



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΠΑΤΡΩΝ
UNIVERSITY OF PATRAS

Πανεπιστήμιο Πατρών
Σχολή Γεωπονικών Επιστημών
Τμήμα Γεωπονίας

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

της **Μαρίας Αιμιλίας Καυκά**

**ΜΙΚΡΟΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΚΑΙ ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΗ
ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΠΛΑΤΕΙΑΣ ΓΕΩΡΓΙΟΥ ΠΑΤΡΩΝ**



Εισηγητής: Καραναστάση Ειρήνη

ΑΜΑΛΙΑΔΑ

ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 2019

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

Καραναστάση Ειρήνη, Εισηγήτρια

Μπαρούχας Παντελής

Μαλάμος Νικόλαος

Ευχαριστίες

Η πτυχιακή εργασία εκπονήθηκε στη Σχολή Τεχνολόγων Γεωπόνων του ΤΕΙ Δυτικής Ελλάδας . Η υπόδειξη του θέματος έγινε από τον Καθηγητή μου Δρ. Κοτσίρη Γεώργιο Γεωπόνο – Αρχιτέκτονα Τοπίου.

Πρώτα από όλα θέλω να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες στον Δρ. Κοτσίρη για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε και τη συνεχή επίβλεψή του, καθώς και στον Δρ. στον Ιωάννη Χαραλαμπίδου, ΕΔΙΠ του ΓΠΑ για τις υποδείξεις του. Ευχαριστώ επίσης την Καθηγήτρια Λίτσα Λιόπα-Τσακαλίδη που ανέλαβε εισηγητής της πτυχιακής μου, λύνοντας έτσι τυπικά προβλήματα.

Θερμές ευχαριστίες απευθύνω σε όλους τους καθηγητές που είχα όλα τα χρόνια της μέχρι στιγμής ακαδημαϊκής μου ζωής. Τέλος ένα μεγάλο ευχαριστώ στους γονείς μου που με στηρίζουν ηθικά και οικονομικά όλα αυτά τα χρόνια, δίνοντάς μου κουράγιο να προχωρώ και να υπερπηδώ κάθε εμπόδιο.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Περίληψη.....	7
Κεφάλαιο 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	
1.1. Το σύγχρονο αστικό περιβάλλον.....	8
1.2. Βλάστηση και αστικό περιβάλλον.....	10
Λειτουργίες του αστικού και περιαστικού πρασίνου.....	12
1.3 Το μικροκλίμα.....	13
1.4. Μικροκλίμα και περιβαλλοντικός σχεδιασμός.....	14
1.4.1. Ο Βιοκλιματικός σχεδιασμός Ανοικτών χώρων.....	15
1.4.2. Ηλιασμός και ηλιοπροστασία.....	16
1.4.3. Αερισμός και Ανεμοπροστασία.....	17
1.4.4. Φυσικός δροσισμός.....	18
1.4.5. Φυσικός φωτισμός	19
1.5. Ο βιοκλιματικός σχεδιασμός στους αστικούς χώρους.....	19
1.5.1. Θερμική Αστική Νησίδα.....	20
1.5.2. Άνεμος.....	21
1.5.3. Αστική χαράδρα.....	23
1.5.4. Δείκτης ανακλαστικότητας.....	24
1.5.5 Σκίαση.....	25
1.5.6 Νερό.....	26
1.5.7. Ανάλυση τοπίου μελέτης.....	26
Περιοχή μελέτης	27
Το κλίμα της Πάτρας.....	27

1.6. θερμική άνεση και δείκτες.....	33
1.6.1. Δείκτες θερμικής άνεσης.....	34
1.6.2. δείκτης Αναμενόμενης Μέσης Ψήφου.....	34
1.6.3. δείκτης Πραγματικής Αίσθησης Θερμότητας.....	35
1.6.4 Θερμοϋγρομετρικός Δείκτης THI.....	36

Κεφάλαιο 2. ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ

2.1 Παρουσίαση του προγράμματος Envimet.....	37
2.2.1 Αρχεία εισαγωγής (Input Files).....	40
2.2.1.1. The Configuration File .CF.....	40
2.2.1.2. Το αρχείο εισαγωγής περιοχής (Area Input File) .IN.....	43
2.2.2. Αρχεία βάσης δεδομένων	44
2.2.3. Αρχεία εξόδου	45
2.3. Χρήση του προγράμματος.....	45
2.3.1. Επιλογή 1: Area input file editor.....	46
2.3.2. Επιλογή 2: Configuration file editor.....	48
2.3.3. Επιλογή 3: Start Envi-met.....	49
2.3.4. Λοιπές επιλογές	49
2.4. Εξαγωγή αποτελεσμάτων	49

Κεφάλαιο 3 . ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

3.1. Κλιματικά δεδομένα.....	50
3.2. Αποτύπωση της περιοχής μελέτης	54

Κεφάλαιο 4: Αποτελέσματα

4.1. Θερμοκρασίες που υπολογίστηκαν.....	57
--	----

4.2. Ισοθερμικοί χάρτες.....	59
4.3. Υπολογισμοί φυσικών παραμέτρων και Δεικτών.....	62
Συμπεράσματα.....	67
Βιβλιογραφία.....	68

Περίληψη

Αντικείμενο της παρούσας εργασίας αποτελεί η διερεύνηση της επίδρασης των φυτοκαλυμμένων επιφανειών στη διαμόρφωση του μικροκλίματος μιας δομημένης περιοχής και κατ' επέκταση στη θερμική άνεση των χρηστών της. Συγκεκριμένα μελετήθηκε η πλατεία Γεωργίου στην Πάτρα με τα περίξ αυτής κτίσματα. Η έρευνα πραγματοποιήθηκε μέσω της προσομοίωσης του χώρου με το υπολογιστικό μοντέλο Envimet, με την τεχνική παρεμβάσεων πάνω στο τοπίο και παρατήρηση των διαφοροποιήσεων που προκύπτουν. Τα σενάρια που μελετήθηκαν είναι κατά σειρά: 1. Η υφιστάμενη κατάσταση της πλατείας, όσον αφορά τα υλικά κάλυψης και τη φύτευση. 2. Η αλλαγή της πλακόστρωσης της πλατείας με πλάκες γρανίτη υψηλής ανακλαστικότητας 3. Φύτευση με πρόσθετες δενδροστοιχίες της πλατείας. 4. Επιπλέον φύτευση των δωματίων των κτιρίων που περιβάλλουν την πλατεία. Με τα δεδομένα των προσομοιώσεων, δημιουργήθηκαν χάρτες χωρικών κατανομών θερμοκρασίας και επιπλέον με τη βοήθεια του λογισμικού Leonardo υπολογίστηκαν και δείκτες θερμικής άνεσης. Τα συμπεράσματα που προέκυψαν έχουν ιδιαίτερη σημασία καθώς παρά την περιορισμένη έκταση του χώρου, υπάρχουν σημαντικές διαφορές κατά περίπτωση, ιδίως σε ότι αφορά το σενάριο της εκτενούς φύτευσης στην πλατεία. Σε περιοχές έντονα αστικοποιημένες η θερμοκρασία εμφανίζεται αυξημένη. Η θερμική άνεση ενός ανθρώπου, ωστόσο, καθορίζεται όχι μόνο από τις καιρικές συνθήκες που επικρατούν σε μια περιοχή, αλλά και από τα υλικά του περιβάλλοντος χώρου, τη σκίαση, την παρουσία ρευμάτων αέρα κ.ά. Εφόσον ο χώρος είναι ήδη δομημένος, ο βέλτιστος τρόπος μετρίασης της θερμοκρασίας και βελτίωσης της θερμικής άνεσης, αποδείχθηκε η φυτοκάλυψη των ακάλυπτων επιφανειών και λιγότερο η χρήση υλικών υψηλής ανακλαστικότητας και ελάχιστα η φύτευση των δωματίων, τουλάχιστον στην περίπτωση υψηλών κτιρίων.

Κεφάλαιο 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1. 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).

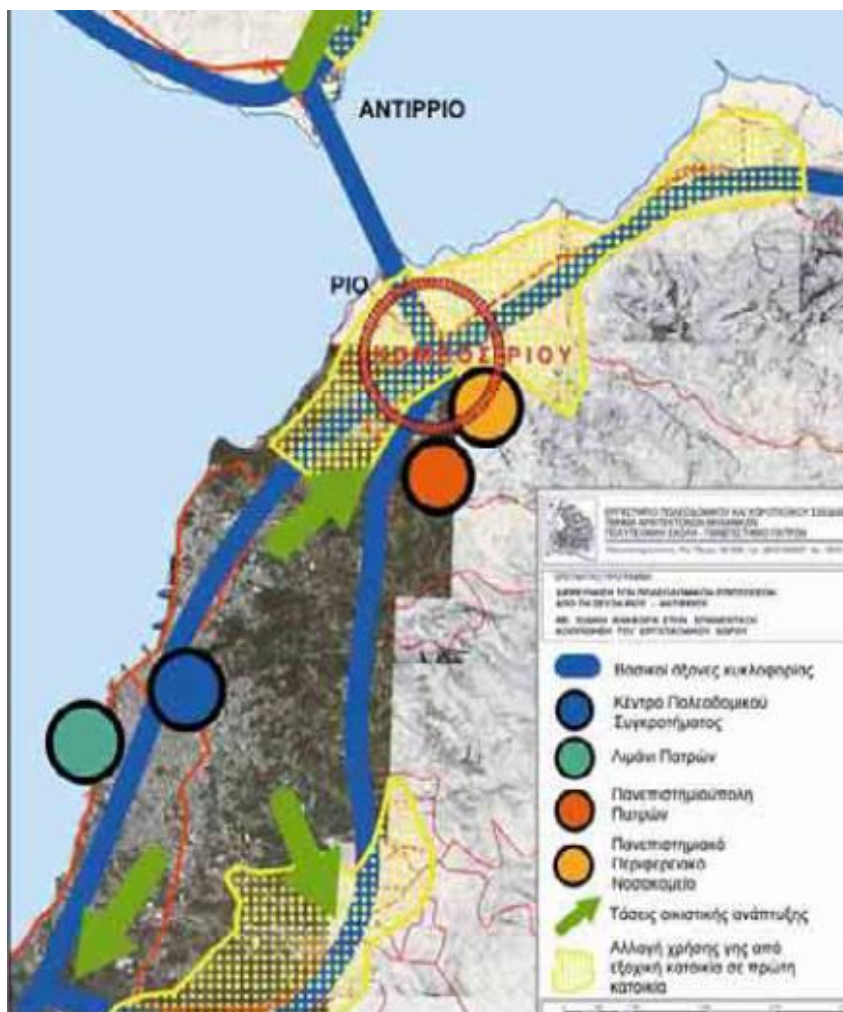
Χαρακτηριστικό γνώρισμα των σημερινών μεγαλουπόλεων αποτελεί η εκτεταμένη έως καθολική έλλειψη βλάστησης, που απομονώνει τους κατοίκους από το φυσικό περιβάλλον. Η μείωση των επιφανειών με φυτική κάλυψη οδηγεί στην υποβάθμιση του αστικού μικροκλίματος, στη δημιουργία περιβαλλοντικών προβλημάτων και στη 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 μέγεθός 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 (Touloumi 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).

Έχει εκτιμηθεί ότι μια μείωση της εξωτερικής θερμοκρασίας κατά 0,5-1,0 °C, μπορεί σε ανάλογες περιπτώσεις να μειώσει την θνησιμότητα κατά 10-20% (Kalkstein, 2005).

Η πόλη της Πάτρας βρίσκεται σε μια διαδικασία επέκτασης και εντατικής ανάπτυξης του αστικού ιστού (εικόνα 1). Ο περιαστικός χώρος (φυσική βλάστηση, καλλιέργειες) μετατρέπεται σε αστικό, προς όλες τις κατευθύνσεις. Διευρύνεται η αστική πυκνότητα στο πολεοδομικό συγκρότημα και σε κάποιες συνοικίες (6 και 7) δημιουργούνται πυκνότητες 170 κατοίκων /εκτάριο (εικόνα 2)..



Εικόνα 1. Αστική ανάπτυξη της Πάτρας

1.2. Βλάστηση και αστικό περιβάλλον

Βασική στρατηγική για την αντιμετώπιση των προβλημάτων που περιγράφηκαν ανωτέρω είναι η δραματική αύξηση των χώρων πρασίνου (Ευθυμιόπουλος, 2005; Alexandri and Jones, 2006). Τα δέντρα επηρεάζουν το μικροκλίμα και την ενεργειακή κατανάλωση για ψύξη των κτιρίων με δύο τρόπους. Τα άμεσα οφέλη προκύπτουν από τη σκίαση που τα δέντρα παρέχουν στα κτίρια και τις ελεύθερες επιφάνειες. Εμποδίζουν έτσι την άμεση ηλιακή ακτινοβολία και προστατεύουν τα κτιριακά κελύφη από την αύξηση της θερμοκρασίας σε επίπεδα πάνω από τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος (Papadakis et al., 2001). Τα έμμεσα οφέλη σχετίζονται με τη μείωση της θερμοκρασίας του αέρα λόγω της εξατμισοδιαπνοής, ως λανθάνουσα θερμότητα. Όπως υποστηρίζει ο Ευθυμιόπουλος (2005) τα δέντρα προσφέρουν καλύτερη ηλιοπροστασία και συμβάλουν περισσότερο στη μείωση των ψυκτικών φορτίων απ' ό,τι άλλα εξωτερικά σκίαστρα, όπως για παράδειγμα, τα στόρια, οι περσίδες των παραθύρων, οι τέντες και οι ανακλαστικές επιφάνειες στα τζάμια. Από μετρήσεις που έχουν γίνει, προκύπτει ότι η σκίαση που παρέχουν τα δέντρα και γενικότερα τα φυτά σε κατάλληλα σημεία, μπορούν να μειώσουν την κατανάλωση των συστημάτων κλιματισμού τη θερινή περίοδο από 15 έως και 30% και σε μερικές περιπτώσεις έως και 50% κάτω από ειδικές συνθήκες.

Οι χώροι πρασίνου και γενικότερα η βλάστηση είναι όροι άμεσα συνδεδεμένοι με τη διαμόρφωση του αστικού μικροκλίματος και την ποιότητα ζωής στα αστικά κέντρα. Τα φυτά συντελούν στη ρύθμιση της θερμοκρασίας και της υγρασίας, στην προστασία από την ηλιακή ακτινοβολία και τους ανέμους και συμβάλουν στην βελτιστοποίηση της ποιότητας της ατμόσφαιρας. Μέσω των βασικών φυσιολογικών λειτουργιών τους (αναπνοή, εξάτμιση, διαπνοή, φωτοσυνθετική ικανότητα) τα φυτά απορροφούν το μεγαλύτερο μέρος της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας, μειώνουν τη θερμοκρασία του αστικού κλίματος και συμβάλουν στην εξισορρόπηση της, περιορίζοντας τις έντονες ημερήσιες και ετήσιες μεταβολές της, ενώ παράλληλα έχουν και τη δυνατότητα να συμβάλουν στη ρύθμιση της ατμοσφαιρικής υγρασίας. Ακόμα επιδρούν θετικά στην ποιότητα του αέρα, κατακρατώντας τη σκόνη και τα διάφορα αιωρούμενα σωματίδια, ελαττώνοντας την ταχύτητα των ανέμων και παρέχοντας ηχοπροστασία μέσω της απορρόφησης, της ανάκλασης και διάχυσης του ήχου (Papafotiou et al., 2004). Τέλος, η ύπαρξη βλάστησης είναι αρκετά σημαντική από αισθητικής άποψης αλλά και λόγω της συνεισφοράς της στην εξασφάλιση της ψυχικής υγείας και ευεξίας των κατοίκων των μεγάλων αστικών κέντρων (Duhl, 2002), που βιώνουν έντονους ρυθμούς ζωής σε ένα απρόσωπο και άχρωμο περιβάλλον. Συμπερασματικά, η ύπαρξη βλάστησης συντελεί στην αποφυγή ακραίων κλιματολογικών συνθηκών και συντελεί στην αναβάθμιση της ποιότητας ζωής στα αστικά κέντρα.

Κατανοώντας την προσφορά της βλάστησης στο αστικό περιβάλλον, γίνεται σαφές πως η εγκατάσταση πρασίνου τόσο μέσα στον ευρύτερο αστικό ιστό, όσο και στη δομή των ίδιων των

κτιρίων αποτελεί βασική προϋπόθεση της βιωσιμότητας των πόλεων και της άμβλυνσης, αν όχι εξάλειψης, των περιβαλλοντικών προβλημάτων που υφίστανται ή δύναται να εμφανιστούν στο μέλλον (Κοτσίρης, 2012α).



Εικόνα 2. Πυκνοδομημένες συνοικίες της Πάτρας

Λειτουργίες του αστικού και περιαστικού πρασίνου

- Είναι πολύ σημαντικό να διατηρούμε και να βελτιώνουμε ένα αστικό περιβάλλον, το οποίο μας παρέχει καλή ποιότητα ζωής και ειδικά σε πυκνά δομημένες πόλεις
- Οι αστικοί και περιαστικοί πράσινοι χώροι, εκτός από τα σημαντικά οικολογικά οφέλη, προσφέρουν επίσης, σημαντικά οικονομικά και κοινωνικά οφέλη
- Η κυκλοφορία και η στάθμευση είναι ο μεγαλύτερος καταναλωτής αστικής έκτασης (Παππάς Β., 2006).

Ευκολότερη λύση είναι η συντήρηση του υφιστάμενου πρασίνου, η ένταση πυκνότητας φυτεύσεων στους υφιστάμενους κοινόχρηστους χώρους και ο βιοκλιματικός σχεδιασμός των ανοικτών χώρων.

1.3 Το μικροκλίμα

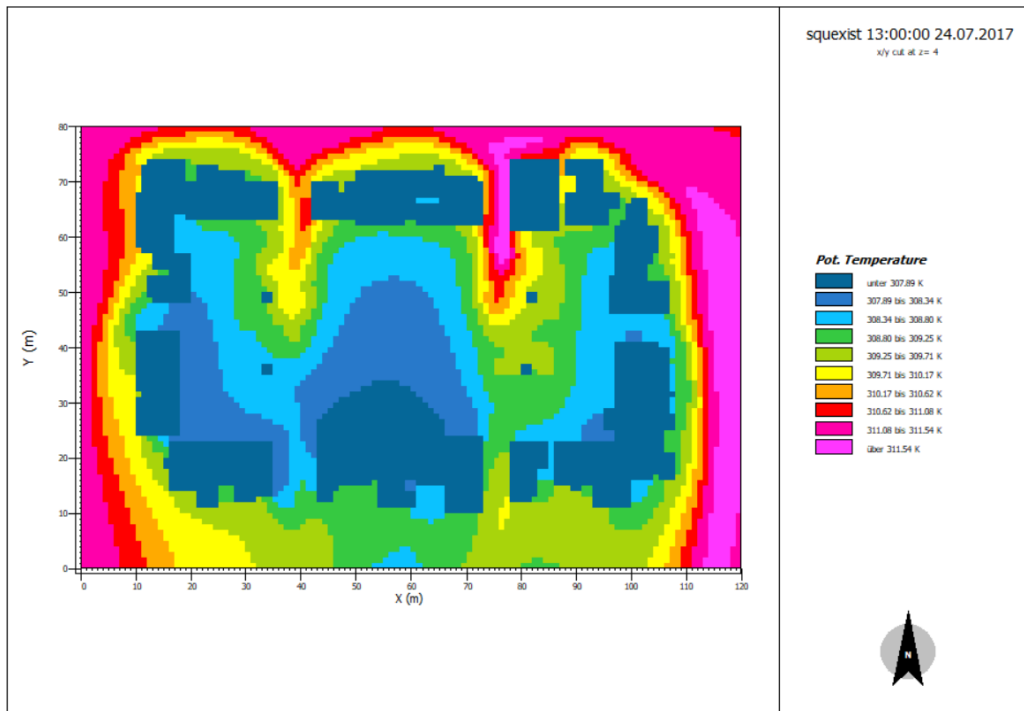
Ο όρος αστικό μικροκλίμα αναφέρεται στις τοπικές κλιματολογικές συνθήκες που επικρατούν σε ένα αστικό χώρο, οι οποίες μπορούν να παρουσιάζουν σημαντικές διαφοροποιήσεις σε σχέση με τις επικρατούσες κλιματολογικές συνθήκες στην ευρύτερη περιοχή.

Μικροκλίμα επίσης είναι το χαρακτηριστικό κλίμα μιας περιοχής περιορισμένης κλίμακας, όπως για παράδειγμα, το κλίμα μιας πλατείας, μιας γειτονιάς, μιας οδού κτλ.

Το μικρόκλιμα είναι το κλίμα μιας ειδικά μικρής περιοχής και είναι διαφορετικό και πιο ειδικό από το γενικότερο κλίμα μιας περιοχής.

Οι κλιματικές συνθήκες που επικρατούν εντός του αστικού ιστού, στην πλειονότητα των περιπτώσεων, διαφέρουν από τις αντίστοιχες στα όρια του και εκτός αυτού. Διαφορετικές συνθήκες, όμως, επικρατούν και εντός του ίδιου του αστικού ιστού σε διαφορετικά σημεία του τα οποία μάλιστα, μπορεί να απέχουν μόλις μερικές δεκάδες μέτρα μεταξύ τους, όπως για παράδειγμα μια οδός με έντονη κυκλοφορία οχημάτων και ένα διπλανό αστικό πάρκο, με το τελευταίο να αποτελεί μια όαση, ιδιαίτερα κατά τους θερμούς θερινούς μήνες, σε πόλεις με μεσογειακό κλίμα όπως είναι η Πάτρα. Επίσης το ίδιο μπορεί να παρατηρηθεί σε δύο γειτονικές οδούς μιας αστικής περιοχής. Η έντονη διαφοροποίηση της ροής του ανέμου, τόσο ποιοτικά και ποσοτικά, ακόμη και όταν η μέση γενική ταχύτητα και κατεύθυνση του ανέμου σε συγκεκριμένη χρονική στιγμή θεωρείται προσδιορισμένη και ενιαία για όλη την περιοχή. Τόσο μάλιστα ώστε ενώ αισθανόμαστε στη μια περιοχή ενόχληση από έντονη ροή και στροβιλισμούς του αέρα σε κοντινή απόσταση είναι πιθανόν να βιώσουμε συνθήκες που πλησιάζουν την άπνοια. Ανάλογες διαφορές παρατηρούνται και ως προς την ποικιλότητα της διαθεσιμότητας του ηλιασμού σε κτήρια και ελεύθερους χώρους, αλλά και στα ποσοστά συγκέντρωσης υγρασίας, σκόνης και ρύπων σε διαφορετικές κοντινές περιοχές εντός του αστικού χώρου συνθέτοντας μια μεταβαλλόμενη και πολύπλοκη εικόνα περιβαλλοντικών συνθηκών. Υπάρχει δηλαδή, μια σημαντική απόκλιση ανάμεσα στα δεδομένα από τις μετρήσεις σε απομακρυσμένους μετεωρολογικούς σταθμούς και τις κλιματικές συνθήκες που επικρατούν στους διάφορους ανοιχτούς χώρους εντός της πόλης, ως αποτέλεσμα της ανθρώπινης δραστηριότητας, του σχεδιασμού και του τρόπου δόμησης. Η διαφοροποίηση αυτή των κλιματικών συνθηκών εντός των πόλεων αλλά και ανάμεσα σε διαφορετικά σημεία τους, συνιστά την ύπαρξη ενός

διαφορετικού μικροκλίματος που επικρατεί σε καθένα από αυτά. Τα κύρια στοιχεία που συνθέτουν το μικροκλίμα μιας περιοχής είναι η διαθέσιμη ηλιακή ακτινοβολία, η θερμοκρασία του αέρα (Εικόνα 3) και των επιφανειών, η υγρασία και οι συνθήκες ροής του ανέμου.



Εικόνα 3

Στην εικόνα 3 παρατηρούμαι τις διαφορές θερμοκρασιών αέρα σε ανοικτό χώρο.

