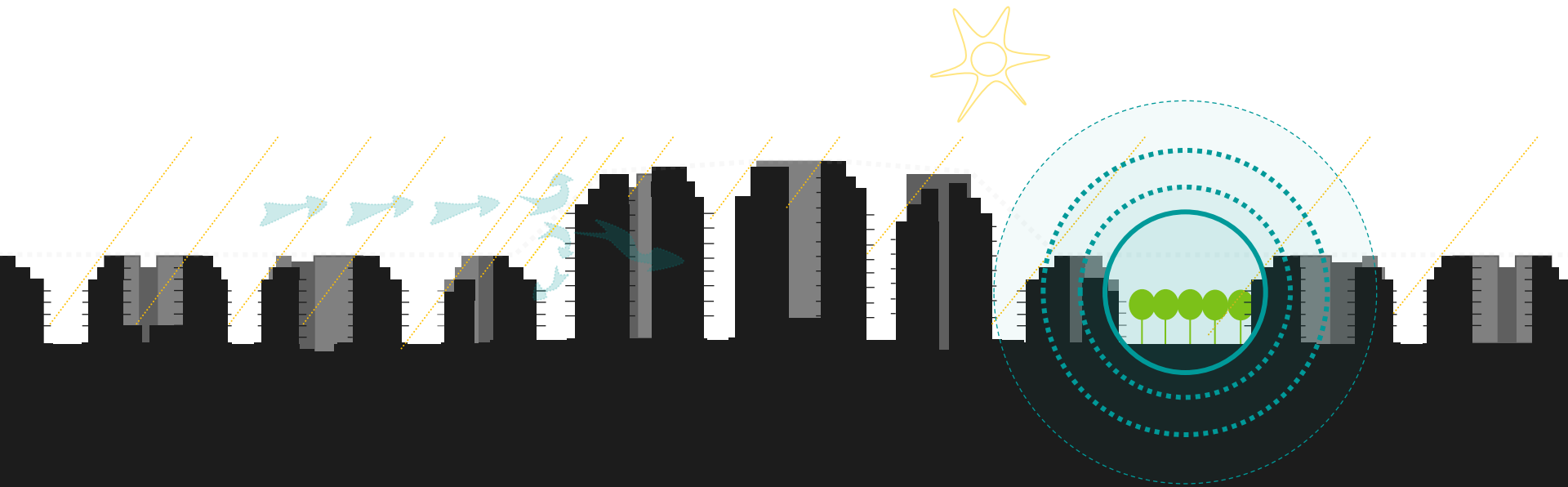


Μικροκλίμα και αστικός σχεδιασμός





υπαίθριοι χώροι στο σύνολο της πόλης

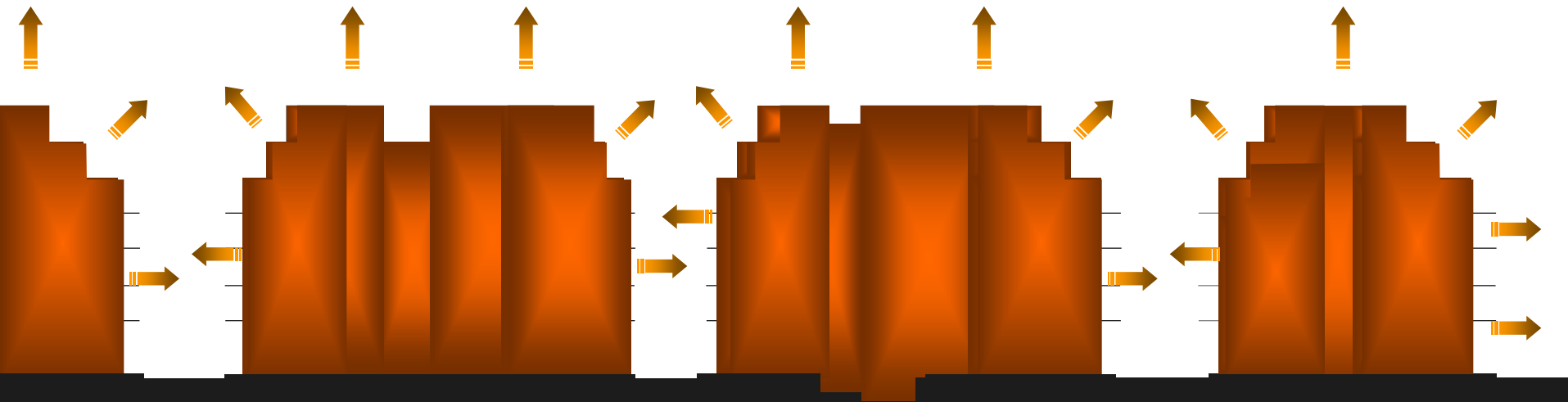
Μέσα στην πόλη δημιουργούνται διαφορετικές μικροκλιματικές συνθήκες στους υπαίθριους χώρους ανάμεσα στα κτίρια.

Διαφέρουν μεταξύ τους επειδή εξαρτώνται από τα χαρακτηριστικά του δομημένου περιβάλλοντος.

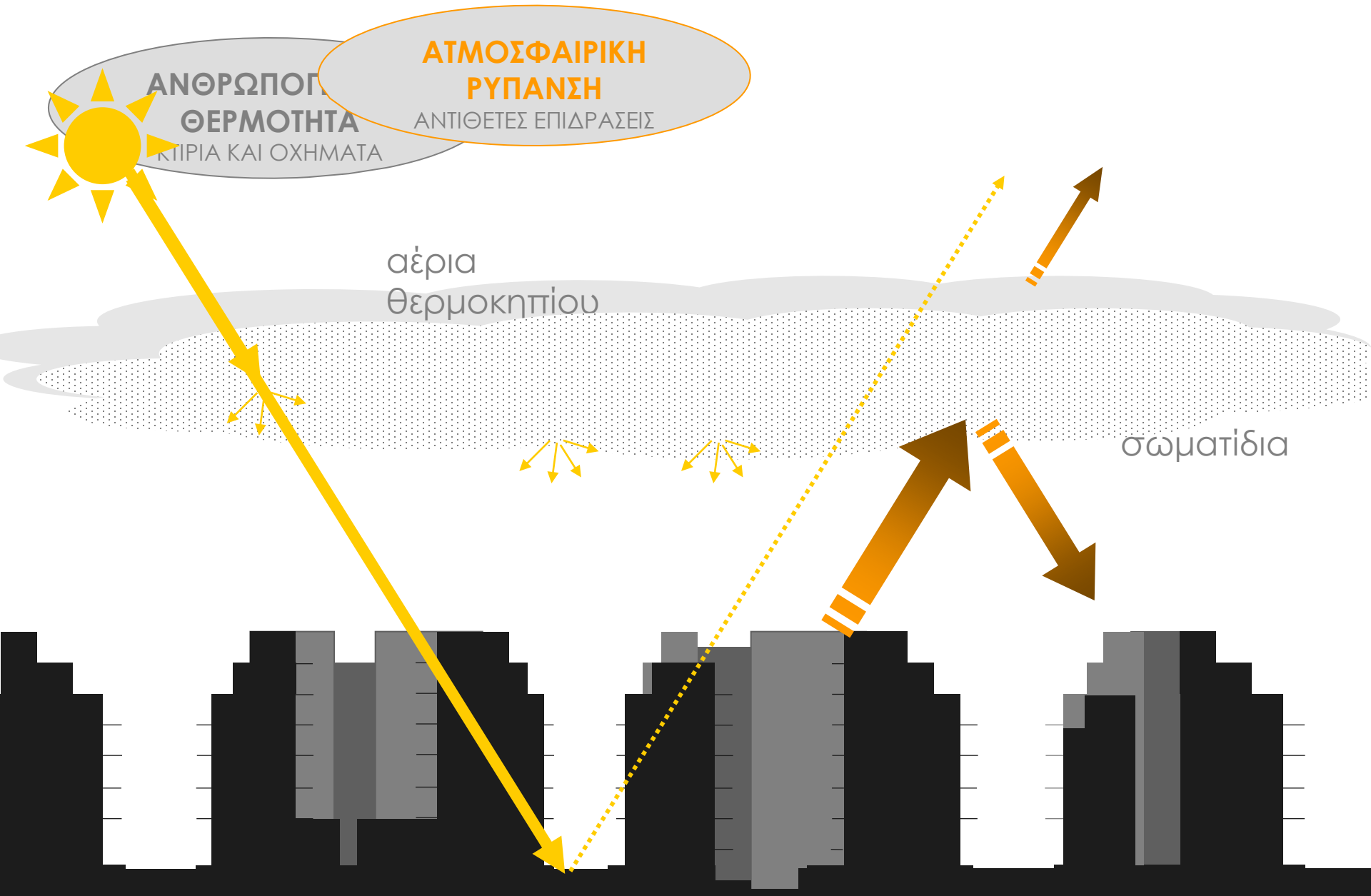
Ο συνδυασμός των διαφορετικών μικροκλιμάτων που συνυπάρχουν στον αστικό ιστό διαμορφώνει το κλίμα της πόλης.



ΑΝΘΡΩΠΟΓΕΝΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ ΚΤΙΡΙΑ ΚΑΙ ΟΧΗΜΑΤΑ



Αστικό κλίμα



Αστικό κλίμα

ΑΣΤΙΚΗ
ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ

ΑΝΘΡΩΠΙΝΗ
ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ
ΚΤΙΡΙΑ ΚΑΙ ΟΧΗΜΑΤΑ

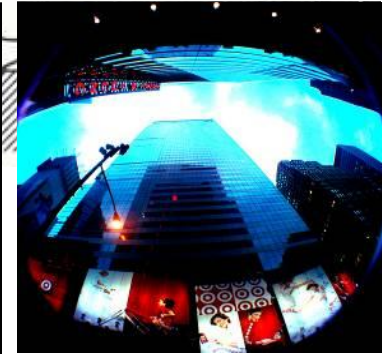
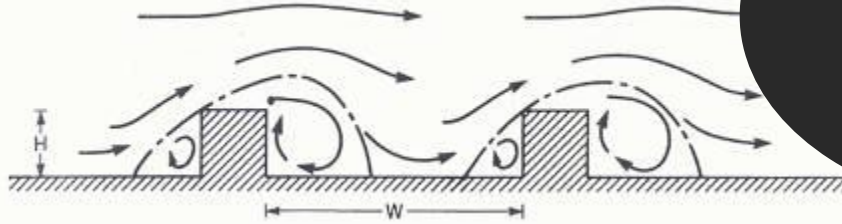
ΚΤΙΡΙΑΚΟΙ ΟΓΚΟΙ
ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΣΤΗ ΡΟΗ
ΑΕΡΑ

ΧΑΜΗΛΟΣ
ΠΑΡΑΓΟΝΤΑΣ ΘΕΑΣΗΣ
ΤΟΥ ΟΥΡΑΝΟΥ

ΕΜΠΟΔΙΟ ΣΤΗΝ ΑΠΟΒΟΛΗ
ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΤΗ ΝΥΧΤΑ

ΕΚΤΕΤΑΜΕΝΗ
ΑΣΤΙΚΗ
ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ

ΑΥΞΗΜΕΝΗ ΠΡΟ-
ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ
ΑΠΟΘΗΚΕΥ-
ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ



Αστικό κλίμα

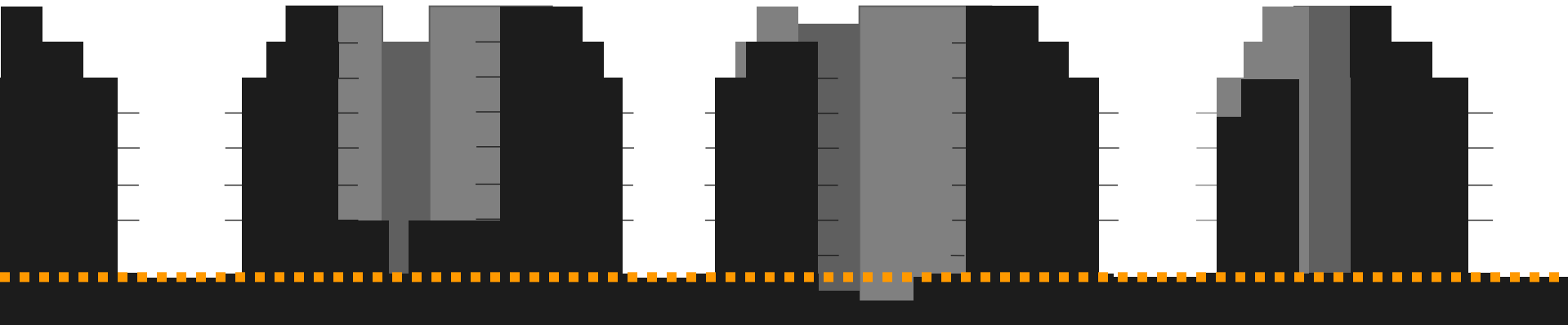
**ΑΝΘΡΩΠΟΓΕΝΗΣ
ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ**
ΚΤΙΡΙΑ ΚΑΙ ΟΧΗΜΑΤΑ

**ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ
ΡΥΠΑΝΣΗ**
ΑΝΤΙΘΕΤΕΣ ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ

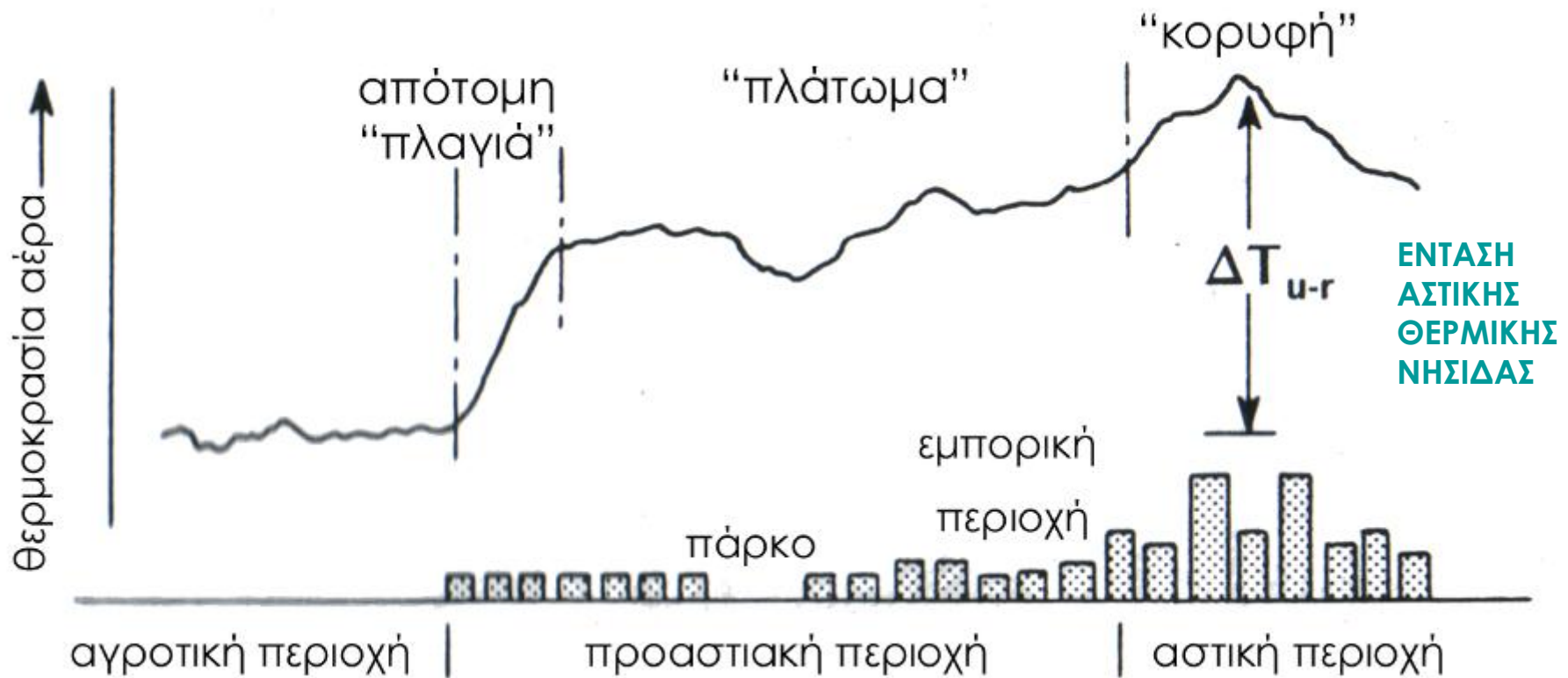
**ΑΣΤΙΚΗ
ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ**

