

ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΝΙΚΗΣ ΚΑΙ ΓΕΩΡΓΙΚΗΣ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΑΣ

ΜΙΚΡΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟ – ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΑΣΤΙΚΩΝ ΥΠΑΙΘΡΙΩΝ ΧΩΡΩΝ ΣΕ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΜΕΣΟΓΕΙΑΚΟΥ ΚΛΙΜΑΤΟΣ

ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ
ΑΡΕΤΗΣ Ε. ΤΣΕΛΙΟΥ

ΥΠΟΒΛΗΘΗΚΕ ΣΤΟ ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

ΑΘΗΝΑ 2015

Επιβλέπων: Αν. Καθηγητής Ιωάννης Τσίρος

Στους γονείς μου, Γιώτα και Βαγγέλη
και στην αδελφή μου, Ελπίδα

ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

**ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΑΙΣΘΗΣΗΣ ΣΕ ΑΣΤΙΚΟΥΣ
ΥΠΑΙΘΡΙΟΥΣ ΧΩΡΟΥΣ ΜΕ ΒΛΑΣΤΗΣΗ ΣΕ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΜΕΣΟΓΕΙΑΚΟΥ
ΚΛΙΜΑΤΟΣ**

ΑΡΕΤΗ Ε. ΤΣΕΛΙΟΥ

Συμβουλευτική Επιτροπή

Επιβλέπων:

Ιωάννης Χ. Τσίρος, Αναπληρωτής Καθηγητής Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών

Μέλη:

Αθανάσιος Παλιατσός, Καθηγητής Ανώτατου Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Πειραιά

Γεώργιος Παπαδόπουλος, Επίκουρος Καθηγητής Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών

Εξεταστική Επιτροπή:

Ιωάννης Χ. Τσίρος, Αναπληρωτής Καθηγητής Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών

Αθανάσιος Παλιατσός, Καθηγητής Ανώτατου Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Πειραιά

Γεώργιος Παπαδόπουλος, Επίκουρος Καθηγητής Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών

Γεράσιμος Αράπης, Καθηγητής Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών

Θεόδωρος Καρακώστας, Καθηγητής Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης

Παναγιώτης Νάστος, Καθηγητής Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών

Μαριαλένα Νικολοπούλου, Καθηγήτρια Πανεπιστημίου Kent, Η.Β

Πρόλογος

Η παρούσα διατριβή εκπονήθηκε στο Εργαστήριο Γενικής και Γεωργικής Μετεωρολογίας του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών. Οφείλω ένα θερμό ευχαριστώ στον επιβλέποντα καθηγητή της διδακτορικής μου διατριβής και Διευθυντή του Εργαστηρίου, Αναπλ. Καθηγητή κ. Ιωάννη Τσίρο για την ανεκτίμητη και συνεχή καθοδήγηση, την επιστημονική στήριξη και ηθική συμπαράσταση κατά την εκπόνηση της μελέτης αυτής, καθώς και την άριστη συνεργασία μου μαζί του όλο αυτό το διάστημα, που συνέβαλε καθοριστικά στην ολοκλήρωση και συγγραφή της μελέτης.

Ευχαριστώ θερμά τον Επίκουρο Καθηγητή Γεώργιο Παπαδόπουλο, μέλος της Συμβουλευτικής μου Επιτροπής, για τις πολύτιμες συμβουλές του στο πεδίο της στατιστικής και την αρμονική συνεργασία που είχαμε κατά τη διάρκεια της διατριβής μου. Ένα θερμό ευχαριστώ οφείλω στον Καθηγητή Αθανάσιο Παλιατσό, μέλος της Συμβουλευτικής μου Επιτροπής, που με την πολύτιμη εμπειρία του, τις συμβουλές και τις υποδείξεις του με βοήθησε να βελτιώσω και να αναδείξω τα ευρήματα της μελέτης μου και να τελειοποιήσω το κείμενό μου.

Ένα μεγάλο ευχαριστώ οφείλω στον Δρ. Σπυρίδων Λυκούδη, που κατά τη διάρκεια της διατριβής μου βρισκόταν στη θέση του Ειδικού Τεχνικού Επιστήμονα του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών, για την πολύτιμη συμβολή του στη βαθμονόμηση των μετεωρολογικών οργάνων του φορητού μικροκλιματικού σταθμού που χρησιμοποιήθηκε στις έρευνες πεδίου, αλλά και για τις στοχευμένες παρατηρήσεις του σε όλα τα στάδια της μελέτης μου και την άμεση ανταπόκρισή του. Θα ήθελα ακόμα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στον Δρ. Βασίλειο Ψυλόγλου, Κύριο Ερευνητή του Αστεροσκοπείου Αθηνών και Επιστημονικό Προϊστάμενο του Εργαστηρίου Βαθμονόμησης Μετεωρολογικών Οργάνων για τη βοήθεια που μου παρείχε στα πλαίσια της βαθμονόμησης των μετεωρολογικών οργάνων.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα την Καθηγήτρια του Πανεπιστημίου του Kent κα Μαριαλένα Νικολοπούλου, που παρόλη την απόσταση που μας χώριζε είχε ένα σημαντικό ρόλο στην επιστημονική καθοδήγησή μου σε όλη τη διάρκεια της διατριβής μου και η μεγάλη της εμπειρία πάνω στα ζητήματα της θερμικής αίσθησης με βοήθησαν καθοριστικά στην ολοκλήρωση της προσπάθειας αυτής.

Ευχαριστώ επίσης τα μέλη της Εξεταστικής Επιτροπής της διδακτορικής μου διατριβής για τον πολύτιμο χρόνο που αφιέρωσαν για να μελετήσουν, να αξιολογήσουν και να κρίνουν αυτή την προσπάθεια.

Θα ήταν παράλειψη εάν δεν ευχαριστούσα όλους τους προπτυχιακούς και μεταπτυχιακούς φοιτητές για τη συμμετοχή τους και την πολύτιμη βοήθειά τους κατά τη διάρκεια των ερευνών πεδίου, αλλά ιδιαίτερα την Έλενα Θωμά, τη Βίκη Χριστοπούλου, τη Δήμητρα Ρηγοπούλου, την Ευαγγελία Τσαρτσάλη, τον Χρήστο Χριστοφιλόπουλο, τον Πέτρο Δρυμιλή και το Δημήτρη Ρέππα.

Στο σημείο αυτό, πέρα από ένα μεγάλο ευχαριστώ θα ήθελα να εκφράσω και την αμέριστη εκτίμησή μου σε όλους τους ανθρώπους και φίλους που εργάζονται στο Εργαστήριο Γενικής και Γεωργικής Μετεωρολογίας με τους οποίους ανέπτυξα μία άριστη σχέση κατά τη διάρκεια των ετών αυτών και ο καθένας τους με τον δικό του τρόπο μου παρείχε ηθική υποστήριξη. Ιδιαίτερα θα ευχαριστήσω τον Δρ. Ιωάννη Χαραλαμπίδου που ακούραστα απαντούσε σε κάθε απορία μου που προέκυπτε στα πλαίσια της μελέτης μου.

Τίποτα όμως δεν θα είχε συμβεί εάν δεν είχα τη βαθιά και συνεχή υποστήριξη των δικών μου ανθρώπων, οικογένειας και στενών φίλων που, όχι μόνο με υποστήριζαν αλλά, συνέβαλαν εμπράκτως στην εκπόνηση της διατριβής μου. Με τη συμβολή του πατέρα μου ολοκληρώθηκε η συσκευή στήριξης της φορητής κινητής μονάδας, με τη συμβολή της μητέρας μου και της αδελφής μου έγινε η κωδικοποίηση των δεδομένων ερωτηματολογίου, ενώ οι φίλοι συνέβαλαν μέσω των επισκέψεών τους και της συμμετοχής τους κατά τη διάρκεια των ερευνών πεδίου, πολύ συχνά κάτω από αντίξοες καιρικές συνθήκες.

Περίληψη

Η διερεύνηση και η κατανόηση των συνθηκών θερμικής άνεσης σε αστικούς υπαίθριους χώρους, μπορεί να βελτιώσει τη βιωσιμότητα των δημόσιων χώρων κατά τη διάρκεια περιόδων με υψηλές τιμές θερμοκρασίας και κατ' επέκταση να συμβάλλει στην ανάπτυξη των πόλεων. Για τη δημιουργία ή την ανάπλαση βιώσιμων αστικών υπαίθριων χώρων πρωταρχικός παράγοντας είναι η μελέτη του μικροκλίματος και της θερμικής αίσθησης που διαμορφώνεται σε αυτούς. Η παρούσα διδακτορική διατριβή αποσκοπεί να καθορίσει τις μικροκλιματικές συνθήκες που ευνοούν τη θερμική άνεση σε αστικούς υπαίθριους χώρους στο Μεσογειακό περιβάλλον και στη συνέχεια η γνώση αυτή να αποτελέσει ένα χρήσιμο εργαλείο για το βιώσιμο σχεδιασμό νέων ή την ανάπλαση των υπαρχόντων. Στα πλαίσια αυτής της διατριβής έγινε μία εκτενής προσπάθεια διερεύνησης των συνθηκών θερμικής αίσθησης σε αστικούς υπαίθριους χώρους της Αθήνας. Διερευνήθηκε η επίδραση που ασκούν οι βασικές μετεωρολογικές παράμετροι στη θερμική αίσθηση καθώς και ο βαθμός επίδρασης της κάθε μίας. Διαπιστώθηκε πως ο βαθμός επίδρασης του θερμικού περιβάλλοντος στη θερμική αίσθηση διαφοροποιείται μεταξύ της θερμής και της ψυχρής περιόδου του έτους καθώς ψυχολογικοί παράγοντες και παράγοντες συμπεριφοράς επηρεάζουν τη θερμική αντίληψη των ανθρώπων. Ως εκ τούτου, προσδιορίστηκαν διαφορετικά εύρη αποδεκτών τιμών θερμοκρασίας για κάθε εποχική περίοδο. Τα αποτελέσματα έδειξαν πως αν και οι μικροκλιματικές συνθήκες που διαμορφώνονται κατά τη διάρκεια της ψυχρής περιόδου προσεγγίζουν καλύτερα το αποδεκτό θερμικό περιβάλλον για τους ανθρώπους, εν τούτοις, διαπιστώνεται καλύτερη θερμική προσαρμογή στα θερμότερα περιβάλλοντα. Οι κατηγορίες θερμικής αίσθησης (ATSV) προσεγγίστηκαν με τη χρήση της logistic regression analysis για τη θερμή και τη ψυχρή περίοδο του έτους. Αρχικά εξετάστηκε η θερμοκρασία αέρα ως παράγοντας επίδρασης στη θερμική αίσθηση και στη συνέχεια με την ίδια μέθοδο εξετάστηκε η επίδραση της σχετικής υγρασίας, της ηλιακής ακτινοβολίας και της ταχύτητας του ανέμου αρχικά σε συνδυασμό με τη θερμοκρασία αέρα και στη συνέχεια εξετάστηκε η συνδυασμένη τους επίδραση στη θερμική αίσθηση. Τα αποτελέσματα έδειξαν πως η κατηγορία θερμικής άνεσης χαρακτηρίζεται από ένα μεγάλο εύρος τιμών θερμοκρασίας, μεγαλύτερο από 10°C. Επιπλέον, αυτή η κατηγορία παρουσίασε σε όλες τις περιπτώσεις στατιστική σημαντικότητα στις P-values των υπολοίπων. Τα δύο αυτά ευρήματα υποδεικνύουν πως η θερμική άνεση είναι μια πολύπλοκη διαδικασία και ο παράγοντας της προσαρμοστικότητας παίζει ένα σημαντικό ρόλο σε αυτή την κατηγορία θερμικής αίσθησης. Σε αντίθεση με αυτή την κατηγορία, οι υπόλοιπες ζώνες θερμικής αίσθησης παρουσίασαν στατιστική σημαντικότητα στις P-values των υπολοίπων υποδεικνύοντας πως οι μικροκλιματικές παράμετροι που εξετάστηκαν είναι επαρκείς στον καθορισμό αυτών των κατηγοριών θερμικής αίσθησης. Στην συνέχεια, έξι βιοκλιματικοί δείκτες ευρέως αναγνωρισμένοι

στην επιστημονική κοινότητα, οι Physiological Equivalent Temperature (PET), Universal Climate Thermal Index (UTCI), Predicted Mean Vote (PMV), Standard Effective Temperature (*SET) Physiological strain (PhS), Subjective Temperature (STI), επιλέχθηκαν να αξιολογηθούν ως προς την εκτίμηση θερμικής αίσθησης στο Μεσογειακό περιβάλλον. Τα αποτελέσματα έδειξαν πως τα αποδεκτά εύρη τιμών τους διαφοροποιούνται για το μικρόκλιμα της Αθήνας και μάλιστα αυτά μεταβαίνουν σε υψηλότερες τιμές τόσο για τη θερμή όσο και για τη ψυχρή περίοδο. Για κάθε έναν επαναπροσδιορίστηκε η κλίμακα θερμικής άνεσης ούτως ώστε να ανταποκρίνεται στο Μεσογειακό κλίμα της Αθήνας, ενώ για τον δείκτη UTCI επαναπροσδιορίστηκε όλη η κλίμακα θερμικής του αίσθησης και μάλιστα δημιουργήθηκαν δύο κλίμακες, μία για τη θερμή και μία για τη ψυχρή περίοδο. Η έρευνα πεδίου διεξήχθη σε δύο πλατείες και ένα πάρκο, τα οποία συνιστούν τυπικούς συνοικιακούς υπαίθριους χώρους της πόλης. Στους επιλεγμένους χώρους διεξήχθη η έρευνα πεδίου, που περιλάμβανε την καταγραφή μικροκλιματικών παραμέτρων με τη χρήση φορητού μικροκλιματικού σταθμού μαζί με δομημένες συνεντεύξεις προς τους χρήστες των χώρων, σχετικές με τη θερμική τους αίσθηση αλλά και την εκτίμησή τους για τη διαμόρφωση του χώρου. Η έρευνα πεδίου έλαβε χώρα το χρονικό διάστημα 2010 – 2012 και ολοκληρώθηκε όταν συγκεντρώθηκε επαρκής αριθμός δεδομένων ερωτηματολογίου. Συνολικά συγκεντρώθηκαν δεδομένα από 2313 ερωτηματολόγια. Το περιβαλλοντικό μοντέλο ENVIMET 3.1 εξετάστηκε αρχικά ως προς την δυνατότητά του να προσομοιώνει αξιόπιστα τις μικροκλιματικές συνθήκες που διαμορφώνονται στο Μεσογειακό περιβάλλον προσομοιώνοντας αρχικά έξι τυπικές ημέρες, τρεις ημέρες για τη θερμή περίοδο και τρεις ημέρες για τη ψυχρή περίοδο. Ο έλεγχος αξιοπιστίας με την εφαρμογή του στατιστικού δείκτη απόκλισης της μέσης τετραγωνικής τιμής (RM.SE: Root Mean Square Error) έδειξε πως το μοντέλο είναι κατάλληλο στην προσομοίωση των μικροκλιματικών χαρακτηριστικών που διαμορφώνονται στο Μεσογειακό περιβάλλον. Στη συνέχεια εξετάστηκε αν οι εξεταζόμενοι υπαίθριοι χώροι πληρούν τις αποδεκτές περιβαλλοντικές συνθήκες που ορίστηκαν σε προηγούμενα στάδια της παρούσας έρευνας. Τα αποτελέσματα έδειξαν πως συνθήκες θερμικής δυσφορίας επικρατούν και στις τρεις περιοχές μελέτης κατά τη διάρκεια μίας τυπικής ημέρας της θερμής περιόδου και ειδικά κατά τη διάρκεια των μεσημβρινών ωρών. Από την άλλη μεριά, οι μικροκλιματικές συνθήκες που διαμορφώνονται κατά τη διάρκεια μίας τυπικής ημέρας της ψυχρής περιόδου σε μεγάλο βαθμό βρίσκονται εντός των αποδεκτών τιμών θερμοκρασίας και θερμικής άνεσης. Στη συνέχεια, στην πιο επιβαρυσμένη θερμικά περιοχή προτάθηκαν δύο σενάρια ανάπλασης για τη βελτίωση των συνθηκών θερμικής αίσθησης. Τα δύο σενάρια επικεντρώθηκαν στην προσθήκη βλάστησης και τη μερική αντικατάσταση των υλικών κάλυψης του εδάφους. Επίσης, τα δύο σενάρια εστίασαν στη βελτίωση των συνθηκών θερμικής αίσθησης κατά τη θερμή περίοδο αλλά στη διατήρησή της όσο το δυνατόν κατά τη ψυχρή. Στο ‘Σενάριο 1’ έγινε προσθήκη βλάστησης με φυλλοβόλα δέντρα, τόσης ώστε η συνολική κάλυψη της πλατείας με βλάστηση να αντιστοιχεί στο 30%, ενώ στο ‘Σενάριο 2’ η συνολική κάλυψη της πλατείας με βλάστηση να αντιστοιχεί στο 50%. Πράγματι, τα αποτελέσματα έδειξαν βελτιώσεις

μικρής κλίμακας ειδικά στο ‘Σενάριο 2’ όπου οι προβλεπόμενες συνθήκες θερμικής αίσθησης προσεγγίζουν πλέον τα αποδεκτά εύρη τιμών. Ωστόσο, δεν προτείνεται προσθήκη επιπλέον βλάστησης γιατί ως ένα βαθμό επηρεάζονται οι συνθήκες θερμικής αίσθησης που διαμορφώνονται και κατά τη διάρκεια της ψυχρής περιόδου προσεγγίζοντας πλέον τα κατώτερα αποδεκτά διαστήματα θερμοκρασίας και θερμικής αίσθησης της συγκεκριμένης εποχικής περιόδου. Προσθήκη επιπλέον βλάστησης θα οδηγήσει σε συνθήκες θερμικής δυσφορίας λόγω ψύχους κάτι που δεν είναι επιθυμητό. Ως εκ τούτου, προτείνεται το ‘Σενάριο 2’ για έναν τυπικό αστικό υπαίθριο χώρο του Μεσογειακού κλίματος το οποίο περιλαμβάνει κάλυψη με βλάστηση έως και 50% της συνολικής έκτασης του χώρου με φυλλοβόλα δέντρα και πυκνή φυλλωσιά ύψους πάνω από τέσσερα μέτρα και μερική αντικατάσταση των υλικών κάλυψης του εδάφους με πιο ψυχρά υλικά και πηλώδες έδαφος.

Λέξεις κλειδιά: Θερμική άνεση, προσαρμοστικότητα, βιοκλιματικοί δείκτες, προτάσεις ανάπλασης, βιωσιμότητα αστικού περιβάλλοντος

SUMMARY

The investigation and the understanding of the thermal comfort conditions in public urban areas, may improve the sustainability of open urban spaces, especially during the warm period of the year and, therefore, to contribute to the development of the urban environment. For the creation or the recreation of sustainable outdoor public areas the study and the understanding of the microclimate and the thermal sensation conditions that occur there is of a primary importance. This thesis aims at defining the microclimatic conditions that lead to thermal comfort conditions in the Mediterranean Environment and this knowledge to help in the creation or recreation of outdoor urban areas. In terms of the present dissertation an extensive effort for the investigation of the thermal comfort conditions has been done in open public areas of Athens, a city with Mediterranean climate. The main meteorological parameters that affect the actual human thermal sensation were investigated, as well as, the degree of influence of each parameter in thermal sensation. It was ascertained that there is a differentiation in thermal sensation between the warm and the cool period of the year since psychological and behaviour factors affect the human thermal perception. Thus, there were defined different acceptable ranges of air temperature for each seasonal period. Results showed that despite the fact that the microclimatic conditions that occur during the cool period approach better the acceptable thermal environment of humans, however, it was ascertained a better adaptation in thermal environments. Thermal sensation conditions were analysed under the influence of air temperature, relative humidity, solar radiation and wind speed. Thermal sensation zones (ATSV) were first defined using air temperature as a single parameter affecting thermal sensation. Logistic regression was appropriately used to define each thermal sensation zone. The thermal sensation zones were then determined using a combination of the microclimatic parameters to investigate the extent to which these parameters affect thermal sensation. Results showed that the thermal comfort zone is characterized by a quite wide air temperature range, on the order of more than 10°C. In addition, this zone presents always statistical insignificance in the *P*-values of residuals. These results imply that thermal comfort is a complex situation and adaptation plays an important role as far as this zone is concerned. By contrast, the other thermal sensation zones were found to present statistical significance in the *P*-values of residuals, implying thus that the examined microclimatic parameters seem quite adequate to define these zones. Then, Six well acknowledged bioclimatic indices, namely, Physiological Equivalent Temperature (PET), Universal Climate Thermal Index (UTCI), Predicted Mean Vote (PMV), Standard Effective Temperature (*SET) Physiological strain (PhS), Subjective Temperature (STI), were then examined in their capability to approach the thermal sensation conditions in the Mediterranean environment. Results showed that the acceptable

thermal ranges are differentiated in the Mediterranean environment. More specific, these ranges are transited in higher values in both the warm and the cool period. The thermal comfort range of each one of the examined indices was then modified according to the climatic characteristics of Athens. The thermal sensation scale of UTCI was redefined and there were created two thermal sensation scales, the one corresponds to the cool period and the other to the warm period. The field surveys were conducted between 2010-2012 in three typical urban open spaces of Athens; two squares and one park. The field survey was included both microclimatic measurements and structured questionnaires to the visitors of the examined areas and it was completed when it gathered 2313 questionnaires data. The environmental model ENVI-met 3.1 was examined in terms of its suitability to simulate effectively the microclimatic conditions that occur in the Mediterranean environment. Six days were simulated; three typical days for the warm period and three typical days for the cool period. The statistical method of Root Mean Square Error (RMSE) showed that ENVI-met simulates the microclimate conditions that occur in the Mediterranean environment effectively. Then it was examined whether or not examined areas fulfil the acceptable environmental conditions that were defined previously. Results showed that thermal discomfort conditions occur in all the three study areas during a typical day of the warm period and especially during the midday hours. On the other hand, the microclimatic conditions that occur during a typical day of the cool period fulfil the acceptable environmental conditions for this seasonal period. Then, two improvement 'Scenarios' of thermal sensation were suggested in the most thermal aggravated area which were focused on the greenery addition and the replacing of the ground covering materials. The two 'Scenarios' were focused on the improvement of thermal sensation during the warm period but no alterations were desirable during the cool period since during this period occur acceptable thermal sensation conditions. In 'Scenario 1' the total greenery (deciduous trees) of the square corresponds to the 30% of its total dimensions with in 'Scenario 2' the total greenery (deciduous trees) of the square corresponds to the 50% of its total dimensions. Results showed improvements especially in the 'Scenario 2' where the simulated microclimatic conditions approach the acceptable environmental ranges. However, it is not recommended the addition of more greenery since little alterations occur during the cool period approaching the lower acceptable limits of that period. Thus, it is suggested 'Scenario 2' for a typical Mediterranean urban area, that is 50% greenery of the total dimensions of the area, including deciduous trees with dense foliage and 4-6m height, as well as, partly replacement of ground cover materials with lighter ones and loam soil.

Key words: thermal comfort, thermal adaptation, bioclimatic indices, replacement suggestions, sustainable urban environment

Περιεχόμενα

<i>Πρόλογος</i>	4
<i>Περίληψη</i>	6
<i>Summary</i>	9
<i>Λίστα αρχικών συμβόλων</i>	14
<i>Κεφάλαιο 1 - Βιβλιογραφική ανασκόπηση</i>	16
<i>Κεφάλαιο 2- Σκοπός και δομή της εργασίας</i>	21
<i>Κεφάλαιο 3 – Μεθοδολογία και δεδομένα πεδίου</i>	24
3.1 Εισαγωγή	25
3.2 Περιοχές μελέτης και έρευνες πεδίου	26
3.2.1 Γενικά	26
3.2.2 Έρευνα πεδίου στην πλατεία Ηρώς	28
3.2.3 Έρευνα πεδίου στην πλατεία Αγ. Αντρέα	30
3.2.4 Έρευνα πεδίου στο Άλσος Νέας Φιλαδέλφειας	34
3.3 Καταγραφή περιβαλλοντικών συνθηκών	36
3.4 Καταγραφή θερμικής αίσθησης	38
3.5 Επιλογή και υπολογισμός βιοκλιματικών δεικτών	43
3.6 Περιβαλλοντικά μοντέλα προσομοίωσης στο αστικό περιβάλλον	53
<i>Κεφάλαιο 4. Αποτελέσματα – Συζήτηση</i>	60
4.1 Συσχετίσεις μεταξύ μικροκλίματος και άνεσης	61
4.1.1 Ποσοστιαία κατανομή της γενικότερης κατάστασης άνεσης	61
4.1.2 Κατανομή απαντήσεων στις κατηγορίες πραγματικής θερμικής αίσθησης (ATSV)	62

4.1.3 Ποσοστιαία κατανομή απαντήσεων στις κατηγορίες θερμικής αίσθησης	64
4.1.4 Ποσοστιαία κατανομή απαντήσεων εκτίμησης ηλιοφάνειας	65
4.1.5 Ποσοστιαία κατανομή απαντήσεων εκτίμησης ανέμου	68
4.2 Αξιολόγηση μικροκλιματικών συνθηκών που επιφέρουν θερμική δυσφορία	70
4.3 Επισκευσιμότητα αστικών υπαίθριων χώρων	77
4.4 Αξιολόγηση θερμοκρασίας αέρα	81
4.4.1 Θερμικά αποδεκτό εύρος θερμοκρασιών	81
4.4.2 Στοιχεία θερμικής προσαρμογής	83
4.4.2.1 Η εμπειρία ως παράγοντας προσαρμοστικότητας	83
4.4.2.2 Προσδοκίες στο θερμικό περιβάλλον	85
4.4.2.3 Προτιμώμενη θερμοκρασία	91
4.4.3 Εύρος θερμοκρασιών αέρα για κάθε κατηγορία θερμικής αίσθησης (ATSV)	93
4.5 Αξιολόγηση ανέμου, ηλιοφάνειας και σχετικής υγρασίας	104
4.5.1 Αίσθηση ανέμου και ηλιοφάνειας	104
4.5.2 Αίσθηση σχετικής υγρασίας (RH)	107
4.6 Γενική αξιολόγηση περιβαλλοντικών παραμέτρων στη θερμική άνεση	108
4.7 Προσαρμογή βιοκλιματικών δεικτών στις συνθήκες Μεσογειακού κλίματος	109
4.7.1 Εισαγωγή	109
4.7.2 Θερμικά αποδεκτά διαστήματα τιμών για τους βιοκλιματικούς δείκτες: PET, PMV, SET*, UTCI, STI και PhS	110
4.7.2.1 Ετήσιο θερμικά αποδεκτό εύρος τιμών	110
4.7.2.2 Θερμή περίοδος	112
4.7.2.3 Ψυχρή περίοδος	113
4.8 Προσομοιώσεις	116

4.8.1 Γενικά	116
4.8.2 Ψηφιοποίηση περιοχών μελέτης	117
4.8.2.1 Ψηφιοποίηση πλατείας Ηρούς	117
4.8.2.2 Ψηφιοποίηση πλατείας Αγ. Αντρέα	121
4.8.2.3 Ψηφιοποίηση τμήματος Άλσους Νέας Φιλαδέλφειας	123
4.8.3 Έλεγχοι αξιοπιστίας μοντέλου	126
4.8.4 Σύγκριση συνθηκών θερμικής άνεσης στις τρεις περιοχές μελέτης	146
4.8.4.1 Συνθήκες θερμικής αίσθησης μίας τυπικής ημέρας θερμής περιόδου (24.7.11)	147
4.8.4.2 Συζήτηση προσομοίωσης και αξιολόγησης βιοκλιματικών δεικτών τυπικής ημέρας θερμής περιόδου	150
4.8.4.3 Συνθήκες θερμικής αίσθησης μίας τυπικής ημέρας ψυχρής περιόδου (20.11.10)	151
4.8.4.4 Συζήτηση προσομοίωσης και αξιολόγησης βιοκλιματικών δεικτών τυπικής ημέρας ψυχρής περιόδου	154
4.8.4.5 Συζήτηση προσομοιώσεων στις περιοχές μελέτης	154
4.8.5 Αξιολόγηση προτάσεων παρεμβάσεων – διορθωτικών επεμβάσεων –υπαίθριων ανάπλασης χώρων με βάση βιοκλιματικά κριτήρια	155
4.8.5.1 Συνθήκες Θερμικής άνεσης μετά τις παρεμβάσεις βελτίωσης	157
4.8.5.1.1 Παρέμβαση 1	157
4.8.5.1.2 Παρέμβαση 2	172
<i>Κεφάλαιο 5 – Σύνοψη και συμπεράσματα</i>	189
<i>Κεφάλαιο 6 – Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα</i>	194
<i>Βιβλιογραφία</i>	196
<i>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1 ΒΑΘΜΟΝΟΜΗΣΗ ΟΡΓΑΝΩΝ</i>	206
<i>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2 ΔΕΙΓΜΑ ΔΟΜΗΜΕΝΟΥ ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟΥ</i>	210

