



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ**  
**ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**  
**ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ ΔΟΜΟΣΤΑΤΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ**

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**  
**ΤΙΤΛΟΣ :**  
**ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΩΝ ΜΙΚΡΟΚΛΙΜΑΤΙΚΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΚΑΙ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΘΕΡΜΙΚΗΣ**  
**ΑΝΕΣΗΣ ΑΝΟΙΧΤΩΝ ΥΠΑΙΘΡΙΩΝ ΧΩΡΩΝ**



**ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ: ΤΣΟΚΑ ΣΤΕΛΛΑ** Διπλ. Πολ. Μηχ., M.Sc, Ph.D.

**ΣΥΝΕΠΙΒΛΕΠΟΝΤΕΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΒΑΛΑΒΑΝΙΔΗΣ ΜΑΡΙΟΣ** Διπλ. Μηχανολόγος Μηχανικός, Ph.D.

**ΣΥΜΠΕΘΕΡΟΣ Α. ΙΩΑΝΝΗΣ** Διπλ. Πολ. Μηχ., M.Sc., Ph.D.

**ΠΑΡΘΕΝΟΠΟΥΛΟΥ ΙΩΑΝΝΑ**  
**A.M. : 47750**

**ΑΘΗΝΑ, ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ 2021**



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ  
ΑΤΤΙΚΗΣ**  
**ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**  
**ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**  
**Τομέας Α' – Δομοστατικής Μηχανικής**

**ΤΙΤΛΟΣ ΠΡΟΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ**

*Διερεύνηση των μικροκλιματικών παραμέτρων και συνθηκών θερμικής άνεσης  
ανοιχτών υπαίθριων χώρων*

Όνοματεπώνυμο φοιτήτριας:  
**Ιωάννα Παρθενοπούλου**

Η διπλωματική εξετάστηκε επιτυχώς από την κάτωθι Τριμελή Εξεταστική  
Επιτροπή

**Στέλλα Τσόκα**  
Επιβλέπουσα, συμβασιούχος διδάσκουσα

**Μάριος-Προκόπιος Βαλαβανίδης**  
Καθηγητής

**Ιωάννης Συμπέθερος**  
Καθηγητής

**Αθήνα, Δεκέμβριος 2021**

*ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ*

Σ' αυτό το σημείο θα ήθελα να ευχαριστήσω την επιβλέπουσα καθηγήτριά μου, κυρία Τσόκα Στέλλα, για την πολύτιμη καθοδήγησή της, το συνεχές ενδιαφέρον της, τη στήριξή της, την ενθάρρυνση της και την εμπιστοσύνη της στο άτομό μου, κάνοντας δυνατή την εκπόνηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

Επίσης, ευχαριστώ τους συνεπιβλέποντες καθηγητές, κύριο Βαλαβανίδη Μάριο και κύριο Συμπέθερο Ιωάννη για τις διορθώσεις και τις υποδείξεις του στη συγγραφή της διπλωματικής εργασίας.

## **ΠΕΡΙΛΗΨΗ**

Στην παρούσα διπλωματική εργασία διερευνάται η συσχέτιση των παραμέτρων της αστικής μορφολογίας και των μικροκλιματικών συνθηκών ανοιχτών υπαίθριων χώρων, υπό θερμές κλιματικές συνθήκες. Ως εξεταζόμενη περιοχή ορίζεται η πλατεία Κοτζιά στην πόλη της Αθήνας. Μέσω του μοντέλου μικροκλίματος ENVI-met, αναλύονται οι παράμετροι της ταχύτητας του ανέμου, της θερμοκρασίας του εδάφους και της υγρασίας στους χώρους της πλατείας. Τέλος, προτείνονται στρατηγικές βελτίωσης αυτών.

## **SUMMARY**

In the present dissertation the correlation of the parameters of the urban morphology and the microclimatic conditions of open outdoor spaces, under warm climatic conditions, is investigated. Kotzia square in the city of Athens is defined as the examined area. The ENVI-met microclimate model analyzes the parameters of wind speed, ground temperature and humidity in the square. Finally, strategies to improve them are proposed.

## Περιεχόμενα

<b>ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ</b> .....	2
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	4
SUMMARY .....	4
Περιεχόμενα .....	5
1. Το σύγχρονο αστικό περιβάλλον .....	7
2. Αστικό μικροκλίμα.....	8
2.1 Η έννοια του αστικού μικροκλίματος.....	8
2.2 Αστικό μικροκλίμα .....	8
2.3 Παράμετροι που επηρεάζουν τη διαμόρφωση των περιβαλλοντικών συνθηκών στον αστικό ιστό .....	8
3. Μικροκλιματικά φαινόμενα στον αστικό χώρο .....	13
3.1 Αστική θερμική νησίδα .....	13
3.2 Αστική οδική χαράδρα.....	14
3.3 Συνθήκες άνεσης στους αστικούς υπαίθριους χώρους .....	15
3.4 Θερμική άνεση .....	16
3.5 Οπτική άνεση .....	17
3.6 Ακουστική άνεση .....	18
4. Βιοκλιματικός σχεδιασμός.....	19
4.1 Παράμετροι που επηρεάζουν τον Βιοκλιματικό Σχεδιασμό Υπαίθριων Ανοιχτών Χώρων .....	19
4.2 Σημασία και εξέλιξη του βιοκλιματικού σχεδιασμού .....	19
5. Αρχές και κατευθύνσεις του βιοκλιματικού σχεδιασμού .....	21
5.1 Ηλιασμός – Ηλιοπροστασία .....	21
5.2 Αερισμός – Ανεμοπροστασία .....	23
5.3 Δροσισμός .....	25
6. Εργαλεία του Βιοκλιματικού Σχεδιασμού .....	26
6.1 Υλικά επιστρώσεων .....	26
Ψυχρά υλικά .....	26
Θερμοχρωμικά υλικά .....	29
Φωτοκαταλυτικά υλικά .....	30
Φυσικό έδαφος και υδατοδιαπερατά υλικά .....	30
6.2 Δίκτυα πρασίνου.....	31
6.3 Υδάτινο στοιχείο .....	34
6.4 Συστήματα σκίασης .....	35
6.5 «Βυθισμένοι» ελεύθεροι χώροι .....	36
7. ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ.....	38

Πλατεία Κοτζιά.....	38
7.1 Κλιματικά στοιχεία .....	39
7.2 Ιστορικά στοιχεία.....	39
7.3 Μορφολογικά στοιχεία.....	41
8. ENVI-met.....	42
8.1 Το πρόγραμμα .....	42
8.2 Πλατεία Κοτζιά .....	43
9. Προσομοίωση μοντέλου .....	48
10. Οπτικοποίηση αποτελεσμάτων.....	50
10.1 Θερμοκρασία αέρα °C.....	51
10.2 Ταχύτητα ανέμου (m/s) .....	55
10.3 Θερμοκρασία εδάφους °C.....	58
10.4 Υγρασία % .....	62
11. Αξιολόγηση θερμικής άνεσης .....	66
12. Προτάσεις βελτίωσης συνθηκών θερμικής άνεσης .....	66
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	71

## 1. Το σύγχρονο αστικό περιβάλλον

Η συνεχής και απρογραμμάτιστη ένταση της αστικοποίησης, που παρατηρείται τις τελευταίες δεκαετίες, έχει οδηγήσει στη δημιουργία αφιλόξενων πόλεων με υποβαθμισμένη ποιότητα ζωής για τους κατοίκους τους. Είναι η πολυδιάστατη λειτουργική δομή των πόλεων, η ευκολότερη και αμεσότερη κάλυψη των αναγκών των κατοίκων, όσον αφορά την περίθαλψη, τη μόρφωση, τη μεταφορά και τη διασκέδαση και η συσσώρευση εργασιακών ευκαιριών, που οδήγησαν τις τελευταίες δεκαετίες στην αύξηση του πληθυσμού τους, με δυσμενή αποτελέσματα στο περιβάλλον και στην ποιότητα ζωής (Χριστούλας κ.α., 1999).

Χαρακτηριστικό γνώρισμα των σημερινών μεγαλουπόλεων αποτελεί η εκτεταμένη έως καθολική έλλειψη βλάστησης, που απομονώνει τους κατοίκους από το φυσικό περιβάλλον. Η μείωση των επιφανειών με φυτική κάλυψη οδηγεί στην υποβάθμιση του αστικού μικροκλίματος, στη δημιουργία περιβαλλοντικών προβλημάτων και στη διατάραξη της φυσικής, αλλά και της ψυχικής υγείας των κατοίκων της πόλης (Duhl, 2002).

Το αστικό μικροκλίμα περιλαμβάνει περισσότερους ρύπους, είναι λιγότερο υγρό και πιο θερμό σε σύγκριση με γειτνιάζουσες μη δομημένες περιοχές. Η μέση ταχύτητα του ανέμου είναι συνήθως χαμηλότερη, λόγω των έντονων διακυμάνσεων του ανάγλυφου που δημιουργούν τα κτίρια και η ροή του είναι περισσότερο τυρβώδης, γεγονός που οφείλεται στην αυξημένη επιφανειακή τραχύτητα, στην επίδραση ενός δαιδαλώδους πολεοδομικού δικτύου και την απουσία αστικών «φαραγγιών» κατά την διεύθυνση των κρατούντων ανέμων (Καρτάλης, 1999). Χαρακτηριστικά φαινόμενα του αστικού μικροκλίματος αποτελούν το «φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας» και η ένταση του «φαινομένου του θερμοκηπίου». Τα κέντρα των πόλεων παρουσιάζουν μέχρι και 12 °C αυξημένη θερμοκρασία (Santamouris, 2001) σε σύγκριση με τα προάστια και τη γειτονική ύπαιθρο, λόγω του «φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας», το οποίο εντείνεται ανάλογα με το μέγεθος τους.

Το φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας, συνδυαζόμενο με την θερμοκρασιακή αναστροφή και το φωτοχημικό νέφος, απειλούν σοβαρά την υγεία των κατοίκων, αυξάνοντας για παράδειγμα τα περιστατικά άσθματος, ιδιαίτερα στα παιδιά και αυξάνουν συνολικά τη θνησιμότητα (Τουλουμί et al., 2010). Το 1987 εξ' αιτίας του θερμικού κύματος που έπληξε την Αθήνα, 926 θάνατοι αποδόθηκαν αποκλειστικά στο θερμικό φαινόμενο (Korpe et al., 2004).

## 2. Αστικό μικροκλίμα

### 2.1 Η έννοια του αστικού μικροκλίματος

Για να προσεγγιστεί η έννοια του αστικού μικροκλίματος, πρέπει πρωτίστως να γίνει μια αναφορά στα χαρακτηριστικά του κλίματος γενικότερα. *Το κλίμα σε κάθε περιοχή του πλανήτη μπορεί να περιγραφεί σε τρία διαφορετικά επίπεδα, από το γενικό προς το ειδικό, από τη μεγαλύτερη κλίμακα στη μικρότερη (Μπουγιασιώτη,2010):*

**Το μακρόκλιμα:** αφορά τα γενικότερα κλιματικά χαρακτηριστικά μιας περιοχής (ηλιοφάνεια, υγρασία, μέση ετήσια βροχόπτωση κ.α.)

**Το μεσοκλίμα:** είναι ο μετασχηματισμός του μακροκλίματος λόγω τοπικών ιδιαιτεροτήτων μιας περιοχής (ανάγλυφο εδάφους, βλάστηση, ύπαρξη μεγάλων επιφανειών νερού κλπ).

**Το μικροκλίμα:** Αφορά μια τοπική ατμοσφαιρική ζώνη, όπου το κλίμα διαφέρει από την ευρύτερη περιοχή.

### 2.2 Αστικό μικροκλίμα

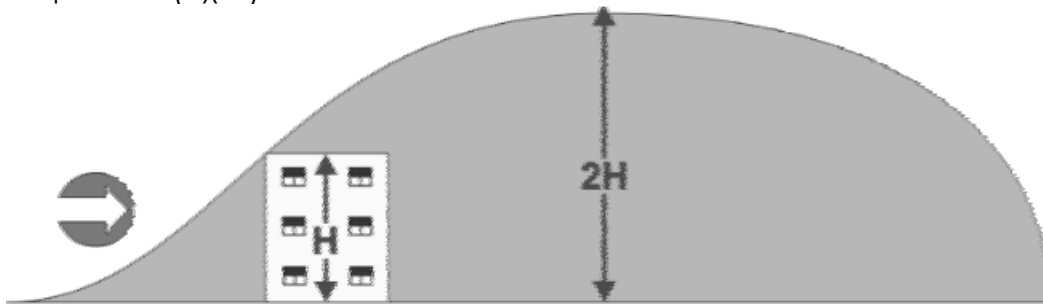
Με τον όρο μικροκλίμα εννοούμε τα ιδιαίτερα κλιματικά χαρακτηριστικά που επικρατούν σε μία περιοχή μικρής έκτασης, όπως μια πόλη, μια δασική περιοχή, μια αγροτική έκταση ή ακόμα και ενός μικρότερου χώρου, όπως ένα κτίριο ή ένα εργοστάσιο. Σε γενικές γραμμές το μικροκλίμα εκτείνεται μέχρι το ύψος που είναι τετραπλάσιο του μέγιστου ύψους των επιφανειακών δομών και επιφανειών. Στις αστικές περιοχές ο συνδυασμός της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, των δομικών χαρακτηριστικών της πόλης και των ιδιαίτερων κλιματικών συνθηκών που επικρατούν συνθέτουν το αστικό μικροκλίμα (*urban microclimate*, το οποίο επηρεάζει το κλίμα σε αρκετή απόσταση από την αστική περιοχή προς την κατεύθυνση του πνέοντος ανέμου) (*Καρτάλης, 1999*).

### 2.3 Παράμετροι που επηρεάζουν τη διαμόρφωση των περιβαλλοντικών συνθηκών στον αστικό ιστό

Οι βασικές παράμετροι που συνθέτουν το μικροκλίμα των πόλεων είναι αφενός η γεωγραφική θέση και οι τοπικές κλιματικές συνθήκες της περιοχής και αφετέρου τα στοιχεία του δομημένου περιβάλλοντος (αστική μορφολογία, βλάστηση, υδάτινο στοιχείο, υλικά επιστρώσεων κλπ), τα οποία διαμορφώνονται μέσα από τις ανθρώπινες δραστηριότητες (*Georgi & Dimitriou 2010, Chatzidimitriou & Yannas 2016*).

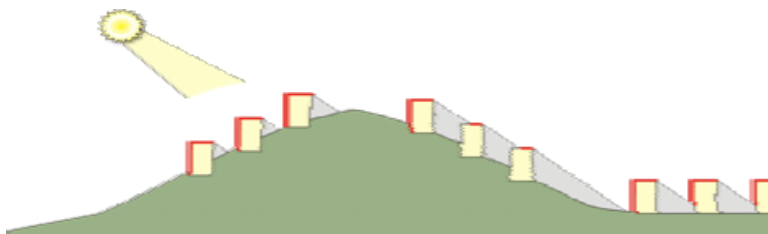


- Σε πρώτο επίπεδο, η τοπογραφία ή η μορφολογία του εδάφους, παίζουν καθοριστικό ρόλο, τόσο στη ροή του ανέμου πάνω (σχ. 1), γύρω, ή διαμέσου των κτιρίων και των ελεύθερων χώρων, όπως επίσης και στη σκίαση ή τον ηλιασμό των επιφανειών (σχ. 2).



Εικόνα 1: Ζώνη επιρροής κτιρίων στη ροή του ανέμου

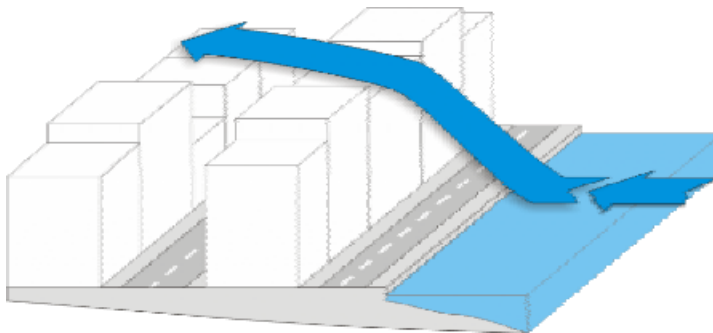
Σε περιοχές ψυχρές, ο απρόσκοπτος ηλιασμός τόσο των κτιρίων, όσο και των ελεύθερων επιφανειών, θεωρείται επιβλημένος ιδίως κατά τη διάρκεια της χειμερινής περιόδου. Παράδειγμα οικισμοί κτισμένοι στη βορινή πλευρά λόφου παρουσιάζουν πρόβλημα ηλιασμού όπως χαρακτηριστικά φαίνεται στο σχήμα 2, καθώς το μήκος της σκιάς των μεμονωμένων κτιρίων εκτείνεται σε μεγάλη επιφάνεια, ενώ στις νότιες κλίσεις αντίστοιχα το σκιασμένο έδαφος παρουσιάζεται περιορισμένο. Σε επίπεδα εδάφη, το πρόβλημα βρίσκεται κάπου ενδιάμεσα και εξαρτάται καθαρά από τη σχέση ύψους και απόστασης μεταξύ των κτιρίων. Σύμφωνα με τα παραπάνω, σε νότιες κλίσεις θα μπορούσε να προταθεί μία πιο πυκνή δόμηση με κτίρια στη σειρά, ενώ αντίθετα σε βορινές η χωροθέτηση των κτιρίων σε σχήμα σκακιέρας θα αύξανε την απόσταση και συνεπώς το ρίσκο σκιασμού των κτιρίων. Γενικά η κλίση του εδάφους σε σχέση και με τον προσανατολισμό, προδιαγράφει για κάθε μήνα του έτους και ανάλογα με τη γεωγραφική θέση, το μήκος της σκιάς ενός κτιρίου και κατά συνέπεια τη θέαση στον ήλιο των παρακείμενων. Η απόφαση να καταδικάσει κανείς ανθρώπους να ζουν στην σκιά των λίγων και άδικη και ανεπίτρεπτη περιβαλλοντικά μπορεί να θεωρηθεί, αν και αυτό αποτελεί κοινά "μη αποδεκτή" πρακτική των μεγάλων πόλεων.



Εικόνα 2 Ηλιασμός οικισμού κτιρίων στις πλευρές ενός λόφου, ή στην πεδιάδα

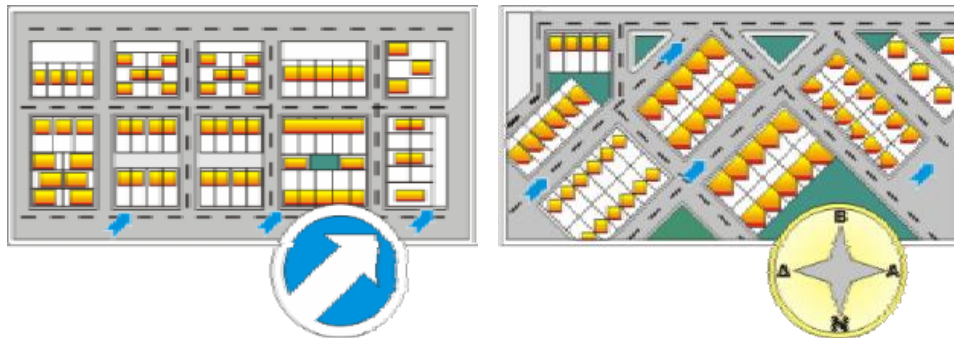
- Το δεύτερο επίπεδο έχει σχέση με τον άνεμο και την αναγκαιότητα προστασίας ή μη του δομημένου περιβάλλοντος και των ελεύθερων χώρων την χειμερινή περίοδο, ή ακόμη χρησιμοποίησής τους για φυσικό δροσισμό τη θερινή περίοδο. Στην καλύτερη περίπτωση θα έπρεπε να διευρυνθούν οι ανάγκες και τις δύο περιόδους, να διαπιστωθεί η ένταση και διεύθυνση του ανέμου και εν τέλει να παρθούν τα κατάλληλα μέτρα. Ανεμοφράκτες για την πρώτη περίοδο και εξαναγκασμένη κίνηση του αέρα προς συγκεκριμένη κατεύθυνση την δεύτερη.

Κλασικό παράδειγμα αγνόησης των ευνοϊκών επιπτώσεων της θαλάσσιας αύρας κατά τη θερινή περίοδο αποτελεί η περίπτωση της Θεσσαλονίκης. Σειρές από τείχη υψηλών κτιρίων σε μικρή απόσταση μεταξύ τους, αποτρέπουν και μπλοκάρουν την είσοδο και την κυκλοφορία του αέρα στο επιβαρυσμένο με ρύπους και υπερθερμασμένο κέντρο της πόλης και μόνο σε καθορισμένα σημεία (κάθετοι προς τα κτιριακά τείχη δρόμοι που έχουν απρόσκοπτη θέαση στο ύψωμα της "Πάνω Πόλης" γίνεται αισθητή η παραπάνω επίδραση, προκαλώντας αίσθημα ευεξίας (σχ.3).



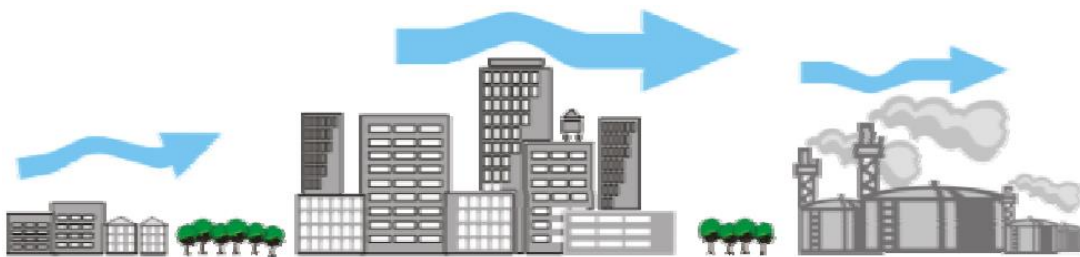
*Εικόνα 3 Εκτροπή - μπλοκάρισμα των νότιων ανέμων στην πόλη της Θεσσαλονίκης κατά τη θερινή περίοδο από τους υψηλούς κτιριακούς όγκους*

- Από περιβαλλοντικής πλευράς, μεγάλο ρόλο παίζει και η χωροθέτηση του οδικού δικτύου. Κατά μία άποψη οι βασικοί άξονες κυκλοφορίας θα έπρεπε να προσανατολίζονται κατά τη διεύθυνση ανατολής δύσης, έτσι ώστε να διευκολυνθεί η χωροθέτηση των κτιρίων και να προκύψουν νότια προσανατολισμένα κτίρια, στα οποία και θα μπορούσαν να εφαρμοστούν οι αρχές τις βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής. Από την άλλη όμως πλευρά, σε θερμές και υγρές περιοχές, όπως είναι και η περίπτωση της Θεσσαλονίκης, ή και γενικότερα, μία πρόβλεψη προσανατολισμού των κύριων δρόμων κυκλοφορίας, προς την διεύθυνση των επικρατούντων ανέμων, θα διευκόλυne τον δροσισμό και την ταχύτερη απαγωγή των ρύπων και των θερμικών αποβλήτων από ανθρωπογενείς παράγοντες (οχήματα, συστήματα κλιματισμού κ.ά.). Στην τελευταία επιλογή, η ικανοποίηση της απαίτησης και για νότια χωροθέτηση των παρόδιων κτιρίων, θα μπορούσε να επιτευχθεί με την κατάλληλη στροφή τους, σε επίπεδο βέβαια οικοδομικών τετραγώνων και όχι αποσπασματικά μεμονωμένων κτιρίων (σχήμα 4). Ενημερωτικά μόνον αναφέρεται, ότι με αφορμή έρευνα που έγινε στην πόλη της Θεσσαλονίκης, διαπιστώθηκε ότι ελάχιστα μόνον κτίρια ικανοποιούν την βασική απαίτηση για νότιο προσανατολισμό και μάλιστα σε πολλές περιπτώσεις και αυτά ακόμη τα κτίρια δεν έχουν θέαση στον ήλιο λόγω σκιασμού τους από άλλα παρόδια που βρίσκονται σε μικρή απόσταση από αυτά.



Εικόνα 4: Χωροθέτηση των οδικών αξόνων α) κατά τη διεύθυνση ανατολής - δύσης και β) κατά τη διεύθυνση των επικρατούντων ανέμων με παράλληλη πρόβλεψη χωροθετημένων κτιρίων

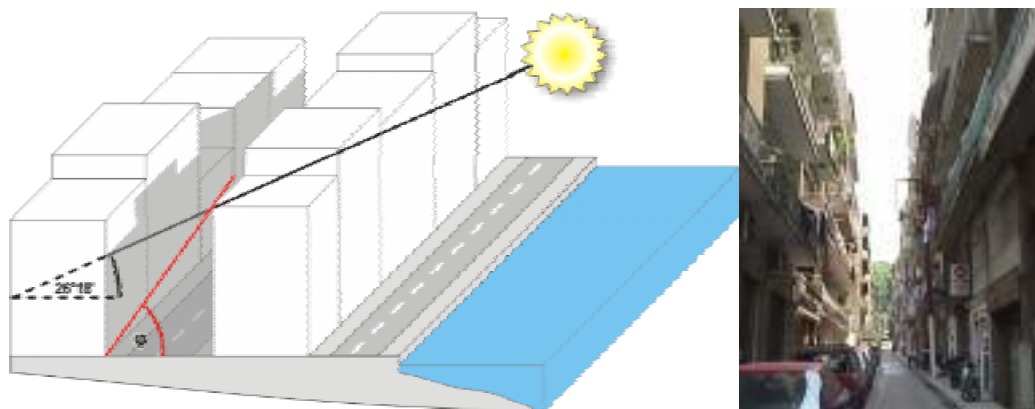
- Σε σχέση με την χωροθέτηση των διαφόρων λειτουργιών στον αστικό ιστό, βασικής σημασίας θεωρείται η θέση της βιομηχανικής ζώνης σε σχέση με τις υπόλοιπες κατηγορίες κτιρίων και βέβαια σε σχέση με την κύρια διεύθυνση του ανέμου. Έτσι κατά σειρά και από την πλευρά των επικρατούντων ανέμων, θα πρέπει να προηγηθεί η περιοχή κατοικίας και ο τριτογενής τομέας με ενδιάμεσες ζώνες ελεύθερων χώρων (πάρκα, πλατείες, ζώνες πρασίνου), ενώ σε έσχατη θέση θα έπρεπε να προβλέπεται η βιομηχανική ζώνη, έτσι ώστε οι ρύποι από την τελευταία να μην επηρεάζουν τον αστικό ιστό, όπως δυστυχώς συμβαίνει στην περίπτωση της Θεσσαλονίκης.