1.4. Μικροκλίμα και περιβαλλοντικός σχεδιασμός

Οι μικροκλιματικές συνθήκες, γύρω από τα κτίρια, στους δρόμους και στους ελεύθερους χώρους βρίσκονται σε άμεση συνάρτηση με την άνεση των κατοίκων μιας αστικής περιοχής και των ατόμων που δραστηριοποιούνται σε αυτήν. Αυτές, σε μεγάλο βαθμό, μπορούν να ελεγχθούν και να τροποποιηθούν με κατάλληλο σχεδιασμό, δηλαδή η θερμοκρασία του αέρα και των επιφανειών, η ταχύτητα και η κατεύθυνση του ανέμου γύρω από τα κτίρια, στους δρόμους και στους ανοιχτούς χώρους, ο ηλιασμός των κτιρίων και των υπαίθριων χώρων, η υγρασία και η συγκέντρωση σκόνης και ρύπων κοντά στο έδαφος, μπορούν να τροποποιηθούν ευνοϊκά με

σωστές επιλογές κατά τον αρχικό σχεδιασμό των διαφόρων αστικών χώρων ή με σωστές παρεμβάσεις σε ήδη υπάρχοντες χώρους, με ανασχεδιασμό και αναπλάσεις. Ο σχεδιασμός και οι παρεμβάσεις αφορούν σε μια σειρά από ζητήματα όπως:

- Η επιλογή ευνοϊκής τοποθεσίας με κατάλληλη τοπογραφική διαμόρφωση για τη ανάπτυξη της περιοχής.
- Η ρύθμιση της πυκνότητας δόμησης.
- Τα κατάλληλα μεγέθη και η χωροθέτηση των κτιρίων και των υπαίθριων χώρων.
- Ο προσανατολισμός και το μέγεθος των οδών.
- Ο σχεδιασμός και η διάρθρωση των χώρων πρασίνου.

Κλιματολογικοί παράγοντες που πρέπει να λαμβάνουμε κατά το σχεδιασμό

- Η ηλιακή ακτινοβολία

(Ηλιακή ενέργεια χαρακτηρίζεται το σύνολο των διαφόρων μορφών ενέργειας που προέρχονται από τον Ήλιο. Τέτοιες είναι το φως ή φωτεινή ενέργεια, η θερμότητα καθώς και διάφορες ακτινοβολίες ή ενέργεια ακτινοβολίας.

Η ηλιακή ενέργεια στο σύνολό της είναι πρακτικά ανεξάντλητη, αφού προέρχεται από τον ήλιο, και ως εκ τούτου δεν υπάρχουν περιορισμοί χώρου και χρόνου για την εκμετάλλευσή της.)

- Η θερμοκρασία του αέρα
- Η θερμοκρασία του εδάφους
- Ο άνεμος (ταχύτητα και διεύθυνση)
- Υγρασία (σχετική υγρασία)

1.4.1. Ο Βιοκλιματικός σχεδιασμός Ανοικτών χώρων

Ο βιοκλιματικός σχεδιασμός σε πολεοδομικό επίπεδο, προτείνει το σχεδιασμό ή την ανάπλαση υποβαθμισμένων οικιστικών περιοχών με μια εναλλακτική προσέγγιση, της οποίας θεμελιώδης αρχή είναι αυτή που αξιοποιεί τα πλεονεκτήματα των φυσικών μηχανισμών θέρμανσης, ψύξης και φωτισμού, έτσι ώστε να βελτιώνονται οι τοπικές κλιματικές συνθήκες. (Ανδρεαδάκη, 2006).

Στόχος του βιοκλιματικού σχεδιασμού των υπαίθριων χώρων αποτελεί η ανάπλαση των υπαρχουσών δομών, ώστε να αξιοποιούνται οι φυσικοί μηχανισμοί της θέρμανσης, του αερισμού, του ηλιασμού, του δροσισμού και του φωτισμού. Η αξιοποίηση των δομών αυτών, μπορεί να περιορήσει, αλλά και να αντιστρέψει τις αρνητικές επιπτώσεις των μικροκλιματικών συνθηκών μιας περιοχής και να αναβαθμίσει ποιοτικά τόσο το περιβάλλον όσο και τις συνθήκες διαβίωσης των κατοίκων της πόλης.

Ο βιοκλιματικός σχεδιασμός, αποτελεί μια ολιστική στρατηγική προσέγγιση που ως στόχο έχει να ισορροπήσει τα ιδιαίτερα φυσικά χαρακτηριστικά μιας περιοχής όπως το κλίμα, το ανάγλυφο και την τοπογραφία με το δομημένο περιβάλλον, ώστε να αναβαθμιστεί η εικόνα του αστικού τοπίου και να βελτιωθεί η διαβίωση σε αυτό. Ο βιοκλιματικός σχεδιασμός αλλά και η εκτέλεση του έργου, αφενός λαμβάνουν υπόψη τις ανθρώπινες ανάγκες και αφετέρου εξασφαλίζουν τη σωστή διαχείριση των φυσικών στοιχείων. (Ποντικάκη, 2011).

Σε επίπεδο σχεδιασμού, οι βασικές αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού αξιοποιούν τους φυσικούς μηχανισμούς α) του ηλιασμού, β) της ηλιοπροστασίας, γ) του αερισμού, δ) της ανεμοπροστασίας, ε) του δροσισμού, και ζ) του φωτισμού.

Οι φυσικοί μηχανισμοί του ηλιασμού και του αερισμού διαφέρουν από εποχή σε εποχή και από περιοχή σε περιοχή. Κατά τη διάρκεια του χειμώνα υπάρχει η ανάγκη για ηλιασμό ενός χώρου και ταυτόχρονα η ανάγκη ο χώρος αυτός να προστατευτεί από τους ανέμους. Αντίθετα το καλοκαίρι, κρίνεται απαραίτητη η ηλιοπροστασία του χώρου αυτού και ο δροσισμός του με φυσικούς τρόπους.

Συνεπώς ο βιοκλιματικός σχεδιασμός δεν αποτελεί μια στατική μελέτη καθώς διερευνά και αξιοποιεί με διαφορετικό τρόπο τους φυσικούς μηχανισμούς, κατά την διάρκεια του έτους. Οι δύο βασικοί περιβαλλοντικοί παράγοντες που διαμορφώνουν το χαρακτήρα του αστικού μικροκλίματος είναι η ηλιακή ακτινοβολία, δηλαδή η διαθεσιμότητα ηλιασμού του συνόλου του δομημένου περιβάλλοντος και των υπαίθριων χώρων και η ροή του ανέμου στο εσωτερικό της πόλης (Χρονόπουλος, 2011). Η επίδραση των δύο αυτών παραγόντων διαφοροποιείται σε ετήσια βάση και επιδέχεται την ανάλογη αξιοποίηση τους.

Ειδικότερα, κάθε περιβαλλοντική παράμετρος αναλύεται στη συνέχεια.

1.4.2. Ηλιασμός και ηλιοπροστασία

Ηλιασμός ενός υπαίθριου χώρου, ονομάζεται η επιλεκτική έκθεση του στην ηλιακή ακτινοβολία, ενώ ηλιοπροστασία, ονομάζεται η επιλεκτική προστασία του χώρου αυτού από τις ακτίνες του ήλιου.

Η ηλιακή έκθεση ενός υπαίθριου χώρου, είναι άμεσα σχετική με το προσανατολισμό του χώρου, το γεωγραφικό πλάτος του, το κλίμα της περιοχής την εποχή και τα υπάρχοντα γύρω κτίρια.

Η τροχία του ήλιου, το ύψος του και η θέση του, δεν είναι σταθερή καθόλη την διάρκεια του έτους. Η ηλιακή ακτινοβολία που δέχεται μια επιφάνεια διαφέρει από ένα γεωγραφικό τόπο σε άλλο, από εποχή σε εποχή και από ώρα σε ώρα. Άλλη ακτινοβολία δέχεται μια επιφάνεια στις 9:00 το πρωί και άλλη στις 12:00 το μεσημέρι. Επίσης, άλλη ακτινοβολία δέχεται μια επιφάνεια τους καλοκαιρινούς μήνες κάποιου έτους και άλλη τους χειμερινούς μήνες του ίδιου έτους. Ταυτόχρονα, η επιθυμία για αποδοχή ή μη της ηλιακής ακτινοβολίας, είναι διαφορετική από εποχή σε εποχή. Ο ηλιασμός μιας επιφάνειας κατά την διάρκεια του χειμώνα είναι αναγκαίος και επιθυμητός καθώς συμβάλλει στη φυσική θέρμανση ενός χώρου, ενώ αντίθετα κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, επιθυμητή είναι η ηλιοπροστασία του χώρου αυτού.

Η μελέτη του ηλιασμού και της ηλιοπροστασίας γίνεται με τη βοήθεια της ηλιακής γεωμετρίας. Η ηλιακή γεωμετρία περιγράφει τη σχετική κίνηση της γης και του ήλιου διαμέσω των ηλιακών χαρτών, βοηθά στον υπολογισμό της γωνίας πρόπτωσης της ηλιακής ακτινοβολίας σε μια επιφάνεια, οποιαδήποτε στιγμή του έτους, εφόσον είναι γνωστά η γεωγραφική θέση της επιφάνειας, ο προσανατολισμός της και η κλίση της ως προς το οριζόντιο επίπεδο. Ανάλογα με τη γεωμετρία μιας επιφάνειας, τον προσανατολισμό της και τα δομικά υλικά από τα οποία είναι κατασκευασμένα, η ηλιακή ακτινοβολία μπορεί να έχει πολύ σημαντική επίδραση στη μείωση των θερμικών φορτίων το χειμώνα, αλλά και στην διαμόρφωση των φορτίων αιχμής κατά την ψύξη το καλοκαίρι.

Στις βόρειες χώρες, όπου ο ήλιος σκεπάζεται από σύννεφα κατά την μεγαλύτερη διάρκεια του έτους, η έκθεση των υπαίθριων χώρων στην ηλιακή ακτινοβολία, είναι αναγκαία. Αντίθετα, σε περιοχές που βρίσκονται κοντά στον Ισημερινό και έχουν υψηλές θερμοκρασίες, η σταθερή προστασία ενός ανοιχτού χώρου από τις βλαβερές ακτίνες του ήλιου, είναι επιτακτική. Στην Ελλάδα, στόχος των μελετητών αποτελεί η επιλεκτική έκθεση του ανοιχτού χώρου στις ακτίνες του ήλιου κατά την διάρκεια του χειμώνα και η προστασία του κατά την διάρκεια του καλοκαιριού. Για την πραγμάτωση αυτού του στόχου, ο μελετητής αποφασίζει για το πώς θα προσανατολίσει τον υπαίθριο χώρο, ώστε το χειμώνα να δέχεται την ευεργετική επίδραση των ηλιακών ακτινών ενώ το καλοκαίρι να προστατεύεται από αυτές, διαμέσω φυτεύσεων η διαμέσω στεγάστρων σκίασης.

Αν υπάρχουν οι κατάλληλες συνθήκες ηλιασμού, η θερμική άνεση επιτυγχάνεται ακόμα και σε θερμοκρασίες εξωτερικού αέρα κάτω από 10C, δηλαδή ακόμα και σε χειμερινές συνθήκες στην Ελλάδα. (Γιαννάς, 2004)

1.4.3. Αερισμός και Ανεμοπροστασία

Το κλίμα μιας περιοχής, σε συνδιασμό με την κατεύθυνση των επικρατούντων ανέμων και τη γεωμετρία των υπάρχοντων κτιριακών δομών, συντελούν στην ανάγκη για συνθήκες φυσικού δροσισμού κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού ή στην ανάγκη ανεμοπροστασίας κατά την διάρκεια του χειμώνα.

Τα κτίρια του αστικού ιστού λειτουργούν ως εμπόδια στους επικρατούντες ανέμους της περιοχής. Τα ψηλά κτίρια και τη διοχέτευση του αέρα μέσα από τα στενά φαράγγια των δρόμων, προκαλούν πολύπλοκες κινήσεις με δίνες και στροβίλους, δημιουργώντας μια σειρά από προβλήματα για τους γύρω χώρους, τα κτίρια και τους διαβάτες. Αντίθετα στη δόμηση εν σειρά, η ευθυγράμμιση των δρόμων με την κατεύθυνση του ανέμου, επιτυγχάνει τον αποτελεσματικότερο αερισμό. (Γιαννάς, 2004).

Στις ψυχρές περιοχές, με αραιή δόμηση, η ανεμοπροστασία των υπαίθριων χώρων είναι αναγκαία. Η προστασία αυτή, επιτυγχάνεται με την φύτευση αειθαλών δέντρων, ή με ενεμοφράκτη για την εκτροπή του αέρα. Αντίθετα στις περιοχές με υψηλές θερμοκρασίες και ιδιαίτερα κατά την διάρκεια του καλοκαιριού, η ροή του ανέμου είναι επιθυμητή για λόγους δροσισμού. Εν προκειμένου, διαμέσω της φύτευσης επιδιώκεται η διάχυση του αέρα.

1.4.4.Φυσικός δροσισμός

Ο φυσικός δροσισμός ενός υπαίθριου χώρου επιτυγχάνεται διαμέσω

A) του αερισμού, όπως αναφέρεται παραπάνω.

B) του φαινομένου της εξάτμισης του νερού ή της εξατμισοδιαπνοής (της βλάστησης) και

Γ) της ακτινοβολίας προς τον νυχτερινό ουρανό.

Ο φυσικός δροσισμός μέσω αερισμού εξαρτάται από τον προσανατολισμό του χώρου, από τον προσανατολισμό των ανέμων που πνέουν στην περιοχή και από τα εμπόδια που ο αέρας συναντά στο πέρασμα του (κτίρια, δέντρα, ανεμοφράκτες). Ο φυσικός δροσισμός με εξάτμιση επιτυγχάνεται, καθώς η μετάβαση του νερού από την υγρή στην αέρια φάση, μειώνει την θερμοκρασία του αέρα και αυξάνει την περιεκτικότητα του σε υγρασία. Σε μια υπαίθρια περιοχή αυτό επιτυγχάνεται: α) διαμέσω της φύτευσης, καθώς τα δέντρα διαπνέουν δημαντικές ποσότητες νερού με αποτέλεσμα να μειώνουν τη θερμοκρασία του αέρα που τα περιβάλλει, αυξάνοντας αντίστοιχα την σχετική υγρασία και β) με την χρήση φυσικών ή τεχνητών στοιχείων νερού (φυσική ή τεχνητή λίμνη, σιντριβάνι, πίδακες κ.λ.π)

Ο δροσισμός με ακτινοβολία, επιτυγχάνεται όταν επιφάνειες χωρίς κάποιο σκέπαστρο,εκπέμπουν την θερμότητα τους απευθείας στο ψυχρό νυχτερινό ουρανό, ενώ

ταυτόχρονα ψύχονται από τις ψυχρότερες επιφάνειες και τα ρεύματα αέρα. Τα αντικείμενα, ακτινοβολούν ενέργεια προς τα πάνω. Ως αποτέλεσμα, μια σημαντική και μονοσήμαντη ροή ακτινοβολίας, εκπέμπεται από τις επιφάνειες που κοιτούν τον ουρανό, με σημαντικά ψυκτικά αποτελέσματα για αυτές. Προυπόθεση για να συμβεί αυτό αποτελεί το να μην παρεμβάλλεται κάποιο άλλο σώμα μεταξύ της επιφάνειας που εκπέμπει και του ουρανού, καθώς ακόμα και τα σύννεφα, μειώνουν την αποτελεσματικότητα του φαινομένου. (Γ. Μήτσος, 2012)

1.4.5.Φυσικός φωτισμός

Το φως είναι απαραίτητο στην ανθρώπινη ψυχοσωματική ισορροπία καθώς ρυθμίζει τη διάθεση και επιδρά στην ποιότητα της ζωής. Ο φωτισμός ενός υπαίθριου χώρου, κατά τη διάρκεια της ημέρας εξαρτάται από τη διαθεσιμότητα ηλιακής ακτινοβολίας, τη νέφωση, κ.λ.π, ενώ κατά τη διάρκεια της νύχτας επιτυγχάνεται διαμέσω κατάλληλων φωτιστικών σωμάτων.

Το φυσικό φως έχει μια δυναμική και μεταβλητότητα, η οποία αλλάζει ανάλογα με τις συνθήκες του ουρανού. Η λαμπρότητα του ουρανού, εξαρτάται από την ποσότητα και το είδος των νεφών, τις εποχές και από άλλους παράγοντες.

Η λαμπρότητα αποτελεί χαρακτηριστικό μέγεθος κάθε φωτοβολούσας επιφάνειας, είτε παράγει η ίδια το φως, είτε το ανακλά και ορίζεται ως ο λόγος της έντασης της φωτεινής πηγής προς την επιφάνεια της.

Δεδομένου ότι η ποσότητα του φυσικού φωτισμού είναι επαρκείς σε κάθε ανοιχτό χώρο, ακόμα και τις γκρίζες συννεφιασμένες ημέρες του χειμώνα, το ζητούμενο είναι η ποιότητα του φυσικού φωτισμού και η αποφυγή της θάμβωσης.

Η εξασφάλιση της οπτικής άνεσης σε ένα ανοιχτό χώρο σχετίζεται με τον έλεγχο της λαμπρότητας των επιφανειών και των αντικειμένων που βρίσκονται στο εύρος της περιφερειακής όρασης του χρήστη σε κάθε σημείο του χώρου και γίνεται κυρίως μέσω του ελέγχου της στιλπνότητας των επιφανειών, αλλά και μέσω της ηλιοπροστασίας ενός χώρου. (Π.Χριστοδούλου, 2012)

1.5. Ο βιοκλιματικός σχεδιασμός στους αστικούς χώρους

Οι αστικοί χώροι οφείλουν να προσελκύουν τη δημόσια ζωή μέσω της ανάπτυξης συστημάτων με μεικτή χρήση. Μέρη που θα προσφέρουν στους χρήστες τους συνθήκες θερμικής άνεσης ανάλογα με την εποχή και ένα κατοικήσιμο δομημένο περιβάλλον είναι απαραίτητα. Ο ανασχεδιασμός πολλών ελεύθερων αστικών χώρων των μεγαλουπόλεων κρίνεται απαραίτητος, πόσο μάλλον για την αντιμετώπιση του μείζονος προβλήματος της Θερμικής Αστικής Νησίδας (ΘΑΝ).

1.5.1. Θερμική Αστική Νησίδα

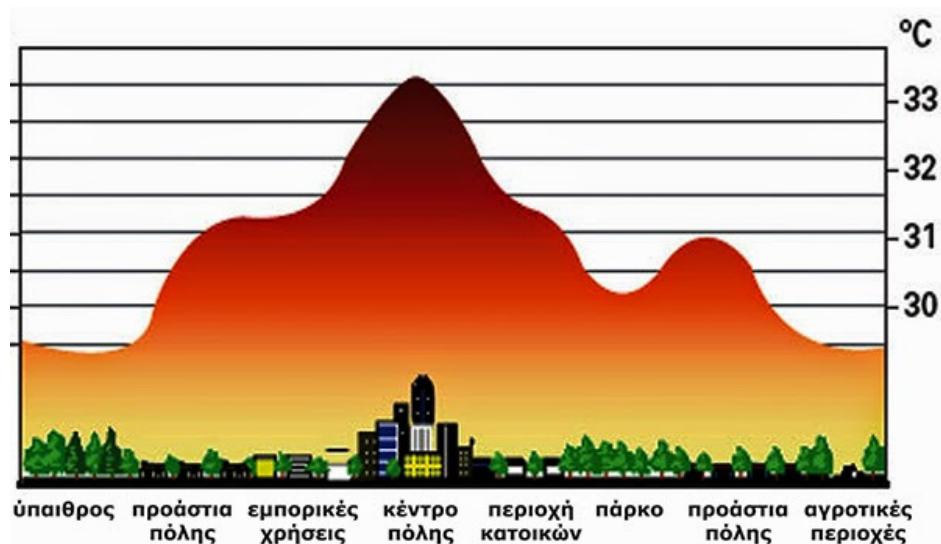
Η θερμική νησίδα είναι το φαινόμενο της αύξησης της θερμοκρασίας του αέρα στο εσωτερικό των πόλεων, σε σχέση με τα περίχωρα, κατά τη διάρκεια μιας ζεστής καλοκαιρινής περιόδου, που οφείλεται στην αλλαγή του κλίματος που προκαλεί η αποθήκευση ηλιακής ενέργειας στις αστικές επιφάνειες, όπως είναι τα κτίρια και οι δρόμοι στη διάρκεια της ημέρας (Εικόνα 4).

Στη διαμόρφωση της αστικής νησίδας συμβάλλουν τα σκούρα και θερμά υλικά αστικών επιφανειών που έχουν χαμηλή ανακλαστικότητα (albedo), που παρακρατούν τη θερμότητα την ημέρα και την αποδίδουν τη νύχτα, εμποδίζοντας τη φυσική ψύχρανση της ατμόσφαιρας. Συντελούν επίσης οι πρόσθετες ανθρωπογενείς πηγές ενέργειας, που προέρχονται από τις μεταφορές, τη βιομηχανία και τον κλιματισμό των κτιρίων, καθώς και το ύψος και η διάταξη των κτιρίων, γύρω από στενούς δρόμους που εμποδίζουν τη διαφυγή της ηλιακής ενέργειας και την κυκλοφορία του αέρα.

Ένα κορυφαίο πρόβλημα που είναι χαρακτηριστικό των ελληνικών πόλεων είναι η απουσία πρασίνου στους δημόσιους χώρους, που μειώνει σημαντικά τη θερμοκρασία του αέρα τη νύχτα, μέσω της διαδικασίας της διαπνοής. Τα φυτά απορροφούν την ημέρα μεγάλο μέρος της ηλιακής ενέργειας και αντλούν νερό από τη γη, το οποίο αποδίδουν τη νύχτα από τα φύλλα στην ατμόσφαιρα ως υγρασία με αποτέλεσμα να συμβάλουν στη μείωση της έντασης της θερμικής νησίδας μειώνοντας την ποσότητα της ηλιακής ενέργειας που αποθηκεύουν και ψυχραίνοντας την ατμόσφαιρα τη νύχτα με την υγρασία που αποδίδουν.

Οι επιπτώσεις της θερμικής νησίδας επικεντρώνονται κυρίως στην υποβάθμιση της ποιότητας ζωής των κατοίκων των πόλεων και στις επιδράσεις πάνω στην υγεία τους. Είναι γνωστή η συνέργια των υψηλών θερμοκρασιών το καλοκαίρι πάνω στη θνησιμότητα και τη νοσηρότητα

ηλικιωμένων κυρίως ατόμων. Έτσι με την αύξηση των θερμοκρασιών την ημέρα και τη διατήρηση της τη νύχτα, η θερμική νησίδα γίνεται πρόσθετος παράγοντας επικινδυνότητας. Παράλληλα η εντατική χρήση κλιματιστικών, πέρα από την αύξηση της θερμοκρασίας του αέρα, και πέρα από τη σπατάλη ενέργειας που προκαλεί, συμβάλλει και στη ρύπανση της ατμόσφαιρας.



Εικόνα 4.

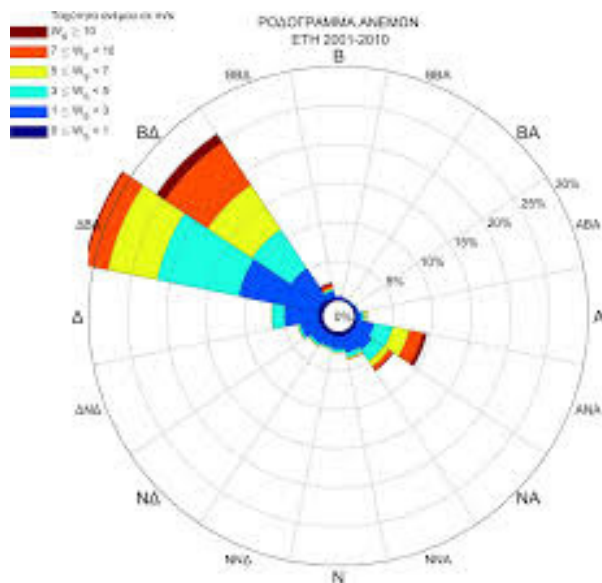
Στην εικόνα 1.2 παρατηρούνται οι αυξημένες θερμοκρασίες στο κέντρο της πόλης οι οποίες καθώς απομακρύνομαστε από το κέντρο της τήνουν να μειώνονται αισθητά. Στο κέντρο της πόλης οι θερμοκρασίες ξεπερνούν τους 33⁰C σε αντίθεση με την ύπαιθρο και τις αγροτικές περιοχές όπου η θερμοκρασία δεν ξεπερνά τους 29⁰C.