ΛΙΣΤΑ ΑΡΧΙΚΩΝ ΣΥΜΒΟΛΩΝ

ASHRAE: American society of heating, refrigerating and air conditioning engineers

ASV: Actual sensation vote

ATSV: Actual thermal sensation zones

LW: Long wave (solar radiation)

PET: Physiological Equivalent Temperature

PhS: Physiological strain

PMV: Predicted Mean Vote

RH: Relative humidity

RM.SE: Root mean squared error

RUROS: Rediscovering the Urban Realm and Open Spaces

***SET:** Standard Effective Temperature

STI: Subjective Temperature

SW: Short wave (solar radiation)

Tair: Air temperature

Tglobe: θερμοκρασία σφαίρας

UTCI: Universal Thermal Climate Index

WSP: Wind speed

Η έγκριση της παρούσας διατριβής υπό του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών δεν υποδηλώνει αποδοχή των γνώμων του συγγραφέα (Ν. 5343/1932 άρθρο 202, παρ.2)

Κεφάλαιο 1

Εισαγωγή – Σύντομη ανασκόπηση βιβλιογραφίας

Η ανάπτυξη και βιωσιμότητα των πόλεων καθώς και οι παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται τυγχάνουν ιδιαίτερης προσοχής τα τελευταία χρόνια από την επιστημονική κοινότητα. Η ανάγκη δημιουργίας βιώσιμων πόλεων επισημαίνεται μέσω επιστημονικών συναντήσεων και συνεδρίων όπως για παράδειγμα το World Urban Forum 5 (UN-Habitat, 2010) και το Sustainable Development and Planning (Wessex Institute of Technology, 2011). Αυτά καθώς και άλλες συναντήσεις προσπαθούν να επικεντρωθούν σε οικονομικές, κοινωνικές και περιβαλλοντικές προσδοκίες για τη βιώσιμη ανάπτυξη των Χωρών. Το φαινόμενο της ραγδαίας αστικοποίησης των πόλεων είναι ένα από τα σημαντικά σημεία συζητήσεων στον αστικό σχεδιασμό και στη βιώσιμη ανάπτυξη, καθώς πολύ συχνά η ραγδαία αστικοποίηση οδηγεί σε αρνητικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Την ίδια στιγμή το IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) υποστηρίζει πως υπάρχουν ισχυρές ενδείξεις ευρείας αποτυχίας ανάπτυξης μίας πολιτικής αστικού σχεδιασμού που θα μπορούσε να ανταποκριθεί επιτυχώς σε μία επερχόμενη κλιματική αλλαγή και επιπλέον τονίζει πως η έλλειψη θεσμικών πλαισίων για τη στήριξη της προσαρμογής σε νέα περιβαλλοντικά καθεστάτα είναι, δυνητικά, ένα σημαντικό εμπόδιο στη διαχείριση της προσαρμοστικότητας μέσω του χωροταξικού σχεδιασμού. Τα τελευταία Παρεμβάσεις κλιματικής αλλαγής δημοσιευμένα από το Centre for Climate Adaptation υποδεικνύουν μία βαθμιαία, συνεχή και σχετικά έντονη αύξηση της θερμοκρασίας στην περιοχή της ανατολικής Μεσογείου της τάξης των περίπου 1-3°C στο άμεσο μέλλον (2010-2039), σε 3-5°C στα μισά του αιώνα και 3.5 - 7°C στο τέλος του αιώνα (2070-2099). Άμεση συνέπεια της αύξησης της θερμοκρασίας θα είναι η αύξηση της συχνότητας ακραίων καιρικών φαινομένων, η αύξηση στη συχνότητα, τη διάρκεια και την ένταση των φαινομένων καύσωνα (heat waves, ένα φαινόμενο που είναι υπεύθυνο για θερμικά stress και άλλες σχετικές με τις υψηλές θερμοκρασίες ασθένειες καθώς και για θανάτους σε ασθενέστερες ομάδες πολιτών), η ένταση της αστικής θερμικής νησίδας και η υποβάθμιση των συνθηκών θερμικής άνεσης σε αστικούς υπαίθριους χώρους. Επιπλέον, ασθένειες και θάνατοι προκαλούμενοι από την ατμοσφαιρική ρύπανση θα τείνουν να αυξηθούν ειδικά κατά τη διάρκεια θερμών περιόδων. Έμμεσα, η αύξηση της θερμοκρασίας θα οδηγήσει σε αύξηση των απαιτήσεων σε ενέργεια καθώς και σε αύξηση της ενεργειακής κατανάλωσης για air conditioning. Έως τώρα το αστικό μικρόκλιμα και η πραγματική θερμική άνεση δεν έχουν ληφθεί σοβαρά υπόψη στον αστικό σχεδιασμό. Προκειμένου να ελαχιστοποιηθούν οι αρνητικές συνέπειες μίας επερχόμενης κλιματικής αλλαγής στις πόλεις, είναι σημαντικό οι επιστήμες που εμπλέκονται στον αστικό σχεδιασμό, όπως η βιοκλιματολογία, η μετεωρολογία και η αρχιτεκτονική να δημιουργήσουν συνδέσμους μεταξύ του μικροκλίματος, της θερμικής άνεσης, της προσαρμοστικότητας και του αστικού σχεδιασμού.

Ως εκ τούτου, τελευταία παρουσιάζεται έντονο ενδιαφέρον στη διερεύνηση των περιβαλλοντικών παραγόντων που επηρεάζουν, καθορίζουν ή μεταβάλλουν τη θερμική αίσθηση των ανθρώπων στους αστικούς υπαίθριους χώρους. Η θερμική άνεση στους ανοιχτούς δημόσιους χώρους αποτελεί ένα σημαντικό θέμα στην επιστημονική κοινότητα, δεδομένου πως η έντονη αστικοποίηση και τα διάφορα περιβαλλοντικά θέματα όπως η κλιματική αλλαγή, η περιβαλλοντική ρύπανση κ.τ.λ., βάζουν σε ρίσκο την ποιότητα ζωής των πόλεων. Η αξία των αστικών υπαίθριων χώρων είναι

πέραν κάθε αμφιβολίας. Πράσινοι αστικοί υπαίθριοι χώροι όπως πάρκα και πλατείες συμβάλλουν σημαντικά στη μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων και ταυτόχρονα συνεισφέρουν ως ελκυστικοί προορισμοί για δραστηριότητες χαλάρωσης και άλλες κοινωνικές και πολιτιστικές δραστηριότητες. Ωστόσο, η έλλειψη ερευνών παλαιότερων ετών σχετικά με τις συνθήκες θερμικής άνεσης σε αυτούς, καθώς και η χρήση αυτής της γνώσης στην ανάπτυξη νέων ή στην ανάπλαση υπαρχόντων, έχουν ως αποτέλεσμα την παρουσία εγκαταλελειμμένων αστικών υπαίθριων χώρων που ευνοούν την κοινωνική απομόνωση.

Τα τελευταία χρόνια πλήθος ερευνών διεξάγονται ανά τον κόσμο με απώτερο σκοπό να κατανοηθούν και να προσδιοριστούν οι ιδανικές συνθήκες περιβάλλοντος που ευνοούν τη θερμική άνεση όπως για παράδειγμα στην Taiwan (Lin et al. 2010), Ιαπωνία (Ginovi and Noguchi 2004), Σιγκαπούρη (Yang et al. 2013), Equador (Johansson and Yahia 2011), Δαμασκό (Yahia and Johansson 2011). Παρομοίως, ένας μεγάλος αριθμός ερευνών διερεύνησης της θερμικής άνεσης διεξάγεται στην Ευρώπη. Οι Nikolopoulou and Lykoudis, (2006) εξέτασαν τις συνθήκες θερμικής άνεσης επτά Ευρωπαϊκών χωρών στα πλαίσια του project RUROS. Οι Tseliou et al. (2013) και Pantanou et al. (2013) εξέτασαν τις συνθήκες θερμικής άνεσης στο Μεσογειακό κλίμα της Αθήνας, ενώ οι Tsiros et al. (2012) επικεντρώθηκαν στις βιοκλιματικές συνθήκες που διαμορφώνονται σε αστικούς υπαίθριους χώρους της Αθήνας κατά τη διάρκεια της θερμής περιόδου. Οι Knez και Thorsson (2008) εξέτασαν την κουλτούρα των κατοίκων δύο χωρών (Σουηδίας και Ιαπωνίας) ως παράγοντα διαμόρφωσης της περιβαλλοντικής συμπεριφοράς και αντίληψης των επισκεπτών αστικών υπαίθριων χώρων. Όλες οι παραπάνω έρευνες και αρκετές ακόμη έχουν εξάγει χρήσιμες πληροφορίες σχετικά με τις συνθήκες θερμικής αίσθησης. Για παράδειγμα, θερμική δυσφορία μπορεί να προκληθεί λόγω υψηλών θερμοκρασιών που επικρατούν μία καλοκαιρινή ημέρα ή ακόμα λόγω της συνδυασμένης δράσης δυνατού αέρα και χαμηλών θερμοκρασιών που επικρατούν μία κρύα ημέρα του χειμώνα (Ginovi et al., 2004). Ειδικά στις θερμές περιοχές, η θερμική άνεση σε αστικούς υπαίθριους χώρους είναι άμεσα συνδεδεμένη με την ευημερία των κατοίκων καθώς η πιθανότητα να συμβούν συνθήκες θερμικού stress και ασθένειες συνδεδεμένες με την έντονη ζέστη αυξάνουν σε υψηλές τιμές θερμοκρασίας (e.g., Johansson and Emmanuel 2006). Επιπρόσθετα, ένα άνετο θερμικά εξωτερικό περιβάλλον συνεισφέρει θετικά και στο περιβάλλον εσωτερικών χώρων έχοντας ως αποτέλεσμα την μείωση στην κατανάλωση ενέργειας για την ψύξη των χώρων και συνεισφέροντας τελικά στην εξοικονόμηση ενέργειας των κτιρίων (e.g., Tsiros 2010, Tsiros et al. 2012). Η στατιστική επεξεργασία που ακολουθεί την ολοκλήρωση των ερευνών πεδίου έχει δείξει ισχυρή θετική γραμμική συσχέτιση μεταξύ θερμοκρασίας και θερμικής αίσθησης. Για παράδειγμα, η Nikolopoulou and Lykoudis (2006) και Nikolopoulou and Lykoudis (2007) έδειξαν να υπάρχει ισχυρή συσχέτιση μεταξύ μικροκλιματικών συνθηκών και συνθηκών θερμικής άνεσης με την θερμοκρασία και την ακτινοβολία να αποτελούν καθοριστικούς παράγοντες άνεσης σε πέντε Ευρωπαϊκές χώρες. Οι Stathopoulos et al. (2004) έδειξαν πως μεταξύ της θερμοκρασίας, του ανέμου, της σχετικής υγρασίας, και της ηλιακής ακτινοβολίας, η θερμοκρασία έπαιξε τον

σημαντικότερο ρόλο στον καθορισμό των συνολικών επιπέδων άνεσης σε έρευνα που διεξήχθη στο Montreal. Από την άλλη μεριά, τα αποτελέσματα έρευνας που διεξήχθη στο Πανεπιστήμιο Birmingham από τους Metje et al. (2008) παρόλο που υποστήριξε τον κυρίαρχο ρόλο της θερμοκρασίας στη θερμική άνεση, μεταξύ ηλιακής ακτινοβολίας και ανέμου υπέδειξε τον άνεμο ως σημαντικότερο παράγοντα επίδρασης στη θερμική άνεση παρά την ακτινοβολία. Τελικά, οι Tseliou et al. (2013) και Yang et al. (2013), προσπάθησαν να καθορίσουν τα αποδεκτά εύρη θερμοκρασιακών τιμών που συνδέονται με θερμική άνεση σε Αθήνα και Σιγκαπούρη, αντίστοιχα, μέσω ενός μεγάλου όγκου μικροκλιματικών δεδομένων και δεδομένων ερωτηματολογίου.

Για τους παραπάνω λόγους, η κατανόηση και η προσπάθεια ενίσχυσης των συνθηκών θερμικής άνεσης σε αστικούς υπαίθριους χώρους, μπορεί να ενισχύσει τη βιωσιμότητα των δημόσιων χώρων κατά τη διάρκεια περιόδων με υψηλές τιμές θερμοκρασίας και κατ' επέκταση να συμβάλλει στην ανάπτυξη των πόλεων. Αυτό το είδος ερευνών που διερευνά τις συνθήκες θερμικής άνεσης των ανθρώπων παραδοσιακά περιλαμβάνει μικροκλιματικές μετρήσεις με τη χρήση φορητού μικροκλιματικού σταθμού, που έχει τη δυνατότητα να μεταφερθεί εύκολα και άμεσα στο σημείο ενδιαφέροντος και συνεντεύξεις βάση δομημένων ερωτηματολογίων στους επισκέπτες των υπό έρευνα αστικών υπαίθριων χώρων, προκειμένου να διαπιστωθούν οι ευνοϊκές μικροκλιματικές συνθήκες που οδηγούν σε θερμική άνεση (Ahmed 2003, Nikolopoulou and Lykoudis 2006, Eliasson et al. 2007, Oliveira and Andrade 2007, Walton et al. 2007, Tseliou et al. 2013, Pantavou et al. 2013). Δυστυχώς, τα αποτελέσματα των ερευνών αυτών, αν και αξιόπιστα, περιορίζονται να ισχύουν στο κλίμα ή μικρόκλιμα της πόλης/χώρας που διεξάγονται και δε μπορούν να έχουν παγκόσμια εμβέλεια. Προκειμένου να είναι δυνατή η εκτίμηση και πρόβλεψη της θερμικής αίσθησης σε αστικούς υπαίθριους χώρους χωρίς την ανάγκη κοινωνικών ερευνών, περισσότεροι από εκατό βιοκλιματικοί δείκτες έχουν αναπτυχθεί τις τελευταίες δεκαετίες. Έτσι, τις περισσότερες φορές η εκτίμηση της θερμικής αίσθησης που προκύπτει από την επεξεργασία των δεδομένων που συγκεντρώνονται στις κοινωνικές έρευνες συνοδεύεται με την σύγκριση και αξιολόγηση βιοκλιματικών δεικτών (Ahmed 2003, Nikolopoulou and Lykoudis 2006, Eliasson et al. 2007, Oliveira and Andrade 2007, Walton et al. 2007, Tseliou et al. 2010). Γνωρίζοντας πλέον πως η θερμική άνεση επηρεάζεται από ένα πλήθος μη μετεωρολογικών παραμέτρων όπως είναι ο εγκλιματισμός και οι ψυχολογικοί παράγοντες, οι έρευνες δείχνουν πως τα θερμικά μοντέλα δεν αντανακλούν πάντα επιτυχώς τη θερμική αίσθηση των ανθρώπων (Spagnolo and De Dear 2003, Monteiro and Alucci 2006, Tseliou et al., 2010) με αποτέλεσμα η πλειοψηφία αυτών των δεικτών να χρησιμοποιείται σποραδικά για συγκεκριμένους σκοπούς (Krzysztof Blazejczyk 2012). Ως εκ τούτου, οι δομημένες συνεντεύξεις στους χρήστες των υπαίθριων χώρων, εξακολουθούν να αποτελούν έναν παραδοσιακό τρόπο αξιολόγησης της θερμικής αίσθησης και την πιο αξιόπιστη μέθοδο αξιολόγησης της θερμικής αίσθησης, μιας και αντιπροσωπεύουν τη πραγματική θερμική αντίληψη των ανθρώπων για τις συνθήκες περιβάλλοντος. Σε πρόσφατη έρευνα η Nikolopoulou

(2011) υπογράμμισε την σημαντικότητα διεξαγωγής ερευνών πεδίου για την κατανόηση των συνθηκών άνεσης. Από την άλλη πλευρά, η χρησιμότητα των βιοκλιματικών δεικτών είναι καλά αναγνωρισμένη και πολλοί ερευνητές επιδιώκουν τη βελτίωσή τους. Οι Tseliou et al. (2010) εξετάζοντας τους PET (Physiological Equivalent Temperature), Humidex και K σε δεκατέσσερις Ευρωπαϊκές πόλεις (με τη χρήση των δεδομένων που συγκεντρώθηκαν στα πλαίσια του προγράμματος RUROS) έδειξε πως η εκτιμήσεις θερμικής αίσθησης των δεικτών αυτών εξαρτώνται από τα κλιματικά χαρακτηριστικά της περιοχής που εφαρμόζονται και προχώρησε σε τροποποίηση της κλίμακάς τους ώστε να αντιπροσωπεύουν με μεγαλύτερη αξιοπιστία την πραγματική θερμική αίσθηση. Ένας αριθμός επιστημόνων έχουν επιδιώξει την τροποποίηση της αρχικής κλίμακας των βιοκλιματικών δεικτών ώστε να την προσαρμόσουν στα κλιματικά χαρακτηριστικά της περιοχής που εφαρμόζονται. Η Pantanou et al. (2013) τροποποίησε την κλίμακα του UTCI σύμφωνα με το Μεσογειακό κλίμα της Αθήνας ενώ ο Ahmed (2003) καθόρισε τη ζώνη θερμικής άνεσης για τον PET για τα χαρακτηριστικά του κλίματος της Dhaka, Bangladesh. Ένα νέο είδος ερευνητικής προσέγγισης των μικροκλιματικών συνθηκών στον αστικό ιστό χρησιμοποιεί περιβαλλοντικά μοντέλα. Πλέον, η τάση στην έρευνα της αξιολόγησης των αποδεκτών περιβαλλοντικών συνθηκών για τον άνθρωπο χρησιμοποιεί τόσο τις επί τόπου έρευνες πεδίου που περιεγράφηκαν αναλυτικά παραπάνω, όσο και την προσομοίωση των περιβαλλοντικών συνθηκών που διαμορφώνονται στους εξεταζόμενους χώρους (Wang and Ng 2010, Tsitoura et al. 2011). Τα αστικά μικροκλιματικά μοντέλα ποικίλουν εξαιρετικά ως προς τη φυσική τους βάση αλλά και τη χωρική τους ανάλυση. Αναλυτική περιγραφή των περιβαλλοντικών μοντέλων γίνεται στο τελευταίο κεφάλαιο της παρούσας διδακτορικής διατριβής. Οι Ali-Toudert and Mayer (2006) παρείχαν μία λεπτομερή κριτική των πιο διαδεδομένων περιβαλλοντικών μοντέλων. Κατέληξαν πως το ENVI-met (Bruse 1999) είναι το καταλληλότερο για την ανάλυση των συνθηκών θερμικής άνεσης σε αστικές χαράδρες με ανάλυση μικρότερη των 0.5x0.5m και πράγματι, πλήθος ερευνητών τα τελευταία χρόνια επιλέγουν το ENVI-met προκειμένου να προσομοιώσουν την επίδραση της βλάστησης στο αστικό μικρόκλιμα (Christopoulou and Tsiros I. 2014, Ali-Toudert and Mayer 2007, Emmanuel et al. 2007, Fahmy et al. 2009, Fahmy and Sharples 2009, Spangenberg et al. 2008, Yu and Hien 2006, Declat-Barreto et al. 2014). Σε αυτές τις δουλειές, οι ερευνητές προσομοιώνουν ημέρες ενδιαφέροντος στις εξεταζόμενες περιοχές και στη συνέχεια προτείνουν Παρεμβάσεις διαμόρφωσης των εξεταζόμενων χώρων ώστε να προσεγγίσουν τα αποδεκτά εύρη περιβαλλοντικών συνθηκών. Παρ' όλα αυτά, πολύ λίγες ερευνητικές δουλειές συνδυάζουν το σύνολο των ερευνητικών μεθόδων διερεύνησης της θερμικής άνεσης (διεξαγωγή ερευνών πεδίου και αξιολόγηση βιοκλιματικών δεικτών) ώστε να παρέχουν ολοκληρωμένα αποτελέσματα που να ρίχνουν φως σε όλους τους παράγοντες που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη για τη βελτίωση των περιβαλλοντικών συνθηκών στους ανοιχτούς δημόσιους χώρους (Spangenberg et al. 2008, Emmanuel et al. 2007).

Κεφάλαιο 2

Σκοπός και δομή της εργασίας

Συνοπτικά, η παρούσα διατριβή αποσκοπεί να καθορίσει τις μικροκλιματικές συνθήκες που ευνοούν τη θερμική άνεση στο Μεσογειακό περιβάλλον και στη συνέχεια η γνώση αυτή να αποτελέσει ένα χρήσιμο εργαλείο στην ανάπλαση αστικών υπαίθριων χώρων.

Στην παρούσα διδακτορική διατριβή γίνεται προσπάθεια διερεύνησης των μικροκλιματικών συνθηκών που συνθέτουν τη θερμική άνεση σε αστικούς υπαίθριους χώρους της Αθήνας, μίας πόλης με Μεσογειακό κλίμα. Παρά το γεγονός πως και άλλες ερευνητικές εργασίες έχουν διερευνήσει τα ζητήματα θερμικής άνεσης σε ανοιχτούς χώρους της Αθήνας (Nastos and Matzarakis 2013; Shashua-Bar, Tsiros and Hoffman 2012) λίγες μόνο χρησιμοποίησαν πραγματικά δεδομένα θερμικής αίσθησης (Pantavou 2013, Nikolopoulou and Lykoudis 2007). Σε αυτή τη διδακτορική διατριβή εξετάζονται οι βασικές μικροκλιματικές παράμετροι που επιδρούν στη θερμική αίσθηση, ο βαθμός επίδρασης κάθε μιας ξεχωριστά αλλά και το συνολικό αποτέλεσμα του συνδυασμού τους στη θερμική αίσθηση. Επίσης, προσδιορίζονται τα αποδεκτά εύρη θερμοκρασίας για τη θερμή και τη ψυχρή περίοδο του έτους και ακόμα τα εύρη θερμοκρασιακών τιμών που οριοθετούν κάθε κατηγορία θερμικής αίσθησης κάτω από την παράλληλη επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας, της σχετικής υγρασίας και της ταχύτητας του ανέμου. Στην συνέχεια, έξι βιοκλιματικοί δείκτες, οι Physiological Equivalent Temperature (PET), Universal Climate Thermal Index (UTCI), Predicted Mean Vote (PMV), Standard Effective Temperature (*SET) Physiological strain (PhS), Subjective Temperature (STI), ευρέως αναγνωρισμένοι στην επιστημονική κοινότητα επιλέχθηκαν να αξιολογηθούν ως προς την εκτίμηση θερμικής αίσθησης στο Μεσογειακό περιβάλλον. Για κάθε έναν επαναπροσδιορίστηκε η κλίμακα θερμικής άνεσης ούτως ώστε να ανταποκρίνεται στο Μεσογειακό κλίμα της Αθήνας. Για τη διεξαγωγή της έρευνας πεδίου επιλέχθηκαν δύο πλατείες και ένα πάρκο, τα οποία συνιστούν τυπικούς υπαίθριους χώρους της πόλης. Στους επιλεγμένους χώρους διεξήχθη η έρευνα πεδίου, που περιλάμβανε την καταγραφή μικροκλιματικών παραμέτρων με τη χρήση φορητού μικροκλιματικού σταθμού μαζί με δομημένες συνεντεύξεις προς τους χρήστες των χώρων, σχετικές με τη θερμική τους αίσθηση αλλά και την εκτίμησή τους για τη διαμόρφωση του χώρου. Συνολικά συγκεντρώθηκαν δεδομένα από 2313 ερωτηματολόγια και μικροκλιματικά δεδομένα.

Το περιβαλλοντικό μοντέλο ENVIMET 3.1 εξετάστηκε αρχικά ως προς την δυνατότητά του να προσομοιώνει αξιόπιστα τις μικροκλιματικές συνθήκες που διαμορφώνονται στο Μεσογειακό περιβάλλον και στη συνέχεια εφαρμόστηκε για να προσομοιώσει έξι τυπικές ημέρες για τις κλιματικές συνθήκες της Αθήνας, τρεις ημέρες θερμής περιόδου και τρεις ψυχρής περιόδου, με σκοπό να διαπιστωθεί, ενδεικτικά, αν οι εξεταζόμενοι υπαίθριοι χώροι πληρούν τις αποδεκτές περιβαλλοντικές συνθήκες που ορίστηκαν σε προηγούμενα στάδια της παρούσας έρευνας και να προταθούν Παρεμβάσεις αστικού σχεδιασμού που να βελτιώνουν τις υπάρχουσες συνθήκες.

Η διατριβή έχει την εξής δομή:

Στο κεφάλαιο 3 παρουσιάζονται οι ερευνητικές μέθοδοι που χρησιμοποιήθηκαν για τη διερεύνηση της θερμικής αίσθησης στο αστικό περιβάλλον περιλαμβάνοντας την επιλογή των περιοχών μελέτης, την περιγραφή της έρευνας πεδίου (χρήση δομημένων ερωτηματολογίων και φορητής κινητής μονάδας) και την επιλογή των περιβαλλοντικών μοντέλων .

Στο κεφάλαιο 4 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της έρευνας πεδίου περιλαμβάνοντας τη διερεύνηση της θερμικής αίσθησης και των συνθηκών θερμικής άνεσης όπως προέκυψαν από την στατιστική ανάλυση των δεδομένων ερωτηματολογίου και των μικροκλιματικών καταγραφών. Επίσης, παρουσιάζεται η προσαρμογή της κλίμακας των δεικτών στο Μεσογειακό περιβάλλον για τη θερμή και τη ψυχρή περίοδο του έτους και η προσομοίωση της διακύμανσης της θερμικής αίσθησης στις περιοχές μελέτης. Τέλος, με μεθοδολογία απλών παρεμβάσεων παρουσιάζονται οι βελτιώσεις στη διακύμανση της θερμικής αίσθησης στην πιο θερμικά επιβαρυνμένη περιοχή.

Το κεφάλαιο 5 συνοψίζει τα ευρήματα της διατριβής παρουσιάζοντας τα τελικά συμπεράσματα ενώ τέλος στο κεφάλαιο 6 γίνονται προτάσεις για μελλοντικές έρευνες που εστιάζουν στην εξέταση της θερμικής άνεσης στο αστικό περιβάλλον .

Κεφάλαιο 3

Μεθοδολογία και δεδομένα πεδίου

3.1 Εισαγωγή

Ένας μεγάλος αριθμός βιοκλιματικών και θερμοφυσιολογικών δεικτών έχει αναπτυχθεί για την εκτίμηση των συνθηκών θερμικής άνεσης ή δυσφορίας στο εξωτερικό περιβάλλον. Παρόλα αυτά η εκτίμηση της θερμικής αίσθησης από τα θερμικά μοντέλα αντιμετωπίζει έναν αριθμό μεθοδολογικών προβλημάτων καθώς η θερμική άνεση επηρεάζεται από ένα πλήθος μη μετεωρολογικών παραμέτρων όπως είναι ο εγκλιματισμός και οι ψυχολογικοί παράγοντες. Το 2010 οι Tseliou et al. (2010) χρησιμοποιώντας έναν μεγάλο όγκο σχεδόν 10000 δεδομένων ερωτηματολογίου και μικροκλιματικών καταγραφών προερχόμενων από έρευνες που διεξήχθησαν σε επτά Ευρωπαϊκές πόλεις στα πλαίσια του προγράμματος RUROS (Rediscovering the Urban Realm and Open Spaces) εξέτασαν το κατά πόσο οι διαφορές που παρατηρούνται μεταξύ της πραγματικής θερμικής αίσθησης (Actual Sensation Vote, ASV), όπως αυτή προκύπτει από τις αποκρίσεις των ανθρώπων, και της προβλεπόμενης από επιλεγμένα θερμικά μοντέλα σχετίζονται με τη μέση κλιματική θερμοκρασία, ή αν υπάρχουν ενδείξεις μακροπρόθεσμου εγκλιματισμού που να επιδρά στην απόκριση των ανθρώπων για τη θερμική τους αίσθηση. Τα αποτελέσματα έδειξαν πως πράγματι, για κάθε κατηγορία θερμικής αίσθησης οι εκτιμήσεις των εξεταζόμενων δεικτών έδειχναν ισχυρή εξάρτηση με τη μέση κλιματική θερμοκρασία της περιοχής που εφαρμόζονταν ως αποτέλεσμα εγκλιματισμού και θερμικής προσαρμογής. Επιπλέον, η εξάρτηση μεταξύ κλιματικής θερμοκρασίας και θερμικής αίσθησης εξασθενεί στις πιο θερμές κατηγορίες θερμικής αίσθησης ενώ ακόμα και τα διαστήματα/ εύρος κάθε κατηγορίας θερμικής αίσθησης δεν είναι σταθερά. Η προσπάθεια επαναπροσδιορισμού των εξεταζόμενων βιοκλιματικών δεικτών με βάση την μέση κλιματική θερμοκρασία της κάθε περιοχής που εφαρμόζονται οδήγησε μόνο σε μικρές βελτιώσεις.