Εικόνα 5: Χωροθέτηση λειτουργιών στον αστικό ιστό, ανάλογα με την κύρια διεύθυνση του ανέμου

- Παρά το γεγονός ότι το κόστος της γης όπως ήδη αναφέρθηκε διαμορφώνεται σε υψηλά επίπεδα στα μεγάλα αστικά κέντρα, εντούτοις η πρόβλεψη πολλών ελεύθερων χώρων διάσπαρτων στον αστικό ιστό, παρά ελάχιστων και μεγαλύτερων πιστεύεται ότι τελικά αποτελεί την κυρίαρχη ίσως λύση για τη βελτίωση των μικροκλιματικών - περιβαλλοντικών συνθηκών, καθώς μακροπρόθεσμα αποδεικνύεται η οικονομικότερη, από την αποφυγή προγραμμάτων και στρατηγικών διάσωσης του επιβαρυσμένου αστικού περιβάλλοντος.

- Ένα ακόμη θεμελιώδους σημασίας θέμα και συγχρόνως ερώτημα από πλευράς βιοκλιματικού σχεδιασμού σε επίπεδο πόλης, είναι αυτό της σχέσης ύψους και απόστασης μεταξύ των κτιρίων, η οποία και καθορίζεται από το πλάτος των δρόμων. Η μελέτη της γωνίας ύψους του ηλίου τον δυσμενέστερο μήνα Δεκέμβριο, θα μπορούσε να δώσει μία σαφή απάντηση, αν πράγματι στόχος είναι να σχεδιάσουμε πόλεις και οικισμούς, παρέχοντας σε όλους το δικαίωμα στον «ήλιο». Γενικά για να διασφαλιστεί ο απρόσκοπτος ηλιασμός των κτιρίων θα πρέπει η γωνία ύψους του εμποδίου (στην περίπτωση της εικόνας ό πρόκειται για την πρώτη σειρά κτιρίων) να είναι ίση ή μικρότερη από την γωνία ύψους του ηλίου. Στα αστικά κέντρα στην καλλίτερη των περιπτώσεων θέαση στο ηλιακό φως παρέχεται στους τελευταίους συνήθως ορόφους, νότια προσανατολισμένων κτιρίων, που όπως ήδη αναφέρθηκε είναι και περιορισμένα σε αριθμό.



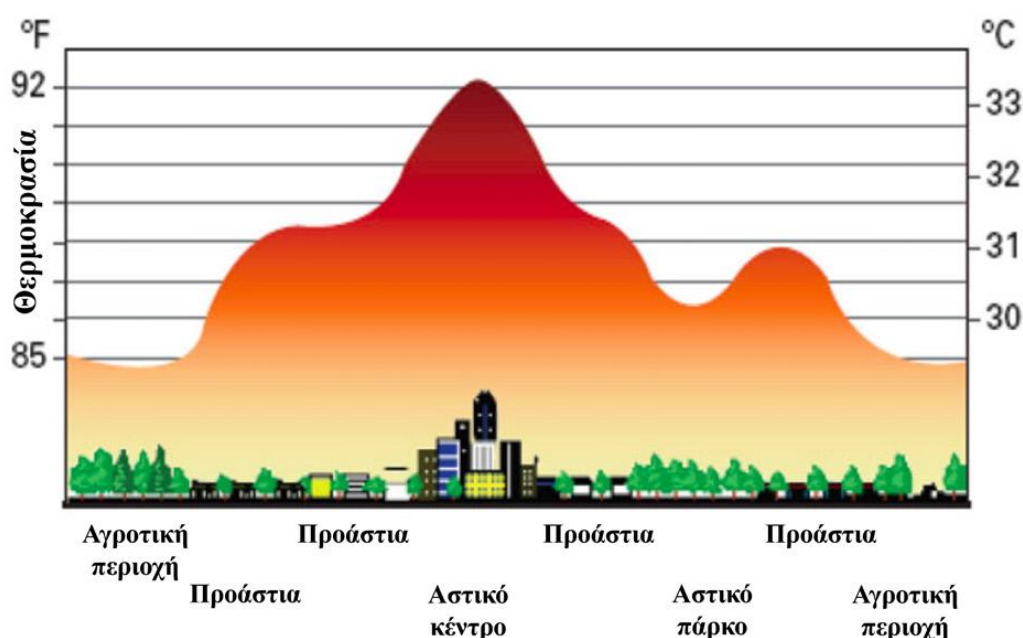
Εικόνα 6: Γωνία ύψους ηλίου τον μήνα Δεκέμβριο (26.18 μοίρες στις 12:00) για την πόλη της Θεσσαλονίκης και σκιασμός των παρακείμενων κτιρίων

- Σε επόμενο στάδιο πιο περιορισμένης κλίμακας, θα μπορούσε κανείς να αντιμετωπίσει ζητήματα πρόβλεψης διαφόρων στοιχείων στην στενότερη περιοχή των κτιρίων, για την τροποποίηση, βελτίωση των μικροκλιματικών παραμέτρων, με στόχο την επάρκεια ηλιασμού, αερισμού, αλλά και την προστασία από τον ήλιο, τον άνεμο, ή τον θόρυβο όπου και όταν χρειάζεται.
- Μετά την αντιμετώπιση όλων των παραπάνω, μόνον και μόνον τότε θα μπορούσε κανείς να αναφερθεί με ασφάλεια και σιγουριά σε περιβαλλοντικές, βιοκλιματικές επιλογές σε επίπεδο κτιρίου και μάλιστα στο αστικό περιβάλλον, που αποτελεί ίσως και το πιο δύσκολο προς επίλυση θέμα.

### 3. Μικροκλιματικά φαινόμενα στον αστικό χώρο

#### 3.1 Αστική θερμική νησίδα

Το φαινόμενο αναφέρεται στην ύπαρξη υψηλότερων θερμοκρασιών στις πυκνοδομημένες αστικές περιοχές σε σχέση με τον υπόλοιπο αστικό χώρο και τα περιχώρα του. Η θερμοκρασιακή διαφορά αρχίζει να παρατηρείται από νωρίς το μεσημέρι, ενώ αποκτά τη μέγιστη τιμή δύο ή τρεις ώρες μετά τη δύση του ηλίου, όταν τα υλικά που συνιστούν το δομημένο περιβάλλον της πόλης αρχίζουν να αποβάλλουν τη θερμότητα που αποθήκευσαν κατά τη διάρκεια της ημέρας (Akbari, 1992, όπως αναφέρεται στο Μπουγιατιώτη, 2010). Η μέση θερμοκρασιακή διαφορά που παρατηρείται στις περισσότερες πόλεις φαίνεται στο παρακάτω διάγραμμα :



Εικόνα 7 Σχηματικό διάγραμμα μεταβολής της θερμοκρασίας σε δομημένα και φυσικά περιβάλλοντα.

Το φαινόμενο οφείλεται σε μια πληθώρα παραγόντων όπως:

- Η αστική μορφολογία: Επηρεάζει τη ροή του ανέμου σε μεγάλο βαθμό. Σε πυκνοδομημένες περιοχές, ο άνεμος δεν καταφέρνει να διέλθει από τον αστικό ιστό. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να μειώνονται οι δυνατότητες απαγωγής θερμότητας μέσω του φαινομένου της μεταφοράς από τις κατακόρυφες επιφάνειες των κτιρίων και τις οριζόντιες των επικαλύψεων των δρόμων και των πεζοδρομίων (Σανταμούρης, 2000).
- Η ατμοσφαιρική ρύπανση: Εμποδίζει τη διαφυγή της θερμικής ακτινοβολίας προς τον ουρανό με αποτέλεσμα την αύξηση της θερμοκρασίας του αέρα. Η διαδικασία αυτή παρουσιάζει ομοιότητες με το φαινόμενο του θερμοκηπίου.

- Τα υλικά του δομημένου περιβάλλοντος και των υπαίθριων χώρων: Όσο πιο μεγάλη θερμοχωρητικότητα έχει ένα υλικό, τόσο πιο εύκολα διατηρεί υψηλή θερμοκρασία για μεγάλο χρονικό διάστημα.
- Η έλλειψη χώρων πρασίνου και υδάτινων επιφανειών: Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την έλλειψη δυνατοτήτων δροσισμού μέσω του φαινομένου της εξάτμισης. Η εξάτμιση του νερού συμβάλει στη μείωση της θερμοκρασίας του αέρα, καθώς για να πραγματοποιηθεί απορροφώνται σημαντικά ποσά θερμότητας από το περιβάλλον. Στις επιφάνειες νερού, η εξάτμιση του νερού πραγματοποιείται άμεσα, ενώ στη βλάστηση εξατμίζεται το νερό που εκλύεται από τα στόματα των φύλλων με τη λειτουργία της διαπνοής (Μπουγιαπιώτη, 2010).
- Κυκλοφοριακή συμφόρηση: Η θερμότητα που παράγεται από ένα μεγάλο αριθμό αυτοκινήτων συμβάλλει στην αύξηση της θερμοκρασίας του αέρα.

### 3.2 Αστική οδική χαράδρα

Με τον όρο «αστική οδική χαράδρα» περιγράφεται ένας δρόμος με υψηλή πυκνότητα οδικής κυκλοφορίας και με χαρακτηριστικά τέτοια, ώστε να περιορίζεται σημαντικά η διάχυση των ρύπων από την παρουσία κτιρίων με άμεση συνέπεια τη δημιουργία σημείου αιχμής συγκεντρώσεων (Μουσιόπουλος, 2005, όπως αναφέρεται στο Σιούτας, 2011). Τα χαρακτηριστικά αυτά είναι το μεγάλο ύψος των κτιρίων σε σχέση με το πλάτος του δρόμου και η κάθετη διεύθυνση του ανέμου ως προς τη διεύθυνση του δρόμου. Λόγω της κάθετης διεύθυνσης του ανέμου ως προς τη διεύθυνση του δρόμου δημιουργείται στρόβιλος. Ο στρόβιλος αυτός ονομάζεται βρόχος κυκλοφορίας και έχει ως αποτέλεσμα να εγκλωβίζονται οι ρύποι μέσα στην αστική οδική χαράδρα.



Εικόνα 8: Οδική χαράδρα (πηγή: Κουτσουράκης, 2010)

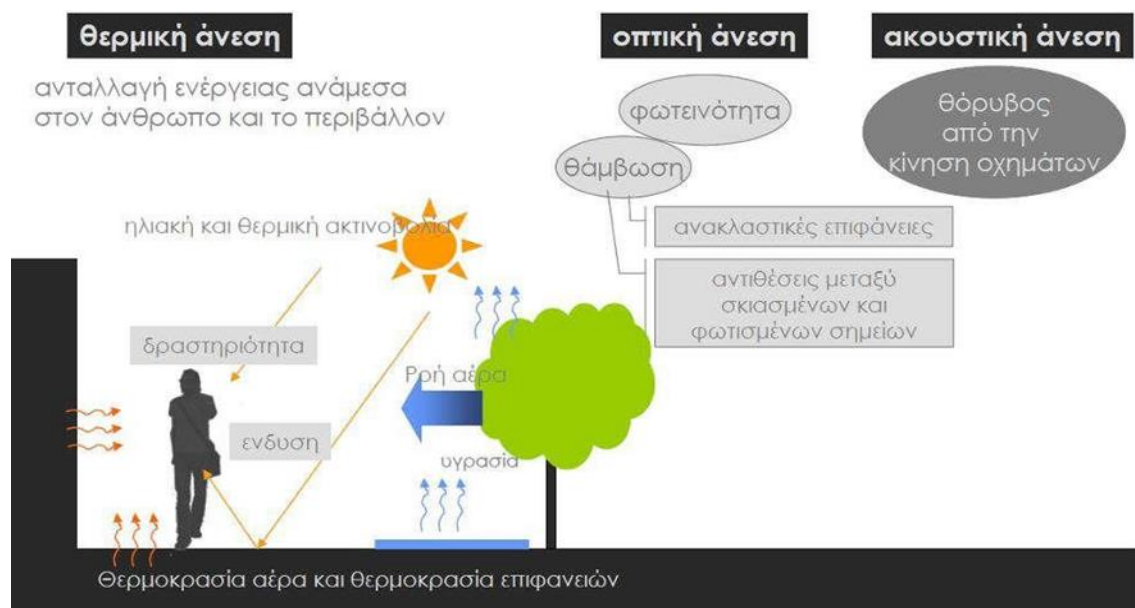


### 3.3 Συνθήκες άνεσης στους αστικούς υπαίθριους χώρους

Με την έννοια άνεση αναφερόμαστε σε μια κατάσταση κατά την οποία ένα άτομο αισθάνεται ικανοποίηση με το περιβάλλον και δεν επιθυμεί καμία αλλαγή σε αυτό. Το επίπεδο της άνεσης των ανθρώπων στις μικροκλιματικές συνθήκες που επικρατούν σε μια περιοχή καθορίζει σε πολλά επίπεδα (βαθμός, ένταση, αποδοτικότητα) τις δραστηριότητες που λαμβάνουν χώρα στην περιοχή αυτή (Κ.Α.Π.Ε. 2011).

Η βελτίωση των συνθηκών άνεσης στους υπαίθριους χώρους μέσω του περιβαλλοντικού σχεδιασμού μπορεί να έχει πολλαπλά οφέλη στο ευρύτερο αστικό περιβάλλον (Nikolourou et al 2001), όπως:

- Προώθηση φιλικών προς το περιβάλλον τρόπων μετακίνησης (περπάτημα, ποδήλατο κλπ).
- Προσέλκυση μεγάλου αριθμού επισκεπτών, γεγονός που στη συνέχεια θα οδηγήσει στην εγκατάσταση επιχειρήσεων και κατοικιών και κατ' επέκταση στην οικονομική ανάπτυξη των εκάστοτε περιοχών.
- Εξοικονόμηση ενέργειας στα γειτονικά κτίρια.
- Αναβάθμιση της εικόνας της πόλης.



Εικόνα 9: Συνθήκες άνεσης σε αστικούς υπαίθριους χώρους  
(Πηγή : <http://www.helexpo.gr/HelexpoPortal/inst/helexpo/gallery/Root/Pdf/eco/Αξαπλή.pdf>)

### 3.4 Θερμική άνεση

Η θερμική άνεση αποτελεί καθοριστικό παράγοντα στη διαμόρφωση της κλιματικής ποιότητας ενός χώρου. Η έννοια της θερμικής άνεσης στηρίζεται στην αρχή ότι σε μια σταθερή κατάσταση η παραγωγή θερμότητας ισούται με τις απώλειες θερμότητας προς το περιβάλλον, ώστε να διατηρηθεί σταθερή θερμοκρασία σώματος στους 37°C (Κ.Α.Π.Ε. 2011, Νικολοπούλου et al 2001).

Η θερμική άνεση επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό από τις μικροκλιματικές συνθήκες που επικρατούν σε μια περιοχή (θερμοκρασία του αέρα, ταχύτητα ανέμου, σχετική υγρασία, ακτινοβολία), οι οποίες εμφανίζουν μεγάλο εύρος και μεταβλητότητα σε χωρικό και χρονικό επίπεδο, αλλά και από τη δραστηριότητα και το επίπεδο ρουχισμού των ανθρώπων (Κ.Α.Π.Ε. 2011).

Ωστόσο, η προσέγγιση του θέματος μόνο με κριτήρια φυσιολογίας, όπως αναφέρθηκαν παραπάνω, δεν είναι επαρκής για τον προσδιορισμό της θερμικής άνεσης στους εξωτερικούς χώρους. Αντίθετα, είναι απαραίτητο να συνυπολογίζεται και η έννοια της προσαρμοστικότητας, η οποία περιλαμβάνει μια σειρά παραγόντων που επιδρούν καθοριστικά στα επίπεδα θερμικής άνεσης.

Με τον όρο προσαρμοστικότητα αναφερόμαστε στις αλλαγές που πραγματοποιούν οι άνθρωποι, ώστε να βελτιώσουν την αλληλεπίδραση ανάμεσα στο περιβάλλον και τις ανάγκες τους. Αφορούν προσωπικές μεταβολές, όπως εποχιακή μεταβολή του ρουχισμού, αλλαγή του μεταβολισμού μέσω της κατανάλωσης ζεστών ή κρύων ροφημάτων, μεταβολή στη θέση και τη στάση του σώματος κλπ (Κ.Α.Π.Ε. 2004). Επιπρόσθετα, περιλαμβάνουν ψυχολογικές παραμέτρους (Νικολοπούλου et al 2001, Νικολοπούλου & Steemers 2003), όπως:

- Η φυσικότητα των περιβαλλοντικών μεταβολών που συντελούνται.
- Οι προσδοκίες του ατόμου.
- Οι προηγούμενες εμπειρίες του ατόμου.
- Ο χρόνος έκθεσης σε μια κατάσταση.
- Η δυνατότητα μεταβολής της κατάστασης.
- Η μεταβλητότητα των περιβαλλοντικών συνθηκών.

Η εκτίμηση της θερμικής άνεσης γίνεται μέσα από μια σειρά δεικτών, οι οποίοι αν και αρχικά χρησιμοποιήθηκαν για εσωτερικούς χώρους, στη συνέχεια προσαρμόστηκαν και σε περιπτώσεις εξωτερικών χώρων (Κ.Α.Π.Ε. 2011).

- Δείκτης Ισχύος Αποψύξεως (Cooling Power – CP)

Εκφράζει το ρυθμό απώλειας θερμότητας από την επιφάνεια ενός σώματος που διατηρείται σε θερμοκρασία 35°C όταν η επιφάνεια αυτή εκτεθεί στον ατμοσφαιρικό αέρα. Είναι ένα μέτρο της ικανότητας



του αέρα να αυξάνει την απώλεια θερμότητας από ένα ανθρώπινο σώμα.

- Δείκτης Αναμενόμενης Μέσης Αποδοχής (Predicted Mean Vote – PMV)

Περιγράφεται με μια μαθηματική σχέση που συνδέει τα επίπεδα δραστηριότητας, ρουχισμού και περιβαλλοντικών παραμέτρων και αποτελεί συσχέτιση μεταξύ της θερμικής άνεσης και του θερμικού αισθήματος.

- Δείκτης Φυσιολογικής Ισοδύναμης Θερμοκρασίας (Physiological Equivalent Temperature – PET)

Υπολογίζεται από τη μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας, τη θερμοκρασία του αέρα, την ταχύτητα του ανέμου και τη σχετική υγρασία και δίνει τη θερμοκρασία του εξωτερικού περιβάλλοντος όταν το ισοζύγιο θερμότητας είναι πανομοιότυπο με αυτό ενός εσωτερικού χώρου.

- Δείκτης Κανονικής Ενεργού Θερμοκρασίας (Standard Effective Temperature – SET)

Συγκρίνει τη φυσιολογική κατάσταση ενός ατόμου με ένα περιβάλλον αναφοράς.

### 3.5 Οπτική άνεση

Ένας άλλος παράγοντας που παίζει σημαντικό ρόλο στη διαμόρφωση της ποιότητας ενός υπαίθριου χώρου είναι η εξασφάλιση ενός άνετου οπτικού περιβάλλοντος. Ο όρος οπτική άνεση εκφράζει μια θετική οπτική εμπειρία, η οποία προκαλείται αφενός από την κατανομή και την επάρκεια του φωτός και αφετέρου από παράγοντες που συνθέτουν την αισθητική του χώρου, όπως ανεμπόδιση θέα της γύρω περιοχής, προσεγμένες όψεις κτιρίων, βλάστηση, άρτιος αστικός εξοπλισμός κλπ (Κ.Α.Π.Ε. 2011). Η διαμόρφωση συνθηκών οπτικής άνεσης σε ένα χώρο εξασφαλίζεται μέσα από τον επαρκή φωτισμό του σε συνδυασμό με την ελαχιστοποίηση φαινομένων οπτικής δυσφορίας, όπως θάμβωση.

Η θάμβωση είναι το φαινόμενο που προκαλείται από την ύπαρξη στο οπτικό πεδίο είτε πολύ υψηλών τιμών φωτεινότητας (άμεση θάμβωση) είτε μεγάλων αντιθέσεων φωτεινότητας (έμμεση θάμβωση) και έχει σαν αποτέλεσμα οπτική όχληση ή και παρεμπόδιση της όρασης. Μέσα από επιτόπιες έρευνες σε υπαίθριους χώρους ανά την Ευρώπη προέκυψε ότι η πιο συχνή αιτία θάμβωσης είναι οι όψεις των γύρω κτιρίων. Ακολουθούν ο ουρανός και οι ημιδιάφανες επικαλύψεις, ενώ το έδαφος και το πεζοδρόμιο προκαλούν θάμβωση σε συνδυασμό με υψηλά επίπεδα φωτισμού (Κ.Α.Π.Ε. 2004). Στην αντιμετώπιση της άμεσης θάμβωσης συμβάλει η δημιουργία σκιασμένων επιφανειών μέσω σκιάστρων ή βλάστησης, ενώ στην περίπτωση της έμμεσης θάμβωσης γίνεται χρήση κατάλληλων υλικών επιστρώσεων οριζόντιων και κάθετων επιφανειών

για τον έλεγχο της ανακλαστικότητας του ηλιακού φωτός (Χρυσομαλλίδου & συνεργάτες 2004).

Ωστόσο, στην αίσθηση οπτικής άνεσης σημαντικό ρόλο παίζει και ο ανθρώπινος παράγοντας, καθώς η αντίληψη της φωτεινότητας αλλά και η προτίμηση στο ηλιακό φως είναι σε μεγάλο βαθμό υποκειμενικά στοιχεία. Παράλληλα, η χρήση γυαλιών ηλίου ή/και κινήσεων για την προστασία των ματιών από το υπερβολικό φως αποτελούν συνειδητές ή μη επιλογές για την προσαρμογή στο οπτικό περιβάλλον της περιοχής.

### 3.6 Ακουστική άνεση

Το ακουστικό περιβάλλον, είτε διαμορφώνεται από φυσικές πηγές είτε από ανθρωπογενείς δραστηριότητες (κυκλοφορία οχημάτων, μηχανήματα, κτιριακές κατασκευές κλπ) έχει σημαντική επίδραση στη διαμόρφωση των συνθηκών άνεσης μιας περιοχής. Η περιγραφή του ηχητικού τοπίου σε έναν υπαίθριο αστικό χώρο στηρίζεται σε τέσσερις βασικούς άξονες (Κ.Α.Π.Ε. 2004):

- Χαρακτηριστικά της ηχητικής πηγής  
Στάθμη ηχητικής πίεσης, φάσμα, χρονικές συνθήκες, θέση και απόσταση της πηγής από τους χρήστες, κίνηση της πηγής και κοινωνικά/ψυχολογικά χαρακτηριστικά.
- Ακουστική επίδραση του χώρου  
Αντήχηση ή άλλα ακουστικά ελαττώματα (ηχώ, εστιακό φαινόμενο), θόρυβος βάθους και ειδικές ηχητικές πηγές στο ευρύτερο περιβάλλον.
- Κοινωνικές παράμετροι  
Φύλλο, ηλικιακή ομάδα, τόπος κατοικίας, ακουστικό υπόβαθρο, προηγούμενες εμπειρίες και ευρύτερο κοινωνικό/εκπαιδευτικό υπόβαθρο.
- Άλλες παράμετροι  
Κλιματικές παράμετροι, θερμική και οπτική άνεση και δραστηριότητες που λαμβάνουν χώρα στην περιοχή.

Η εξασφάλιση συνθηκών ακουστικής άνεσης μπορεί να επιτευχθεί αρχικά μέσω της μείωσης των επιπέδων θορύβου με χρήση φυσικών ή τεχνητών ηχοφραγμάτων (δέντρα, ηχοαπορροφητικά πάνελ) και με μεταβολές στη μορφή, τα όρια και τον εξοπλισμό του χώρου. Επιπρόσθετα, η ανάδειξη «ήχων - ορόσημων», όπως η ζωντανή μουσική ή η χρήση νερού υπό μορφή σιντριβανιών, θα αναβάθμιζε ακόμη περισσότερο την ποιότητα του αστικού περιβάλλοντος.

## 4. Βιοκλιματικός σχεδιασμός

Ο βιοκλιματικός/ενεργειακός σχεδιασμός είναι η διαδικασία σχεδιασμού, η οποία αξιοποιεί τις κλιματικές & περιβαλλοντικές συνθήκες και τα δομικά στοιχεία του κελύφους προκειμένου να επιτύχει βελτιωμένη θερμική - οπτική άνεση & συνθήκες υγιεινής σε ένα κτίριο ή υπαίθριο χώρο με φυσικό τρόπο.

Σχετίζεται περισσότερο με μορφολογικά, κατασκευαστικά στοιχεία & υλικά ενός κτιρίου και λιγότερο με τις Η/Μ εγκαταστάσεις οι οποίες σε ένα μεγάλο βαθμό αντιμετωπίζονται ως βοηθητικός εξοπλισμός (τα πλέον αποδοτικά βιοκλιματικά κτίρια έχουν απλές και χαμηλής ισχύος βοηθητικές εγκαταστάσεις).

Ωστόσο υπάρχει απαίτηση για συνολική θεώρηση του κτιρίου & εγκαταστάσεων ως «ενιαίο ενεργειακό σύστημα». Επίσης, απαιτείται στενότερη συνεργασία μεταξύ όλων των εμπλεκόμενων μελετητών σε όλα τα στάδια του σχεδιασμού.

### 4.1 Παράμετροι που επηρεάζουν τον Βιοκλιματικό Σχεδιασμό Υπαίθριων Ανοιχτών Χώρων

Παράμετροι θέσης

Γεωγραφική θέση και κλίμα

Θέση στον πολεοδομικό ιστό (αστικό, περαστικό, αγροτικό)

Μορφολογία και κάλυψη εδάφους

Σύστημα Δόμησης – Πολεοδομικά χαρακτηριστικά

### 4.2 Σημασία και εξέλιξη του βιοκλιματικού σχεδιασμού

Η έντονη μετακίνηση πληθυσμών προς τα αστικά κέντρα και οι βίαιες ανθρώπινες παρεμβάσεις στο φυσικό περιβάλλον που συντελέστηκαν τις τελευταίες δεκαετίες είχαν άμεση επίδραση στο αστικό μικροκλίμα και στις συνθήκες άνεσης των πολιτών (Χρυσομαλλίδου & συνεργάτες 2004). Το φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας και η κλιματική αλλαγή που συντελείται σε παγκόσμια κλίμακα είχαν σαν αποτέλεσμα την αύξηση της θερμοκρασίας των πόλεων, η οποία με τη σειρά της εντείνει την ενεργειακή κατανάλωση, οξύνει την ατμοσφαιρική ρύπανση, επιδεινώνει τις συνθήκες άνεσης και θέτει σε κίνδυνο τις ευάλωτες πληθυσμιακές ομάδες (Santamouris 2014).

Για την αντιμετώπιση των παραπάνω συνεπειών είναι απαραίτητη η υλοποίηση στοχευμένων, συντονισμένων και ιεραρχημένων παρεμβάσεων σε όλους τους τομείς που τις δημιουργούν (Κ.Α.Π.Ε. 2011). Σε αυτήν την

κατεύθυνση, ο βιοκλιματικός σχεδιασμός μπορεί να αποτελέσει ένα σημαντικό εργαλείο για τη βελτίωση του μικροκλίματος μιας περιοχής (Gaitani et al 2011).

