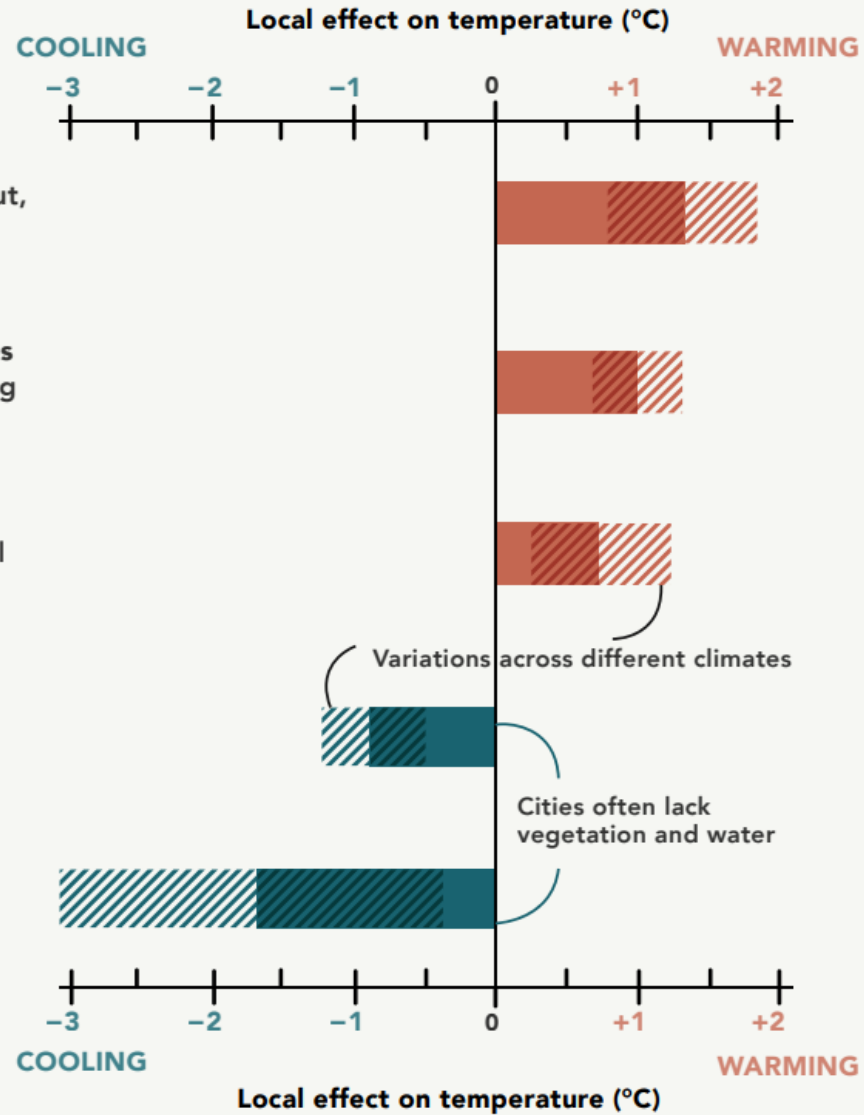
Heat-retaining properties
Building and road material