Από την άλλη πλευρά, η ιδέα της χρήσης των βιοκλιματικών δεικτών στην πρόβλεψη της θερμικής αίσθησης είναι αναμφισβήτητα σημαντική στην ολοκληρωμένη διερεύνηση της θερμικής αίσθησης. Έτσι, προκειμένου στην συνέχεια να είναι δυνατή η εφαρμογή τους στην παρούσα διδακτορική διατριβή για την εκτίμηση της θερμικής αίσθησης στο Μεσογειακό περιβάλλον μετά τις παρεμβάσεις βελτίωσης που προτείνονται, θεωρήθηκε απαραίτητη η προσαρμογή της κλίμακας τους με βάση τη θερμική αντίληψη των κατοίκων της Αθήνας, μίας πόλης με Μεσογειακό κλίμα.

Για τους παραπάνω λόγους διοργανώθηκε εκτεταμένη έρευνα πεδίου για τη διερεύνηση των συνθηκών θερμικής αίσθησης σε επιλεγμένους δημόσιους χώρους της Αθήνας με τη διεξαγωγή κοινωνικών ερευνών που να περιλαμβάνουν τη χρήση δομημένων ερωτηματολογίων σχετικών με τη θερμική αίσθηση ως προς τους χρήστες των περιοχών μελέτης αντιπροσωπεύοντας την πραγματική θερμική αντίληψη των ανθρώπων για τις συνθήκες του περιβάλλοντος. Παράλληλα, με τις κοινωνικές έρευνες κατασκευάστηκε μία φορητή κινητή μονάδα για την επί τόπου καταγραφή των μικροκλιματικών συνθηκών στις περιοχές μελέτης.

3.2 Περιοχές μελέτης και έρευνες πεδίου

3.2.1 Γενικά

Σύμφωνα με την κλιματική ταξινόμηση κατά Köppen, το κλίμα της Αθήνας είναι Μεσογειακό, ήπια υγρό με ξηρά και θερμά καλοκαίρια. Η μέση ημερήσια διάρκεια ηλιοφάνειας κυμαίνεται μεταξύ 4.5 ωρών τον Ιανουάριο και 12 ωρών τον Ιούλιο. Η ετήσια βροχόπτωση είναι 402mm και η υγρή περίοδος ξεκινά από τον Οκτώβριο – Νοέμβριο και διαρκεί τους Χειμερινούς μήνες. Η μέση θερμοκρασία της χειμερινής περιόδου είναι 9.4 °C και της θερινής περιόδου 25.8 °C. Στο λεκανοπέδιο της Αθήνας η επικρατούσα διεύθυνση ανέμου είναι Βόρειο και Βορειοανατολική από το τέλος της θερινής περιόδου, το φθινόπωρο και το χειμώνα και Νότιο - Νοτιοδυτική και Νοτιοδυτική την άνοιξη και αρχές της θερινής περιόδου. Στο λεκανοπέδιο της Αθήνας ο αερισμός είναι γενικά ήπιος ενώ το δομημένο περιβάλλον χαρακτηρίζεται από ανέμους μικρής ταχύτητας (Tsiros and Hoffman 2014, Santamouris et al. 1999). Από αυτή την άποψη, στην περίπτωση της Αθήνας και σε αντίθεση με άλλες πόλεις, η επιρροή του ανέμου μπορεί να μην αποτελεί έναν από τους βασικούς μικροκλιματικούς παράγοντες που επιδρά στη θερμική αίσθηση. Η έρευνα πεδίου της παρούσας διατριβής ξεκίνησε το φθινόπωρο του 2010 και έληξε το καλοκαίρι του 2012. Για τη διεξαγωγή της, επιλέχθηκαν τρεις τυπικοί αστικοί υπαίθριοι χώροι της Αθήνας σε τρεις συνοικίες της. Για τους σκοπούς της έρευνας επιλέχθηκαν δύο πλατείες και ένα πάρκο: η πλ. Αγίου Αντρέα στη Λαμπρινή, η πλ. Ηρούς στην Πετρούπολη και το Άλσος της Ν. Φιλαδέλφειας. Η έρευνα πεδίου εκτελέστηκε σε τακτά χρονικά διαστήματα κατά την προαναφερθείσα χρονική περίοδο, με σκοπό να καταγραφούν τυπικά μικροκλιματικά χαρακτηριστικά της πόλης. Στο σημείο αυτό πρέπει να αναφερθεί πως αν και ο αρχικός σκοπός της έρευνας ήταν να αξιολογηθούν οι συνθήκες θερμικής άνεσης για τις τέσσερις εποχές του χρόνου ξεχωριστά, η περιορισμένη επισκεψιμότητα των ανθρώπων στις περιοχές μελέτης κατά τη διάρκεια του χειμώνα δε θα επέτρεπε αξιόπιστη στατιστική επεξεργασία για τη συγκεκριμένη εποχή. Έτσι, κρίθηκε προτιμότερο το έτος να χωριστεί σε δύο εποχικές περιόδους, τη ψυχρή περίοδο και τη θερμή περίοδο, βάσει του κλίματος της Αθήνας σύμφωνα με το οποίο οι θερμότεροι μήνες είναι από Μάιο έως Σεπτέμβριο και οι ψυχρότεροι από Οκτώβριο έως Απρίλιο (Πίνακας 3.1). Η έρευνα πεδίου στις τρεις περιοχές μελέτης έλαβε χώρα τους μήνες: 05/2012, 07/2011, 09/2011 για τη θερμή περίοδο και τους μήνες 10/2010, 11/2010, 03/2012 για τη ψυχρή περίοδο. Η διάρκεια παραμονής στην εκάστοτε περιοχή μελέτης καθορίστηκε κυρίως από την εποχή του χρόνου αλλά και από την επισκεψιμότητα του χώρου. Τη χειμερινή και φθινοπωρινή περίοδο οι μετρήσεις ξεκινούσαν τις πρωινές ώρες (περίπου στις 09:00LST) και ολοκληρωνόντουσαν τις μεσημβρινές ώρες (περίπου στις 15:00LST), ενώ τη θερμή περίοδο κρίθηκε σκόπιμο μετρήσεις να ληφθούν και τις απογευματινές ώρες (περίπου 17:00-20:30LST) λόγω μικρής επισκεψιμότητας των επισκεπτών κατά τις πρωινές και μεσημβρινές ώρες, που είχε ως αποτέλεσμα να μην είναι δυνατή η συλλογή επαρκούς αριθμού δεδομένων ερωτηματολογίου. Σε κάθε περίπτωση πρωταρχικός σκοπός ήταν να συγκεντρωθεί μεγάλος όγκος

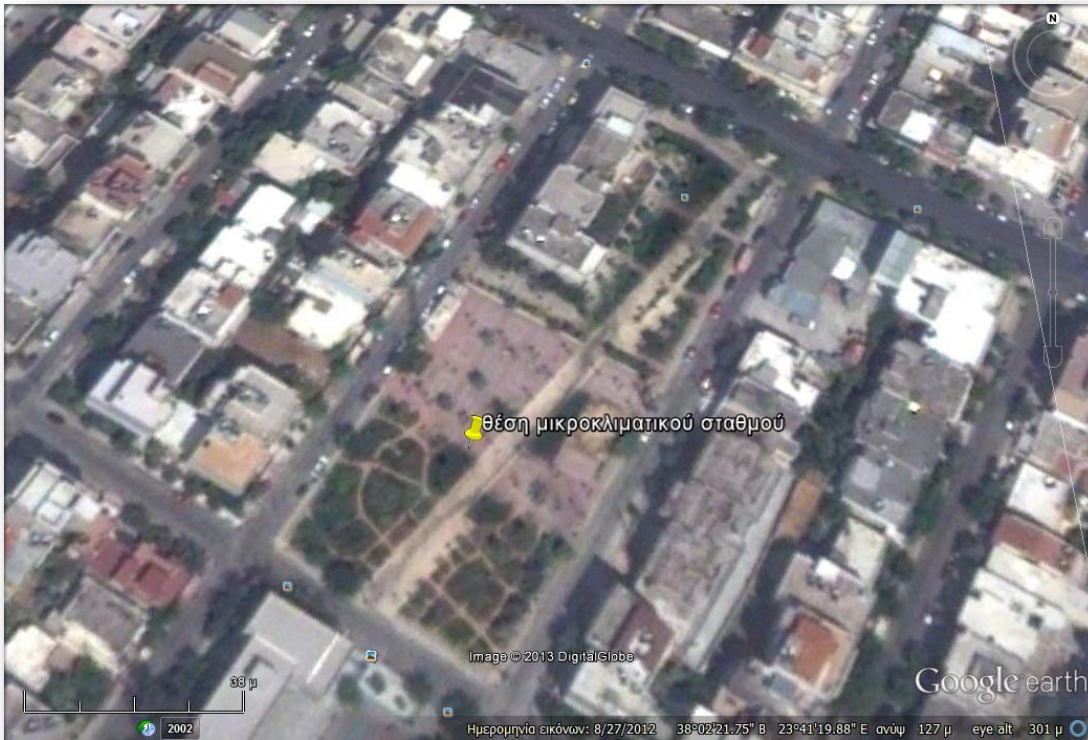
δεδομένων ερωτηματολογίου, ώστε να είναι δυνατή η αξιόπιστη στατιστική επεξεργασία που θα ακολουθούσε. Γι' αυτό το λόγο, η έρευνα πεδίου επικεντρώθηκε τα χρονικά διαστήματα που η προσέλευση των ανθρώπων ήταν έντονη, ωστόσο, καταγραφή μικροκλιματικών δεδομένων έλαβε χώρα και τις υπόλοιπες ώρες της ημέρας για να είναι δυνατή η παρατήρηση της διακύμανσης των μικροκλιματικών παραμέτρων. Ένας φορητός μικροκλιματικός σταθμός κατέγραφε τις μικροκλιματικές συνθήκες, ενώ παράλληλα διεξάγονταν δομημένες ερωτήσεις στους χρήστες των χώρων σχετικά με τη θερμική τους αίσθηση. Η έρευνα πεδίου ολοκληρώθηκε όταν συγκεντρώθηκε επαρκής αριθμός μικροκλιματικών δεδομένων και δεδομένων ερωτηματολογίου. Η τελική βάση δεδομένων αποτελείται από 2313 ερωτηματολόγια με στοιχεία περιβαλλοντικά και συνεντεύξεων.

Πίνακας 3.1 Μέσες μηνιαίες θερμοκρασίας Αθήνας

1ο εξάμηνο	Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μάι.	Ιουν.
Ελάχιστη μηνιαία θερμοκρασία (°C)	5.2	5.4	6.7	9.6	13.9	18.2
Μέση μηνιαία θερμοκρασία (°C)	8.7	9.3	11.2	15.3	20.7	25.6
Μέγιστη μηνιαία θερμοκρασία (°C)	12.5	13.5	15.7	20.2	26.0	31.1
2ο εξάμηνο	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.
Ελάχιστη μηνιαία θερμοκρασία (°C)	20.8	20.7	17.3	13.4	9.8	6.8
Μέση μηνιαία θερμοκρασία (°C)	28.0	27.4	23.3	18.1	13.7	10.3
Μέγιστη μηνιαία θερμοκρασία (°C)	33.5	33.2	29.2	23.3	18.1	14.1

Πηγή: Ελληνική Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία (www.hnm.s.gr)

3.2.2 Έρευνα πεδίου στην πλατεία Ηρούς

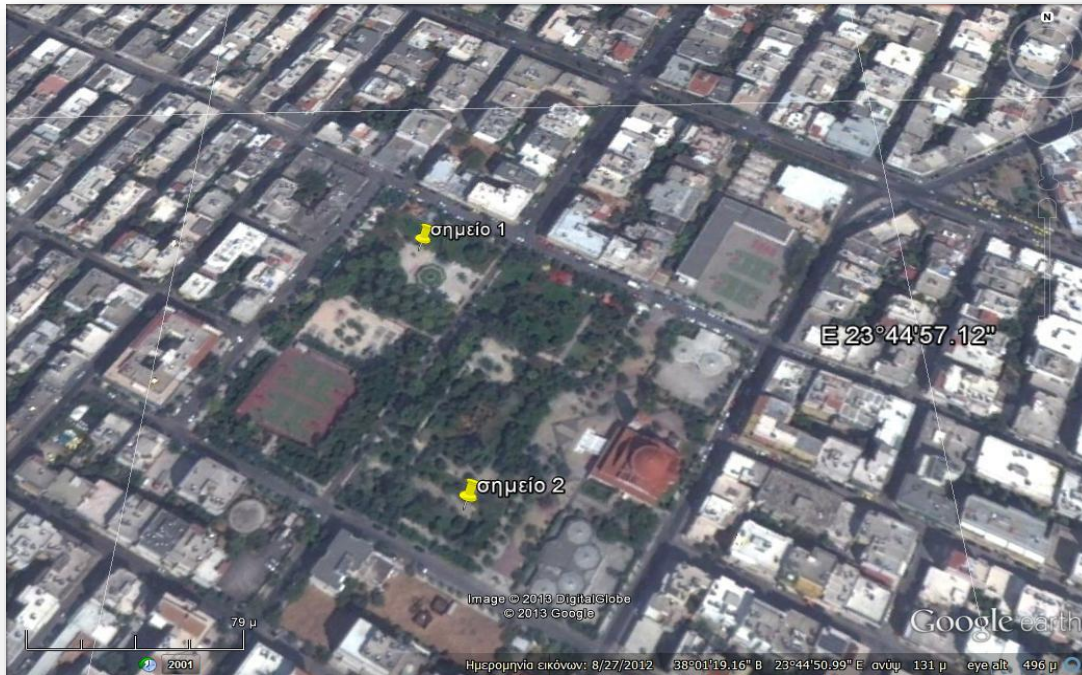


Εικόνα 3.1 Πλατεία Ηρούς, Πετρούπολη (δορυφορική λήψη, www.Wikimapia.org)

Η πλατεία Ηρούς ανήκει στο Δήμο Πετρούπολης, βρίσκεται στην κεντρική αγορά της περιοχής, στο ύψος δηλαδή που συγκεντρώνονται τα περισσότερα εμπορικά καταστήματα και καφετέριες, ενώ ΒΒΑ συνορεύει με την κεντρική Λεωφόρο Πετρουπόλεως. Γεωγραφικά η Πετρούπολη ανήκει στα δυτικά προάστια ενώ βόρεια και νότια της πόλης βρίσκονται οι δύο κορυφές του Ποικίλου όρους. Καλύπτει έκταση 6800 km², τοποθετείται στα 38°02'21"N, 23°41'19"E και βρίσκεται σε υψόμετρο 140m. Παλαιότερα η Πετρούπολη αποτελείτο από δασικές, αγροτικές και κτηνοτροφικές εκτάσεις. Η αστική εξέλιξη της περιοχής αντικατέστησε τις αγροτό-κτηνοτροφικές εκτάσεις τις αρχές της δεκαετίας του 1950 και συνεχίστηκε μέχρι τα τέλη της δεκαετίας του 1990. Σήμερα η δόμηση της περιοχής συνεχίζεται, αλλά είναι πιο περιορισμένη. Η αφορμή της αστικής εξέλιξης της πόλης υπήρξε η διανομή αγροτεμαχίων από την εφημερίδα «Εσπερινή» στους αναγνώστες της μέσω κουπονιών. Σήμερα το ανατολικό και κεντρικό κομμάτι του Δήμου είναι πιο αστικοποιημένο. Το βραχώδες τοπίο του Ποικίλου όρους με λίγους θάμνους και χαμηλά δέντρα βρίσκεται στα δυτικά και στα βόρεια. Η εξόρυξη ήταν συνηθισμένη στο δυτικό τμήμα από τη δεκαετία του 1960 μέχρι μερικές δεκαετίες αργότερα. Ένα από τα εγκαταλελειμμένα ορυχεία που βρίσκεται περίπου 1km. βορειοδυτικά μετατράπηκε σε πάρκο, ενώ αρκετά έγιναν αθλητικές εγκαταστάσεις. Το Ποικίλον όρος (ή Ζαχαρίτσα) βρίσκεται κατά μήκος όλου του Δήμου στη βορειοδυτική πλευρά του και η κορυφή του βρίσκεται βόρεια. Στα υπέρ του Δήμου είναι η άριστη ρυμοτομία του (από τις

καλύτερες της Αθήνας) και η μικρή του απόσταση από το Ποικίλο Όρος, που είναι και ο πνεύμονας της περιοχής. Η πλατεία Ηρούς είναι μία νεοσύστατη πλατεία που διαμορφώθηκε το έτος 2011. Έχει σχήμα ορθογωνίου παραλληλογράμμου και καλύπτει έκταση περίπου 6.2 στρέμματα (www.Wikimapia.org) (Εικόνα 3.1). Περιμετρικά οριοθετείται από το τοπικό οδικό δίκτυο. Το πλάτος των δρόμων που οριοθετούν τις τρεις πλευρές της είναι περίπου 6.2m ενώ η τέταρτη πλευρά οριοθετείται από την κεντρική λεωφόρο με πλάτος 10.5m. Ο κεντρικός της άξονας έχει κατεύθυνση ΒΒΑ διασχίζοντας διαγώνια την πλατεία κατά μήκος της με μήκος 124m περίπου και καταλήγει στην κεντρική λεωφόρο της Πετρούπολης. Τα κτίρια που την περιβάλλουν είναι μονοκατοικίες και πολυκατοικίες με χαμηλό ύψος δόμησης που κυμαίνεται από 3m (μονοκατοικίες) έως 10m (τριώροφα κτίρια). Η πλατεία δεν χαρακτηρίζεται από διαφορετικές διαμορφώσεις στην έκταση που καλύπτει. Στο μεγαλύτερο μέρος της, αποτελείται από πλάκες τσιμέντου και κυβόλιθους, ενώ ενδιάμεσα υπάρχουν σποραδικά δενδρύλλια χαμηλού ύψους. Ακόμα, στο εσωτερικό της πλατείας υπάρχει υδάτινο στοιχείο, ένα επίπεδο σιντριβάνι σχήματος ορθογωνίου, με διαστάσεις 96m² (16x6). Στο νοτιοδυτικό τμήμα της, μία έκταση που καλύπτει περίπου 2000m² είναι βοτανικός κήπος ενώ στην βορειοδυτική πλευρά της πλατείας υπάρχουν δύο τριώροφες πολυκατοικίες. Στην πλατεία Ηρούς οι μετρήσεις των μικροκλιματικών παραμέτρων έλαβαν χώρα σε ένα σημείο, που αποτελεί την περιοχή που συγκεντρώνει τον περισσότερο κόσμο. Η χρήση της πλατείας τις πρωινές και μεσημβρινές ώρες της θερμής περιόδου, δεν προσφέρεται για ξεκούραση ή οποιαδήποτε άλλη δραστηριότητα, επειδή είναι εκτεθειμένη σε όλη της την έκταση στην ακτινοβολία έτσι ώστε να δημιουργούνται δυσμενείς συνθήκες θερμικής άνεσης. Αυτές τις ώρες η πλατεία αποτελεί μόνο πέρασμα πεζών. Μετά τις 19:00 LST, στην πλατεία συγκεντρώνεται πλήθος επισκεπτών που επιλέγουν να βρεθούν εκεί για πάσης φύσεως δραστηριότητες. Διάδρομοι μεγάλου μήκους και πλάτους προσφέρονται για παιχνίδι και ποδήλατο από τα παιδιά, ενώ υπάρχει μεγάλος αριθμός από παγκάκια για ενήλικες. Αυτές τις ώρες, οι χρήστες του χώρου ανήκουν σε όλες τις ηλικιακές ομάδες, από μικρά παιδιά συνοδευόμενα από γονείς, έως ηλικιωμένους. Οι άνθρωποι μπορούν να παραμείνουν στην πλατεία έως αργά το βράδυ, σχηματίζοντας έτσι μία εικόνα τελείως διαφορετική από την πρωινή. Τη ψυχρή περίοδο η πλατεία συγκεντρώνει λιγότερο κόσμο από ότι τη θερμή. Τις πρωινές και μεσημβρινές ώρες είναι σαφώς πιο προσιτή εν συγκρίσει με τις ίδιες ώρες της θερμής περιόδου, παρ' όλα αυτά εξακολουθεί να αποτελεί μόνο πέρασμα για τους περαστικούς. Η έλλειψη διαφορετικών διαμορφώσεων στο χώρο καθώς και η έλλειψη έντονης βλάστησης ενδεχομένως δημιουργούν μία μονότονη εικόνα που δεν ελκύει τους ανθρώπους. Τις απογευματινές ώρες και όταν οι θερμοκρασίες της ψυχρής περιόδου είναι ήπιες, συγκεντρώνεται ένα ποσοστό κόσμου που αποτελείται κυρίως από άτομα νεαρής ηλικίας (έφηβοι). Από τις σχετικές ερωτήσεις του ερωτηματολογίου, προέκυψε ότι οι άνθρωποι είναι ικανοποιημένοι από την παρουσία της πλατείας, θα προτιμούσαν ωστόσο να ήταν αλλιώς διαμορφωμένη, ώστε να είναι περισσότερο προσιτή, εστιάζοντας κυρίως στην έλλειψη δέντρων για σκίαση και καλαισθησία.

3.2.3 Έρευνα πεδίου στην πλατεία Αγίου Αντρέα

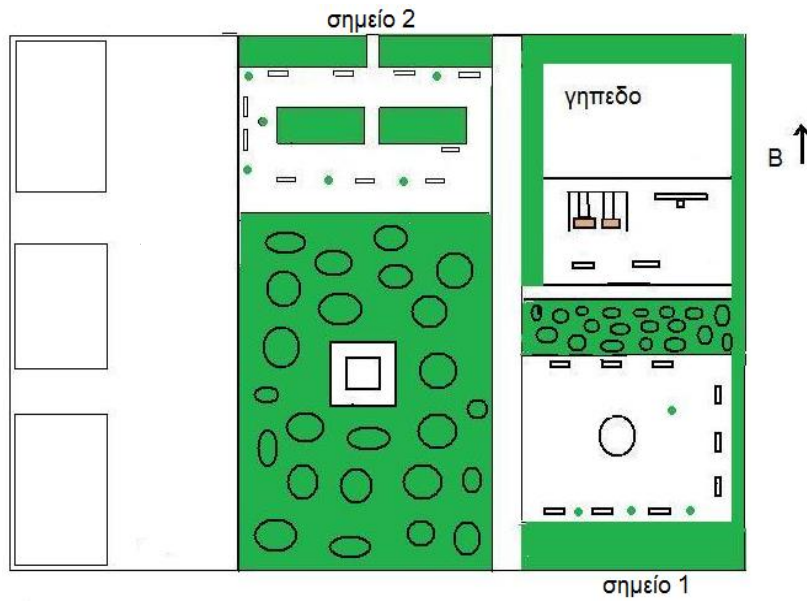


Εικόνα 3.2 Πλατεία Λαμπρινής (δορυφορική λήψη) (www.Wikimapia.org)

Η πλατεία Λαμπρινής ανήκει στο Δήμο Γαλατίου. Γεωγραφικά ανήκει στα βόρεια προάστια αν και με την συνεχόμενη επέκταση της Αθήνας, το Γαλάτσι βρίσκεται πλέον στο κέντρο της πόλης. (Εικόνα 3.2) Είναι από τις περιοχές της πρωτεύουσας με το μεγαλύτερο ποσοστό πρασίνου αλλά, ταυτόχρονα και μια από τις πιο πυκνοκατοικημένες. Καταλαμβάνει έκταση περίπου 4km² βρίσκεται δυτικά από τα Τουρκοβούνια και 4km βόρεια από το κέντρο της Αθήνας. Η πλ. Λαμπρινής τοποθετείται στα 38°1'18"N, 23°44'49"E και βρίσκεται σε υψόμετρο 131m. Η πλατεία καλύπτει έκταση περίπου 27 στρέμματα ενώ η περίμετρός της είναι 843m. Αναλυτικά, η πλατεία έχει σχήμα ορθογώνιου παραλληλογράμμου με συνολικό μήκος 185m και πλάτος 144m.. Λόγω των διαστάσεών της, στο εσωτερικό της πλατείας έχουν διαμορφωθεί χώροι άθλησης (γήπεδο μπάσκετ), παιδική χαρά, χώρος αναψυκτήριου καθώς και χώροι χαλάρωσης και αναψυχής. Επιπλέον, στο ανατολικό τμήμα της πλατείας βρίσκεται ο προαύλιος χώρος του ναού του Αγ. Ανδρέα. Η πλατεία αποτελείται κατά ένα μεγάλο μέρος από βλάστηση και γρασίδι που περιέχονται σε ειδικά διαμορφωμένους χώρους, ενώ το υπόλοιπο μέρος καλύπτεται από πλάκες τσιμέντου, εκτός από τον προαύλιο χώρο της εκκλησίας που είναι στρωμένος με κυβόλιθους. Η πλατεία του Αγ. Αντρέα, αποτελεί χαρακτηριστικό γνώρισμα της ευρύτερης περιοχής αλλά και περιοχή συνάντησης των κατοίκων. Κατά την περίοδο που διήρκεσαν οι έρευνες πεδίου, μας δόθηκε η ευκαιρία να κάνουμε κάποιες παρατηρήσεις και μιλώντας με τους χρήστες του χώρου να αντλήσουμε επιπλέον γενικές πληροφορίες για την περιοχή. Έτσι, έγινε εύκολα αντιληπτό πως η

πλατεία του Αγ. Αντρέα είναι μία πολύ αγαπητή πλατεία, χρηστική από τους κατοίκους όλων των ηλικιών. Τις πρωινές ώρες η πλατεία αποτελεί το σημείο συνάντησης ως επί το πλείστον των συνταξιούχων κατοίκων της περιοχής που επιλέγουν την πλατεία για πρωινό περίπατο σε συνδυασμό με αργό ή/και γρήγορο βάδισμα και στην συνέχεια ανάπαυση σε κάποιο από τα παγκάκια κάτω από την σκιά των δέντρων για ξεκούραση και συζήτηση και γενικά ψυχαγωγική δραστηριότητα με τους υπόλοιπους χρήστες του χώρου. Οι άνθρωποι αυτοί ως χρήστες του χώρου για πολλές δεκαετίες έχουν διακρίνει ποια είναι τα σημεία της πλατείας που προσφέρουν τα περισσότερα πλεονεκτήματα και ποια είναι αυτά που υστερούν. Μάλιστα, επιλέγουν διαφορετικές θέσεις το χειμώνα και άλλες το καλοκαίρι με γνώμονα τις συνθήκες ηλιασμού και την κατεύθυνση και ένταση του ανέμου. Οι παρατηρήσεις τους ήταν πολύτιμες γιατί μας βοήθησαν να εντοπίσουμε «αδυναμίες» της πλατείας που δε θα είχαμε τη δυνατότητα να διακρίνουμε τόσο εύκολα. Τις μεσημβρινές ώρες η πλατεία αποτελεί το σημείο συνάντησης δεκάδων νεαρών ατόμων, από 15 έως 30 ετών περίπου. Τα άτομα αυτής της ηλικίας εκμεταλλεύονται τα πλεονεκτήματα που προσφέρει ο χώρος για παιχνίδι, βόλτα κατοικίδιων ζώων και αναψυχή με την παρέα. Είναι αξιοσημείωτο πως παρά το γεγονός πως η πλατεία περιβάλλεται από αρκετές καφετέριες, οι νεαροί χρήστες του χώρου προτιμούν να απολαύσουν τα οφέλη που τους προσφέρει ο εσωτερικός χώρος της πλατείας. Μάλιστα καθ' όλη τη διάρκεια διεξαγωγής των μετρήσεων παρατηρήσαμε πως αυτή η ηλικιακή ομάδα χρηστών του χώρου συγκεντρωνόταν καθημερινά τις ίδιες περίπου ώρες, χειμώνα και καλοκαίρι, χωρίς να αλλάζει τα σημεία επιλογής θέσεων. Δεδομένου πως η πλατεία περιέχει γήπεδο και παιδική χαρά ενώ γύρω από την πλατεία υπάρχουν καφετέριες και εστιατόρια, η πλατεία αποτελεί το σημείο συγκέντρωσης ατόμων κάθε ηλικίας και κατηγορίας τις απογευματινές και βραδινές ώρες, τόσο το καλοκαίρι όσο και το χειμώνα. Παρόλο που πρόκειται για μία πολύ αγαπητή πλατεία στους κατοίκους, η επισκεψιμότητα στον χώρο ελαττώνεται σε μεγάλο βαθμό κατά τη διάρκεια της θερινής περιόδου, ειδικά τις μεσημβρινές ώρες. Ο λόγος είναι οι υψηλές θερμοκρασίες που επικρατούν και η ανεπαρκής σκίαση σε μεγάλο μέρος του χώρου. Από την άλλη μεριά ακριβώς αυτές οι συνθήκες είναι που ευνοούν τη μεγαλύτερη επισκεψιμότητα κατά τη διάρκεια της χειμερινής περιόδου. Η μεγάλη δηλαδή επιφάνεια του χώρου που είναι ακάλυπτη από δέντρα και επιτρέπει την είσοδο της ηλιακής ακτινοβολίας το χειμώνα, προσφέρει ικανοποιητικές θερμοκρασιακές συνθήκες στους χρήστες του χώρου.