**ΜΗ
ΥΔΑΤΟΔΙΑΠΕΡΑΤΑ
ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΑΠΟΥΣΙΑ
ΦΥΤΕΥΣΕΩΝ**

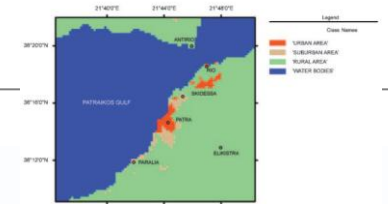
ΞΗΡΟ ΧΩΜΑ ΜΕΙΩΜΕΝΗ
ΕΞΑΤΜΙΣΗ ΚΑΙ ΧΑΜΗΛΗ
ΥΓΡΑΣΙΑ



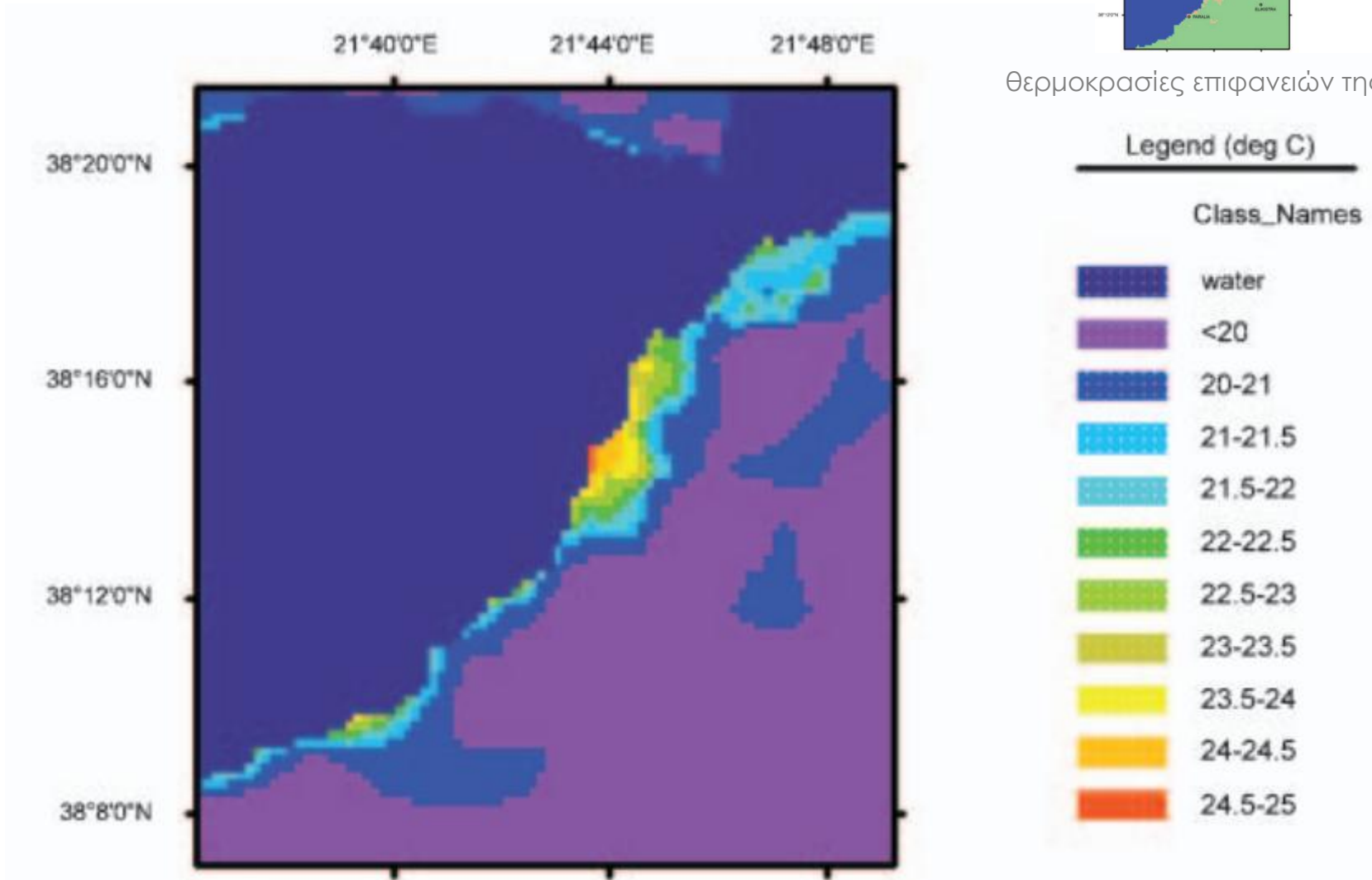
Αστική θερμική νησίδα



Αστική θερμική νησίδα



Θερμοκρασίες επιφανειών της πόλης



Stathopoulou, M., C. Cartalis and C. Keramitsoglou (2004). Mapping micro-urban heat islands using NOAA/AVHRR images and CORINE Land Cover: an application to coastal cities of Greece. International Journal of Remote Sensing 25;12;2301-2316.

αστική χαράδρα



Hong Kong

φυσική χαράδρα

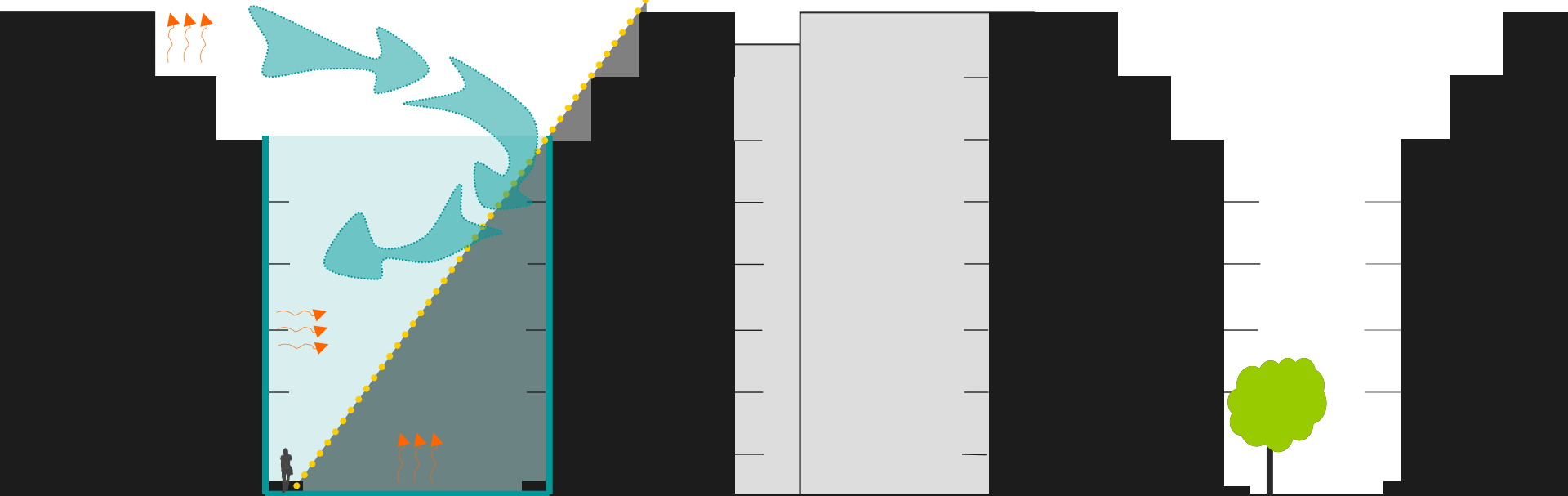


αστικό ενεργειακό ισοζύγιο

$$Q^* + Q_F = Q_H + Q_E + \Delta Q_S + \Delta Q_A$$



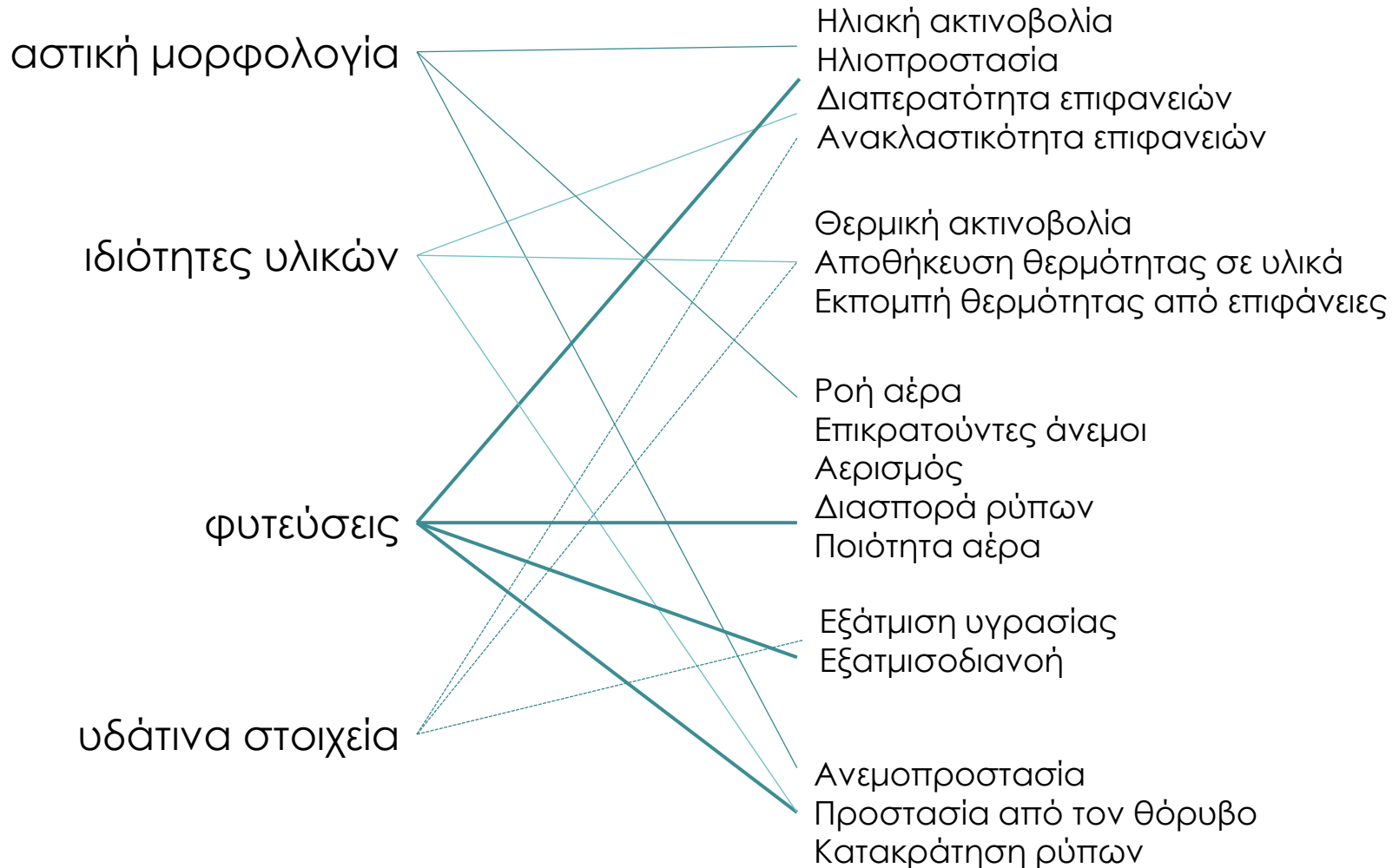
«Κάτω από το επίπεδο των δωματίων των κτιρίων βρίσκεται το στρώμα του 'αστικού θόλου' που παράγεται από μικρής κλίμακας διεργασίες που λειτουργούν μέσα στις 'χαράδρες' των δρόμων ανάμεσα στα κτίρια. Το κλίμα αυτού του στρώματος είναι ένα αμάλγαμα μικροκλιμάτων, το κάθε ένα από τα οποία κυριαρχείται από τα χαρακτηριστικά του άμεσου περιβάλλοντός του.»
Oke, T.R., Boundary Layer Climates



αστική χαράδρα : τοίχοι κτιρίων, δάπεδο δρόμου και όγκος αέρα ενδιάμεσα

Ο κατάλληλος σχεδιασμός του αστικού περιβάλλοντος μπορεί να οδηγήσει σε βελτίωση του μικροκλίματος για καλύτερη ενεργειακή συμπεριφορά των κτιρίων και για τη δημιουργία συνθηκών άνεσης για τους πεζούς.

παράμετροι σχεδιασμού που επηρεάζουν το μικρόκλιμα



ανακλαστικότητα

Η υψηλή ανακλαστικότητα των επιφανειών

- οδηγεί σε μικρή απορρόφηση ακτινοβολίας και σε χαμηλές επιφανειακές θερμοκρασίες
- οδηγεί σε χαμηλότερες θερμοκρασίες αέρα
- αυξάνει την ανακλώμενη ηλιακή ακτινοβολία που προσπίπτει στους πεζούς
- αυξάνει τη μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας MRT

η ανακλαστικότητα των επιφανειών επηρεάζει τις θερμοκρασίες περιβάλλοντος και τη θερμική άνεση των πεζών

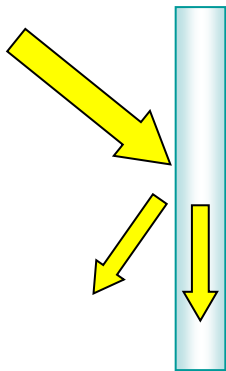


Απορροφητικότητα a είναι το ποσοστό της προσπίπτουσας ακτινοβολίας σε μια επιφάνεια το οποίο απορροφάται από την επιφάνεια

Ανακλαστικότητα ρ είναι το ποσοστό της προσπίπτουσας ακτινοβολίας σε μια επιφάνεια το οποίο ανακλάται

$$a + \rho = 1$$

(αδιαφανή υλικά)



Πρόκειται για ολικές ημισφαιρικές ιδιότητες μια επιφάνειας δηλαδή μέσες τιμές για όλα τα μήκη κύματος και όλες τις διευθύνσεις, όμως είναι δυνατόν να προσδιοριστούν και για συγκεκριμένο μήκος κύματος.

ο όρος **albedo** ή ηλιακή ανακλαστικότητα αναφέρεται στην ημισφαιρική ανακλαστικότητα μεταξύ 0.28 και 2.8 μm , δηλαδή τη ζώνη που αντιστοιχεί στο φάσμα της ηλιακής ακτινοβολίας και περιλαμβάνει την υπεριώδη, την ορατή και ένα τμήμα κοντά στην υπέρυθρη (Bretz και Akbari 1997)

ανακλαστικότητα

τυπικές τιμές ανακλαστικότητας επιφανειών

Υλικό	Ανακλαστικότητα
άσφαλτος	0.05-0.2
τοίχοι από σκουρόχρωμους οπτόπλινθους ή σκουρόχρωμες πλάκες	0.2
χώμα καλλιεργημένο	0.2
άμμος	0.24
φυλλοβόλα φυτά	0.2-0.3
κόκκινο, καφέ ή πράσινο χρώμα	0.2-0.35
σκυρόδεμα	0.3
κόκκινος οπτόπλινθος	0.3
χώμα	0.3
τοίχοι από ασβεστόλιθο	0.3-0.45
τοίχοι από ανοιχτόχρωμο οπτόπλινθο	0.3-0.5
ξύλο (φρεσκοκομμένο)	0.4
λευκά και υπόλευκα χρώματα	0.5-0.9
λευκό μάρμαρο	0.55
ανοιχτόχρωμη άμμος	0.4-0.6
χαλίκι	0.72
πράσινη χρωστική ουσία	0.73
λευκό ασβεστοκονίαμα	0.75
τοίχοι από υπόλευκη πέτρα	0.8
χρώμα αλουμινίου	0.8
λευκή χρωστική ουσία	0.85

ανακλαστικότητα

Η υψηλή ανακλαστικότητα μιας επιφάνειας οδηγεί σε χαμηλότερη επιφανειακή θερμοκρασία.

3 AUG 07 AUTH



ανακλαστικότητα

Τιμές ανακλαστικότητας διαφόρων αποχρώσεων

							
4 / 4	4 / 4	12 / 14	10 / 12	42 / 38	12 / 8	14 / 10	8 / 6
							
6 / 6	6 / 6	14 / 16	12 / 14	48 / 44	14 / 10	16 / 12	12 / 10
							
10 / 10	8 / 8	20 / 24	16 / 18	50 / 48	22 / 16	24 / 20	16 / 14
							
14 / 14	10 / 10	22 / 26	18 / 20	52 / 50	28 / 22	32 / 26	22 / 20
							
20 / 20	16 / 16	28 / 32	26 / 28	54 / 52	34 / 28	38 / 32	26 / 24

φως από λαμπτήρες / φυσικό φως

Internationale Licht Rundschau irl

ανακλαστικότητα

Η **υψηλή ανακλαστικότητα** των επιφανειών σε υπαίθριους χώρους οδηγεί σε **χαμηλές θερμοκρασίες** επιφανειών και περιβάλλοντος αλλά συνδέεται με πολύ ανοιχτές αποχρώσεις και με **προβλήματα οπτικής άνεσης**.