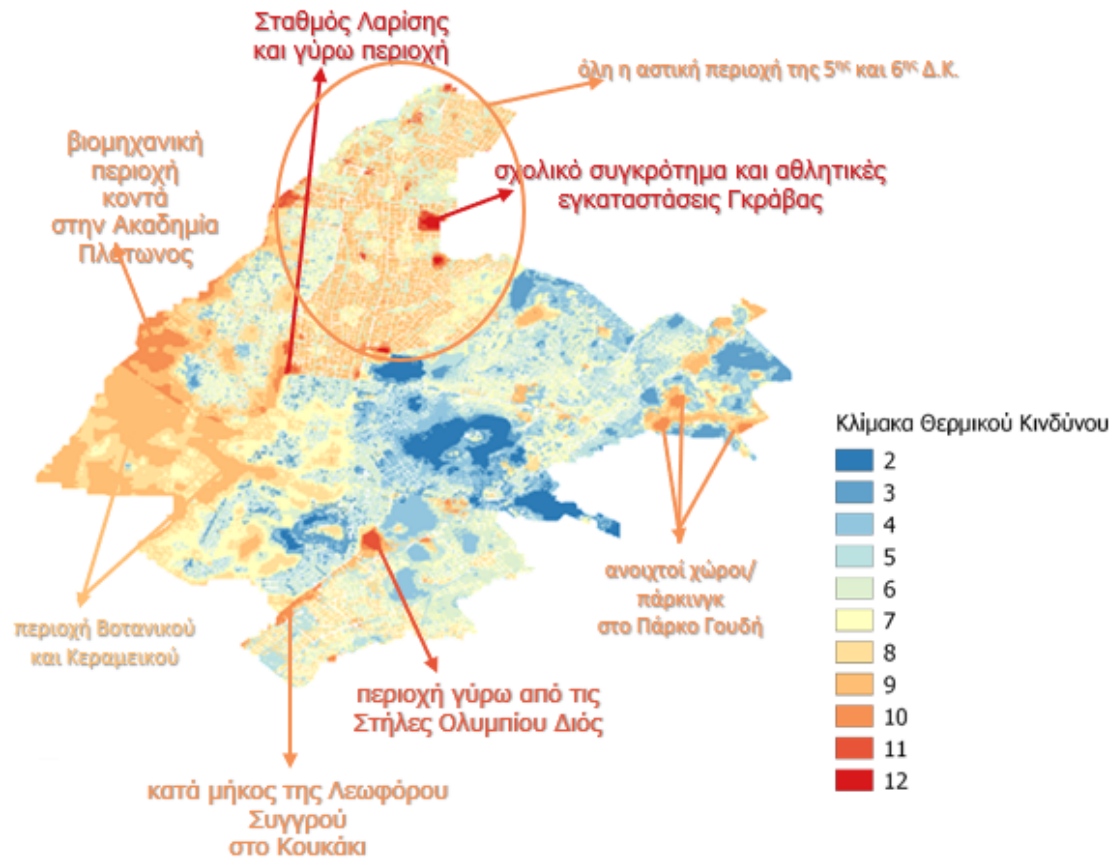
Water
Sea, river, lakes, irrigation



Vegetation
Parks, forests, gardens



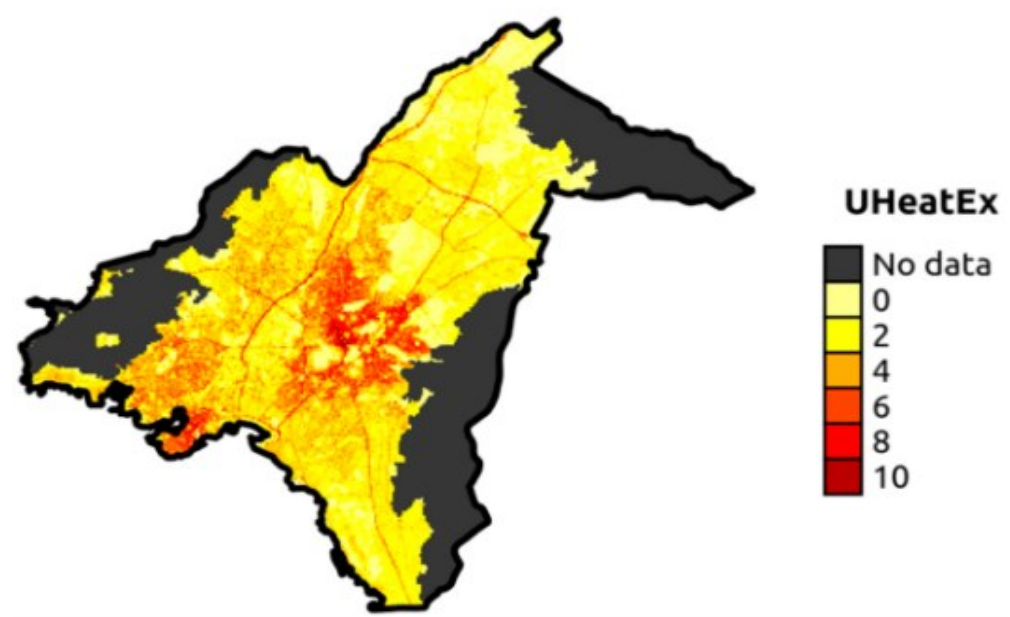
Θερμικός Κίνδυνος Δήμου Αθηναίων



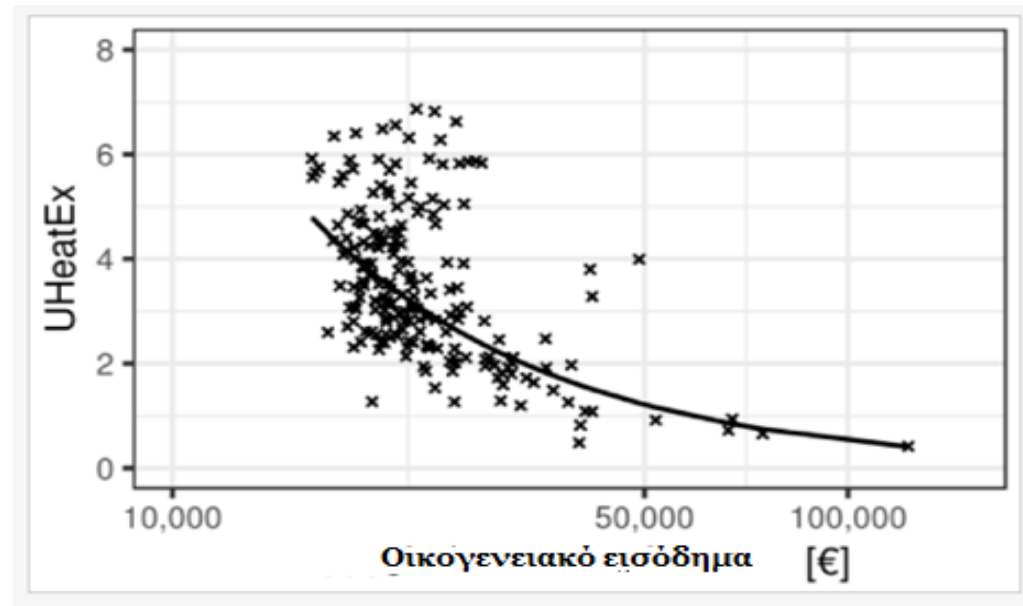
Κλίμακα Θερμικού Κινδύνου		Ποσοστό Κατανομής
2		3,4%
3		5%
4		9,5%
5		10%
6		16,6%
7		17,6%
8		18,1%
9		16,5%
10		2,6%
11		0,6%
12		0,1%

Οι περιοχές με **υψηλό θερμικό κίνδυνο** για τους κατοίκους, εντοπίζονται στο βορειοδυτικό τμήμα του Δήμου Αθηναίων, σε αντίθεση με το κεντρικό και ανατολικό, όπου εμφανίζονται περιοχές με χαμηλότερο θερμικό κίνδυνο.

Δείκτης Θερμικής Εκθεσης



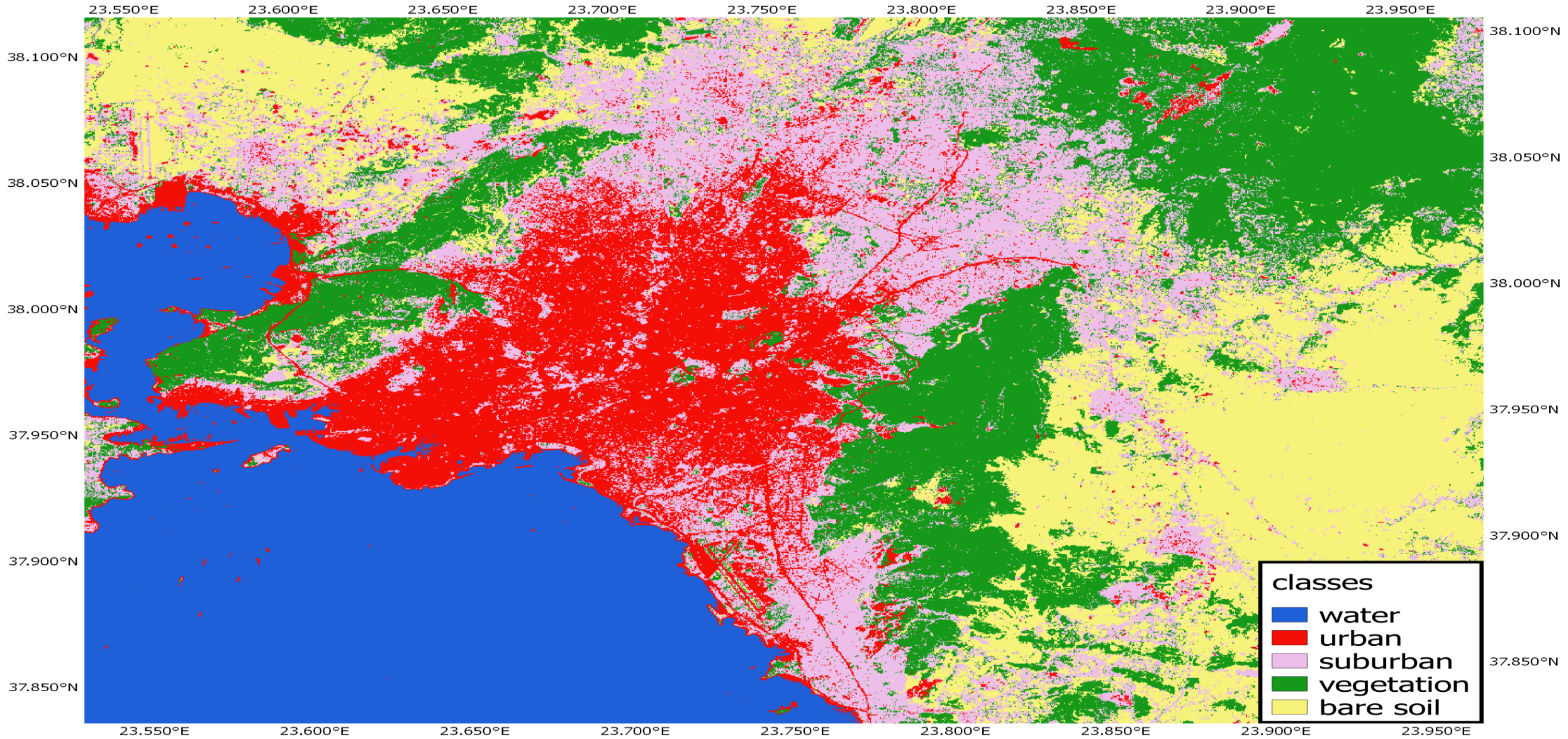
Διαπιστώνεται ότι όσο μικρότερο το οικογενειακό εισόδημα τόσο μεγαλύτερη η θερμική έκθεση. Αυτό συμβαίνει λόγω της παλαιότητας των κτιρίων, της ελλιπούς θερμομόνωσης, κλπ.