Η αρχή της συγκρότησης της έννοιας του βιοκλιματικού σχεδιασμού τοποθετείται τη δεκαετία του 1980, στο πλαίσιο της ανάπτυξης των εννοιών της βιωσιμότητας και της αειφορίας (Πολυχρονόπουλος 2002). Οι αρχικές εφαρμογές του ήταν περιορισμένες και αφορούσαν μεμονωμένα κτίρια ή μικρά περιαστικά σύνολα οργανωμένης δόμησης, ενώ επικεντρώνονταν στην αντιμετώπιση των προβλημάτων εξ' αιτίας του ελλιπούς χειμερινού ηλιασμού στις βόρειες Ευρωπαϊκές χώρες. Ωστόσο, οι περιβαλλοντικές και οικονομικές επιπτώσεις που αναφέρθηκαν παραπάνω έκαναν επιτακτική την ανάγκη για ευρύτερη αντιμετώπιση του θέματος τόσο σε επίπεδο παρεμβάσεων στο ευρύτερο δομημένο και υπαίθριο περιβάλλον, όσο και σε επίπεδο ένταξης νέων μελετών (π.χ. μελέτη φυσικού δροσισμού).

Τα οφέλη που προκύπτουν από την εφαρμογή των αρχών του βιοκλιματικού σχεδιασμού στο αστικό περιβάλλον συνίστανται στη δημιουργία (Μιχαλοπούλου 2015):

- Πολεοδομικών συνόλων με ευνοϊκό μικροκλίμα και άνετων εξωτερικών χώρων.
- Συνθηκών ευνοϊκού μικροκλίματος σε επίπεδο κτιρίων για καλύτερη εφαρμογή τεχνικών παθητικής ψύξης.
- Ανταγωνιστικών και βιώσιμων πόλεων.
- Ολοκληρωμένων σχεδίων δράσης τοπικών και περιφερειακών πρωτοβουλιών για ουσιαστικές αστικές αναπλάσεις μικρής και μεγάλης κλίμακας.

Ο βιοκλιματικός σχεδιασμός σε πολεοδομικό επίπεδο επικεντρώνεται σε μια εναλλακτική προσέγγιση στο σχεδιασμό ή την ανάπλαση υποβαθμισμένων αστικών περιοχών, η οποία βασίζεται στην αξιοποίηση των πλεονεκτημάτων των φυσικών μηχανισμών θέρμανσης, ψύξης και φωτισμού για τη βελτίωση του τοπικού μικροκλίματος (Ανδρεαδάκη 2006). Στο επίπεδο των αστικών υπαίθριων χώρων στοχεύει αφενός στη βελτίωση του μικροκλίματος των εκάστοτε χώρων, για τη μεγιστοποίηση της χρήσης και της χρησιμότητάς τους, και αφετέρου στη συμβολή τους στη βελτίωση του ευρύτερου αστικού μικροκλίματος.

Ένας σημαντικός παράγοντας που πρέπει να λαμβάνεται υπόψη κατά τη διαδικασία του βιοκλιματικού σχεδιασμού ενός υπαίθριου χώρου είναι η εποχιακή χρήση του, καθώς οι επικρατούσες περιβαλλοντικές συνθήκες έχουν άμεση επίδραση στη θερμική και οπτική άνεση των χρηστών τους. Κατά τη διάρκεια της θερινής περιόδου βασικός στόχος είναι ο έλεγχος της θερμοκρασίας, μέσω της σκίασης του δροσισμού και της κατεύθυνσης του ανέμου. Αντίθετα, τη χειμερινή περίοδο επιδιώκεται η προστασία από τους κρύους ανέμους και τη βροχή και παράλληλα η μεγιστοποίηση της ηλιακής έκθεσης (Κ.Α.Π.Ε. 2004).

Συνεπώς, προκύπτει ότι ο βιοκλιματικός σχεδιασμός ενός υπαίθριου χώρου

βασίζεται στις παρακάτω αρχές για τη διαμόρφωση βέλτιστων περιβαλλοντικών συνθηκών και συνθηκών άνεσης σε κάθε περίοδο του έτους:

- Ηλιασμός – ηλιοπροστασία.
- Αερισμός – ανεμοπροστασία
- Δροσισμός.

## 5. Αρχές και κατευθύνσεις του βιοκλιματικού σχεδιασμού

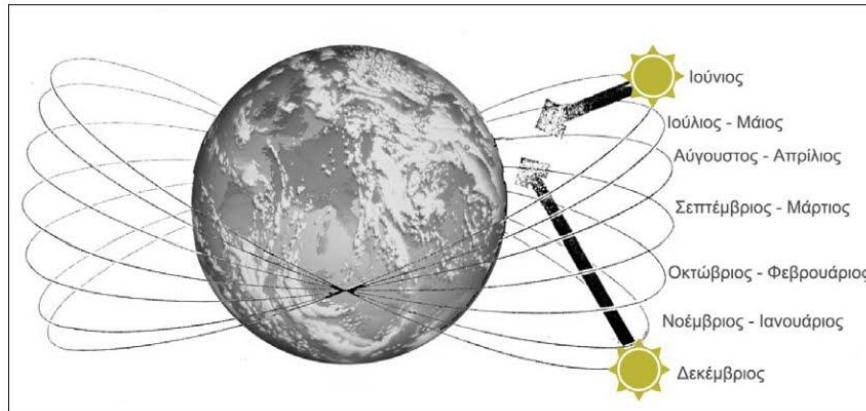
### 5.1 Ηλιασμός – Ηλιοπροστασία

Η ηλιακή ακτινοβολία συνιστά καθοριστικό παράγοντα στη διαμόρφωση του μικροκλίματος των πόλεων και στην εξασφάλιση τόσο της τόσο της θερμικής όσο και της οπτικής άνεσης των πολιτών. Η επίδραση της στις συνθήκες άνεσης διαφοροποιείται ανάλογα με τη γεωγραφική θέση της περιοχής. Σε περιοχές με ψυχρό κλίμα και μεγάλο ποσοστό νεφοκάλυψης η ηλιακή ακτινοβολία είναι επιθυμητή καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. Αντίθετα, σε τροπικά κλίματα που επικρατούν υψηλές θερμοκρασίες αποφεύγεται η απρόσκοπτη έκθεση στον ήλιο. Τέλος, σε περιοχές με μεσογειακό κλίμα, όπως η Ελλάδα, η ηλιακή ακτινοβολία παρουσιάζει εποχιακές διακυμάνσεις. (Γιάννας 2002).

Ηλιασμός ονομάζεται η επιλεκτική έκθεση χώρων στην ηλιακή ακτινοβολία (Γιάννας 2002). Οι παράγοντες που καθορίζουν το ποσοστό της ηλιακής ακτινοβολίας σε έναν αστικό χώρο (Μιχαλοπούλου 2015) είναι :

- Το γεωγραφικό πλάτος της περιοχής.
- Το ποσοστό θολότητας στην ατμόσφαιρα.
- Το τοπογραφικό ανάγλυφο της περιοχής.
- Ο προσανατολισμός των οδών και των κτιριακών μετώπων που αναπτύσσονται κατά μήκος τους.  
Για παράδειγμα, σε έναν δρόμο με προσανατολισμό Β-Ν η έκθεση στην ηλιακή ακτινοβολία γίνεται συμμετρικά, σε αντίθεση με έναν δρόμο με προσανατολισμό Α-Δ, όπου η ηλιακή ακτινοβολία προσπίπτει μόνο στη νότια πλευρά του.
- Η αναλογία του πλάτους των οδών ή των υπαίθριων χώρων σε σχέση με το ύψος των προσκείμενων σε αυτούς κτιρίων.

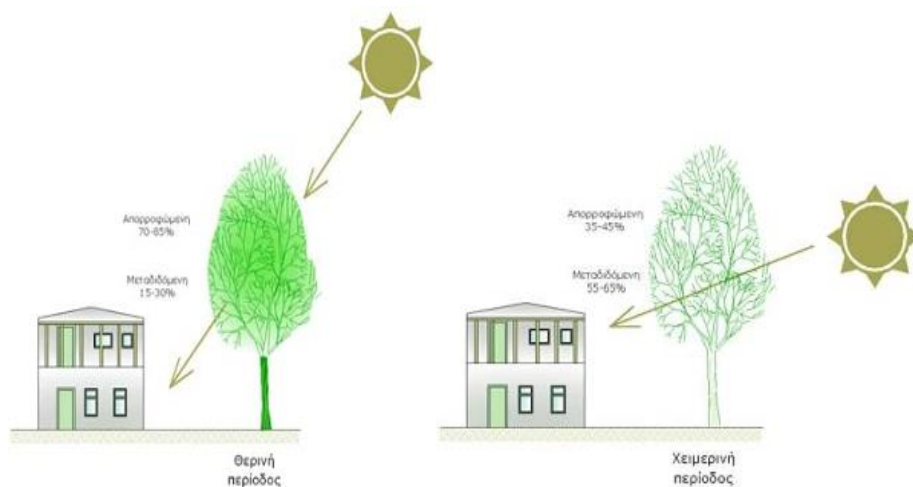
Σε πυκνοδομημένες περιοχές, η κακή διάταξη των κτιρίων και η μικρή μεταξύ τους απόσταση έχουν σαν αποτέλεσμα τη δημιουργία του φαινομένου της «υπερσκιάς» του ενός κτιρίου πάνω στο άλλο (overshadowing).



Εικόνα 10: Σχηματική αναπαράσταση των φαινόμενων τροχιών του ήλιου (Πηγή : Ανδρεάκη 2006)

Ηλιοπροστασία ονομάζεται η ηθελημένη αποφυγή της ηλιακής ακτινοβολίας (Γιάννας 2002). Αποτελεί καθοριστικό παράγοντα τόσο για τον έλεγχο της θερμοκρασίας κατά τους θερινούς μήνες, όσο και για την εξασφάλιση οπτικής άνεσης (Χρυσομαλλίδου και συνεργάτες 2004). Για τον έλεγχο της ηλιακής πρόσβασης σε μία περιοχή είναι απαραίτητη η γνώση της πορείας του ήλιου καθ' όλη τη διάρκεια του έτους.

Μέσα από μια σειρά μεθόδων, όπως η χρήση κατάλληλης φύτευσης και κατάλληλου αστικού εξοπλισμού (σταθερά ή κινητά στέγαστρα, πέργκολες, στοές, ανοιχτόχρωμα πανιά κλπ) είναι εφικτή η ρύθμιση του ηλιασμού ή της ηλιοπροστασίας σε μια περιοχή προκειμένου να εξασφαλίζονται οι μέγιστες συνθήκες άνεσης (Χρυσομαλλίδου και συνεργάτες 2004).



Εικόνα 11 Σκίαση νότια όψης κτηρίου από φυλλοβόλο δέντρο τη θερινή περίοδο, χωρίς να παρεμποδίζεται σημαντικά ο ηλιασμός του τη χειμερινή περίοδο.

## 5.2 Αερισμός – Ανεμοπροστασία

Ο άνεμος αποτελεί μια σημαντική, αλλά και σύνθετη μεταβλητή του αστικού μικροκλίματος. Η σωστή διαχείρισή του μπορεί να συμβάλει αφενός στη μείωση της θερμοκρασίας και κατ' επέκταση στην επίτευξη θερμικής άνεσης και αφετέρου στη μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, μέσω της διασποράς των αέριων ρύπων και των αιωρούμενων σωματιδίων (Κ.Α.Π.Ε. 2011). Από την άλλη πλευρά, όταν η ταχύτητά του αυξάνεται σημαντικά μπορεί να έχει αρνητικές επιδράσεις στους ανθρώπους. Ταχύτητα ανέμου μεγαλύτερη από 5m/s προκαλεί ενόχληση, ενώ όταν υπερβεί τα 10m/s θεωρείται δυσάρεστη (Γιάννας 2002).

Κλίμακα Beaufort	Περιγραφή	Ταχύτητα ανέμου σε ύψος 1.75 (m/s)	Επιδράσεις
0	Νηνεμία	0.0 - 0.1	άνεμος μη αισθητός
1	Υποπνέων	0.1 - 1.0	άνεμος σχεδόν μη αισθητός
2	Ασθενής	1.1 - 2.3	άνεμος που γίνεται αντιληπτός π.χ. στο πρόσωπο
3	Λεπτός	2.3 - 3.8	ανακατεύει τα μαλλιά, παρασέρνει τα ρούχα, δυσκολία ανάγνωσης εφημερίδας
4	Μέτριος	3.8 - 5.5	σηκώνει σκόνη και ανακατεύει τα μαλλιά
5	Λαμπρός	5.5 - 7.5	αρκετή ένταση για το ανθρώπινο σώμα, κίνδυνος αν είναι ριπή
6	Ισχυρός	7.5 - 9.7	οι ομπρέλες χρησιμοποιούνται με δυσκολία, δυσκολία στο περπάτημα, ενοχλητικός θόρυβος ανέμου στα αυτιά
7	Σφοδρός	9.7 - 12.0	μεγάλη δυσκολία στο περπάτημα
8	Ορμητικός	12.0 - 14.5	γενικότερα εμποδίζει τις κινήσεις και προκαλεί προβλήματα ισορροπίας
9	Θύελλα	14.5 - 17.1	προκαλεί ατυχήματα σε ανθρώπους

Πίνακας 1 Κλίμακα Beaufort σε σχέση με τις μηχανικές επιδράσεις σε ανθρώπους (Πηγή Κ.Α.Π.Ε. 2011)

Κατά τη θερινή περίοδο, ο άνεμος μπορεί να συμβάλει θετικά στην επίτευξη θερμικής άνεσης. Συνεπώς, θα πρέπει να διευκολύνεται η απρόσκοπτη κυκλοφορία του στους ανοιχτούς υπαίθριους χώρους, είτε με φυσικό τρόπο μέσω της κατάλληλης χωροθέτησης των υπαίθριων χώρων σε σχέση με τους επικρατούντες ανέμους της περιοχής, είτε με εξαναγκασμένη κίνηση. Αντίθετα, κατά τη χειμερινή περίοδο, είναι απαραίτητη η χρήση κατάλληλων μεθόδων για την προστασία από τους ψυχρούς ανέμους, οι οποίοι μπορούν να προκαλέσουν αίσθημα όχλησης (Χρυσομαλλίδου & συνεργάτες 2004).

Η ροή του ανέμου μέσα στην πόλη αποτελεί συνάρτηση της γεωμετρίας του αστικού ιστού (όγκος και διάταξη κτιρίων, προσανατολισμός και διαστάσεις υπαίθριων χώρων, αναλογία ύψους κτιρίων προς πλάτος δρόμων κλπ) και της κατεύθυνσης των επικρατούντων ανέμων της περιοχής (Κ.Α.Π.Ε. 2011, Νικολοπούλου 2015). Η επίδραση στην κίνηση του ανέμου (ανακοπή ή εκτροπή του) μπορεί να επιτευχθεί μέσω της χρήσης φυσικών ή τεχνητών διατάξεων, οι οποίες λειτουργούν σαν ανεμοφράκτες (Κ.Α.Π.Ε. 2011). Οι διατάξεις αυτές μπορεί να είναι αντίστοιχα:

- Συστάδες δέντρων ή διαπερατοί φράχτες.

Τα κλαδιά και τα φύλλα των δέντρων συντελούν στη μείωση της έντασης του ανέμου, χωρίς να δημιουργούν στροβιλισμούς, με τις κλειστές σειρές φυτών (50-65% επιφάνεια ανοίγματος) να παρέχουν καλύτερη και πιο ομοιογενή προστασία. Αντίστοιχα, φράχτες με 35-40% ανοίγματα και οπές κατανομημένες σε όλη την επιφάνεια παρέχουν τη βέλτιστη προστασία.

- Συμπαγείς κατασκευές (κτίρια, τοίχοι κλπ).

Οι συμπαγείς ανεμοφράκτες εξασφαλίζουν επαρκή προστασία κοντά στην κατασκευή, ωστόσο από κάποια απόσταση συμβάλουν στη δημιουργία υψηλών ταχυτήτων και τύρβης.



Εικόνα 12 Δέντρα με πυκνά φυλλώματα ως ανεμοφράκτες (Πηγή Κ.Α.Π.Ε. 2011)



### 5.3 Δροσισμός

Μια ακόμη παράμετρος που πρέπει να λαμβάνεται υπόψη κατά τη διαδικασία του βιοκλιματικού σχεδιασμού είναι ο φυσικός δροσισμός των υπαίθριων χώρων.

Ο φυσικός δροσισμός επιτυγχάνεται μέσα από μια σειρά μεθόδων (Γιάννας 2002), όπως :

- Απόρριψη θερμότητας από τις επιφάνειες προς την ατμόσφαιρα, η οποία οφείλεται αφενός στη διάχυση θερμότητας κατά τη διάρκεια της νύχτας εξ' αιτίας της πτώσης της θερμοκρασίας του αέρα και αφετέρου στην ιδιότητα των υλικών να εκπέμπουν θερμική ακτινοβολία. Απαραίτητη προϋπόθεση αποτελεί η εξασφάλιση ανεμπόδιστης θέας προς τον ουράνιο θόλο.
- Απόρριψη θερμότητας από τις επιφάνειες προς το έδαφος με αγωγή, μέσω της χρήσης εναλλακτών θερμότητας αέρα-εδάφους (earth to air heat exchangers). Η ικανότητα του εδάφους να αποθηκεύει την προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία υπό μορφή θερμότητας έχει σαν αποτέλεσμα τη διατήρηση σταθερής θερμοκρασίας στο υπέδαφος καθ' όλη τη διάρκεια του χρόνου, η οποία την θερινή περίοδο είναι χαμηλότερη από την εξωτερική θερμοκρασία και τη χειμερινή περίοδο υψηλότερη. Αξιοποιώντας την ικανότητα αυτή του εδάφους, ο ατμοσφαιρικός αέρας εισέρχεται στους αεραγωγούς τοποθετημένους σε τάφρους, όπου με τη χρήση φυγοκεντρικού ανεμιστήρα κατευθύνεται προς το χώρο επέμβασης. Για τη διαστασιολόγηση ενός εναλλακτή θερμότητας λαμβάνονται υπ' όψη παράμετροι όπως ο ρυθμός ροής μάζας του αέρα, η θερμοκρασία εδάφους, η θερμοκρασία του αέρα που εισέρχεται και η επιθυμητή θερμοκρασία του εξαγόμενου αέρα (Κ.Α.Π.Ε. 2011).
- Εξατμιστικός δροσισμός, ο οποίος επιτυγχάνεται είτε με τη χρήση υδάτινου στοιχείου, μέσω της εξάτμισης που συντελείται από την ελεύθερη επιφάνεια του υγρού, είτε με τη χρήση βλάστησης, μέσου του φαινομένου της εξατμισοδιαπνοής.

## 6. Εργαλεία του Βιοκλιματικού Σχεδιασμού

Τα βασικά εργαλεία του βιοκλιματικού σχεδιασμού με τα οποία μπορούν να εφαρμοστούν καινοτόμες, εύκολες στην εφαρμογή και οικονομικά αποδοτικές παρεμβάσεις (Gaitani et al 2011) περιλαμβάνουν:

- Τα υλικά επιστρώσεων.
- Τα δίκτυα πρασίνου.
- Το υδάτινο στοιχείο.
- Τα συστήματα σκίασης.

### 6.1 Υλικά επιστρώσεων

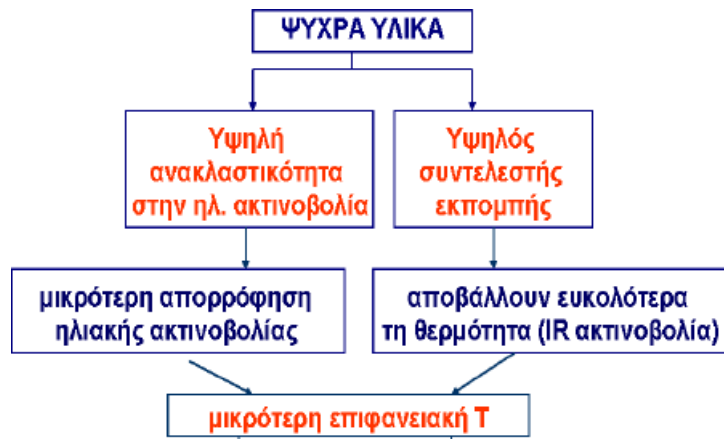
Ένας σημαντικός παράγοντας που συμβάλει στη διαμόρφωση του μικροκλίματος μιας περιοχής είναι τα υλικά επιστρώσεων των κτιρίων και των υπαίθριων χώρων μέσω των φυσικών ιδιοτήτων τους (ανακλαστικότητα/απορροφητικότητα, εκπεμπτικότητα, θερμοχωρητικότητα). Συνεπώς, η χρήση κατάλληλων υλικών αποτελεί βασικό άξονα επέμβασης για τη βελτίωση των συνθηκών άνεσης σε έναν αστικό υπαίθριο χώρο.

Η βασικότερη ιδιότητα των υλικών που επηρεάζει τη διαμόρφωση του θερμικού περιβάλλοντος είναι η ανακλαστικότητα (Chatzidimitriou & Yannas 2016). Υλικά με υψηλή ανακλαστικότητα συμβάλουν στη μείωση του θερμικού φορτίου, καθώς διατηρούν χαμηλή επιφανειακή θερμοκρασία. Ωστόσο, η εφαρμογή τους σε ευρεία έκταση μπορεί να προκαλέσει φαινόμενα θάμβωσης και ανάκλαση της θερμότητας προς τις επιφάνειες των γύρω κτιρίων και τους ανθρώπους, επιδρώντας αρνητικά στις συνθήκες οπτικής και θερμικής άνεσης αντίστοιχα (Κ.Α.Π.Ε. 2004, Χατζηδημητρίου 2012β, Tsitoura et al 2016).

### Ψυχρά υλικά

Ο όρος «ψυχρά υλικά» αναφέρεται στα υλικά που χαρακτηρίζονται από υψηλή ανακλαστικότητα στην ηλιακή ακτινοβολία (συντελεστής ανακλαστικότητας  $SR \geq 0,65$ ) και υψηλή εκπεμπτικότητα υπέρυθρης ακτινοβολίας (συντελεστής εκπομπής υπέρυθρης ακτινοβολίας  $\epsilon \geq 0,80$ ) (Κ.Α.Π.Ε. 2011).

Οι ιδιότητες αυτές των ψυχρών υλικών έχουν σαν αποτέλεσμα τη διατήρηση χαμηλών επιφανειακών θερμοκρασιών, την εκπομπή μικρότερων ποσών θερμότητας και τη διατήρηση χαμηλότερης θερμοκρασίας περιβάλλοντος (Χατζηδημητρίου 2012β, Gaitani et al 2011).



Εικόνα 13: Χαρακτηριστικά ψυχρών υλικών (Κ.Α.Π.Ε. 2011)

Διακρίνονται δυο κατηγορίες ψυχρών υλικών (Κ.Α.Π.Ε. 2011, Κολοκοτσά & συνεργάτες 2011):

- Υλικά για το κέλυφος του κτιρίου (επικαλύψεις, μεμβράνες, πλάκες, ασφαλτικά κεραμίδια κλπ).
- Υλικά για το αστικό περιβάλλον (άσφαλτος, πλάκες διαφόρων υλικών όπως τσιμέντο, μάρμαρο κλπ).

Πιο συγκεκριμένα, σαν υλικά επιστρώσεων μπορούν να χρησιμοποιηθούν (Κ.Α.Π.Ε. 2011):

- Πλάκες πεζοδρομίου από σκυρόδεμα.
- Κυβόλιθοι από σκυρόδεμα.
- Κεραμικά πλακίδια.
- Σκυρόδεμα.



Εικόνα 14: Υλικά Επιστρώσεων α) πλάκες πεζοδρομίου, β) κυβόλιθοι, γ) κεραμικά πλακίδια

Οι τιμές της ανακλαστικότητας και της απορροφητικότητας εξαρτώνται κατά κύριο λόγο από το χρώμα των υλικών, με τις ανοιχτόχρωμες επιφάνειες να παρουσιάζουν μεγαλύτερη ανακλαστικότητα (Κ.Α.Π.Ε. 2011). Ωστόσο, η εφαρμογή νέων τεχνολογιών έχει οδηγήσει στη δημιουργία νέων έγχρωμων ψυχρών υλικών υψηλής ανακλαστικότητας (Χατζηδημητρίου 2012β), τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αντιμετώπιση φαινομένων θάμβωσης ή σε περιπτώσεις όπου η αισθητική επιβάλλει τη χρήση σκουρόχρωμων υλικών (Gaitani et al 2011).

Η χρήση ψυχρών υλικών επιστρώσεων επιφέρει πολλαπλά οφέλη (Κ.Α.Π.Ε. 2011, Κολοκοτσά & συνεργάτες 2011, Gaitani et al 2011), όπως:

- Βελτίωση των συνθηκών θερμικής άνεσης σε μη κλιματιζόμενα κτίρια.

Λόγω της υψηλής ανακλαστικότητας των υλικών, η προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία δεν απορροφάται από το κτιριακό κέλυφος, με αποτέλεσμα να εισέρχεται μικρότερο ποσό θερμότητας στο εσωτερικό του.

- Εξοικονόμηση ενέργειας για ψύξη κατά τους θερινούς μήνες.

Οι χαμηλότερες θερμοκρασίες που επικρατούν στο εσωτερικό των κτιρίων έχουν άμεση απόρροια τη μείωση των αναγκών για ψύξη. Η εξοικονόμηση ενέργειας διαφέρει ανά περίπτωση ανάλογα με τη λειτουργία και τα κατασκευαστικά στοιχεία του κτιρίου, την ύπαρξη ή όχι μόνωσης, τις ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις, αλλά και τις ευρύτερες κλιματικές συνθήκες που επικρατούν στην περιοχή.

- Μείωση του φορτίου αιχμής για ψύξη.

Η μείωση των αναγκών για ψύξη συμβάλλει στη μείωση του αντίστοιχου φορτίου αιχμής και κατ' επέκταση στην εξοικονόμηση ενέργειας, τη μείωση του κόστους του ηλεκτρικού ρεύματος και τη μείωση της πιθανότητας διακοπής ρεύματος σε περιόδους καύσωνα.

- Βελτίωση των συνθηκών ορατότητας κατά τη διάρκεια της νύχτας και κατ' επέκταση μείωση της κατανάλωσης ενέργειας και του κόστους για φωτισμό.
- Αύξηση της διάρκειας ζωής των υλικών και κατ' επέκταση μείωση των δαπανών για συντήρηση και επισκευή.

Η χρήση ψυχρών υλικών προστατεύει τις επιφάνειες από την υπερϊώδη ακτινοβολία και τη θερμική καταπόνηση που προκαλεί επαναλαμβανόμενες συστολές και διαστολές σε ημερήσια βάση.

- Μείωση του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας.