Έχουν δημιουργηθεί ορισμένα υλικά ειδικής κατασκευής με χρήση πρόσμικτων ουσιών, που διαθέτουν υψηλή ανακλαστικότητα ανεξάρτητα από το χρώμα τους ώστε να αποφεύγεται το πρόβλημα της θάμβωσης λόγω ανοιχτού χρώματος.

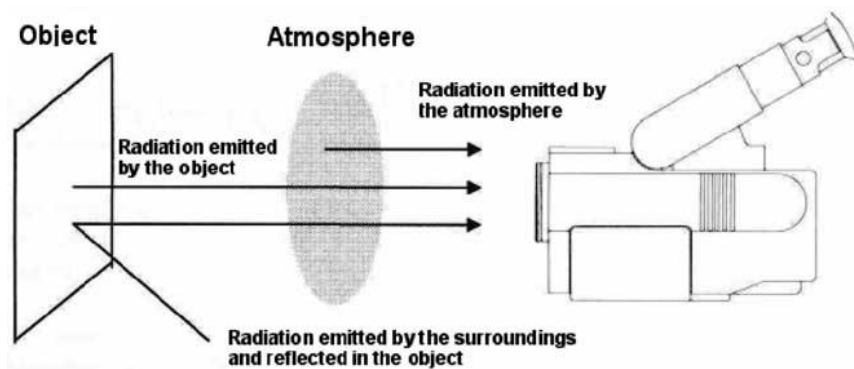
«ψυχρά υλικά»

υλικά με
υψηλή ανακλαστικότητα
υψηλή εκπεμπτικότητα



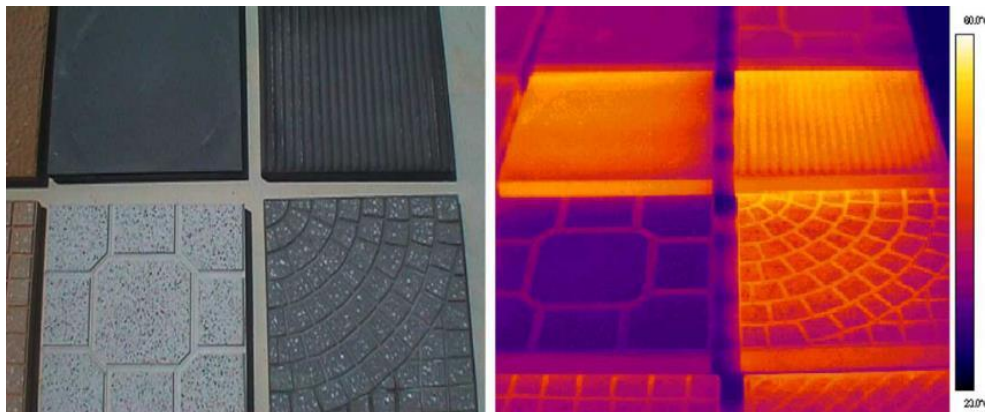
εκπεμπτικότητα

Η εκπεμπτικότητα (emissivity) ή ικανότητα εκπομπής ενός υλικού εκφράζει την ικανότητα της επιφάνειας του υλικού να εκπέμπει θερμότητα δηλαδή ακτινοβολία μεγάλου μήκους κύματος.



μέτρηση
θερμοκρασίας
υλικών με
υπέρυθρη
κάμερα:
μέτρηση της
θερμότητας που
εκπέμπουν οι
επιφάνειες

Η θερμότητα που εκπέμπει μια επιφάνεια εξαρτάται από την θερμοκρασία της και την ικανότητα εκπομπής της.



Η εκπεμπτικότητα ϵ υπολογίζεται με βάση τη σχέση

$$Q = \epsilon \sigma T^4 \text{ (νόμος του Planck)}$$

Η ενέργεια θερμικής ακτινοβολίας Q είναι συνάρτηση της επιφανειακής θερμοκρασίας T ενός αντικειμένου και της εκπεμπτικότητάς του ϵ .

Ο όρος σ είναι η σταθερά Stefan – Boltzmann $5,67 \times 10^{-8} \text{ W}/(\text{m}^2\text{K}^4)$.

Cengel Y.A. (2005 σ.689). Μεταφορά θερμότητας. Μια πρακτική προσέγγιση. Εκδόσεις Τζιόλα. Μεταφ. Τσιακάρας Π.Ε.

Τιμές εκπεμπτικότητας διαφόρων υλικών

Υλικό	Εκπεμπτικότητα
φύλλο αλουμινίου	0.04
γαλβανισμένο <u>σίδηρο</u>	0.13
χρώμα αλουμινίου	0.27-0.67
πλακίδια σκυροδεματος	0.63
άμμος	0.76
άσφαλτος	0.85-0.93
κεραμίδια	0.85
πέτρωμα	0.87
γκρι χρωστική ουσία	0.87
μαύρο χρώμα σε αλουμίνιο	0.88
οπτόπλινθος	0.90
ξύλο	0.90
σκυρόδεμα	0.94
μάρμαρο	0.95
λευκή χρωστική ουσία	0.96

Οι τιμές της εκπεμπτικότητας των υλικών που χρησιμοποιούνται στον αστικό χώρο κυμαίνονται μεταξύ **0,87 και 0,97** όμως για τα περισσότερα από αυτά τα υλικά η εκπεμπτικότητα παίρνει τιμές μεταξύ **0,92 και 0,95**.

Voogt, J.A. και T.R. Oke (2003)
"Thermal remote sensing of urban climates". Remote Sensing of Environment Vol. 86 pp370-384

Εκπεμπτικότητα (emissivity) ή ικανότητα εκπομπής μιας επιφάνειας ορίζεται ως ο λόγος της ακτινοβολίας που εκπέμπει αυτή η επιφάνεια προς την ακτινοβολία που εκπέμπει ένα μέλαν σώμα στην ίδια θερμοκρασία (για το μέλαν σώμα $\varepsilon=1$). Η ικανότητα εκπομπής αποτελεί μέτρο του κατά πόσο μια επιφάνεια προσεγγίζει τη συμπεριφορά ενός μέλανος σώματος.

Givoni B. (1998, σ.117). Climate considerations in building and urban design. John Wiley & Sons Inc. ,
Cengel Y.A. (2005 σ.689). Μεταφορά θερμότητας. Μια πρακτική προσέγγιση. Εκδόσεις Τζιόλα. Μεταφ. Τσιακάρης Π.Ε.

η εκπεμπτικότητα
εκφράζει την ικανότητα
της επιφάνειας του
υλικού να εκπέμπει
θερμότητα δηλαδή
ακτινοβολία μεγάλου
μήκους κύματος

Η επίδραση της
εκπεμπτικότητας γίνεται
αντιληπτή τη νύχτα επειδή
την ημέρα με την
παρουσία ηλιακής
ακτινοβολίας οι
θερμοκρασίες των
επιφανειών καθορίζονται
κυρίως από την
ανακλαστικότητα τους.

Doulos et al 2004

Η υψηλή εκπεμπτικότητα
ενισχύει τον δροσισμό των
επιφανειών μέσω
αποβολής θερμότητας με
ακτινοβολία και οδηγεί σε
χαμηλές επιφανειακές
θερμοκρασίες.

Berdahl & Bretz 1997

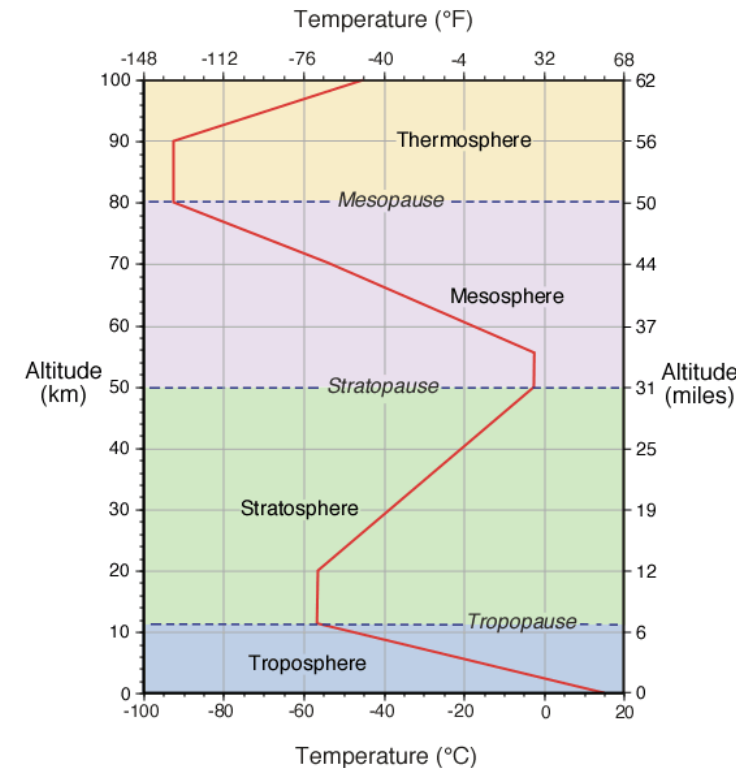
Θέαση ουρανού και αποβολή θερμότητας

διαστρωμάτωση της θερμοκρασίας στην ατμόσφαιρα της γης
ο ουρανός ως «καταβόθρα» θερμότητας

Astronauts aboard the International Space Station took this image showing Earth's atmosphere and moon on July 31, 2011. (Image: © ISS Crew Earth Observations Experiment and Image Science & Analysis Laboratory/Johnson Space Center.)



<https://www.space.com/17683-earth-atmosphere.html>



<http://www.physicalgeography.net/fundamentals/7b.html>

παράγοντας θέασης του ουρανού

Ο παράγοντας θέασης του ουράνιου θόλου, Sky View Factor (SVF), από ένα σημείο υπαίθριου χώρου είναι το ποσοστό του ουρανού που φαίνεται από το συγκεκριμένο σημείο χωρίς να εμποδίζεται από κτίρια, φυτά ή άλλα εμπόδια.

Η θέαση του ουρανού επηρεάζει το ισοζύγιο ακτινοβολίας, τις θερμοκρασίες των επιφανειών και του αέρα και τη θερμική αίσθηση του ανθρώπου σε μια συγκεκριμένη θέση.

Εμπόδια στη θέαση του ουρανού αποτελούν τα κτίσματα και τα δέντρα. Μελέτες δείχνουν ότι όταν η θέαση του ουρανού εμποδίζεται από βλάστηση επιτυγχάνονται καλύτερες συνθήκες σε υπαίθριους χώρους ενώ όταν εμποδίζεται από κτίσματα παρατηρούνται δυσμενέστερες συνθήκες.



παράγοντας θέασης του ουρανού

Όσο υψηλότερη είναι η τιμή του SVF (ανοιχτός χώρος) τόσο αυξάνεται η πιθανότητα να καταγραφούν υψηλότερες τιμές θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια της ημέρας αλλά να επιτευχθεί γρήγορη ψύξη κατά τη διάρκεια της νύχτας.

Αυξημένη τιμή SVF οδηγεί σε αυξημένη πιθανότητα για υψηλότερες τιμές ταχύτητας ανέμου και ακτινοβολίας

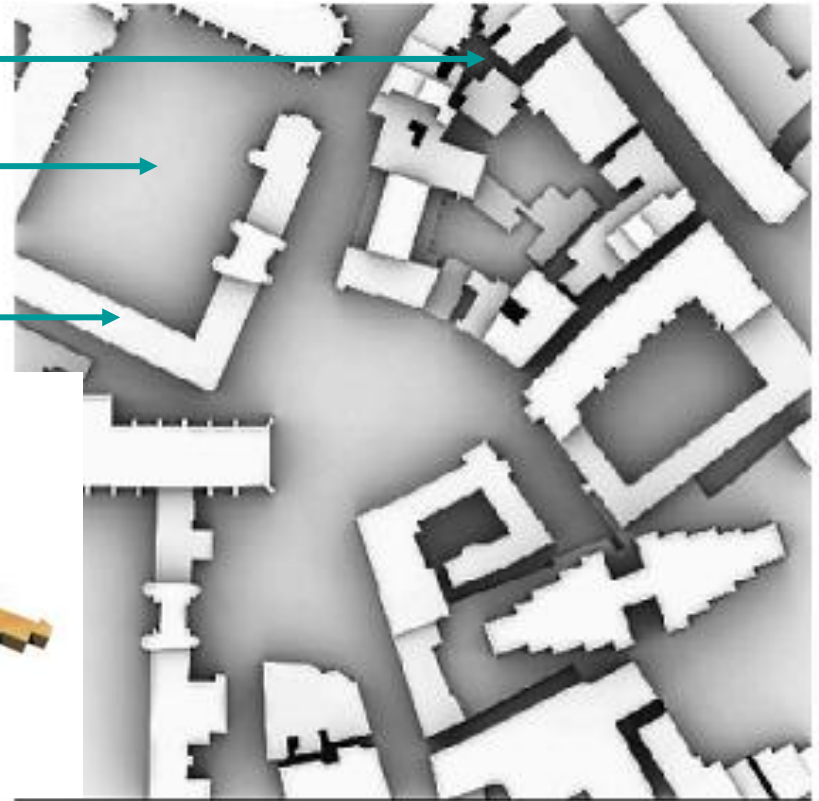
Ο παράγοντας
θέασης του ουρανού
παίρνει τιμές
από 0 ως 1
SVF 0 : πλήρης
απόκρυψη ουρανού
SVF 1: απόλυτα
ελεύθερη θέαση του
ουρανού



SVF < 0.1

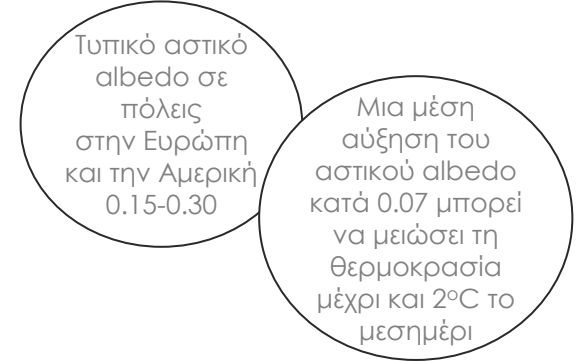
SVF > 0.9

SVF ~ 1.0

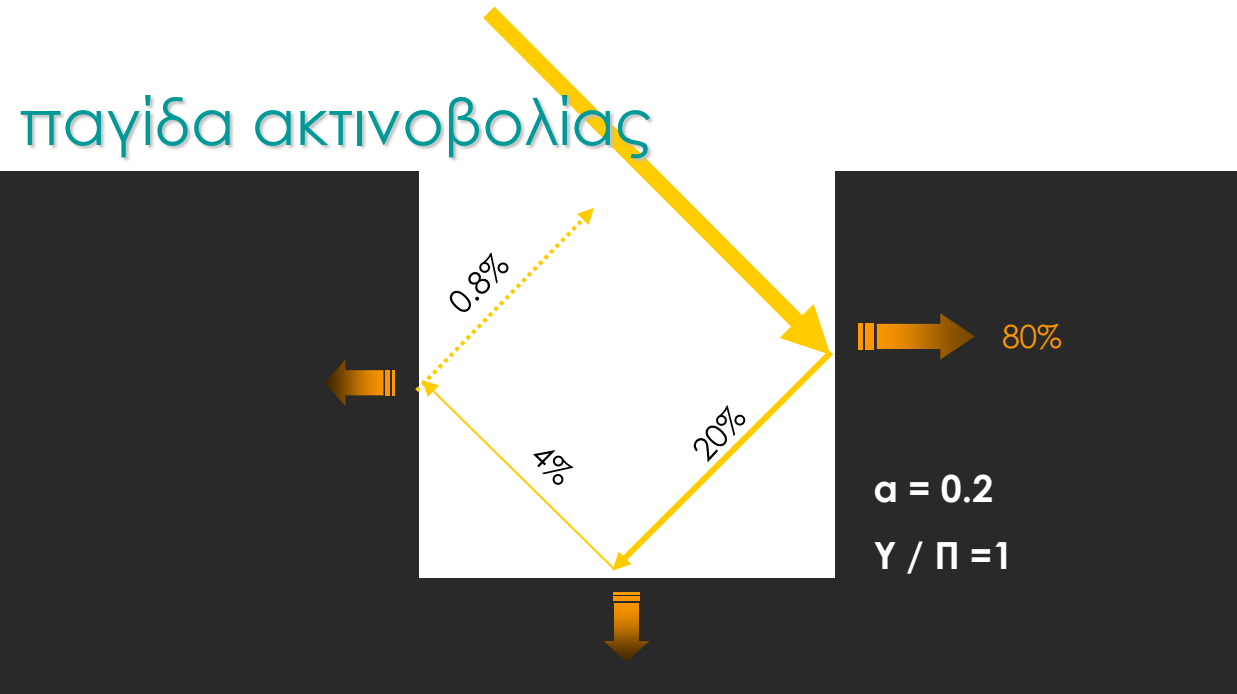


υλικά μορφολογία και θέαση του ουρανού στην αστική χαράδρα

Η χαμηλή **ανακλαστικότητα** των επιφανειών και η μειωμένη θέαση του ουρανού από τις υψηλές αναλογίες Υ/Π της αστικής χαράδρας εγκλωβίζουν την ακτινοβολία στον αστικό ιστό