1.5.2. Άνεμος

Ο αέρας αποτελεί πρωταρχικό στοιχείο ρύθμισης της θερμικής άνεσης, τόσο στον ανοικτό δημόσιο χώρο όσο και στα κτίρια. Οι δροσεροί άνεμοι αποτελούν ευνοϊκό στοιχείο, το οποίο ο αστικός σχεδιασμός πρέπει να εκμεταλλεύεται, ώστε κατά τους θερινούς μήνες να διέρχονται μέσα από χώρους στάσης και κίνησης των πεζών και να διευκολύνεται η είσοδος τους στα κτίρια γύρω από την περιοχή παρέμβασης. Αντίθετα, η προφύλαξη των δημόσιων χώρων και των κτιρίων από τους ψυχρούς ανέμους κατά τη διάρκεια του χειμώνα προσδίδει άνεση και

εξασφαλίζει μειωμένη κατανάλωση ενέργειας. Σε επίπεδο πόλης, μια ορισμένη στάθμη ανέμου μπορεί να χαρακτηριστεί ως επιθυμητή ή ως ανεπιθύμητη, ανάλογα με τις κλιματικές συνθήκες που επικρατούν στην ευρύτερη περιοχή. Για παράδειγμα, σε ψυχρά κλίματα ο άνεμος σχεδόν πάντα θα μειώσει τις εξωτερικές συνθήκες άνεσης, ενώ το αντίθετο ισχύει για θερμά κλίματα. Σε επίπεδο όμως ενός συγκεκριμένου υπαίθριου χώρου, ο ίδιος και η χρήση για την οποία προορίζεται καθορίζουν τις επιθυμητές συνθήκες, όπως επίσης ο χρόνος παραμονής σε αυτόν και, ενδεχομένως, η εποχή κατά την οποία χρησιμοποιείται περισσότερο. Ένα πάρκο ή ένας χώρος ξεκούρασης και κοινωνικών συναναστροφών αποτελούν παραδείγματα ανοιχτών χώρων όπου οι χρήστες παραμένουν αρκετό χρονικό διάστημα θέτοντας, έτσι, μεγαλύτερες απαιτήσεις ως προς τις περιβαλλοντικές συνθήκες που επικρατούν και κατ' επέκταση ως προς την ένταση του ανέμου. Υπάρχουν αρκετές ακόμη παράμετροι που θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη όταν αξιολογούνται συνθήκες ανέμου σε ένα ανοιχτό αστικό χώρο. Θα πρέπει να εξετάζονται το σχήμα του χώρου και τα χαρακτηριστικά της γύρω περιοχής, να είναι γνωστό εάν αναμένονται υψηλές ταχύτητες ανέμου σε αυτήν, εάν ο χώρος είναι προστατευμένος από τον άνεμο ή βρίσκεται σε μια ανοιχτή περιοχή και εάν τα γύρω κτίρια, εφόσον υπάρχουν, μπορούν να επηρεάσουν τη ροή του.

Τα τοπικά ανεμολογικά στοιχεία είναι σημαντικά για την αξιολόγηση των συνθηκών ανέμου. Τα πιο σημαντικά είναι η ταχύτητα και η διεύθυνση την περίοδο κατά την οποία ο χώρος χρησιμοποιείται. Αν χρησιμοποιείται όλο το χρόνο, πρέπει να συλλεχθούν στοιχεία για όλες τις εποχές και για κάθε μήνα, εάν υπάρχουν διακριτές διαφορές μεταξύ των μηνών της ίδιας εποχής. Τα στοιχεία συνήθως μετρώνται στα 10 μέτρα πάνω από το έδαφος, σε μετεωρολογικούς σταθμούς εγκατεστημένους σε εξοχικές περιοχές. Τα ανεμολογικά χαρακτηριστικά μπορούν να συλλεχθούν από ένα ανεμολογικό άτλαντα, δηλαδή ένα βιβλίο καταγραφής με ροδογράμματα ανέμου για διάφορες περιοχές της χώρας, που συχνά υπάρχει στα εθνικά μετεωρολογικά ινστιτούτα. Το ροδόγραμμα ανέμου (εικόνα 5) είναι μια γραφική απεικόνιση των τοπικών ταχυτήτων και διευθύνσεων του ανέμου για μία συγκεκριμένη τοποθεσία, οι οποίες βασίζονται σε μετρήσεις μιας μακράς χρονικής περιόδου.



Εικόνα 5. ροδόγραμμα ανέμων

Σημειώνεται ότι η ταχύτητα του ανέμου που μετρείται σε ένα μετεωρολογικό σταθμό σε ύψος 10m σε μία ανοιχτή επίπεδη περιοχή, είναι διαφορετική από αυτήν εντός μίας αστικής ή μίας ημιαστικής περιοχής. Η τιμή της μπορεί να αναχθεί στην αντίστοιχη εντός της αστικής περιοχής για δεδομένο ύψος H , πάνω όμως από τις οροφές των κτιρίων. Αυτό δεν μπορεί να γίνει στη ζώνη των πεζών και γενικότερα σε θέσεις όπου τοπικά εμπόδια όπως κτίρια, κυριαρχούν στο περιβάλλον του ανέμου. Για αυτές τις περιπτώσεις απαιτούνται δοκιμές σε αεροσήραγγα ή εξελιγμένοι υπολογισμοί ρευστοδυναμικής (Computational Fluid Dynamics-C.F.D.), οι οποίοι χρησιμοποιούν αριθμητικές μεθόδους. Μία εναλλακτική λύση είναι η χρήση διαγραμμάτων, όμως δεν συνίσταται η αναγωγή αποτελεσμάτων από μία γενική μελέτη ή από μία συγκεκριμένη περίπτωση σε άλλο χώρο σε συνθήκες πραγματικού σχεδιασμού διότι η ροή του ανέμου είναι εξαιρετικά πολύπλοκη και μικρές αλλαγές μπορούν να διαφοροποιήσουν δραματικά το μοτίβο του ανέμου στο χώρο.

1.5.3. Αστική χαράδρα

Ένα άλλο φαινόμενο που συνδέεται άμεσα με την αστική δομή είναι αυτό της αστικής χαράδρας. Το φαινόμενο αυτό σχετίζεται με την κυκλοφορία του ανέμου και τη μεταβολή της στρωμάτωσης των θερμοκρασιών στις φυσικές χαράδρες μιας πόλης, οι οποίες σχηματίζονται από τις κατακόρυφες όψεις που περιβάλλουν ένα δρόμο. Η κατανομή της θερμοκρασίας σε έναν αστικό δρόμο εξαρτάται από τη θερμότητα που απορροφάται και εκπέμπεται από τις επιφάνειες

του δρόμου και των κτιρίων και κατ' επέκταση από τις θερμικές ιδιότητες των υλικών (συντελεστής απορρόφησης και συντελεστής εκπομπής)

Όσον αφορά τη ροή του αέρα σε ένα δρόμο, γνωρίζουμε ότι εξαρτάται από τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του δρόμου, δηλαδή το μέσο ύψος των κτιρίων, το πλάτος και το μήκος του, καθώς και από τον προσανατολισμό του. Η πυκνή δόμηση σε μεγάλες εκτάσεις μειώνει την ταχύτητα του ανέμου, όπως επίσης εκτρέπει τη ροή του, με αποτελέσματα που γίνονται εμφανή με τη συγκέντρωση ρύπων για μεγάλα χρονικά διαστήματα, με εμφανείς υπερθερμάνσεις τη θερινή περίοδο στα κέντρα των πόλεων που δεν εκμεταλλεύονται την ευνοϊκή επίδραση των ανέμων, καθώς και με τη δημιουργία τοπικών ανέμων σε επίπεδο οδών με απρόβλεπτη συνήθως ένταση. Συχνά η διεύθυνση του ανέμου που πνέει σε μια πόλη σχηματίζει γωνία ως προς τον άξονα του δρόμου με αποτέλεσμα την ελικοειδή κίνηση κατά πλάτος και κατά μήκος του. Η αυξημένη ταχύτητα του ανέμου και το φαινόμενο του στροβιλισμού που παρατηρείται σε στενούς αστικούς δρόμους με ψηλά κτίρια, αφενός δημιουργεί δυσάρεστη αίσθηση στον πεζό, αφετέρου δεν επιτρέπει τον καλό φυσικό αερισμό των κτιρίων.

Από τα παραπάνω εύκολα συμπεραίνει κανείς ότι ο κάθε χώρος θα πρέπει να αντιμετωπίζεται ως ειδική περίπτωση. Για το λόγο αυτό είναι δύσκολο να δοθούν αναλυτικές οδηγίες για το σχεδιασμό ανοιχτών αστικών χώρων. Είναι όμως δυνατόν να δοθούν γενικές οδηγίες σχετικά με θέματα τα οποία πρέπει να γνωρίζει ο μελετητής. Για παράδειγμα, πρέπει να αποφεύγονται οι ανοιχτοί χώροι παρακείμενοι σε κτίρια αρκετά υψηλότερα από το μέσο ύψος της γύρω περιοχής. Τέτοια κτίρια μπορούν να προκαλέσουν δυσάρεστο και έντονο κατακόρυφο ρεύμα κατά μήκος των όψεων με φορά προς τα κάτω και να οδηγήσουν σε υψηλής ταχύτητας άνεμο γύρω από τις γωνίες του κτιρίου.

Όσο ψηλότερο το κτίριο, τόσο μεγαλύτερη η ταχύτητά του. Το αποτέλεσμα είναι έντονες συνθήκες ροής γύρω από τη βάση και τις γωνίες του κτιρίου, αλλά και οριζοντίως, κατεύθυνση από το κτίριο αντίθετα στην κύρια κατεύθυνση του ανέμου. Ένα μέτρο για την αποφυγή του φαινομένου είναι η χαμηλότερη δόμηση περιμετρικά του ανοιχτού χώρου. Εάν η αντιμετώπιση του δεν είναι ικανοποιητική ή εφικτή, τότε μπορούν να προστεθούν κατασκευαστικά στοιχεία, όπως βεράντες. Τα γωνιακά φαινόμενα είναι δύσκολο να αποφευχθούν, αλλά στη ζώνη των πεζών μπορούν να μετριαστούν με τη χρήση ανεμοφρακτών.

Πρέπει να αποφεύγονται οι ανοιχτοί χώροι σε ανοιχτή σύνδεση με μακρινούς ευθύγραμμους δρόμους. Γραμμικές αστικές δομές, από κτίρια για παράδειγμα, μπορούν να δημιουργήσουν το φαινόμενο του καναλιού (channel effect), όπου ο άνεμος επιταχύνεται και δημιουργεί δυσάρεστες συνθήκες. Το φαινόμενο παρατηρείται σε δρόμους μακρύτερους από 100-125 μέτρα και θα είναι ακόμα εντονότερο εάν οι δρόμοι σχηματίζουν τούνελ (φαινόμενο Venturi).

Περάσματα ανάμεσα ή κάτω από κτίρια που οδηγούν σε ανοιχτούς χώρους, επίσης μπορούν να δημιουργήσουν ένα είδος τούνελ όπου ο αέρας μπορεί να επιταχυνθεί σημαντικά. Το φαινόμενο

αυτό εντείνεται δραματικά όταν συνδυάζεται με ψηλά κτίρια ή μακριούς ευθύγραμμους δρόμους.

Μέτρα προστασίας μπορεί να είναι, για παράδειγμα, η αποφυγή ανοιχτής σύνδεσης μεταξύ του χώρου και του δρόμου, η δημιουργία κοντύτερων δρόμων σε νέες περιοχές, η αποφυγή κατασκευής δρόμων με τον κύριο άξονα κατά την κυρίαρχη διεύθυνση του ανέμου, η διάσπαση της γραμμικότητας του δρόμου με την επισήμανση ότι καμπύλες διατάξεις δεν συνιστώνται καθώς παρουσιάζουν χαμηλή αντίσταση στον άνεμο. Οι διαστάσεις των ανοιχτών αστικών χώρων μπορούν να σχεδιαστούν με τέτοιο τρόπο ώστε ο αέρας να ρέει κυρίως πάνω από το χώρο και όχι μέσα σε αυτόν, δημιουργώντας δυσάρεστες συνθήκες στο επίπεδο των πεζών. Αυτό αποκαλείται φαινόμενο πλέγματος (the mesh effect). Τέλος, σημαντικές παράμετροι είναι η σχέση μεταξύ της επιφάνειας του αστικού χώρου και του ύψους των κτιρίων στα όρια (ή άλλων κατασκευαστών όπως ανεμοφράκτες) και η σχέση του πλάτους των ανοιγμάτων με το μήκος της περιμέτρου του χώρου.

1.5.4. Δείκτης ανακλαστικότητας

Η αύξηση της ανακλαστικότητας (albedo) δομημένων και καλυμμένων με δομικά υλικά επιφανειών του αστικού χώρου μπορεί να μειώσει την απορρόφηση της εισερχόμενης ακτινοβολίας από το σύστημα επιφάνεια-τροπόσφαιρα, συνεισφέροντας στον περιορισμό των παγκόσμιων συγκεντρώσεων αερίων του θερμοκηπίου. Έχει εκτιμηθεί ότι η αύξηση της ανακλαστικότητας των επιστρώσεων στις πόλεις παγκοσμίως, θα μπορούσε να επιτύχει μειώσεις του διοξειδίου του άνθρακα κατά περίπου 20 Gt. Εκτός από αυτά τα οφέλη έχει επιδειχθεί ότι οι μειωμένες επιφανειακές θερμοκρασίες αυξάνουν και τον χρόνο ζωής των υλικών, μειώνοντας και τον όγκο απορριμμάτων λόγω συντήρησης. Τέλος, ανακλαστικές επιστρώσεις σε ανοιχτούς αστικούς χώρους μπορεί να βελτιώσουν τις συνθήκες ορατότητας τη νύχτα, μειώνοντας έτσι και την κατανάλωση και το κόστος της ενέργειας για φωτισμό. Η αύξηση της ανακλαστικότητας των υλικών επίστρωσης στους αστικούς χώρους έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση της θερμοκρασίας επιφάνειας καθώς και την θερμοκρασία του περιβάλλοντος. Συγκριτικές μετρήσεις της θερμικής συμπεριφοράς των ψυχρών υλικών έχουν δείξει ότι παρουσιάζουν επιφανειακή θερμοκρασία μέχρι και 12°C χαμηλότερη από τα κοινά υλικά. Τα υλικά του αστικού περιβάλλοντος, περιλαμβανομένων και των υλικών των κτιρίων, των συστημάτων σκίασης, της βλάστησης, παίζουν ένα σημαντικό ρόλο τροποποιώντας το μικροκλίμα και τις συνθήκες θερμικής άνεσης. Οι επιφανειακές τους θερμοκρασίες επηρεάζουν τη θερμική

ισορροπία και άνεση μέσω των ανταλλαγών ακτινοβολίας, οι οποίες είναι κυρίαρχες σε ένα περιβάλλον όχι καλά αεριζόμενο, συνθήκη η οποία είναι συχνότερη σε αστικούς χώρους.

1.5.5 Σκίαση

Η σκίαση αφορά στην παρεμπόδιση του άμεσου ηλιακού φωτός να προσπίπτει σε μια επιφάνεια. Στον αστικό χώρο ενδιαφέρει κυρίως η σκίαση στο επίπεδο του ανθρώπου. Η σκίαση επιτυγχάνεται με τη γεωμετρία των φυσικών και τεχνητών στοιχείων του χώρου, δηλαδή με:

- Τη χρήση δέντρων
- Τη χρήση συστημάτων φύτευσης πάνω από το έδαφος (π.χ. πέργκολες)
- Τη γεωμετρία των στοιχείων του αστικού ιστού (γύρω κτίρια κλπ)
- Αρχιτεκτονικές παρεμβάσεις όπως στοές, στέγαστρα ή στοιχεία αστικού εξοπλισμού, όπως στάσεις λεωφορείων, στεγασμένες θέσεις στάθμευσης).

Τα οφέλη της σκίασης είναι η μείωση της εξωτερικής θερμοκρασίας, με όλα τα συνεπαγόμενα οφέλη στο φαινόμενο της αστικής θερμικής άνεσης ενός χώρου, με αποτέλεσμα την αύξηση της χρηστικότητας του (π.χ. μεγαλύτερη χρήση από πεζούς και ποδηλάτες και μείωση της χρήσης αυτοκινήτων), αλλά και η βελτίωση της οπτικής άνεσης

1.5.6 Νερό

Το νερό αποτελεί στοιχείο το οποίο μπορεί να επηρεάσει το μικροκλίμα και να βελτιώσει τις συνθήκες θερμικής άνεσης που επικρατούν στους υπαίθριους αστικούς χώρους κατά τις θερμές περιόδους. Το μέγεθος της επίδρασης του νερού στο μικροκλίμα καθορίζεται από την ταχύτητα του ανέμου στην περιοχή καθώς και από τις διαστάσεις της υδάτινης επιφάνειας. Ο μηχανισμός μέσω του οποίου το νερό συμβάλει στη μείωση της θερμοκρασίας του αέρα είναι η εξάτμιση, η μετατροπή δηλαδή του υγρού σε αέριο μέσω της απαγωγής θερμότητας από τον περιβάλλοντα αέρα. Ταυτόχρονα, το νερό παρουσιάζει μικρότερη επιφανειακή θερμοκρασία από άλλα υλικά εδαφοκάλυψης, καθώς διαθέτει μεγαλύτερη θερμοχωρητικότητα και ανακλαστικότητα.

Ενδεικτικά, κάποια από τα στοιχεία νερού που μπορούν να ενταχθούν σε μια αστική επέμβαση και να συμβάλλουν στη βελτίωση του μικροκλίματος μιας περιοχής, είναι:

- Οριζόντιες επιφάνειες νερού-τεχνητές λίμνες

- Σιντριβάνια, κατακόρυφες επιφάνειες νερού και πίδακες

Παρά τις θετικές συνέπειες των υδάτινων επιφανειών, το νερό θα πρέπει να χρησιμοποιείται με φειδώ, τόσο λόγω της μικρότερης συμβολής του στη βελτίωση του μικροκλίματος σε σχέση με τη σκίαση, το πράσινο και τα ψυχρά υλικά, όσο και λόγω της απαξίωσης που αποδεδειγμένα υφίσταται στη χώρα μας λόγω της ελλιπούς συντήρησης των σχετικών υδάτινων εγκαταστάσεων. Οι ήχοι του νερού είναι ελκυστικοί για τους περισσότερους ανθρώπους, αλλά πρέπει να προσεχθεί ιδιαίτερα ο ρυθμός ροής του νερού. Συνιστάται να μην είναι συνεχής ο ρυθμός ροής ενός στοιχείου νερού. Η διατήρησή του στην ίδια ηχητική στάθμη μπορεί να κάνει τους ανθρώπους να χάσουν το ενδιαφέρον τους και η επίδραση του στη ψυχολογική τους προσαρμογή, μειώνεται με το χρόνο.

1.5.7. Ανάλυση τοπίου μελέτης

Περιοχή μελέτης

Η Πάτρα είναι το μεγαλύτερο οικονομικό, εμπορικό και πολιτιστικό κέντρο της Πελοποννήσου και της δυτικής Ελλάδας.

Αποκαλείται *Πόλη της Ελλάδας προς τη Δύση* καθώς είναι διεθνές εμπορικό κέντρο, μεγάλο λιμάνι και κομβικό σημείο για το εμπόριο και την επικοινωνία με την Ιταλία και την ευρωπαϊκή δύση ευρύτερα.

Η Γέφυρα Ρίου-Αντιρρίου «Χαρίλαος Τρικούπης», που εγκαινιάστηκε και τέθηκε σε λειτουργία το 2004, συνδέει το προάστιο της Πάτρας Ρίο με το χωριό Αντίρριο της Αιτωλοακαρνανίας, ενώνοντας έτσι την Πελοπόννησο με τη δυτική Στερεά Ελλάδα. Η γέφυρα επίσης αποτελεί τμήμα της Ιόνιας Οδού (Α5) και της Ευρωπαϊκής Οδού 55 (Ε55).

Η πόλη καυχείται και φημίζεται για ένα από τα μεγαλύτερα ευρωπαϊκά καρναβάλια, το Πατρινό καρναβάλι, με πληθώρα εκδηλώσεων και τα κύρια χαρακτηριστικά γνωρίσματα του οποίου οι φαντασμαγορικοί χοροί, οι μεγάλες παρελάσεις και τα εντυπωσιακά άρματα, που συχνά πολλά από αυτά έχουν σατυρικό χαρακτήρα.

Η πόλη της Πάτρας ήταν επίσης η Πολιτιστική Πρωτεύουσα της Ευρώπης για το 2006.

Το κλίμα της Πάτρας

Η Πάτρα (αρχαία ελληνικά: *Πάτραι*) είναι η μεγαλύτερη πόλη της Πελοποννήσου και η τρίτη^[1] μεγαλύτερη της Ελλάδας με πληθυσμό που ανέρχεται στους 167.446 κατοίκους, σύμφωνα με την επίσημη απογραφή του 2011. Η Πάτρα είναι πρωτεύουσα του Νομού Αχαΐας, της Περιφέρειας Δυτικής Ελλάδας, καθώς και έδρα του ομώνυμου δήμου, ενώ έχει οριστεί επίσης έδρα της Αποκεντρωμένης Διοίκησης Πελοποννήσου, Δυτικής Ελλάδας και Ιονίου.

Η πόλη της Πάτρας αποτελεί σημαντικό αστικό κέντρο και διαθέτει ένα από τα μεγαλύτερα λιμάνια της Ελλάδας και το σημαντικότερο με επικοινωνία με την Ιταλία και κατ' επέκταση προς την ευρωπαϊκή δύση.

Η περιοχή έχει μεσογειακό κλίμα με ήπιους και υγρούς χειμώνες και θερμά ξηρά καλοκαίρια, χωρίς να λείπουν και κάποιες βροχοπτώσεις (κυρίως τοπικές μπόρες) σε αυτό το διάστημα. Η υψηλότερη θερμοκρασία που έχει καταγραφεί ποτέ είναι 41,3 °C ενώ η χαμηλότερη είναι -4,5 °C.