Πηγή. Agathangelidis, E., Cartalis, C., Santamouris, M., Urban Morphological Controls on Surface Thermal Dynamics: A Comparative Assessment of Major European Cities with a Focus on Athens, Greece, Climate.

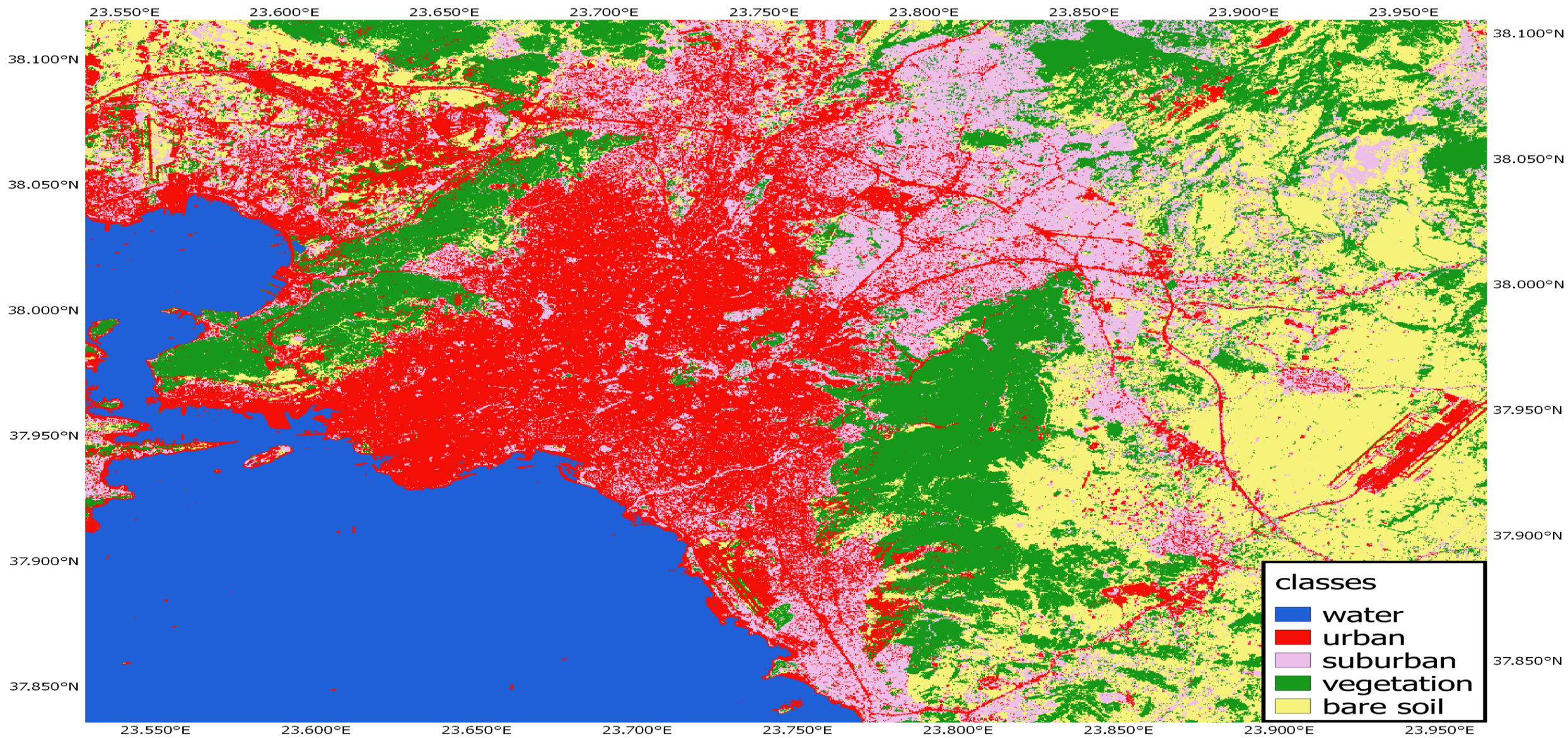
Το πώς οργανώνεται και αναπτύσσεται μία πόλη επηρεάζει σημαντικά (α) τις μετακινήσεις και κατά συνέπεια την παραγωγή (ανθρωπογενούς) θερμότητας (β) το είδος των υλικών επιφανείας με αποτέλεσμα την αυξημένη απορρόφηση ηλιακής ακτινοβολίας λόγω της χαμηλής ανακλαστικότητας των κατασκευαστικών υλικών και (γ) την απώλεια γυμνού εδάφους (bare soil) με αποτέλεσμα τη μείωση της εξάτμισης που αποτελεί φυσικό μηχανισμό δροσισμού.