Taha, H., S. Douglas and J. Haney (1997). Mesoscale meteorological and air quality impacts of increased urban albedo and vegetation. Energy and Buildings Vol. 25, pp169-177



ο όρος **αστικό albedo** αναφέρεται στην συνολική ανακλαστικότητα της αστικής επιφάνειας και εξαρτάται από την ανακλαστικότητα των επιμέρους επιφανειών κτιρίων και δαπέδων αλλά και από τη γεωμετρία των αστικών χαραδρών και την πυκνότητα που κτισμένου περιβάλλοντος

Τυπικές Τιμές α (albedo)	άσφαλτος	σκυρόδεμα	τοίχοι από κόκκινο οπτόπλινθο	τοίχοι από ασβεστόλιθο	τοίχοι από λευκό μάρμαρο	κόκκινο, καφέ, πράσινο χρώμα	λευκός γύψος	μαύρο χρώμα	κυματοειδής λαμαρίνα	ξύλο	χαλίκι	άμμος	ξηρό γρασίδι χρώμα	καλλιεργημένο χρώμα	φυλλοβόλα φυτά
	0.05-0.2	0.30	0.20-0.30	0.30-0.45	0.55	0.20-0.35	0.75	0.02-0.15	0.10-0.16	0.40	0.72	0.24	0.30	0.20	0.20-0.30

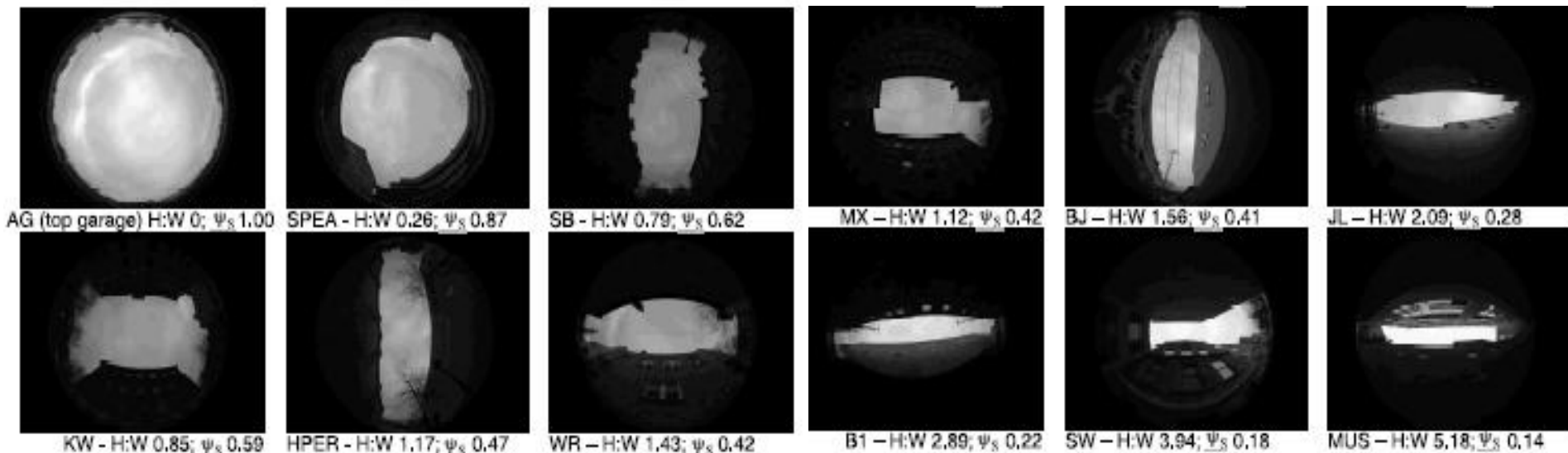
υλικά μορφολογία και θέαση του ουρανού στην αστική χαράδρα

Η υψηλή **Θερμοχωρητικότητα** των υλικών επιτρέπει μεγάλη αποθήκευση θερμότητας την ημέρα και η περιορισμένη θέαση του ουρανού εμποδίζει την αποβολή θερμότητας τη νύχτα

παράγοντες θέασης
του ουρανού
για τυπικές αστικές
χαράδρες

Sky View Factor
από 0.14 ως 1

παγίδα ακτινοβολίας



Θερμοχωρητικότητα

Τιμές Θερμοχωρητικότητας διαφόρων υλικών

Υλικό	Θερμοχωρητικότητα (kJ/m³K)
γυψοσανίδα	900
ξύλο	800-1120
πίσσα	1050-1100
χώμα	1280
κεραμικά πλακίδια δαπέδου	1680
ασβεστόλιθος μαλακός	1800
σκυρόδεμα μέτριας πυκνότητας	1800 - 2200
άσφαλτος	2100
μάρμαρο, πέτρινες πλάκες	2800
βασάλτης	3000
νερό (10°C)	4190

Πηγή: ISO 10456

η
Θερμοχωρητικότητα
εκφράζει την
ικανότητα ενός
υλικού να
αποθηκεύει
θερμότητα

Η θερμοχωρητικότητα των υλικών καθορίζει τη ροή αποθήκευσης θερμότητας στο αστικό περιβάλλον και επηρεάζει το αστικό ενεργειακό ισοζύγιο και την **αστική θερμική νησίδα**.

Arnfield & Grimmond 1998

Η θερμοχωρητικότητα ορίζεται ως η ενέργεια που απαιτείται για την άνοδο της θερμοκρασίας μιας μονάδας όγκου υλικού κατά ένα βαθμό και ισούται με το **γινόμενο της ειδικής θερμότητας και της πυκνότητας** του υλικού.

$$\frac{\text{Wh}}{(\text{m}^3\text{K})}$$
$$\frac{\text{J}}{(\text{m}^3\text{K})}$$

Σύμφωνα με υπολογισμούς η ροή αποθήκευσης θερμότητας στο αστικό περιβάλλον αντιπροσωπεύει το 17-58% της εισερχομένης ενέργειας ακτινοβολίας, και **εξαρτάται από την πυκνότητα δόμησης**.

Grimmond et al 1991

Arnfield, A.J. και C.S.B. Grimmond (1998). An urban canyon energy budget model and its application to urban storage heat flux modelling. Energy and Buildings vol. 27 pp61-68.
Grimmond, C.S.B., H.A. Cleugh και T.R. Oke (1991). An objective urban heat storage model and its comparison with other schemes. Atmospheric Environment Vol.25B, No.3, pp311-326

Θερμοχωρητικότητα

Η **Θερμοχωρητικότητα** ή «ογκομετρική Θερμοχωρητικότητα» c_v ορίζεται ως η ενέργεια που απαιτείται για την άνοδο της θερμοκρασίας μιας μονάδας όγκου υλικού κατά ένα βαθμό K και ισούται με το γινόμενο της ειδικής θερμότητας c_p και της πυκνότητας ρ του υλικού.

Givoni B. (1998, σ.117). Climate considerations in building and urban design. John Wiley & Sons Inc.
Oke, T.R. (1987), Boundary Layer Climates. second ed. Methuen & Co, London.

Η θερμοχωρητικότητα υπολογίζεται από τη σχέση

$$c_v = \rho c_p$$

και εκφράζεται σε

$$Wh/(m^3K) \text{ ή } J/(m^3K)$$

Η ειδική θερμότητα (c_p) και η θερμοχωρητικότητα (c_v) εκφράζουν την **ικανότητα ενός υλικού να αποθηκεύει θερμότητα**, με τη διαφορά ότι η ειδική θερμότητα την εκφράζει ανά μονάδα μάζας και η θερμοχωρητικότητα ανά μονάδα όγκου, όπως φαίνεται και από τις μονάδες μέτρησης $J/(kg \cdot K)$ και $J/(m^3 \cdot K)$ αντίστοιχα.

Cengel Y.A. (2005 σ.689). Μεταφορά θερμότητας. Μια πρακτική προσέγγιση.
Εκδόσεις Τζιόλα. Μεταφ. Τσιακάρης Π.Ε.

τραχύτητα

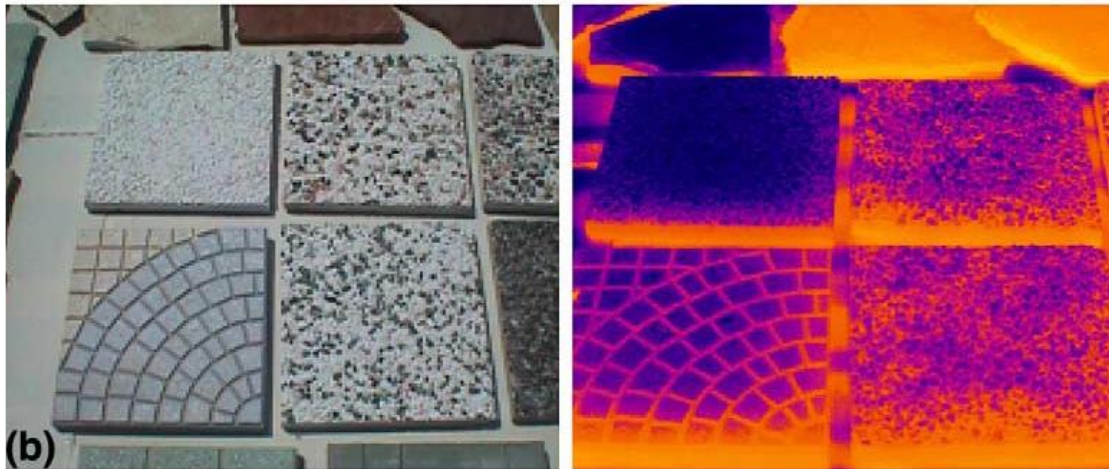
Επιφανειακή τραχύτητα (surface roughness)

Μια επιφάνεια είναι ομαλή αν το ύψος τραχύτητας της επιφάνειας είναι πολύ μικρότερο από το μήκος κύματος της προσπίπτουσας ακτινοβολίας.

Cengel Y.A. (2005 σ.689). Μεταφορά θερμότητας. Μια πρακτική προσέγγιση. Εκδόσεις Τζιόλα. Μεταφ. Τσιακάρης Π.Ε.

Στα δομικά υλικά η τραχύτητα μιας επιφάνειας μειώνει την ανακλαστικότητα και αυξάνει την απορροφητικότητα της.

Οι λείες και επίπεδες επιφάνειες είναι πιο ψυχρές.



Doulos, L., M. Santamouris και I. Livada (2004). Passive cooling of outdoor urban spaces. The role of materials. Solar Energy Volume 77, Issue 2, pp 231-249

αδιάστατο
μέγεθος
(1 - ∞)

για τις περισσότερες
πραγματικές
επιφάνειες η
επιφανειακή
τραχύτητα κυμαίνεται
μεταξύ 1,5 και 3

Gokhale, A. και W.J. Drury (1993). Surface roughness of Anisotropic Fracture Surfaces. Materials Characterisation 30, pp279-286.

υλικά επιφανειών αστικών χώρων



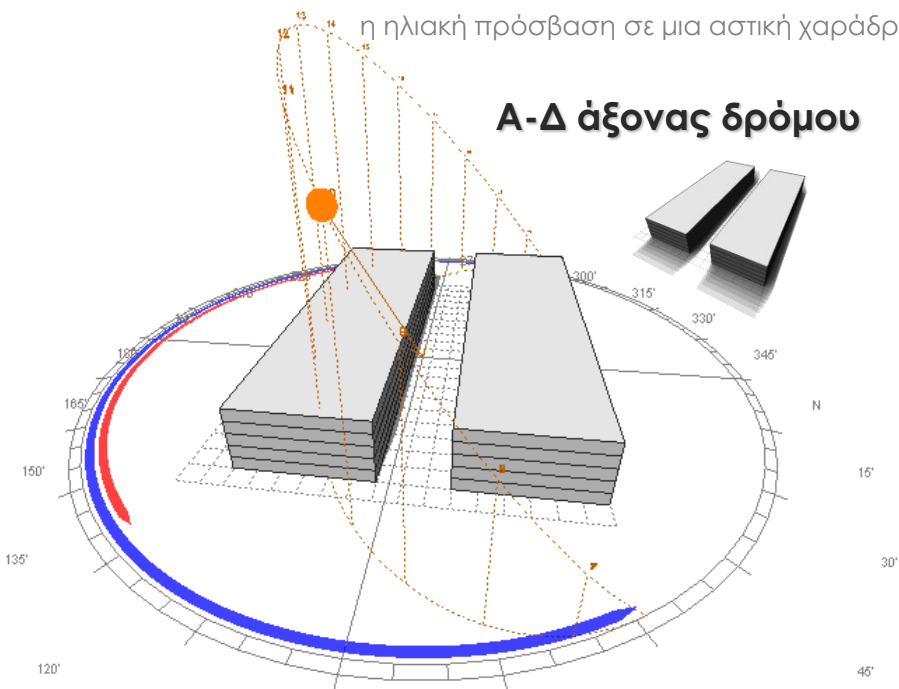
Navitas park | Marianne Levinsen Landskab | 2014 Aarhus Δαβια
<http://mariannelevinsen.dk/navitas-park.html>



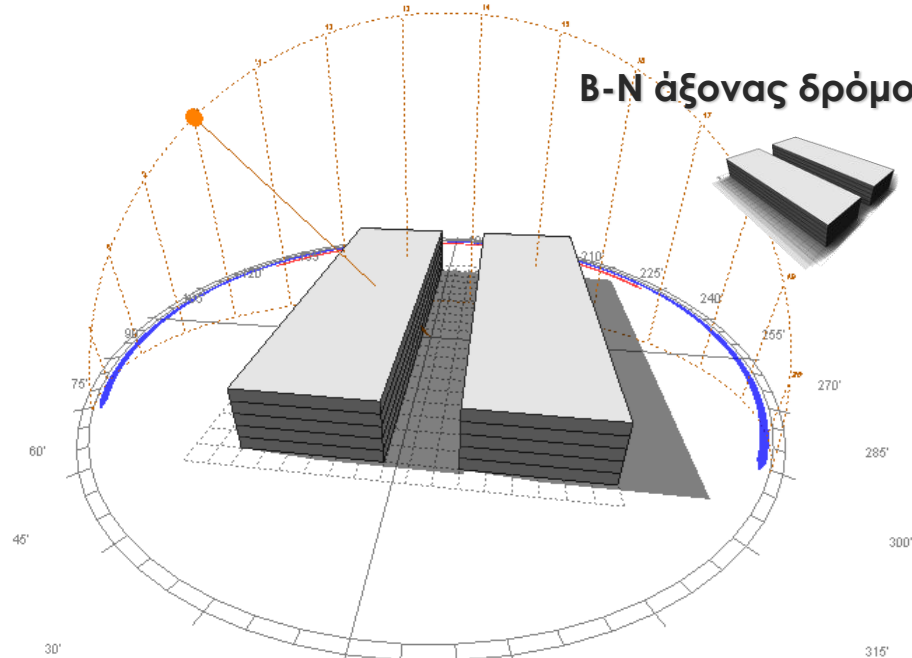
ηλιακή πρόσβαση και ηλιοπροστασία | προσανατολισμός

η ηλιακή πρόσβαση σε μια αστική χαράδρα εξαρτάται από τον προσανατολισμό του άξονά της