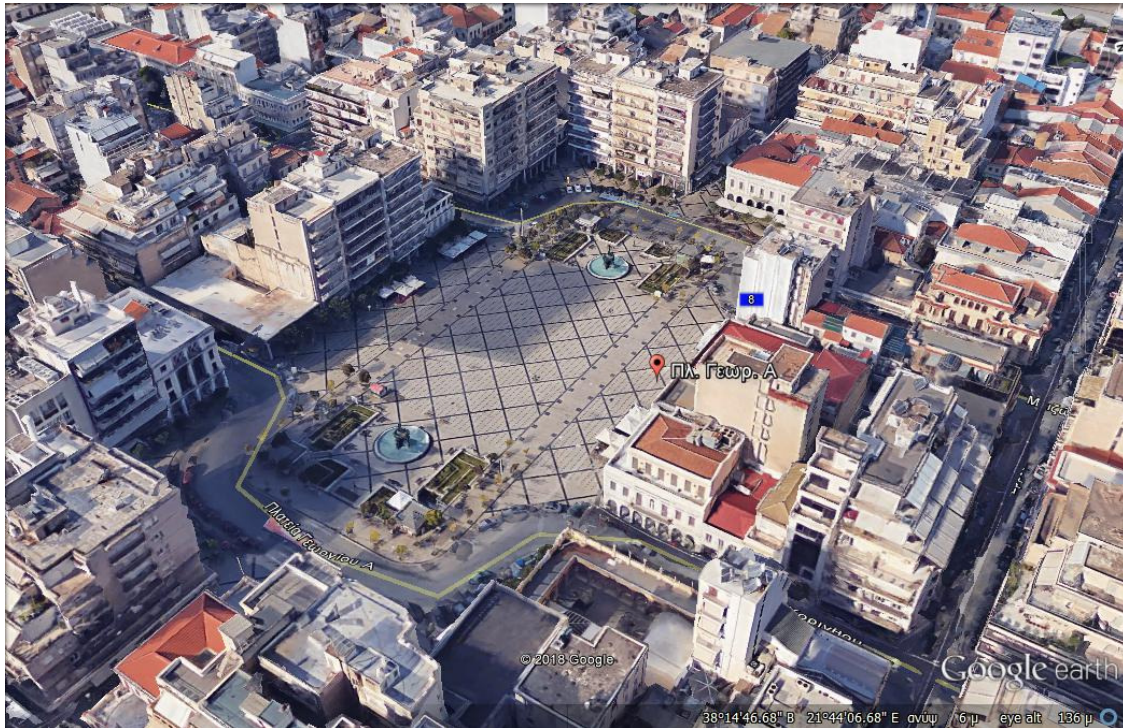
Αντικείμενο της παρούσας εργασίας αποτελεί η διερεύνηση της επίδρασης των φυτοκαλυμμένων επιφανειών στη διαμόρφωση του μικροκλίματος μιας δομημένης περιοχής και κατ' επέκταση στη θερμική άνεση των χρηστών της. Συγκεκριμένα μελετήθηκε η πλατεία Γεωργίου Α' στην Πάτρα με τα περίξ αυτής υψηλά κτίσματα (Εικόνα 6).



Εικόνα 6. Κάτοψη της πλατείας

Παρατηρώντας την κάτοψη της πλατείας είναι εύκολο να διακρίνουμε πως τα σημεία πρασίνου είναι περιορισμένα και ανεπαρκή σε σχέση με την μεγάλη έκταση που καλύπτει στο κέντρο του αστικού ιστού της πόλης. Επιπλέον παρότι υπάρχουν κάποια δέντρα δεν είναι αρκετά (εικόνες 8 , 9) ώστε να δημιουργήσουν συνθήκες άνεσης για τους πολίτες.

Στην εικόνα 7 όπου έχει αποτυπωθεί το αξονομετρικό της πλατείας, είναι ολοφάνερο ότι περιβάλλεται από αρκετά ψηλά κτήρια έχοντας ως αποτέλεσμα να αποτελεί μία παγίδα θερμότητας.



Εικόνα 7. 3Δ Αξονομετρικό της πλατείας



Εικόνα 8. το πράσινο στην πλατεία σήμερα.



Εικόνα 9. Το μέγεθος των μεγαλύτερων δένδρων

Στην εικόνα 9 παρατηρούμε ότι το μέγεθος των μεγαλύτερων δενδρυλλίων δεν ξεπερνά τα 4 μέτρα.

Φυτεμένα είδη:

Στην πλατεία έχουν φυτευτεί τα παρακάτω είδη:

A. Acer platanoides, Σφένδαμος Πλατανοειδής

- είναι ένα εξαιρετικής εμφάνισης και γρήγορης ανάπτυξης φυλλοβόλο δέντρο.
- Έχει σφαιρικό - ωοειδές σχήμα κανονικού περιγράμματος και πυκνό φύλλωμα αδρής υφής.
- Τα φύλλα είναι έλλοβα, μοιάζουν με του πλάτανου, ο κορμός είναι αυλακοειδής και γκριζός, τα κλαδιά έχουν ανοιχτό καφέ χρώμα (εικόνα 10).
- Είναι δένδρο ανθεκτικό στην ατμοσφαιρική ρύπανση, με πολύ ισχυρό ριζικό σύστημα, ενώ το φύλλωμά του γίνεται ιδιαίτερα ελκυστικό το φθινόπωρο.



Εικόνα 10. Το φύλλο του *Acer platanoides*

B. *Tilia cordata*, Φιλύρα η καρδιόφυλλος

- το περίγραμμα των φύλλων είναι κοφτερά οδοντωτό, προς τη βάση των δευτερευόντων νεύρων παρουσιάζονται τούφες από τρίχες που έχουν χρώμα σκουριάς. Η ταξιανθία αποτελείται από 5-7 άνθη (εικόνα 11)
- μεγάλα φυλλοβόλα δέντρα, που συνήθως φτάνουν τα 20 με 40 μέτρα (εικόνα 12)

συνιστώνται ως καλλωπιστικά δέντρα, όταν είναι επιθυμητή παχιά φυλλωσιά και καλή σκιά.



Εικόνα 11. Το φύλλο της *Tilia cordata*



Εικόνα 12. Το δένδρο της *Tilia cordata*

Παρότι τα παραπάνω είδη κρίνονται κατάλληλα για τη τοποθέτηση τους σε αστικούς υπαίθριους χώρους ποσοτικά είναι ανεπαρκή όχι άκρως κατάλληλα για τις κλιματικές συνθήκες στο κέντρο της Πάτρας. Η χρήση κάποιου άλλου είδους ή η φύτευση κατευθείαν μεγαλύτερων δέντρων θα απέδιδε με σιγουριά καλύτερες συνθήκες άνεσης, σκίασης και δροσισμού.

1.6. Θερμική άνεση και δείκτες

Ο σημαντικότερος παράγοντας που καθορίζει την κλιματική ποιότητα στον αστικό χώρο είναι η θερμική άνεση. Έτσι θεμελιώδης έννοια και στόχος της αρχιτεκτονικής τοπίου και του βιοκλιματικού σχεδιασμού είναι η επίτευξη της θερμικής άνεσης.

Η θερμική άνεση αποτελεί κριτήριο του μικροκλίματος ενός εσωτερικού ή εξωτερικού χώρου. Το μικροκλίμα γίνεται αντιληπτό ως η καθολική έκφραση της αλληλεπίδρασης φυσικών παραμέτρων, οι οποίες επηρεάζουν τον άνθρωπο δια μέσου των θερμικών απωλειών και της αναπνοής του. (Κοτσίρης, 2007) Ως θερμική άνεση ορίζεται η κατάσταση στην οποία ο άνθρωπος αισθάνεται ικανοποίηση με το θερμικό του περιβάλλον και δεν επιθυμεί καμία αλλαγή σε αυτό. Η διερεύνηση και η κατανόηση των παραμέτρων που συνιστούν τη θερμική άνεση σε εξωτερικούς χώρους είναι μια βασική απαίτηση για τον μικροκλιματικά προσανατολισμένο σχεδιασμό αστικών περιοχών. Ο βαθμός η ένταση καθώς και η αποδοτικότητα των ανθρώπινων δραστηριοτήτων εξαρτώνται από το επίπεδο άνεσης ή δυσφορίας που βιώνουν οι άνθρωποι όταν εκτίθενται σε συγκεκριμένες κλιματικές συνθήκες. Η θερμική άνεση καθορίζεται από την θερμοκρασία του αέρα, την ταχύτητα του ανέμου, τη σχετική υγρασία και τη μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας.

Ο άνθρωπος

Η θερμότητα που απορρίπτεται πρέπει να είναι ίση με τη θερμότητα που παράγεται ώστε η θερμοκρασία του σώματος να παραμένει σταθερή στους 37°C .



Η καταγραφή της θερμοκρασίας μόνο, είναι ανεπαρκές στοιχείο ως κριτήριο του μικροκλίματος και της θερμικής άνεσης. Γιαυτό αναπτύχθηκαν διάφοροι Δείκτες.

Τι είναι οι δείκτες θερμικής άνεσης

- Σταθμισμένη σχέση ορισμένων εκ των (περιβαλλοντικών) παραγόντων που διαμορφώνουν τη θερμική αίσθηση των χρηστών ενός χώρου
- Περιλαμβάνουν μια εμπειρική εξίσωση δύο ή περισσότερων μεταβλητών και μια θερμική κλίμακα στην οποία αντιστοιχίζονται οι τιμές που προσδιορίζονται από την εξίσωση

1.6.1. Δείκτες Θερμικής άνεσης

Δείκτες θερμικής άνεσης

Τι είναι η θερμική άνεση

- Είναι η κατάσταση όπου ένα άτομο αισθάνεται θερμικά ουδέτερα, ούτε κρύο, ούτε ζέστη.
- Η κατάσταση όπου η θερμότητα που ρέει από και προς το ανθρώπινο σώμα είναι ισοσταθμισμένη.

Για την εκτίμηση της θερμικής άνεσης χρησιμοποιούνται δείκτες που ενσωματώνουν το σύνολο, ή μέρος, της παραπάνω πληροφορίας. Οι δείκτες αυτοί, αν και αρχικά είχαν στόχο την εκτίμηση της θερμικής άνεσης σε εσωτερικούς χώρους, στη συνέχεια προσαρμόστηκαν για την εκτίμηση της θερμικής άνεσης και σε εξωτερικούς χώρους. Ενδεικτικά αναφέρονται:

1.6.2. δείκτης Αναμενόμενης Μέσης Ψήφου

Ο παραπάνω δείκτης αποτελεί τη μέση ψήφο ενός συνόλου ανθρώπων που εκφράζουν την άποψή τους για τη θερμική αίσθηση κάτω από διαφορετικές συνθήκες περιβάλλοντος, σε μια κλίμακα που κυμαίνεται από το -3 μέχρι το +3.

Αυτή η μέση ψήφος συσχετίζεται με την εξίσωση θερμικού ισοζυγίου του ανθρώπινου σώματος

- η οποία περιλαμβάνει τις βασικές περιβαλλοντικές παραμέτρους, όπως θερμοκρασία αέρα, σχετική υγρασία, ταχύτητα αέρα, μέση ακτινοβολούμενη θερμοκρασία
- και προσωπικές παραμέτρους όπως η δραστηριότητα και η ένδυση

Ο Fanger (1970), κάνοντας εργαστηριακές μετρήσεις σε κλιματικό θάλαμο κράτησε όλες τις μεταβλητές σταθερές εκτός του μεταβολικού ρυθμού και της θερμοκρασίας αέρα (Tair) .

Κατά συνέπεια δεν είναι ένας κατάλληλος δείκτης για ανοικτούς χώρους.

(Κοτσίρης 2007)

1.6.3. δείκτης Πραγματικής Αίσθησης Θερμότητας

Ο δείκτης Πραγματικής Αίσθησης Θερμότητας (Actual Sensation Vote , ASV) : ορίστηκε μέσω επιτόπιας έρευνας που έγινε σε 14 περιοχές ανά την Ευρώπη μετρώντας τις ίδιες φυσικές παραμέτρους με τον PMV αλλά σταθμίζοντας διαφορετικά την προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία, σε μια προσπάθεια να έχει εφαρμογή σε ανοικτούς χώρους. Η αίσθηση θερμότητας των ανθρώπων αξιολογήθηκε σε 5-βάθμια κλίμακα κυμαινόμενη από <<πολύ κρύο>> σε <<πολύ ζέστη>> και έτσι προέκυψε ο δείκτης ASV.

- Συνοπτικά: **Δείκτης Πραγματικής Αίσθησης Θερμότητας**
- Ο δείκτης PMV έχει θεωρηθεί ακατάλληλος για ανοικτούς χώρους, με την τάση να δίνει μεγάλες τιμές δυσφορίας
- Με το διευρωπαϊκό πρόγραμμα RUROS και συνεντεύξεις με 10.000 χρήστες, έγινε συσχέτιση των απαντήσεων με τις μικροκλιματικές συνθήκες που καταγράφονταν και πρόκυψε ο εμπειρικός δείκτης ASV
- $ASV = 0.034 T_{air} + 0.0001 S_{ol} - 0.086 V - 0.001. RH - 0.412$

Πιο συγκεκριμένα, η κλίμακα του δείκτη ASV περιλαμβάνει τα εξής 5 βαθμούς θερμικής αίσθησης:

θερμό	+2
λίγο Θερμό	+1
ουδέτερη κατάσταση	0
ελαφρά ψυχρό	-1
ψυχρό	-2

Όταν, λοιπόν ο δείκτης ASV=0, Θεωρείται ότι παρέχονται οι βέλτιστες συνθήκες θερμικής άνεσης.

Μια θετική τιμή σημαίνει ότι η θερμοκρασία είναι υψηλότερη από την ιδανική τιμή, ενώ μια αρνητική τιμή, αντίστοιχα ότι η θερμοκρασία είναι χαμηλότερη

1.6.4 Θερμοϋγρομετρικός Δείκτης THI

Ο δείκτης δυσφορίας Thom (DI) ή όπως πια αποκαλείται ο θερμοϋγρομετρικός δείκτης (THI) υπολογίζεται από τη θερμοκρασία του αέρα και την υγρασία (Εξίσωση 1). Περιγράφει το βαθμό της θερμικής επιβάρυνσης για διάφορες καιρικές συνθήκες και είναι κατάλληλος για ανοικτούς χώρους.

$$THI (^{\circ}C) = t - (0.55 - 0.0055f)(t - 14.5)$$

Η δυσφορία των χρηστών ενός ανοικτού χώρου προσδιορίζεται από τον παρακάτω πίνακα 1.1 !

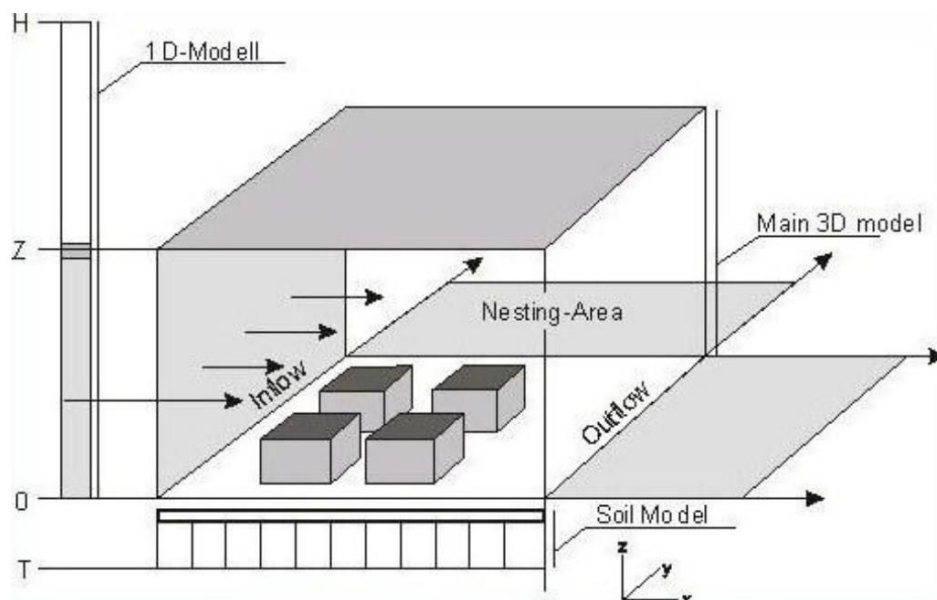
Πίνακας 1.1.

Τιμή THI (°C)	
DI < 21	Καθόλου Δυσφορία
21 < DI < 24	Κάτω από το 50% του πληθυσμού αισθάνθηκε δυσφορία
24 < DI < 27	Πάνω από το 50% του πληθυσμού αισθάνθηκε δυσφορία
27 < DI < 29	Η πλειοψηφία του πληθυσμού αισθάνθηκε δυσφορία
29 < DI < 32	Όλοι αισθάνθηκαν την απόλυτη πίεση
DI > 32	Ο κρατικός μηχανισμός τέθηκε σε κατάσταση εκτάκτου ανάγκης

Κεφάλαιο 2. ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ

2.1 Παρουσίαση του προγράμματος Envimet

Το λογισμικό ENVI-met αποτελεί ένα περιβαλλοντικό-μετεωρολογικό πρόγραμμα το οποίο μέσω ενός τρισδιάστατου μη υδροστατικού μοντέλου προσομοιώνει, κυρίως μέσα στον αστικό ιστό, την αλληλεπίδραση μεταξύ των διαφόρων δομημένων επιφανειών, της βλάστησης και του αέρα. Βασίζεται σε εξελιγμένους υπολογισμούς ρευστοδυναμικής (Computational Fluid Dynamics - C.F.D.), οι οποίοι χρησιμοποιούν αριθμητικές μεθόδους και αλγόριθμους για την επίλυση προβλημάτων ροής ρευστών. Έχει σχεδιαστεί για την ανάλυση του μικροκλίματος και της ποιότητας του τοπικού αέρα.



Εικόνα 13. το τρισδιάστατο μοντέλο. Ο άξονας Z έχει ύψος 2500μ ενώ ο x και y καθορίζονται από τον χρήστη

Το μοντέλο Envimet (εικόνα 13) είναι ικανό να προσομοιώσει τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ των αστικών επιφανειών, της βλάστησης και της ατμόσφαιρας. Το μοντέλο επιτρέπει να αναλυθούν οι επιδράσεις στο μικροκλίμα από αλλαγές μικρής κλίμακας σε διάφορες παραμέτρους της αστικής σχεδίασης, όπως εισαγωγή βλάστησης, αλλαγής στην τοποθέτηση και το ύψος των κτιρίων και αλλαγή των υλικών κάλυψης των επιφανειών.

Φυσικές παράμετροι που υπολογίζονται:

Συνοπτικά, το μοντέλο λαμβάνει υπόψιν στους υπολογισμούς:

- Τη ροή ακτινοβολίας μικρού και μεγάλου μήκους κύματος, λαμβάνοντας υπόψη και τη σκίαση.
- Την ανάκλαση ακτινοβολίας και την ακτινοβολία από τα κτίρια και τη βλάστηση.
- Τη διαπνοή, την εξάτμιση και την αισθητή ροή θερμότητας από τη βλάστηση στον αέρα, με πλήρη προσομοίωση όλων των φυσικών παραμέτρων των φυτών όπως, για παράδειγμα, ο ρυθμός φωτοσύνθεσης.
- Την επιφανειακή θερμοκρασία και αυτήν των τοίχων, για κάθε σημείο στον κάναβο και κάθε τοίχο.
- Την ανταλλαγή θερμότητας και νερού στην εδαφική μάζα.
- Βιομετεωρολογικές παραμέτρους, όπως η M.R.T. και ο δείκτης P.M.V.
- Τη διασπορά διαφόρων αερίων και σωματιδίων, καθώς και την απόθεση των τελευταίων στα φύλλα και στις επιφάνειες.

Αυτό το κλιματικό μοντέλο αποτελείται από το σύστημα της ατμόσφαιρας, το σύστημα του εδάφους, το σύστημα της βλάστησης και των επιφανειών. Το μοντέλο περιγράφεται αναλυτικά στην έρευνα των Bruce and Fleer, 1998 και στον ιστότοπο του προγράμματος Envimet (Envimet 2011).

Υδροστατικά μοντέλα είναι αυτά που θεωρούν δεδομένο ότι υπάρχει υδροστατική ισορροπία, δηλαδή ότι το σύνολο των κατακόρυφων δυνάμεων στην ατμόσφαιρα βρίσκεται σε ισορροπία και συνεπώς δεν υπάρχει κατακόρυφη επιτάχυνση (Κατσαφάδος, Π., Μαυροματίδης, Η., 2010). Τα μη υδροστατικά μοντέλα περιλαμβάνουν και εξισώσεις για τις κατακόρυφες κινήσεις (Κοτρώνη, 2011).

Για τη λειτουργία του μοντέλου χρειάζεται να προσδιοριστούν κάποιες παράμετροι που συνοψίζονται στον παρακάτω πίνακα 2.1.

Πίνακας 2.1. Βασικές παράμετροι στο μοντέλο Envimet

Παράμετρος	Περιγραφή Παραμέτρου
Τόπος	Γεωγραφικό μήκος και πλάτος
Χρόνος	Ώρα και ημερομηνία έναρξης της προσομοίωσης
Άνεμος	Η ταχύτητα και η διεύθυνση του ανέμου στην έναρξη της προσομοίωσης
Οριακές συνθήκες	Προσδιορισμός των συνθηκών στα όρια του μοντέλου
Μέγεθος του πλέγματος	Προσδιορισμός του μήκους, του πλάτους και του ύψους κάθε τετραγώνου
Βλάστηση	Προσδιορισμός του τύπου της βλάστησης από την προκαθορισμένη βιβλιοθήκη του μοντέλου
Επιφάνειες/ Έδαφος	Προσδιορισμός του τύπου των επιφανειών (πχ ασφαλτος, τσιμέντο, πεζοδρόμιο) και στις φυσικές επιφάνειες προσδιορισμός του τύπου του εδάφους (πχ αμμώδες, πηλώδες, αργιλώδες)
Χαρακτηριστικά εδάφους	Η θερμοκρασία και η υγρασία του εδάφους στην έναρξη της προσομοίωσης

Το μοντέλο Envimet, όπως ισχυρίζεται ο ίδιος ο δημιουργός του μοντέλου Michael Bruse, έχει ως στόχο να παρουσιάσει την ανοδική ή καθοδική τάση της θερμοκρασίας στην περιοχή μελέτης μετά από αλλαγές και παρεμβάσεις που μπορεί να γίνουν σε μια αρχική κατάσταση. Αυτό είναι πιο σημαντικό από την ακριβή διαπίστωση της θερμοκρασίας σε °C. Η μοντελοποίηση συμβαίνει σε "ιδανικές" ημέρες χωρίς την παράμετρο τυχαίων περιστατικών αλλά με τις μέσες τιμές της περιόδου που μελετάται. Ως μοντέλο δεν έχει σκοπό να αναπαραστήσει μια μεμονωμένη ημέρα με ειδικές συνθήκες αλλά να κατανοήσει τη δυναμική του συγκεκριμένου αστικού περιβάλλοντος.

Το κύριο μοντέλο είναι σχεδιασμένο σε τρεις διαστάσεις με δύο οριζόντιες (x και y) και μία κατακόρυφη (z). Μέσα σε αυτό το κύριο μοντέλο, τοποθετούνται τα κτίρια, η βλάστηση και οι επιφάνειες του εδάφους. Για να είναι εφικτή μια ακριβής προσομοίωση των διεργασιών του οριακού στρώματος (το κατώτερο στρώμα της τροπόσφαιρας το οποίο επηρεάζεται άμεσα από

την παρουσία του εδάφους μέσω της τυρβώδους ροής θερμότητας) είναι αναγκαίο να επεκταθεί το μοντέλο μέχρι το ύψος των 2500m.

Καθώς δεν είναι δυνατή αυτή η επέκταση του τρισδιάστατου (3D) μοντέλου, υπάρχει ένα μοντέλο (1D) μίας διάστασης (της z), το οποίο αναλαμβάνει τον υπολογισμό από την κορυφή του 3D μοντέλου μέχρι το συνολικό ύψος των 2500m. Επιπλέον, το μονοδιάστατο μοντέλο παρέχει το κατακόρυφο προφίλ για τη ροή στα όρια του 3D μοντέλου.

Nesting area: Η περιοχή ένθεσης (Nesting area) αποτελείται από ζώνες που περιβάλλουν το 3D μοντέλο. Η χρήση της επιτρέπει να μετακινηθούν τα σύνορα του μοντέλου μακριά από τον πυρήνα χωρίς να σπαταληθούν κελιά υπολογισμού στον κύριο σχεδιασμό.

Soil model: Το μοντέλο του εδάφους (soil model) είναι αναγκαίο για να υπολογιστεί η μεταφορά θερμότητας από την επιφάνεια στο έδαφος και αντίστροφα. Με τη βοήθεια του υπολογίζονται η θερμοκρασία εδάφους και η περιεκτικότητα σε νερό. Οι πληροφορίες σχετικά με το διαθέσιμο νερό στο εσωτερικό του εδάφους είναι απαραίτητες για την εκτίμηση της μέγιστης διαπνοής της βλάστησης και το διαθέσιμο νερό στην επιφάνεια του.