Η χαμηλότερη επιφανειακή θερμοκρασία των ψυχρών υλικών συνεπάγεται τη μετάδοση μικρότερων ποσών θερμότητας στο αστικό περιβάλλον.

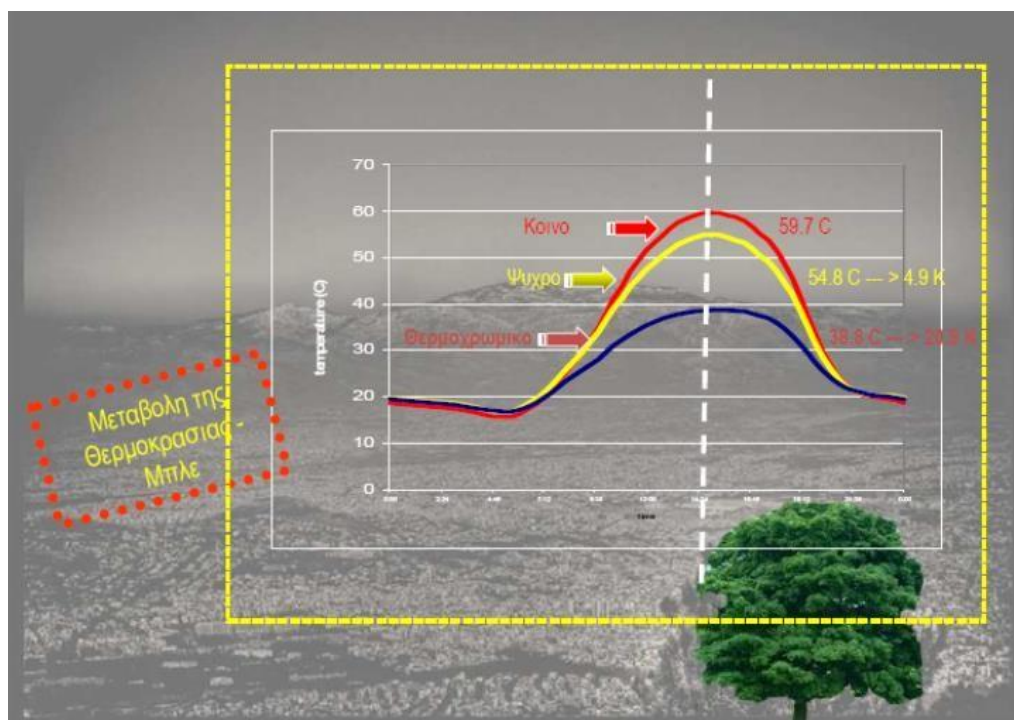
- Περιορισμός της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και των εκπομπών CO<sub>2</sub>.

Το γεγονός αυτό οφείλεται αφενός στη μειωμένη εκπομπή ρύπων από τα εργοστάσια παραγωγής ενέργειας και αφετέρου στην επίδραση της

θερμοκρασίας στην ταχύτητα των φωτοχημικών αντιδράσεων που συμβάλουν στην ατμοσφαιρική ρύπανση.

## Θερμοχρωμικά υλικά

Τα θερμοχρωμικά υλικά έχουν την ιδιότητα να μεταβάλλουν το χρώμα τους ανάλογα με τη θερμοκρασία που επικρατεί. Κατά τη διάρκεια της θερινής περιόδου έχουν λευκή απόχρωση, συνεπώς παρουσιάζουν υψηλή ανακλαστικότητα στην ηλιακή ακτινοβολία. Αντίθετα, κατά τη χειμερινή περίοδο γίνονται έγχρωμα, με αποτέλεσμα να εμφανίζουν αυξημένη απορροφητικότητα (Κ.Α.Π.Ε. 2011).



Εικόνα 15: Επιφανειακή θερμοκρασία που αναπτύσσεται σε κοινά, ψυχρά και θερμοχρωμικά υλικά (Πηγή: Κ.Α.Π.Ε. 2011)

## **Φωτοκαταλυτικά υλικά**

Τα ψυχρά φωτοκαταλυτικά υλικά αποτελούν χυτά υλικά εδαφοκάλυψης στα οποία περιέχεται τιτάνια (TiO<sub>2</sub>) υπό μορφή νανοσωματιδίων (Κ.Α.Π.Ε. 2011). Η τιτάνια σε συνθήκες φωτισμού δρα ως καταλύτης, μετατρέποντας τους ατμοσφαιρικούς ρύπους που προέρχονται κατά κύριο λόγο από την κυκλοφορία των οχημάτων σε περισσότερο περιβαλλοντικά φιλικά προϊόντα, τα οποία μπορούν να απομακρυνθούν με το νερό της βροχής (Gaitani et al 2011).

Ψυχρά φωτοκαταλυτικά υλικά που μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε περιπτώσεις αστικών υπαίθριων χώρων (Κ.Α.Π.Ε. 2011) είναι:

- Πλάκες πεζοδρομίου από σκυρόδεμα με φωτοκαταλυτικές ιδιότητες.
- Κυβόλιθοι από σκυρόδεμα με φωτοκαταλυτικές ιδιότητες.
- Κεραμικά πλακίδια με φωτοκαταλυτικές ιδιότητες.
- Τσιμεντοειδές κονίαμα επιστρώσεων επιφανειών ασφαλτικού σκυροδέματος.

## **Φυσικό έδαφος και υδατοδιαπερατά υλικά**

Το φυσικό έδαφος παρουσιάζει χαμηλή ανακλαστικότητα και υψηλή θερμοχωρητικότητα, χαρακτηριστικά που συμβάλουν στη μείωση τόσο της επιφανειακής θερμοκρασίας όσο και της θερμοκρασίας περιβάλλοντος. Ωστόσο, η σημαντικότερη ιδιότητα του εδάφους στη διαμόρφωση των μικροκλιματικών συνθηκών είναι η συγκέντρωση υγρασίας σε αυτό (Χατζηδημητρίου 2012β, Chatzidimitriou & Yannas 2016). Παράλληλα, τα υδατοδιαπερατά και πορώδη υλικά έχουν την ιδιότητα να επιτρέπουν τη διέλευση του νερού διαμέσου της επιφάνειάς τους προς το φυσικό έδαφος και της υγρασίας από αυτό.

Η χρήση υδατοδιαπερατών υλικών (διάτρητοι κυβόλιθοι, πωρόλιθοι, κεραμικά) και η διαμόρφωση βατών δαπέδων με φυσικό έδαφος (πατημένο χώμα, άμμος, χαλίκι) συμβάλει στη βελτίωση του μικροκλίματος της περιοχής, μέσω της εκμετάλλευσης της υγρασίας και της θερμοχωρητικότητας του εδάφους, αλλά και του ευρύτερου αστικού περιβάλλοντος, μέσω της απορρόφησης του νερού από το έδαφος (Χατζηδημητρίου 2012β).

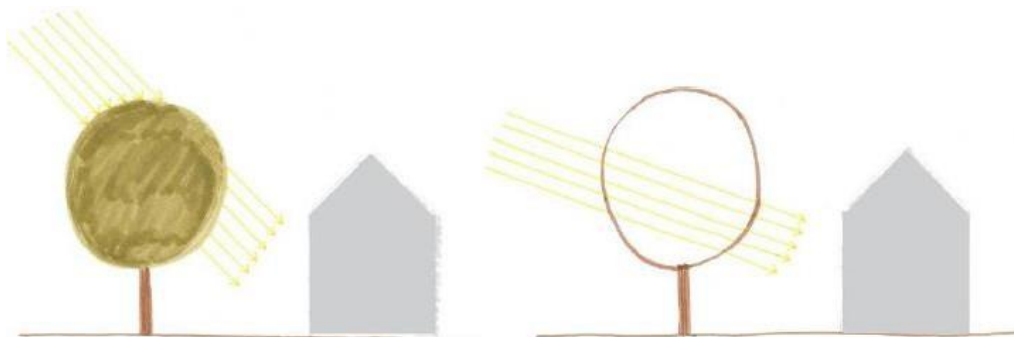
## 6.2 Δίκτυα πρασίνου

Η χρήση της βλάστησης στους ανοιχτούς υπαίθριους χώρους των πόλεων έχει πλήθος ευεργετικών επιδράσεων, όπως παρουσιάστηκε αναλυτικά σε προηγούμενο κεφάλαιο. Αποτελεί χρήσιμο εργαλείο του βιοκλιματικού σχεδιασμού, καθώς συμβάλει σημαντικά:

- Στον έλεγχο της ηλιακής ακτινοβολίας.
- Στον έλεγχο του ανέμου.
- Στην εξασφάλιση φυσικού δροσισμού.

Τα διάφορα είδη βλάστησης (δέντρα, θάμνοι κλπ) λειτουργούν ως μέσα ελέγχου της ηλιακής ακτινοβολίας (Κ.Α.Π.Ε. 2011), φράζοντας ή φιλτράροντας την κατά τους καλοκαιρινούς μήνες για την αποφυγή υπερθέρμανσης και επιτρέποντας τη διέλευσή της κατά τη διάρκεια του χειμώνα (Ευμορφοπούλου & συνεργάτες 2003). Τα κλαδιά και τα φύλλα των δέντρων απορροφούν σε μεγάλο βαθμό την ηλιακή ακτινοβολία, μειώνοντας κατ' αυτόν τον τρόπο τη θερμική ενέργεια που φτάνει στο έδαφος και κατ' επέκταση τη θερμοκρασία του εδάφους (Κ.Α.Π.Ε. 2011, Gaitani et al 2011).

Παράλληλα, παρέχουν σκίαση μέσω της κόμης τους, μειώνοντας περαιτέρω τη θερμοκρασία του εδάφους. Η ποσότητα της σκίασης ελέγχεται με την κατάλληλη επιλογή και χωροθέτηση των φυτών ανάλογα με τα επιδιωκόμενα αποτελέσματα. Το πλατάνι, το σφενδάμι, η βελανιδιά κ.α. αναπτύσσουν πυκνό πλέγμα φυλλώματος, συνεπώς είναι κατάλληλα για περιπτώσεις όπου επιδιώκεται έντονος σκιασμός, σε αντίθεση με την ιτιά που έχει αραιή κόμη και παράγει ελαφριά σκιά (Κ.Α.Π.Ε 2011, Χρυσομαλλίδου & συνεργάτες 2004). Τα φυλλοβόλα δέντρα παρέχουν σκίαση το καλοκαίρι, ενώ το χειμώνα επιτρέπουν τη διέλευση της ηλιακής ακτινοβολίας διαμέσου των γυμνών από φύλλωμα κλαδιών τους (Χρυσομαλλίδου & συνεργάτες 2004, Georgi & Dimitriou 2010).



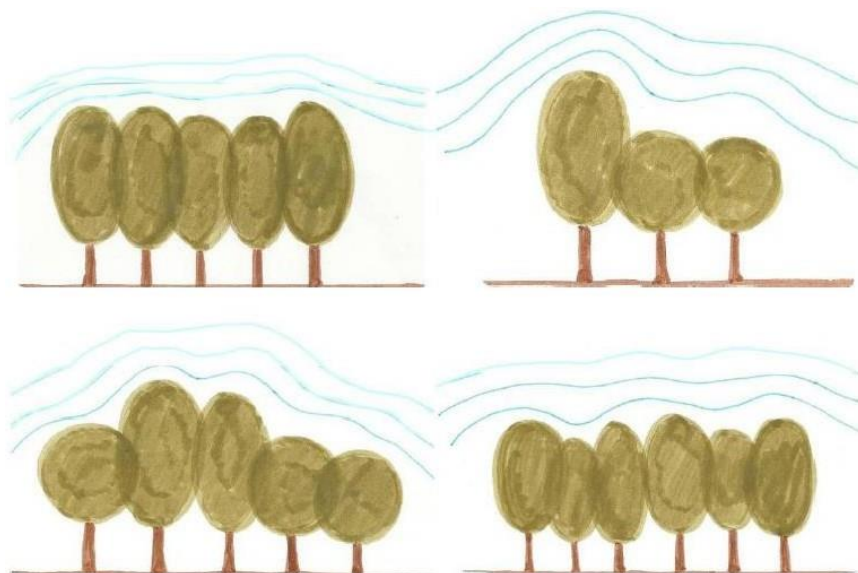
Εικόνα 16: Χρήση φυλλοβόλων δέντρων για τον έλεγχο της ηλιακής ακτινοβολίας α) παροχή σκίασης το καλοκαίρι και β) εξασφάλιση ηλιασμού το χειμώνα (Πηγή: Κ.Α.Π.Ε. 2011)

Τέλος, η χρήση βλάστησης σε υπαίθριους χώρους εμποδίζει τις ανακλάσεις, συμβάλλοντας στην επίτευξη οπτικής άνεσης (Κ.Α.Π.Ε. 2004).



Εικόνα 16: Συνδυασμένη χρήση δέντρων και θάμνων για τον έλεγχο του ανέμου α) προστασία από το χειμερινό άνεμο και β) αύξηση του δροσισμού από τον καλοκαιρινό άνεμο (Πηγή: Κ.Α.Π.Ε. 2011)

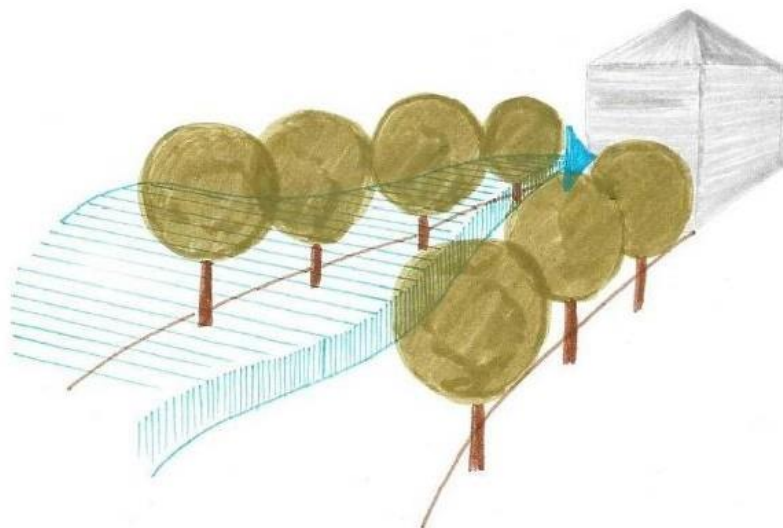
Κατά τη διάρκεια του χειμώνα, τα διάφορα είδη βλάστησης χρησιμοποιούνται σαν ανεμοφράκτες για την προστασία από τους ψυχρούς ανέμους. Η παρεμβολή τους αυξάνει την αντίσταση στη ροή του ανέμου, έχοντας σαν αποτέλεσμα τη μείωση της ταχύτητάς του, ενώ παράλληλα δημιουργούν μια προφυλαγμένη υπήνεμη περιοχή στην πίσω πλευρά του φράκτη. Η υπήνεμη περιοχή διαμορφώνεται ανάλογα με το μέγεθος και τη σύνθεση της βλάστησης. Υψηλότερες συστάδες βλάστησης δημιουργούν μεγαλύτερη υπήνεμη περιοχή, ενώ συστάδες βλάστησης με επίπεδη κόμη ή αποτελούμενες από διάφορα είδη θεωρούνται περισσότερο αποτελεσματικές.



Εικόνα 17: Δημιουργία υπήνεμων περιοχών από συστάδες δέντρων α) επιμήκης δασική συστάδα δέντρων δημιουργεί μικρή προστατευόμενη περιοχή β) μικρή συστάδα δέντρων προστατεύει μεγαλύτερη περιοχή γ & δ) συστάδα με κεκλιμένη κόμη είναι λιγότερο αποτελεσματική από συστάδα δέντρων με επίπεδη κόμη (Πηγή: Κ.Α.Π.Ε. 2011)



Αντίθετα, κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, η βλάστηση μπορεί να ενισχύσει ή να κατευθύνει το δροσερό αέρα, συμβάλλοντας στη μείωση της θερμοκρασίας και την επίτευξη θερμικής άνεσης (Κ.Α.Π.Ε. 2011).



Εικόνα 18: Κατεύθυνση του αέρα προς ένα κτίριο μέσω συστάδων από φυλλοβόλα δέντρα (Πηγή: Κ.Α.Π.Ε. 2011)

Σημαντικός παράγοντας σε αυτήν την κατεύθυνση είναι η χωρική κατανομή της βλάστησης, η οποία πρέπει να γίνεται με τέτοιο τρόπο, ώστε να εξασφαλίζεται ικανοποιητική ροή ανέμου διαμέσου των φυτών, ιδιαίτερα κατά τις νυχτερινές ώρες, για την απαγωγή της θερμότητας που συσσωρεύεται κάτω από τα φυλλώματα (Zolch

et al 2019).

Παράλληλα με τη σκίαση και την κατεύθυνση του ανέμου, τα φυτά συμβάλουν στη μείωση της θερμοκρασίας και την εξασφάλιση θερμικής άνεσης μέσω του φαινομένου της εξατμισοδιαπνοής. Η εξατμισοδιαπνοή συνίσταται στην απορρόφηση θερμότητας για την αποβολή νερού από τα στόματα των φύλλων, συμβάλλοντας κατ' αυτόν τον τρόπο στην ψύξη του αέρα (Gaitani et al 2011) και είναι υπεύθυνη για τη δημιουργία του «φαινομένου των οάσεων», δηλαδή σημείων του αστικού ιστού όπου επικρατούν χαμηλότερες θερμοκρασίες (Georgi & Dimitriou 2010).

Σύμφωνα με τους Georgi & Dimitriou (2010), τα είδη φυτών με υψηλότερο βαθμό εξατμισοδιαπνοής εμφανίζουν καλύτερες συνθήκες θερμικής άνεσης, όπως για παράδειγμα η συκιά, η οποία προκαλεί μεγαλύτερη μείωση της θερμοκρασίας και αύξηση της υγρασίας σε σχέση με το φοίνικα ή την ελιά.

Οι επιπτώσεις από τη χρήση της βλάστησης στο αστικό περιβάλλον διαμορφώνονται από πλήθος παραγόντων. Όσον αφορά τα ίδια τα φυτά, τα χαρακτηριστικά που καθορίζουν την επίδρασή τους (Ευμορφοπούλου & συνεργάτες 2003, Κ.Α.Π.Ε. 2011, Oliveira et al 2011, Zolch et al 2019) είναι:

- Το μέγεθος και η δομή της βλάστησης (ύψος, σχήμα και πυκνότητα φυλλώματος).
- Το είδος των φυτών.
- Η θέση τους στο χώρο (προσανατολισμός, απόσταση από τα κτίρια, μεταξύ τους διάταξη).

Σε κάθε περίπτωση, τα τοπογραφικά και κλιματολογικά χαρακτηριστικά της περιοχής (συντελεστής θέασης του ουρανού, επικρατούσες καιρικές συνθήκες, κλιματική ζώνη κλπ) παίζουν πρωταρχικό ρόλο (Oliveira et al), ενώ τα αποτελέσματα από τη χρήση της βλάστησης μπορεί να διαφέρουν σημαντικά ή να είναι ακόμη και αντιφατικά κατά τη διάρκεια της ημέρας (Zolch et al 2019).

Τέλος, ένας σημαντικός παράγοντας που θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη για την ενσωμάτωση βλάστησης στο αστικό περιβάλλον είναι η εξασφάλιση της απαιτούμενης ποσότητας νερού, προκειμένου τα κάθε είδους φυτά να μπορούν να έχουν θετική επίδραση ακόμα και σε ξηρές περιόδους (Zolch et al 2019).

### 6.3 Υδάτινο στοιχείο

Οι υδάτινες επιφάνειες συνδυάζουν χαμηλή ανακλαστικότητα και μεγάλη θερμοχωρητικότητα, γεγονός που τους επιτρέπει να απορροφούν μεγάλα ποσά θερμότητας χωρίς να αυξάνεται σημαντικά η επιφανειακή τους θερμοκρασία. Επιπλέον, μέσω της εξάτμισης συμβάλουν στην αύξηση της υγρασίας και τη μείωση της θερμοκρασίας του αέρα (Χατζηδημητρίου 2012β, Chatzidimitriou & Yannis 2016). Τα παραπάνω καθιστούν το υδάτινο στοιχείο σημαντικό εργαλείο του βιοκλιματικού σχεδιασμού για τη βελτίωση του μικροκλίματος και των συνθηκών άνεσης σε έναν υπαίθριο χώρο.

Το υδάτινο στοιχείο μπορεί να ενταχθεί στον αστικό σχεδιασμό (Κ.Α.Π.Ε. 2004) με τη μορφή:

- Λεπτών στρωμάτων τρεχούμενου νερού.
- Καταρρακτών.
- Λιμνών.
- Σιντριβανιών.

Ωστόσο, κατά τη διαδικασία του βιοκλιματικού σχεδιασμού, η χρήση του υδάτινου στοιχείου θα πρέπει να συνδυάζεται με την ελαχιστοποίηση της σπατάλης πόσιμου νερού και εάν αυτό είναι δυνατό την ανακύκλωση του νερού και την αποθήκευση των όμβριων υδάτων (Κ.Α.Π.Ε. 2011).

## 6.4 Συστήματα σκίασης

Η σκίαση συνίσταται στην παρεμπόδιση του άμεσου ηλιακού φωτός να προσπίπτει σε μια επιφάνεια (Κ.Α.Π.Ε. 2011), συνεπώς αποτελεί καθοριστικό παράγοντα για τον έλεγχο της θερμοκρασίας και την επίτευξη θερμικής άνεσης (Κ.Α.Π.Ε. 2004).

Τα συστήματα σκίασης περιλαμβάνουν φυσικά ή τεχνητά στοιχεία του χώρου (Κ.Α.Π.Ε. 2011), όπως:

- Δέντρα.
- Συστήματα φύτευσης πάνω από το έδαφος (πέργκολες).
- Στοιχεία του αστικού ιστού (περιβάλλοντα κτίρια κλπ).
- Αρχιτεκτονικές παρεμβάσεις (στοές, στέγαστρα, τοιχία κλπ).
- Ειδικά συστήματα σκίασης, τα οποία μπορεί να είναι σταθερά ή κινητά, συμπαγή ή περσιδωτά ή διάτρητα, ενώ μπορεί να έχουν και άλλες χρήσεις (φωτοβολταϊκά στέγαστρα, στοιχεία αστικού εξοπλισμού: στάσεις λεωφορείων, στεγασμένες θέσεις στάθμευσης κλπ).

Εικόνα 4.13 Συστήματα σκίασης α) πέργκολα με αναρριχώμενα φυτά β) μόνιμα στέγαστρα που καλύπτονται από φωτοβολταϊκά πάνελ (Πηγή: Κ.Α.Π.Ε. 2011)

Η επιλογή του κατάλληλου συστήματος σκίασης καθορίζεται από παράγοντες, όπως ο προσανατολισμός της περιοχής που πρόκειται να σκιαστεί, η εποχιακή προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία, ο άνεμος, η ποσότητα του φυσικού φωτός, τα ιδιαίτερα σημεία με θέα, καθώς επίσης και το κόστος της κατασκευής (Ανθρακοπούλου 2019). Για παράδειγμα, κατακόρυφα ή κεκλιμένα στοιχεία σκίασης συνιστάται να τοποθετούνται στη δυτική πλευρά, ενώ οριζόντια σκίαστρα χρησιμοποιούνται κατά κύριο λόγο στη σκίαση μονοπατιών, καθώς παρέχουν σκίαση για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα (Κ.Α.Π.Ε. 2004).

Βασικός στόχος της επιλογής του συστήματος σκίασης είναι η μέγιστη προστασία από την ηλιακή ακτινοβολία, ωστόσο πρέπει να λαμβάνονται υπόψη και παράμετροι όπως η κίνηση του αέρα διαμέσου και γύρω από τα συστήματα σκίασης και στην ευρύτερη περιοχή και η συνέργεια με άλλες τεχνικές βιοκλιματικού σχεδιασμού (χρήση ψυχρών υλικών, χαμηλή βλάστηση, υδάτινα στοιχεία), οι οποίες επηρεάζουν σημαντικά τις συνθήκες ακτινοβολίας και θερμοκρασίας και κατ' επέκταση τις συνθήκες οπτικής και θερμικής άνεσης (Κ.Α.Π.Ε. 2011).

Η χρήση συστημάτων σκίασης παρέχει πολλαπλά οφέλη, καθώς συμβάλει (Κ.Α.Π.Ε. 2011):

- Στη μείωση της εξωτερικής θερμοκρασίας και κατ' επέκταση στη μείωση του ενεργειακού φορτίου των κτιρίων και το μετριασμό του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας.
- Στη βελτίωση των συνθηκών θερμικής άνεσης ενός χώρου, με άμεση συνέπεια την αύξηση της χρηστικότητάς του (μεγαλύτερη χρήση από πεζούς και ποδηλάτες).
- Στη βελτίωση της οπτικής άνεσης.

## 6.5 «Βυθισμένοι» ελεύθεροι χώροι

Μια ιδιαίτερη λύση η οποία μπορεί αφενός να αντιμετωπίσει θέματα ηλιασμού και ηλιοπροστασίας και αφετέρου να παρέχει προστασία από τον άνεμο είναι οι «βυθισμένοι» ελεύθεροι χώροι (Χρυσομαλλίδου & συνεργάτες 2004).



Εικόνα 19: «Βυθισμένος» ελεύθερος χώρος (Πηγή: Χρυσομαλλίδου & συνεργάτες 2004)

Οι «βυθισμένοι» ελεύθεροι χώροι μπορούν να συνδυαστούν αρμονικά με άλλα μέσα βιοκλιματικού σχεδιασμού για τη βελτίωση των συνθηκών άνεσης σε αυτούς. Για παράδειγμα, η χρήση ψηλών συστημάτων σκίασης μπορεί να εξασφαλίσει προστασία από την ηλιακή ακτινοβολία χωρίς να διακόπτει τη θέα πέρα από αυτά (Κ.Α.Π.Ε. 2004), ενώ η χρήση ειδικών διατάξεων μπορεί να συμβάλει στην εξαναγκασμένη κίνηση του ανέμου διαμέσου της βυθισμένης περιοχής (Χρυσομαλλίδου & συνεργάτες 2004).

Επιπλέον, οι «βυθισμένοι» ελεύθεροι χώροι, μέσω της απομόνωσης του ήχου σε υψηλότερη ζώνη, συμβάλουν στην προστασία από το θόρυβο και την επίτευξη ακουστικής άνεσης των χρηστών τους (Χρυσομαλλίδου & συνεργάτες 2004).

Συνοψίζοντας, ο σχεδιασμός ή η ανάπλαση ενός αστικού υπαίθριου χώρου είναι μια σύνθετη διαδικασία κατά την οποία κάθε λύση μπορεί να επηρεάζει διαφορετικές παραμέτρους άνεσης. Συνεπώς, κρίνεται αναγκαία η ύπαρξη ενός ολοκληρωμένου σχεδιασμού, ο οποίος θα λαμβάνει υπόψη όλες τις παραμέτρους άνεσης και τα ιδιαίτερα μορφολογικά χαρακτηριστικά της περιοχής, προκειμένου να εξασφαλίζονται οι βέλτιστες συνθήκες άνεσης και να αυξάνεται η χρήση του χώρου καθ' όλη τη διάρκεια του έτους (Κ.Α.Π.Ε. 2004).