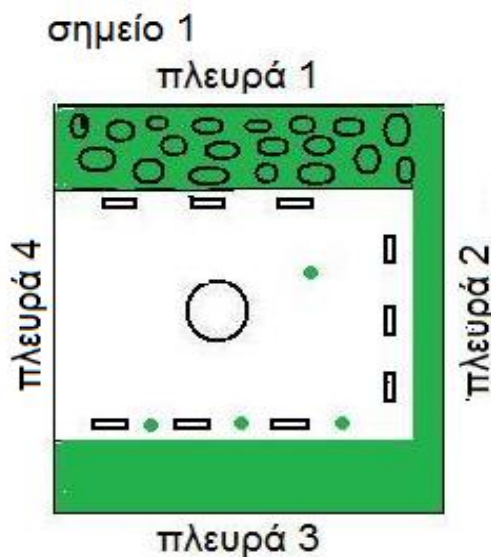
Για την διερεύνηση των μικροκλιματικών παραμέτρων και των συνθηκών θερμικής άνεσης στην πλατεία επιλέχθηκαν δύο σημεία. Οι ως προς έρευνα περιοχές απεικονίζονται στην εικόνα 3.3.



Εικόνα 3.3 Σχηματική αναπαράσταση της πλ. Λαμπρινής

Σημείο 1

Το σημείο 1 βρίσκεται στο βορειοδυτικό τμήμα της πλατείας και καλύπτει έκταση 2700m², ενώ η περίμετρός του είναι περίπου 208m (Εικόνα 3.4). Αναλυτικά, έχει μήκος 54m και πλάτος 50m. Οι τρεις από τις τέσσερις πλευρές του σημείου (πλευρές 1, 2, 3) περιβάλλονται από παρτέρια με γρασίδι που το κάθε ένα έχει πλάτος περίπου 10m ενώ το μήκος τους είναι όσο και το μήκος της πλευράς που περιβάλλουν.



Εικόνα 3.4 Σχηματική αναπαράσταση σημείου 1



Εικόνα 3.5 Σχηματική αναπαράσταση σημείου 2

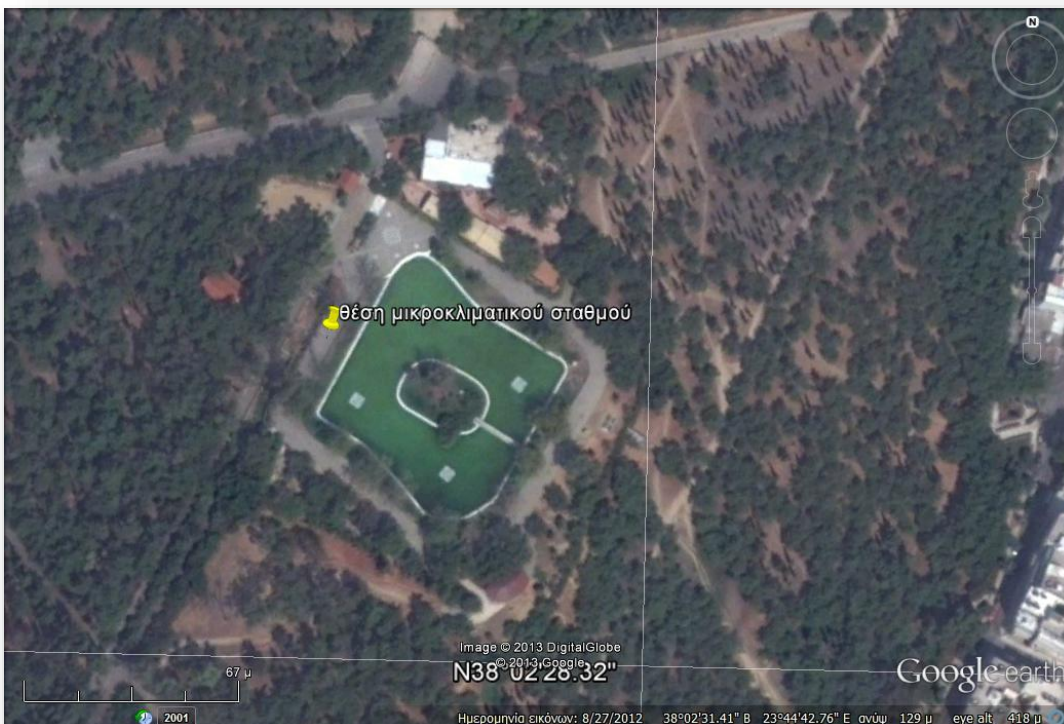
Η τέταρτη πλευρά (πλευρά 4) συνορεύει με τον κεντρικό διάδρομο της πλατείας, πλάτους 3m κατασκευασμένη με άσφαλτο. Στο κέντρο της πλατείας είναι τοποθετημένο σιντριβάνι με εμβადόν

περίπου 38m². Τέλος, το κέντρο του σημείου 1 από το δρόμο απέχει 40m. Σποραδικά κατά μήκος της πλατείας υπάρχουν μουριές και ελιές.

Σημείο 2

Το σημείο 2 βρίσκεται στο νότιοανατολικό τμήμα της πλατείας και καλύπτει έκταση 2,080m², ενώ η περίμετρός του είναι περίπου 194m (Εικόνα 3.5). Αναλυτικά, έχει μήκος 65m και πλάτος 32m. Το σημείο 2 περιβάλλεται από παρτέρια αποτελούμενα από γρασίδι και χαμηλού ύψους δέντρα στις τρεις από τις τέσσερις πλευρές του (πλευρές 1, 2 και 3). Το κάθε παρτέρι έχει μήκος περίπου 10m. Η τέταρτη πλευρά (πλευρά 4) συνορεύει με τον κεντρικό διάδρομο της πλατείας, πλάτους 3m, που τη χωρίζει σε δύο μεγάλα τμήματα. Το κέντρο του σημείου 2 απέχει από το δρόμο 24m και στο σημείο αυτό είναι τοποθετημένα δύο παρτέρια αποτελούμενα από γρασίδι. Το παρτέρι 1 έχει εμβαδόν 184m² και το παρτέρι 2, 120m². Τέλος, τα δύο παρτέρια απέχουν μεταξύ τους 2m

3.2.4 Έρευνα πεδίου στο Άλσος Νέας Φιλαδέλφειας



Εικόνα 3.6 Άλσος Νέας Φιλαδέλφειας (δορυφορική λήψη)(www.Wikimapia.org)

Το Άλσος Νέας Φιλαδέλφειας (εικόνα 3.6) με έκταση 480 στρέμματα βρίσκεται στο δήμο Ν. Φιλαδέλφειας. Το 1914 έγινε η πρώτη επίσημη δεντροφύτευση του τότε γυμνού λόφου. Το πρώτο

πεύκο φύτεψε η τότε βασίλισσα Σοφία. Στις 12-2-1939 πραγματοποιήθηκε νέα δεντροφύτευση (αναδάσωση) 480 στρεμμάτων από τον τότε βασιλιά Γεώργιο τον Β'. Κατά τη διάρκεια του πολέμου το Άλσος καταστράφηκε όταν οι κάτοικοι κάλυπταν τις ανάγκες θέρμανσής τους με ξύλα από δέντρα του Άλσους. Το 1948 πραγματοποιήθηκε νέα αναδάσωση από την τότε βασίλισσα Φρειδερίκη. Οι τελευταίες μεγάλες δεντροφυτεύσεις έγιναν τις χρονιές 1994 και 1995, ενώ σε μικρότερη κλίμακα γίνονται μέχρι σήμερα (περίπου κάθε χρόνο). Στις 29 Φεβρουαρίου 1956 εγκρίθηκε η κατασκευή της Λίμνης που ολοκληρώθηκε το 1966 και στις 19 Ιουνίου 1959 εγκρίθηκε η περίφραξή του. Στις 26 Μαρτίου 1959 θεμελιώθηκε ο Δημοτικός Κινηματογράφος που βρίσκεται στην είσοδο του Άλσους. Το 1976, με τροποποιήσεις του ρυμοτομικού σχεδίου, έγινε στο χώρο της λίμνης Τουριστικό Περίπτερο, ενώ το 1956 στο βορεινό τμήμα του Άλσους Νέας Φιλαδέλφειας εγκαταστάθηκε Μετεωρολογικός Σταθμός (Υπηρεσία ΕΜΥ). (εικόνα 3.7). Από το 1955 άρχισε η συγκέντρωση ζώων και πτηνών και λειτούργησε υποτυπώδης Ζωολογικός Κήπος. Στις 25 Μαΐου 1986 έγιναν τα εγκαίνια του ζωολογικού κήπου που λειτούργησε μέχρι το 1995. Από τις 17 Οκτωβρίου 1995 αρχίζει η μεταφορά των αρκούδων στο φυσικό τους περιβάλλον (Περιβαλλοντικό Κέντρο "Αρκτούρος", στο Νυμφαίο της Φλώρινας), στις 20 Μαΐου 1996 η απομάκρυνση των άγριων ζώων, που ολοκληρώνεται στις 16 Ιανουαρίου 1997 με την απομάκρυνση του τελευταίου λιονταριού, και από τότε παύει η λειτουργία του ζωολογικού κήπου για άγρια ζώα. Το άλσος της Ν. Φιλαδέλφειας τοποθετείται στα $38^{\circ}02'31''\text{N}$, $23^{\circ}44'40''\text{E}$, καλύπτει έκταση 480 στρεμμάτων και βρίσκεται σε υψόμετρο 131m. Στο εσωτερικό του έχουν διαμορφωθεί ακόμα, παιδική χαρά, μικρός ναός, μονοπάτια για πεζοπορία και χώροι χαλάρωσης και αναψυχής.



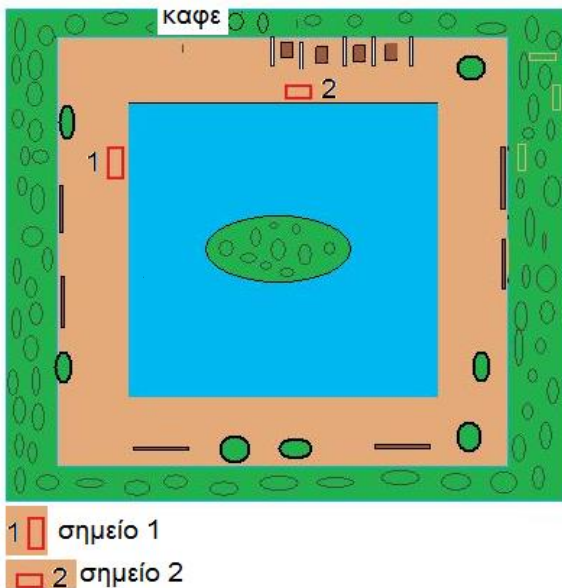
Εικόνα 3.7 Ο μετεωρολογικός σταθμός του Άλσους βρίσκεται σε ύψος 1.38m σε γ.μ $23^{\circ}40'1''$ και γ.π $38^{\circ}2'59''$ (Πηγή www.meteoclub.gr)

Η Νέα Φιλαδέλφεια παρουσιάζει Μεσογειακό τύπου κλίμα με ήπιους χειμώνες και εξαιρετικά θερμά καλοκαίρια. Η περιοχή αυτή είναι γνωστή για το εξαιρετικά θερμό κλίμα της κατά την

διάρκεια του θέρους και σύμφωνα με την Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία καταγράφει την υψηλότερη μέση μέγιστη θερινή θερμοκρασία στην ελληνική επικράτεια για την περίοδο 1955 - 1997, μάλιστα τον Ιούνιο του 2007 ο ΑΜΣ Φιλαδέλφειας της Ε.Μ.Υ κατέγραψε 47.5°C τιμή η οποία ενδέχεται και να είναι Ευρωπαϊκό ρεκόρ για τον μήνα Ιούνιο. Το Άλσος της Νέας Φιλαδέλφειας είναι ένας υπαίθριος χώρος στον οποίο συγκεντρώνεται κόσμος κάθε ηλικίας από διάφορες περιοχές της Αθήνας. Επειδή το άλσος δε βρίσκεται μέσα στην αγορά της περιοχής παρουσιάζει περιορισμένη επισκεψιμότητα τις εργάσιμες ημέρες και κυρίως τις πρωινές ώρες. Έτσι, οι επισκέπτες του Άλσους δε μπορεί να είναι περαστικοί. Σε αντίθεση με τις εργάσιμες ημέρες, τα Σαββατοκύριακα και τις αργίες το Άλσος της Ν. Φιλαδέλφειας σφύζει από ζωή και ο κόσμος έρχεται οργανωμένος για να περάσει αρκετές ώρες εκεί. Το Άλσος προσφέρεται για παιχνίδι παιδιών, βόλτα με ποδήλατο, πεζοπορία, άσκηση/αθλήματα, διάβασμα, ανάπαυση ή ακόμα και για δουλειά. Σε αντίθεση με την πλατεία της Λαμπρινής που συγκεντρώνει ως επί το πλείστον τους κατοίκους της περιοχής, το Άλσος της Ν. Φιλαδέλφειας επισκέπτεται κόσμος από όλη την Αθήνα, ως έναν πνεύμονα πρασίνου εύκολα προσβάσιμο από κάθε περιοχή. Για την διερεύνηση των μικροκλιματικών παραμέτρων και των συνθηκών θερμικής άνεσης στο Άλσος επιλέχθηκε η περιοχή γύρω από τη λίμνη επειδή εκεί συγκεντρώνεται ο περισσότερος κόσμος λόγω των διαμορφωμένων σημείων αναψυχής (παγκάκια, πάγκοι, διάδρομοι για περπάτημα και άσκηση) και της καφετέριας. Στην Εικόνα 3.8 απεικονίζεται η περιοχή μελέτης καθώς και τα σημεία (1 και 2) τοποθέτησης του μετεωρολογικού σταθμού.

Περιοχή μελέτης

Η περιοχή μελέτης καλύπτει μία έκταση περίπου 6400 m² ενώ από αυτά, τα 3500 m² αποτελούν το κομμάτι της λίμνης. Λόγω της μεγάλης έκτασης της περιοχής μελέτης, επιλέχθηκαν δύο σημεία για την τοποθέτηση του μετεωρολογικού σταθμού στα οποία παρατηρήθηκε να συγκεντρώνεται περισσότερος κόσμος κυρίως λόγω της γεινιάσής τους με το αναψυκτήριο. Όπως φαίνεται από το σχήμα πρόκειται για μία σχεδόν τετραγωνισμένη περιοχή που αποτελείται από πλούσια βλάστηση περιμετρικά, κυρίως πεύκα, ενώ η λίμνη βρίσκεται στο κέντρο και είναι και αυτή τετραγωνισμένη.



Εικόνα 3.8 Σχηματική αναπαράσταση της περιοχής μελέτης γύρω από τη λίμνη. Τα σημεία 1 και 2 απεικονίζουν τα σημεία τοποθέτησης του φορητού μετεωρολογικού σταθμού

Ο χώρος που απομένει μεταξύ της λίμνης και του χώρου πρασίνου, αποτελείται από κυβόλιθους και προσφέρεται για περίπατο. Σε αυτόν το χώρο βρίσκονται αρκετά παγκάκια συνήθως κάτω από την σκιά των δέντρων και επιλέγονται από τους χρήστες του χώρου για ξεκούραση και ψυχαγωγική δραστηριότητα.

3.3 Καταγραφή περιβαλλοντικών συνθηκών

Για την καταγραφή των μικροκλιματικών συνθηκών στις περιοχές μελέτης αναπτύχθηκε μία φορητή κινητή μονάδα. Προκειμένου να είναι δυνατή η εύκολη μετακίνηση της μονάδας στις θέσεις επιλογής, δημιουργήθηκε ειδική κατασκευή αποτελούμενη από ένα τρίποδο στη βάση του οποίου τοποθετήθηκε τροχήλατο σύστημα. Για να είναι δυνατή η μεταφορά της με το αυτοκίνητο, κατασκευάστηκε έτσι ώστε να είναι ευέλικτο και να έχει τη δυνατότητα απλής συναρμολόγησης και αποσυναρμολόγησης. Επιπλέον, ήταν εφοδιασμένη με κατάλληλο σύστημα ελέγχου ούτως ώστε να είναι δυνατή η ρύθμισή του πάντα σε οριζόντια θέση σε σχέση με το έδαφος, που σε πολλές περιπτώσεις ήταν κεκλιμένο. Διέθετε ακόμα ειδικό μηχανισμό αυξομείωσης του ύψους των οργάνων (αλφάδι). Σε κάθε περίπτωση τα όργανα έπρεπε να βρίσκονται σε ύψος 1.10m από το έδαφος, ύψος που αντιστοιχεί στο μέσο ύψος του κέντρου βάρους των ενηλίκων (Mayer and Horpe 1987).

Ο φορητός μικροκλιματικός σταθμός ολοκληρώθηκε όταν τα όργανα μέτρησης περιβαλλοντικών παραμέτρων συνδέθηκαν στον καταγραφέα δεδομένων. Ο καταγραφέας δεδομένων τοποθετήθηκε

σε ειδική θέση στη βάση του τριπόδου, ενώ στην κορυφή αυτού, τοποθετήθηκε σε οριζόντια θέση ειδική κυκλική μεταλλική ροδέλα από την οποία ξεκινούσαν ακτινωτά μεταλλικές ράβδοι μήκους περίπου 50cm η κάθε μία, στο τέλος των οποίων τοποθετήθηκαν τα όργανα (Εικόνα 3.9).



Εικόνα 3.9 Ο φορητός μικροκλιματικός σταθμός που χρησιμοποιήθηκε κατά τη διάρκεια των ερευνών πεδίου

Τα μετεωρολογικά όργανα που χρησιμοποιήθηκαν είναι τα εξής:

- ❖ Θερμοϋγρόμετρο της Delta-T devices RHT2-type (ακρίβεια $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ για τη θερμοκρασία και $\pm 2\%$ για την υγρασία)
- ❖ Cup ανεμόμετρο της (Vector Instruments Model A100L2; ακρίβεια $\pm 1\%$, threshold $0.15 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$) για την καταγραφή της ταχύτητα του ανέμου
- ❖ Πυρανόμετρο τύπου CM7 με δύο αλμπεντόμετρα συνδυασμένα σε ένα όργανο για την ακτινοβολία μικρού μήκους κύματος (ακρίβεια $4-6 \mu\text{V}/(\text{W}\cdot\text{m}^{-2})$ και σφάλμα $\pm 1\%$)
- ❖ Πυργεόμετρο για τη μέτρηση της ακτινοβολίας μεγάλου μήκους κύματος
- ❖ Δυο αισθητήρες θερμοκρασίας εδάφους PT-100 για τη μέτρηση της θερμοκρασίας επιφάνειας εδάφους.

❖ Για τη μέτρηση της θερμοκρασίας σφαίρας χρησιμοποιήθηκε αισθητήρας θερμοκρασίας Pt100 τοποθετημένο σε ακρυλική σφαίρα διαμέτρου 38 mm, χρώματος γκρι matte ανακλαστικότητας 0.3alb σύμφωνα με τις προδιαγραφές που αναφέρονται στην ερευνητική εργασία των Nikolopoulos et al. (1999a).

- Για την καταγραφή των μετεωρολογικών δεδομένων χρησιμοποιήθηκε ένας καταγραφέας δεδομένων (data logger) της Campbell CR10.

Τα ανωτέρω μετεωρολογικά όργανα που χρησιμοποιήθηκαν για την καταγραφή των μεταβλητών θερμικής άνεσης ήταν αναγκαίο να βαθμονομηθούν πριν τοποθετηθούν στην ειδική κατασκευή, ούτως ώστε να εξασφαλιστεί η αξιόπιστη καταγραφή των μικροκλιματικών παραμέτρων. Λεπτομερής περιγραφή της διαδικασίας βαθμονόμησης των οργάνων βρίσκεται στο Παράρτημα 1.

Μία σύνοψη των μέσων, μέγιστων και ελάχιστων τιμών των μικροκλιματικών παραμέτρων που καταγράφηκαν από την κινητή μονάδα απεικονίζεται στον πίνακα 3.2. Η θερμοκρασία (°C), η σχετική υγρασία (%) η ταχύτητα του ανέμου ($m.s^{-1}$) και η θερμοκρασία σφαίρας (°C) σαν δείκτης της ηλιακής ακτινοβολίας απεικονίζονται για τις δύο εποχικές περιόδους καθώς και για το σύνολο του έτους.

Πίνακας 3.2 Ελάχιστες, μέγιστες και μέσες τιμές θερμοκρασίας, σχετικής υγρασίας, ταχύτητας ανέμου και θερμοκρασίας σφαίρας που καταγράφηκαν από τον καιρικό φορητό σταθμό στις δύο εποχικές περιόδους και στο σύνολο του έτους

Τιμές μικροκλιματικών παραμέτρων	Θερμή περίοδος			Ψυχρή περίοδος			Έτος
	Μέση τιμή	Max	Min	Μέση τιμή	Max	Min	Μέση τιμή
Θερμοκρασία αέρα (°C)	31.3	41.3	18.6	20.0	29.8	7.5	24.2
Σχετική υγρασία (%)	33.0	52.6	19.2	48.2	94.6	17.5	42.5
Ταχύτητα ανέμου ($m.s^{-1}$)	0.63	1.98	0.02	0.70	2.34	0.0	0.70
Θερμοκρασία σφαίρας (°C)	31.6	44.2	20.4	27.7	49.4	1.7	29.1

3.4 Καταγραφή θερμικής αίσθησης

Προκειμένου να αξιολογηθεί η πραγματική θερμική αίσθηση των ανθρώπων στους επιλεγμένους αστικούς υπαίθριους χώρους λήφθηκαν συνεντεύξεις βάσει δομημένων ερωτηματολογίων προς

τους επισκέπτες του χώρων. Η έρευνα πεδίου πραγματοποιήθηκε μόνο ημέρες χωρίς βροχόπτωση. Οι ημέρες βροχόπτωσης, κυρίως κατά τη διάρκεια της ψυχρής περιόδου, εξαιρέθηκαν από την στατιστική ανάλυση. Οι ερωτήσεις που εντάχθηκαν στο ερωτηματολόγιο δομήθηκαν σε τρεις ενότητες. Σε κάθε μία ερώτηση του ερωτηματολογίου αντιστοιχεί μία μεταβλητή. Στους Πίνακες 3.3, 3.4 και 3.5 παρουσιάζονται οι μεταβλητές, η περιγραφή τους και το σύνολο των δυνατών τιμών τους (δυνατές απαντήσεις ερωτώμενων).

1η ενότητα ερωτηματολογίου: Η πρώτη ενότητα του ερωτηματολογίου περιλαμβάνει δημογραφικές και γενικές πληροφορίες (ηλικία, φύλο, ένδυση κ.λπ) (Πίνακας 3.3). Εκτός από τις ερωτήσεις προς τους ερωτώμενους περιλαμβάνονται παρατηρήσεις από τους ερευνητές. Για παράδειγμα οι μεταβλητές «φύλο» και «κάπνισμα» αποτελούν παρατήρηση από τους ερευνητές και όχι ερωτήσεις.

2η ενότητα ερωτηματολογίου: Περιλαμβάνει πληροφορίες σχετικές με την πραγματική θερμική αίσθηση των ανθρώπων (actual thermal sensation vote, ATSV) (Πίνακας 3.4).

3η ενότητα ερωτηματολογίου: Περιλαμβάνει εκτίμηση των ανθρώπων για το φυσικό περιβάλλον και δραστηριότητές τους σε αυτό, τους λόγους της επίσκεψής τους στο χώρο (π.χ. για βόλτα, αναγκαστικά, περαστικός) (Πίνακας 3.5).

Δείγμα του ερωτηματολογίου που χρησιμοποιήθηκε στην έρευνα πεδίου παρατίθεται στο Παράρτημα 2. Βασική προϋπόθεση εγκυρότητας κάθε ερωτηματολογίου είναι η ακριβής καταγραφή ημερομηνίας και ώρας λήψης του, ούτως ώστε να γίνεται ακριβής αντιστοίχσή του με τις μικροκλιματικές συνθήκες που επικρατούσαν και καταγράφονταν εκείνη την στιγμή από τον φορητό μικροκλιματικό σταθμό. Ως εκ τούτου, συμπληρωμένα ερωτηματολόγια χωρίς αναγραφή της ώρας λήψης τους είναι άκυρα και εξαιρούνται από τη στατιστική ανάλυση. Εκτιμήθηκε πως κάθε συνέντευξη θα πρέπει να διαρκεί πέντε περίπου λεπτά και γι' αυτά τα πέντε λεπτά υπολογίστηκαν στη συνέχεια οι μέσες τιμές των μικροκλιματικών παραμέτρων που καταγράφονταν από τον φορητό μικροκλιματικό σταθμό ώστε να επιτευχθεί η βέλτιστη αποτύπωση των πραγματικών περιβαλλοντικών συνθηκών που αντιστοιχούσαν κατά τη διάρκεια κάθε συνέντευξης.

Πίνακας 3.3 1^η ενότητα ερωτηματολογίου: δημογραφικές και γενικές πληροφορίες

Μεταβλητή	Περιγραφή	Σύνολο δυνατών τιμών
Ηλικία	Ηλικιακή ομάδα που ανήκει ο ερωτώμενος	Παιδί, έφηβος, 18-24, 25-34, 35-44, 45-54, 55-64, >64
Φύλο	Φύλο ερωτώμενου	Άνδρας, γυναίκα
Ένδυση		
Κατανάλωση ποτών/τροφίμων	Κατανάλωση ποτών/τροφίμων από τον ερωτώμενο κατά τη διάρκεια της συνέντευξης	Ναι, όχι
Κάπνισμα	Καταγραφή καπνίσματος από τον ερωτώμενο κατά τη διάρκεια της συνέντευξης	Ναι, όχι
Θέση	Θέση του ερωτώμενου κατά τη διάρκεια της συνέντευξης	Όρθιος, καθιστός
Χρονικό διάστημα	Χρονικό διάστημα παραμονής ερωτώμενου στο χώρο	<10 λεπτά, 10 – 1 ώρα, >1 ώρα
Μόνιμη κατοικία	Καταγραφή αν ο ερωτώμενος είναι κάτοικος της περιοχής	Ναι, όχι
Απασχόληση	Καταγραφή κύριας απασχόλησης του ερωτώμενου	Μαθητής/φοιτητής, εργαζόμενος, συνταξιούχος, οικιακά, τουρίστας, άλλο

Στη δεύτερη ενότητα ερωτήσεων έχει δοθεί ιδιαίτερη έμφαση και προσοχή, γιατί είναι αυτή που πραγματεύεται η παρούσα διδακτορική διατριβή. Η πραγματική θερμική αίσθηση των ανθρώπων (actual thermal sensation vote –ATSV) εκφράστηκε σε μία 7-βάθμια κλίμακα κυμαινόμενη από πολύ κρύο σε πολύ ζέστη (Fanger 1970), η αίσθηση ως προς τον άνεμο και την ηλιακή ακτινοβολία σε μία 5-βάθμια κλίμακα, για τον άνεμο κυμαινόμενη από άπνοια σε πολύ δυνατό άνεμο, ενώ για την ηλιακή ακτινοβολία κυμαινόμενη από «μουντά» έως «πολύ δυνατή». Επίσης, υπήρχε μία ερώτηση ως προς τη γενικότερη κατάσταση θερμικής άνεσης, ως αποτέλεσμα του συνδυασμού των περιβαλλοντικών παραμέτρων. Οι πιθανές απαντήσεις στην ερώτηση αυτή ήταν : «αισθάνομαι άνετα», ή «αισθάνομαι δυσάρεστα». Στον Πίνακα 3.4 παρουσιάζονται οι ερωτήσεις ερωτηματολογίου που εξετάζονται σε αυτή την ενότητα, ενώ οι αριθμοί που αναγράφονται με τις απαντήσεις των ερωτήσεων, είναι οι κωδικοί αριθμοί που αντιστοιχούν στην εκάστοτε απάντηση και έχουν χρησιμοποιηθεί για τη διευκόλυνση της στατιστικής ανάλυσης.