Land cover 1993



Πηγή. Ερευνητική ομάδα Κ Καρτάλη, ΕΚΠΑ

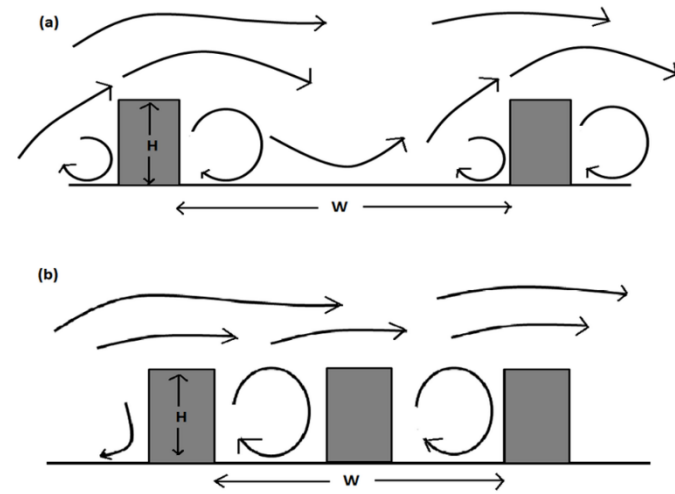
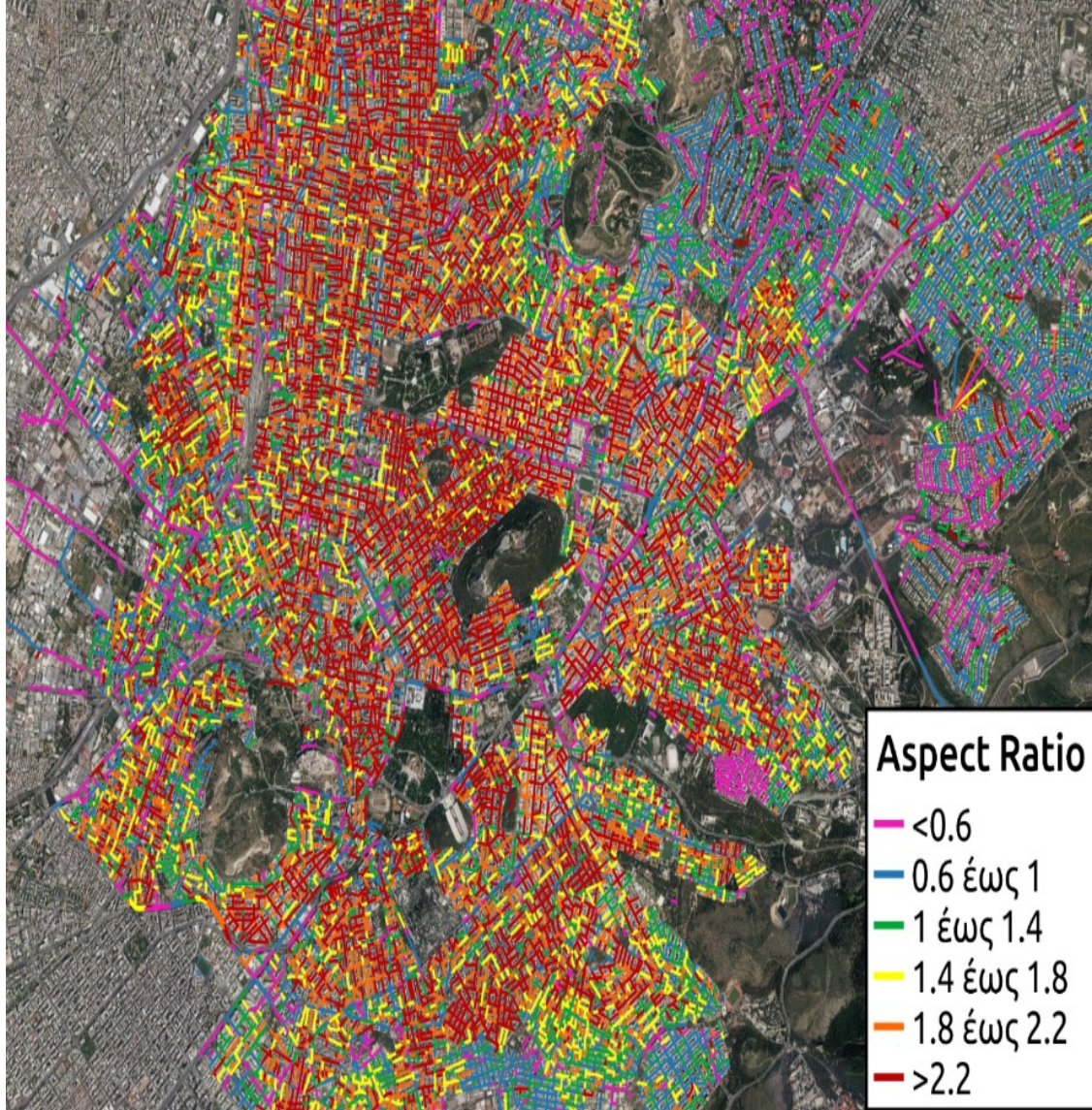
Land cover 2020



Πηγή. Ερευνητική ομάδα Κ Καρτάλη, ΕΚΠΑ

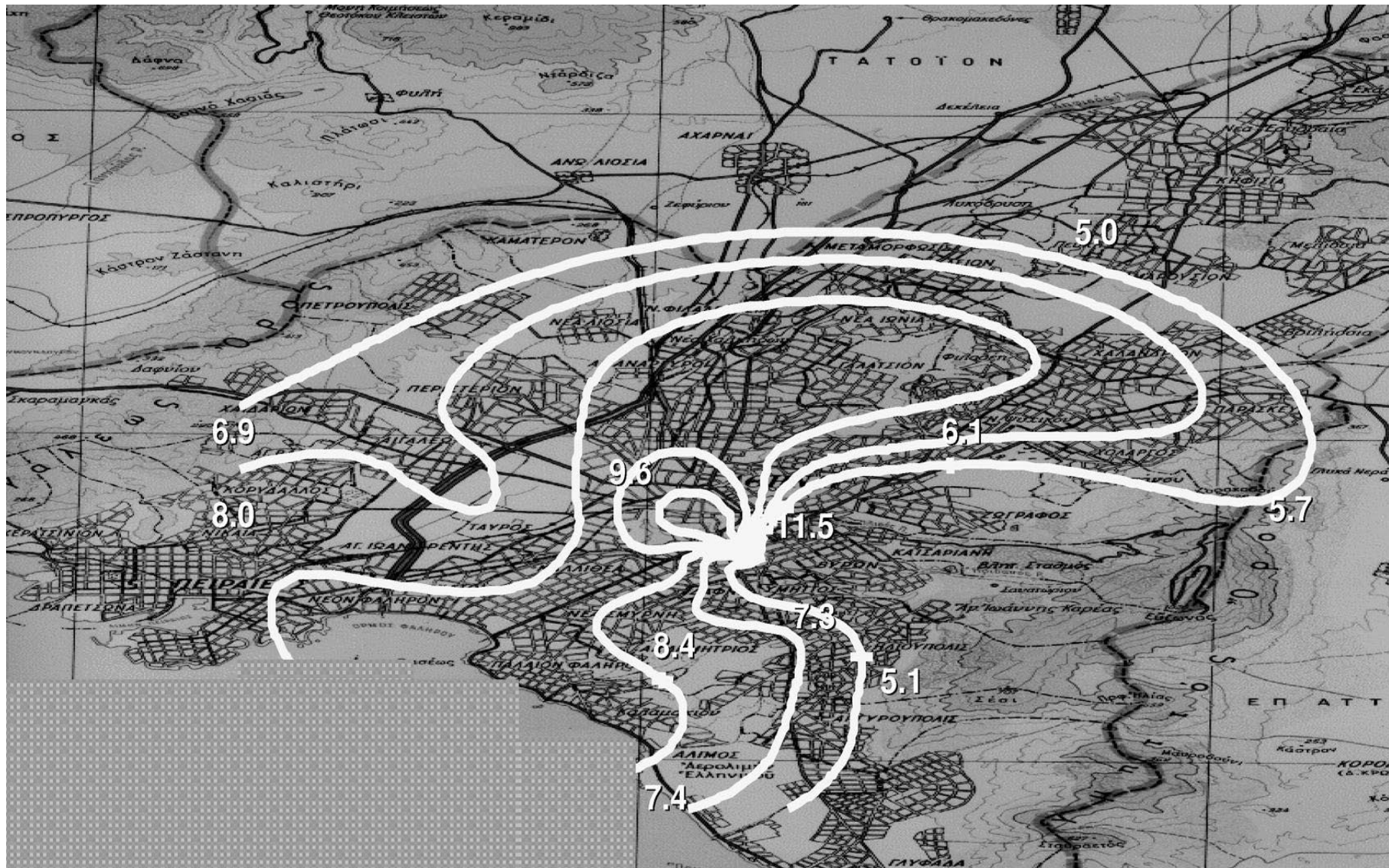
Ο ρόλος της αστικής μορφολογίας

aspect ratio: H/W (height of buildings /width of street)



Πηγή. Agathangelidis, E., Cartalis, C., Santamouris, M., Urban Morphological Controls on Surface Thermal Dynamics: A Comparative Assessment of Major European Cities with a Focus on Athens, Greece, Climate.