Τα αρχεία που απαιτούνται και που παράγονται από το Envimet μπορούν να διακριθούν μεταξύ των αρχείων εισαγωγής (που καθορίζουν μια συγκεκριμένη προσομοίωση), των αρχείων βάσεων δεδομένων (που συλλέγουν τις πληροφορίες για όλες τις προσομοιώσεις) και των αρχείων εξόδου (που δημιουργούνται από το Envimet). Επιπλέον, δύο αρχεία στην ομάδα Άλλα Αρχεία, χρησιμοποιούνται για ειδικές χρήσεις.

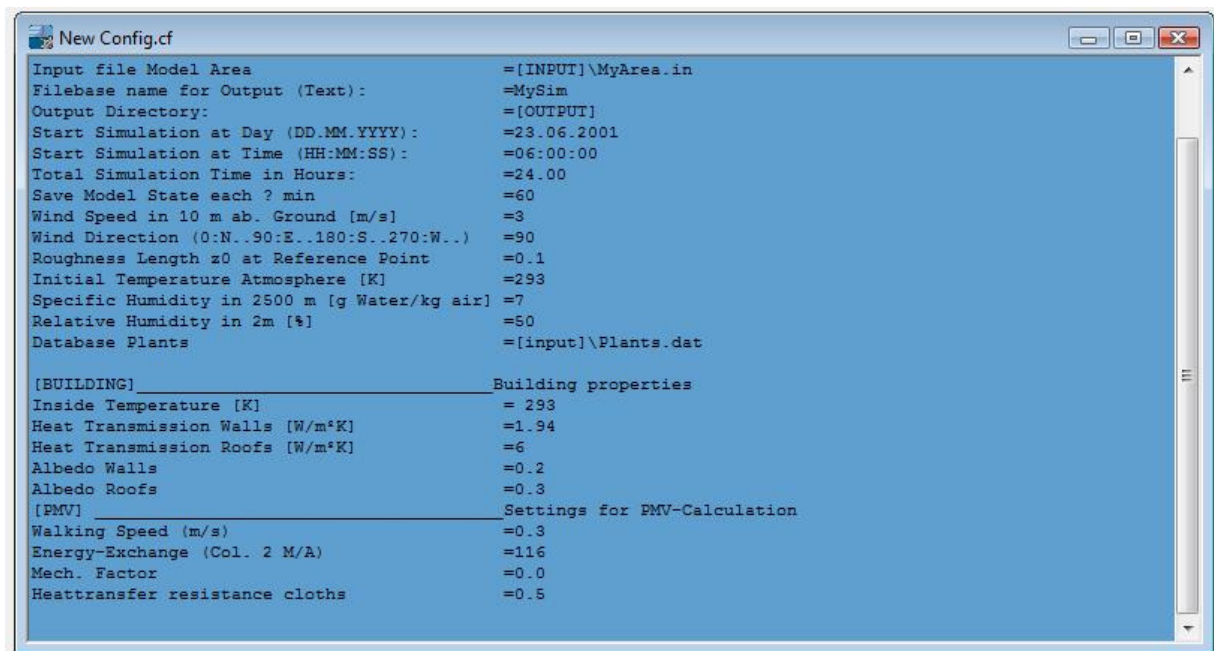
2.2.1 Αρχεία εισαγωγής (Input Files)

2.2.1.1. The Configuration File .CF

Το .CF αρχείο (αρχείο διαμόρφωσης) καθορίζει τις ρυθμίσεις για την προσομοίωση που θα τρέξει, για παράδειγμα το όνομα αρχείου εισόδου, το όνομα των αρχείων εξόδου ή των μετεωρολογικών ρυθμίσεων.

Κάθε εργασία προσομοίωσης προσδιορίζεται από το δικό της αρχείο .CF. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί το ίδιο αρχείο εισαγωγής (.IN) σε διαφορετικές προσομοιώσεις, αλλά κάθε μία από αυτές χρειάζεται το δικό της .CF αρχείο.

Κάθε αρχείο διαμόρφωσης αποτελείται από ένα σει βασικών πληροφοριών που πρέπει να περιληφθεί για να τρέξει το μοντέλο. Αυτές απεικονίζονται παρακάτω (εικόνα 14):



Εικόνα 14. Παράθυρο εισαγωγής αρχικών συνθηκών παραγωγή αρχείου διαμόρφωσης (.CF) Οι κύριες ρυθμίσεις του αρχείου .CF

Τα αρχεία .in και .cf αποθηκεύονται στον φάκελο INPUT

Input File Model Area

Εδώ επιλέγεται το όνομα αρχείου και καθορίζεται η περιοχή εισαγωγής. Πρέπει να δίνεται η πλήρης διαδρομή αρχείου για να μπορεί το πρόγραμμα να τα αναγνωρίσει.

File Base for Output

Αυτό το όνομα θα χρησιμοποιηθεί για να δημιουργήσει το όνομα στους υποφακέλους των αρχείων εξόδου.

Output Directory

Είναι η θέση όπου το Envimet καταγράφει τα δεδομένα εξόδου. Μια σειρά υποφακέλων θα δημιουργηθεί, με τη χρήση των οποίων τα στοιχεία θα έχουν ευκρινέστερη και πιο διαχειρίσιμη δομή.

Start Simulation at Date/Time

Ορίζεται ο πρότυπος χρόνος έναρξης του υπολογισμού.

Συνολικός χρόνος προσομοίωσης σε ώρες (Total simulation time in hours)

Πρέπει να είναι τουλάχιστον 6 ώρες, ανάλογα με το πρόβλημα, πιθανώς περισσότερες. Εάν χρησιμοποιηθεί μικρότερος χρόνος, τα στοιχεία που θα ληφθούν θα είναι επηρεασμένα από τις συνθήκες που επικρατούσαν στην έναρξη.

Save model state each ? min

Χρονικό διάστημα που μεσολαβεί μεταξύ των διαδοχικών αποθηκεύσεων της κατάστασης του μοντέλου στο δίσκο. Επιπλέον, το τελικό σύνολο στοιχείων καταγράφεται με την ολοκλήρωση της προσομοίωσης. Για τα σημεία αναφοράς (receptors) μπορεί να επιλεγεί διαφορετικό διάστημα παραγωγής αποτελεσμάτων.

Wind Speed in 10m above ground

Καθορίζει την ταχύτητα ανέμου στα 10m πάνω από το έδαφος. Δε χρησιμοποιείται περαιτέρω μετά την έναρξη.

Roughness Length z_0 at Reference Point

Καθορίζει την τραχύτητα επιφάνειας στη θέση όπου μετρήθηκε η ταχύτητα ανέμου στα 10m. Συμπληρώνει την προηγούμενη μέτρηση. Δε χρησιμοποιείται περαιτέρω μετά την έναρξη.

Wind direction (Κατεύθυνση ανέμου)

Δίνεται σε βαθμούς όπου 0 είναι ο Βορράς, 90 η ανατολή και ούτω καθεξής.

Initial Temperature Atmosphere

Θέτει την αρχική τιμή της θερμοκρασίας για όλα τα στρώματα της ατμόσφαιρας και τη θερμοκρασία αναφοράς στο ύψος 2500m.

Specific Humidity in 2500m

Η ειδική υγρασία στα 2500m

Relative Humidity in 2m

Σχετική υγρασία σε 2m, δίνεται σε %. Χρησιμοποιείται μαζί με την προηγούμενη μέτρηση για να υπολογισθεί η κατακόρυφη διακύμανση της υγρασίας. Δε χρησιμοποιείται περαιτέρω μετά την έναρξη.

Database Plants

Βάση δεδομένων σε ότι αφορά το φυτικό υλικό. Επιπλέον κατηγορίες μπορούν να προστεθούν στη διαμόρφωση. Κάθε κατηγορία αρχίζει με μία λέξη κλειδί (π.χ. [SOIL]) που ακολουθείται από ρυθμίσεις.

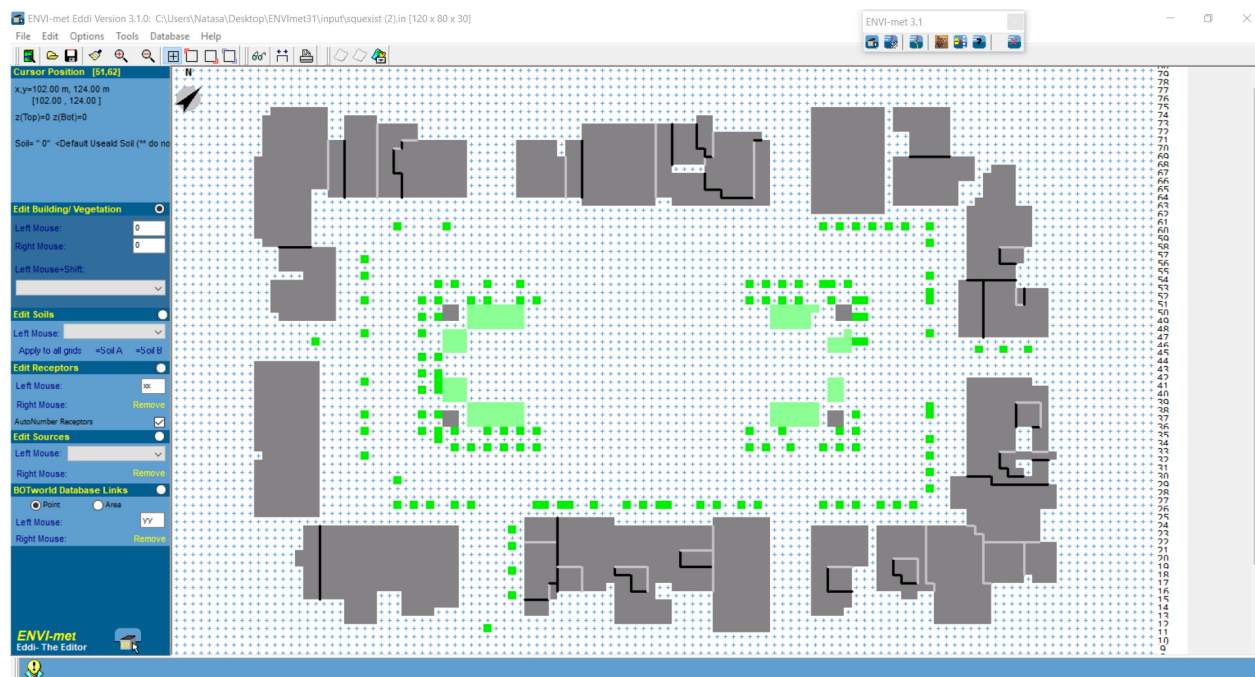
2.2.1.2. Το αρχείο εισαγωγής περιοχής (Area Input File) .IN

Τα αρχεία με επέκταση .in είναι υπεύθυνα για τον καθορισμό και απεικόνιση της περιοχής προσομοίωσης (δέντρα, κτίρια κτλ.) σε γραφικό περιβάλλον.

Πιο συγκεκριμένα, σε αυτά προσδιορίζονται:

1. Η θέση και το ύψος των κτιρίων.
2. Η θέση των φυτών.
3. Τα υλικά των επιφανειών και το είδος του εδάφους.
4. Η θέση των πηγών (εκπομπής σωματιδίων, άνθρακα κ.α.).
5. Η θέση των υποδοχέων - σημείων αναφοράς (receptors) με την βοήθεια των οποίων θα λαμβάνονται μετρήσεις (θερμοκρασίας κ.ά.) ανά κάποιο χρονικό διάστημα που θα οριστεί.
6. Οι συνδέσεις δεδομένων, δηλαδή από ποιες βάσεις δεδομένων θα παίρνουν τα χαρακτηριστικά τους οι πηγές και τα φυτά που έχουν οριστεί στην περιοχή μελέτης.
7. Η γεωγραφική θέση του μοντέλου στη Γη.

Για την αναπαράσταση του τρισδιάστατου χώρου υπό κλίμακα, χρησιμοποιούνται κελιά σχεδιασμού όπως παρακάτω (εικόνα 15).



Εικόνα 15

Είναι σαφές ότι θα πρέπει να γίνει ένας συμβιβασμός μεταξύ της ακρίβειας του μοντέλου και της ταχύτητας επεξεργασίας. Επομένως, στο σχεδιασμό πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι όσο μικρότερο είναι ένα κελί και όσα περισσότερα κελιά χρησιμοποιηθούν, τόσο "βαρύ" καθίσταται το πρόγραμμα με αντίστοιχη εξαγωγή πολύ μεγάλου όγκου δεδομένων.

Στο σχεδιασμό πρέπει να ληφθεί υπόψη και ο αριθμός των περιμετρικών ζωνών ένθεσης, διότι δεν περιλαμβάνονται στο κύριο μοντέλο αλλά υπολογίζονται όταν θα τρέξει η προσομοίωση. Για παράδειγμα, όταν έχει σχεδιαστεί ένας χώρος 147x162x30 κελιών με μία περιοχή ένθεσης πλάτους 5 (κελιών), το μοντέλο θα τρέξει σε χώρο τουλάχιστον 157x172x30 (άρα εδώ θα επιλεγεί η 180x180x30 έκδοση του προγράμματος).

2.2.2. Αρχεία βάσης δεδομένων

Εκτός από τα δύο βασικά αρχεία που απαιτούνται για κάθε προσομοίωση (αρχείο εισαγωγής περιοχής και αρχείο διαμόρφωσης), το Envi-met πρέπει να διαθέτει και πολλές πρόσθετες πληροφορίες για τις επιφάνειες, τα φυτά ή τις πηγές εκπομπής στο μοντέλο.

Για όλα αυτά τα στοιχεία, η διαδικασία που ακολουθείται από το Envi-met είναι η ίδια: Κάθε στοιχείο που περιλαμβάνει μια βάση δεδομένων καθορίζεται από μια αλφαριθμητική ταυτότητα δύο χαρακτήρων (π.χ. "a0"). Όποτε οι πληροφορίες πρέπει να συνδεθούν με μια βάση δεδομένων, αναφέρονται σε αυτήν την ταυτότητα. Για παράδειγμα, εάν έχουν καθοριστεί φυτά με το όνομα "a0" στη βάση δεδομένων, με αυτό ακριβώς το όνομα θα εισαχθούν στο πλέγμα στο αντίστοιχο σημείο.

Τα αρχεία βάσεων δεδομένων προορίζονται να είναι καθολικής χρήσης αρχεία που αποθηκεύονται στον κατάλογο `\sys.basedata` του Envi-met και χρησιμοποιούνται για κάθε προσομοίωση και για όλες τις εφαρμογές του προγράμματος. Συνεπώς, φυτά αποκαλούμενα "a0" χρησιμοποιημένα στην προσομοίωση X θα είναι τα ίδια φυτά στην προσομοίωση Y, εκτός αν αλλάξει η βάση δεδομένων μεταξύ των προσομοιώσεων.

Αν σε μία προσομοίωση πρέπει να χρησιμοποιηθούν επιπλέον φυτά για παράδειγμα, η αντίστοιχη βάση δεδομένων θα πρέπει να εμπλουτιστεί. Τα αρχεία αυτά είναι διαμορφωμένα με χαρακτήρες ASCII και συμπληρώνονται σαν ένα απλό αρχείο txt, ωστόσο χρειάζεται αυστηρή εφαρμογή των κανόνων βάσει των οποίων γράφονται οι εντολές για να μην προκύψουν σφάλματα. Το ίδιο, άλλωστε, συμβαίνει και σε οποιοδήποτε προγραμματιστικό περιβάλλον.

2.2.3. Αρχεία εξόδου

Το Envi-met παράγει πολύ μεγάλο αριθμό πληροφοριών για κάθε προσομοίωση. Για την επεξεργασία τους, χρησιμοποιούνται διάφορα προγράμματα όπως Excel, Leonardo κτλ.

Μερικά από τα αρχεία εξόδου είναι απλά ASCII-αρχεία που μπορούν να διαβαστούν από οποιοδήποτε προτιμώμενο λογισμικό, όπως ένα κοινό notepad. Άλλα, ιδίως τα κύρια αρχεία

παραγωγής (.EDI/.EDT), είναι δυαδικά αρχεία που πρέπει να ανοιχθούν με το πρόγραμμα XTtract (παραγωγή ASCII) ή LEONARDO (γραφική απεικόνιση).

2.3. Χρήση του προγράμματος

Η χρήση του Envi-met είναι ιδιαίτερα απλή, αρκεί να ληφθεί υπόψη ότι πρώτα δημιουργούνται ξεχωριστά τα αρχεία .in και .cf τα οποία αφορούν τον εκάστοτε σχεδιασμό και έπειτα ανοίγει το βασικό interface του προγράμματος για τη διεξαγωγή της προσομοίωσης και μόνο. Η σειρά, άλλωστε, είναι χαρακτηριστική και στα εικονίδια της κύριας μπάρας του προγράμματος, που αναλύεται ακολούθως:

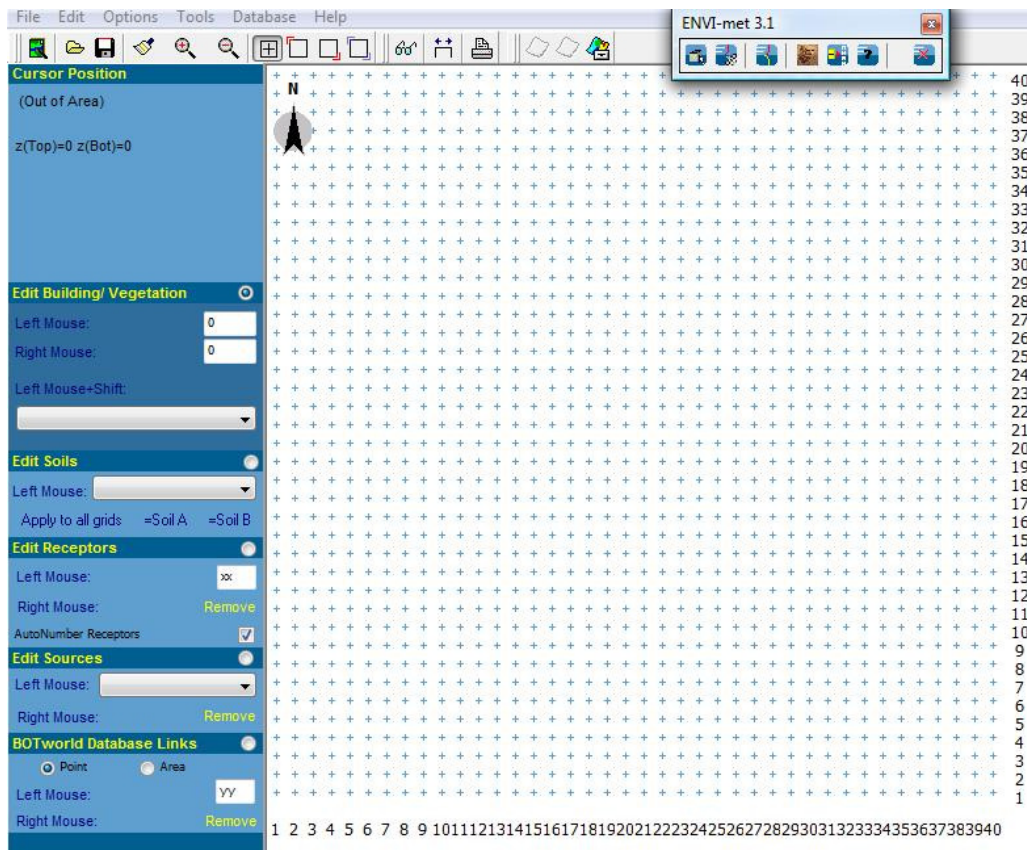
Επιλέγοντας το κύριο εικονίδιο του προγράμματος, βγαίνει το μενού με τα 6 υποπρογράμματα.

2.3.1. Επιλογή 1: Area input file editor

Αρχικά, ανοίγει το πρόγραμμα εισαγωγής περιοχής για δημιουργία του αρχείου .in .

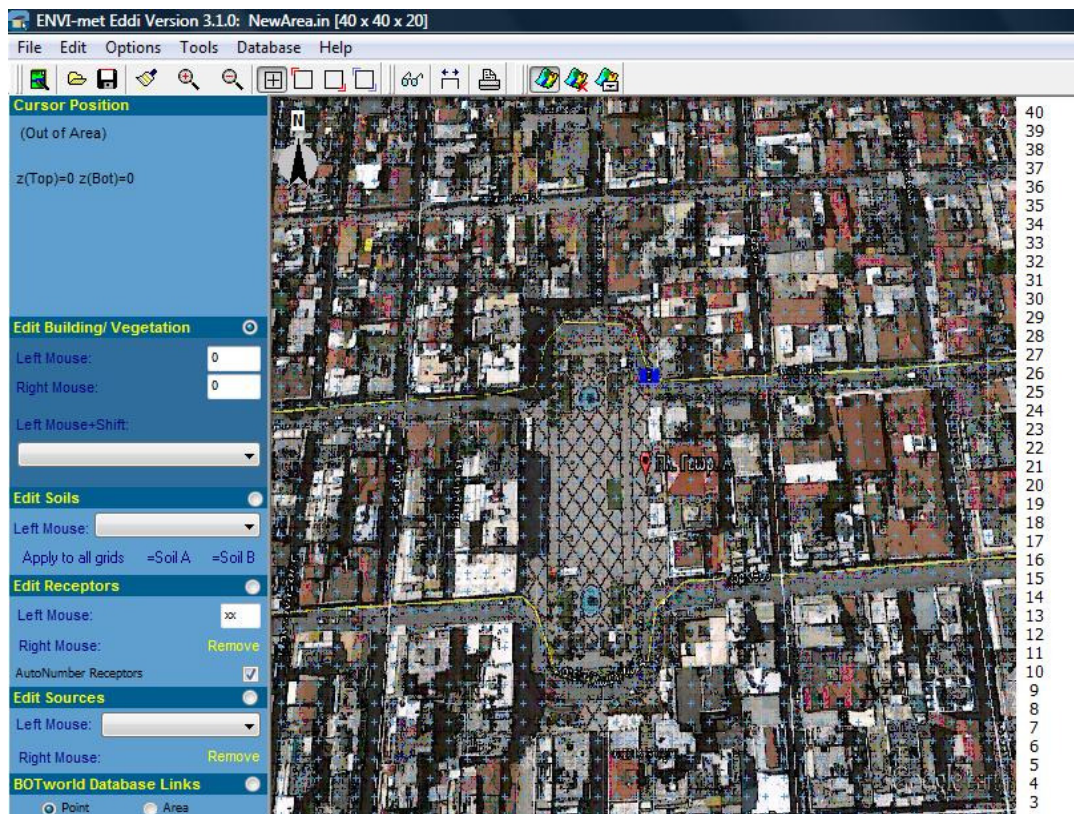
Εισαγωγή γεωμετρικών και γεωγραφικών δεδομένων Παραγωγή αρχείου μοντέλου (.IN)

Η πρώτη εικόνα που εμφανίζεται, είναι ο κάναβος εισαγωγής περιοχής (εικόνα 16).