Πίνακας 3.4 2^η ενότητα ερωτηματολογίου: αντίληψη ως προς το θερμικό περιβάλλον

Μεταβλητή	Δυνατές τιμές						
	Πολύ κρύο (-3)	Κρύο (-2)	Δροσερά (-1)	Ούτε κρύο-ούτε ζέστη (0)	Ελαφρά ζέστη (1)	Ζέστη (2)	Πολύ ζέστη (3)
Θερμική αίσθηση (ATSV)	Σκοτεινά (-2)	Ασθενής (-1)	Ευχάριστη (0)	Δυνατή (1)	Πολύ δυνατή (2)		
Αίσθηση ηλιοφάνειας	Απνοια (-2)	Ασθενής (-1)	Ευχάριστος (0)	Δυνατός (1)	Πολύ δυνατός (2)		
Αίσθηση ανέμου	Ζέστη (1)	Κρύο (-1)	Δεν επιθυμώ αλλαγή με τη θερμοκρασία (0)				
Προτίμηση θερμικού περιβάλλοντος	Θερμικά άνετα (0)			Θερμικά δυσάρεστα (1)			
Πως αισθάνεστε αυτή τη στιγμή?	Θερμικά άνετα (0)			Θερμικά δυσάρεστα (1)			

Πίνακας 3.5 3^η ενότητα ερωτηματολογίου: εκτίμηση ως προς το φυσικό περιβάλλον

Μεταβλητή	Περιγραφή	Δυνατές τιμές
Φωτεινότητα	Εκτίμηση από τον ερωτώμενο της έντασης φωτεινότητας του χώρου κατά τη διάρκεια της συνέντευξης	Πολύ σκοτεινά, σκοτεινά, κανονικά, φωτεινά, πολύ φωτεινά
Φωτεινές επιφάνειες	Εκτίμηση από τον ερωτώμενο ενοχλητικά φωτεινών επιφανειών κατά τη διάρκεια της συνέντευξης	Πλακόστρωτο, σιντριβάνι, κτίρια, φυτά, διακόσμηση
Θέα	Εκτίμηση από τον ερωτώμενο της θέας που προσφέρει ο χώρος	Όμορφη, ουδέτερη, άσχημη
Ήχος	Εκτίμηση θορύβου κατά τη διάρκεια παραμονής του ερωτώμενου στο χώρο	Πολύ χαμηλός, χαμηλός, κανονικός, υψηλός, πολύ υψηλός
Λόγοι επίσκεψης	Καταγραφή κύριων λόγων επίσκεψης του ερωτώμενου στον χώρο	Ξεκούραση, άσκηση, ψυχαγωγική δραστηριότητα, συνάντηση, διάλειμμα, περαστικός, παιχνίδι παιδιών, ψώνια, πλεονεκτήματα χώρου, άλλο
Δυσaréσκεια στο χώρο	Καταγραφή αδύναμων σημείων που εκτιμά ο ερωτώμενος για το χώρο	Έλλειψη πρασίνου, φασαρία, τσιμέντο, διακόσμηση, θέα, άλλο
Επιθυμία στο χώρο	Καταγραφή των στοιχείων που επιθυμεί ο ερωτώμενος στο χώρο	Πράσινο, θέα, στοιχεία νερού, διακόσμηση, άλλο
Πράσινο	Ερώτηση για το εάν η ύπαρξη πρασίνου προκαλεί ευχάριστα συναισθήματα στον ερωτώμενο	Ναι, όχι, αδιάφορο

Η έρευνα πεδίου ολοκληρώθηκε έχοντας συγκεντρωθεί δεδομένα από συνολικά 2313 ερωτηματολόγια. Στους πίνακες συχνοτήτων που ακολουθούν δίνονται αναλυτικά στοιχεία των δεδομένων.

Πίνακας 3.6 Πλήθος αντρών και γυναικών που συμμετείχαν στην έρευνα

ΦΥΛΟ	ΘΕΡΜΗ ΠΕΡΙΟΔΟΣ	ΨΥΧΡΗ ΠΕΡΙΟΔΟΣ	ΕΤΟΣ
Άντρες	407	723	1130
Γυναίκες	445	738	1183

Όπως φαίνεται στον Πίνακα 3.6, ο αριθμός των γυναικών που συμμετείχαν στις συνεντεύξεις είναι ελαφρά μεγαλύτερος από αυτό των αντρών, γεγονός που αποδίδεται καθαρά σε τυχαία αίτια, δεδομένου πως κατά τη διάρκεια των συνεντεύξεων δεν γινόταν καταμέτρηση αντρών/γυναικών.

Πίνακας 3.7 Πλήθος συμμετεχόντων ανά ηλικιακή ομάδα

ΗΛΙΚΙΑΚΗ ΟΜΑΔΑ	ΠΛΗΘΟΣ ΕΡΩΤΗΘΕΝΤΩΝ
Παιδί	67
Έφηβος	256
18 – 25	267
25 – 35	607
35 – 45	343
45 – 55	233
55 – 64	241
>64	299
Σύνολο	2313

Πίνακας 3.8 Πλήθος ερωτηθέντων για κάθε περιοχή μελέτης

ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΜΕΛΕΤΗΣ	ΠΛΗΘΟΣ ΕΡΩΤΗΘΕΝΤΩΝ
Πλ. Λαμπρινής	936
Πλ. Ηρούς, Πετρούπολη	565
Άλσος Ν. Φιλαδέλφειας	812
Σύνολο	2313

Για τους ίδιους λόγους, σε τυχαίο γεγονός αποδίδεται ο αυξημένος αριθμός συμμετεχόντων της ηλικιακής ομάδας 25-35 ετών, διπλάσιος σε σχέση με τις άλλες ηλικιακές ομάδες, που πήραν μέρος στην έρευνα (Πίνακας 3.7). Πρόκειται για μία ηλικιακή ομάδα, με έντονη παρουσία στις περιοχές μελέτης τις περισσότερες ώρες της ημέρας και σε όλες τις καιρικές συνθήκες. Ο μικρός αριθμός συμμετεχόντων παιδικής ηλικίας οφείλεται κυρίως στην έλλειψη εμπιστοσύνης όσον αφορά την

παροχή αξιόπιστων απαντήσεων και δευτερευόντως στη μη συναίνεσης των γονέων τους. Ωστόσο, παρουσίασε ενδιαφέρον η ύπαρξη ενός δείγματος της θερμικής αντίληψης αυτής της ηλικιακής ομάδας, κατόπιν εκτίμησης της ορθότητας των απαντήσεων. Στον Πίνακα 3.8 παρουσιάζεται ο συνολικός αριθμός των συμμετεχόντων στην έρευνα κάθε περιοχής μελέτης ξεχωριστά.

3.5 Επιλογή και υπολογισμός βιοκλιματικών δεικτών

Για τους σκοπούς της παρούσας διδακτορικής διατριβής επιλέχθηκαν να εφαρμοστούν έξι βιοκλιματικοί - βιοθερμικοί δείκτες, η αναλυτική περιγραφή των οποίων γίνεται στη συνέχεια του κεφαλαίου. Οι βιοκλιματικοί δείκτες που επιλέχθηκαν είναι οι: Potential Equivalent Temperature (PET), Standard Effective Temperature (SET*), Predicted Mean Vote (PMV) και Universal Thermal Climate Index (UTCI), για τον υπολογισμό των οποίων χρησιμοποιήθηκε το μοντέλο – λογισμικό Rayman Pro (Matzarakis and Mayer 2000, Matzarakis 2000, Matzarakis et al. 2007, Matzarakis et al. 2010). Οι βιοθερμικοί δείκτες που επιλέχθηκαν είναι οι Subjective Temperature (STI) (Blazejczyk 2005) και Physiological Strain (PhS) (Blazejczyk 2005), για τον υπολογισμό των οποίων χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό – Bioklima 2.6 (Blazejczyk 2012). Η επιλογή των δεικτών αυτών έγινε λόγω της ευρέως διαδεδομένης χρήσης τους σε ερευνητικές εργασίες και την αποδοχή τους από την επιστημονική κοινότητα που πρωτίστως οφείλεται στην καταλληλότητά τους να εφαρμόζονται σε πολύπλοκα ως προς τη διαμόρφωση αστικά περιβάλλοντα (Matzarakis et al. 1999, Spagnolo and de Dear 2003). Επιπλέον, οι δείκτες PET, SET*, UTCI και SPI χρησιμοποιούν ως μονάδα μέτρησης τους βαθμούς Κελσίου (°C), γεγονός που τους έχει κάνει ιδιαίτερα δημοφιλείς τόσο στην επιστημονική κοινότητα αλλά και το ευρύ κοινό γιατί γίνονται πιο εύκολα κατανοητά τα αποτελέσματά τους (Johansson and Emmanuel 2006; Ali-Toudert and Mayer 2007).

Λογισμικό Rayman Pro

Το Rayman Pro είναι το λογισμικό που προτείνεται για τον υπολογισμό των τεσσάρων βιοκλιματικών δεικτών που αναφέρθηκαν παραπάνω και έχουν επιλεγεί να εφαρμοστούν στην παρούσα διατριβή. Η επιλογή του συγκεκριμένου λογισμικού δεν είναι δεσμευτική, ωστόσο είναι ένα εξαιρετικά εύχρηστο και ευρέως χρησιμοποιούμενο λογισμικό στη διερεύνηση των βιοκλιματικών συνθηκών.

Το RayMan Pro (Matzarakis 2000, Matzarakis et al. 2007, Matzarakis 2010) είναι ένα εργαλείο που έχει δημιουργηθεί για την εκτίμηση της μέσης θερμοκρασίας ακτινοβολίας (T_{mrt} °C) σε αστικά περιβάλλοντα και βιοκλιματικών δεικτών όπως οι PET, PMV, SET* και UTCI. Ως δεδομένα εισόδου απαιτούνται γεωγραφικά χαρακτηριστικά (γεωγραφικό μήκος, πλάτος και υψόμετρο), μετεωρολογικές παράμετροι (π.χ. θερμοκρασία αέρα, σχετική υγρασία, ολική ακτινοβολία,

ταχύτητα και διεύθυνση ανέμου) και σωματικά χαρακτηριστικά συμμετεχόντων (ηλικία, φύλο, βάρος, ύψος, επίπεδο ένδυσης και βαθμός μεταβολισμού) (εικόνα 3.10). Το μοντέλο δεν απαιτεί πληροφορίες για τις θερμικές ιδιότητες των υλικών και ως εκ τούτου δεν είναι δυνατόν να καθορίσει τη διαφοροποιήσεις στην ανακλαστικότητα των υλικών. Το βασικό μειονέκτημα του μοντέλου είναι η αβεβαιότητα της ακρίβειας θερμοκρασιών επιφάνειας. Παρόλα αυτά παρουσιάζεται καλή συσχέτιση μεταξύ υπολογισμένης από το μοντέλο και πραγματικής μέσης θερμοκρασίας ακτινοβολίας (Matzarakis et al. 2000). Η μαθηματική ανάλυση του μοντέλου βασίζεται στο ενεργειακό ισοζύγιο του ανθρώπου που εκφράζεται μέσω του μαθηματικού μοντέλου MEMI (Matzarakis et al. 2007) που έχει ενσωματωθεί στο λογισμικό Rayman Pro και περιγράφεται αναλυτικά στο VDI 1998.

The screenshot shows the RayMan Pro software interface with the following sections and data:

- Date and time:** Date (day.month.year) 24.7.2010, Day of year 205, Local time (h:mm) 13:34. Button: Now and today.
- Geographic data:** Location: 1st location - Griechenland (AUA). Buttons: Add location, Remove location. Geogr. longitude (°E) 23°42', Geogr. latitude (°N) 37°59', Altitude (m) 34, Timezone (UTC + h) 2.0.
- Current data:** Air temperature Ta (°C) 20.0, Vapour pressure VP (hPa) 12.5, Rel. humidity RH (%) 53.5, Wind velocity v (m/s) 1.0, Cloud cover N (octas) 0.0, Surface temperature Ts (°C), Global radiation G (W/m²), Mean radiant temp. Tmrt (°C).
- Personal data:** Height (m) 1.75, Weight (kg) 75.0, Age (a) 35, Sex m.
- Clothing and activity:** Clothing (clo) 0.90, Activity (W) 80.0, Position standing.
- Thermal indices:** PMV, PET, SET*, UTCI.
- Calculation:** Buttons: New, Add.
- Buttons:** Close.

Εικόνα 3.10 Παράθυρο εισαγωγής δεδομένων εισόδου στο λογισμικό Rayman Pro

Παράμετροι που υπολογίζονται μέσω του λογισμικού είναι:

- Tmrt – Μέση Θερμοκρασία Ακτινοβολίας
- Sunrise time – Χρόνος ανατολής ηλίου
- Sunset time – Χρόνος δύσης ηλίου
- Max Duration of sunshine – Μέγιστος χρόνος ηλιοφάνειας

- Actual Duration of sunshine – Πραγματικός χρόνος ηλιοφάνειας
- Sky view factor – Συντελεστής θέασης ουράνιου θόλου
- Global radiation ($W.m^{-2}$)– Ολική ηλιακή ακτινοβολία
- Direct Radiation ($W.m^{-2}$) – Άμεση ηλιακή ακτινοβολία
- Diffuse Radiation ($W.m^{-2}$) – Διάχυτη ηλιακή ακτινοβολία
- Atmospheric Radiation ($W.m^{-2}$) – Ατμοσφαιρική ακτινοβολία
- Surface Temperature ($^{\circ}C$) – Θερμοκρασία επιφάνειας

Καθώς και οι βιομετεωρολογικοί δείκτες:

- PMV – Predicted Mean Vote
- SET* - Standard Effective Temperature
- PET – Potential Equivalent Temperature
- UTCI – Universal Thermal Climate Index

Λογισμικό - Bioklima 2.6

Το Bioklima 2.6 είναι ένα λογισμικό που συγκεντρώνει διαφορετικές μεθόδους βιοκλιματικών μελετών. Χρησιμοποιώντας το Bioklima μπορεί εύκολα ένας ερευνητής να υπολογίσει 60 βιομετεωρολογικούς και θερμοφυσιολογικούς δείκτες (<http://www.igipz.pan.pl/Bioklima-zgik.html>). Το λογισμικό Bioklima εξυπηρετεί τους παρακάτω σκοπούς:

- γενική εκτίμηση των βιοκλιματικών συνθηκών (βάση μέσων τιμών μετεωρολογικών παραμέτρων),
- λεπτομερή ανάλυση βιοκλιματικών συνθηκών (βάση ημερησίων μετεωρολογικών δεδομένων),
- γενική αξιολόγηση ανθρώπινης θερμικής ισορροπίας,
- λεπτομερή αξιολόγηση ανθρώπινης θερμικής ισορροπίας σε διαφορετικές περιβαλλοντικές συνθήκες.

Ως δεδομένα εισόδου το λογισμικό χρησιμοποιεί δύο ομάδες δεδομένων: μετεωρολογικά και φυσιολογικά. Ανάλογα με τα διαθέσιμα δεδομένα εισόδου το μοντέλο ενημερώνει τον ερευνητή πόσοι από τους 60 σε σύνολο δείκτες μπορούν να υπολογιστούν. Επιπλέον, το μοντέλο υπολογίζει τα κυριότερα στατιστικά χαρακτηριστικά (μέση τιμή, τυπική απόκλιση, σφάλματα, κ.λπ.). Σε ορισμένους δείκτες το λογισμικό Bioklima λαμβάνει υπόψη τα προεπιλεγμένα όρια των διαστημάτων που αναφέρονται στις βιοκλιματικές κλίμακες των θερμικών αισθήσεων ή / και

θερμοπληξία. Η μαθηματική ανάλυση του μοντέλου βασίζεται στο ενεργειακό ισοζύγιο του ανθρώπου που εκφράζεται μέσω του μαθηματικού μοντέλου Man-ENvironment heat EXchange model (MENEX_2002) (Blazejczyk 2004a) που έχει ενσωματωθεί στο Bioklima 2.6.

Predicted Mean Vote (PMV)

Ο δείκτης PMV αναπτύχθηκε αρχικά ως βοηθητικό μέσο στους κατασκευαστές κλιματιστικών μηχανημάτων ώστε να δημιουργήσουν συνθήκες θερμικής άνεσης σε εσωτερικά περιβάλλοντα. Ο δείκτης PMV υπολογίζεται μέσω του μοντέλου εξίσωσης άνεσης για το μικρόκλιμα εσωτερικών χώρων του Fanger (1972), το οποίο προβλέπει τη θερμική αίσθηση μέσα από την επίδραση της δραστηριότητας, της ένδυσης και τεσσάρων κλασικών θερμικών περιβαλλοντικών παραμέτρων : θερμοκρασία αέρα, ταχύτητα ανέμου, υγρασία και μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας

$$PMV = (0.303 * e^{-0.036M} + 0.028) * [(M - W) - H - E_c - C_{res} - E_{res}]$$

Όπου,

M: ο μεταβολικός ρυθμός,

C_{res} , οι απώλειες θερμότητας λόγω μεταφοράς από την αναπνοή,

E_{res} , οι απώλειες θερμότητας λόγω εξάτμισης από την αναπνοή,

Οι Jendritzky et al., (1979) επέκτειναν τη σχέση άνεσης και για τις συνθήκες εξωτερικού περιβάλλοντος εισάγοντας ως παραμέτρους τις ροές ακτινοβολίας χρησιμοποιώντας διαθέσιμα μετεωρολογικά δεδομένα. Το νέο μοντέλο ονομάστηκε ‘Klima – Michel – Model’ (KMM), αναλυτική περιγραφή του οποίου δίνεται από τους Jendritzky and Nübler (1981).

Απαιτούμενα δεδομένα για την εφαρμογή του οποίου είναι τα εξής:

- T_a : θερμοκρασία αέρα και T_d : θερμοκρασία σημείου δρόσου (2m επάνω από το έδαφος),
- W_{sp} : ταχύτητα αέρα (και ύψος ανεμόμετρου επάνω από το έδαφος),
- N: ολικό ποσό νεφών,
- (Nh) Κατηγοριοποίηση της κάλυψης του ουρανού με νέφη σε χαμηλού επιπέδου/μέσου επιπέδου και ο τύπος των νεφών σε ομάδες χαμηλών, μέσων και υψηλών.

Ορισμένες τυποποιήσεις ήταν απαραίτητες όσον αφορά κάποιες μεμονωμένες παραμέτρους από όπου τελικά προέκυψε το όνομα του μοντέλου. Michel είναι ένα τυπικό γερμανικό όνομα που παραπέμπει στα χαρακτηριστικά ενός μέσου Γερμανού: άντρας, 35 ετών, 1.75m, 75kg, βήμα 4km/h, 0.5 - 1.75 clo, δραστηριότητα 172.5W που αντιστοιχεί σε μεταβολισμό 2.3 MET. Με βάση το μοντέλο KMM οι τιμές του παραγόμενου δείκτη PMV επιτρέπουν την αξιολόγηση του αστικού κλίματος. Ο δείκτης PMV προβλέπει και εκφράζει τη μέση εκτίμηση του θερμικού περιβάλλοντος

βάση ενός μεγάλου δείγματος ανθρώπων σε μία μεταβλητή σύμφωνα με την 7-βάθμια κλίμακα θερμικής αίσθησης του ASHRAE (Fanger 1972) (Πίνακας 3.9). Επιπλέον, οι Jendritzky et al. (1979) ανέπτυξαν μια βιομετεωρολογική ταξινόμηση για το θερμικό stress των ανθρώπων βασισμένη στις τιμές του δείκτη PMV (Πίνακας 3.9).

Πίνακας 3.9 Κατηγοριοποίηση των τιμών του δείκτη PMV στην κλίμακα θερμικού stress από τους Jendritzky et al. (1979) και στην 7-βάθμια κλίμακα θερμικής αίσθησης κατά ASHRAE

PMV	Θερμικό stress (Jendritzky et al.1979)	PMV	Θερμική αίσθηση (ASHRAE)
		-3	Πολύ ψυχρό
0	Χωρίς stress	-2	Ψυχρό
0.1-0.5	Ανεκτά επίπεδα stress	-1	Ελαφρά ψυχρό
0.6-1.2	Ελαφρύ stress	0	Ουδέτερη κατάσταση
1.3-2.0	Μέτριο stress	1	Λίγο θερμό
2.1-3.0	Έντονο stress	2	Θερμό
3.0	Πολύ έντονο stress	3	Πολύ θερμό

Ο δείκτης PMV αποτελεί ένα ευέλικτο εργαλείο που περιλαμβάνει τους σημαντικότερους παράγοντες που διαμορφώνουν τη θερμική αίσθηση. Έχει χρησιμοποιηθεί ευρέως σε εσωτερικά και εξωτερικά περιβάλλοντα, σε μεγάλο εύρος κτιρίων και έχει καθιερωθεί διεθνώς και αποτελεί την βάση ενός διεθνούς προτύπου (ISO7730) για την αξιολόγηση της θερμικής άνεσης σε χώρους με μέσες θερμοκρασίες

Ικανοποιώντας τη σχέση του Fanger (1972) επιτυγχάνονται οι βέλτιστες συνθήκες θερμικής άνεσης, η σχέση αυτή ωστόσο, δείχνει απλώς τα μεγέθη των μεταβλητών που θα πρέπει να επιλεγούν προκειμένου να προσεγγιστεί η θερμική άνεση χωρίς όμως να δίνει τη δυνατότητα εκτίμησης άμεσα για το πόσο άνετα αισθάνεται κάποιος σε έναν εσωτερικό χώρο στον οποίο οι μεταβλητές δεν ικανοποιούν τη σχέση.

Standard Effective Temperature (SET*)

Ο δείκτης SET* αναπτύχθηκε από τους Gagge et al. (1972) και ορίζεται ως η θερμοκρασία αέρα στην οποία σε ένα δοσμένο περιβάλλον αναφοράς το άτομο έχει την ίδια θερμοκρασία δέρματος (T_{sk}) και υγρασίας (RH%) όπως στο πραγματικό περιβάλλον. Τα δύο περιβάλλοντα είναι ισοδύναμα σε φυσιολογική πίεση και θερμική άνεση.

Ο δείκτης SET* χρησιμοποιεί τη θερμοκρασία και την υγρασία του δέρματος ως περιοριστικές συνθήκες οι τιμές των οποίων προκύπτουν από το two-node model φυσιολογίας ανθρώπινου σώματος (Gagge et al. 1971, Gagge et al. 1986). Το περιβάλλον αναφοράς έχει οριστεί ως: Μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας (T_{mrt}) = θερμοκρασία αέρα (T_a), ταχύτητα ανέμου (wsp) = $0.15m.s^{-1}$, σχετική υγρασία (RH%) = 50%, μεταβολισμός (M) = 1.2met, αντίσταση ένδυσης (I_{clo}) = 0.6 clo. Ο SET* καθορίζεται από το two-node-model θερμοκού ισοζυγίου του ανθρώπινου σώματος όπως προτάθηκε από τους Gagge et al. (1986), και περιγράφεται με τις δύο διπλές γραμμικές εξισώσεις:

$$S_{cr} = M - W - (C_{res} + E_{res}) - (T_{cr} - T_{sk}) * (5.28 + 1.163 * skbf) \text{ και}$$

$$S_{sk} = (T_{cr} - T_{sk}) * (5.28 + 1.163 * skbf) - (C + R + E_{sk})$$

όπου:

S_{cr} , ο ρυθμός αποθήκευσης θερμότητας στο εσωτερικό του σώματος,

S_{sk} , ο ρυθμός αποθήκευσης θερμότητας στην επιφάνεια του σώματος,

C_{res} , οι απώλειες θερμότητας λόγω μεταφοράς από την αναπνοή,

E_{res} , οι απώλειες θερμότητας λόγω εξάτμισης από την αναπνοή,

T_{cr} , η θερμοκρασία της εσωτερικής στρώματος,

T_{sk} , η θερμοκρασία δέρματος,

$Skbf$, η ροή θερμότητας κοντά στην επιφάνεια του σώματος (μέσω ροής του αίματος),

C , η αισθητή απώλεια θερμότητας από το δέρμα με μεταφορά,

R , η αισθητή απώλεια θερμότητας από το δέρμα με ακτινοβολία,

E_{sk} , η ολική απώλεια θερμότητας με εξάτμιση από το δέρμα.

Οι ενδείξεις του δείκτη κυμαίνονται από πολύ κρύο ($SET^* < 1$) σε πολύ ζεστό ($SET^* > 33$) ενώ οι τιμές μεταξύ 12 – 22 °C αντιστοιχούν στην κατηγορία «άνετο» (Πίνακας 3.10).

Πίνακας 3.10 Σχέση μεταξύ θερμικής αίσθησης και τιμών του SET* (Gagge et al. 1986)

Τιμές SET* (°C)	Θερμική αίσθηση
<1	Πολύ κρύο
<8	Κρύο
<12	Δροσερό
12-22	Άνετο
>22	Θερμό
>26	Ζεστό
>33	Πολύ ζεστό

Physiological Equivalent Temperature (PET °C)

Ο δείκτης PET (°C) (Hoppe 1999) ορίζεται ως η θερμοκρασία αέρα στην οποία η ανθρώπινη ενεργειακή ισορροπία σε συνθήκες εσωτερικού περιβάλλοντος ισοδυναμεί με την ενεργειακή ισορροπία, για την ίδια θερμοκρασία δέρματος και ρυθμό εφίδρωσης, που διαμορφώνεται σε συνθήκες πραγματικού εξωτερικού περιβάλλοντος (Mayer and Hoppe 1987, Matzarakis and Mayer 1997). Στην ουσία μεταφράζει τη θερμική αίσθηση ενός ανθρώπου που βρίσκεται σε εξωτερικό περιβάλλον και είναι εκτεθειμένος στις περιβαλλοντικές συνθήκες, στη θερμοκρασία εσωτερικού περιβάλλοντος με την απουσία ακτινοβολιών ($T_a=T_{int}$), σταθερή ταχύτητα ανέμου ($WS=0.1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$) και τάση ατμών ($VP=12 \text{ hPa}$) (Hoppe 1993). Για τον υπολογισμό του δείκτη PET, χρειάζονται μετεωρολογικά δεδομένα θερμοκρασίας, ακτινοβολίας, σχετικής υγρασίας και ταχύτητας ανέμου καθώς επίσης πληροφορίες για την ηλικία, το φύλο, το ύψος, το βάρος, το επίπεδο ρουχισμού, τη θέση και τη δραστηριότητα του ατόμου (Matzarakis et al. 1999). Ο δείκτης υπολογίζεται μέσω των σχέσεων του μοντέλου MEMI (Mayer and Salovey 1993) οι οποίες ενσωματώνονται σε φιλικά ως προς το χρήστη λογισμικά όπως το Rayman Pro (Matzarakis 2000, Matzarakis et al. 2007, Matzarakis et al. 2010). Οι τιμές του δείκτη εκφράζονται σε βαθμούς Κελσίου (°C) και έχουν κατηγοριοποιηθεί εκφράζοντας τη θερμική αίσθηση του ανθρώπου κυμαινόμενες από πολύ ψυχρό ($PET \leq 4 \text{ }^\circ\text{C}$) σε πολύ ζεστό ($PET \geq 41 \text{ }^\circ\text{C}$) ενώ η κατηγορία άνετο κυμαίνεται μεταξύ των τιμών 18 - 23 °C (Πίνακας 3.11).

Πίνακας 3.11 Σχέση μεταξύ θερμικής αίσθησης και τιμών του δείκτη PET (Matzarakis et.al. 1999)

Τιμές δείκτη PET (°C)	Θερμική αίσθηση
< 4	Πολύ ψυχρό
4 – 8	Ψυχρό
8 – 13	Δροσερό
13 – 18	Ελαφρά δροσερό
18-23	Άνετο
23-29	Ελαφρά θερμό
29-35	Θερμό
35-41	Ζεστό
>41	Πολύ ζεστό

Universal Thermal Climate Index (UTCI °C)

□ Το έτος 2001 ξεκίνησε μία προσπάθεια ανάπτυξης ενός καθολικού θερμικού βιομετεωρολογικού δείκτη (UTCI) που να ενσωματώνει όλες τις υπάρχουσες γνώσεις και με απαραίτητη προϋπόθεση η ίδια τιμή του δείκτη να παρουσιάζει πάντα την ίδια θερμοφυσιολογική ερμηνεία, που να είναι ανεξάρτητη από τις τιμές του συνδυασμού των μετεωρολογικών παραμέτρων που χρησιμοποιεί (Jendritzky et al. 2001).

□ Επομένως, μόνο ένας δείκτης που λαμβάνει υπόψη του όλους τους μηχανισμούς ανταλλαγής θερμότητας μπορεί να ισχύσει παγκοσμίως και να εφαρμοστεί σε όλα τα κλίματα, τις περιοχές, τις εποχές και σε κάθε βιομετεωρολογική εφαρμογή (Jendritzky et al. 2001).