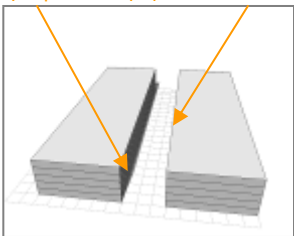
Α-Δ άξονας δρόμου



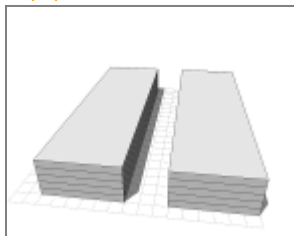
Β-Ν άξονας δρόμου



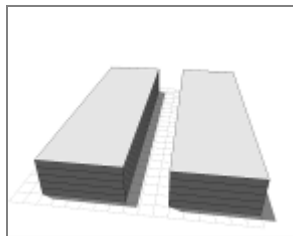
βόρεια όψη νότια όψη



10:00

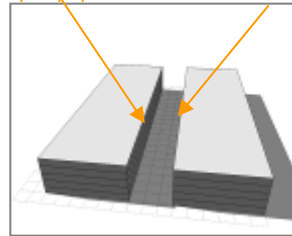


12:00

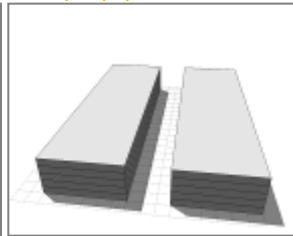


14:00

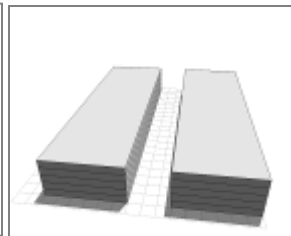
δυτική όψη ανατολική όψη



10:00



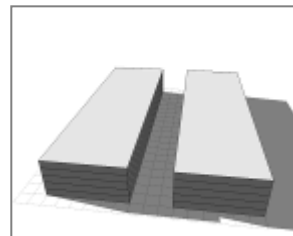
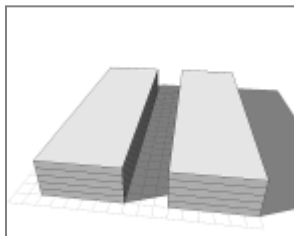
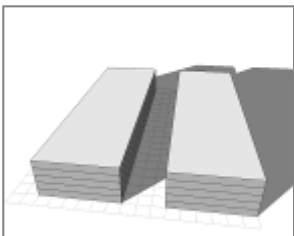
12:00



14:00

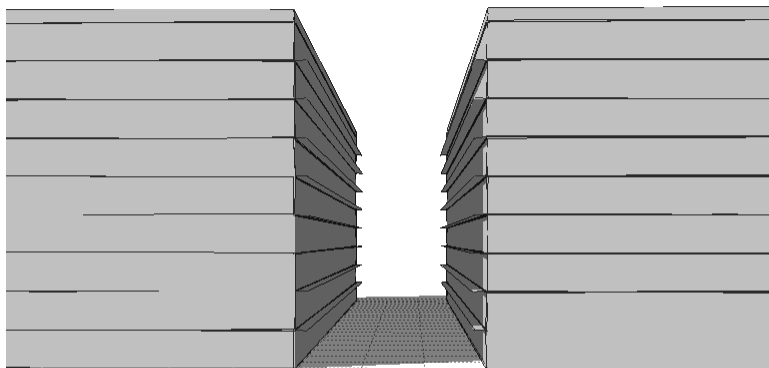
ΙΟΥΝΙΟΣ

ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ

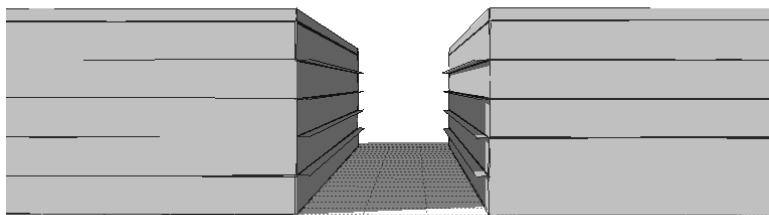


ηλιακή πρόσβαση και ηλιοπροστασία | αναλογία Υ/Π

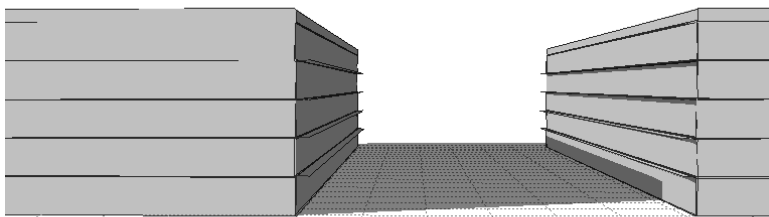
η ηλιακή πρόσβαση σε μια αστική χαράδρα εξαρτάται από τις αναλογίες ύψους κτιρίων προς πλάτος υπαίθριου χώρου



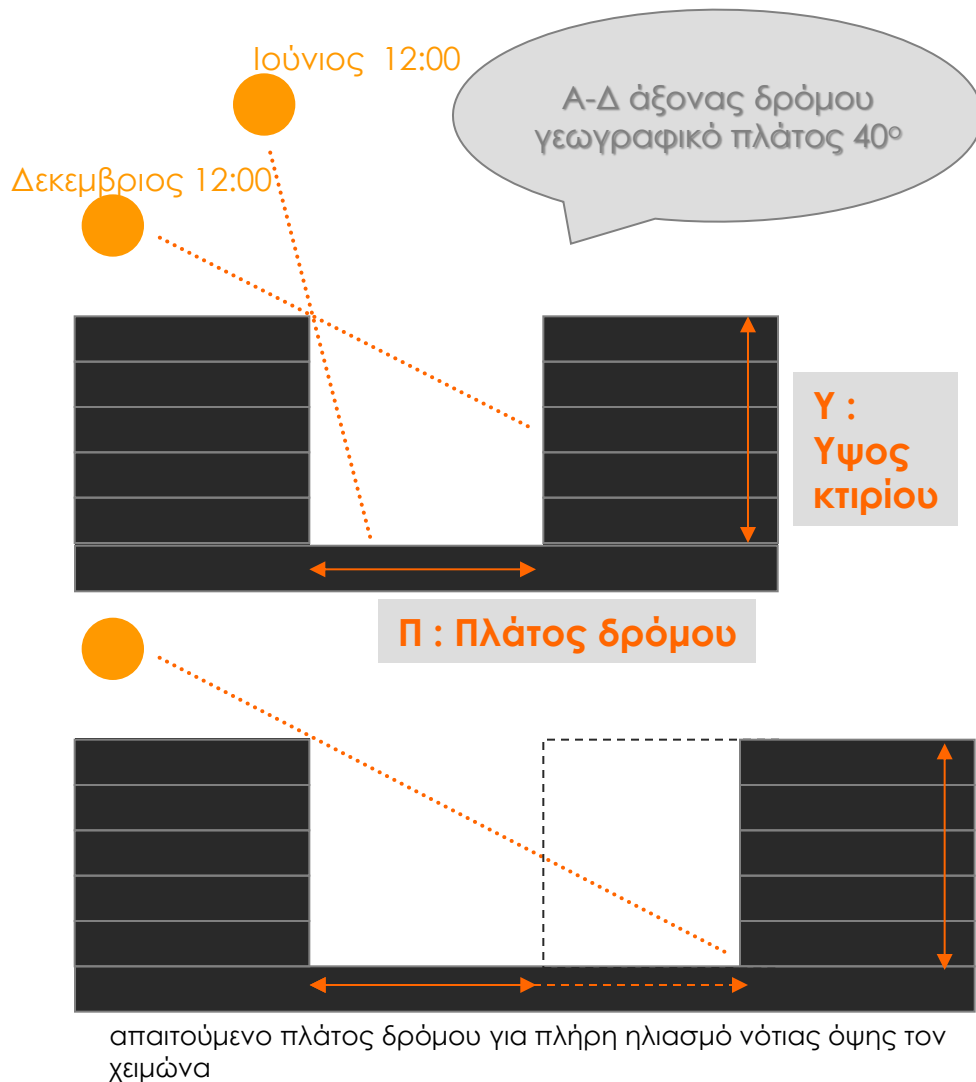
αναλογία Υ/Π 2



αναλογία Υ/Π 1



αναλογία Υ/Π ~ 0.5



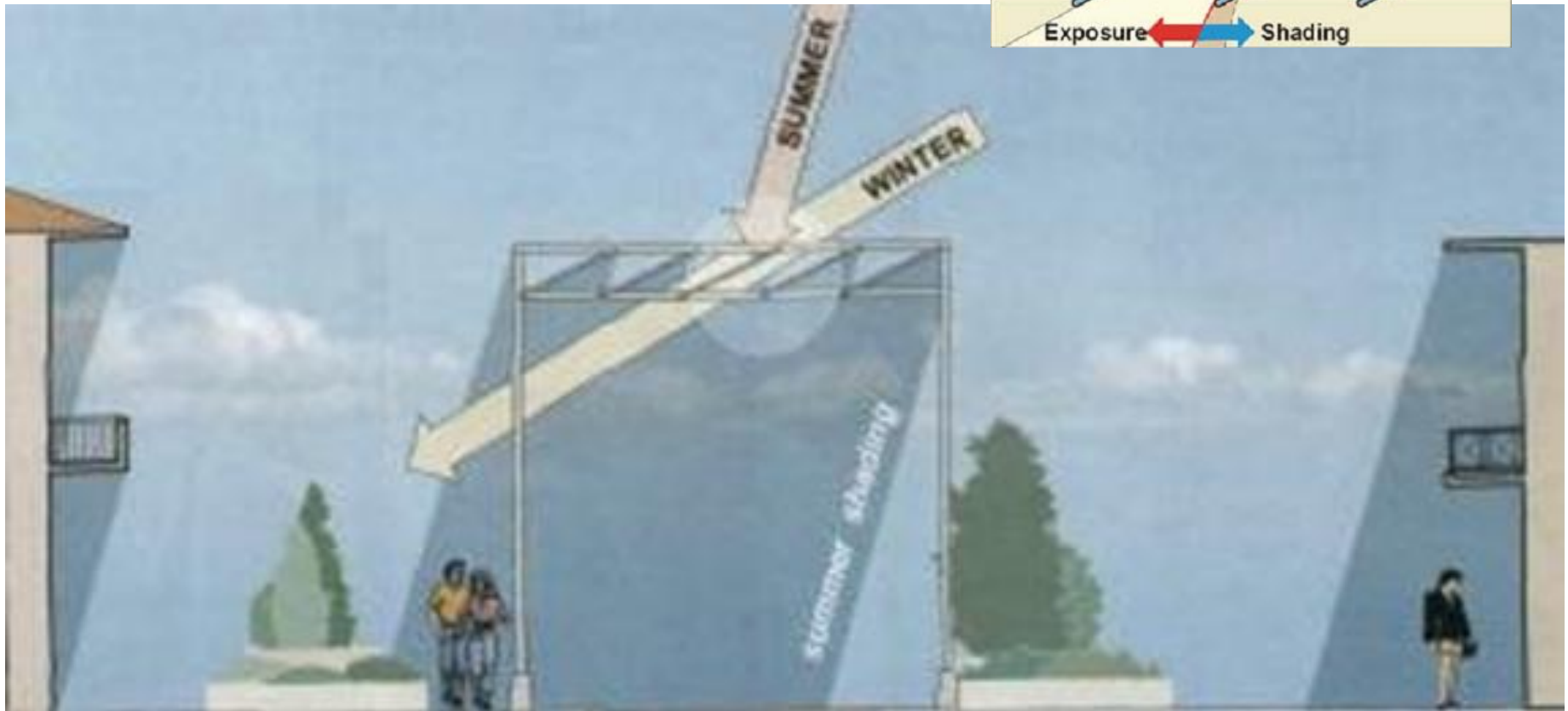
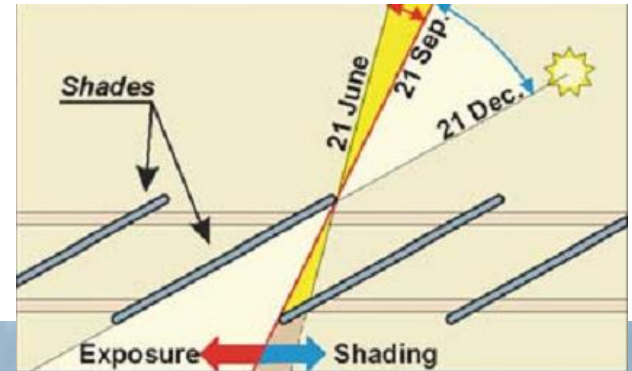
ηλιοπροστασία

Ηλιοπροστασία επιφανειών υπαίθριων χώρων με πρόσθετα στέγαστρα :
μόνιμος, εποχιακός ή προσωρινός σκιασμός



ηλιοπροστασία

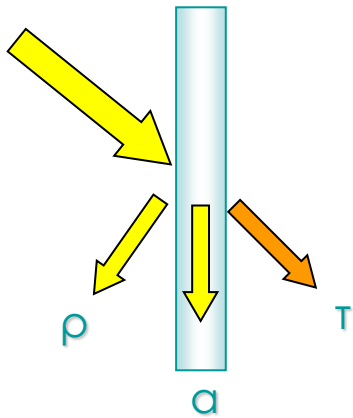
έλεγχος σκίασης



διαπερατότητα

Διαπερατότητα ή ικανότητα μετάδοσης (transmission) είναι το ποσοστό της προσπίπτουσας ακτινοβολίας σε μια διαφανή ή ημιδιαφανή επιφάνεια το οποίο δεν απορροφάται ούτε ανακλάται αλλά διαπερνά την επιφάνεια.

$$a + \rho + \tau = 1$$



το φαινόμενο του
θερμοκηπίου
οφείλεται στη
διαφορετική
ικανότητα μετάδοσης
για διαφορετικά μήκη
κύματος (ηλιακή και
θερμική ακτινοβολία)

διαπερατότητα



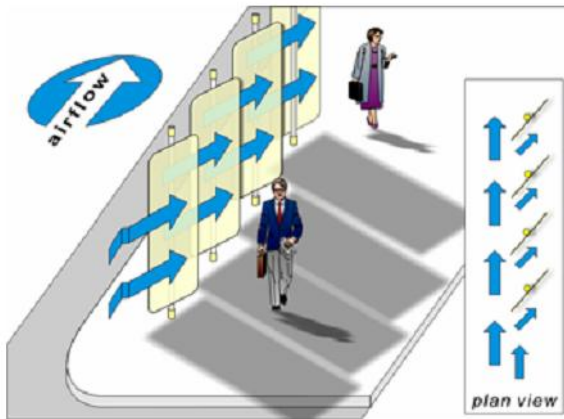
Floating pavilion | Selgas Cano | 2018 | Bruges Belgium
<https://www.archdaily.com/894445/selgascano-adds-a-splash-of-color-to-the-bruges-triennale-with-new-installation>