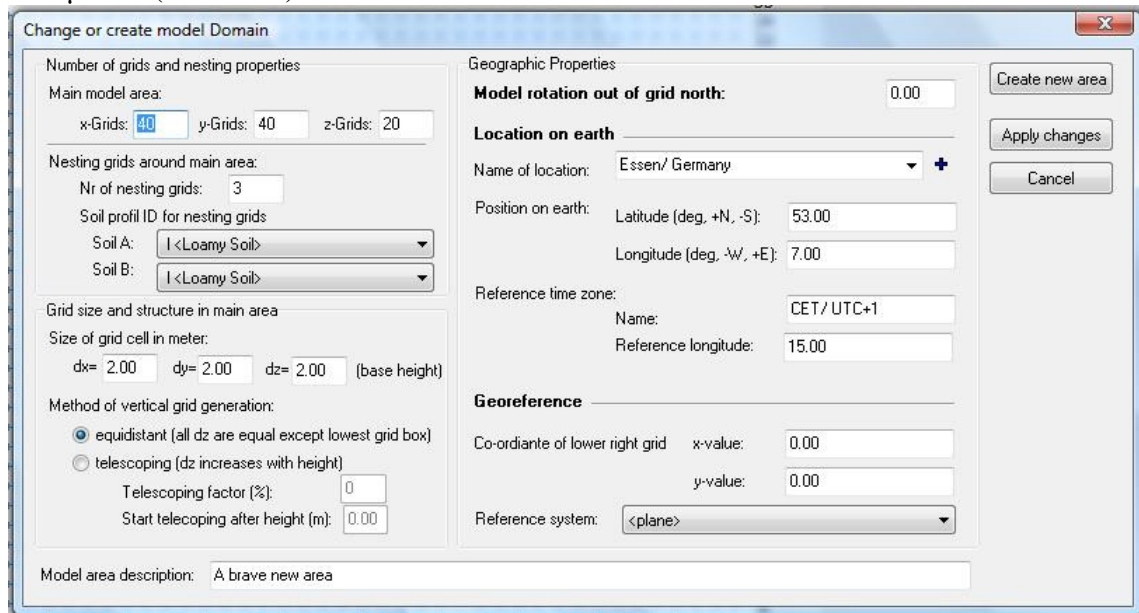
Εικόνα 16. ο κάναβος και το μενού σχεδίασης

Επιλέγοντας από το μενού **File>Change Settings/New Model**, ανοίγουν οι βασικές ρυθμίσεις της περιοχής που πρέπει να συμπληρωθούν πριν ξεκινήσει η απόδοση του χώρου στον κάναβο. Ακολούθως γίνεται η εισαγωγή εικόνας υποβάθρου (εικόνα17).



Εικόνα 17. Εισαγωγή εικόνας υποβάθρου

Κατά τη σχεδίαση του μοντέλου .in , γίνεται και η εισαγωγή γεωμετρικών και γεωγραφικών δεδομένων (εικόνα 18).



Εικόνα 18. Γεωγραφικές και άλλες ρυθμίσεις περιοχής μελέτης.

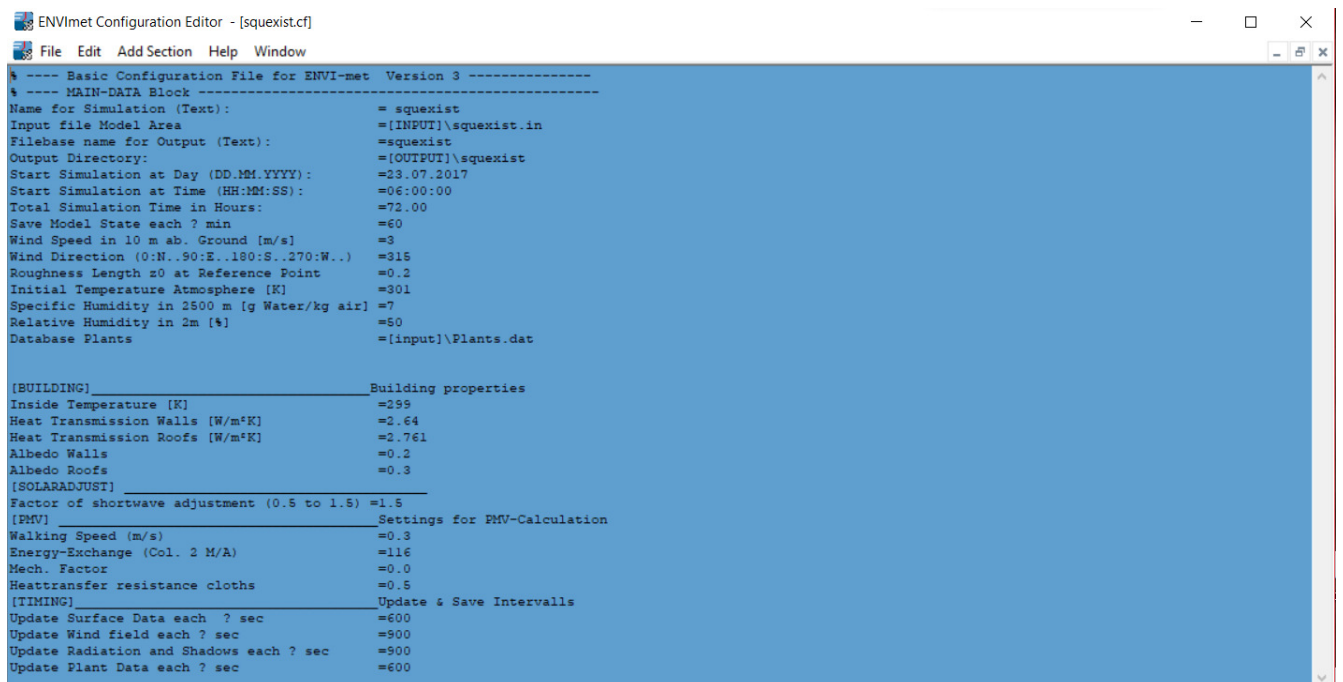
Κατά σειρά εμφάνισης, αυτό που πρέπει να αποδοθεί είναι αρχικά το μέγεθος του καννάβου. Ανάλογα με το μέγεθος της μελετώμενης περιοχής, επιλέγεται το μήκος των κελιών (size of grid cell in meter), και στην επιλογή main model area τοποθετείται ο συνολικός αριθμός των κελιών που θα χρειαστούν κατά μήκος, κατά πλάτος και καθ' ύψος.

Εδώ πρέπει να ληφθεί υπόψη, όπως έχει προαναφερθεί, και ο αριθμός των κελιών της περιοχής ένθεσης, τα οποία μεν δεν εμφανίζονται στον κάρναβο αλλά προσμετρώνται στην προσομοίωση. Άρα πλέον του main model area, ακριβώς από κάτω, θα πρέπει ο χρήστης να ορίσει πόσα κελιά θα χρειαστεί για τη δευτερεύουσα περιοχή ένθεσης, να τα πολλαπλασιάσει επί δύο (αφού περικυκλώνουν τη main area) και αυτό θα είναι το σύνολο των κελιών κατά πλάτος και κατά μήκος.

Στην επιλογή model rotation out of grid north, αν η περιοχή μελέτης είναι υπό γωνία σε σχέση με το Βορρά, μπορεί για ευκολία να περιστραφεί όσο χρειάζεται για να αποδοθεί λεπτομερέστερα στον κάρναβο. Ακριβώς από κάτω, μπορούν να μπουν οι συντεταγμένες και η ζώνη ώρας της περιοχής μελέτης.

2.3.2. Επιλογή 2: Configuration file editor

Το δεύτερο υποπρόγραμμα που ανοίγει, είναι οι ρυθμίσεις για το αρχείο .in που θα αποθηκευτούν σε αρχείο .cf και αφορούν τις βασικές ρυθμίσεις για την εκτέλεση της προσομοίωσης οι οποίες προαναφέρθηκαν (εικόνα 19).



```
ENVI-met Configuration Editor - [squexist.cf]
File Edit AddSection Help Window

% ---- Basic Configuration File for ENVI-met Version 3 ----
% ---- MAIN-DATA Block ----
Name for Simulation (Text):           = squexist
Input file Model Area                 = [INPUT]\squexist.in
Filebase name for Output (Text):     = squexist
Output Directory:                    = [OUTPUT]\squexist
Start Simulation at Day (DD.MM.YYYY): = 23.07.2017
Start Simulation at Time (HH:MM:SS):  = 06:00:00
Total Simulation Time in Hours:       = 72.00
Save Model State each ? min          = 60
Wind Speed in 10 m ab. Ground [m/s]  = 3
Wind Direction (0:N..90:E..180:S..270:W..) = 315
Roughness Length z0 at Reference Point = 0.2
Initial Temperature Atmosphere [K]    = 301
Specific Humidity in 2500 m [g Water/kg air] = 7
Relative Humidity in 2m [%]           = 50
Database Plants                       = [input]\Plants.dat

[BUILDING]                            Building properties
Inside Temperature [K]                 = 299
Heat Transmission Walls [W/m²K]        = 2.64
Heat Transmission Roofs [W/m²K]        = 2.761
Albedo Walls                           = 0.2
Albedo Roofs                           = 0.3

[SOLARADJUST]                          Settings for PMV-Calculation
Factor of shortwave adjustment (0.5 to 1.5) = 1.5
[PMV]
Walking Speed (m/s)                   = 0.3
Energy-Exchange (Col. 2 M/A)           = 116
Mech. Factor                           = 0.0
Heattransfer resistance cloths          = 0.5

[TIMING]                                Update & Save Intervals
Update Surface Data each ? sec         = 600
Update Wind field each ? sec           = 900
Update Radiation and Shadows each ? sec = 900
Update Plant Data each ? sec           = 600
```

Εικόνα 19. Τροποποιήσιμο αρχείο ρυθμίσεων της περιοχής μελέτης.

Όπου χρειαστεί να προστεθούν ειδικές ρυθμίσεις για κάποια κατηγορία, με το Add Section αυτή προστίθεται αυτόματα. Π.χ. [BUILDING] όπου θα υπάρχουν ειδικές κατά περίπτωση τροποποιησιμες ρυθμίσεις για τα κτίρια όπως υλικά, ανακλαστικότητα κτλ.

2.3.3. Επιλογή 3: Start Envi-met

Τρίτη σαν επιλογή εμφανίζεται το άνοιγμα του βασικού interface του Envi-met. Αφού δημιουργηθούν τα αρχεία .in και .cf βάσει των οποίων θα εκτελεστεί η προσομοίωση, επιλέγεται αρχικά το μέγεθος της περιοχής ανάλογα με τα κελιά (συν τα επιπλέον κελιά της nesting area) που χρησιμοποιήθηκαν στον κάνναβο, για παράδειγμα για περιοχή 157x172x30 (μαζί με την περιοχή ένθεσης) επιλέγεται η έκδοση 180x180x30.

Η προσομοίωση ξεκινάει φορτώνοντας το αρχείο ρυθμίσεων .cf (Load model configuration), το οποίο ήδη περιλαμβάνει μέσα στις βασικές του ρυθμίσεις το αρχείο .in με το οποίο θα δουλέψει.

Επιλέγοντας, λοιπόν, Start this Model (εφόσον έχει γίνει και κάποια δικιμή με το Test model configuration και δεν βγαίνει σφάλμα), εκτελείται η προσομοίωση και αυτομάτως δημιουργούνται οι υποφάκελοι και τα αρχεία εξόδου.

2.3.4. Λοιπές επιλογές

Επόμενες επιλογές που δίνει η μπάρα του Envi-met, είναι το πρόγραμμα επεξεργασίας δεδομένων Leonardo, το οποίο δίνει μια καλή οπτικοποίηση των αποτελεσμάτων, και μετά από αυτό, υπάρχει και το πρόγραμμα Xtract που χρησιμοποιείται κυρίως για τη συγκέντρωση και την στατιστική ανάλυσή τους.

Τέλος, διατίθεται αρχείο βοήθειας για το πρόγραμμα (manual) και ως τελευταία επιλογή υπάρχει το πλήκτρο κλεισίματος του προγράμματος.

2.4. Εξαγωγή αποτελεσμάτων

Τα αποτελέσματα των μετεωρολογικών διεργασιών που λαμβάνονται σε .EDI και .EDT ανοίγουν σε γραφικό περιβάλλον όπως το πρόγραμμα LEONARDO που διατίθεται μαζί με το Envi-met.

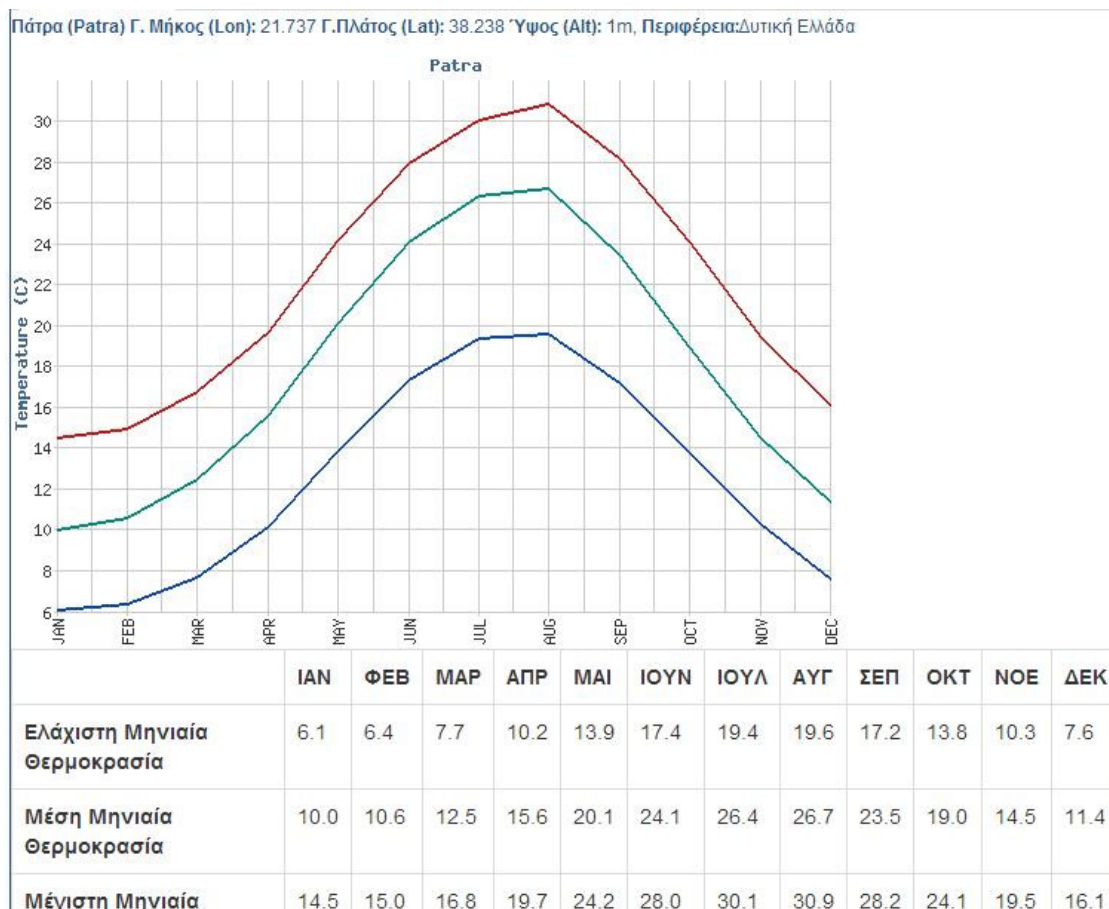
Τα αριθμητικά αποτελέσματα που λαμβάνονται σε .1DT μπορούν να εξαχθούν σε Microsoft Excel.

Κεφάλαιο 3 . ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

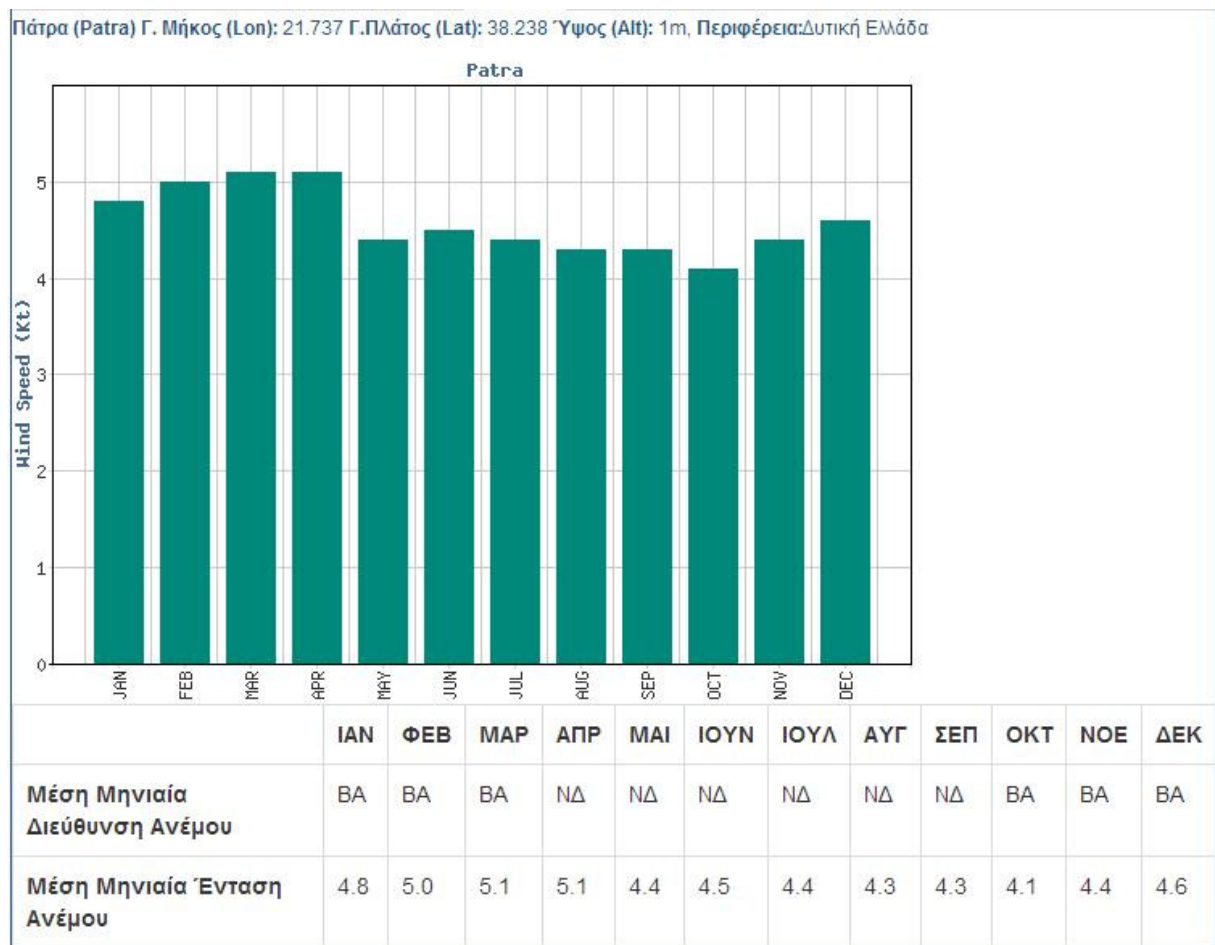
3.1. Κλιματικά δεδομένα

Τα θερμοκρασιακά δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν στο πρόγραμμα προσομοίωσης πάρθηκαν από την ΕΜΥ(εικόνες 20,21,22) .

Τα δεδομένα χρησιμοποιήθηκαν ως αρχικές τιμές εκκίνησης στο λογισμικό προσομοίωσης ώστε τα εξαγόμενα αποτελέσματα να προσεγγίζουν πραγματικές τιμές μετά τις επεμβάσεις που έγιναν. Τα αποτελέσματα περιγράφονται αναλυτικά στη συνέχεια.

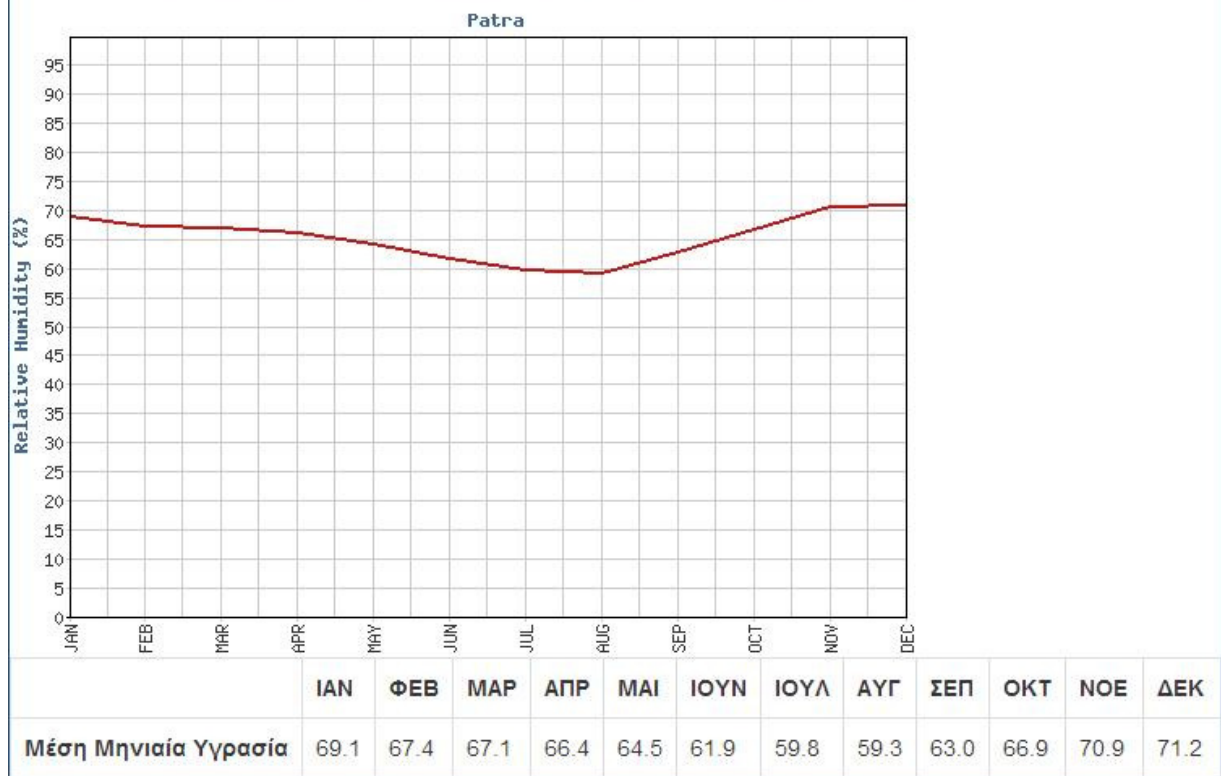


Εικόνα 20.



Εικόνα 21.

Πάτρα (Patra) Γ. Μήκος (Lon): 21.737 Γ.Πλάτος (Lat): 38.238 Ύψος (Alt): 1m, Περιφέρεια:Δυτική Ελλάδα



Εικόνα 22.

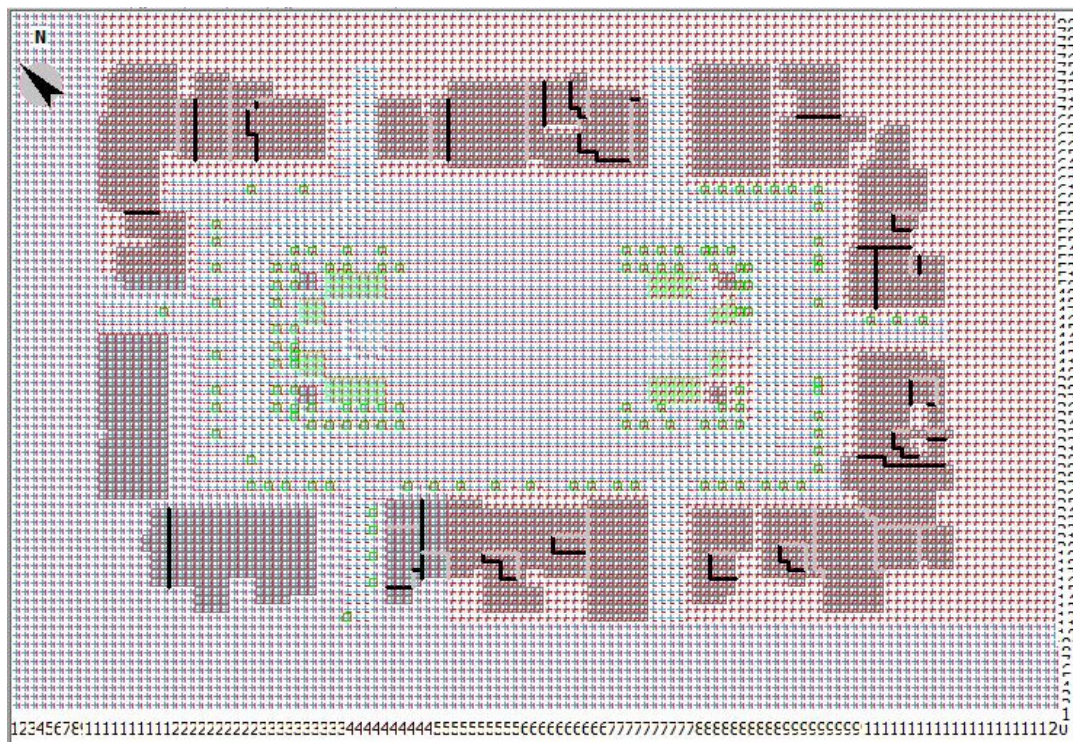
Στην προσομοίωση χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό Envi-met (Version 3.1), στην απεικόνιση της θερμοκρασιακής κατάστασης της περιοχής μελέτης χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό Leonardo που λειτουργεί ως αυτόνομο πρόγραμμα και προορίζεται για το Envi-met.