Ο δείκτης UTCI αναπτύχθηκε τελικά από το COST Action 730 (Jendritzky et al. 2009) και εκφράζεται ως η ισοδύναμη θερμοκρασία (°C) ενός περιβάλλοντος αναφοράς που προκαλεί την ίδια φυσιολογική απόκριση σε ένα άτομο όπως θα συνέβαινε αν βρισκόταν στο πραγματικό περιβάλλον (Weihs et al. 2011). Ο υπολογισμός του δείκτη γίνεται μέσω του multi – node model θερμορύθμισης του ανθρώπινου σώματος (Fiala et al. 2001) στο οποίο είναι ενσωματωμένο μοντέλο ένδυσης. Το μοντέλο διακρίνεται σε ενεργό και παθητικό τμήμα. Στο παθητικό σύστημα του multi-node model εισάγονται πληροφορίες σχετικές με τη λειτουργία του ανθρώπινου σώματος αποτελούμενο τελικά από 12 στοιχεία (πληροφορίες για τη λειτουργία του ανθρώπινου σώματος) εμπεριέχοντας τελικά ένα σύμπλεγμα 187 στοιχείων. Το ενεργό κομμάτι του μοντέλου προβλέπει τις διαδικασίες θερμορύθμισης από το κεντρικό νευρικό σύστημα του ανθρώπου. Το στατικό μοντέλο ένδυσης είναι προσαρμοσμένο στη θερμοκρασία περιβάλλοντος και βασίζεται στις εποχιακές προσαρμογές των επιπέδων ένδυσης που συνηθίζουν οι Ευρωπαίοι πολίτες και που αξιολογούνται ως επηρεάζει την ανθρώπινη αντίληψη ως προς το εξωτερικό περιβάλλον. Η μόνωση που προκαλείται λόγω της ένδυσης (clothing insulation), η αντίσταση στην τάση ατμών και η μόνωση των επιφανειακών στρωμάτων του ανθρώπινου σώματος επηρεάζονται έντονα από τις μεταβολές της ταχύτητας του ανέμου και των κινήσεων του ανθρώπινου σώματος και ως εκ τούτου επιδρά στις θερμοφυσιολογικές αποκρίσεις του ανθρώπινου σώματος. Τελικά, η προκύπτουσα συνολική μόνωση λόγω ένδυσης τροποποιείται από την ταχύτητα βαδίσματος και την ταχύτητα του ανέμου στο πραγματικό εξωτερικό περιβάλλον στο οποίο εκτίθεται ο άνθρωπος. Ο μεταβολικός ρυθμός έχει καθοριστεί σε 135 W.m^{-2} και η ταχύτητα βαδίσματος σε 1.1 m.s^{-1} . Η μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας ισοδυναμεί με τη θερμοκρασία περιβάλλοντος, ενώ η ταχύτητα ανέμου που παρατηρείται στα 10m πάνω από την επιφάνεια του εδάφους ισοδυναμεί με 0.5 m.s^{-1} . Η σχετική υγρασία έχει τεθεί στα 50% για θερμοκρασία περιβάλλοντος $\leq 29^\circ\text{C}$ και για τάση ατμών μεγαλύτερη από 20 hPa. Η μέση απόκριση του δείκτη παρουσιάζει πολύ καλή συσχέτιση με μεταβλητές που έχουν παρατηρηθεί σε συνθήκες αναφοράς (Blazejczyk et al. 2012). Ο δείκτης UTCI υπολογίζεται σε βαθμούς Κελσίου (°C) και η κλίμακά του κυμαίνεται από έντονο θερμικό stress λόγω ζέστης ($\text{UTCI} > 46^\circ\text{C}$) σε έντονο θερμικό stress λόγω ψύχους ($\text{UTCI} < -40^\circ\text{C}$), ενώ η

ουδέτερη κατάσταση αντιστοιχεί μεταξύ των τιμών 9 – 24 °C της κλίμακας του δείκτη (Πίνακας 3.12).

Πίνακας 3.12 Σχέση μεταξύ θερμικής αίσθησης και τιμών του δείκτη UTCI (http://utci.org/utci_doku.php)

Τιμές δείκτη UTCI °C	Κατηγορία θερμικής αίσθησης
>46	Ακραίο θερμικό stress
38-46	Πολύ δυνατό θερμικό stress
32-38	Δυνατό θερμικό stress
26-32	Μέσο θερμικό stress
9-26	Ουδέτερη κατάσταση
0-9	Ελαφρύ θερμικό stress (λόγω ψύχους)
0 έως -13	Μέσο θερμικό stress (λόγω ψύχους)
-13 έως -27	Δυνατό θερμικό stress (λόγω ψύχους)
-27 έως -40	Πολύ δυνατό θερμικό stress (λόγω ψύχους)
<-40	Ακραίο θερμικό stress (λόγω ψύχους)

Subjective Temperature (STI °C)

Ο δείκτης STI είναι ένας βιοθερμικός δείκτης που αναπτύχθηκε από τον Blazejczyk (2005), ο υπολογισμός του οποίου στηρίζεται στο Man-ENvironment heat EXchange model MENEX_2002 (Blazejczyk 2004a). Ο δείκτης STI βασίζεται αποκλειστικά σε παράγοντες που καθορίζουν τη θερμική φυσιολογία του ανθρώπινου σώματος σύμφωνα με την οποία, η θερμική αίσθηση είναι αποτέλεσμα σημάτων των ειδικών θερμικών αισθητήρων του ανθρώπινου σώματος που βρίσκονται στο δέρμα και στο νευρικό σύστημα. Το θερμικό περιβάλλον που περιβάλλει τον άνθρωπο επηρεάζει τόσο την ένταση της ανταλλαγής θερμότητας μεταξύ σώματος και περιβάλλοντος, όσο και την αποθηκευμένη θερμότητα στο σώμα (heat storage (S)). Η επίδραση αυτή του θερμικού περιβάλλοντος στον άνθρωπο εκφράζεται μέσω της μέσης θερμοκρασίας ακτινοβολίας (T_{mrt}). Τα σήματα που λαμβάνονται από τους θερμικούς υποδοχείς ενεργοποιούν τις φυσιολογικές αντιδράσεις του οργανισμού που έχουν ως σκοπό να διατηρήσουν σταθερή την εσωτερική θερμοκρασία του σώματος. Η τάση για αύξηση της θερμοκρασίας του δέρματος (T_{sk}) θα ανασταλεί από την ενεργοποίηση κατάλληλων μηχανισμών (διαστολή των αιμοφόρων αγγείων και έκκριση ιδρώτα από τους ιδρωτοποιούς αδένες) και αντίστοιχα η τάση για μείωση της θερμοκρασίας θα αποτραπεί μέσω κατάλληλων μηχανισμών που είναι η συστολή των αιμοφόρων αγγείων και η ενεργοποίηση των μυών (ρίγος).

Ο STI υπολογίζεται ως εξής:

$$STI = T_{mrt} - \left\{ \left[\frac{|S^*|^{0.75}}{5.386 * 10^{-8}} + 273^4 \right]^{0.25} - 273 \right\}, \text{όταν } S^* < 0$$

$$STI = T_{mrt} - \left\{ \left[\frac{|S^*|^{0.75}}{5.386 * 10^{-8}} + 273^4 \right]^{0.25} - 273 \right\}, \text{όταν } S^* \geq 0$$

όπου S^* είναι η προκύπτουσα εσωτερική θερμότητα του ανθρώπινου σώματος ($\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$) που υπολογίζεται λαμβάνοντας υπόψη τις τιμές της θερμοκρασίας δέρματος (T_{sk}). Ο δείκτης STI υπολογίζεται σε βαθμούς Κελσίου ($^{\circ}\text{C}$) και η κλίμακά του κυμαίνεται από υπερβολικά ζεστή ($STI > 70.0$ $^{\circ}\text{C}$) σε υπερβολικά κρύο ($STI < -38.0$ $^{\circ}\text{C}$) ενώ η κατηγορία άνεσης αντιστοιχεί μεταξύ των τιμών $22.6 - 31.9$ $^{\circ}\text{C}$ (Πίνακας 3.13).

Πίνακας 3.13 Σχέση μεταξύ θερμικής αίσθησης και τιμών του δείκτη STI (Blazejczyk 2005)

Τιμές του δείκτη STI ($^{\circ}\text{C}$)	Θερμική αίσθηση
>70.0	Υπερβολικά ζεστό
55.0 – 69.9	Πολύ ζεστό
46.0 – 54.9	Ζεστό
32.0 – 45.9	Θερμό
22.6-31.9	Άνετο
-0.4 έως 22.5	Δροσερό
-20 έως -0.5	Κρύο
-38 έως -20.1	Πολύ κρύο
<-38	Υπερβολικά κρύο

Physiological strain (PhS)

Ο δείκτης PhS εκφράζει την αναλογία ανταλλαγής θερμότητας από μεταφορά και απώλειας θερμότητας λόγω εξάτμισης και υποδεικνύει τις φυσιολογικές διαδικασίες προσαρμογής του οργανισμού σε θερμά ή ψυχρά περιβάλλοντα (Blazejczyk 2005). Σε ένα σχετικά ισορροπημένο περιβάλλον μεταφοράς και εξάτμισης οι διεργασίες προσαρμογής του ανθρώπινου σώματος έχουν χαμηλή σχετικά ένταση. Σε ένα περιβάλλον όπου κυριαρχεί η απώλεια θερμότητας από μεταφορά ($PhS > 1.5$) η ένταση που υφίσταται ο οργανισμός όταν βρεθεί σε ένα ψυχρότερο περιβάλλον από την εσωτερική θερμοκρασία του σώματος εκφράζεται με μείωση της θερμοκρασίας δέρματος, ελάττωση της περιφερειακής ροής αίματος, αύξηση της πίεσης του αίματος και διέγερση των μυών (ρίγος). Η αντίδραση του οργανισμού στο θερμότερο περιβάλλον εκδηλώνεται ($PhS < 0.75$)

εκδηλώνεται με αύξηση της περιφερειακής ροής αίματος, μείωση της πίεσης του αίματος, αύξηση των καρδιακών παλμών, έντονη εφίδρωση, αφυδάτωση και έντονες πρόσκαιρες αλλαγές στη θερμοκρασία δέρματος (Blazejczyk 2005). Η κλίμακά του δείκτη κυμαίνεται από υπερβολικά ζεστό ($PhS < 0$) σε υπερβολικά κρύο ($PhS > 8$) ενώ η ουδέτερη κατηγορία κυμαίνεται μεταξύ των τιμών 0.76 – 1.50 (Πίνακας 3.14) (Blazejczyk 2005) .

Πίνακας 3.14 Σχέση μεταξύ θερμικής αίσθησης και τιμών του PhS (Blazejczyk 2005)

Τιμές του δείκτη PhS	Θερμική αίσθηση
<0.00	Υπερβολικά ζεστό
0.00 – 0.25	Πολύ ζεστό
0.26 – 0.75	Μέτρια ζεστό
0.76 – 1.50	Θερμικά ουδέτερο
1.51 – 4.00	Μέτρια κρύο
4.01 – 8.00	Πολύ κρύο
>8.00	Υπερβολικά Κρύο

3.6 Περιβαλλοντικά μοντέλα προσομοίωσης στο αστικό περιβάλλον

Ένας μεγάλος αριθμός αριθμητικών μοντέλων πρόβλεψης των διαφορετικών αστικών κλιματικών μεταβλητών έχει αναπτυχθεί τα τελευταία χρόνια. Το σημαντικότερο πλεονέκτημα της χρήσης περιβαλλοντικών μοντέλων προσομοίωσης σε ότι αφορά το αστικό μικρόκλιμα, έναντι των μετρήσεων πεδίου έγκειται η δυνατότητά τους να υπολογίσουν και να προσομοιώσουν πολλαπλές μεταβλητές και ατμοσφαιρικές διεργασίες. Ως εκ τούτου, οι αριθμητικές μέθοδοι προσομοίωσης αστικού μικροκλίματος γίνονται ολοένα και πιο δημοφιλείς (Arnfield 2003). Τα κλιματικά μοντέλα μπορούν να ταξινομηθούν πρώτα ανάλογα με την κλίμακά τους, η οποία μπορεί να κυμαίνεται από χιλιόμετρα σε μερικά εκατοστά. Συνήθως, τα μοντέλα που αναπτύχθηκαν για έρευνες αστικού μικροκλίματος (UHI) χρησιμοποιούν μια μεγάλη ανάλυση χώρου (π.χ. Gross 1991, Masson 2000). Αυτά είναι ίσως πιο κατάλληλα για πολεοδομικά θέματα (κλίμακα έως 1/5000) και όχι για ζητήματα πολεοδομικού σχεδιασμού (1/ 5000) . Η ανασκόπηση που ακοπουθεί περιγράφει τα μικροκλιματικά αριθμητικά μοντέλα της δεύτερης κατηγορίας, στην οποία περιλαμβάνεται και το περιβαλλοντικό μοντέλο ENVI-met. Τα αστικά μοντέλα μικροκλίματος διαφέρουν σημαντικά ανάλογα με τη φυσική τους βάση η χρονική και τη χωρική ανάλυση τους. Σε επίπεδο μικροκλίμακας, τα τριδιάστατα (3D) μοντέλα ροής του ανέμου είναι τα πιο εύκολα εφαρμόσιμα (π.χ. Eichorn 1989, Johansson and Hunter 1995), ενώ όσα περιλαμβάνουν όλες τις υδρολογικές, θερμικές και ενεργειακές διαδικασίες είναι πολύ λίγα, μεταξύ άλλων επειδή είναι πολύ χρονοβόρα. Τα μοντέλα αυτά συχνά απλουστεύονται με διάφορες παραμετροποιήσεις και περιορισμούς,

προκειμένου να εξοικονομείται χρόνος και να λύνονται τα προβλήματα που συνδέονται με μεταβλητές που είναι δύσκολο να προσδιοριστούν (π.χ. Mills 1993, Arnfield 2000). Τα αστικά μοντέλα οδικής χαράδρας αποτελούν επίσης χαρακτηριστικά παραδείγματα δυδιάστατων μοντέλων που επικεντρώνονται στην πρόγνωση των ενεργειακών ροών και θεωρώντας προκαθορισμένες διαμορφώσεις δρόμων, με ομοιόμορφα σε σχήμα και ύψος κτίρια, στεγνές επιφάνειες, χωρίς λανθάνουσα θερμότητα βλάστησης και χωρίς αποθήκευση θερμότητας στο εσωτερικό του κτιρίου (π.χ. Herbert et al. 1998). Εναλλακτικά, μοντέλα που συνδυάζουν τρισδιάστατη ροή ανέμου και δυδιάστατη ροή ενέργειας είναι ταχύτερα και ακριβέστερα (π.χ. Arnfield et al. 1998). Άλλα μοντέλα, πιο εμπειρικά, βασίζονται σε εξισώσεις που προέρχονται από λίγα διαθέσιμα δεδομένα μετρήσεων π.χ. Nunez and Oke (1980) , ή το μοντέλο CTTC (Swaid and Hoffman 1990, Shashua - Bar and Hoffman 2000). Επιπλέον, πολλά από αυτά τα μοντέλα ασχολούνται με τον όγκο του 'αστικού φαραγγιού' στο σύνολό του, δηλαδή όλοι οι υπολογισμοί γίνονται για ένα σημείο στο επίπεδο του δρόμου και οι χωρικές διαφορές που διαμορφώνονται μέσα σε αυτό δεν λαμβάνονται υπόψη. Αντίθετα, τα CAD-based μοντέλα επιδιώκουν να αναπαράγουν με ακρίβεια τη 3D αστική σκηνή καθώς τα μοντέλα αυτά προορίζονται αποκλειστικά για σχεδιαστές και, ενδεχομένως, αξιολογούν την αλληλεπίδραση μεταξύ εσωτερικών και εξωτερικών χώρων στα πλαίσια της διαθεσιμότητας φωτός στις επιφάνειες, π.χ. SOLENE (Groleau and Miguet 1998) . Στην περίπτωση αυτή το μοντέλο εστιάζει στον υπολογισμό των θερμοκρασιών επιφάνειας και της μέσης θερμοκρασίας ακτινοβολίας. Ωστόσο, τα περισσότερα από τα μετεωρολογικά δεδομένα (ταχύτητα ανέμου, θερμοκρασία αέρα κ.λπ.) υποτίθεται πως είναι γνωστά. Επιπλέον, πολύ λίγα μοντέλα μικροκλίματος εκτιμούν την προκύπτουσα θερμική άνεση πέρα από μεταβολές αστικού μικροκλίματος (π.χ. Asawa et al. 2000, Teller and Azar 2001). Αυτό οφείλεται κυρίως στο δύσκολο προσδιορισμό των ροών ακτινοβολίας γύρω από το ανθρώπινο σώμα στις σύνθετες αστικές περιοχές. Ως εκ τούτου, το ζήτημα μοντελοποίησης της θερμικής άνεσης στους αστικούς υπαίθριους χώρους συχνά αντιμετωπίζεται με τη χρήση απλουστευμένων μεθόδων, στις οποίες εξαιρούνται πολλές ατμοσφαιρικές διεργασίες. Αυτές στη συνέχεια αντικαθίστανται από δεδομένα που εισάγονται από τον χρήστη, παίρνοντας ως δεδομένο τη διαθεσιμότητά τους (π.χ. ημερήσια στοιχεία των θερμοκρασίας αέρα (T_a), ταχύτητας ανέμου (V) και σχετικής υγρασίας (RH)). Για παράδειγμα, η θερμική άνεση στο μοντέλο TOWNSCOPE (Teller and Azar 2001) υπολογίζεται σε ημερήσια βάση , ωστόσο, εισάγοντας μέσες τιμές θερμοκρασίας αέρα, ταχύτητας ανέμου, σχετικής υγρασίας και θερμοκρασίας επιφάνειας (T_s) οι οποίες διατηρούνται σταθερές κατά τη διάρκεια της προσομοίωσης. Τέλος, ένα αποφασιστικό στοιχείο στην επιλογή ενός μοντέλου είναι η πληροφορία εξόδου. Οι έξοδοι μπορεί να διαφέρουν από τη πρόγνωση μίας μόνο μεταβλητής π.χ. θερμοκρασίας αέρα (Swaid and Hoffman 1990), σε μια λεπτομερή μικροκλιματική περιγραφή π.χ. ENVI-met (Bruse 1999). Τα αστικά μικροκλιματικά μοντέλα ποικίλουν εξαιρετικά ως προς τη φυσική τους βάση αλλά και τη χωρική τους ανάλυση. Οι Ali-Toudert and Mayer (2006) παρείχαν μία λεπτομερή κριτική των πιο διαδεδομένων

περιβαλλοντικών μοντέλων. Κατέληξαν πως το ENVI-met (Bruse 1999) είναι το καταλληλότερο για την ανάλυση των συνθηκών θερμικής άνεσης σε αστικές οδικές χαράδρες με ανάλυση μικρότερη των 0.5x0.5m και πράγματι, πλήθος ερευνητών τα τελευταία χρόνια επέλεγον το ENVI-met προκειμένου να προσομοιώσουν την επίδραση της βλάστησης στο αστικό μικρόκλιμα (Yu and Hien 2006, Ali-Toudert and Mayer 2007, Emmanuel et al. 2007, Spangenberg et al. 2008, Fahmy et al. 2009, Fahmy and Sharples 2009, Christopoulou and Tsiros 2014). Σε αυτές τις έρευνες, οι ερευνητές προσομοιώνουν ημέρες ενδιαφέροντος στις εξεταζόμενες περιοχές και στη συνέχεια προτείνουν Παρεμβάσεις διαμόρφωσης των εξεταζόμενων χώρων ώστε να προσεγγίσουν τα αποδεκτά διαστήματα τιμών περιβαλλοντικών συνθηκών.

Σε αυτή τη διδακτορική διατριβή επιλέχτηκε το περιβαλλοντικό μοντέλο ENVI-met, ως ένα τρισδιάστατο μικροκλιματικό μοντέλο σχεδιασμένο για την προσομοίωση της επίδρασης επιφάνειας-βλάστησης-αέρα στο αστικό περιβάλλον στην κλίμακα του μικροκλίματος, με τυπική οριζόντια ανάλυση από 0.5 σε 10m, τυπικό χρονικό πλαίσιο από 24 σε 48 ώρες και τυπική χρονική βαθμίδα 10sec το μέγιστο (www.envimet.com). Η ανάλυση αυτή επιτρέπει την αξιολόγηση των επιδράσεων μικρής κλίμακας μεταξύ κτιρίων, επιφανειών και βλάστησης. Λεπτομερής περιγραφή του μοντέλου παρουσιάζεται στη διδακτορική διατριβή της Ali Toudert (2005).

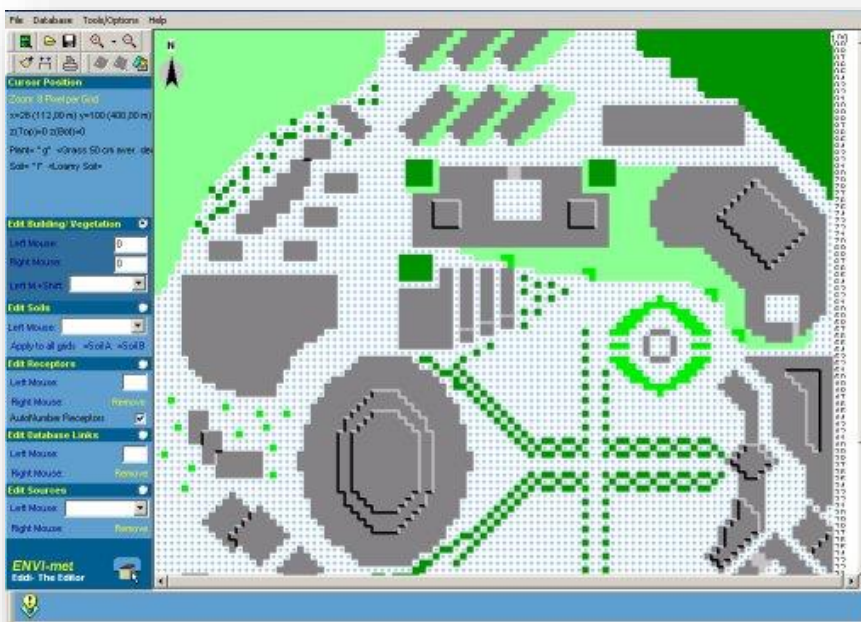
Το ENVI-met είναι ένα προγνωστικό μικροκλιματικό μοντέλο βασισμένο στους θεμελιώδεις νόμους της ρευστομηχανικής και της θερμοδυναμικής και περιλαμβάνει την προσομοίωση:

- της ροής αερίων μαζών γύρω και μεταξύ των κτιρίων,
- τις διαδικασίες ανταλλαγής θερμότητας και υδρατμών στην επιφάνεια εδάφους και κατά μήκους των προσόψεων κτιρίων,
- των στροβιλώδους ροών,
- των διαδικασιών ανταλλαγής ενέργειας μεταξύ των παραμέτρων της βλάστησης και της ατμόσφαιρας,
- των βιοκλιματικών συνθηκών,
- της διασποράς ρυπογόνων ουσιών

Η διαδικασία προσομοίωσης της πορείας διακύμανσης του μικροκλίματος στην περιοχή μελέτης με τη χρήση του μοντέλου λογισμικού ENVI-met 3.1 γίνεται σε τέσσερα βήματα που αντιστοιχούν σε χρήση τεσσάρων βασικών εφαρμογών:

Βήμα 1 Envi-met Editor (Area input file): Αποτελεί την πιο χρονοβόρα και τη βασικότερη ίσως εφαρμογή, δεδομένου ότι σε αυτή γίνεται η ψηφιοποίηση της περιοχής μελέτης και προσδιορίζονται οι διαστάσεις της, τα γεωγραφικά χαρακτηριστικά και ο προσανατολισμός της. Επίσης, καθορίζονται με λεπτομέρεια τα υλικά κάλυψης του εδάφους, οι τύποι εδάφους και βλάστησης και η κατανομή τους στο χώρο καθώς και το ύψος, οι διαστάσεις και οι θέσεις των

κτιρίων (εικόνα 3.11). Είναι πολύ χρήσιμο η περιοχή ψηφιοποίησης να περιβάλλεται από έναν αριθμό δευτερευόντων κελιών (nesting grids) που στην πραγματικότητα δε θα συμπεριλαμβάνονταν. Η ύπαρξη αυτής της ζώνης δευτερευόντων κελιών στοχεύει στην απομάκρυνση της περιοχής ενδιαφέροντος από τα όρια του μοντέλου στα οποία είναι πιθανόν να υπάρξουν υπολογιστικά προβλήματα. Τα δευτερεύοντα κελιά δημιουργούνται στην εσωτερική μνήμη του προγράμματος και δεν είναι δυνατόν να ψηφιοποιηθούν χαρακτηριστικά όπως ο τύπος εδάφους, το ύψος κτιρίων κ.λπ. Σε αυτή την περίπτωση το ENVI-met δίνει τη δυνατότητα επιλογής δύο εδαφικών προφίλ που να προσεγγίζουν όσο το δυνατόν καλύτερα την περιοχή των δευτερευόντων κελιών.



Εικόνα 3.11 Δείγμα ψηφιοποίησης περιοχής μελέτης

Βήμα 2 Configuration file: Αφού ψηφιοποιηθεί η περιοχή μελέτης, στο στάδιο αυτό εισάγονται τα τελευταία στοιχεία πριν την έναρξη της ψηφιοποίησης. Εδώ, ορίζεται η ημερομηνία προσομοίωσης, η χρονική της διάρκεια, η ώρα έναρξης, η τιμή της θερμοκρασίας και της ειδικής υγρασίας σε ύψος 2500m της ημέρας προσομοίωσης (όπου είναι αποδεκτό να αντικατασταθούν με τη καταγεγραμμένη από μετεωρολογικό σταθμό μέση θερμοκρασία και υγρασία της ημέρας προσομοίωσης), η σχετική υγρασία σε ύψος 2m και η ταχύτητα και διεύθυνση του ανέμου σε ύψος 10m από την επιφάνεια της Γης (εικόνα 3.12). Επιπλέον, δεδομένα που μπορούν να εισαχθούν και να συμβάλλουν στην ακρίβεια της προσομοίωσης αφορούν πληροφορίες κτιρίων, εδάφους, βλάστησης, ακτινοβολίας, νέφωσης, διασπορά σωματιδίων κ.ά. Με αυτά τα δεδομένα εισόδου το μοντέλο προσομοιώνει λεπτομερώς την ημερήσια πορεία διακύμανσης πλήθους ατμοσφαιρικών παραμέτρων (π.χ. θερμοκρασίας αέρα, ταχύτητας και διεύθυνσης ανέμου, σχετικής υγρασίας,

άμεσης, διάχυτης, μεγάλου μήκους κύματος ηλιακής ακτινοβολίας) που σχετίζονται με τις ατμοσφαιρικές διεργασίες, ενώ παράλληλα παρέχει πληροφορίες διεργασιών επιφάνειας και εδάφους.

Βήμα 3 Area Definition: Σε αυτή την εφαρμογή δίνεται η δυνατότητα επιλογής της διακριτικής ικανότητας του μοντέλου μεταξύ 100*100*30, 180*180*30 και 250*250*30 (δηλαδή διαστάσεων που αντιστοιχούν σε: πλάτος * μήκος * ύψος).

```
00:%-----ENVI-met Configuration File V3.1
00:%-----
00:%MAIN-DATA
01:Name for Simulation (Text):      =Simple Example
02:Input file Model Area           =C:\mysim\input\street.in
03:Filebase name for Output (Text): =StreetA
04:Output Directory:               =C:\mysim\results\StreetA
05:Start Simulation at Day (DD.MM.YYYY): =23.16.1998
06:Start Simulation at Time (HH:MM:SS): =06:00:00
07:Total Simulation Time in Hours:   =24.00
08:Save Model State each ? min      =60
09:Wind Speed in 10 m ab. Ground [m/s] =3
10:Roughness Length z0 for Reference Point =0.1
11:Wind Direction (0:N..90:E..180:S..270:W..) =225
12:Initial Temperature Atmosphere [K] =293
13:Specific Humidity in 2500 m [g Water/kg air] =7
14:Relative Humidity in 2m [%]      =50
```

Εικόνα 3.12 Δείγμα τυπικού αρχείου ρυθμίσεων (Configuration file)

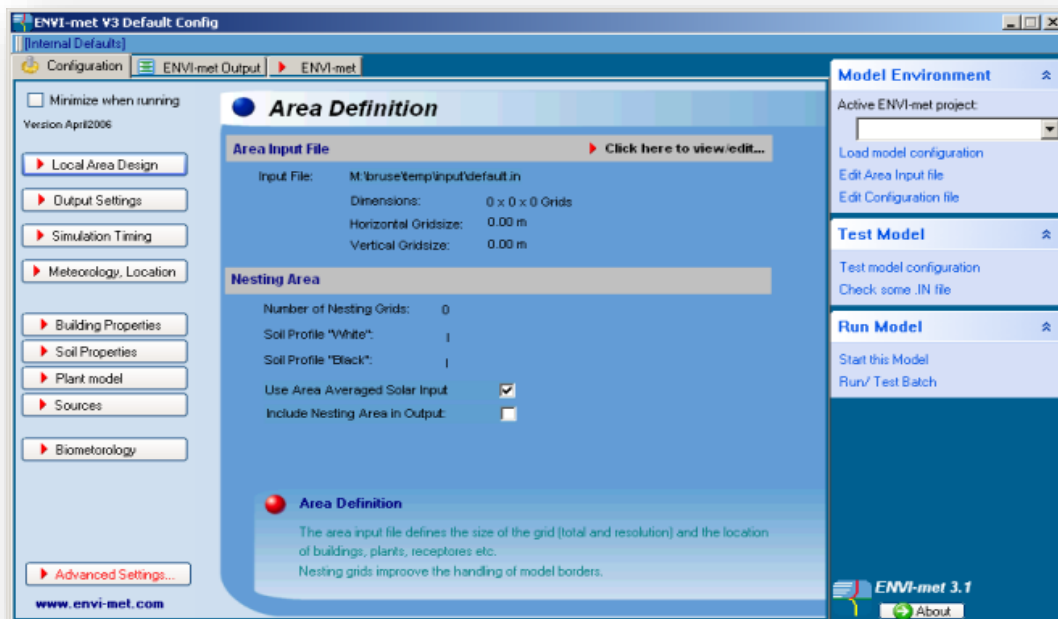
Η επιλογή αυτή εξαρτάται από τις διαστάσεις της ψηφιοποιημένης περιοχής, είναι όμως συνετό να μην επιλέγεται η μεγαλύτερη διακριτική ικανότητα που απαιτεί περισσότερο χρόνο και δυσκολεύει τη λειτουργία του μοντέλου. Έπειτα, εισάγεται το επιθυμητό αρχείο ρυθμίσεων και μετά τη δυνατότητα ελέγχου της προσομοίωσης (test model configuration) ξεκινά η διαδικασία προσομοίωσης (Start this model) (εικόνα 3.13). Αυτή μπορεί να διαρκέσει μερικές μέρες εξαρτώμενη από τη διακριτική ικανότητα που έχει επιλεγεί και την πολυπλοκότητα της ψηφιοποιημένης περιοχής.