Temporary canopy, Bedford Square, London; 2004

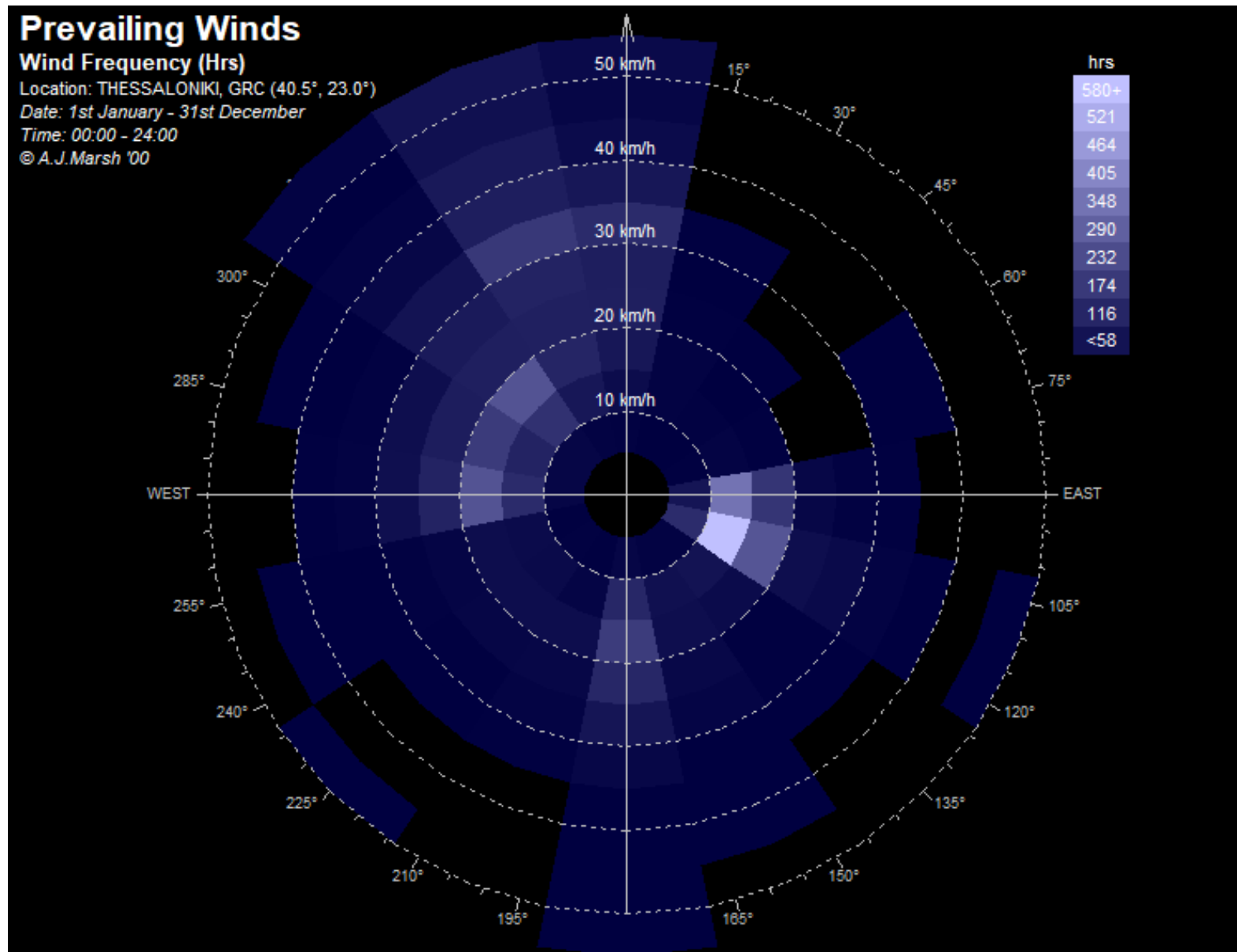
ροή ανέμου

Επικρατούντες άνεμοι
Αερισμός
Ανεμοπροστασία
Διασπορά ρύπων

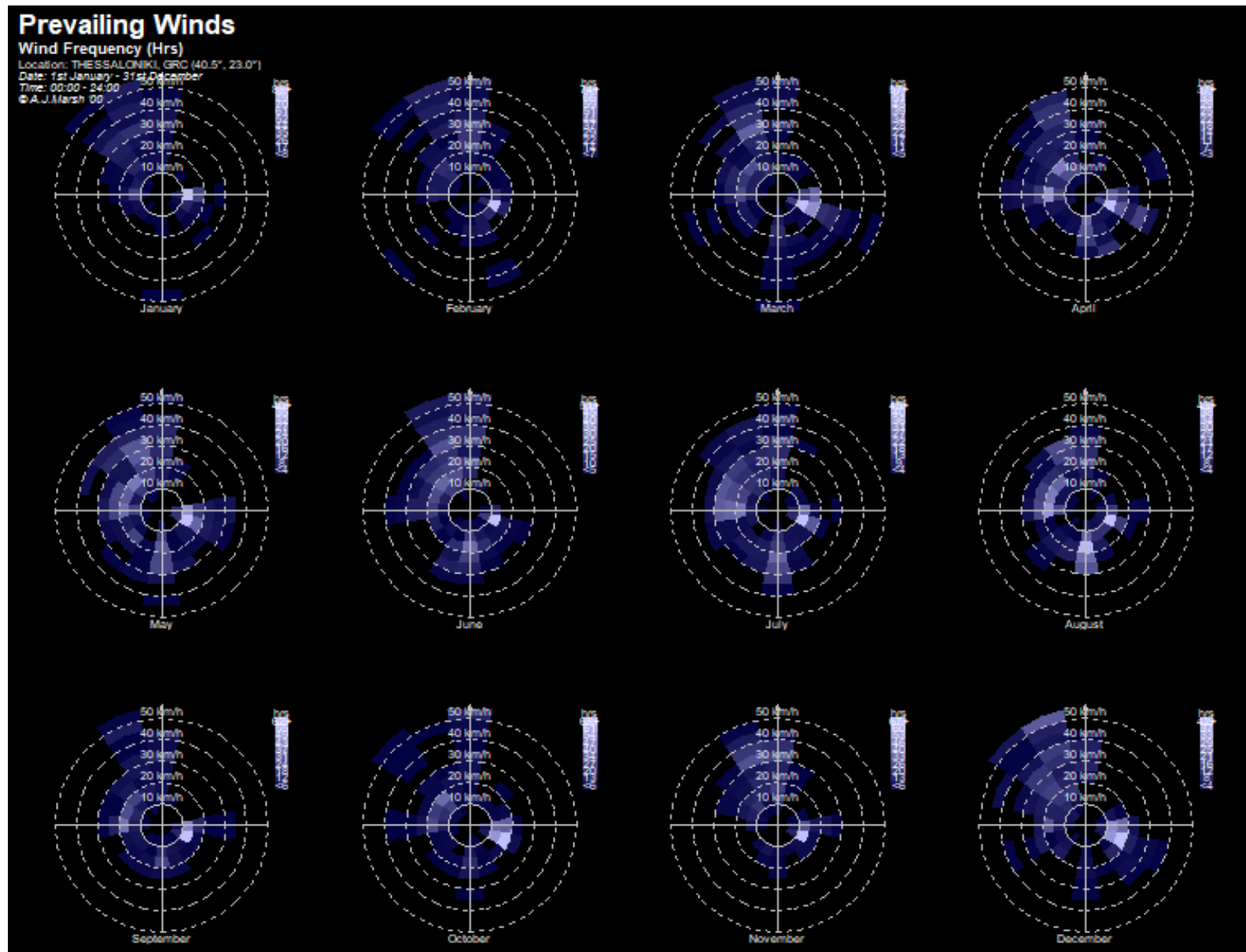


Nikolopoulou, M., N.Chrisomallidou, K. Steemers, R. Compagnon, J. Kang, N. Kofoed, G. Scudo, L. Katzschner (2004). Rediscovering the Urban Realm and Open Spaces (RUROS), 2001-2003. Key Action 4, "City of Tomorrow and Cultural Heritage", from the program "Energy, Environment and Sustainable Development", within the Fifth Framework Program of the EU. ISBN: 960-86907-2-2

ΕΠΙΚΡΑΤΟΥΝΤΕΣ ΑΝΕΜΟΙ



ΕΠΙΚΡΑΤΟΥΝΤΕΣ ΑΝΕΜΟΙ

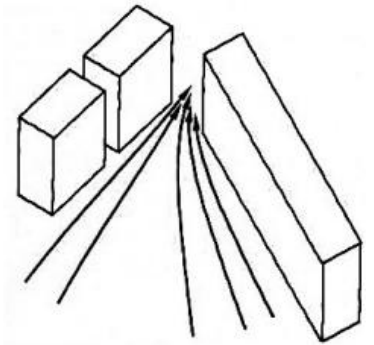
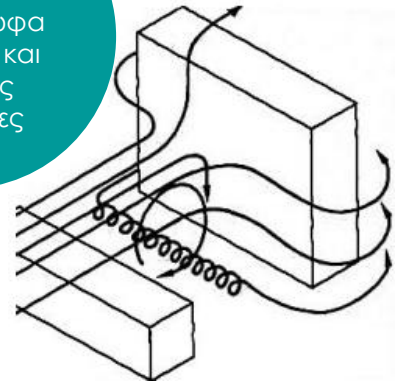


ροή ανέμου ανάμεσα σε εμπόδια

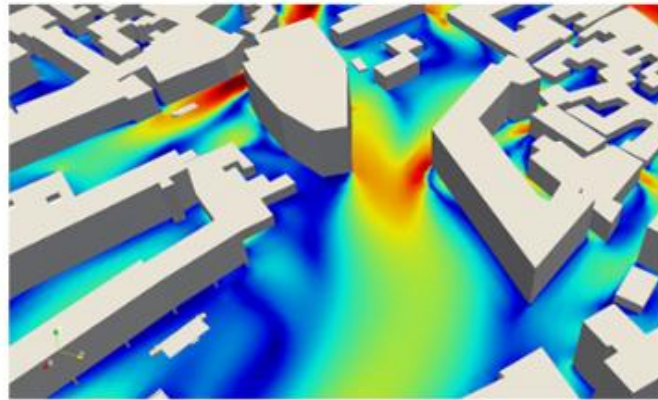
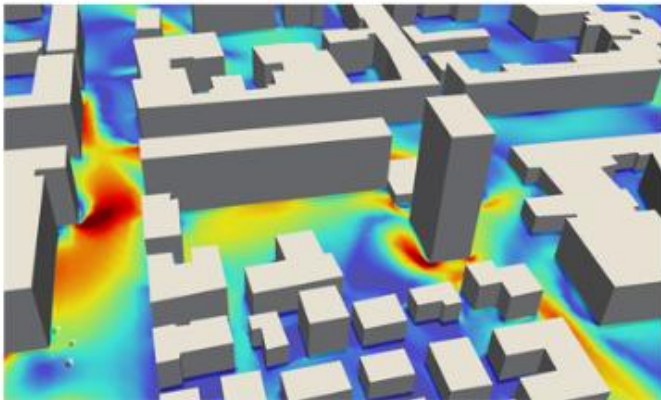
Ο άνεμος αναγκάζεται να αλλάξει πορεία όταν συναντά συμπαγή αντικείμενα (μη πορώδη).

Η ταχύτητα του ανέμου αυξάνεται σημειακά σε στενά περάσματα επειδή ο ατμοσφαιρικός αέρας είναι ένα συμπιεστό ρευστό και όταν η μάζα του αέρα αναγκαστεί να περάσει μέσα από μικρότερη διατομή επιταχύνει.

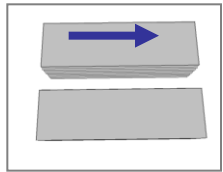
γύρω από
ψηλά κτίρια:
κατακόρυφα
ρεύματα και
μεγάλες
ταχύτητες



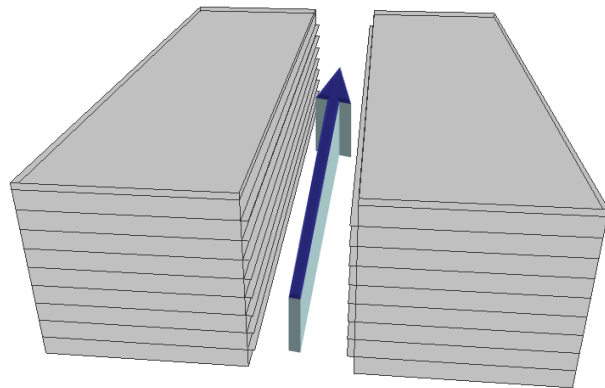
channel
effect
Ventruri
effect



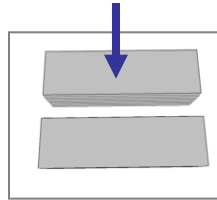
ροή αέρα σε αστική χαράδρα



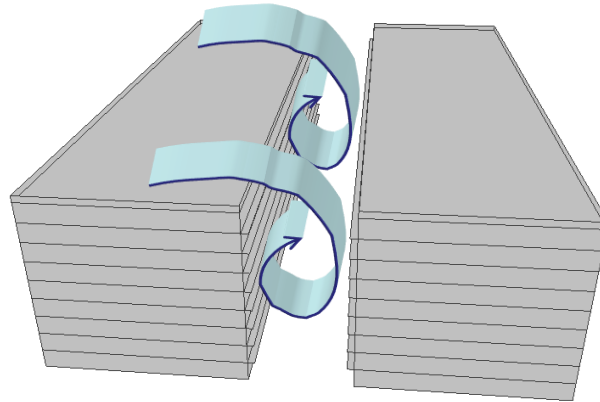
Με άνεμο
παράλληλο
στον άξονα
του δρόμου



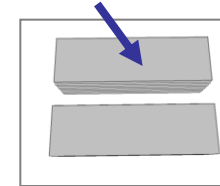
«κανάλι»



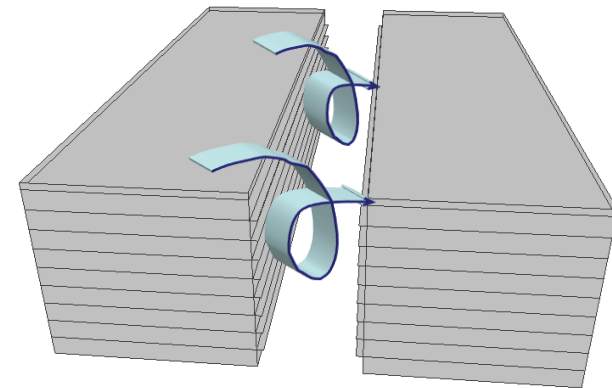
Με άνεμο
κάθετο
στον άξονα
του δρόμου



κυκλικές δίνες



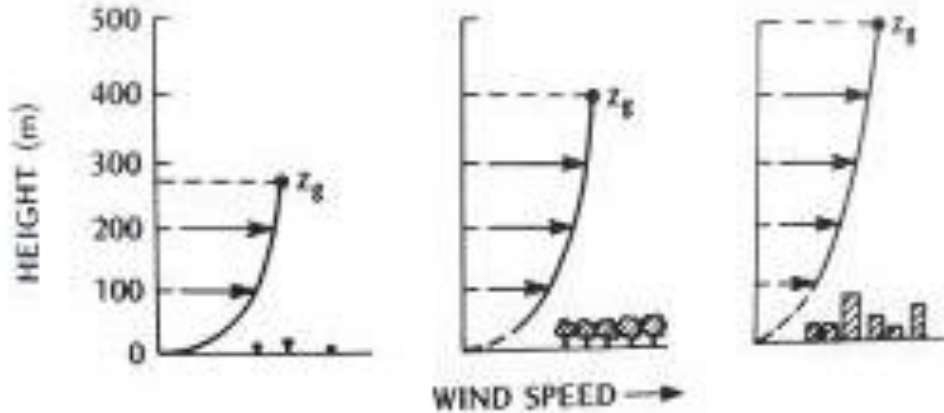
Με άνεμο
υπό γωνία
στον άξονα
του δρόμου



σπειροειδείς δίνες

ροή ανέμου στο αστικό περιβάλλον

Η ταχύτητα του ανέμου στο αστικό περιβάλλον μειώνεται ανάλογα με τα εμπόδια που συναντάει



Η «αεροδυναμική τραχύτητα» μιας αστικής περιοχής εξαρτάται από τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του αστικού ιστού.

$$u_z = \frac{t}{k} \frac{\rho_{\text{air}}^{1/2}}{z_0} \ln \frac{z}{z_0}$$

παράμετρος
τραχύτητας z_0

u_z η ταχύτητα του ανέμου σε ύψος z ,
 t η ένταση διαχωρισμού του ανέμου (wind shear stress),
 ρ_{air} η πυκνότητα του αέρα,
 k η σταθερά von Karman που είναι περίπου 0,4 και
 z_0 η παράμετρος τραχύτητας (roughness parameter).

$$\frac{u_z}{u_g} = \left(\frac{z}{z_g} \right)^a$$

συντελεστής a

u_z η ταχύτητα ανέμου σε ύψος z ,
 u_g η αδιατάρακτη ταχύτητα ανέμου εκτός πόλης (gradient velocity),
 z_g το ύψος στο οποίο παρατηρήθηκε η u_g και
 a ένας εμπειρικός συντελεστής που εξαρτάται από την τραχύτητα της επιφάνειας, την ατμοσφαιρική σταθερότητα και τις μεταβολές θερμοκρασίας.

Η παράμετρος τραχύτητας για διαφορετικούς τύπους δόμησης του αστικού χώρου

Πυκνότητα δόμησης	Χαμηλή	Μέση	Υψηλή
Ύψος (m)	4	20	100
Επιφάνεια περιγράμματος (m ²)	50	560	4000
Επιφάνεια δόμησης (m ²)	2000	8000	20000
Παράμετρος τραχύτητας (m)	0.5	0.7	10

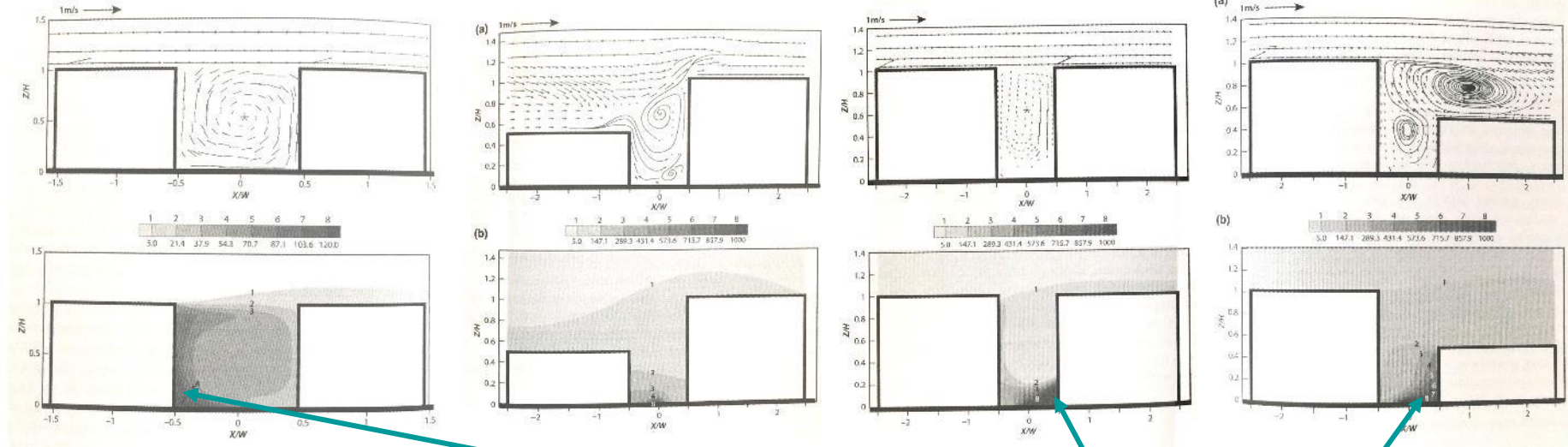
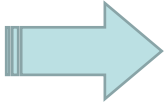
Ενδεικτικές τιμές του συντελεστή a για διαφορετικές επιφάνειες

Συνθήκες εδάφους	z_g	a
Ανοκτή και επίπεδη υπαίθρος, γρασιδί	300	0.16
Χαμηλό δάσος αγροτικές περιοχές, αεροδρόμια, μετεωρολογικοί σταθμοί	400	0.2
Ψηλό δάσος, μικρές επαρχιακές πόλεις, προάστια, αστικοί μετεωρολογικοί σταθμοί	400	0.25
Πόλεις μέτριου μεγέθους με 5-ώροφα κτίρια	400	0.3
Αστικά κέντρα με ψηλά κτίρια (περισσότερους από 10 ορόφους)	500	0.4
Αστικά κέντρα μεγάλων πόλεων με πολύ ψηλά κτίρια (περισσότερους από 30 ορόφους)	600	0.5

ροή αέρα και συγκέντρωση ρύπων

Η συγκέντρωση των ρύπων στους αστικούς χώρους εξαρτάται από τη διεύθυνση του επικρατούντος ανέμου και τη μορφολογία της αστικής χαράδρας

διεύθυνση ανέμου



Erell, E., D. Pearlmutter and T. Williamson (2011). Urban Microclimate. Designing the spaces Between Buildings. Earthscan NY.