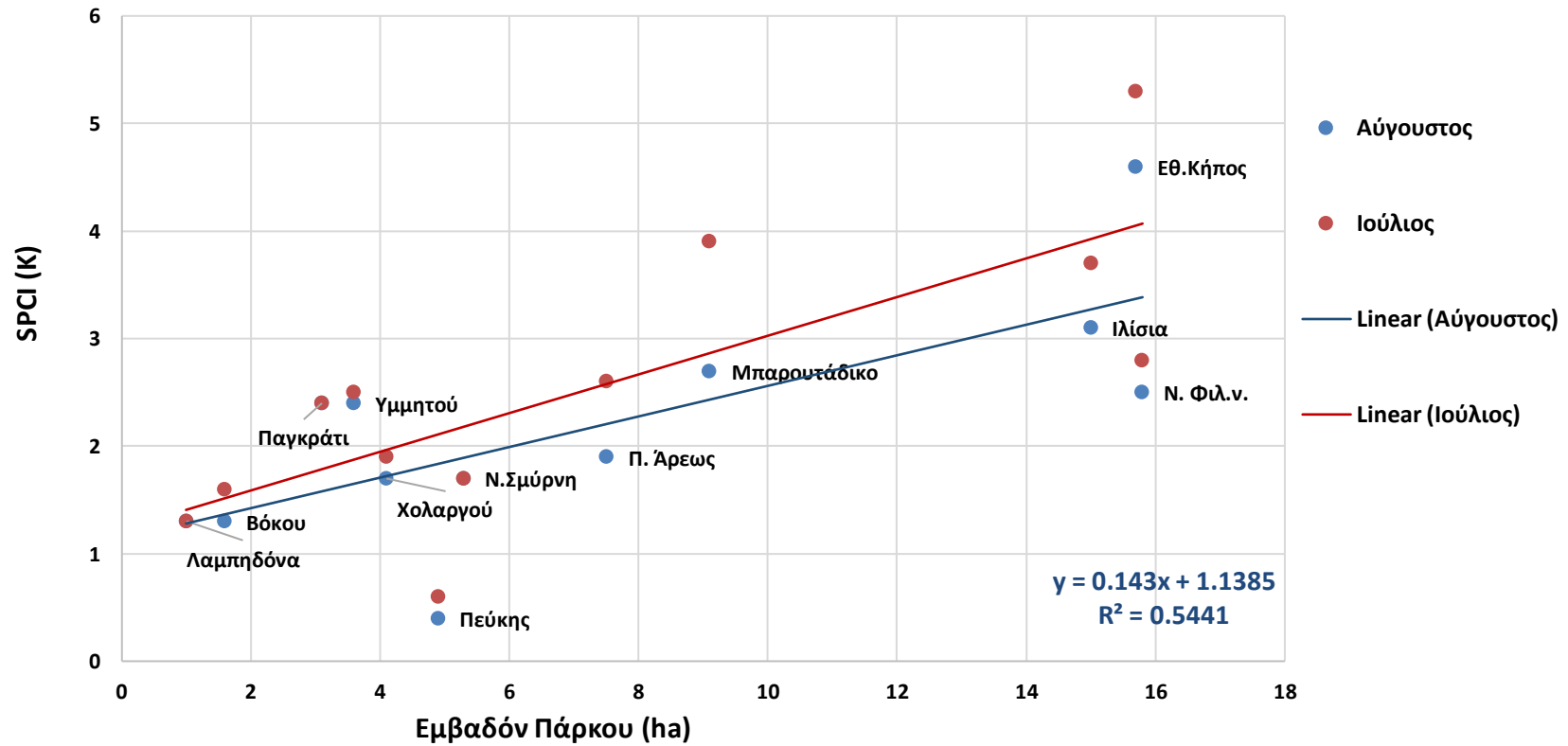
Κατανάλωση Ενέργειας για Ψύξη (kWh/m² /μήνα) για το διάστημα Ιούλιος-Αύγουστος,
σε συνάρτηση με την απόσταση από το Κέντρο
(iso-cooling loads)





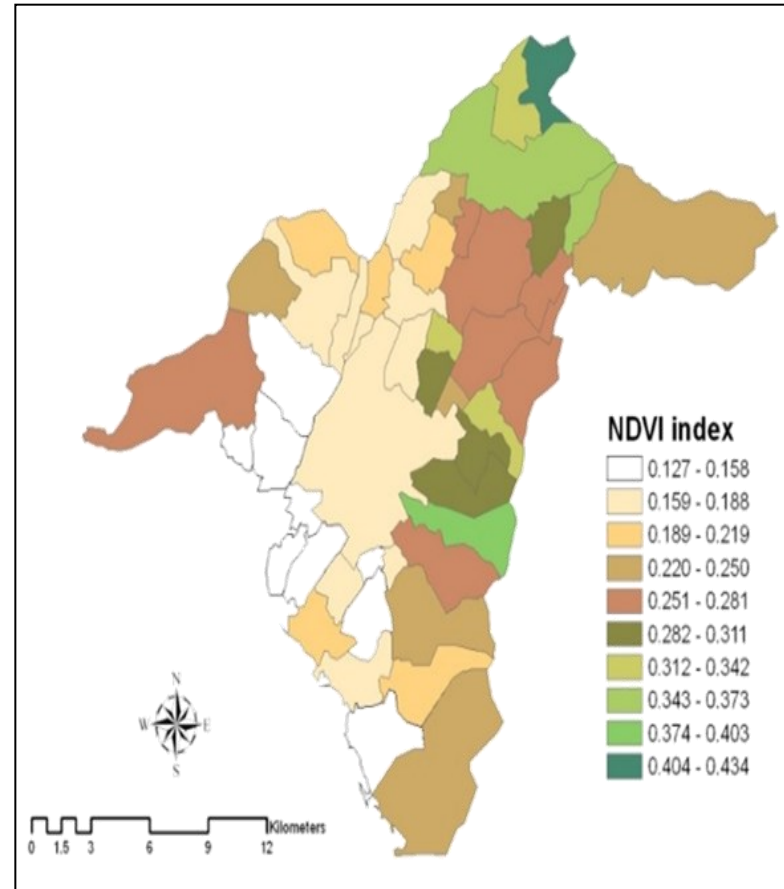
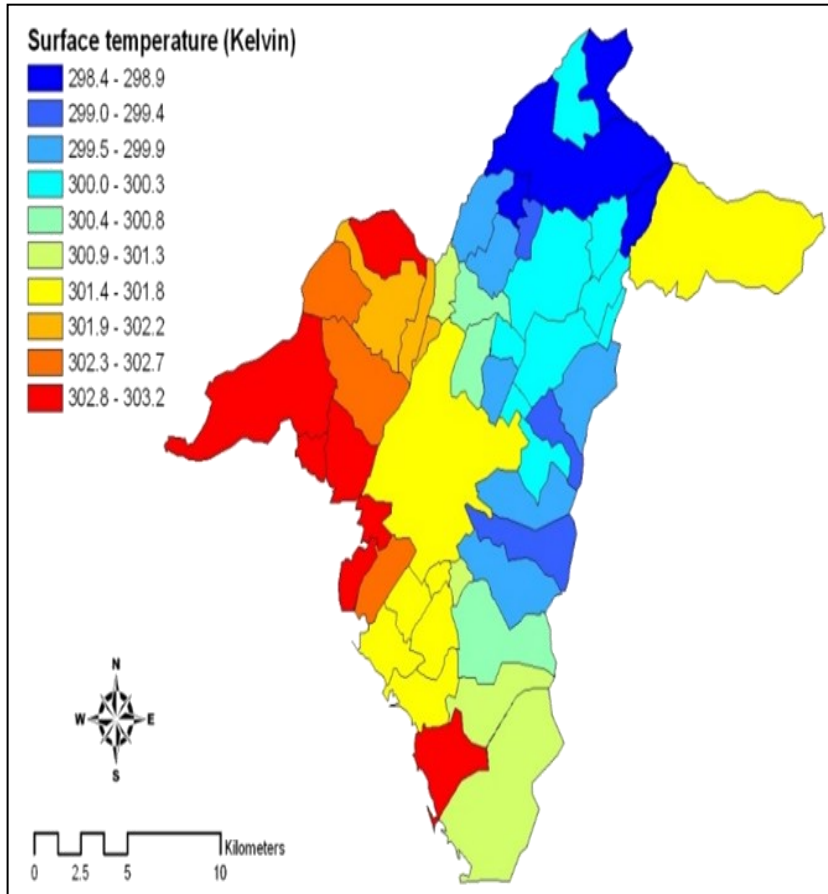
Δροσιστική επίδραση ενός αστικού πάρκου σε συνάρτηση
με το εμβαδόν του