## 7. ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

Στο πλαίσιο της μελέτης των μικροκλιματικών παραμέτρων και συνθηκών θερμικής άνεσης ανοικτών χώρων που πραγματεύεται η παρούσα διπλωματική εργασία, επιστρατεύεται η μελέτη των συνθηκών της πλατείας Κοτζιά με το πρόγραμμα προσομοίωσης ENVI\_MET. Στη συνέχεια, με βάση τα αποτελέσματα της μελέτης με τη βοήθεια του προγράμματος, προτείνονται λύσεις και βελτιώσεις στον σχεδιασμό της πλατείας που δύνανται να οδηγήσουν σε καλύτερες συνθήκες θερμικής άνεσης όπου αυτό κρίνεται απαραίτητο.

### Πλατεία Κοτζιά



Εικόνα 20: Πηγή εικόνας: [www.bing.com/maps](http://www.bing.com/maps)

Σε πρώτο στάδιο, γίνεται μια παρουσίαση των βασικών στοιχείων που χαρακτηρίζουν την πλατεία Κοτζιά, γεωγραφικό / κλιματικό, ιστορικό, και μορφολογικό / κατασκευαστικό επίπεδο, προκειμένου να αποκτηθεί μια γενικότερη εικόνα της περιοχής επέμβασης αλλά και να κατανοηθούν οι παράμετροι που διέπουν τη λειτουργία της.



## 7.1 Κλιματικά στοιχεία

Η πλατεία Κοτζιά βρίσκεται στην Αθήνα, επομένως διέπεται από τα χαρακτηριστικά του κλίματός της. Το κλίμα της πόλης ανήκει στην κατηγορία του υποτροπικού μεσογειακού κλίματος. Το βασικότερο στοιχείο του κλίματος αυτού αποτελούν τα μεγάλης διάρκειας ζεστά και ξηρά καλοκαίρια και οι σχετικά ήπιοι χειμώνες. Τα θερμά καλοκαίρια παρουσιάζουν μέση υψηλή θερμοκρασία τον Ιούλιο 34.8°C (1989-2018), ενώ το χειμώνα η μέση θερμοκρασία τον Ιανουάριο είναι 8.9°C στον μετεωρολογικό σταθμό της Ν. Φιλαδέλφειας και 10.3°C στον μετεωρολογικό σταθμό Ελληνικού κατά μέσο όρο. Η βροχόπτωση εμφανίζεται κυρίως τους φθινοπωρινούς και χειμωνιάτικους μήνες (δηλαδή μεταξύ Οκτωβρίου και Απριλίου) ενώ ο Ιούλιος και ο Αύγουστος είναι οι πιο ξηροί μήνες ([www.wikipedia.com](http://www.wikipedia.com)).

## 7.2 Ιστορικά στοιχεία



Εικόνα 21: Πηγή εικόνας: [www.pinterest.com](http://www.pinterest.com)

Η πλατεία Κοτζιά αποτελεί κεντρική πλατεία της πόλης της Αθήνας. Κατά τη σύνταξη του πολεοδομικού σχεδίου των Αθηνών από τους αρχιτέκτονες Κλεάνθη και Σάουμπερτ στις αρχές του 19<sup>ου</sup> αιώνα, δημιουργήθηκε η οδός Αθηνάς η οποία προβλέπονταν να λειτουργήσει ως ένα σύγχρονο δρόμο περιπάτου (boulevard). Σε μια έκταση προσκείμενη στην οδό Αθηνάς δημιουργήθηκε η πλατεία Κοτζιά σταδιακά μετά το 1850 που αποτελούσε μια δενδροφυτεμένη περιοχή γύρω από την οποία οργανώθηκαν κεντρικής

εμβέλειας υπηρεσίες και αγορά (Πατούνης & Σίμος, 2012). Η πλατεία ορίστηκε από 4 οδικούς άξονες που την περιβάλλουν: την οδό Αθηνάς, Αιόλου, Κρατίνου και Ευπόλιδος. Αρχικά, ονομάστηκε πλατεία Λουδοβίκου, ενώ στη συνέχεια πήρε διάφορες ονομασίες κατά περιόδους: Πλατεία Γυμνασίων, Πλατεία Δημοτικού Θεάτρου, Πλατεία Κοτζιά, ενώ το 1977 πήρε το επίσημο σημερινό όνομά της που είναι Πλατεία Εθνικής Αντίστασης (Γιοχάλας & Καφετζάκη, 2014).

Αξιοσημείωτη περίοδος για την λειτουργία της πλατείας αποτέλεσε η ανέγερση του Δημοτικού Θεάτρου το 1888 από το οποίο έλαβε την τότε ονομασία της. Το κτίριο σχεδιάστηκε από τον γνωστό αρχιτέκτονα της εποχής Ερνέστο Τσίλλερ. Το Δημοτικό Θέατρο κατεδαφίστηκε το 1940 με απόφαση του τότε υπουργού πρωτεύουσας Κ. Κοτζιά από τον οποίο πήρε την ονομασία με την οποία είναι ευρέως γνωστή έως και σήμερα (Μπατούδη, 2008).

Η Πλατεία Κοτζιά, περιβάλλεται από κτίρια μείζονος ιστορικής και πολιτισμικής σημασίας που καθόρισαν σε τεράστιο βαθμό τον χαρακτήρα της. Ένα από αυτά αποτελεί το Μέγαρο Μελά που απεικονίζεται στην παρακάτω εικόνα, σχεδιασμένο από τον Ερνέστο Τσίλλερ, το οποίο ανεγέρθηκε το 1874 και το οποίο βρίσκεται στο νότιο άκρο της πλατείας. Αρχικά λειτούργησε ως ξενοδοχείο, ενώ στη συνέχεια για αρκετά χρόνια φιλοξενούσε το Κεντρικό Ταχυδρομείο των Αθηνών. Σήμερα στεγάζει κάποιες υπηρεσίες της Εθνικής Τράπεζας Ελλάδος ([www.idryma-mela.gr](http://www.idryma-mela.gr)). Επιπλέον, σημαντικό κτίριο της περιοχής αποτελεί το Μέγαρο Σταύρου στα ανατολικά της πλατείας, που ανεγέρθηκε το 1900 και φιλοξενεί σήμερα λειτουργίες της Εθνικής Τράπεζας. Τέλος, τοπόσημο της πλατείας είναι και το Δημαρχείο Αθηνών, νεοκλασικό κτίριο που ανοικοδομήθηκε την περίοδο 1872-1874 σε σχέδια του Π. Κάλκου. Η όψη του κτιρίου καταλαμβάνει όλη τη δυτική πλευρά της πλατείας.



Εικόνα 22: Πηγή εικόνας: [nationalgallery.gr](http://nationalgallery.gr)



Κατά τα τέλη της δεκαετίας του 1980, αρχίζουν οι διαδικασίες για την δημιουργία υπόγειου χώρου στάθμευσης κάτω από τον χώρο της πλατείας. Κατά τη διαδικασία αυτή, ανακαλύπτονται σημαντικής αξίας αρχαιότητες στην βορειανατολική περιοχή της πλατείας, οι οποίες περιλαμβάνουν τμήμα της Αχαρνικής Πύλης του Θεμιστόκλειου τείχους της Αθήνας. Οι αρχαιότητες αυτές αφήνονται άθικτες και εκτίθενται μέχρι και σήμερα. Επιπρόσθετα, κατά την διάνοιξη του χώρου στάθμευσης, καταστρέφεται μεγάλο τμήμα της φύτευσης που βρίσκεται στην επιφάνεια του εδάφους και ως τότε χαρακτηρίζει την πλατεία. Έτσι, η φύτευση περιορίζεται σε συγκεκριμένα σημεία περιμετρικά της, ενώ το υπόλοιπο δάπεδο επενδύεται με θερμοαπορροφητικές πλάκες και τσιμέντο (Μπατούδη, 2008).

### **7.3 Μορφολογικά στοιχεία**

Η Πλατεία Κοτζιά περιβάλλεται περιμετρικά από τις οδούς Αιόλου, Κρατίνου Αθηνάς και Ευπόλιδος. Έχει ορθογωνικό σχήμα, με διαστάσεις 110x70 μέτρα και καταλαμβάνει έκταση ~8 στρεμμάτων χωρίς τον συνυπολογισμό των περιβάλλοντων οδικών αξόνων. Τα κτίρια της πλατείας ιστορικής σημασίας διατηρούνται σε καλή κατάσταση μέχρι και σήμερα, όπως και η υπόλοιπη πλατεία.

Όπως προαναφέρθηκε, η επένδυση της πλατείας έχει πραγματοποιηθεί με τη χρήση πλακών ανοιχτού γκρι χρώματος και τσιμέντου σε κάποια σημεία. Στο βορειανατολικό της άκρο, στο σημείο του αρχαιολογικού χώρου το έδαφος αποτελείται από χώμα και είναι υποβαθμισμένο κατά περίπου 2 μέτρα σε σχέση με τη στάθμη της υπόλοιπης πλατείας. Στο κεντρικό τμήμα της πλατείας υπάρχει μια δεξαμενή/σιντριβάνι νερού, ενώ περιμετρικά της πλατείας, και συγκεκριμένα βόρεια και νότια, υπάρχουν κάποια παρτέρια με δενδροφύτευση ύψους 10-15 μέτρων. Τη δυτική πλευρά της πλατείας πλαισιώνει η οδός Αθηνάς, η οποία είναι ασφαλτοστρωμένη. Βόρεια, νότια και ανατολικά της πλατείας, τα υλικά επίστρωσης που χρησιμοποιούνται είναι κυρίως κυβόλιθοι και πλάκες γκρι χρώματος, αφού οι οδοί αυτές έχουν πεζοδρομηθεί.

Όσον αφορά τις υποδομές, η πλατεία αν και αποτελεί κεντρικό κόμβο της περιοχής λόγω των πολυάριθμων λειτουργιών που πραγματοποιούνται στα περίγυρ της, δεν διαθέτει τον απαραίτητο εξοπλισμό προκειμένου να φιλοξενήσει τους περαστικούς που διέρχονται από αυτή. Η ύπαρξη ελάχιστων καθισμάτων σε συνδυασμό με την σχεδόν πλήρη απουσία ηλιοπροστασίας πέραν από κάποιες αραιές πέργκολες, αποτρέπει τους πεζούς από το να αξιοποιήσουν το χώρο αυτό. Η περιορισμένη φύτευση και η απουσία στεγάστρων, αλλά και γενικότερα τα υλικά της πλατείας οδηγούν στην ανάπτυξη υψηλών θερμοκρασιών δυσφορίας τους θερινούς μήνες του έτους.

Λόγω του σημαντικού ρόλου της πλατείας, κρίνεται απαραίτητη η μελέτη των μικροκλιματικών συνθηκών που αυτή παρουσιάζει προκειμένου να αξιολογηθεί

η λειτουργία της ως χώρος που φιλοξενεί την υπαίθρια ζωή. Στη συνέχεια, με βάση τις μετρήσεις αυτές θα παρουσιαστούν προτάσεις οι οποίες δύνανται να βελτιώσουν τις συνθήκες του μικροκλίματος κυρίως σε ό,τι αφορά την επίτευξη θερμικής άνεσης.

## 8. ENVI-met

### 8.1 Το πρόγραμμα

Το ENVI-met είναι ένα ολιστικό μοντέλο μικροκλίματος, στο οποίο αλληλοεπιδρούν όλα τα διαφορετικά στοιχεία ενός αστικού τοπίου, προσομοιώνοντας τον τρόπο που αυτά θα το έκαναν στην πραγματικότητα. Οι ενότητες υπολογισμού του μοντέλου εκτείνονται σε ένα ευρύ φάσμα διαφορετικών επιστημών - από την μηχανική των ρευστών και τη θερμοδυναμική, έως τη φυσιολογία των φυτών και την επιστήμη του εδάφους. Αυτή η ολιστική προσέγγιση καθιστά το ENVI-met διαφορετικό από άλλες πλατφόρμες μοντελοποίησης για σκοπούς περιβαλλοντικής προσομοίωσης. Υπάρχουν ποικίλα μοντέλα που υπολογίζουν τη ροή αέρα μεταξύ κτιρίων ή την ηλιακή είσοδο στις προσόψεις, αλλά λιγότερα που αντιμετωπίζουν ολόκληρο το περιβάλλον ως ένα ενιαίο σύστημα και λαμβάνουν υπόψη το πλήθος των διαδικασιών που πραγματοποιούνται μεταξύ των στοιχείων ([www.envi-met.com](http://www.envi-met.com)). Στο πλαίσιο αυτό, το ENVI-met δίνει τη δυνατότητα να διερευνηθεί η ποιότητα του μικροκλίματος μιας περιοχής αστικής κλίμακας (π.χ. πλατεία) αλλά και η επιρροή που μπορεί να έχει στο μικροκλίμα αυτό η εφαρμογή διάφορων μέτρων για την βελτίωσή του (πχ φύτευση, σκίαστρα, διαφορετικά υλικά επίστρωσης κτλ).

Προκειμένου να πραγματοποιηθεί μια προσομοίωση μικροκλιματικών συνθηκών, δημιουργείται ένα γεωμετρικό μοντέλο στην ενότητα spaces του προγράμματος που προσεγγίζει την πραγματικότητα. Το μοντέλο αυτό αναπτύσσεται σε τρεις άξονες (x,y,z) και διαιρείται σε κελιά (cells) που ανήκουν σε έναν ευρύτερο κάναβο (grid). Συγκεκριμένα, για τη lite έκδοση του προγράμματος, προβλέπεται η χρήση μέχρι 50 κελιών κατά x, 50 κατά y και 40 κατά z. Κάθε κελί αντιστοιχίζεται σε κάποια συγκεκριμένα μέτρα. Έτσι, αν για παράδειγμα επιθυμείται η προσομοίωση μίας περιοχής 100x100 μέτρων, θα μπορούσε να δημιουργηθεί μοντέλο το οποίο θα έχει 50 κελιά κατά x και y με διαστάσεις 2x2 μέτρα. Στη συνέχεια, τοποθετούνται στον κάναβο τα στοιχεία της περιοχής. Συγκεκριμένα, σχεδιάζονται οι κτιριακοί όγκοι και η φύτευση, ορίζονται τα υλικά των επιφανειών και του εδάφους και καθορίζεται το υψόμετρο κάθε περιοχής.

Αφού ολοκληρωθεί η παραπάνω διαδικασία, ξεκινάνε οι προσομοιώσεις στην ενότητα *envi-guide*. Ειδικότερα, ορίζονται η ημέρα της προσομοίωσης, οι ώρες που θα τρέξει το πρόγραμμα καθώς και αναλυτικά οι επικρατούσες καιρικές συνθήκες της ημέρας προσομοίωσης (μέγιστη και ελάχιστη θερμοκρασία, ταχύτητα/κατεύθυνση ανέμου, υγρασία κτλ). Ανάλογα με το ποιες περιβαλλοντικές συνθήκες θα ελεγχθούν αλλά και με την ακρίβεια των αποτελεσμάτων που επιθυμείται, ορίζονται και οι παράμετροι των οποίων οι τιμές θα εισαχθούν στο πρόγραμμα. Επομένως, πέραν των βασικών στοιχείων που αποτελούν οι τιμές της θερμοκρασίας, θα μπορούσαν να εισαχθούν και δεδομένα που σχετίζονται με τους αέριους ρύπους, την κατάσταση του εδάφους κτλ.

Τέλος, αφού ολοκληρωθεί η προσομοίωση, τα δεδομένα που προέκυψαν εισάγονται στην ενότητα *leopardo* του προγράμματος. Σε αυτό το στάδιο ορίζεται αφενός ο τρόπος αναπαράστασης των εξαχθέντων αποτελεσμάτων (σχηματικά και χρωματικά) και αφετέρου το εύρος/βήμα των παραμέτρων που εξετάζονται (πχ. Θερμοκρασία από 20 έως 30 βαθμούς C, ανά 0.5 βαθμό C κτλ).

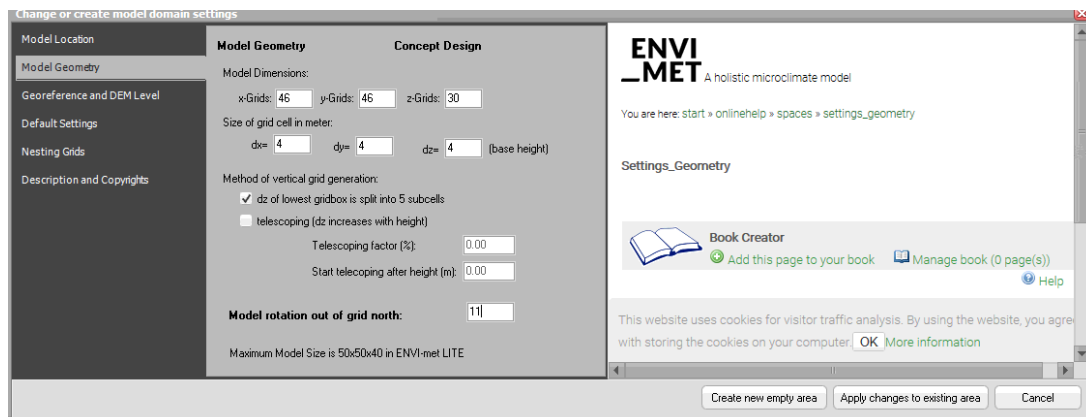
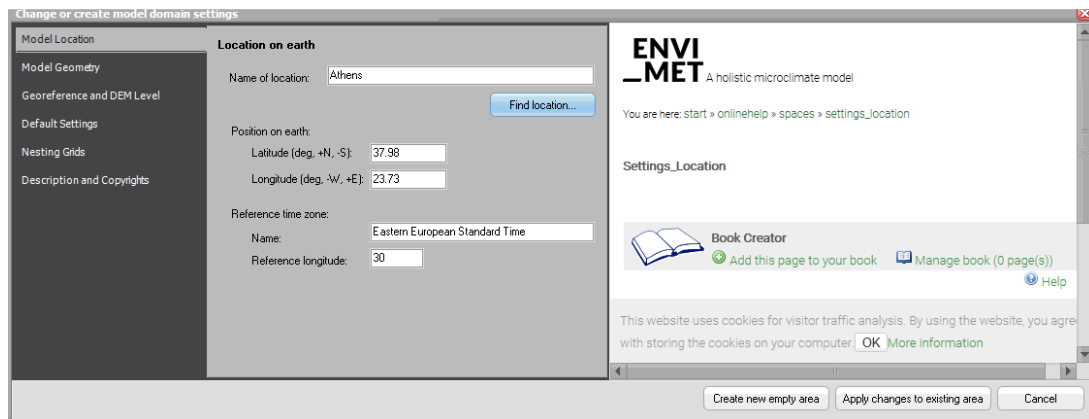
## 8.2 Πλατεία Κοτζιά

Για την μοντελοποίηση της πλατείας, αρχικά ορίζεται η γεωγραφική περιοχή στην οποία ανήκει η πλατεία δηλαδή οι συντεταγμένες του κέντρου της Αθήνας, και στη συνέχεια επιλέγεται περιοχή 184x184 μέτρων με 120 μέτρα ύψος που περιλαμβάνει την πλατεία και τα περιβάλλοντα στοιχεία της. Για τη δημιουργία του μοντέλου, χρησιμοποιείται ως βάση η παρακάτω εικόνα:

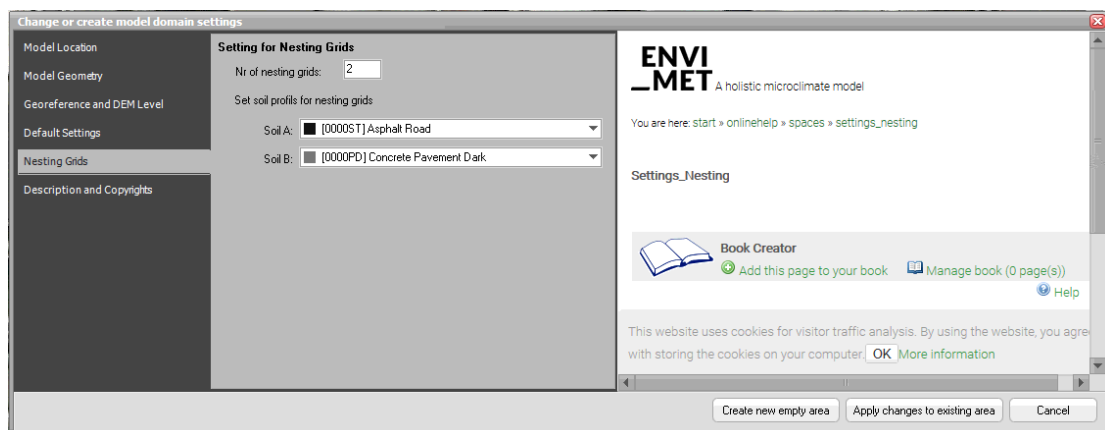
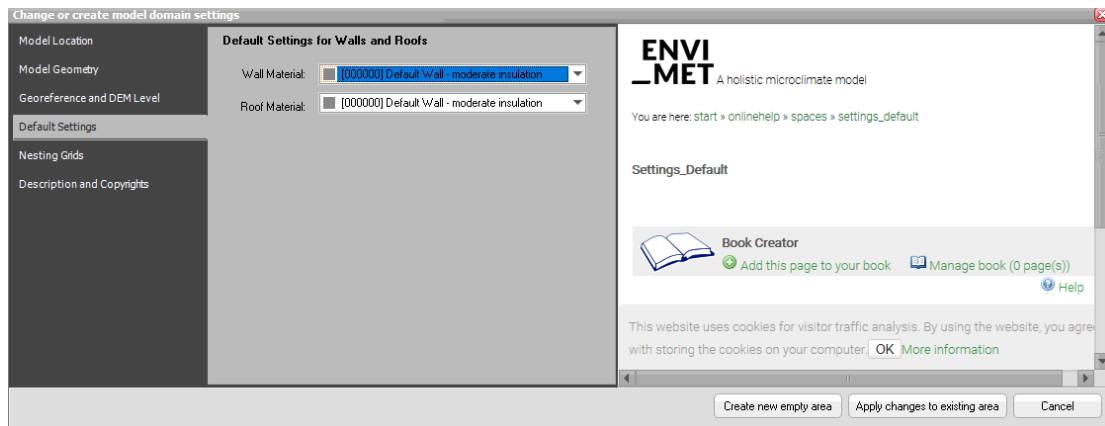


Εικόνα 23: Πηγή εικόνας: *google earth*

Στη συνέχεια δημιουργείται κάναβος των 46 κελιών κατά x, 46 κατά y και 30 κατά z από τα οποία έκαστο καταλαμβάνει 4 μέτρα. Για να συμπληρωθούν τα 50 κελιά κατά x και y που επιτρέπει η lite έκδοση του envi-met, δημιουργείται περιμετρικά του μοντέλου μια κενή ζώνη 2 κελιών (nesting grids).



Στην ενότητα Default Settings, ορίστηκε ως βασικό υλικό των τοίχων των κτισμάτων της περιοχής συμβατικός τοίχος και σκεπή μεσαίας μόνωσης ενώ στην ενότητα nesting grids επιλέχτηκαν ως υλικά εδάφους της περιβάλλουσας κενής ζώνης η άσφαλτος και το σκουρόχρωμα σκυρόδεμα εφόσον βρισκόμαστε σε αστική ζώνη.



Μετά την δημιουργία της “καινούριας περιοχής” του μοντέλου (create new area), ακολούθησε η δημιουργία του κυρίως μοντέλου με την τοποθέτηση των υπάρχοντων κτιρίων, των υλικών δαπέδου καθώς και της υπάρχουσας φύτευσης.

Συγκεκριμένα, με δεδομένη την παλέτα του envi-met, χρησιμοποιήθηκαν τα παρακάτω υλικά:

#### A. Έδαφος

Για το έδαφος χρησιμοποιήθηκαν τα υλικά default unsealed soil (αμμώδες αργιλώδες έδαφος), asphalt road (δρόμος ασφάλτου), concrete pavement light/gray/dark (τσιμέντο σε ανοιχτό μεσαίο και σκούρο τόνο) καθώς και deep water (νερό) για την αναπαράσταση της δεξαμενής νερού της πλατείας.

Τα υλικά τοποθετήθηκαν στα σημεία της περιοχής με βάση την εικόνα που επιλέχθηκε για την αρχική δημιουργία του κανάβου και του μοντέλου.

#### B. Κτίρια

Τα κτίρια τοποθετήθηκαν στον κανάβο με βάση τον χάρτη της περιοχής για τις διαστάσεις x και y και για τον προσδιορισμό του ύψους τους χρησιμοποιήθηκε το εργαλείο του google earth που υποδεικνύει το πραγματικό ύψος του σημείου στο οποίο βρίσκεται ο κέρσορας. Ως default υλικό τοιχοποιίας κτιρίων διατηρήθηκε αυτό που ορίστηκε αρχικά.

#### Γ. Φύτευση

Επόμενο στάδιο δημιουργίας του τρισδιάστατου μοντέλου αποτέλεσε η τοποθέτηση των δέντρων στα σημεία που υπάρχουν. Στο σημείο αυτό έγινε η παραδοχή ότι τα δέντρα ανήκουν σε 2 κατηγορίες : Σε δέντρα με πυκνό φύλλωμα και γυμνό κορμό 10 μέτρων (tree 10 m very dense, leafless base) και σε δέντρα με πυκνό φύλλωμα 15 μέτρων (tree 15 m very dense, distinct crown). Η απλούστευση αυτή οφείλεται στους περιορισμούς που τίθενται από τη χρήση της lite έκδοσης του προγράμματος.

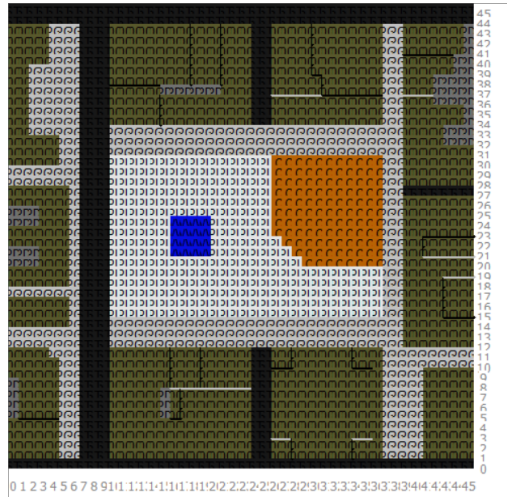
#### Δ. Επίπεδα

Το τελικό στάδιο δημιουργίας του μοντέλου περιλαμβάνει τον καθορισμό διαφορετικών υψομέτρων των επιπέδων της περιοχής εξέτασης. Έτσι, στο βορειοδυτικό σημείο της πλατείας που βρίσκεται ο αρχαιολογικός χώρος η πλατεία υποβαθμίζεται κατά δύο μέτρα, ενώ καθορίζονται με αντίστοιχο τρόπο απλοποιημένα οι εισοδοί προς τον υπόγειο χώρο στάθμευσης της πλατείας.