Βήμα 4 Leonardo: Με την εφαρμογή αυτή δίνεται η δυνατότητα οπτικοποίησης και αξιολόγησης των αποτελεσμάτων προσομοίωσης.

Τυπικά πεδία εφαρμογής του ENVI-met 3.1 είναι η Αστική Κλιματολογία, η Αρχιτεκτονική, ο Κτιριακός και Περιβαλλοντικός σχεδιασμός (Bruse and Fleer 1998, Van de Hooff and De Ridder 2004, Samaali et al. 2007).

Οι προσομοιώσεις του μοντέλου περιλαμβάνουν:

- Τις μικρού και μεγάλου μήκους κύματος ροές ακτινοβολίας σε σχέση με την σκίαση, αντανάκλαση και την ηλιακή ακτινοβολία στα κτιριακά συστήματα και τη βλάστηση
- Τη διαπνοή, εξάτμιση και ροές θερμότητας από τη βλάστηση στον αέρα συμπεριλαμβανομένης πλήρους προσομοίωσης όλων των φυσικών παραμέτρων των φυτών (π.χ. ρυθμός φωτοσύνθεσης)
- Επιφανειακή και κτιριακή θερμοκρασία σε κάθε grid περιοχή
- Ανταλλαγή θερμότητας μέσα στο εδαφικό σύστημα
- Τον υπολογισμό της μέσης θερμοκρασίας ακτινοβολίας καθώς και του δείκτη θερμικής αίσθησης PMV
- Τη διασπορά των αδρανών αερίων και των σωματιδίων συμπεριλαμβανομένης της καθίζησης των σωματιδίων σε φύλλα επιφανειών



Εικόνα 3.13 Οθόνη ελέγχου και έναρξης μοντέλου προσομοίωσης

Το σημαντικότερο πλεονέκτημα του ENVI-met είναι πως είναι ένα από τα πρώτα μοντέλα που επιδιώκει να αναπαράγει τις σπουδαιότερες διαδικασίες που εξελίσσονται στην ατμόσφαιρα και επιδρούν στο μικρόκλιμα σε μία καλά δομημένη φυσική βάση (π.χ. τους θεμελιώδεις νόμους της μηχανικής των ρευστών και της θερμοδυναμικής).

Παρά τα αρκετά πλεονεκτήματα που παρουσιάζει, δε λείπουν και ορισμένα μειονεκτήματα, όπως το γεγονός πως δε λαμβάνει υπόψη θερμική χωρητικότητα των προσόψεων των κτιρίων και επιπλέον 'θεωρεί' την εσωτερική θερμοκρασία των κτιρίων ότι παραμένει σταθερή κατά τη διάρκεια της ημέρας προσομοίωσης. Αυτό δεν είναι ρεαλιστικό για έναν φυσικά αεριζόμενο χώρο. Τα δύο αυτά μειονεκτήματα επιδρούν τελικά στη μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας και στη θερμοκρασία αέρα.

Το ENVI-met έχει εφαρμοστεί σε αρκετές περιοχές αστικού περιβάλλοντος και σε αρκετά είδη κλιμάτων (Lahme and Bruse 2004, Ali-Toudert 2005, Ali Toudert and Mayer 2005, Ali Toudert and Mayer 2006, Johansson 2005, Yu and Hien 2006, Tsitoura et al. 2011 Spangenberg et al. 2008, Emmanuel et al. 2007, Wang et al. 2010, Attia and Duchhart 2011).

Για τους σκοπούς της παρούσας διδακτορικής διατριβής το ENVI-met 3.1 παρουσιάζει αρκετά πλεονεκτήματα και ως εκ τούτου επιλέχτηκε για τη προσομοίωση των περιοχών μελέτης. Τα πλεονεκτήματα είναι:

1. Το μοντέλο απαιτώντας ελάχιστο αριθμό δεδομένων εισαγωγής προβάλλει μεγάλο αριθμό αποτελεσμάτων, κάνοντάς το φιλικό προς το χρήστη.
2. Προσομοιώνει την ημερήσια διακύμανση των μικροκλιματικών παραμέτρων υπολογίζοντας όλες τις διαδικασίες ανταλλαγής περιλαμβάνοντας ροές ανέμου, στροβιλισμούς, ροές ακτινοβολίας, θερμοκρασίας και υγρασίας
3. Παρέχει τη δυνατότητα λεπτομερούς ψηφιοποίησης της αστικής δομής π.χ. μεγέθη και ύψη κτιρίων, σχεδιαστικές λεπτομέρειες όπως φράκτες, υδάτινα στοιχεία (σιντριβάνια, πίδακες νερού κ.λπ.), ποικιλία ειδών βλάστησης ενώ παράλληλα δίνεται η δυνατότητα εισαγωγής νέων δεδομένων βλάστησης και εδάφους εφόσον είναι γνωστές οι απαιτούμενες από το μοντέλο ιδιότητες.
4. Η υψηλή χωρική ανάλυση (έως και 0.5m οριζοντίως) και υψηλή χρονική ανάλυση (έως και 10s) επιτρέπουν καλή ερμηνεία των μικροκλιματικών διακυμάνσεων, ειδικά στην αστική γεωμετρία και στα θέματα θερμικής άνεσης.
5. Η βασική παράμετρος υπολογισμού της μέσης θερμοκρασίας ακτινοβολίας επίσης υπολογίζεται.

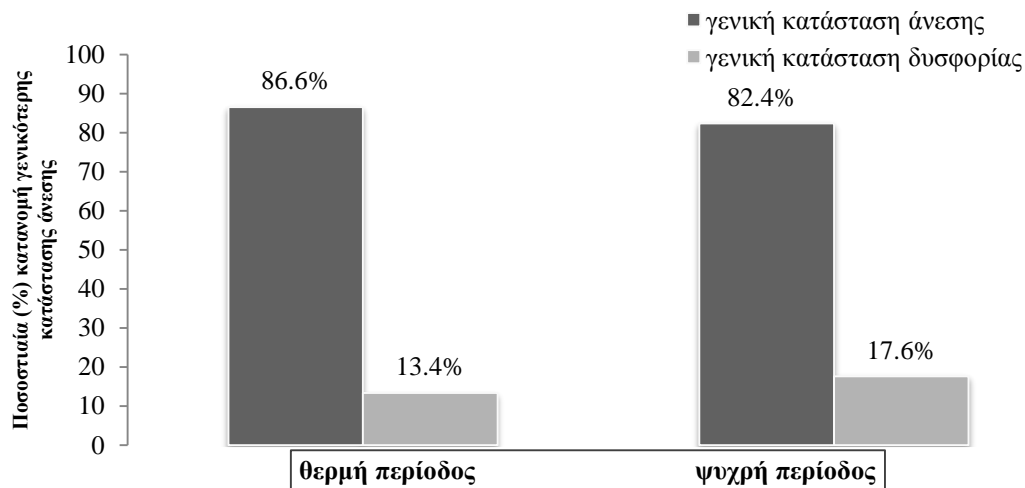
Κεφάλαιο 4

Αποτελέσματα - Συζήτηση

4.1 Συσχετίσεις μεταξύ μικροκλίματος και άνεσης

Στη συνέχεια ακολουθούν τα αποτελέσματα της στατιστικής επεξεργασίας των δεδομένων ερωτηματολογίου στις ερωτήσεις που αφορούν τη θερμική αίσθηση των ερωτηθέντων ως προς τις συνθήκες περιβάλλοντος. Προκειμένου να διαπιστωθεί αν οι συσχετίσεις των μεταβλητών που εξετάζονται είναι στατιστικά σημαντικές πραγματοποιήθηκε ο χ^2 έλεγχος ανεξαρτησίας (chi-square of independence), έλεγχος κατάλληλος για κατηγορικές μεταβλητές όπως είναι η πλειονότητα όσων αξιολογούνται στη συνέχεια.

4.1.1 Ποσοστιαία κατανομή της γενικότερης κατάστασης άνεσης

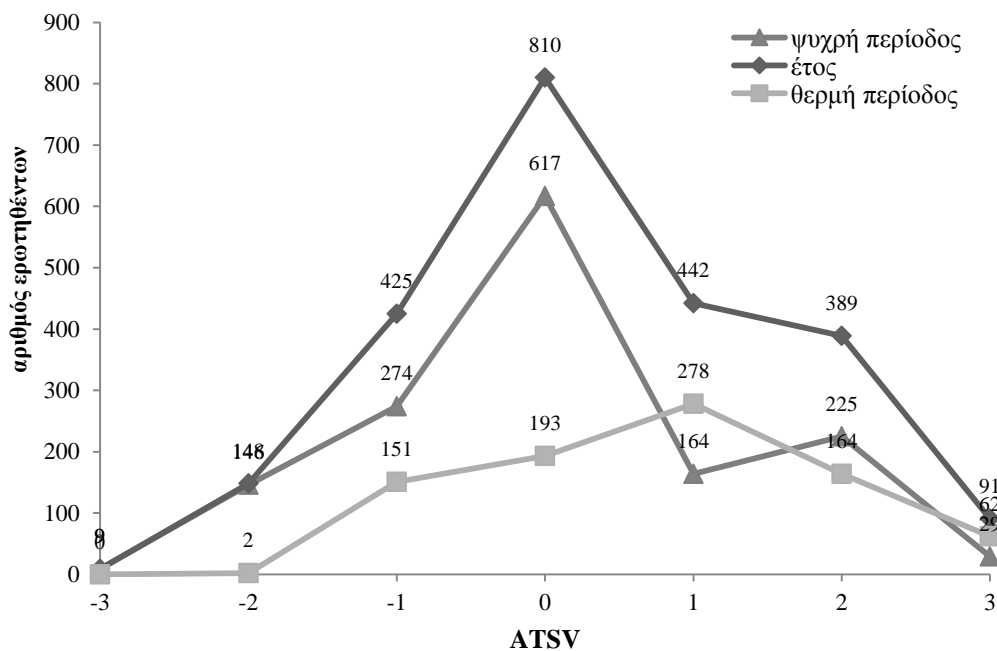


Διάγραμμα 4.1 Ποσοστιαία κατανομή γενικότερης κατάστασης άνεσης στις δύο εποχικές περιόδους

Παρατηρώντας τη γενικότερη κατάσταση θερμικής άνεσης στις δύο εποχικές περιόδους (βάση της ερώτησης (μεταβλητής): «πως αισθάνεστε αυτή τη στιγμή;» με πιθανές απαντήσεις (σύνολο δυνατών τιμών) «άνετα»/ «δυσάρεστα»), είναι φανερό πως η συντριπτική πλειοψηφία των ερωτηθέντων νοιώθουν θερμικά άνετα με το περιβάλλον τους, τόσο τη ψυχρή όσο και τη θερμή περίοδο του έτους (Διάγραμμα 4.1). Το ποσοστό των θερμικά ικανοποιημένων με το περιβάλλον είναι περίπου ίδιο στις δύο εποχικές περιόδους, εντούτοις είναι στατιστικά σημαντική, όμως υπερτερεί ελαφρά τη θερμή περίοδο του έτους (86.6% θερμή περίοδος, 82.4% ψυχρή περίοδος) ($P < 0.05$).

4.1.2 Κατανομή απαντήσεων στις κατηγορίες πραγματικής θερμικής αίσθησης (ATSV)

Στο Διάγραμμα 4.2 παρουσιάζεται και αξιολογείται η πραγματική θερμική αίσθηση των ανθρώπων στα πλαίσια του αριθμού των ερωτηθέντων για όλο το έτος, καθώς και στις δύο περιόδους, ψυχρή και θερμή, ξεχωριστά. Είναι ενδιαφέρον να σημειωθεί, ότι η μεγαλύτερη συχνότητα βρίσκεται στην κατηγορία θερμικής αίσθησης «ούτε κρύο-ούτε ζέστη» (ATSV=0), κατά τη διάρκεια της ψυχρής περιόδου του έτους, γεγονός που διαμορφώνει αντίστοιχα και τη συνολική εικόνα του έτους. Πιο συγκεκριμένα, αυτή την κατηγορία πραγματικής θερμικής αίσθησης δήλωσε σχεδόν διπλάσιος αριθμός ατόμων συγκρινόμενος με τους αντίστοιχους αριθμούς των περιπτώσεων ATSV=-1 και ATSV=+1.



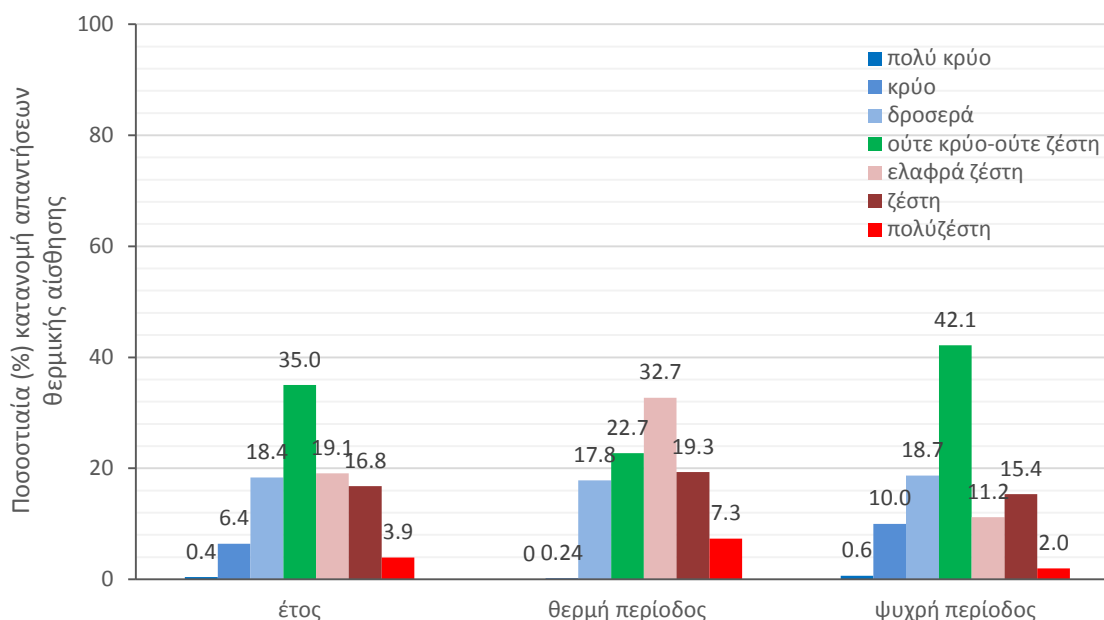
Διάγραμμα 4.2 Κατανομή του αριθμού ερωτηθέντων για την πραγματική θερμική αίσθηση (ATSV) για τις δύο εποχικές περιόδους καθώς και για το σύνολο του έτους

Το γεγονός πως ο μέγιστος αριθμός ατόμων στο εξωτερικό περιβάλλον βρίσκεται κατά τη ψυχρή περίοδο, όπου ο μέγιστος αριθμός απαντήσεων αντιστοιχεί στην κατηγορία «ούτε κρύο-ούτε ζέστη» κατά τη διάρκεια της ψυχρής περιόδου, δηλώνει πως οι περισσότεροι άνθρωποι απολαμβάνουν τις μικροκλιματικές συνθήκες που αντιστοιχούν στο ATSV=0 της ψυχρής περιόδου και οι οποίες αναλύονται εκτενώς στη συνέχεια. Είναι επίσης ενδιαφέρον το γεγονός πως, για το σύνολο του έτους, οι κατηγορίες «δροσερά» και «ελαφρά ζέστη», συγκεντρώνουν σχεδόν τον ίδιο αριθμό απαντήσεων. Μάλιστα, παρατηρώντας τις δυο περιόδους του έτους ξεχωριστά,

παρατηρείται μία ισοκατανομή των απαντήσεων για $ATSV=-1$ τη ψυχρή περίοδο και $ATSV=+1$ τη θερμή περίοδο (274 : (-1) και 278 (+1) αντίστοιχα). Γι' αυτές τις δύο κατηγορίες θερμικής αίσθησης, το 1/3 των ερωτηθέντων απάντησαν $ATSV=-1$ κατά τη θερμή και $ATSV=1$ κατά τη ψυχρή περίοδο του έτους. Το πλήθος αυτών που απάντησαν $ATSV=2$ και αυτών που απάντησαν $ATSV=-2$, στο σύνολο του έτους είναι υπερδιπλάσιο (389:(+2) και 146:(-2)). Σε αυτό το σημείο αρχίζει να γίνεται διακριτό πως η έρευνα έχει διεξαχθεί σε μία χώρα με θερμό κλίμα. Αξιοσημείωτο είναι πως για $ATSV=+2$, το ποσοστό των απαντήσεων που αντιστοιχούν στη ψυχρή περίοδο ($ATSV=-2$: 15.4%) υπερβαίνει το ποσοστό όσων απάντησαν -2 της κλίμακας $ATSV$ κατά τη ψυχρή περίοδο ($ATSV=-2$: 10.0%). Ακόμα και για την ακραία κατηγορία θερμικής αίσθησης $ATSV=+3$, το 1/3 των συνολικών απαντήσεων αντιστοιχεί στη ψυχρή περίοδο, υποδηλώνοντας πως στην Ελλάδα επικρατεί γενικά ένας ήπιος χειμώνας. Εδώ βέβαια δεν πρέπει να παραλειφθεί το γεγονός πως στις πολύ υψηλές θερμοκρασίες που επικρατούν κατά τη θερμή περίοδο οι άνθρωποι επιλέγουν να βρίσκονται σε κλιματιζόμενους κλειστούς χώρους, επομένως μειώνεται σημαντικά το ποσοστό που στην πραγματικότητα θα αντιστοιχούσε σε $ATSV=+3$, ενώ αντιθέτως ενισχύεται το πλήθος των ανθρώπων που θα επωφεληθούν από μία σχετικά πιο ήπια ημέρα της ψυχρής περιόδου ώστε να βρεθούν στο εξωτερικό περιβάλλον και μάλιστα να ψηφίσουν «πολύ ζέστη», ανεβάζοντας το ποσοστό της συγκεκριμένης θερμικής αίσθησης κατά τη διάρκεια της ψυχρής περιόδου του έτους. Στην περίπτωση των πολύ ακραίων χαμηλών θερμοκρασιών οι άνθρωποι επίσης επιλέγουν να βρίσκονται σε κλειστούς χώρους με θέρμανση, με αποτέλεσμα να είναι αρκετά χαμηλό το ποσοστό για $ATSV=-3$, χαμηλότερο τουλάχιστον από αυτό που θα ίσχυε αν αναγκάζονταν να βρεθούν στο εξωτερικό περιβάλλον. Εδώ θα πρέπει να αναφερθεί το εξής χαρακτηριστικό παράδειγμα. Στο άλσος της Ν. Φιλαδέλφειας οι έρευνες πεδίου επιλέγονταν να γίνονται το Σαββατοκύριακο, όπου σε ημερήσια βάση συγκεντρώνονταν πάνω από 100 ερωτηματολόγια σε ήπιες μικροκλιματικές συνθήκες. Επιπλέον, το συγκεκριμένο Άλσος είναι ένας χώρος όπου κάποιος δε θα περάσει τυχαία, αναγκαστικά ή για δουλειά, αλλά θα επιλέξει να βρεθεί εκεί. Σε περιπτώσεις ακραίων χαμηλών θερμοκρασιών ο αριθμός των ερωτηματολογίων δεν ξεπέρασε τα δέκα, δείχνοντας έτσι μείωση του αριθμού των ατόμων που παραβρέθηκαν στο σημείο πάνω από 90%. Ωστόσο, στα δέκα άτομα που βρέθηκαν εκεί, σε αυτές τις ακραίες μικροκλιματικές συνθήκες, τα επτά, τα οποία αντιστοιχούν στο 70%, επέλεξαν να βρεθούν εκεί γιατί τους άρεσε το κρύο και κατά συνέπεια δεν απάντησαν «πολύ κρύο» (το οποίο θα δήλωνε κάποια δυσάρεσκεια), όπως θα ανέμενε κανείς. Πρέπει όμως να ληφθεί υπόψη, πως στο ίδιο σημείο παρατηρήθηκε μείωση του αριθμού των ερωτηματολογίων κατά 90%, μία μείωση που υποδηλώνει τον αριθμό εκείνων που θα αντιστοιχούσαν στις κατηγορίες πραγματικής θερμικής αίσθησης $ATSV=-2$ και $ATSV=-3$.

4.1.3 Ποσοστιαία κατανομή απαντήσεων στις κατηγορίες θερμικής αίσθησης

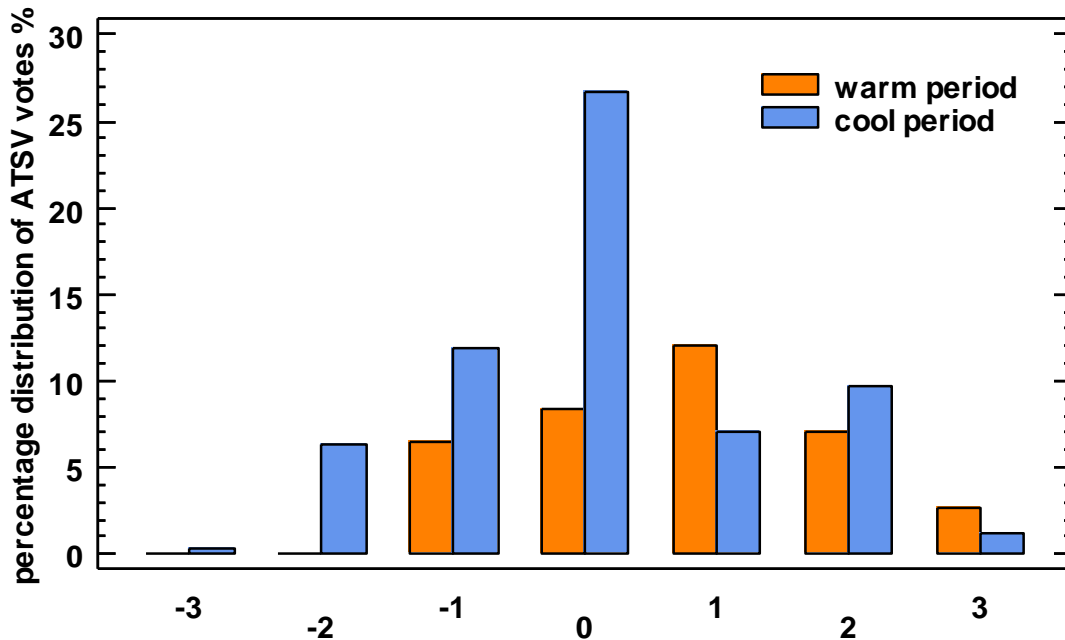
Εξετάζοντας τη μεταβλητή «θερμική αίσθηση» (ATSV) για κάθε εποχική περίοδο ξεχωριστά (Διάγραμμα 4.3), αξίζει να σημειωθεί πως το μεγαλύτερο ποσοστό απαντήσεων που ανήκουν στην κατηγορία ATSV=0 παρατηρείται κατά τη ψυχρή περίοδο του έτους σε ποσοστό 42%.



Διάγραμμα 4.3 Ποσοστιαία κατανομή θερμικής αίσθησης κατά τη θερμή, τη ψυχρή περίοδο και ετησίως

Για τη θερμή περίοδο το ποσοστό των απαντήσεων της ίδιας κατηγορίας είναι μειωμένο σχεδόν στο μισό σε σχέση με τη ψυχρή και δεν ξεπερνά το 23%. Το αποτέλεσμα αυτό σε πρώτη ανάλυση υποδεικνύει πως οι μικροκλιματικές συνθήκες που επικρατούν τη ψυχρή περίοδο ικανοποιούν σε μεγαλύτερο βαθμό τη θερμική αίσθηση. Η κατηγορία θερμικής αίσθησης ATSV:+2 παρουσιάζεται σε σχετικά παρόμοιο ποσοστό για τις δύο εποχικές περιόδους (19% τη θερμή περίοδο, 15% τη ψυχρή περίοδο), γεγονός που υποδηλώνει μία σχετικά ήπια ψυχρή περίοδο. Στη ψυχρή περίοδο του έτους το 2% περίπου των απαντήσεων ανήκουν στην κατηγορία ATSV:+3 ενώ στην κατηγορία ATSV:-2 συγκαταλέγεται ένα ποσοστό, μικρότερο από 1%, γεγονός που επιβεβαιώνει το προηγούμενο συμπέρασμα. Όσον αφορά στη θερμή περίοδο, η πιο ψυχρή κατηγορία ATSV που παρατηρείται ανήκει στην κατηγορία (ATSV: -1) και φτάνει το 18%. Το υπόλοιπο 82% των απαντήσεων που αφορούν τη θερμή περίοδο τοποθετείται στην ουδέτερη και στις θερμές κατηγορίες ATSV, χωρίς όμως να παρατηρούνται υψηλά ποσοστά απαντήσεων στην πιο θερμή κατηγορία θερμικής αίσθησης ATSV +3 (7%), ενώ το μεγαλύτερο ποσοστό απαντήσεων τα συγκεντρώνει η κατηγορία ATSV=+1 (33%). Στη ψυχρή περίοδο του έτους η κατηγορία «ούτε κρύο-ούτε ζέστη» (ATSV: 0) συγκεντρώνει το μεγαλύτερο ποσοστό των απαντήσεων που όπως

ήδη αναφέρθηκε, και αυτό φτάνει το 42%, ενώ παρατηρείται σχεδόν ισοκατανομή των απαντήσεων στις θερμές και ψυχρές κατηγορίες θερμικής αίσθησης (ψυχρές κατηγορίες: 29.3%, θερμές κατηγορίες 28.5%).



Διάγραμμα 4.4 Σύγκριση των σχετικών συχνοτήτων απαντήσεων για τις κατηγορίες ATSV στις δύο εποχικές περιόδους

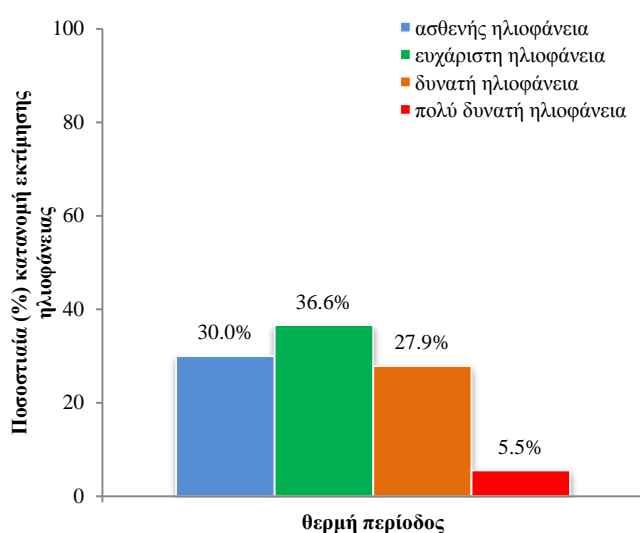
Στο Διάγραμμα 4.4 γίνεται σύγκριση των σχετικών συχνοτήτων των απαντήσεων ATSV στις δύο εποχικές περιόδους και παράλληλα γίνεται χ^2 έλεγχος ανεξαρτησίας που δείχνει πως η κατανομή των απαντήσεων ATSV σχετίζεται με την περίοδο του έτους (P-value < 0.05). Παρατηρώντας το ραβδόγραμμα σχετικών συχνοτήτων, γίνεται καταρχήν εμφανής η διαφορά στη σχετική συχνότητα εμφάνισης της κατηγορίας ATSV=0 μεταξύ των δύο περιόδων. Επίσης, ενδιαφέρον παρουσιάζεται στο γεγονός πως η κατηγορία ATSV=2 εμφανίζει μεγαλύτερη σχετική συχνότητα εμφάνισης κατά τη ψυχρή παρά κατά τη θερμή περίοδο του έτους.