Συσχέτιση έντασης SPCI με το εμβαδόν του πάρκου (πάρκα έως 16ha, n=12)



SPCI: Surface Park Cooling Intensity (ένταση επιφανειακού δροσισμού ενός πάρκου)

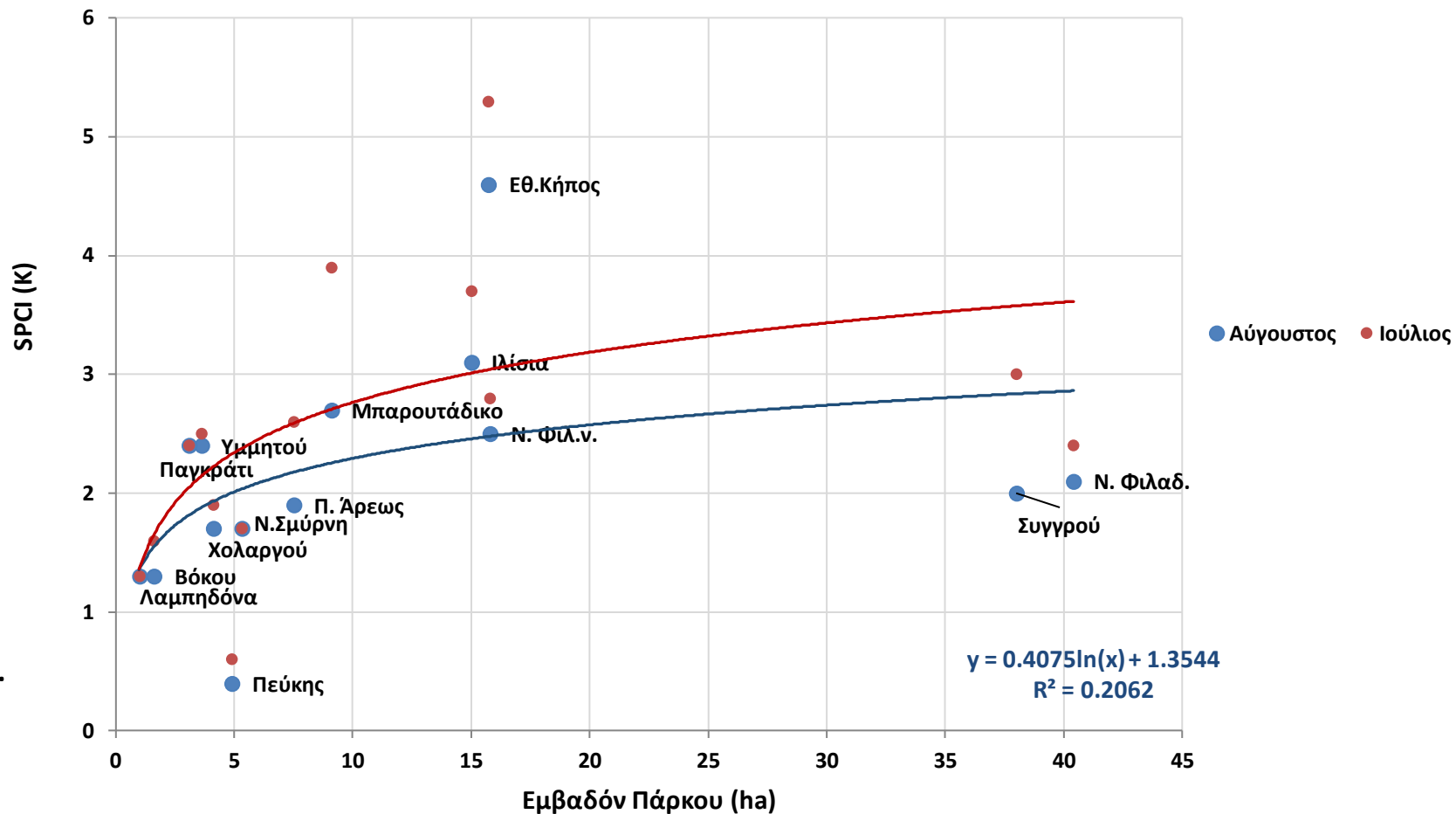
Σε περιοχές με χαμηλό δείκτη βλάστησης (δεξιά), η επιφανειακή θερμοκρασία εδάφους είναι υψηλή (αριστερά) και το αντίστροφο.



Πηγή. Cartalis, C. and Stathopoulou, M., 2016. The Potential of Earth Observation Based Indicators to Assess the State of Urban Environment: An Application for the Urban Agglomeration of Athens. Journal of Geoscience and Environment Protection, 4, 29-37.