Οι παρακάτω εικόνες απεικονίζουν: α. τα υλικά εδάφους, β. τα κτίσματα, γ. τη φύτευση και δ. τα επίπεδα.

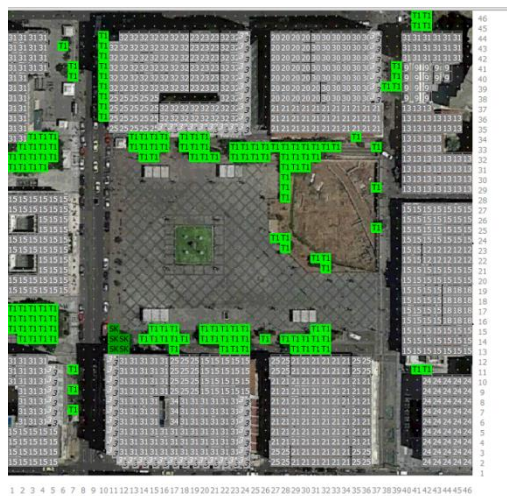
εικόνα α



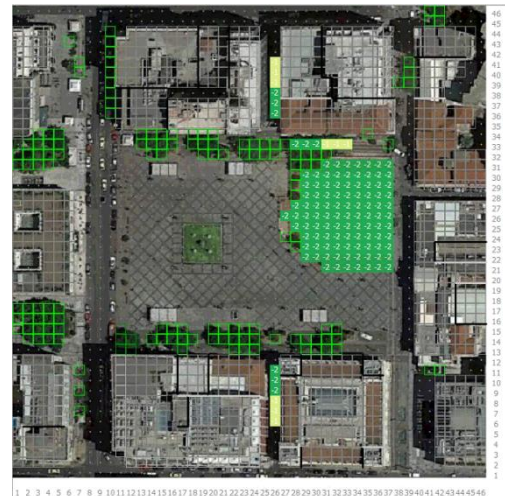
εικόνα β



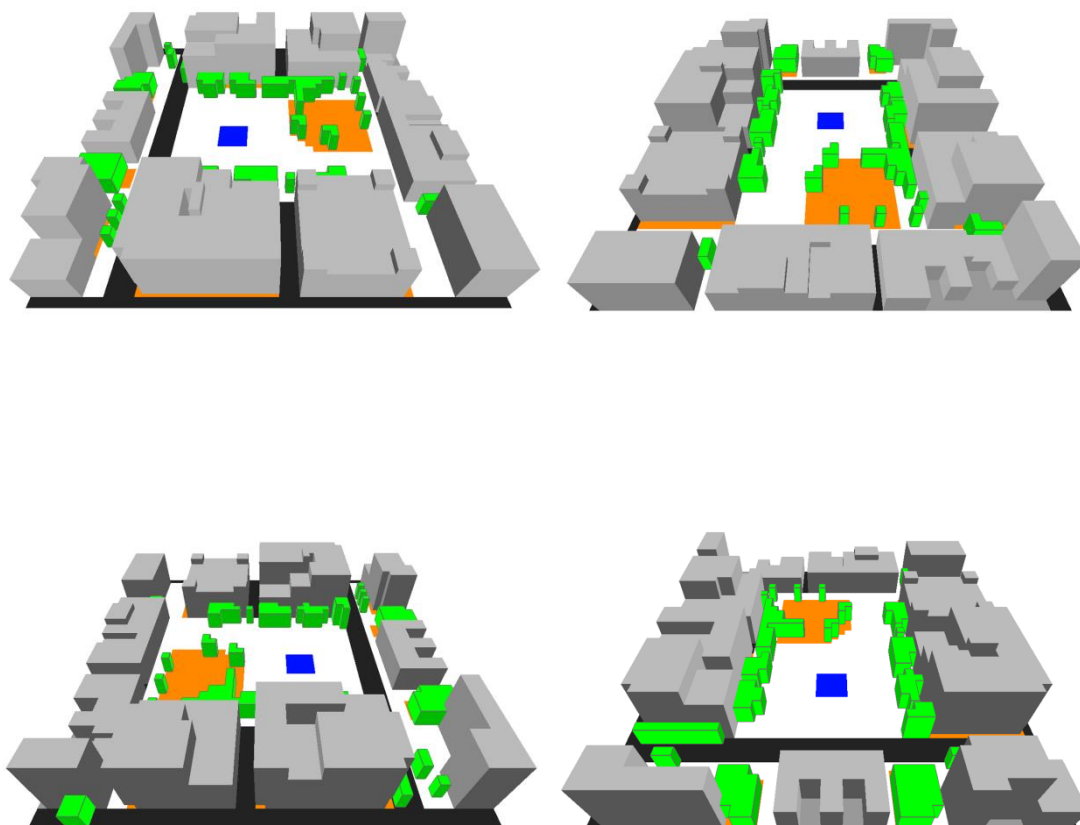
εικόνα γ



εικόνα δ



Οι τρισδιάστατες απεικονίσεις του μοντέλου που προέκυψε είναι οι παρακάτω:



## 9. Προσομοίωση μοντέλου

Η προσομοίωση του μοντέλου πραγματοποιήθηκε στην υποενότητα εννίγυιδα του προγράμματος. Για την εξαγωγή συμπερασμάτων για την περιβαλλοντική συμπεριφορά της περιοχής, επιλέχθηκε η προσομοίωση να πραγματοποιηθεί στις 30 Ιουλίου των τελευταίων 5 ετών (2016-2020), θεωρώντας πως αυτή είναι η θερμότερη μέρα του έτους. Τα δεδομένα που εισάχθηκαν συλλέχθηκαν από την ιστοσελίδα [meteο.gr](http://meteο.gr) και ο σταθμός που επιλέχθηκε είναι αυτός του κέντρου της Αθήνας, στο Γκάζι.



Για την προσομοίωση που πραγματοποιήθηκε στις 30 Ιουλίου 2016, ορίστηκαν με βάση το meteo.gr στην ενότητα του Envi-guide οι παρακάτω μεταβλητές:

Ημερομηνία : 30/07/2016

Ώρα έναρξης προσομοίωσης : 10:00 π.μ.

Συνολικός χρόνος προσομοίωσης : 7 ώρες

Θερμοκρασία αέρα : 25.4 - 36.1 °C

Άνεμος : βορειανατολικός έντασης 1.3 m/s

Σχετική Υγρασία : 40-50 %

Για την προσομοίωση που πραγματοποιήθηκε στις 30 Ιουλίου 2017, ορίστηκαν στην ενότητα του Envi-guide οι παρακάτω μεταβλητές:

Ημερομηνία : 30/07/2017

Ώρα έναρξης προσομοίωσης : 10:00 π.μ.

Συνολικός χρόνος προσομοίωσης : 7 ώρες

Θερμοκρασία αέρα : 25.4 - 34.7 °C

Άνεμος : βορειανατολικός έντασης 1.88 m/s

Σχετική Υγρασία : 40-50 %

Για την προσομοίωση που πραγματοποιήθηκε στις 30 Ιουλίου 2018, ορίστηκαν στην ενότητα του Envi-guide οι παρακάτω μεταβλητές:

Ημερομηνία : 30/07/2018

Ώρα έναρξης προσομοίωσης : 10:00 π.μ.

Συνολικός χρόνος προσομοίωσης : 7 ώρες

Θερμοκρασία αέρα : 23.4 - 33.9 °C

Άνεμος : βορειανατολικός έντασης 0.80 m/s

Σχετική Υγρασία : 40-50 %

Για την προσομοίωση που πραγματοποιήθηκε στις 30 Ιουλίου 2019, ορίστηκαν στην ενότητα του Envi-guide οι παρακάτω μεταβλητές:

Ημερομηνία : 30/07/2019

Ώρα έναρξης προσομοίωσης : 10:00 π.μ.

Συνολικός χρόνος προσομοίωσης : 7 ώρες

Θερμοκρασία αέρα : 25.9 - 34.7 °C

Άνεμος : δυτικός έντασης 1.02 m/s

Σχετική Υγρασία : 40-50 %

Για την προσομοίωση που πραγματοποιήθηκε στις 30 Ιουλίου 2020, ορίστηκαν στην ενότητα του Envi-guide οι παρακάτω μεταβλητές:

Ημερομηνία : 30/07/2020

Ώρα έναρξης προσομοίωσης : 10:00 π.μ.

Συνολικός χρόνος προσομοίωσης : 7 ώρες

Θερμοκρασία αέρα : 26.6 - 36.0 °C

Άνεμος : βορειανατολικός έντασης 2.41 m/s

Σχετική Υγρασία : 40-50 %

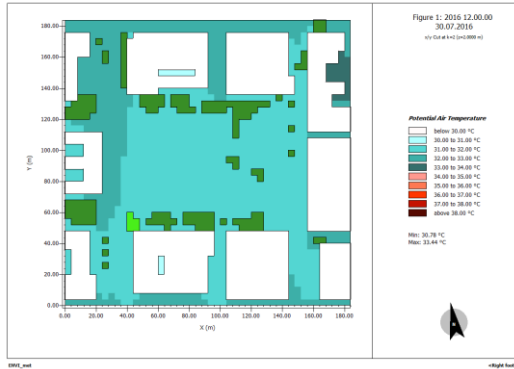
## **10. Οπτικοποίηση αποτελεσμάτων**

Για την οπτικοποίηση των αποτελεσμάτων που προέκυψαν από τις προσομοιώσεις χρησιμοποιήθηκε το Leonardo, επέκταση του λογισμικού Envi-met. Στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας οπτικοποιήθηκαν οι εξής παράμετροι για τις ώρες 12:00, 13:00, 14:00 και 15:00 κάθε επιλεγμένης ημέρας: Η θερμοκρασία αέρα (air temperature C), η ταχύτητα ανέμου (wind speed m/s), η θερμοκρασία εδάφους (Surface temperature C) και η σχετική υγρασία (relative humidity %).

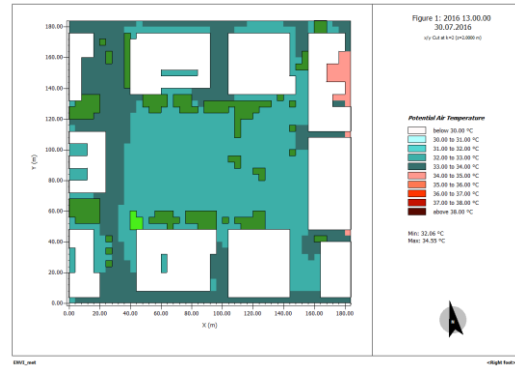
# 10.1 Θερμοκρασία αέρα °C

2016

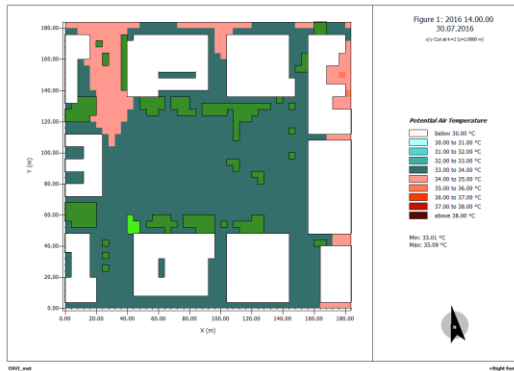
12.00 μ.μ.



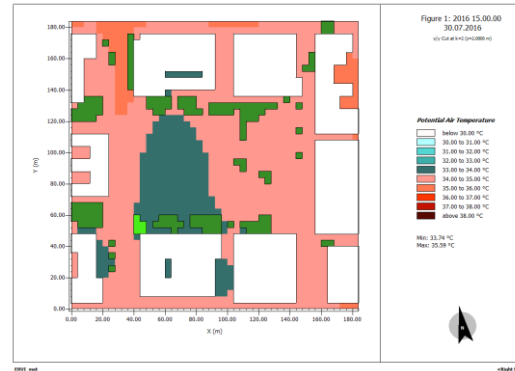
13.00 μ.μ.



14.00 μ.μ.

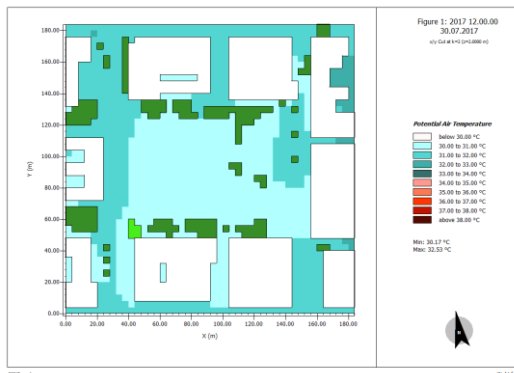


15.00 μ.μ.

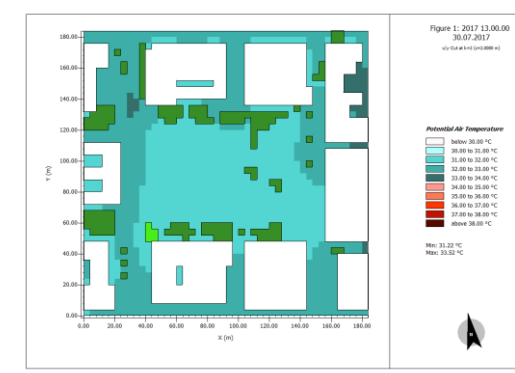


2017

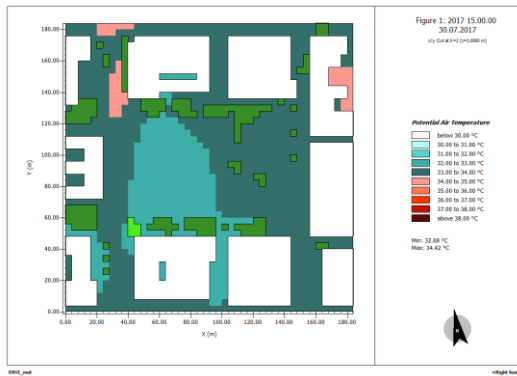
12.00 μ.μ.



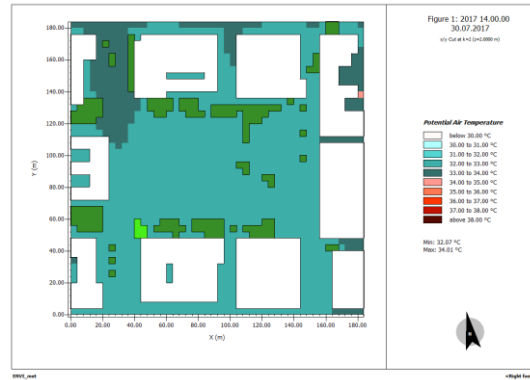
13.00 μ.μ.



14.00 μ.μ.

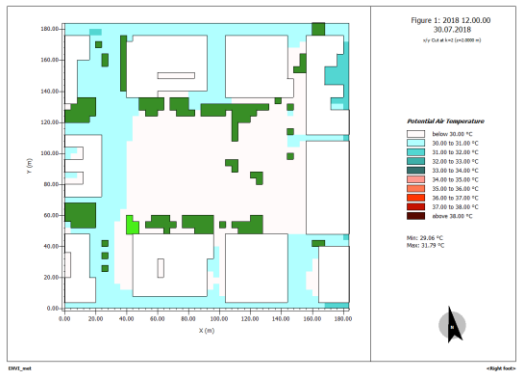


15.00 μ.μ.

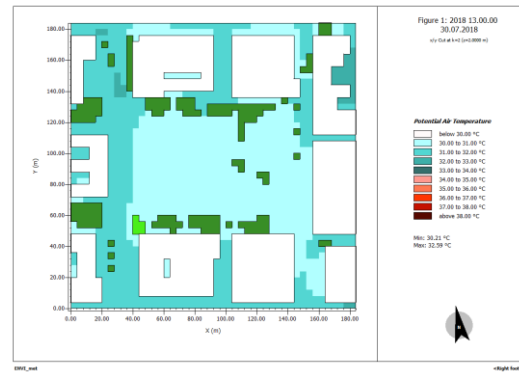


2018

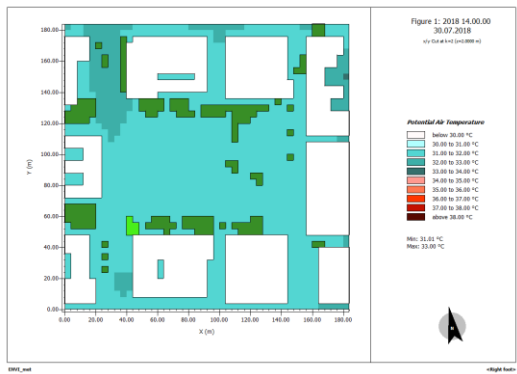
12.00 μ.μ.



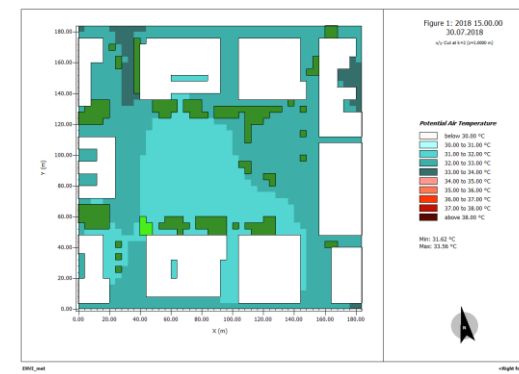
13.00 μ.μ.



14.00 μ.μ.

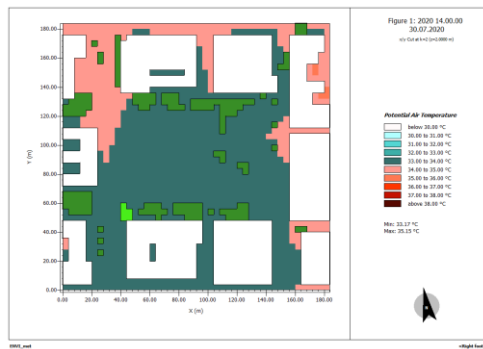


15.00 μ.μ.

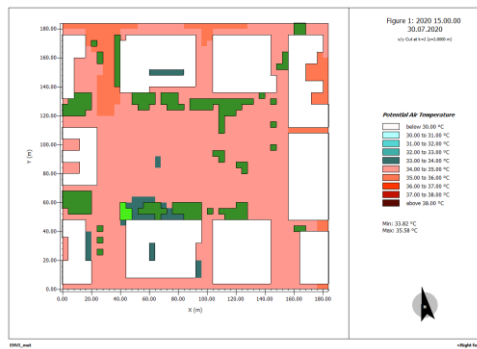




14.00 μ.μ.



15.00 μ.μ.



Η χρωματική παλέτα των διαγραμμάτων κατασκευάστηκε στο πλαίσιο της διπλωματικής. Περιλαμβάνει 10 διαφορετικά χρώματα με σκοπό την απεικόνιση της διαβάθμισης θερμοκρασίας ανά 1°C και με ψυχρότερα χρώματα σε τόνους του μπλε απεικονίζονται οι χαμηλότερες θερμοκρασιακές διαβαθμίσεις ενώ με θερμότερα χρώματα σε τόνους του κόκκινου οι πιο υψηλές. Με πράσινο απεικονίζονται τα δέντρα της πλατείας ενώ με λευκό τα κτίρια της περιοχής. Από την ανάγνωση των παραπάνω διαγραμμάτων, προκύπτει πως οι υψηλότερες θερμοκρασίες κατά τη διάρκεια της 30ης Ιουλίου από το 2016 έως και το 2020, αναπτύσσονται αφενός κατά μήκος των βασικών οδικών αξόνων που περιβάλλουν την πλατεία, αφετέρου στον ανατολική πλευρά της ίδιας της πλατείας. Αυτό συμβαίνει λόγω των σκληρών υλικών επίστρωσης (σκουρόχρωμη ασφαλτος) και της θερμοαπορροφητικότητάς τους καθώς και της έλλειψης φύτευσης στα συγκεκριμένα σημεία. Παρατηρούνται πιο χαμηλές θερμοκρασίες στο κεντρικό και δυτικό τμήμα της πλατείας λόγω της ύπαρξης φύτευσης περιμετρικά και της ύπαρξης της δεξαμενής νερού που μειώνει την αισθητή θερμοκρασία δροσιζοντας τον θερμό καλοκαιρινό αέρα.

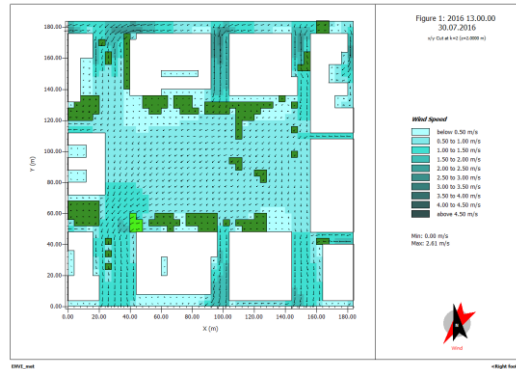
## 10.2 Ταχύτητα ανέμου (m/s)

2016

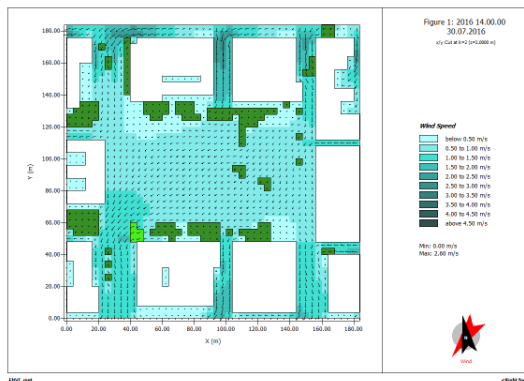
12.00 μ.μ.



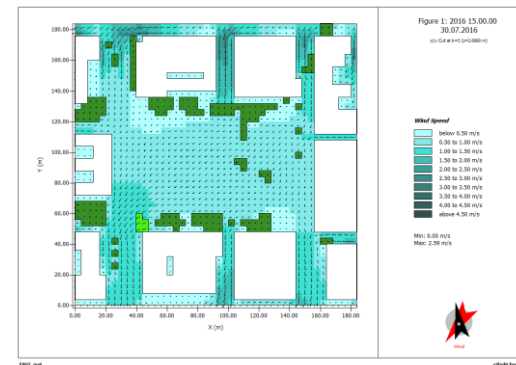
13.00 μ.μ.



14.00 μ.μ.

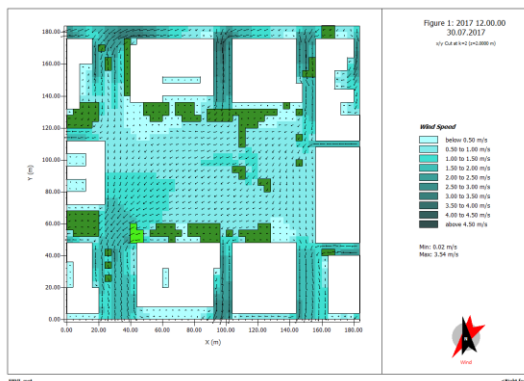


15.00 μ.μ.

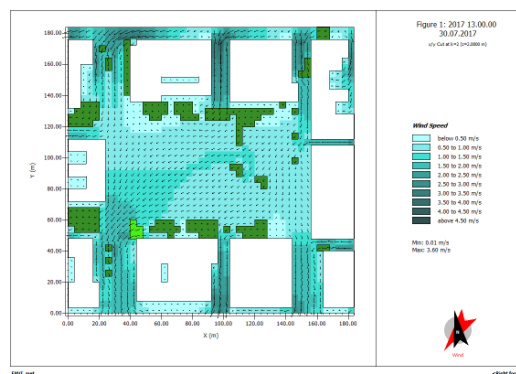


2017

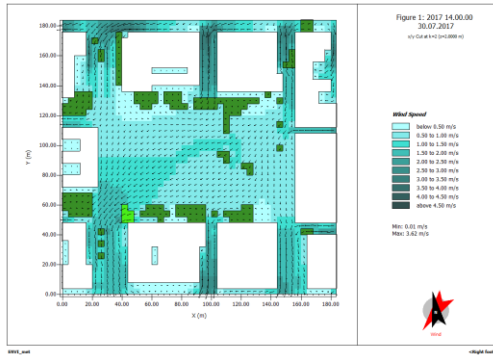
12.00 μ.μ.



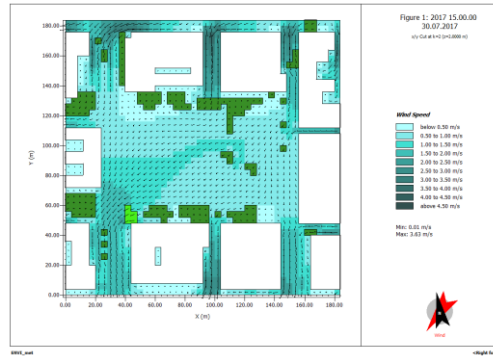
13.00 μ.μ.



14.00 μ.μ.



15.00 μ.μ.

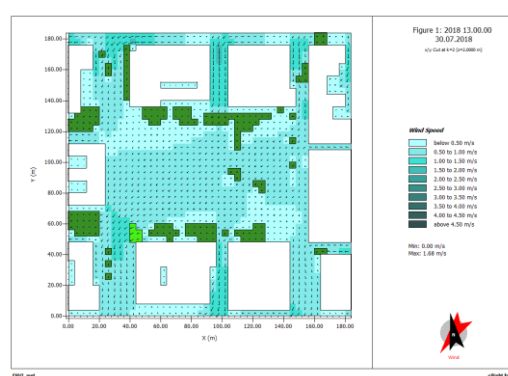


2018

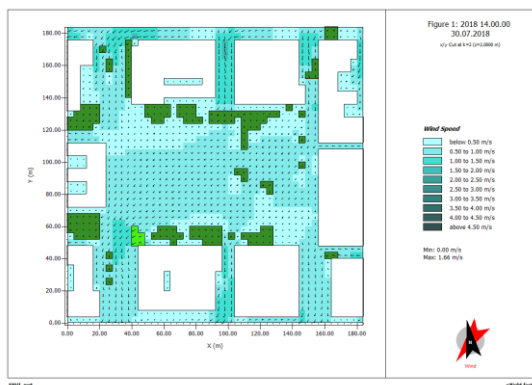
12.00 μ.μ.



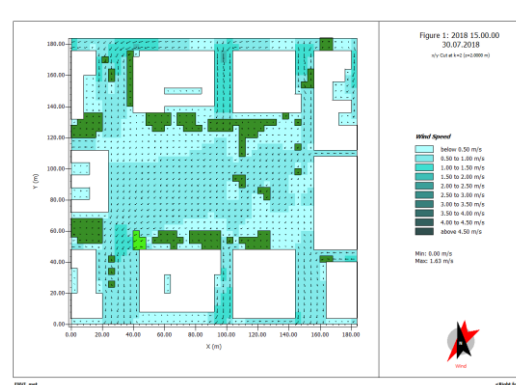
13.00 μ.μ.