3.2. Αποτύπωση της περιοχής μελέτης

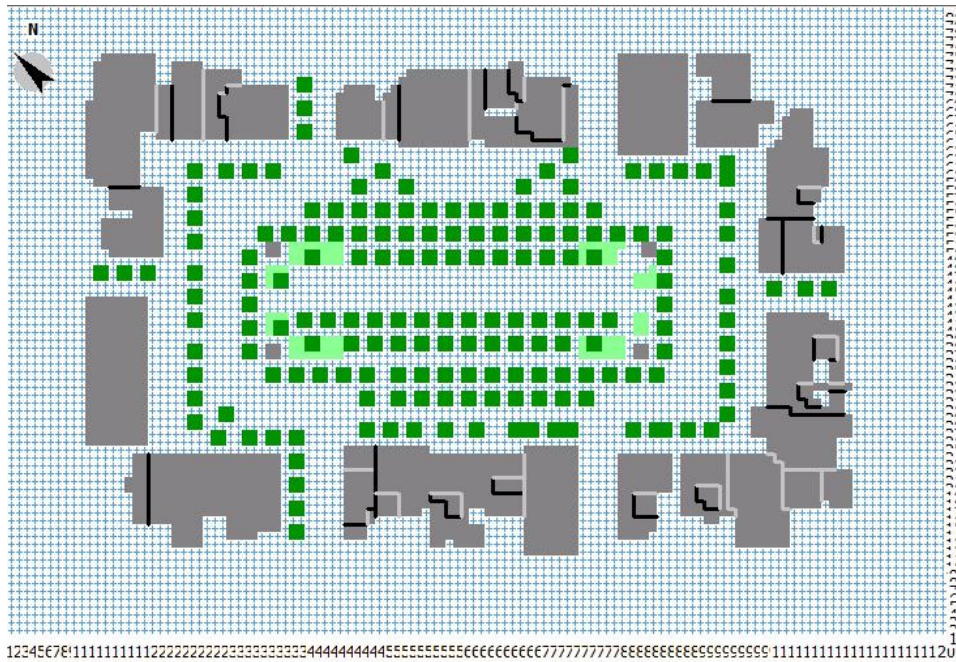
Τα σενάρια που μελετήθηκαν είναι κατά σειρά:

- 1. Η υφιστάμενη κατάσταση της πλατείας, όσον αφορά τα υλικά κάλυψης και τη φύτευση (εικόνα 23)
- 2. Η υφιστάμενη κατάσταση της πλατείας, όσον αφορά τη φύτευση, με τοποθέτηση πλακόστρωσης με υψηλό albedo (εικόνα 25)
- 3. Φύτευση της πλατείας με πρόσθετες δενδροστοιχίες(εικόνα 24)
- 4. Επιπλέον φύτευση των δωματίων των κτιρίων που περιβάλλουν την πλατεία(εικόνα 26)

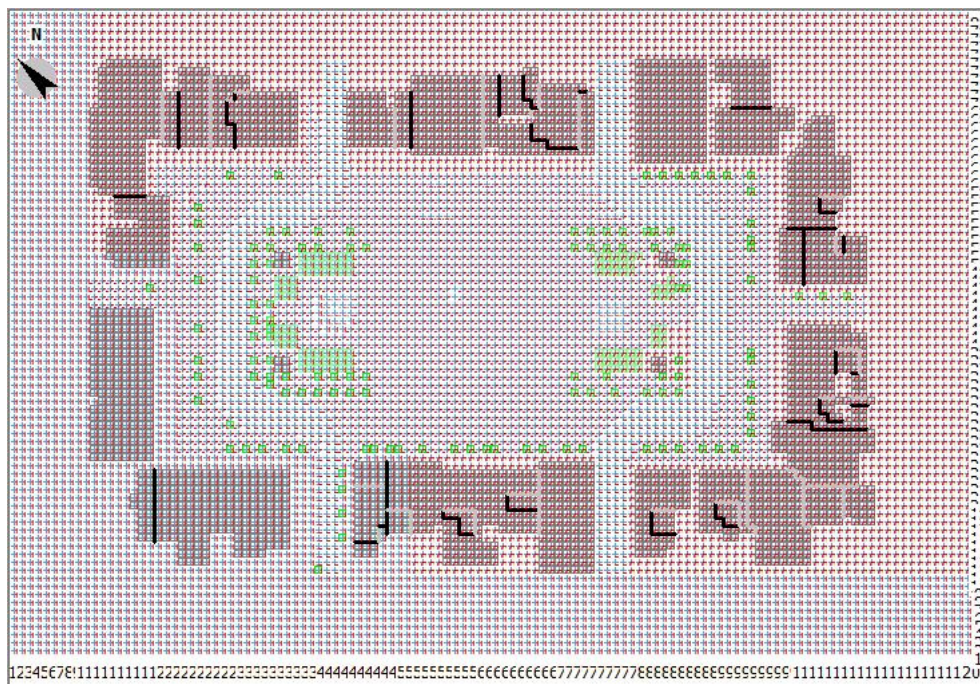
Παρακάτω απεικονίζονται τα μοντέλα για όλα τα σενάρια προσομοίωσης.



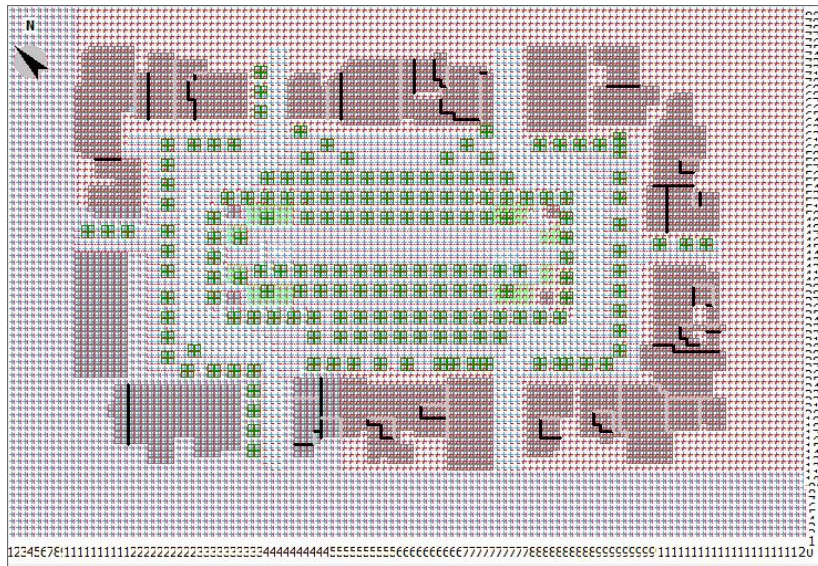
Εικόνα 23. Η υφιστάμενη κατάσταση της πλατείας, όσον αφορά τα υλικά κάλυψης και τη φύτευση



Εικόνα 24. Το Μοντέλο μετά τη φύτευση της πλατείας με πρόσθετες δενδροστοιχίες

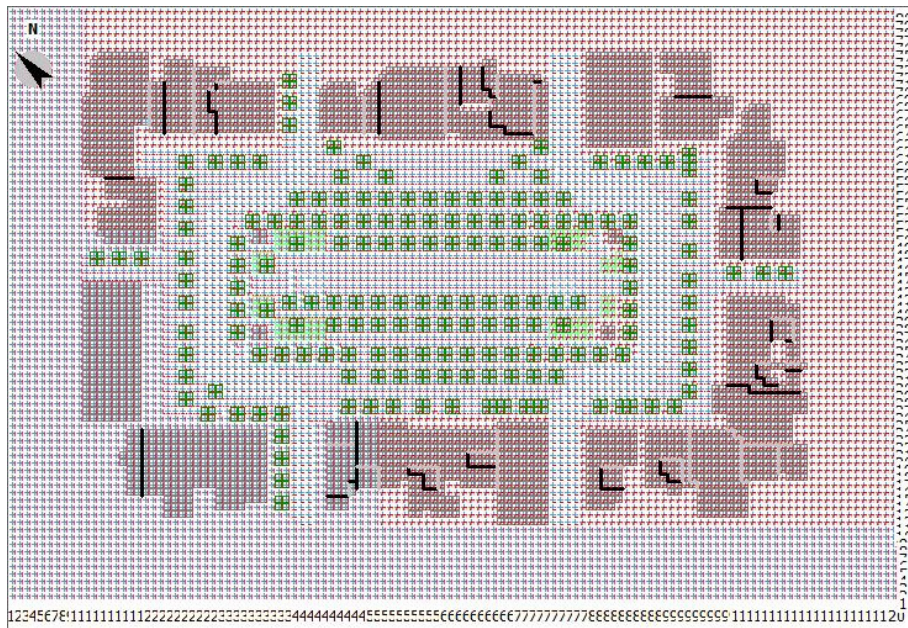


Εικόνα 25. 3.Η υφιστάμενη κατάσταση της πλατείας, όσον αφορά τη φύτευση, με τοποθέτηση πλακόστρωσης με υψηλό albedo



Εικόνα 26. Επιπλέον φύτευση των δωμάτων των κτιρίων που περιβάλουν την πλατεία.

Τέλος σχεδιάστηκε η φύτευση των δωμάτων των κτιρίων που περιβάλουν την πλατεία(εικόνα 27).



Εικόνα 27.

Κεφάλαιο 4: Αποτελέσματα

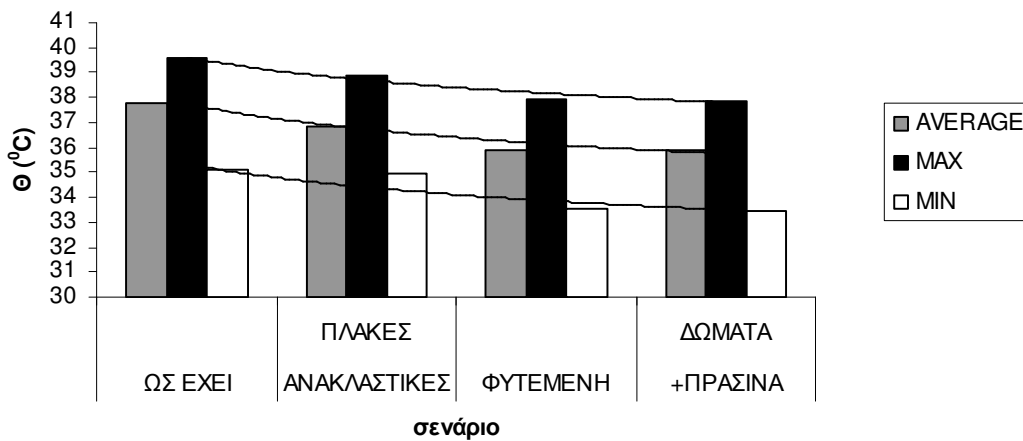
- Οι προσομοιώσεις εξήγαγαν δεδομένα στο φάκελο OUTPUT
- Με τα δεδομένα των προσομοιώσεων και με τη βοήθεια του λογισμικού Leonardo δημιουργήθηκαν χάρτες χωρικών κατανομών θερμοκρασίας αέρα (ισόθερμες περιοχές)
- Επίσης με το λογισμικό EXTRACT τα δεδομένα λήφθηκαν σε μορφή excel
- τέλος υπολογίστηκαν και Δείκτες θερμικής άνεσης του ανθρώπου.

4.1. Θερμοκρασίες που υπολογίστηκαν

Η προσομοίωση κάθε σεναρίου διήρκεσε 72 ώρες, δηλαδή 3 ημέρες και συγκεκριμένα από τις 6πμ της 23^{ης} Ιουλίου έως και την 6πμ της 26^{ης} Ιουλίου. Από τα δεδομένα που παράχθηκαν χρησιμοποιήθηκαν μόνο αυτά της 24^{ης} Ιουλίου, της ενδιάμεσης ημέρας. Παρακάτω στον πίνακα 4.1. και στο διάγραμμα 4.1. παρουσιάζονται οι θερμοκρασίες (μέση όλων των κελιών του κανάβου , μέγιστη, ελάχιστη και η τυπική απόκλιση) στις 2μμ στην Πλατεία, σε ύψος 1,6μ.

Πίνακας 4.1.

	ΩΣ ΕΧΕΙ	ΑΝΑΚΛΑΣΤΙΚΕΣ ΠΛΑΚΕΣ	ΦΥΤΕΜΕΝΗ	+ΠΡΑΣΙΝΑ ΔΩΜΑΤΑ
AVERAGE	37.76	36.82	35.92	35.87
STDEV	0.81	0.93	1.04	1.06
MAX	39.56	38.89	37.93	37.89
MIN	35.14	34.92	33.57	33.48



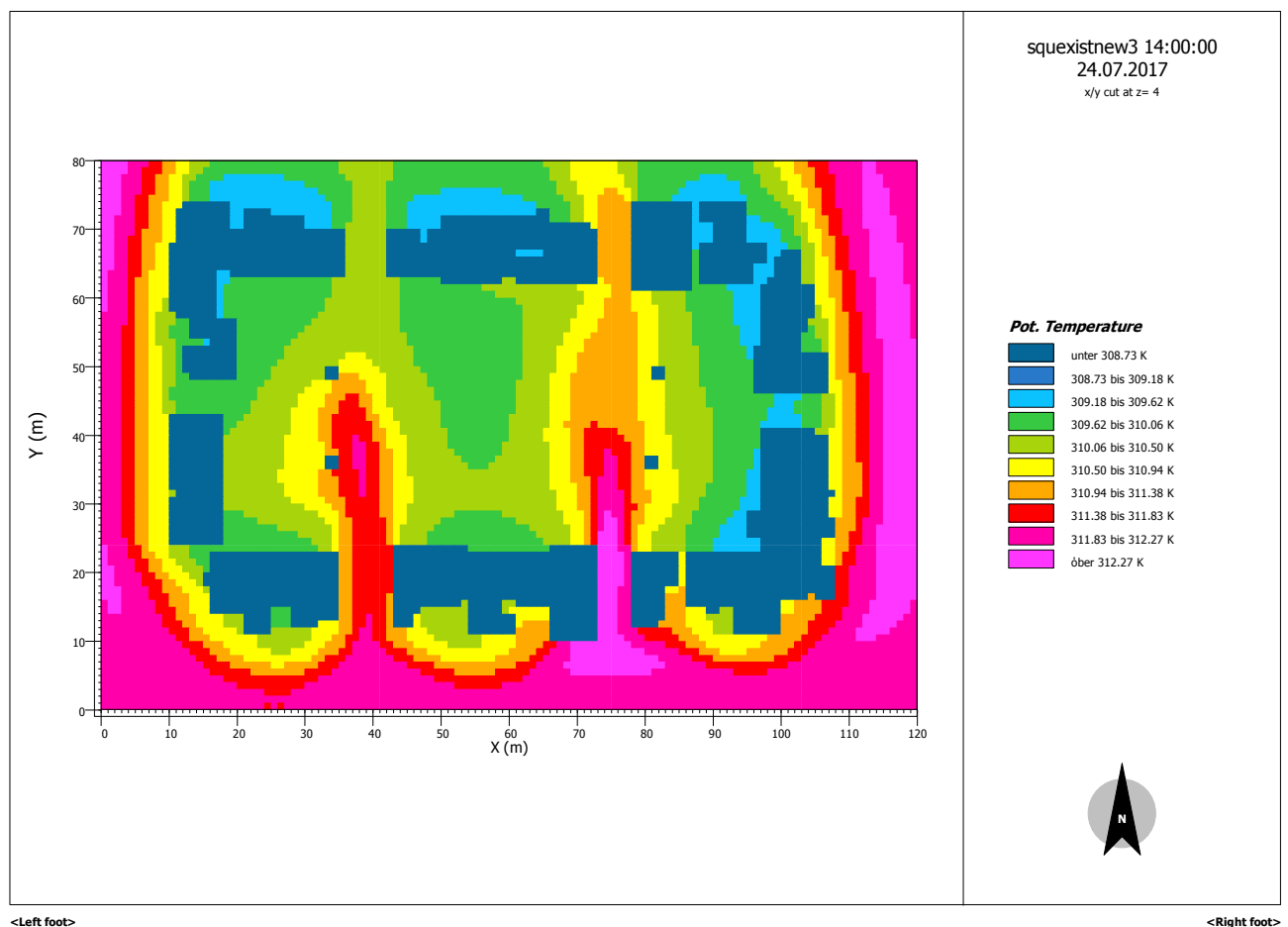
Διάγραμμα 4.1.

Από τον πίνακα 4.1. και το διάγραμμα 4.1., παρατηρούμε τα εξής:

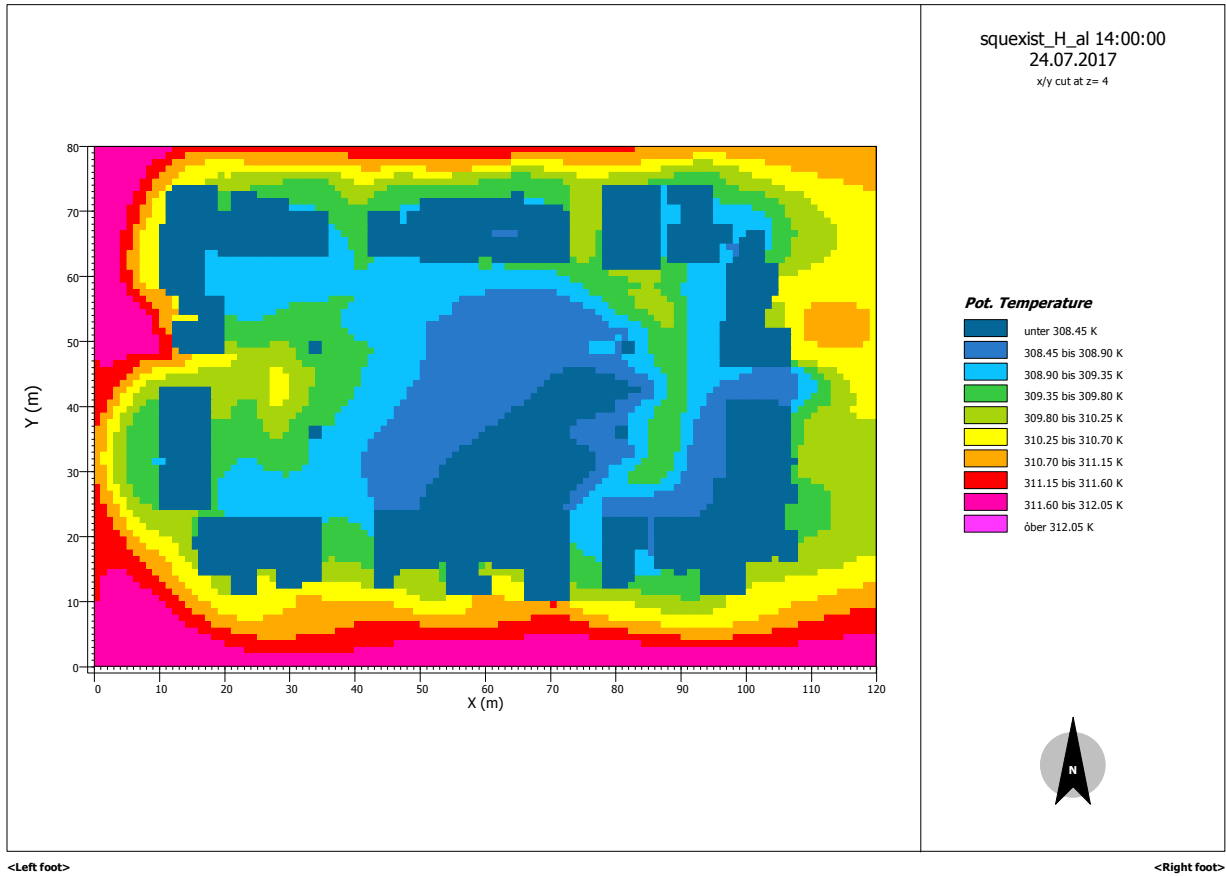
- Η επίστρωση ανακλαστικών πλακών στην πλατεία μείωσε κατά ένα βαθμό τη μέση θερμοκρασία
- Η πυκνότερη φύτευση μειώνει δυνητικά τη θερμοκρασία κατά δύο βαθμούς , ενώ η εγκατάσταση πράσινων δωματών, ελάχιστα βελτιώνει την εικόνα
- Η φύτευση ωστόσο μείωσε την ελάχιστη θερμοκρασία κατά δύομισή βαθμούς, προφανώς στα σκιαζόμενα μέρη, ενώ μείωσε τη μέγιστη θερμοκρασία κατά ένα βαθμό, προφανώς στην ακάλυπτη πλατεία, λόγω του ψυκτικού φορτίου που παράγουν τα δένδρα εξαιτίας της εξατμισοδιαπνοής.
- Η αυξημένη τυπική απόκλιση των τιμών των τετραγώνων του κλίμακα της πλατείας, όταν φυτευτεί, δείχνει ακριβώς αυτό , ότι το πράσινο δημιουργεί αυξημένη θερμοκρασιακή παραλλακτικότητα στο χώρο.