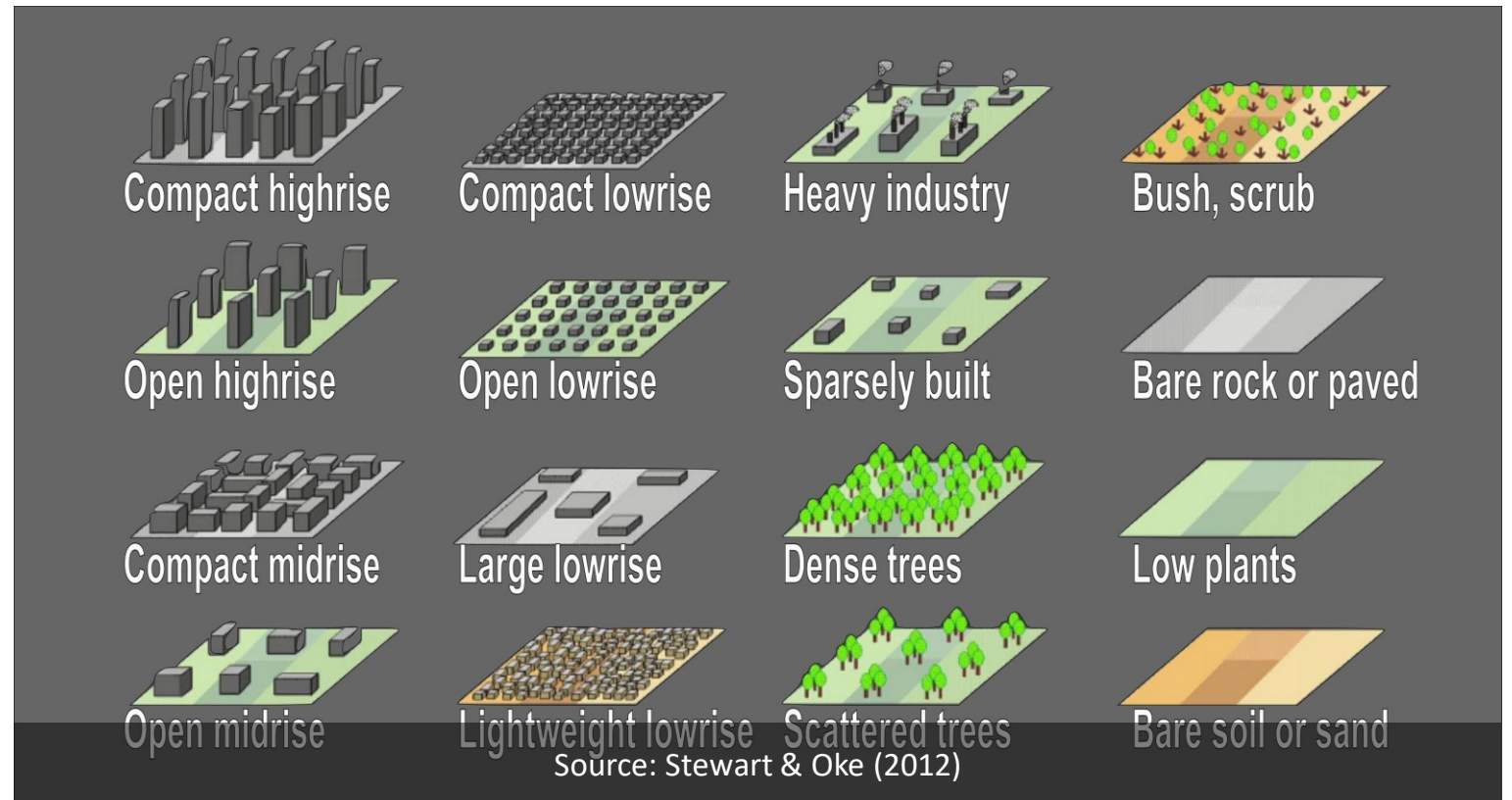
Από ένα συγκεκριμένο εμβαδόν πάρκου και άνω (>16 εκτάρια), η δροσιστική επίδραση παραμένει περίπου σταθερή. Αυτό σημαίνει ότι μία πόλη έχει ανάγκη – στην περίπτωση που επιδιώκει το μετριασμό της θερμικής επιβάρυνσης – μικρά και μεσαία πάρκα (ΑΣΤΙΚΟΣ ΒΕΛΟΝΙΣΜΟΣ).

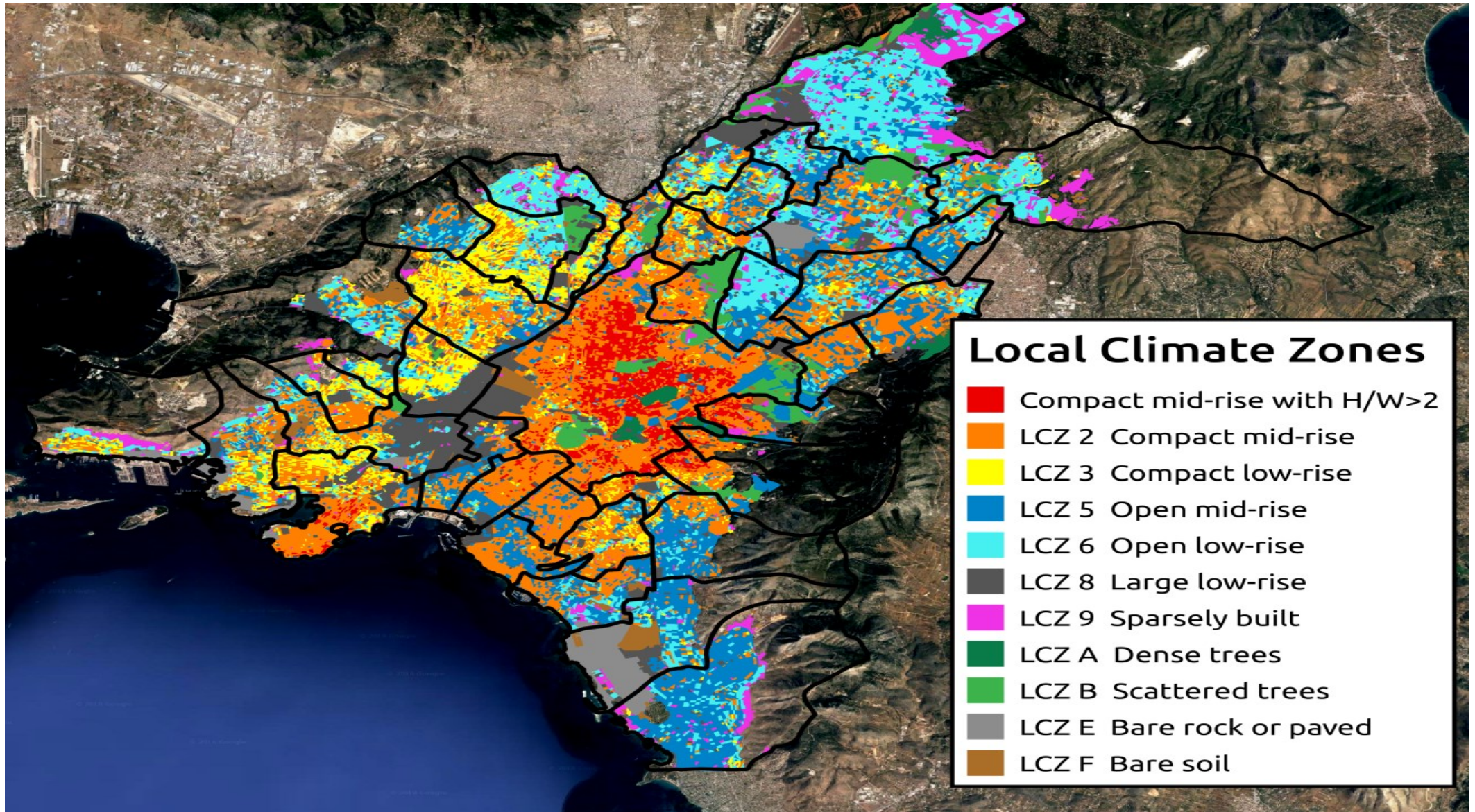
Συσχέτιση έντασης SPCI με το εμβαδόν του πάρκου
(όλα τα πάρκα, n=14)