14.00 μ.μ.



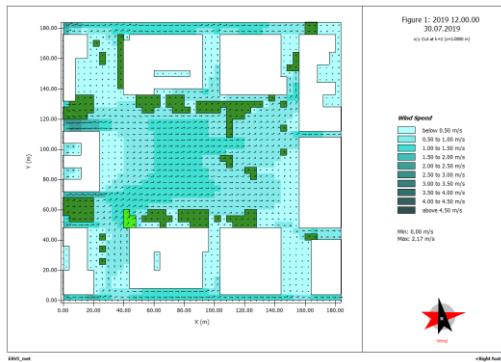
15.00 μ.μ.



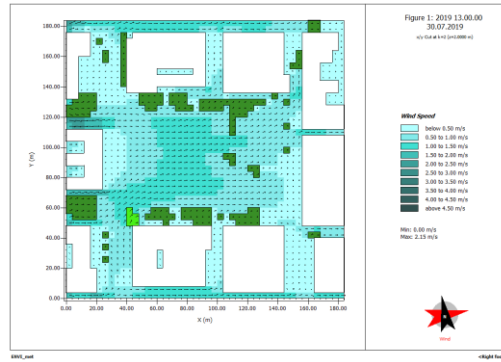
2019



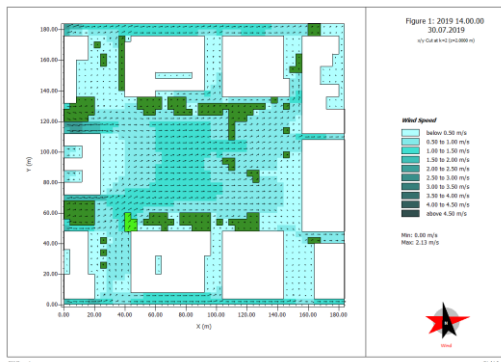
12.00  $\mu\mu$ .



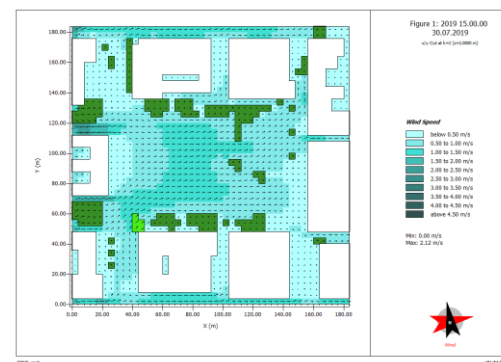
13.00  $\mu\mu$ .



14.00  $\mu\mu$ .

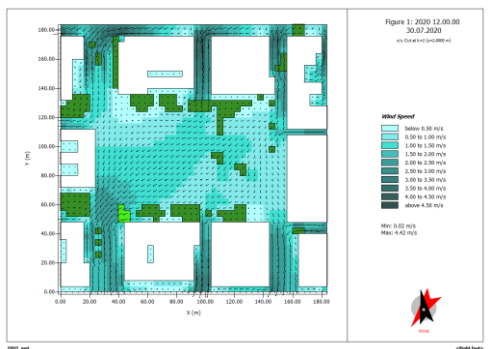


15.00  $\mu\mu$ .

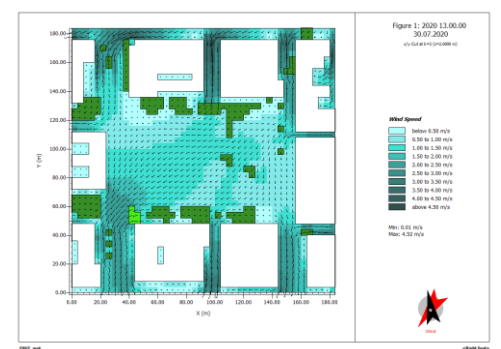


2020

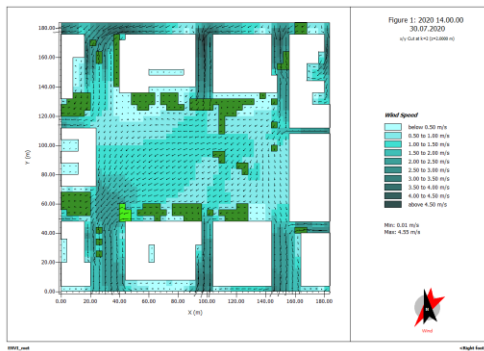
12.00  $\mu\mu$ .



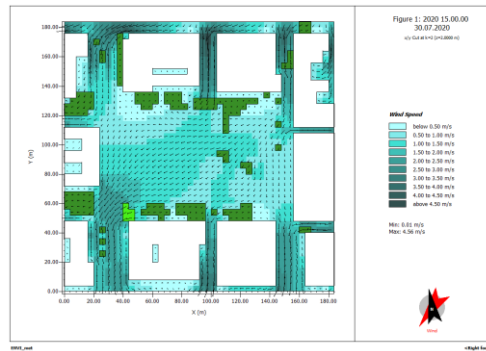
13.00  $\mu\mu$ .



14.00 μ.μ.



15.00 μ.μ.

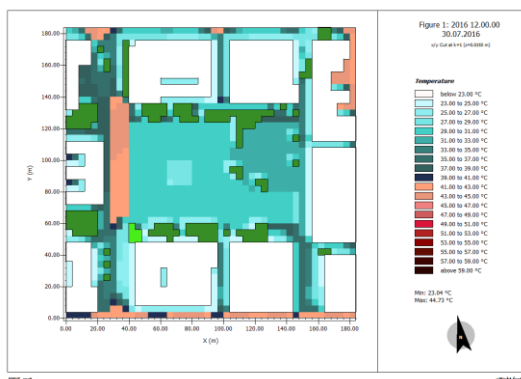


Η χρωματική παλέτα των διαγραμμάτων δημιουργήθηκε στο πλαίσιο της εργασίας. Περιλαμβάνει 10 διαφορετικά χρώματα-διαβαθμίσεις του μπλε με σκοπό την απεικόνιση της διαβάθμισης της ταχύτητας του ανέμου ανά 0.5 m/s. Για να δειχθεί η διεύθυνση και ένταση του ανέμου χρησιμοποιείται η επιλογή διανυσματικών βελών. Οι διαβαθμίσεις της έντασης του αέρα είναι περιορισμένες, με ελάχιστη τιμή να είναι τα 0 m/s και μέγιστη 3.63 m/s. Εντοπίζεται πως σε γενικές γραμμές στις περιοχές ανατολικά και δυτικά της πλατείας αναπτύσσονται κάποιοι ήπιοι θερινοί άνεμοι οι οποίοι προσφέρουν ανακούφιση από τις υψηλές θερμοκρασίες.

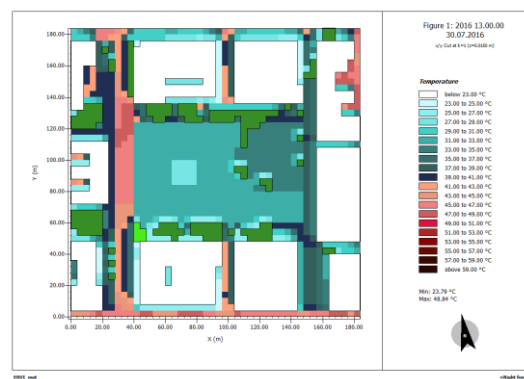
### 10.3 Θερμοκρασία εδάφους °C

2016

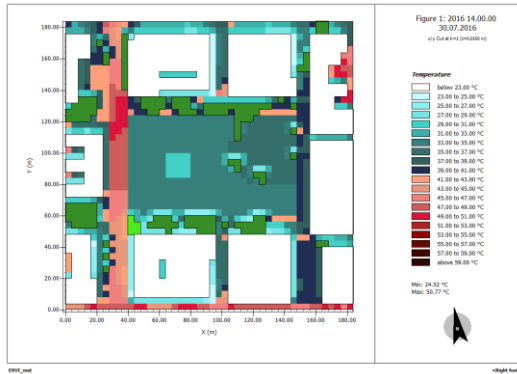
12.00 μ.μ.



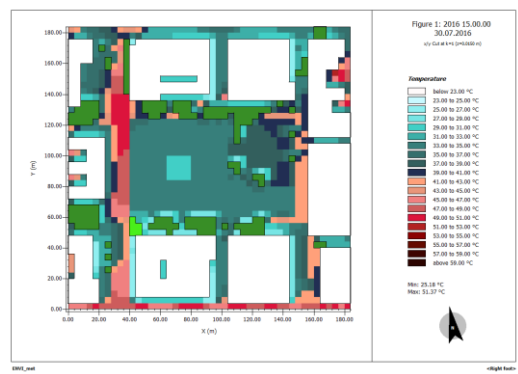
13.00 μ.μ.



14.00 μ.μ.

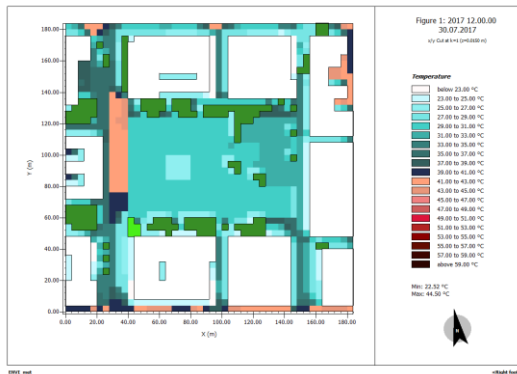


15.00 μ.μ.

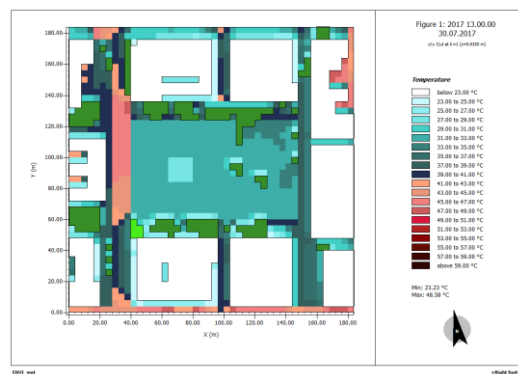


2017

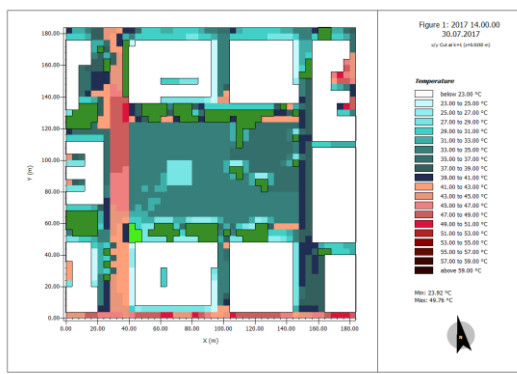
12.00 μ.μ.



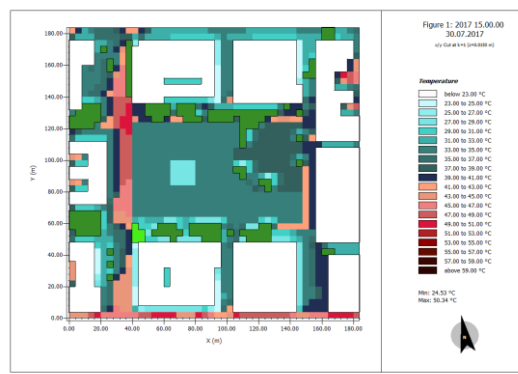
13.00 μ.μ.



14.00 μ.μ.

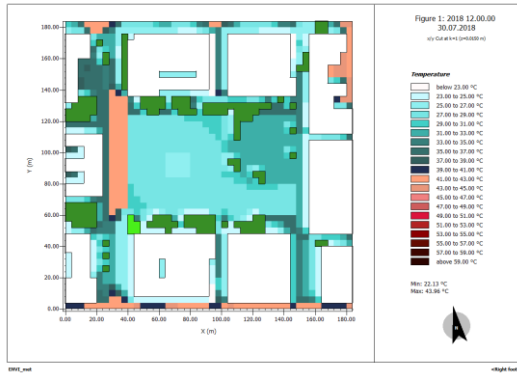


15.00 μ.μ.

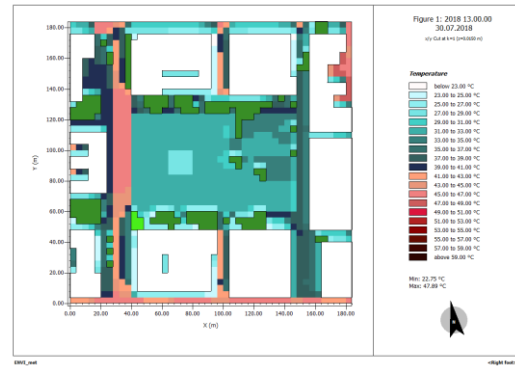


2018

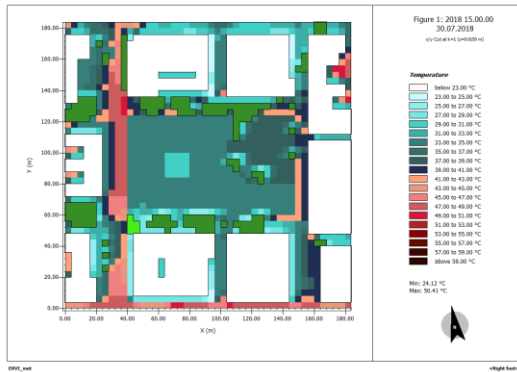
12.00 μ.μ.



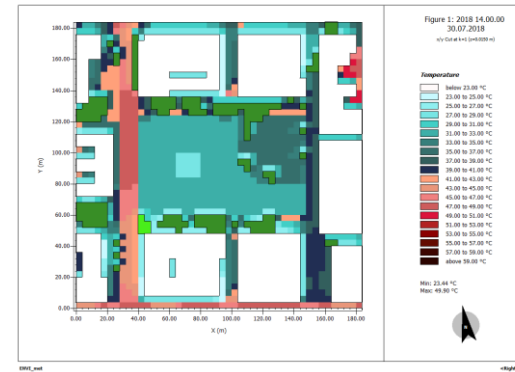
13.00 μ.μ.



14.00 μ.μ.

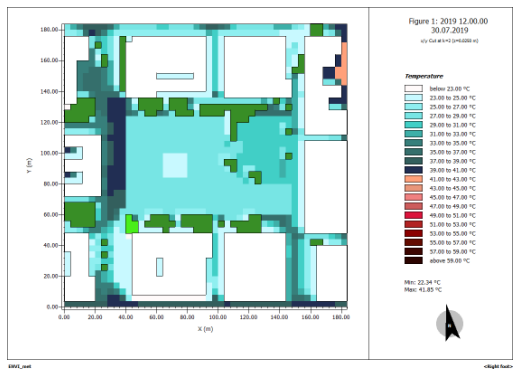


15.00 μ.μ.

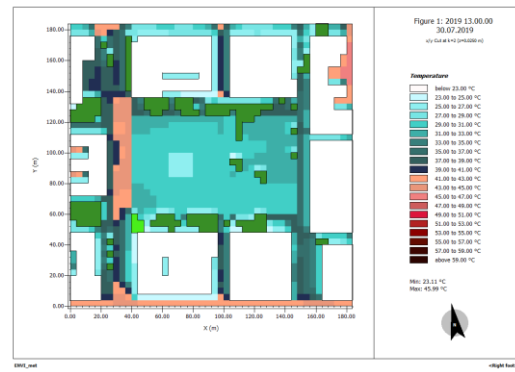


2019

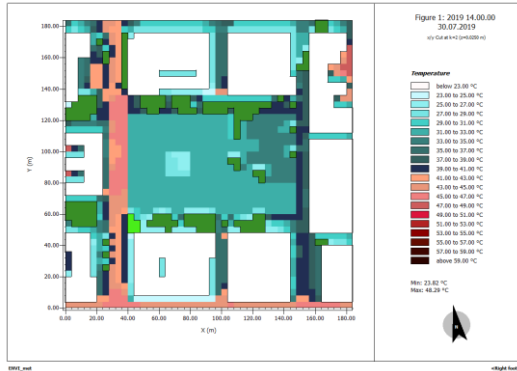
12.00 μ.μ.



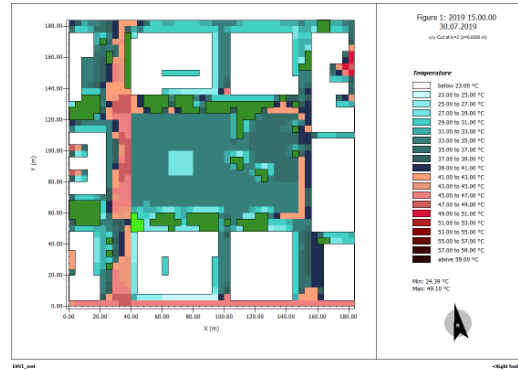
13.00 μ.μ.



14.00 μ.μ.

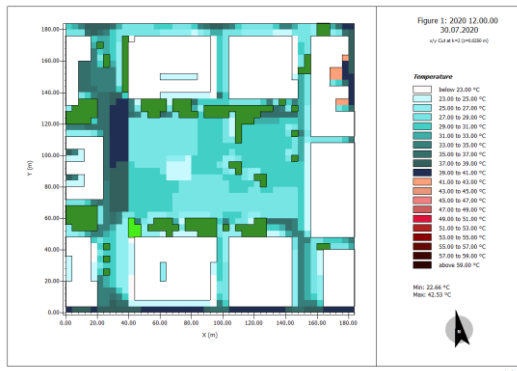


15.00 μ.μ.

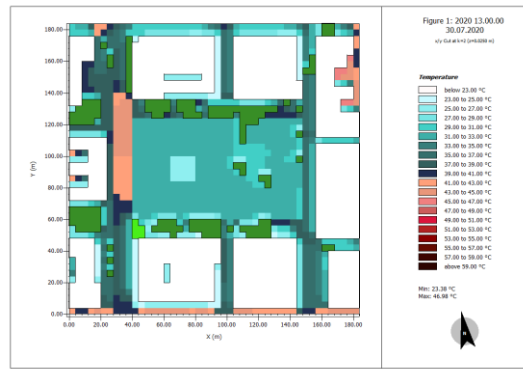


2020

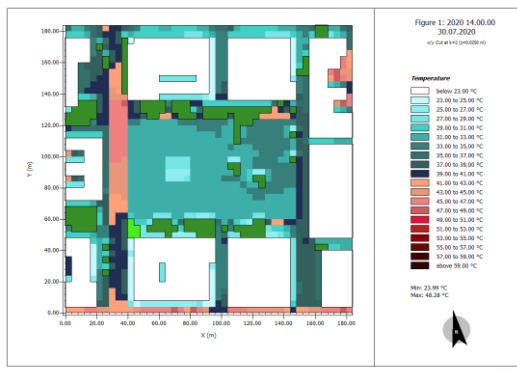
12.00 μ.μ.



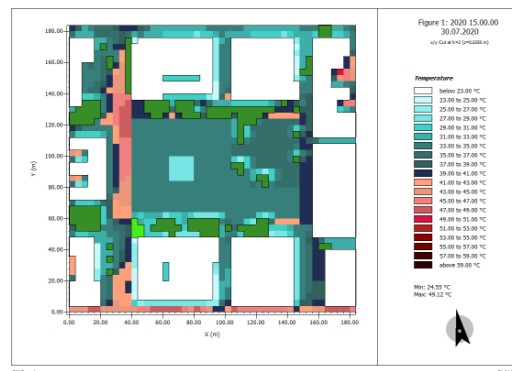
13.00 μ.μ.



14.00 μ.μ.



15.00 μ.μ.



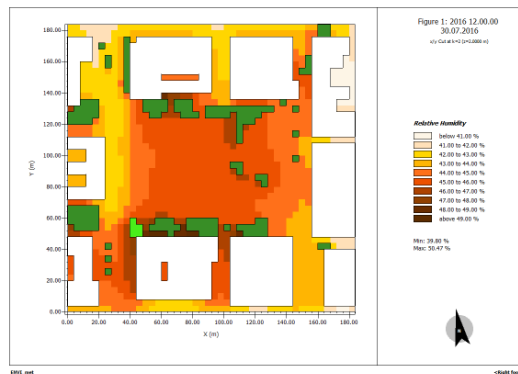
Για την απεικόνιση της διαβάθμισης της θερμοκρασίας εδάφους, χρησιμοποιήθηκε η παλέτα 20 χρωμάτων εκφράζοντας διαβαθμίσεις ανά 2°C. Παρατηρείται και σε αυτό τον χάρτη πως οι μεγαλύτερες θερμοκρασίες στην

επιφάνεια του εδάφους εμφανίζονται εκατέρωθεν (δυτικά και ανατολικά της πλατείας και κατά μήκος των βασικών οδικών αξόνων κυρίως της οδού Αθηνάς). Στις περιοχές με εντονότερη φύτευση και με ανοιχτόχρωμα υλικά επίστρωσης, δηλαδή στο νότιο και βόρειο όριο της πλατείας αλλά και στο κέντρο της, εκεί που βρίσκεται το σιντριβάνι, παρατηρούνται χαμηλότερες θερμοκρασίες εδάφους. Η ελάχιστη θερμοκρασία που εμφανίζεται είναι 22.13 °C στις επιφάνειες που τοποθετούνται τα κτίρια αλλά και πλησίον τους λόγω της σκίασης που αυτά προσφέρουν, και η μέγιστη είναι 51.37 °C και εντοπίζεται στις 15:00 μ.μ. στην οδό Αθηνάς.

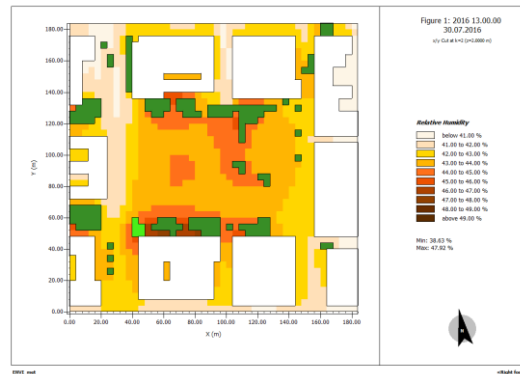
## 10.4 Υγρασία %

2016

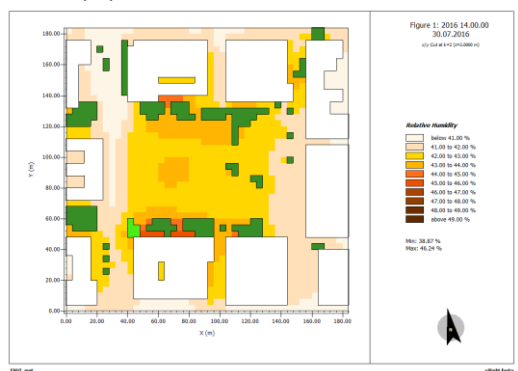
12.00 μ.μ.



13.00 μ.μ.



14.00 μ.μ.

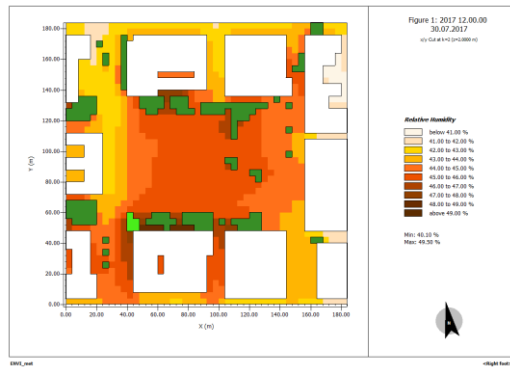


15.00 μ.μ.



2017

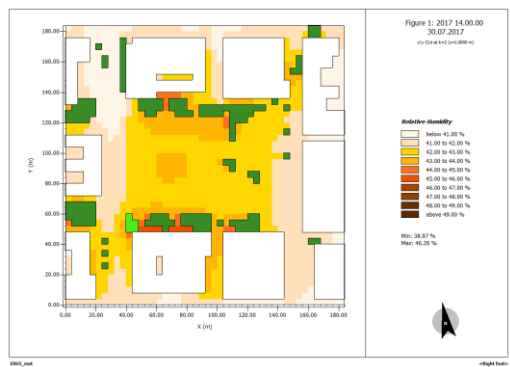
12.00 μ.μ.



13.00 μ.μ.



14.00 μ.μ.

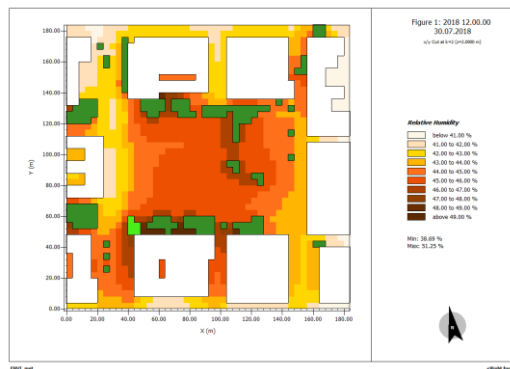


15.00 μ.μ.

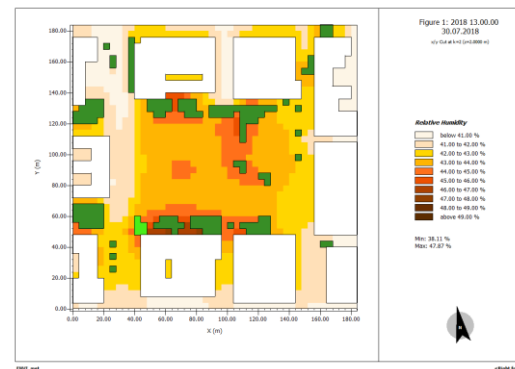


2018

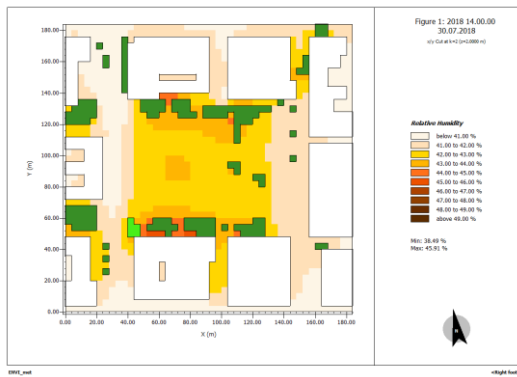
12.00 μ.μ.



13.00 μ.μ.



14.00 μ.μ.