υψηλή συγκέντρωση ρύπων

φυτεύσεις

Οι φυτεύσεις στο αστικό περιβάλλον διακρίνονται ως προς

το **ύψος** τους σε χαμηλή, μέση και υψηλή φύτευση (γρασίδι, θάμνοι, δέντρα),

την **πυκνότητα του φυλλώματος**,

την **εποχιακή τους συμπεριφορά** (αειθαλή και φυλλοβόλα φυτά),

τη **θέση** τους (στο έδαφος, σε στέγες και δώματα κτιρίων, σε τοίχους και κατακόρυφες επιφάνειες, σε στέγαστρα), και

την **ποσότητα** τους (μεμονωμένα δέντρα, παρτέρια, κήποι, δεντροστοιχίες, συστάδες δέντρων, πάρκα, αλσύλλια, αστικά δάση).



ηλιοπροστασία

ανεμοπροστασία

εξατμισοδιαπνοή

κατακράτηση
ρύπων

εμπόδιο
θέασης ουρανού

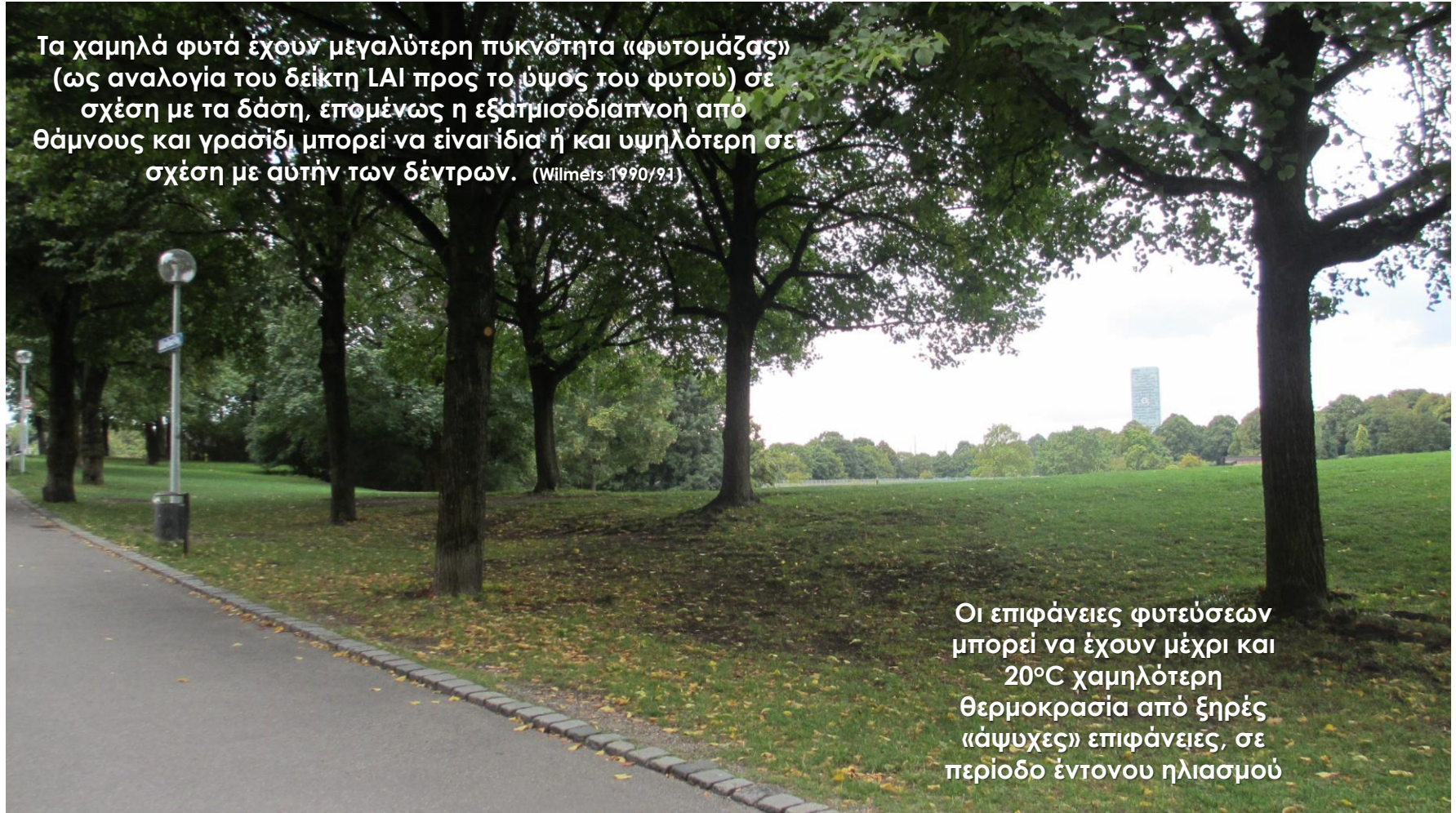
Υπό κατάλληλες συνθήκες η
εξατμισοδιαπνοή των φυτών μπορεί
να δημιουργήσει οάσεις με
θερμοκρασίες 2°C - 8°C χαμηλότερες
από τον περίγυρό τους
(Taha 1997)

αστικά πάρκα

Στα αστικά πάρκα παρατηρείται 2°C - 3°C χαμηλότερη θερμοκρασία αέρα από το γειτονικό αστικό περιβάλλον. Σπάνια η διαφορά υπερβαίνει τους 3°C , όμως η επιρροή του πάρκου συχνά εκτείνεται και εκτός των ορίων του.

Τα χαμηλά φυτά έχουν μεγαλύτερη πυκνότητα «φυτομάζας» (ως αναλογία του δείκτη LAI προς το ύψος του φυτού) σε σχέση με τα δάση, επομένως η εξατμισοδιαπνοή από θάμνους και γρασίδι μπορεί να είναι ίδια ή και υψηλότερη σε σχέση με αυτήν των δέντρων. (Wilmers 1990/91)

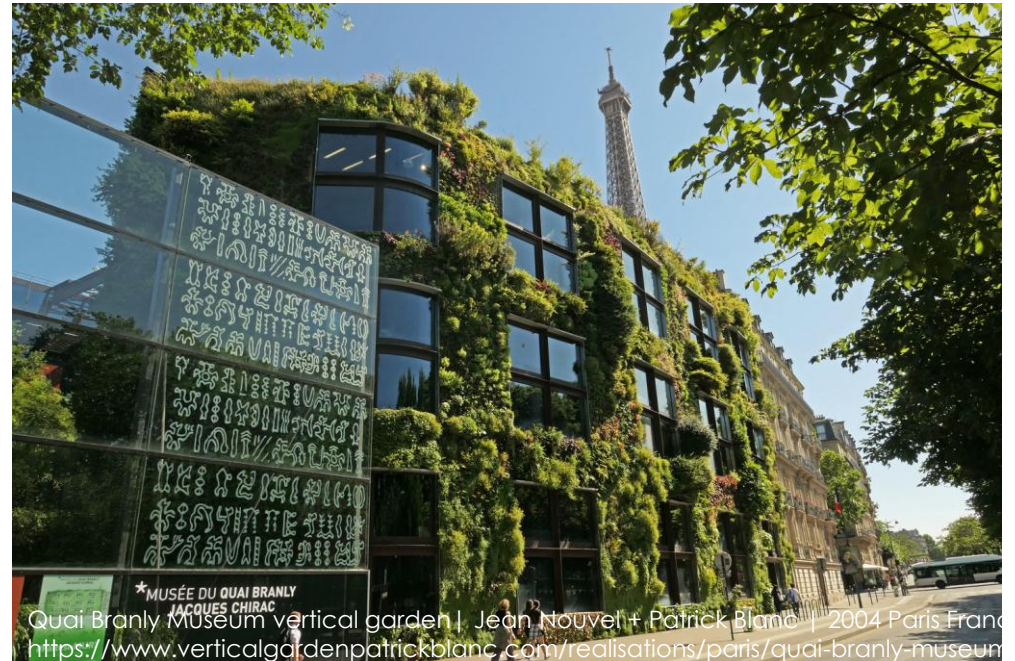
Οι επιφάνειες φυτεύσεων μπορεί να έχουν μέχρι και 20°C χαμηλότερη θερμοκρασία από ξηρές «άψυχες» επιφάνειες, σε περίοδο έντονου ηλιασμού



Taha, H. (1997). Urban climates and heat islands: albedo, evapotranspiration and anthropogenic heat. *Energy & Buildings* 25, 99-103 | Wilmers, F., (1990/91). Effects of vegetation on urban climate and buildings. *Energy & Buildings* 15-16, pp507-514. | Oke, T.R. (1989). The micrometeorology of the urban forest, *J. Phil. R. Sec. Land. B* 324, 335-349. | Jauregui, E. (1990). Influence of a large urban park on temperature and convective precipitation in a tropical city, *Journal of Energy and Buildings* 15-16 pp457-463.

κατακόρυφη φύτευση

Η φυτεύσεις σε κατακόρυφες επιφάνειες έχουν θετική επίδραση στο μικρόκλιμα και στην ενεργειακή απόδοση των κτιρίων καθώς λειτουργούν ως προστατευτικές στρώσεις για τις επιφάνειες και βελτιώνουν την ποιότητα του αέρα συγκρατώντας σκόνη και ρύπους.



πράσινοι διάδρομοι

Η ενσωμάτωση αξόνων με έντονη βλάστηση μέσα στον αστικό ιστό ενισχύει την βιοποικιλότητα χλωρίδας και πανίδας μέσα στις πόλεις υποβοηθώντας τη μεταφορά ειδών μεταξύ αστικών χώρων.



High line | Corner Field Operations Diller Scofidio + Renfro & Piet Oudolf | 2009 -2014 NY
<https://dsrny.com/project/highline> , <https://www.thehighline.org/design/>

επίδραση δέντρων και φυτών στο αστικό περιβάλλον



φυτεύσεις σε
πέργκολες σε
δώματα μπορεί να
μειώσουν τη
θερμοκρασία
αέρα μέχρι 8°C
(Alexandri &
Jones 2008)

σε κλίμακα πόλης η
μέση αύξηση
φυτεύσεων κατά 12%
μπορεί να μειώσει τη
θερμοκρασία αέρα
μέχρι 3°C
(Akbari et al 2001)

η σκίαση κτιρίων
από δέντρα και
φυτά μπορεί να
μειώσει τις
απαιτήσεις σε
ενέργεια μέχρι 35%
(Akbari et al 2001)

σε αστικά πάρκα έχει
παρατηρηθεί
μείωση
θερμοκρασίας αέρα
μέχρι 4°C σε σχέση
με το αστικό
περιβάλλον
(Jauregui 1990)

Η δροσιστική
επίδραση των
δέντρων
παρατηρείται σε
ακτίνα μέχρι και
100μ

δεντροστοιχίες σε
δρόμους μπορεί να
μειώσουν τη
θερμοκρασία αέρα
μέχρι 2.5°C και
δέντρα σε αυλές
μέχρι 3°C. (Shashua
Bar et al 2012)

Alexandri E. and P. Jones (2008). Temperature decreases in an urban canyon due to green walls and green roofs in diverse climates. *Building and Environment* vol. 43, pp480-493 | Akbari, H., M. Pomerantz and H. Taha (2001). Cool surfaces and shade trees to reduce energy use and improve air quality in urban areas. *Solar Energy Journal* Vol. 70 No 3 | Jauregui, E. (1990). Influence of a large urban park on temperature and convective precipitation in a tropical city, *Journal of Energy and Buildings* 15-16 pp457-463. | Shashua-Bar, L., I. X. Tsiros, M. Hoffman (2012). Passive cooling design options to ameliorate thermal comfort in urban streets of a Mediterranean climate (Athens) under hot summer conditions. *Building and Environment* Volume 57, November 2012, Pages 110-119 |

νερό και φυσικό έδαφος

υλικό	πυκνότητα ρ (kg/m ³)	ειδική θερμότητα c_p (J/kgK)	θερμική αγωγιμότητα λ (W/mK)	θερμοχωρητικότητα c_v (K·J/(m ³ K))	θερμική διαχυτικότητα κ (m ² /s)	θερμομειοδοχή μ (J/(m ² s ^{1/2} K))
αμμώδες χώμα (ξηρό)	1600	800	0.3	1280	$0,24 \times 10^{-6}$	620
αμμώδες χώμα (κορεσμένο)	2000	1480	2.2	2960	$0,74 \times 10^{-6}$	2550
αργιλώδες χώμα (ξηρό)	1600	890	0.25	1424	$0,18 \times 10^{-6}$	600
αργιλώδες χώμα (κορεσμένο)	2000	1550	1.58	3100	$0,51 \times 10^{-6}$	2210
τυρφώδες χώμα (ξηρό)	300	1920	0.06	576	$0,1 \times 10^{-6}$	190
τυρφώδες χώμα (κορεσμένο)	1100	3650	0.5	4015	$0,12 \times 10^{-6}$	1420
νερό (4°C)	1000	4180	0.57	4180	$0,14 \times 10^{-6}$	1545

επιφάνεια	ανακλαστικότητα	εκπεμπτικότητα
ξηρή άμμος	0.20 - 0.30	0.76
υγρή άμμος	0.10 - 0.20	
ανοιχτόχρωμη άμμος	0.40 - 0.60	
χαλίκι	0.72	0.27
χώμα	0.15 - 0.35	0.92 - 0.94
χώμα καλλιεργημένο	0.20	0.98
θάλασσα	0.05 - 0.06	0.95 - 0.96



υδάτινες επιφάνειες

Το νερό
δροσίζει τον αέρα
μέσω εξάτμισης.

Η επιφάνεια του νερού απορροφά σχεδόν όλη την προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία και λειτουργεί ως **«ηλιοπροστασία»** για το άμεσο περιβάλλον της.

Το νερό έχει μεγάλη θερμοχωρητικότητα και θερμική αδράνεια έτσι διατηρεί σχετικά **σταθερή θερμοκρασία** παρά την υψηλή απορροφητικότητά του.



Με καθαρό ουρανό και γωνία ύψους του ήλιου μεγαλύτερη από 30° το νερό είναι ένα από τα πιο απορροφητικά υλικά με albedo μεταξύ 0,03 και 0,10.

Σε χαμηλές γωνίες ύψους ήλιου η ανακλαστικότητα του νερού αυξάνεται απότομα.

Οι μεγάλες ποσότητες νερού έχουν ρυθμιστική επίδραση στη θερμοκρασία του αέρα.

Oke, T.R. (1987), Boundary Layer Climates, second ed. Methuen & Co, London. | Ben-Gai, T., A. Bitan, A. Manes, P. Alpert and A. Israeli (1998). Aircraft Measurements of Surface Albedo in Relation to Climatic Changes in Southern Israel. Theoretical and Applied climatology, 61, 207-215. | Sánchez de la Flor, F. and S. Alvarez Domínguez (2004). Modeling microclimate in urban environments and assessing its influence on the performance of surrounding buildings. Energy and Buildings 36, 5, 403-413. | Alexandri, E. and P. Jones (2006). Ponds, GreenRoofs, Pergolas and High Albedo Materials; Which cooling technique for urban spaces. 23rd PLEA Conference, Geneva, Switzerland.