Ερευνητική ομάδα Κ. Καρτάλη, ΕΚΠΑ

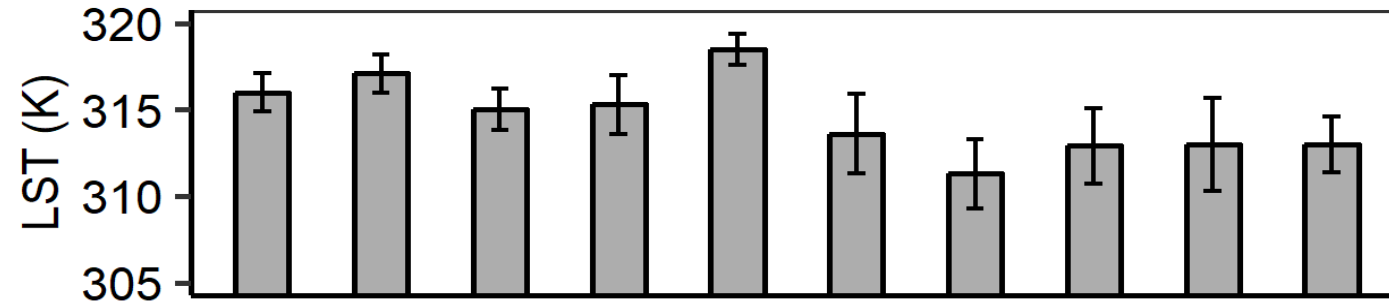
Αξιοποιώντας τις Τοπικές
Κλιματικές Ζώνες για τη
διαμόρφωση διαφοροποιημένων
Σχεδίων Προσαρμογής για το
αστικό περιβάλλον



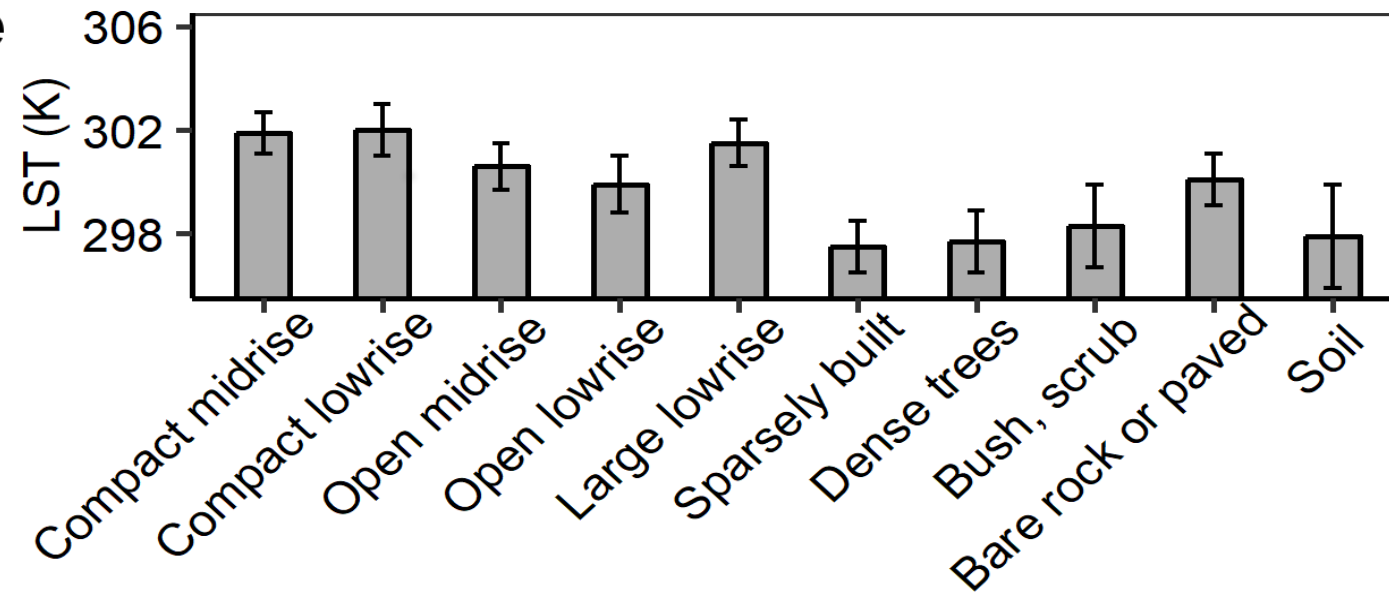


Μέση τιμή επιφανειακής θερμοκρασίας εδάφους ανά ΤΚΖ (ευρύτερο πολεοδομικό συγκρότημα Αθήνας)

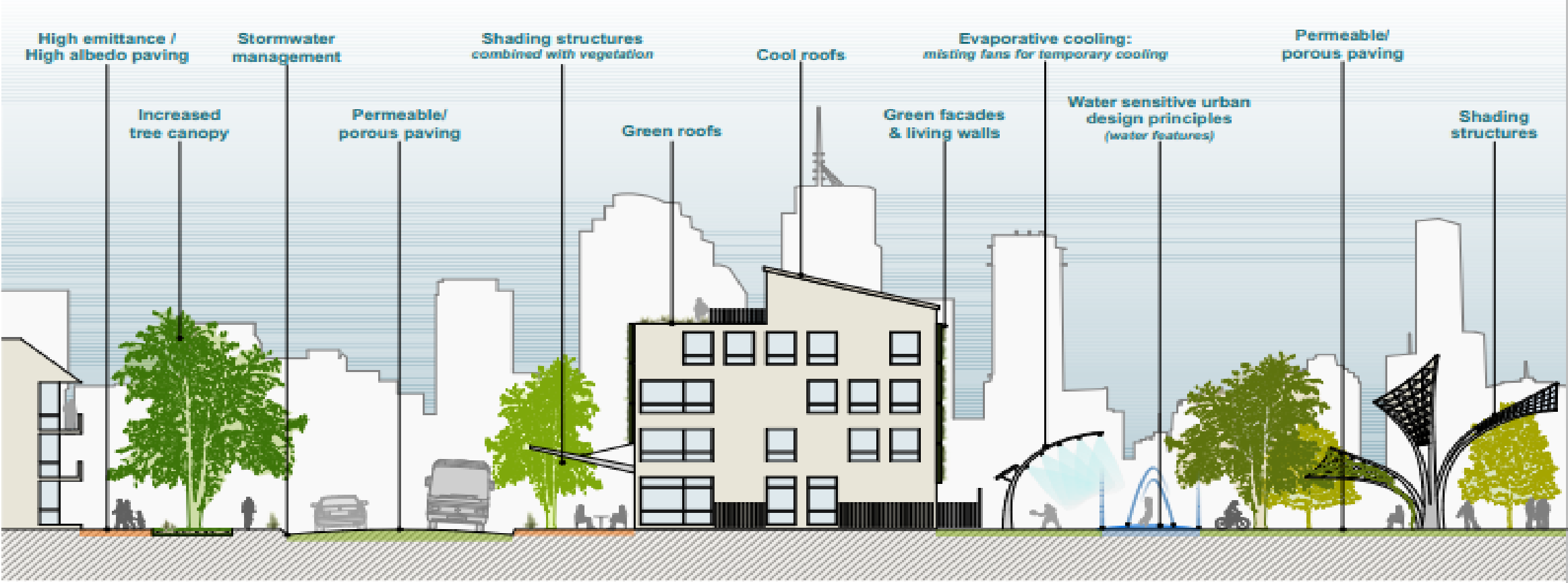
Daytime



Nighttime



COOLING STRATEGIES DURING SUMMER



Πηγή. <https://www.researchgate.net/publication/318982885>