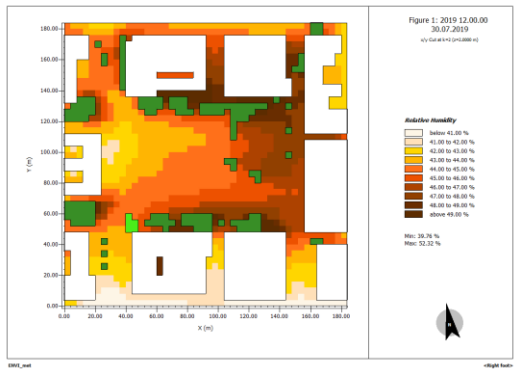


15.00 μ.μ.

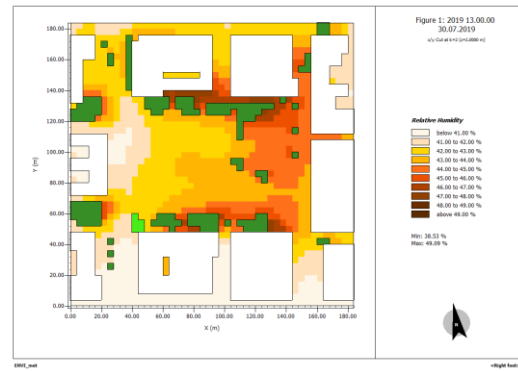


2019

12.00 μ.μ.



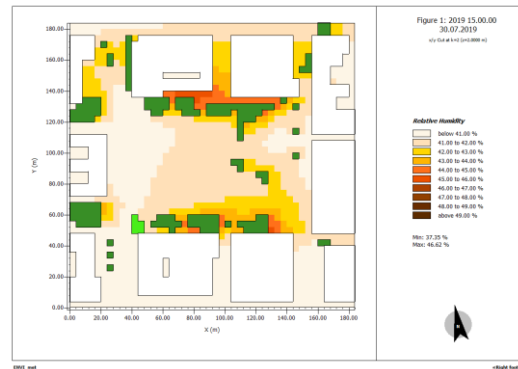
13.00 μ.μ.



14.00 μ.μ.



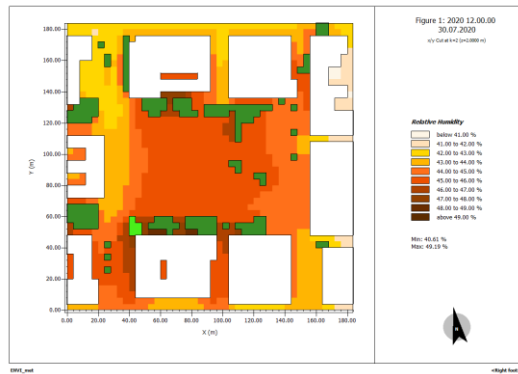
15.00 μ.μ.





2020

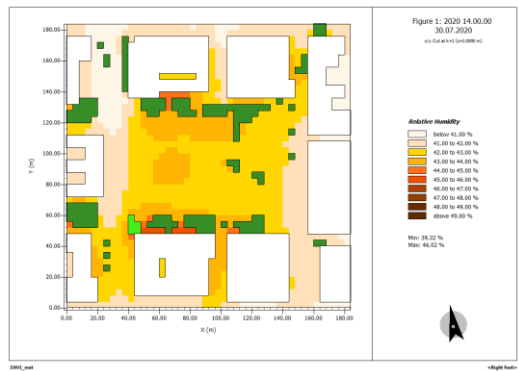
12.00 μ.μ.



13.00 μ.μ.



14.00 μ.μ.



15.00 μ.μ.



Για την απεικόνιση της διαβάθμισης της σχετικής υγρασίας αέρα, χρησιμοποιήθηκε παλέτα 10 χρωμάτων εκφράζοντας διαβαθμίσεις ανά 1% ποσότητα υγρασίας του αέρα. Οι τιμές της σχετικής υγρασίας κυμαίνονται από περίπου 37% έως 50% για τον Ιούλιο όλων των ετών. Όσο μεγαλύτερη είναι η υγρασία του αέρα, με τόσο πιο σκούρο χρώμα απεικονίζεται στα παραπάνω διαγράμματα. Παρατηρείται πως οι περιοχές που παρουσιάζουν την μεγαλύτερη υγρασία είναι αυτές στις οποίες υπάρχει φύτευση, γύρω από το σιντριβάνι καθώς και στον αρχαιολογικό χώρο λόγω του χωμάτινου εδάφους.

## 11. Αξιολόγηση Θερμικής άνεσης

Μέσω της μελέτης των παραπάνω ισοθερμικών χαρτών, διαπιστώνεται ότι και για τα 5 τελευταία έτη, οι θερμοκρασίες που αναπτύσσονται στην πλατεία είναι σχετικά υψηλές, τόσο στην επιφάνεια του εδάφους όσο και στον αέρα της περιοχής. Οι υψηλότερες θερμοκρασίες εντοπίζονται στην οδό Αθηνάς, κάτι το οποίο είναι αναμενόμενο, λόγω της ασφάλτου με την οποία είναι επιστρωμένη. Πέραν αυτού, παρατηρείται ότι λόγω της ύπαρξης του σιντριβανιού, κάποιας φύτευσης περιμετρικά καθώς και των πλακών ανοιχτού γκρι χρώματος που είναι στρωμένη η πλατεία, στα σημεία αυτά οι θερμοκρασίες που καταγράφονται είναι χαμηλότερες. Τα στοιχεία αυτά επηρεάζουν ευνοϊκά και τις γειτονικές τους περιοχές χαμηλώνοντας ελαφρώς τις θερμοκρασίες. Παρόλα αυτά, θα μπορούσαν να ληφθούν κάποια μέτρα κομβικής σημασίας τα οποία θα βελτίωναν περαιτέρω τις μικροκλιματικές συνθήκες.

## 12. Προτάσεις βελτίωσης συνθηκών θερμικής άνεσης

Στόχο της παραπάνω έρευνας μέσω του προγράμματος ENVI-met αποτελεί η πρόταση κάποιων επεμβάσεων οι οποίες θα επιδράσουν θετικά στις συνθήκες θερμικής άνεσης που επικρατούν στην πλατεία Κοτζιά, κατά κύριο λόγο τους θερινούς μήνες του έτους.

Οι προτάσεις αυτές, συνοψίζονται στα εξής:

A. Χρήση ψυχρών υλικών επίστρωσης

B. Ενίσχυση φύτευσης

Γ. Δημιουργία υδάτινων επιφανειών

Δ. Εγκατάσταση στεγάστρων με φύτευση (πέργκολες)

Τα παραπάνω σχεδιαστικά μέσα θα αναλυθούν στη συνέχεια και θα οριστεί ο τρόπος εφαρμογής τους στην υπό μελέτη πλατεία.

## A. Χρήση ψυχρών υλικών επίστρωσης

Μεταξύ των στρατηγικών μετριασμού του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας, η χρήση ψυχρών υλικών στον αστικό σχεδιασμό έχει αποκτήσει ευρεία εφαρμογή τις τελευταίες δεκαετίες επειδή είναι μια αποτελεσματική, χαμηλού κόστους και απλή σχετικά λύση (Rosenfeld et al., 1998). Τα ψυχρά υλικά χαρακτηρίζονται από υψηλές τιμές ηλιακής ανακλαστικότητας και εκπομπής υπέρυθρης ακτινοβολίας. Η αύξηση της ανακλαστικότητας ή/και της εκπομπής υπέρυθρης ακτινοβολίας μίας επιφάνειας μειώνει τη θερμοκρασία της και συμβάλλει στη μείωση της θερμοκρασίας του ατμοσφαιρικού αέρα που την περιβάλλει (Synnefa et al., 2008).

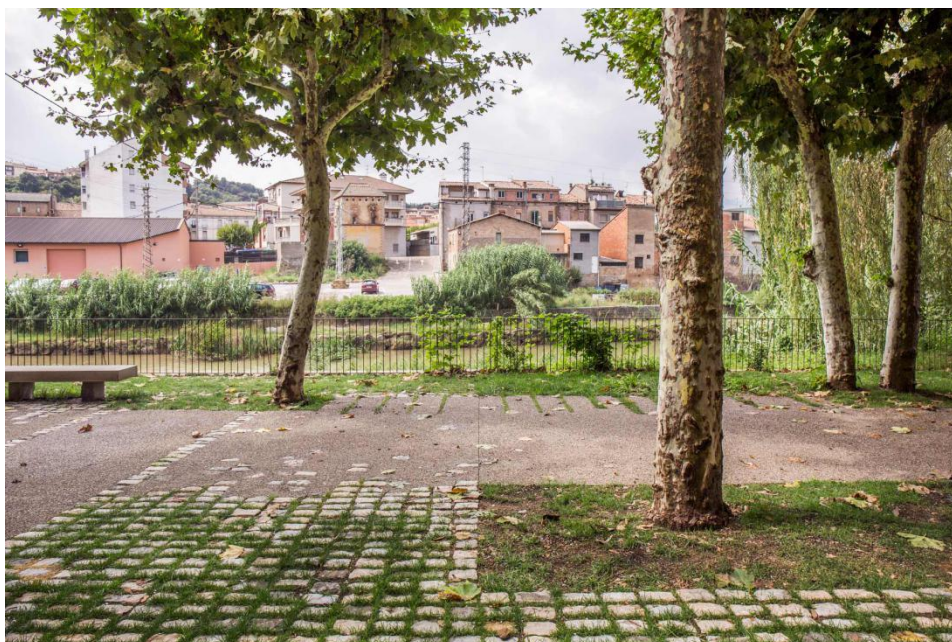
Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω, για την βελτίωση των συνθηκών θερμικής άνεσης στην πλατεία Κοτζιά, προτείνεται η αντικατάσταση του υπάρχοντος δαπέδου με ψυχρά υλικά επιφανειακής επικάλυψης, όπως είναι οι ανοιχτόχρωμες ψυχρές μαρμάρινες πλάκες, ανοιχτόχρωμοι ψυχροί κυβόλιθοι κτλ, που έχουν μεγαλύτερη ικανότητα να μην απορροφούν αλλά να ανακλούν την προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία σε σχέση με τα υπάρχοντα υλικά. Επιπλέον, με δεδομένο ότι οι περιβάλλοντες οδικοί άξονες δημιουργούν αυξημένες θερμοκρασιακές τιμές στην ευρύτερη περιοχή, προτείνεται η αντικατάσταση τμήματός τους με υλικά κατασκευασμένα από ανοιχτόχρωμα αδρανή, καθώς η σκούρου χρώματος άσφαλτος αποδεδειγμένα απορροφά πολύ μεγάλες ποσότητες θερμότητας τις οποίες εκπέμπει στον αέρα.

## B. Ενίσχυση φύτευσης

Ο δροσισμός του αστικού περιβάλλοντος πραγματοποιείται από τη φύτευση και ειδικά τα δέντρα μέσω της διαδικασίας της εξαμισοδιαπνοής, της ανάκλασης της ηλιακής ακτινοβολίας λόγω των υψηλότερων τιμών λευκαύγειας καθώς και του σκιασμού που τα φυτά προσφέρουν στο περιβάλλον τους (Taleghani, 2018). Η φυσική ψύξη που δημιουργεί η ύπαρξη κάποιων δέντρων είναι σημαντική μεν, αλλά η φύτευση πολλών δέντρων δημιουργεί πιο έντονο φαινόμενο δροσερού μικροκλίματος (Kleerekoper et al., 2012). Οι ερευνητές Wang και Akbari έδειξαν μέσω έρευνας πως τα δέντρα των πεζοδρομίων δύνανται να μειώσουν την αισθητή θερμοκρασία του αέρα κατά 1-3°C στις περιοχές που σκιάζουν (Wang & Akbari, 2016).

Με δεδομένο τα παραπάνω στοιχεία, καθώς και μέσω της έρευνας στο ENVI-MET που πραγματοποιήθηκε στο πλαίσιο της εργασίας, διαφαίνεται το πόσο σημαντικό ρόλο διαδραματίζουν τα δέντρα στη δημιουργία συνθηκών θερμικής άνεσης τους καλοκαιρινούς μήνες. Έτσι, προτείνεται η δημιουργία ζώνης φύτευσης γύρω από το υπάρχον σιντριβάνι, πλάτους 8 περίπου μέτρων, η οποία θα περιλαμβάνει ποικίλα φυλλοβόλα δέντρα που θα φύονται σε φυσικό

έδαφος. Η πρόταση φυλλοβόλων δέντρων γίνεται με δεδομένο πως τους καλοκαιρινούς μήνες επιθυμείται σκίαση από το φύλλωμα ενώ τους χειμωνιάτικους είναι θεμιτός ο ανεμπόδιστος ηλιασμός. Προκειμένου να αποφευχθεί η λογική παρτεριού, προτείνεται το δάπεδο να δημιουργηθεί με πλάκες με διαπερατούς αρμούς, οι οποίες θα αραιώνουν προσεγγίζοντας την περιοχή των κορμών, όπως φαίνεται στην παρακάτω ανάπλαση. Έτσι, θα επιτευχθούν αφενός τα οφέλη του φυσικού εδάφους, δηλαδή η καλύτερη απορροή όμβριων υδάτων και ο δροσισμός τους αέρα λόγω της υγρασίας τους χρώματος, αφετέρου η περιοχή αυτή θα είναι βαθιά και θα χρησιμοποιείται αποτελεσματικά από τους χρήστες τους καλοκαιρινούς αλλά και χειμερινούς μήνες. Επιπλέον, προτείνεται η ενίσχυση της φύτευσης και στην υπόλοιπη πλατεία, ιδιαίτερα στην ανατολική πλευρά της, ώστε να δημιουργηθούν ευνοϊκότερες συνθήκες μικροκλίματος σε όλη την πλατεία αλλά και σκιασμένα σημεία που θα επιτρέπουν στους περαστικούς να αναπαύονται σε αυτά.



Εικόνα 24: Πηγή εικόνας: <https://www.carlesenrich.com/projects/cal-metres-path/>

### Γ. Δημιουργία υδάτινων επιφανειών

Η χρήση νερού, όπως και η χρήση βλάστησης, επιφέρει ποικίλα θετικά αποτελέσματα στο μικροκλίμα. Κατά τη διάρκεια των ζεστών ημερών, θερμός αέρας διέρχεται κοντά από υδάτινες μάζες και ένα τμήμα της θερμότητάς του να μεταφέρεται στο νερό και εξατμίζεται με αποτέλεσμα ο αέρας να ψυχραίνεται. Αυτό το φαινόμενο οδηγεί σε χαμηλότερες θερμοκρασίες αέρα στην περιοχή

που βρίσκεται η δεξαμενή νερού. Επιπλέον, το νερό έχει χαμηλή ανακλαστικότητα. Έτσι, όταν χρησιμοποιείται ως στοιχείο αστικού σχεδιασμού μετριάζει τη θάμβωση που προκαλούν τα υπόλοιπα ανοιχτόχρωμα υλικά υψηλής ανακλαστικότητας (Βλάσση, 2011).

Τα παραπάνω επιβεβαιώνονται και από τις προσομοιώσεις που έλαβαν χώρα στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας. Συγκεκριμένα, ο αέρας που βρίσκεται πλησίον του υπάρχοντος σιντριβανιού εμφανίζεται δροσερότερος κατά 1 περίπου βαθμό από αυτόν που βρίσκεται στην υπόλοιπη πλατεία, ο οποίος παρόλα αυτά επίσης επωφελείται και δροσίζεται από την ύπαρξη του σιντριβανιού. Στο πλαίσιο των παραπάνω, προτείνεται η δημιουργία πιδάκων νερού σε διαφορετικά σημεία της πλατείας, ιδιαίτερα στο ανατολικό τμήμα, οι οποίοι θα μπορούσαν να εδράζονται στο ίδιο το δάπεδο. Πρόκειται για στρατηγική που επιστρατεύεται ευρέως σε αστικές αναπλάσεις ευρωπαϊκών χωρών, καθώς αφενός αποτελεί μέσο μείωσης της τοπικής θερμοκρασίας, αφετέρου δημιουργεί ένα χώρο διαδραστικού παιχνιδιού για παιδιά. Μια τέτοια στρατηγική διαφαίνεται στην παρακάτω εικόνα:



Εικόνα 25: Πηγή εικόνας: <https://www.archdaily.com/778531/moscows-urban-movement-is-there-hope-for-a-better-future>

#### Δ. Εγκατάσταση στεγάστρων με φύτευση (πέργκολες)

Η χρήση σκιάστρων θεωρείται απαραίτητη προκειμένου να θεωρείται βιώσιμος ένας δημόσιος χώρος της Αθήνας το καλοκαίρι. Χωρίς αυτά, η ηλιακή ακτινοβολία των θερινών μηνών δημιουργεί ανυπόφορες θερμικές συνθήκες. Στην πλατεία, υπάρχουν 4 σκίαστρα τα οποία παρόλα αυτά κρίνονται σχετικά αραιά ώστε να ανταποκριθούν στις απαιτήσεις του κλίματος. Για να αντιμετωπιστεί το πρόβλημα, προτείνεται αρχικά η προσθήκη αναρριχόμενων φυτών στις υπάρχουσες πέργκολες προκειμένου αφενός να δημιουργηθούν πιο αποτελεσματικές συνθήκες σκίασης, αφετέρου να ενισχυθεί το πράσινο της πλατείας. Επιπλέον, προτείνεται η προσθήκη νέων σκιάστρων/διεύρυνση των υπάρχοντων, προκειμένου να δημιουργηθούν ακόμα περισσότεροι χώροι ανάπαυσης των πεζών. Τα σκίαστρα αυτά θα μπορούσαν να τοποθετηθούν στο ανατολικό τμήμα της πλατείας στο οποίο όπως προέκυψε από τη θερμική μελέτη εμφανίζει συνήθως τις υψηλότερες θερμοκρασίες.

Για μια πιο ολοκληρωμένη παρουσίαση θα χρειαζόταν να πραγματοποιηθεί προσομοίωση στο πρόγραμμα Envi-met και των προτάσεων βελτίωσης θερμικής της Πλατείας Κοτζιά. Ωστόσο, λόγω έλλειψης τεχνολογικού εξοπλισμού δεν ήταν εφικτό.



## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

Καρτάλης Κ. (1999), Μετεωρολογία, Κεφάλαιο 4 στο Το Φυσικό Περιβάλλον, Τόμος Α, Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο, Πάτρα.

Ζώγου Ο. (2007), Θερμομετρία-Θερμογραφία, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών Βιομηχανίας, Εργαστήριο Θερμοδυναμικής και Θερμικών μηχανών. (Διαθέσιμο:

[http://www.mie.auth.gr/ekp\\_yliko/Thermometria\\_Thermografia\\_1.pdf](http://www.mie.auth.gr/ekp_yliko/Thermometria_Thermografia_1.pdf))

Σιούτας Φ. (2011), Προβλέψεις συγκεντρώσεων ΒΤΕΧ με χρήση εργαλείων πολλαπλής παλινδρόμησης, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, Διπλωματική εργασία, Θεσσαλονίκη. (Διαθέσιμο:

<http://invenio.lib.auth.gr/record/127581/files/Sioutas.pdf>)

Μπουγατιώτη Φ. Μ. (2009-2010), Το αστικό μικροκλίμα. Βιοκλιματικές παρεμβάσεις για τη βελτίωσή του, Σημειώσεις μαθήματος Βιοκλιματικός Σχεδιασμός, Διατμηματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών Αρχιτεκτονική Σχεδιασμός του χώρου, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Σχολή Αρχιτεκτόνων Μηχανικών.

Χρυσομαλλίδου Ν., Θεοδωσίου Θ., Τσικαλουδάκη Κ. (2004), Περιβαλλοντικά κριτήρια στον αστικό σχεδιασμό. Το παράδειγμα της Θεσσαλονίκης, Περιοδικό Κτίριο, Τεύχος 158, σελ. 43-50.

Κ.Α.Π.Ε. (2011), Πρόγραμμα Βιοκλιματικών Αναβαθμίσεων Δημόσιων Ανοικτών Χώρων – Οδηγός Μελετών.

Santamouris M. (2014), Cooling the cities – A review of reflective and green roof mitigation technologies to fight heat island and improve comfort in urban environments, Solar Energy, Volume 103, May 2014.



Gaitani N., Spanou A., Saliari M., Synnefa A., Vassilakopoulou K., Papadopoulou K., Pavlou K., Santamouris M., Papaioannou M., Lagoudaki A. (2011), Improving the microclimate in urban areas: a case study in the centre of Athens, Building Services Engineering Research and Technology, February 2011.

Μιχαλοπούλου Κ. (2015), Περιβαλλοντική διερεύνηση παραγόντων συνθηκών άνεσης και μικροκλίματος σε ελεύθερους αστικούς χώρους, Διδακτορική διατριβή, Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης, Πολυτεχνική Σχολή Ξάνθης, Τμήμα Αρχιτεκτόνων Μηχανικών, Ξάνθη, Ιανουάριος 2015.

Κ.Α.Π.Ε. (2004), Σχεδιασμός Υπαιθριών Αστικών Χώρων με Βιοκλιματικά Κριτήρια, Έργο RUROS (Rediscovering the Urban Realm Open Spaces).

Ανδρεαδάκη Ε. (2006), Βιοκλιματικός Σχεδιασμός, Περιβάλλον και Βιωσιμότητα, University Studio Press, Θεσσαλονίκη.

Γιάννας Σ. (2002), Βιοκλιματικά κριτήρια σχεδιασμού στην πόλη, Πρακτικά ημερίδας «Βιοκλιματικός Σχεδιασμός στον Αστικό Υπαιθριο Χώρο», Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος, Θεσσαλονίκη.

Nikolopoulou M., Baker N., Steemers K. (2001), Thermal comfort in outdoor urban spaces: understanding the human parameter, Solar Energy, Volume 70, Issue 3.

Nikolopoulou M., Steemers K. (2003), Thermal comfort and psychological adaptation as a guide for designing urban spaces, Energy and Buildings, Volume 35, Issue 1, January 2003.

Χριστούλας Δ., Κ. Νικολάου, και Α. Ανδρεαδάκης (1999). Υποβάθμιση περιβάλλοντος και επιπτώσεις στον άνθρωπο. Εισαγωγή στο Ανθρωπογενές περιβάλλον. Τόμος Β, κεφ. 3: 111-135. ΕΑΠ. Πάτρα.

Duhl, L. 2002. Health and greening the city. J. Epidemiol. Community Health 56:897-898.

Santamouris M. (2000), Appropriate material for the urban environment. Energy and climate in the urban environment. Ed. M. Santamouris, James and James (Science) Publishers Ltd, London.

Koppe, C., S. Kovats, G. Jendritzky, and B. Menne. 2004. Health and Global Environmental Change; Heat-Waves: Risks and Responses. Series No. 2. p. 124. Energy, Environment and Sustainable Development, World Health Organization, Copenhagen.

Τσιγκάκη Μαριάννα, 2019, Διπλωματική Εργασία, ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΤΟΥ ΜΙΚΡΟΚΛΙΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΤΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΑΝΕΣΗΣ ΤΩΝ ΠΕΖΩΝ ΣΕ ΑΣΤΙΚΕΣ ΠΛΑΤΕΙΕΣ ΜΕΣΩ ΤΟΥ ΑΣΤΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ. ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΣΧΕΤΙΚΗΣ ΕΠΙΡΡΟΗΣ ΤΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ ΣΕ ΚΕΝΤΡΙΚΗ ΠΛΑΤΕΙΑ ΣΤΑ ΧΑΝΙΑ, Πάτρα

Santamouris, M. 2001. Energy and Climate in the Urban Built Environment. (Eds.). James & James, p. 410. London.

Touloumi, G., E. Samoli, and K. Katsouyanni. 2010. Analysis of health outcome timeseries in epidemiological studies of air pollution effects. Dept. of Hygiene, Epidemiology and Medical Statistics, Athens University Medical School, Greece. Symposium in Honor of Steve Lagakos. October 2010. Athens.

Georgi J., Dimitriou D. (2010), The contribution of urban green spaces to the improvement of environment in cities: Case study of Chania Greece, Building and Environment, Volume 45, Issue 6, June 2010.

Chatzidimitriou A., Yannas S. (2016), Microclimate design for open spaces: Ranking urban design effects on pedestrian thermal comfort in summer, Sustainable Cities and Society, Volume 26, October 2016.

N. Χρυσομαλλίδου, Θ. Θεοδοσίου, Κ. Τσικαλουδάκη, Εργαστήριο Οικοδομικής & Δομικής Φυσικής, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Πατούνης, Χ. & Σίμος Ν. (2012). Βιοκλιματική θεώρηση αστικών χώρων - οι περιπτώσεις των πλατειών Κοτζιά και Δικαιοσύνης στην Αθήνα (διπλωματική εργασία). ΕΜΠ Σχολή Πολιτικών Μηχανικών, Αθήνα

Γιοχάλας, Θ. & Καφετζάκη, Τ. (2014). Αθήνα, Ιχνηλατώντας την πόλη με οδηγό την ιστορία και την αρχαιολογία. Αθήνα: Βιβλιοπωλείο της Εστίας. σελ. 201-202

Βικιπαίδεια (2021). Ανακτήθηκε 10 Ιανουαρίου 2021 από τη βικιπαίδεια

[https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A0%CE%BB%CE%B1%CF%84%CE%B5%CE%AF%CE%B1\\_%CE%9A%CE%BF%CF%84%CE%B6%CE%B9%CE%AC](https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A0%CE%BB%CE%B1%CF%84%CE%B5%CE%AF%CE%B1_%CE%9A%CE%BF%CF%84%CE%B6%CE%B9%CE%AC)

Μπατούδη, Α. (2008). Πολεοδομική και κυκλοφοριακή μελέτη της πλατείας Ομόνοιας και άλλων πλατειών του κέντρου της Αθήνας - πρόταση ανάπλασης της πλατείας Ομόνοιας (διπλωματική εργασία). ΕΜΠ Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών, Αθήνα

Rosenfeld, A. H., Akbari, H., Romm, J. J., & Pomerantz, M. (1998). Cool communities: strategies for heat island mitigation and smog reduction. *Energy and buildings*, 28(1), 51-62.

Synnefa, A., Dandou, A., Santamouris, M., Tombrou, M., & Soulakellis, N. (2008). On the use of cool materials as a heat island mitigation strategy. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 47(11), 2846-2856.

Taleghani, M. (2018). Outdoor thermal comfort by different heat mitigation strategies- A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 81 (March), 2011–2018.

Kleerekoper, L., Van Esch, M., & Salcedo, T. B. (2012). How to make a city climate-proof, addressing the urban heat island effect. *Resources, Conservation, and Recycling*, 64, 30–38

Wang, Y., & Akbari, H. (2016). Analysis of urban heat island phenomenon and mitigation solutions evaluation for Montreal. *Sustainable Cities and Society*, 26, 438–446

Βλάσση, Ε. (2011). Περιβαλλοντικός σχεδιασμός υπαίθριων χώρων πρασίνου στο αστικό περιβάλλον. Κριτική θεώρηση των παραλιακών πάρκων της Θεσσαλονίκης (διπλωματική εργασία) ΑΠΘ Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Θεσσαλονίκη