4.2. Ισοθερμικοί χάρτες

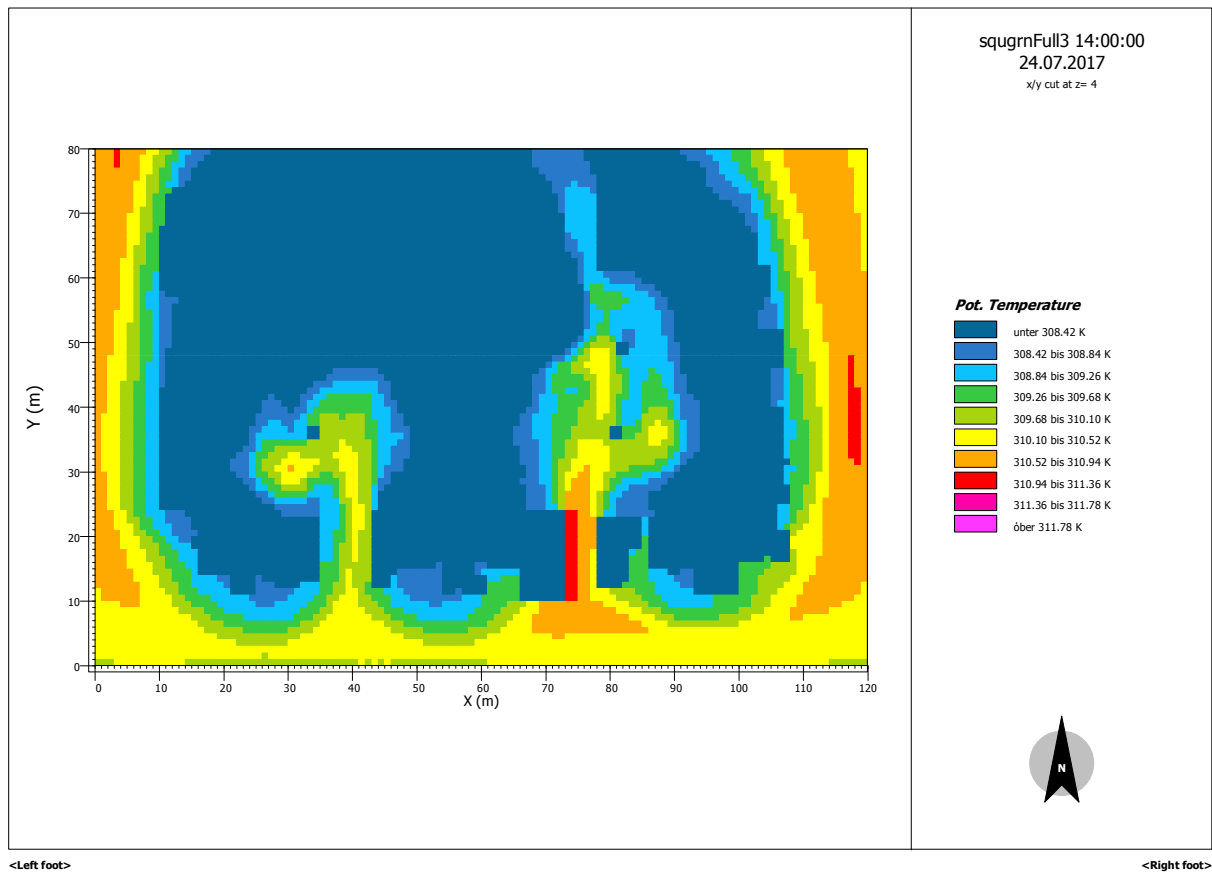
Με τα δεδομένα των προσομοιώσεων και με τη βοήθεια του λογισμικού Leonardo δημιουργήθηκαν χάρτες χωρικών κατανομών θερμοκρασίας αέρα (ισόθερμες περιοχές). Στα διαγράμματα που ακολουθούν (διάγραμμα 4.2., 4.3., 4.4.) απεικονίζονται χρωματικά οι θερμοκρασίες αέρα σε ύψος 1,60μ στην πλατεία (που ορίζεται με σαφήνεια από τις κατόψεις των κτιρίων). Οι λιγότερο θερμές με μπλε που ισούται με 308 K, οι πλέον θερμές με φούξια =312 K. Όλες οι απεικονίσεις έχουν ρυθμισθεί στο ίδιο πεδίο τιμών.



Διάγραμμα 4.2 Χωρική κατανομή θερμοκρασιών στην υφιστάμενη κατάσταση της πλατείας



Διάγραμμα 4.3. Χωρική κατανομή θερμοκρασιών στην πλατεία, μετά την πλακόστρωση με ανακλαστικές πλάκες



Διάγραμμα 4.4. Χωρική κατανομή θερμοκρασιών στην πλατεία, μετά την φύτευση της πλατείας

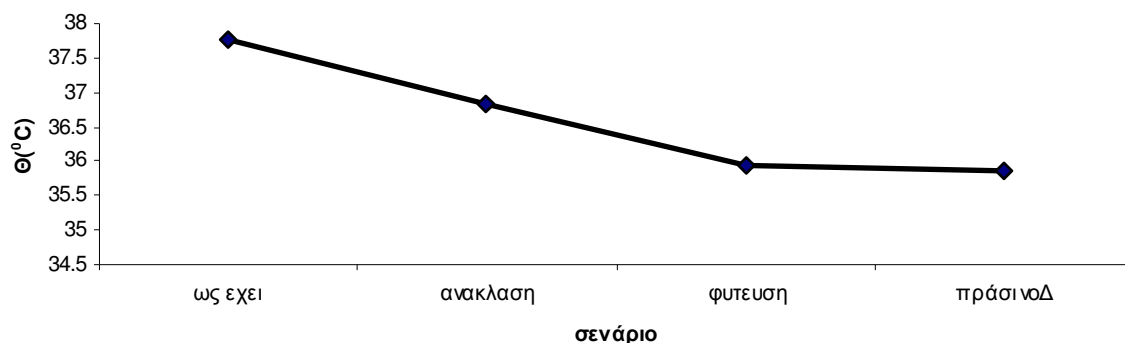
4.3. Υπολογισμοί φυσικών παραμέτρων και Δεικτών

Πίνακας 4.2. Μέσες τιμές κανάβου πλατείας στις 24 Ιουλίου στις 2μμ

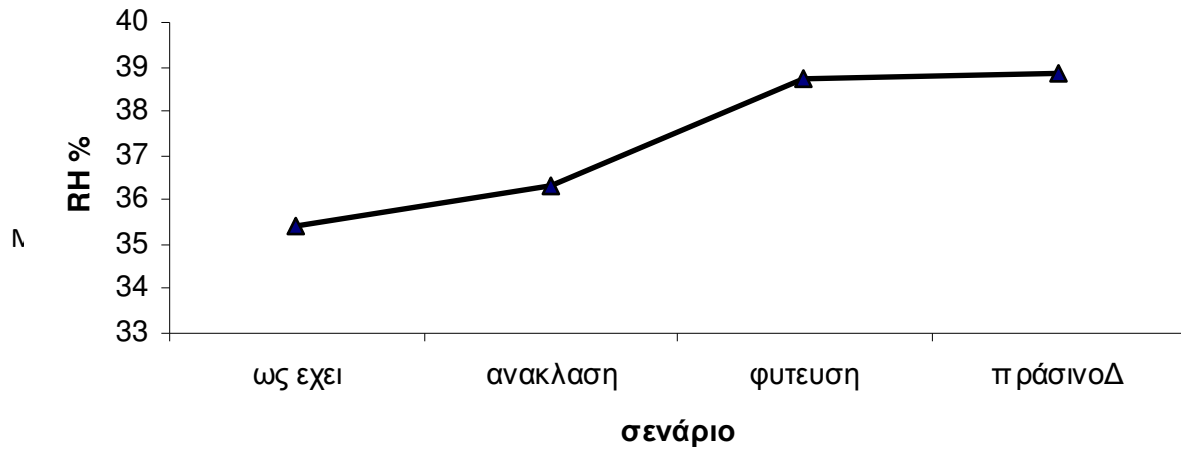
	T (Kelvin)	T(°C)	RH %	VELm/s	SOL wm2	PMV	AMV	THI
ΩΣ ΕΧΕΙ	310.91	37.76	35.4	1.38	1393.06	5.77	0.82	29.50
ΑΝΑΚΛΑΣ	309.97	36.82	36.33	1.33	1381.66	5.72	0.79	29.00
ΦΥΤΕΥΣΗ	309.08	35.93	38.76	1.25	1077.67	4.73	0.75	28.71
ΠΡΑΣΙΝΟ-ΔΩΜΑ	309.02	35.87	38.86	1.25	1076.43	4.71	0.75	28.68

όπου: Τα η θερμοκρασία σε βαθμούς Κέλβιν και Κελσίου, RH% η σχετική υγρασία, VEL η ταχύτητα ανέμου, SOL η ολική ηλιακή ακτινοβολία, PMV ο δείκτης θερμικής άνεσης Προβλεπόμενη Μέση Ψήφος, AMV ο δείκτης θερμικής άνεσης Πραγματική Αίσθηση Θερμότητας και THI ο θερμοϋγρομετρικός δείκτης.

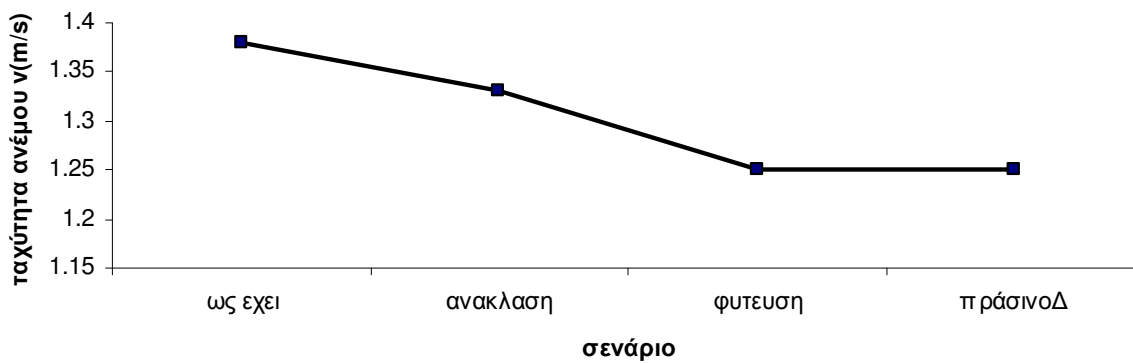
Ακολουθώντας στα διαγράμματα 4.5., 4.6., 4.7., 4.8, 4.9., 4.10., 4.11. , παρουσιάζεται κάθε παράμετρος και δείκτης ξεχωριστά.



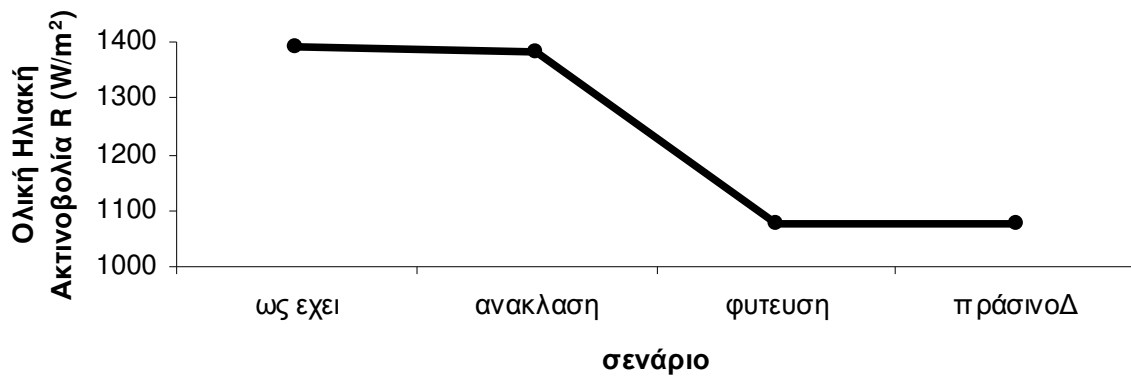
Διάγραμμα 4.5. Μεταβολή της Θερμοκρασίας, για κάθε σενάριο.



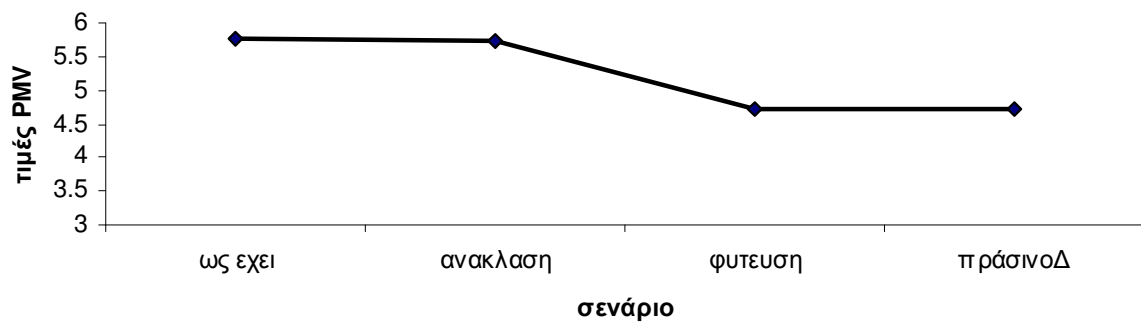
Διάγραμμα 4.6. Μεταβολή Σχετικής Υγρασίας



Διάγραμμα 4.7. Μεταβολή ταχύτητας ανέμου

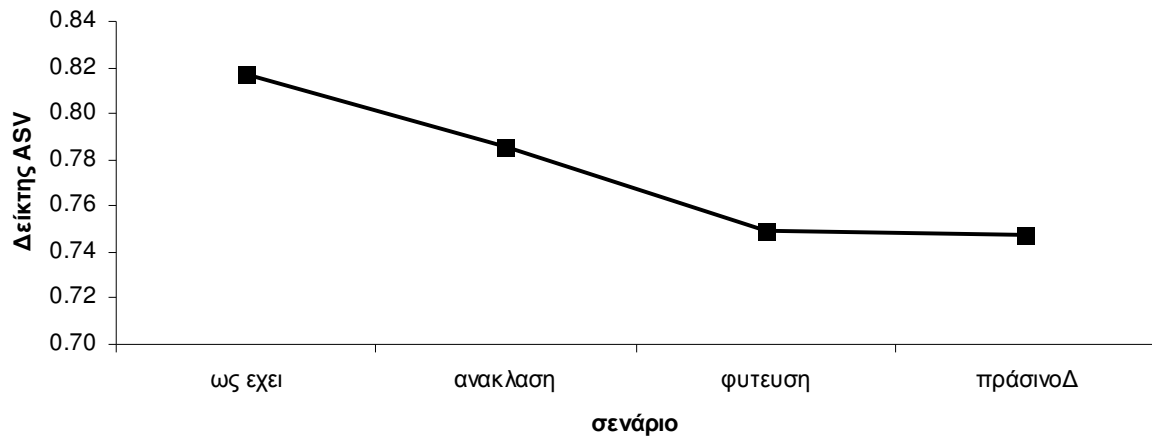


Διάγραμμα 4. 8. Μεταβολή ολικής προσπίπτουσας Ηλιακής ακτινοβολίας



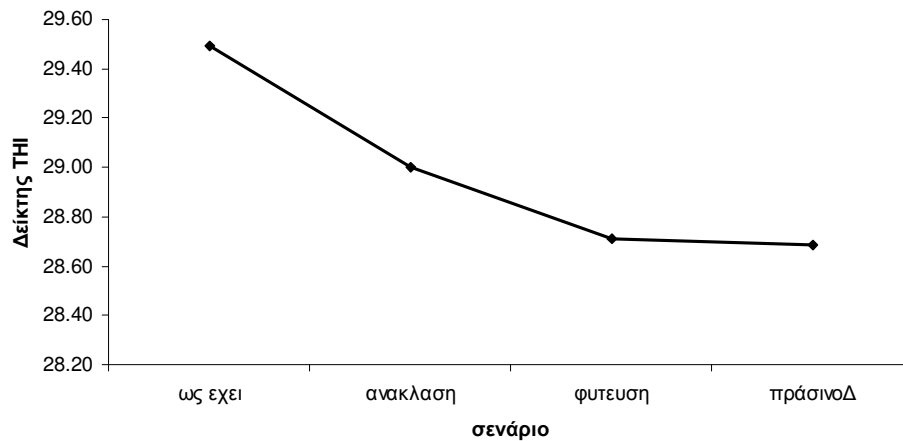
Διάγραμμα 4.9. Μεταβολή δείκτη θερμικής Αίσθησης PMV

Όλες οι τιμές που υπολογίστηκαν, σημαίνουν ένα αφόρητο θερμικό περιβάλλον σε κάθε σενάριο, αν και η αίσθηση αυτή μειώνεται δραματικά με τις φυτεύσεις. Από την άλλη δείχνουν ότι η χρήση του PMV σε ανοικτούς χώρους υπερβάλλει στη αίσθηση θερμικής δυσφορίας.



Διάγραμμα 4.10. Μεταβολή δείκτη θερμικής Αίσθησης ASV

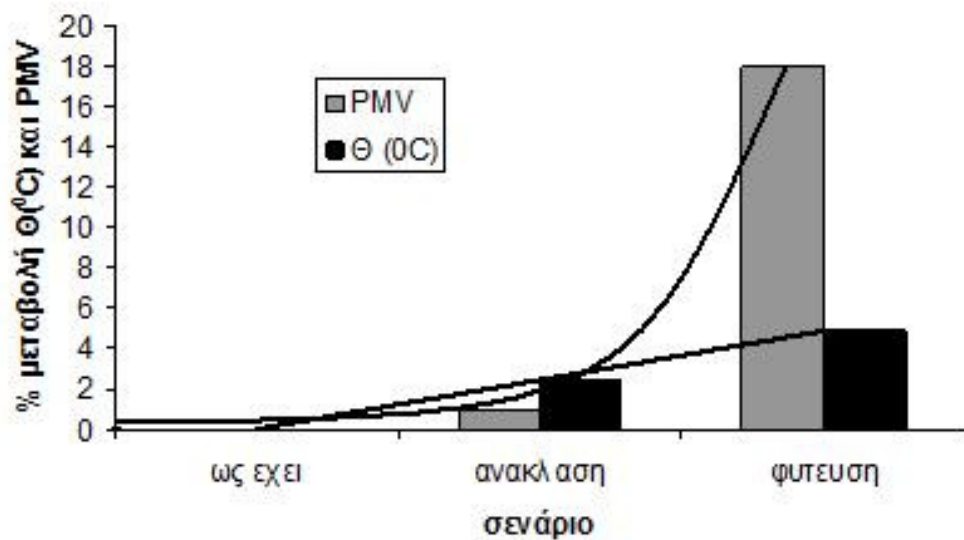
Οι τιμές ASV που υπολογίστηκαν δείχνουν πως η θερμική αίσθηση ενός πλήθους χρηστών, προσδιορίζεται στην κλίμακα του λίγο θερμού για κάθε σενάριο, με σαφή βελτίωση μετά τη φύτευση. Αυτός είναι ένας αισιόδοξος υπολογισμός που δείχνει ότι ο δείκτης ASV κινείται στο άλλο άκρο του PMV ($r=0,27$ μόλις)



Διάγραμμα 4.11. Μεταβολή δείκτη THI

Οι τιμές του δείκτη δείχνουν ότι η πλειοψηφία του πλήθους θα αισθανθεί δυσφορία σε όλα τα σενάρια, αν και στην υφιστάμενη κατάσταση αυτό τείνει να ισχύει για το σύνολο του πλήθους.

Σε όλα τα διαγράμματα μεταβολής των φυσικών παραμέτρων παρατηρούμε μια λίγο πολύ γραμμική μεταβολή από σενάριο σε σενάριο και βασικά για τιμές που βρίσκονται σε ίδια κλίμακα τιμών. Η μεταβολή όμως της θερμικής αίσθησης των χρηστών είναι πιο έντονη και μας υποψιάζει για άλλου είδους καμπύλη. Για το λόγο αυτό παράχθηκαν καμπύλες της ποσοστιαίας μεταβολής της θερμοκρασίας και των δεικτών θερμικής άνεσης, οι οποίες αντιπαραβλήθηκαν στο ίδιο διάγραμμα (4.12.).



Διάγραμμα 12. Σύγκριση συμμεταβολής Θερμοκρασίας και θερμικής άνεσης, %

Το διάγραμμα αυτό δείχνει ότι η θερμική αίσθηση δεν μεταβάλλεται γραμμικά όπως η Θερμοκρασία. Λίγοι βαθμοί μείωσης της θερμοκρασίας μπορούν να σημαίνουν (στην περίπτωση που ο μηχανισμός είναι οι φυτεύσεις) εκθετική βελτίωση της θερμικής άνεσης.

Συμπεράσματα

- Στις συνθήκες μελέτης, η φύτευση δείχθηκε ο επαρκέστερος μηχανισμός για τη μείωση της μέσης θερμοκρασίας αέρα της πλατείας (κατά 2 βαθμούς C), σε ύψος 1,6μ.
- Η πλακόστρωση με πλάκες υψηλής ανακλαστικότητας μείωσε της μέση θερμοκρασία αέρα της πλατείας, σε ύψος 1,6μ. κατά 1 βαθμούς C

Η φύτευση των δωματίων, ελάχιστα συνέβαλε στη μείωση της θερμοκρασίας και στη βελτίωση της θερμικής άνεσης και αυτό αποδίδεται στο μεγάλο ύψος των κτιρίων (24-29μ τα περισσότερα). Η φύτευση των δωματίων πρέπει να μελετηθεί σε ευρύτερη κλίμακα

- Η θερμική αίσθηση δεν συμμεταβάλεται γραμμικά με την Θερμοκρασία. Λίγοι βαθμοί μείωσης της θερμοκρασίας μπορούν να σημαίνουν (στην περίπτωση που ο μηχανισμός είναι οι φυτεύσεις) εκθετική βελτίωση της θερμικής άνεσης

Προτεινόμενες λύσεις: Νέες φυτεύσεις με *Acer pseudoplatanus*, Aceraceae

Το οποίο είναι ένα μεγάλο ιθαγενές (εικόνες 27,28), φυλλοβόλο δένδρο, με σφαιρική κόμη που φτάνει σε διάμετρο τα 20μ και ύψος τα 35μ. Φέρει μεγάλα, πεντάλοβα, πριονωτά, καταπράσινα φύλλα, τα οποία κιτρινίζουν με τον ερχομό του φθινοπώρου. Ανθίζει το Μάιο σε πολυανθείς βότρες με κιτρινοπράσινα άνθη. Ευδοκίμει σε όλους τους τύπους εδαφών. Εξαιρετικά ανθεκτικό δένδρο, που αντέχει σε χαμηλές και υψηλές θερμοκρασίες, σε δυνατούς ανέμους, καθώς και στην αστική ρύπανση. Προτιμά τις καλά ηλιαζόμενες, ή ημισκιαζόμενες θέσεις, αρκεί αυτές να έχουν μεγάλη εδαφική υγρασία. Κατάλληλο για φύτευση σε δενδροστοιχίες και πάρκα.



Εικόνα 28. Φύλλωμα.



Εικόνα 29. Κόμη *Acer pseudoplatanus*

Βιβλιογραφία

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.

Καρτάλης, Κ. 1999. Μετεωρολογία, Εισαγωγή στο Φυσικό και Ανθρωπογενές περιβάλλον. Τόμος Α, κεφ. 4:209-273, ΕΑΠ, 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.

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.

Kalkstein, L.S., 2005. Climate and Human Health. *Encyclopaedia of World Climatology*, pp.

Ευθυμιόπουλος, Η. 2005. Κτίριο και περιβάλλον. Εκδόσεις Παπασωτηρίου, Αθήνα.

407-412. Springer: Dordrecht, Netherlands.

Alexandri, E. and P. Jones. 2006. Sustainable Urban Future in Southern Europe - What about the Heat Island Effect, Proceedings CD of the European Regional Science Association Conference. Volos, Greece.

Papadakis, G., P. Tsamis, and S. Kyritsis. 2001. An experimental investigation of the effect of shading with plants for solar control of buildings. *Energy and Buildings* 33:831-836.

Papafotiou, M., J. Chronopoulos, A. Tsotsios, K. Mouzakis, and G. Balotis. 2004. The impact of Design on traffic noise control in an urban park. Proc. IC on Urban Horticulture. ISHS 2004. *Acta Horticulturae* 643:277-279.

Kotsiris, G., A. Androutsopoulos, E. Polychroni, and P.A. Nektarios. 2012. Dynamic U-value estimation and energy simulation for green roofs. *Energy and Buildings* 45: 240-249.

Κοτσίρης, Γ., 2007, Θερμική άνεση. Εκδόσεις ΙΩΝ, Αθήνα.

Παππάς Β., 2006. Πάτρα: η πολεοδομική φυσιογνωμία της πόλης, Τμήμα Αρχιτεκτόνων Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Πατρών

Βιοκλιματικός σχεδιασμός Περιβάλλον και βιωσιμότητα Ελένη Ανδρεαδάκη University Studio Press, 2006

Γιάννας Ε., Η πλατεία Ομονοίας στο Επίκεντρο του σχεδιασμού των δημοσίων χώρων της Αθήνας, Διπλωματική εργασία 2009

Σχεδιασμός Υπαίθριων Αστικών χώρων με Βιοκλιματικά κριτήρια, Μελέτη του Ανέμου σε Αστικούς χώρους, Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, Αθήνα, 2004

Χριστοδούλου Π., Μελέτη και εφαρμογή τεχνικών εξοικονόμησης ενέργειας σε δημόσιους χώρους και σε χώρους παραγωγής, Διπλωματική εργασία, Πάτρα, 2012