σταγονίδια νερού

Εξάτμιση και λανθάνουσα ροή θερμότητας: Τα σταγονίδια νερού που κινούνται στον αέρα, λαμβάνουν από τον αέρα ενέργεια για να εξατμιστούν επομένως καταναλώνουν θερμότητα.

Όταν μια σταγόνα νερού κινείται στον αέρα, αν ο αέρας είναι πιο θερμός, η θερμότητα μεταφέρεται από τον αέρα στη σταγόνα και το νερό από τη σταγόνα εξατμίζεται στον αέρα. Όσο πιο θερμή είναι η σταγόνα, τόσο περισσότερο νερό εξατμίζεται και η σταγόνα επιβραδύνεται όσο κινείται στον αέρα. Κατά τη διαδικασία αυτή η σταγόνα δέχεται δύο διαφορετικές επιδράσεις: από τη μια η θερμότητα του αέρα τη θερμαίνει και από την άλλη η εξάτμιση την ψύχει, με αποτέλεσμα η σταγόνα να φτάσει σε μια σταθερή θερμοκρασία ισορροπίας (θερμοκρασία υγρού βολβού), στην οποία η επιπλέον ενέργεια που χρειάζεται για να εξατμιστεί το νερό λαμβάνεται από τον αέρα με αποτέλεσμα να τον ψύχει.

Sánchez de la Flor, F. and S. Alvarez Domínguez (2004). Modeling microclimate in urban environments and assessing its influence on the performance of surrounding buildings. *Energy and Buildings* 36, 5, 403-413.



πίδακες και
υδρονεφώσεις
λειτουργούν σαν
σύστημα
κλιματισμού
υπαιθριων
χώρων

Miroir d'eau | Michel Corajoud | 2006 Bordeaux France
<http://www.bordeaux.fr/110812/miroir-d-eau>

σταγονίδια και ροή νερού

Η εξάτμιση του νερού από μια σταγόνα είναι ανάλογη της επιφάνειας επαφής αέρα και νερού, επομένως όσο μικρότερη είναι η σταγόνα τόσο μεγαλύτερη είναι η επιφάνεια επαφής αέρα και νερού και η εξάτμιση.

Η αποδοτικότητα της ροής νερού εξετάστηκε πειραματικά μέσα σε υφασμάτινο στέγαστρο και παρατηρήθηκε ότι η εξάτμιση ψύχει την κάτω επιφάνεια του στεγάστρου μέχρι **15°C** περίπου σε σχέση με την επιφάνεια τυπικού στεγάστρου και ότι η επίδραση της ροής του νερού είναι μεγαλύτερη με υψηλότερες θερμοκρασίες περιβάλλοντος.
Bryan et al (2005)

Ορισμένα ακροφύσια (nozzles) ψεκάζουν σταγόνες διαμέτρου 1 mm ή μικρότερης με σταθερό ρυθμό ροής και προσφέρουν 100 φορές μεγαλύτερη επιφάνεια επαφής αέρα και νερού σε σύγκριση με άλλα (sprayers) που ψεκάζουν σταγόνες διαμέτρου μερικών χιλιοστών.

η ροή νερού
μειώνει
αποτελεσματικά
τη θερμοκρασία
της υδάτινης
μάζας



εξατμιστικός δροσισμός



σύστημα
εξατμιστικού
δροσισμού με
ακροφύσια
υψηλής πίεσης σε
συνδυασμό με
ανεμιστήρες για
εξαναγκασμένη
ροή αέρα

forest project:
επιλογή
στρατηγικών
σχεδιασμού για
τη διαμόρφωση
των εξωτερικών
μικροκλιματικών
συνθηκών

ανεμόπυργοι + PDEC

Masdar Institute Cooling Tower | Foster + Partners | 2016 Abu Dhabi Αραβικά Εμιράτα

Ο ανεμόπυργος του Masdar Institute αποτελεί μια νέα απόδοση χαρακτηριστικού στοιχείου της τοπικής παραδοσιακής αρχιτεκτονικής

Παραλαμβάνει την ανεμπόδιστη ροή του ανέμου σε ύψος 45m και την κατευθύνει στη βάση του στον χώρο της πλατείας

βελτίωση της αίσθησης άνεσης στην πλατεία με τον συνδυασμό εξατμιστικού δροσισμού και ενίσχυσης κίνησης αέρα



Είσοδος ανεμπόδιστου ανέμου σε ύψος 45m δηλαδή πάνω από το επίπεδο των κτιρίων και εκτροπή του προς τη βάση του πύργου.

1. Αισθητήρες στην κορυφή ενεργοποιούν την κίνηση περσίδων ώστε να ανοίγουν στην κατεύθυνση των επικρατούντων ανέμων και να κλείνουν στις άλλες πλευρές για να εκτρέπουν τη ροή του αέρα προς τα κάτω.

2. Μια μεμβράνη PTFE (polytetrafluoroethylene) οδηγεί την καθοδική ροή και ακροφύσια ψεκασμού νερού στην κορυφή ψύχουν τον αέρα.

Masdar Institute wind tower with automatically controllable louvers (1) and mist jets (2).

<https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2015.02.047>

φυσικό έδαφος

Το φυσικό έδαφος ως «υλικό» έχει χαμηλή ανακλαστικότητα, παρόμοια εκπεμπτικότητα με τα περισσότερα δομικά υλικά, μεγαλύτερη τραχύτητα από τα σκληρά δάπεδα, μεγάλη διαπερατότητα στο νερό και σχετικά μεγάλη θερμοχωρητικότητα όμως η σημαντικότερη ιδιότητά του είναι η **περιεκτικότητα σε υγρασία**, η οποία επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό και τις θερμικές του ιδιότητες, διευκολύνει την εξάτμιση και τη ροή λανθάνουσας θερμότητας.

Το υδρολογικό ισοζύγιο μιας αστικής περιοχής σχετίζεται με την αποθήκευση και ανακατανομή του νερού της βροχής, όπως αυτό εισχωρεί στο έδαφος. Η τυπική επίπτωση της αστικοποίησης είναι η **μείωση της εξάτμισης και της αποθήκευσης νερού** και η **αύξηση της αποχέτευσής του**. Αυτό οφείλεται κυρίως στην έλλειψη φυτεύσεων και στα αδιάβροχα και μη διαπερατά υλικά.

Η ύπαρξη επαρκούς ποσότητας υγρασίας στο έδαφος είναι ένας από τους πιο σημαντικούς τρόπους ελέγχου του αστικού κλίματος.



υδρολογικό ισοζύγιο

$$p_w + F_w + I_w = E_w + \Delta r_w + \Delta S_w + \Delta A_w$$

p_w η βροχόπτωση,

F_w το νερό που απελευθερώνεται από καύσεις,

I_w η εισερχόμενη ποσότητα μέσω ύδρευσης

E_w η εξάτμιση,

Δr_w οι απώλειες μέσω αποχέτευσης,

ΔS_w η αποθήκευση νερού στο έδαφος,

ΔA_w η υγρασία από και προς την ατμόσφαιρα

Arthur-Hartranft S. T., T. N. Carlson and K.C. Clarke (2003). Satellite and ground based microclimate and hydrologic analyses coupled with a regional urban growth model. Remote Sensing of Environment 86, 385-400. | Oke, T.R. (1987). Boundary Layer Climates. second ed. Methuen & Co, London. | Ben-Gai, T., A. Bitan, A. Manes, P. Alpert and A. Israeli (1998). Aircraft Measurements of Surface Albedo in Relation to Climatic Changes in Southern Israel. Theoretical and Applied climatology, 61, 207-215. | Asaeda, T., V.T. Ca and A. Wake (1996). Heat storage of pavement and its effect on the lower atmosphere. Atmospheric Environment, 30, 3, 413-427. | Asaeda, T. and V.T. Ca (2000). Characteristics of permeable pavement during hot summer weather and impact on the thermal environment. Building and Environment, 35, 363-375. | Alexandri E. and P. Jones (2008). Temperature decreases in an urban canyon due to green walls and green roofs in diverse climates. Building and Environment 43, 480-493. | Carnahan, W. H., & Larson, R. C. (1990). An analysis of an urban heat sink. Remote Sensing of Environment, 33, 65-71. | Santamouris, M. (Ed. 2000). Energy and climate in the urban environment. James & James (Science) Publishers Ltd, London. | Palomo del Barrio, E. (1998). Analysis of the green roofs cooling potential in buildings. Energy and Buildings 27, 179-193

υδατοδιαπερατά δάπεδα

Τα υδατοδιαπερατά δάπεδα διευκολύνουν την απορροή των υδάτων στο φυσικό έδαφος και την εξάτμιση υγρασίας από το έδαφος.

Η «αδιαβροχοποίηση» της επιφάνειας του εδάφους μειώνει την εξάτμιση υγρασίας και αυξάνει τις επιφανειακές θερμοκρασίες και την αισθητή ροή θερμότητας ακόμη και τη νύχτα.

Arnfield (2003)

Η αύξηση του βάθους της επιφανειακής στρώσης του δαπέδου αυξάνει την θερμική μάζα και την αποθήκευση θερμότητας

ενσωμάτωση φυτών
επίστρωση εν ξηρώ
υδατοπερατά υλικά



υδατοδιαπερατά δάπεδα

Τα υδατοδιαπερατά δάπεδα διευκολύνουν την απορροή των υδάτων στο φυσικό έδαφος και την εξάτμιση υγρασίας από το έδαφος.



αντιπλημμυρικό πάρκο, αποκατάσταση ποταμού

*green and blue
infrastructure &
nature-based
solutions*



Bishan Ang Mo Kio Park, Peter Geitz and Partner, Rambolt Studio Dreiseitl | 2012 | Singapore
<http://www.dreiseitl.com/en/portfolio#bishan-ang-mo-kio-park>

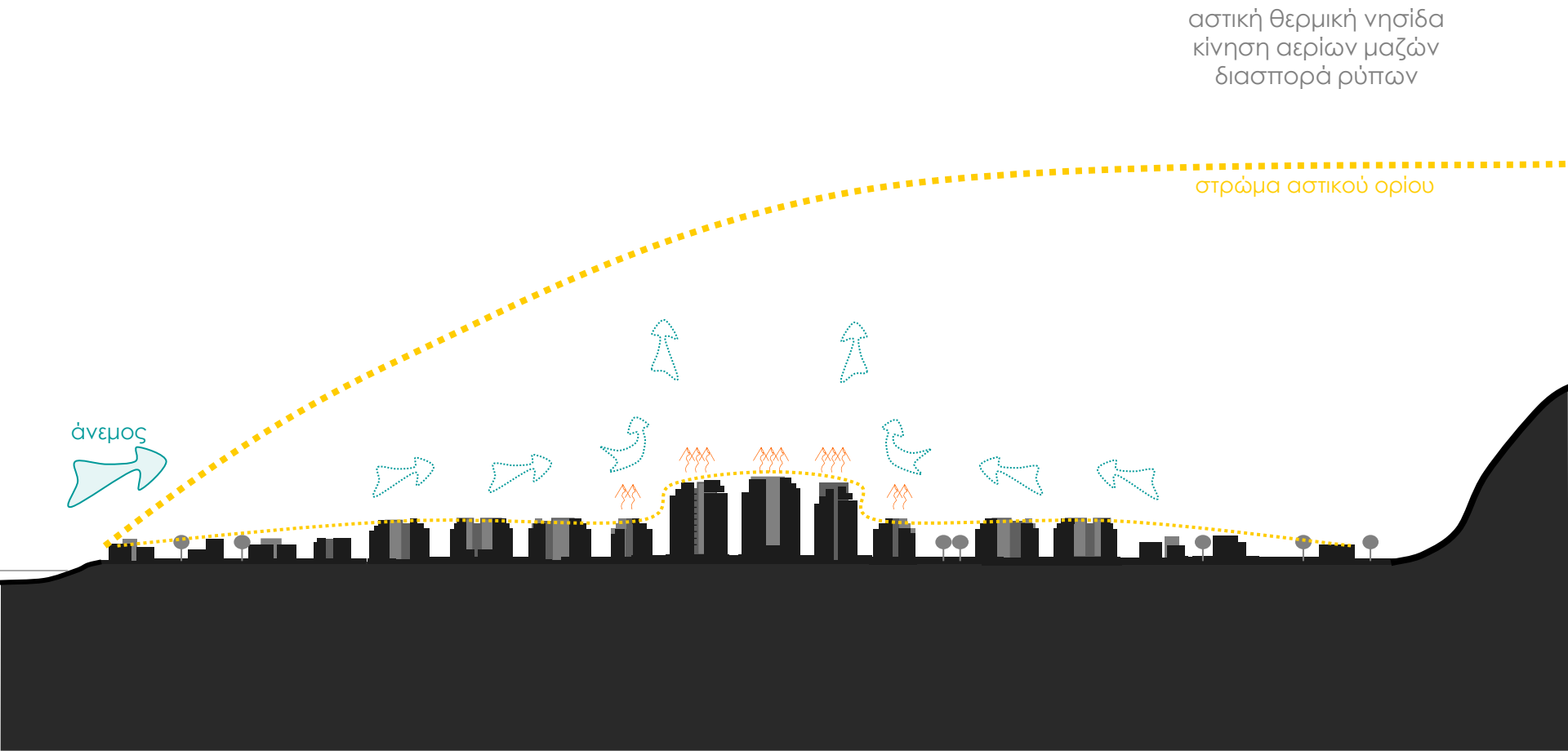
*green and blue
infrastructure &
nature-based
solutions*



© Ramboll Studio Dreiseitl

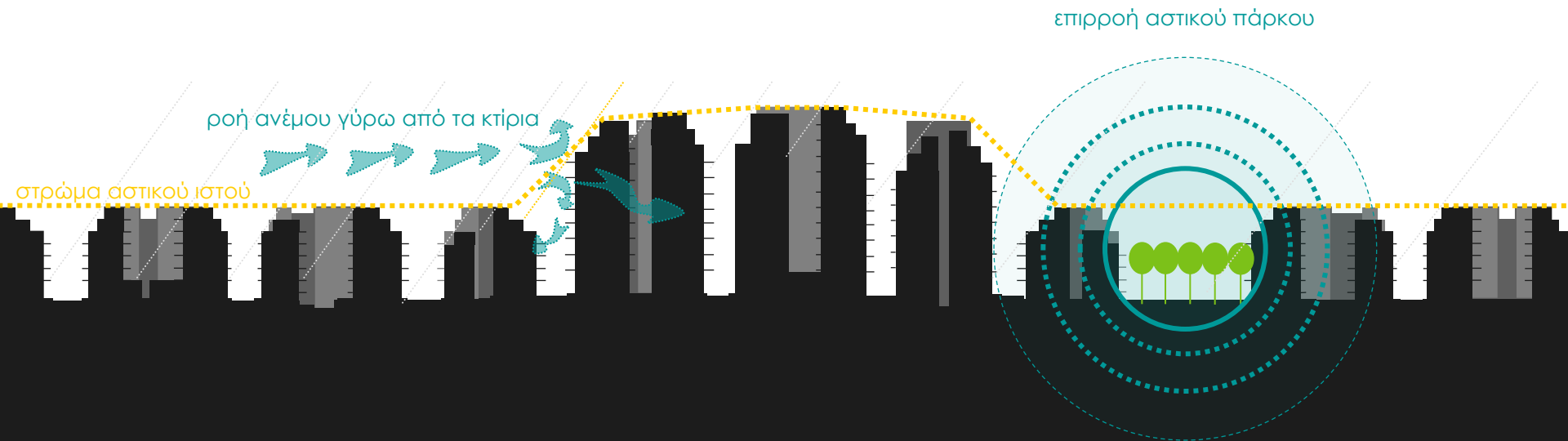
στρώμα αστικού ορίου

Στο στρώμα του αστικού ορίου (urban boundary layer) πάνω από τα κτίρια και πέρα από τα όρια της πόλης οι κλιματικές συνθήκες εξαρτώνται από την αστική πυκνότητα, τις χρήσεις γης, την παρουσία υδάτινων μαζών (θάλασσα, λίμνες), ορεινών όγκων ή περιαστικών δασών.



στρώμα αστικού ιστού

Στο στρώμα του αστικού ιστού (urban canopy layer), κάτω από το επίπεδο των δωμάτων και ανάμεσα στα κτίρια, οι κλιματικές συνθήκες εξαρτώνται από τη μορφολογία των κτιρίων, τα υλικά των επιφανειών τοίχων και δαπέδων, την παρουσία φυτεύσεων και υδάτινων στοιχείων που επηρεάζουν τη ροή του αέρα και την ηλιακή ακτινοβολία γύρω από κτίρια και τις θερμοκρασίες περιβάλλοντος.



ενεργειακό ισοζύγιο ανθρώπου και συνθήκες άνεσης

ανταλλαγή ενέργειας
ανάμεσα στο ανθρώπινο σώμα
και το εξωτερικό περιβάλλον

Θερμική άνεση