4.1.4 Ποσοστιαία κατανομή απαντήσεων εκτίμησης ηλιοφάνειας

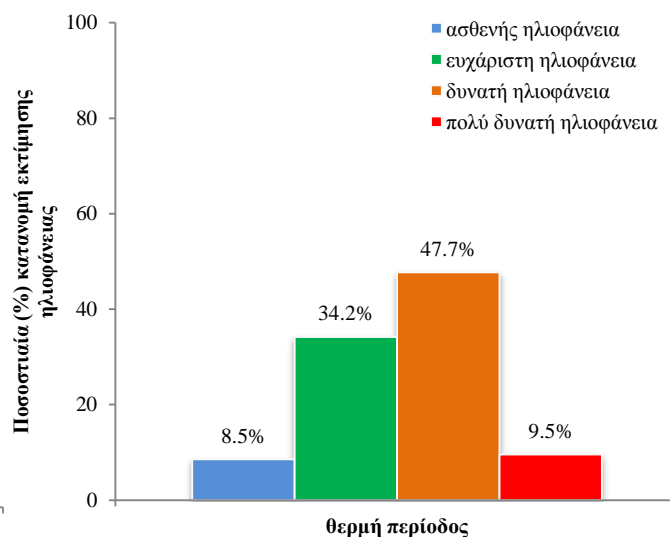
A. Θερμή περίοδος

Για την αξιολόγηση της ποσοστιαίας κατανομής αίσθησης της ηλιοφάνειας κατά τη θερμή περίοδο, δημιουργήθηκαν δύο διαγράμματα. Στο Διάγραμμα 4.5 περιλαμβάνονται όλες οι εκτιμήσεις

ηλιοφάνειας που συγκεντρώθηκαν κατά τη θερμή περίοδο, ενώ στο Διάγραμμα 4.6 εξαιρέθηκαν τα ερωτηματολόγια που απαντήθηκαν μετά τις 19:00LST, δεδομένου πως τις απογευματινές ώρες η ακτινοβολία δεν είναι δυνατή και η εκτίμηση των ανθρώπων για τις συνθήκες ηλιοφάνειας αναμένεται να διαφοροποιείται. Επιπλέον, οι συνθήκες ηλιοφάνειας που επικρατούν τις απογευματινές ώρες δεν αντιστοιχούν σε τυπικές συνθήκες ηλιοφάνειας θερμής περιόδου. Ωστόσο, για την αναλυτική αξιολόγηση των συνθηκών της θερμής περιόδου, ήταν απαραίτητο οι έρευνες πεδίου να διεξάγονται και απογευματινές ώρες, εφόσον οι επικρατούσες μικροκλιματικές συνθήκες αυτής της περιόδου είναι που κρατούν τους ανθρώπους μακριά από τους χώρους αναψυχής τις πρωινές ώρες και τους επιτρέπουν την προσέλευση τους εκεί τις απογευματινές. Από το σύνολο των 850 ερωτηματολογίων που συγκεντρώθηκαν για τη θερμή περίοδο, τα δεδομένα πρωινής/μεσημβρινής περιόδου αποτελούν σχεδόν τα μισά, λίγο περισσότερα από 400 ερωτηματολόγια.



Διάγραμμα 4.5 Ποσοστιαία κατανομή εκτίμησης των συνθηκών ηλιοφάνειας, για το σύνολο των δεδομένων κατά τη θερμή περίοδο



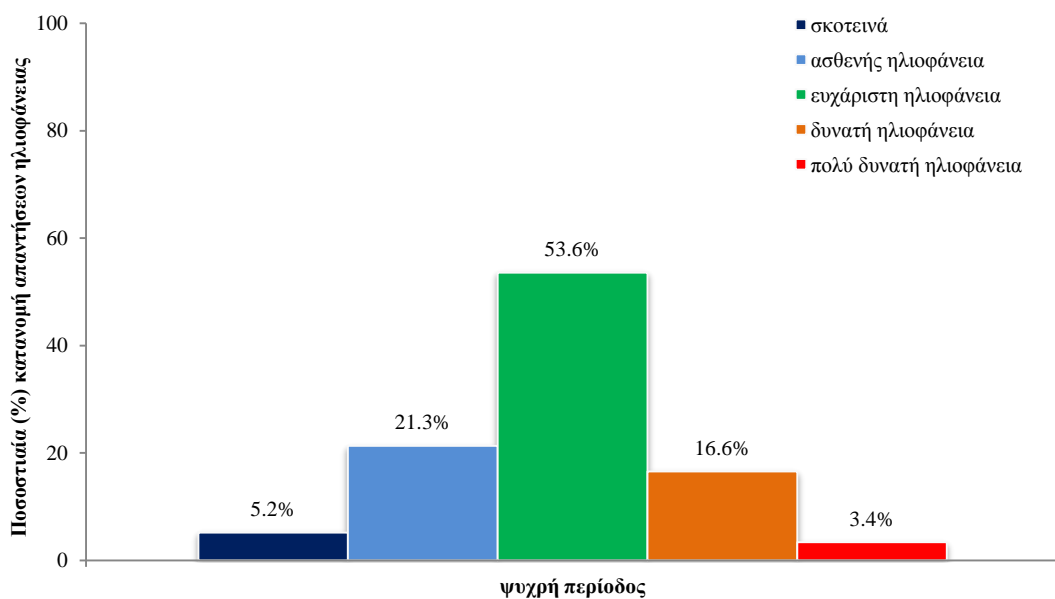
Διάγραμμα 4.6 Ποσοστιαία κατανομή εκτίμησης των συνθηκών ηλιοφάνειας, για δεδομένα πρωινών/μεσημβρινών ωρών κατά τη θερμή περίοδο

Πράγματι, αξιολογώντας τα δύο διαγράμματα είναι φανερό πως οι εκτιμήσεις των ανθρώπων ως προς τις συνθήκες ηλιοφάνειας διαφοροποιούνται αισθητά. Τις πρωινές/μεσημβρινές ώρες το ποσοστό όσων απαντούν «ασθενής ηλιοφάνεια» υποδιπλασιάζεται ενώ σχεδόν διπλασιάζεται το ποσοστό όσων απάντησαν «πολύ δυνατή ηλιοφάνεια». Επιπλέον, αυξάνεται σημαντικά το ποσοστό των ανθρώπων που απάντησαν «δυνατή ηλιοφάνεια». Εστιάζοντας στο Διάγραμμα 4.6 που αφορά τις πρωινές/μεσημβρινές ώρες, βλέπουμε πως σχεδόν το 50% των ερωτηθέντων απαντούν «δυνατή ηλιοφάνεια» και στη συνέχεια ακολουθεί το ποσοστό όσων απαντούν «ευχάριστη ηλιοφάνεια», το

οποίο είναι αρκετά υψηλό και φτάνει το 34.2%, για τις συνθήκες που επικρατούν κατά τη θερμή περίοδο υποδηλώνοντας πως οι άνθρωποι εκτιμούν την παρουσία ηλιοφάνειας. Μάλιστα αυτό επιβεβαιώνεται από το μικρό ποσοστό, $\approx 10\%$, που απάντησαν «πολύ δυνατή ηλιοφάνεια».

B. Ψυχρή περίοδος

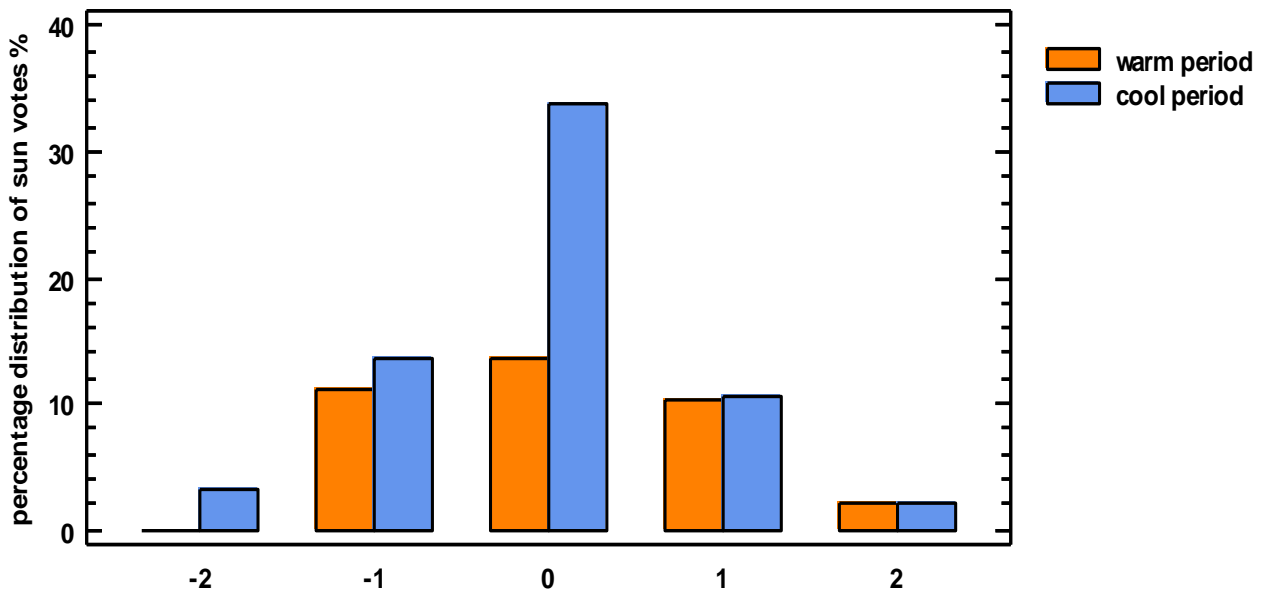
Αξιολογώντας τα δεδομένα της ψυχρής περιόδου, παρατηρείται πως πάνω από το 50% των ερωτηθέντων βρίσκουν ευχάριστες τις συνθήκες ηλιοφάνειας, ενώ μόλις το 5% απάντησε «σκοτεινά», ποσοστό αρκετά χαμηλό για τη ψυχρή περίοδο (Διάγραμμα 4.7).



Διάγραμμα 4.7 Ποσοστιαία κατανομή εκτίμησης των συνθηκών ηλιοφάνειας κατά τη ψυχρή περίοδο

Τα ποσοστά όσων εκτιμούν ότι επικρατεί «ασθενής ηλιοφάνεια» και «δυνατή ηλιοφάνεια» κυμαίνονται στα ίδια περίπου επίπεδα, της τάξης του 20%. Εκτιμώντας τα αποτελέσματα, είναι φανερό πως κατά τη ψυχρή περίοδο η παράμετρος της ηλιοφάνειας έχει θετική επίδραση στη θερμική αίσθηση των ανθρώπων. Το Διάγραμμα 4.8 παρουσιάζει συνοπτικά τη σχετική συχνότητα των απαντήσεων σχετικά με την αίσθηση ηλιοφάνειας στις δύο εποχικές περιόδους και παράλληλα έγινε χ^2 έλεγχος ανεξαρτησίας που δείχνει πως η ποσοστιαία κατανομή των απαντήσεων σχετικά με την ηλιοφάνεια σχετίζεται με την εποχική περίοδο (P -value < 0.05). Παρατηρώντας το Διάγραμμα 4.8 διακρίνεται πως οι κατηγορίες «δυνατή ηλιοφάνεια» και «πολύ δυνατή ηλιοφάνεια» παρουσιάζουν την ίδια περίπου σχετική συχνότητα τη θερμή και τη ψυχρή περίοδο, ενώ μεγαλύτερες διαφοροποιήσεις σχετικής συχνότητας μεταξύ των δύο περιόδων διακρίνονται στις

υπόλοιπες κατηγορίες της μεταβλητής «ηλιοφάνεια» και κυρίως στην κατηγορία «ευχάριστη ηλιοφάνεια» που όπως έχει ήδη αναφερθεί συγκεντρώνει την πλειοψηφία των απαντήσεων της ψυχρής περιόδου (54%).

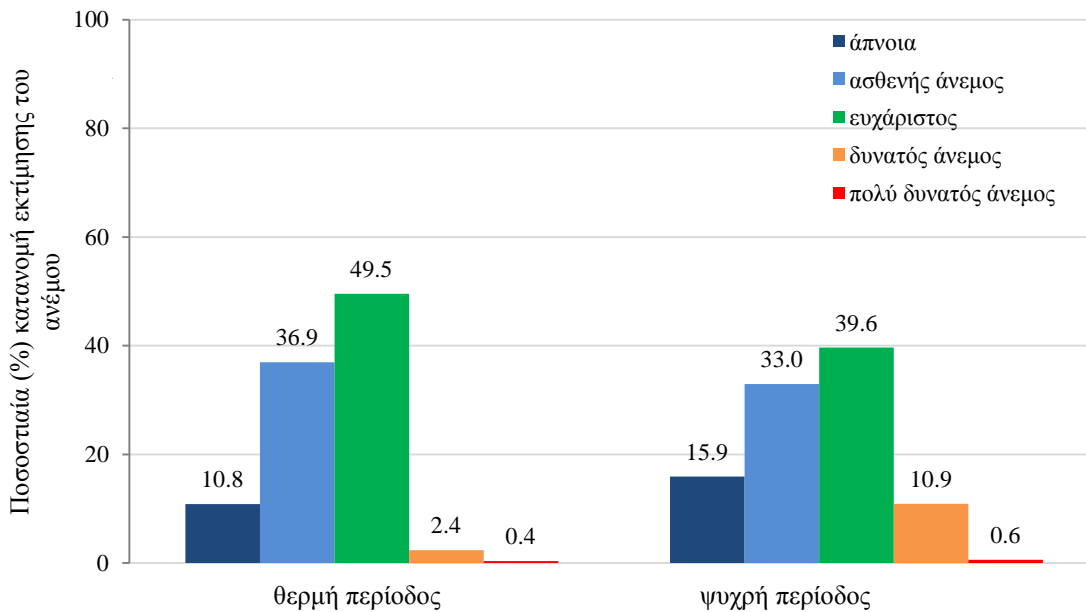


Διάγραμμα 4.8 Σύγκριση των σχετικών συχνοτήτων απαντήσεων σχετικά με την αίσθηση ηλιοφάνειας στις δύο εποχικές περιόδους

4.1.5 Ποσοστιαία κατανομή απαντήσεων εκτίμησης ανέμου

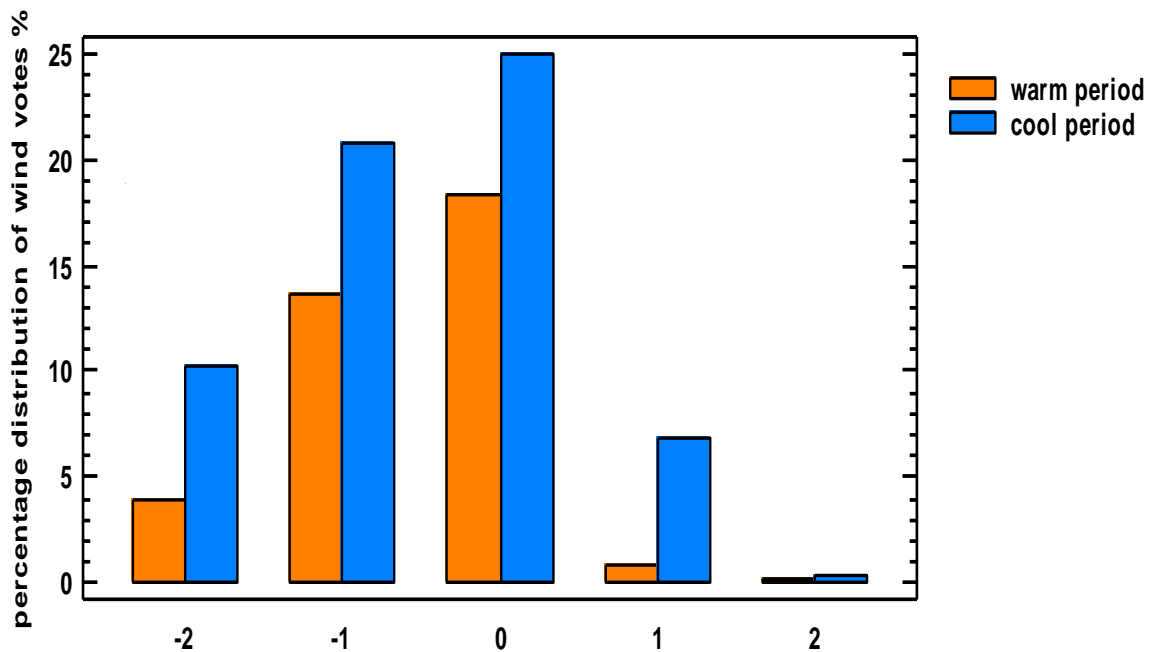
Σχεδόν το 50% των ερωτηθέντων νοιώθει ικανοποιημένο με τις συνθήκες ανέμου κατά τη θερμή περίοδο (Διάγραμμα 4.9), ενώ είναι αρκετά υψηλό το ποσοστό των ερωτηθέντων που απαντούν «ασθενής άνεμος» (37%). Οι απαντήσεις που ανήκουν σε αυτή την κατηγορία υποδεικνύουν και κάποια δυσαρέσκεια για το καθεστώς χαμηλής πνοής ανέμου κατά τη διάρκεια της θερμής περιόδου. Το σχεδόν μηδαμινό ποσοστό του 2% των απαντήσεων που ανήκουν στην κατηγορία «πολύ δυνατός άνεμος», υποδηλώνει πως κατά τη θερμή περίοδο επικρατούν συνθήκες πολύ χαμηλής πνοής ανέμου στο αστικό μικρόκλιμα της Αθήνας. Άλλωστε, αυτό επιβεβαιώνεται και από τις καταγεγραμμένες από το φορητό μικροκλιματικό σταθμό συνθήκες πνοής ανέμου, όπου η μέση ταχύτητά του κυμαίνεται στα 0.6 m.s^{-1} . Παρόλα αυτά, όπως φαίνεται από την στατιστική επεξεργασία οι ερωτηθέντες είναι σε μεγάλο βαθμό ικανοποιημένοι από τις επικρατούσες συνθήκες ανέμου. Κατά τη ψυχρή περίοδο του έτους, το 40% των ερωτηθέντων είναι ικανοποιημένο με τις επικρατούσες συνθήκες ανέμου (Διάγραμμα 4.9), η μέση τιμή του οποίου, όπως καταγράφηκε από

τον φορητό καιρικό σταθμό είναι 0.7 m.s^{-1} , δηλαδή περίπου ίση με τη μέση ταχύτητα ανέμου της θερμής περιόδου.



Διάγραμμα 4.9 Ποσοστιαία κατανομή εκτίμησης των συνθηκών ανέμου, θερμής και ψυχρής περιόδου

Ωστόσο, τη θερμή περίοδο το ποσοστό των ικανοποιημένων είναι ελαφρά μεγαλύτερο, όχι αρκετά όμως για να μπορεί να βγει κάποιο σαφές συμπέρασμα αυτής της διαφοροποίησης. Αρκετά υψηλό επίσης είναι και το ποσοστό όσων απάντησαν «ασθενής άνεμος», που στην περίπτωση της ψυχρής περιόδου δεν υποδηλώνει δυσαρέσκεια, ενώ και το ποσοστό που ανήκει στην κατηγορία «πολύ δυνατός άνεμος» βρίσκεται στο 11%, αρκετά υψηλότερο σε σχέση με το αντίστοιχο της θερμής περιόδου παρόλο που η μέση τιμές ταχύτητας ανέμου των δύο εποχικών περιόδων κυμαίνονται στα ίδια περίπου επίπεδα. Το Ραβδόγραμμα 4.10 παρουσιάζει συνοπτικά τη σχετική συχνότητα των απαντήσεων σχετικά με την αίσθηση του ανέμου στις δύο εποχικές περιόδους και παράλληλα γίνεται έλεγχος χ^2 ανεξαρτησίας που δείχνει πως η κατανομή των απαντήσεων σχετίζεται με την περίοδο του έτους ($P\text{-value} < 0.05$). Παρατηρώντας το ραβδόγραμμα διακρίνεται πως η σχετική συχνότητα των απαντήσεων ακολουθεί την ίδια κατανομή στις δύο εποχικές περιόδους, δηλαδή παρουσιάζει τη μεγαλύτερη σχετική συχνότητα εμφάνισης η κατηγορία «ευχάριστος άνεμος» και στη συνέχεια ακολουθούν οι κατηγορίες «ασθενής άνεμος», «άπνοια» και «πολύ δυνατός άνεμος». Από την αξιολόγηση των εκτιμήσεων των ερωτηθέντων προκύπτει ότι τόσο κατά τη διάρκεια της θερμής όσο και κατά τη διάρκεια της ψυχρής περιόδου του έτους, οι καταγεγραμμένες συνθήκες πνοής του ανέμου κυμάνθηκαν από ασθενείς έως ήπιες.



Διάγραμμα 4.10 Σύγκριση των σχετικών συχνοτήτων απαντήσεων σχετικά με την αίσθηση ανέμου στις δύο εποχικές περιόδους

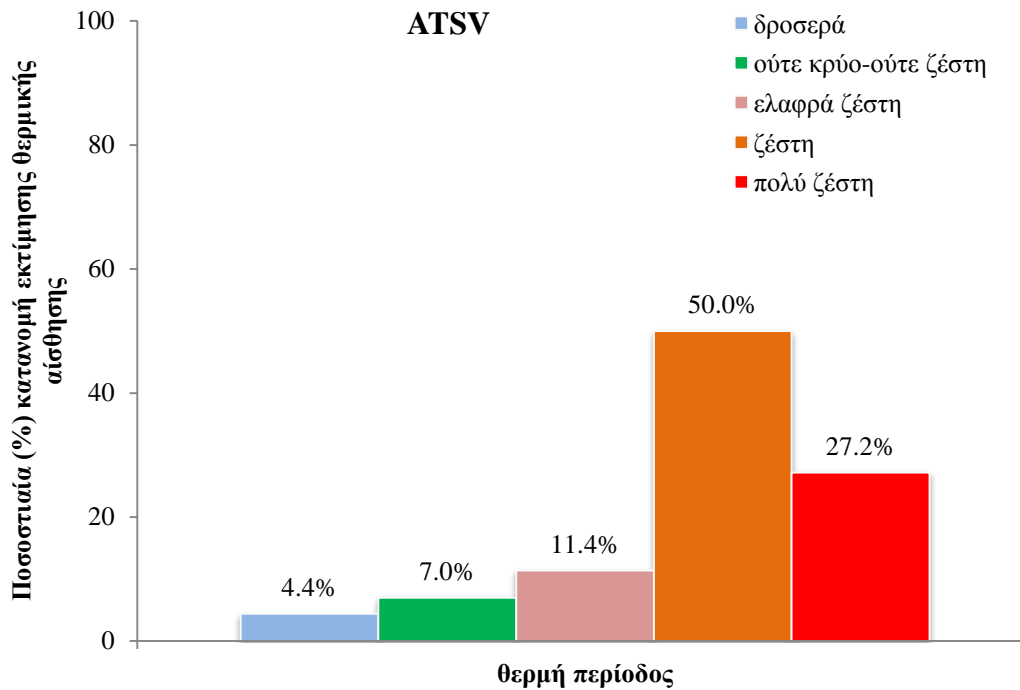
4.2 Αξιολόγηση μικροκλιματικών συνθηκών που επιφέρουν θερμική δυσφορία

Προκειμένου να διαπιστωθούν οι συνθήκες που προκαλούν θερμική δυσφορία, όπως αυτές αξιολογούνται από τις διαφορετικές αποκρίσεις στις περιβαλλοντικές παραμέτρους, αξιολογήθηκε η μεταβλητή «πως αισθάνεστε αυτή τη στιγμή;» με σύνολο δύο πιθανών απαντήσεων. Η μία είναι «θερμικά άνετα» και η άλλη «θερμικά δυσάρεστα». Από το σύνολο των απαντήσεων απομονώθηκαν και αξιολογήθηκαν μόνο αυτές που αναφέρονταν στην απάντηση «θερμικά δυσάρεστα». Στη συνέχεια έγινε στατιστική ανάλυση για να διερευνηθεί η επίδραση που ασκούν η θερμοκρασία, η ακτινοβολία και ο άνεμος στη θερμική αίσθηση. Η στατιστική ανάλυση πραγματοποιήθηκε και για τις δύο εποχικές περιόδους.

A. Θερμή περίοδος

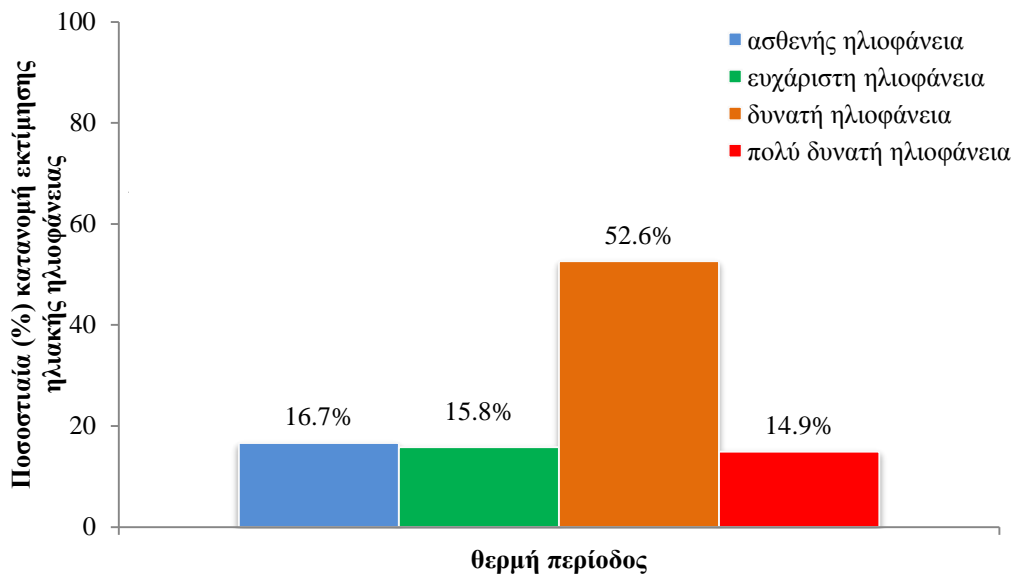
Εξετάζοντας την πραγματική θερμική αίσθηση (ATSV) για τη θερμή περίοδο (Διάγραμμα 4.11), διαπιστώνεται πως οι ακραίες απαντήσεις σχετικά με τις κατηγορίες θερμικής αίσθησης «ζέστη» και «πολύ ζέστη» σχετίζονται με τα αυξημένα ποσοστά δυσφορίας. Το 50% όσων νοιώθουν

«θερμικά δυσάρεστα» ανήκουν στην κατηγορία του ATSV «ζέστη», ενώ στην συνέχεια ακολουθεί με 27% η ακραία κατηγορία «πολύ ζέστη».



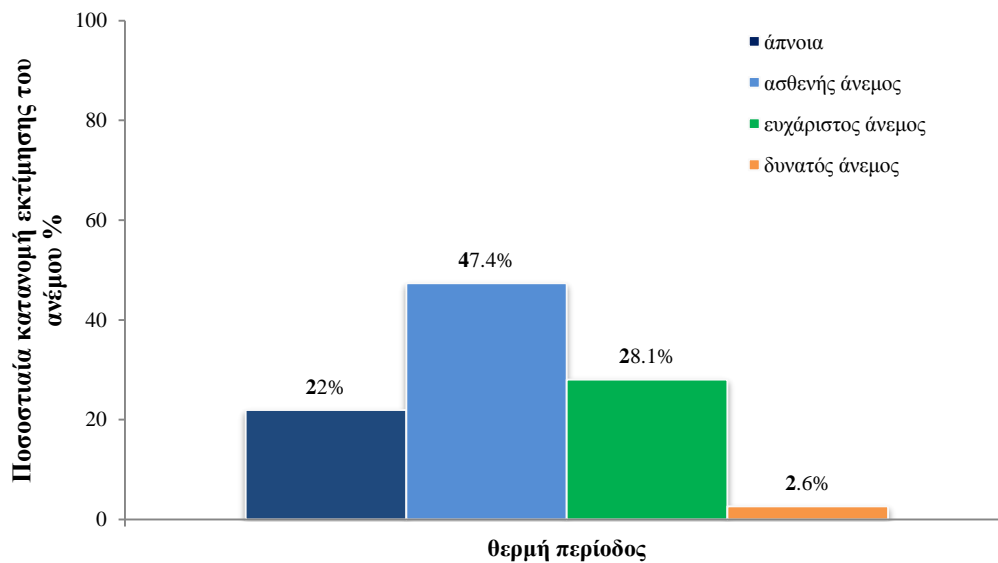
Διάγραμμα 4.11 Ποσοστιαία κατανομή εκτίμησης θερμικής αίσθησης για τη θερμή περίοδο. Αφορά μόνο το σύνολο απαντήσεων «θερμικά δυσάρεστα» της μεταβλητής «πως αισθάνεστε αυτή τη στιγμή»

Εξετάζοντας την ακτινοβολία (Διάγραμμα 4.12), επίσης παρατηρείται πως η κατηγορία «δυνατή ηλιοφάνεια» σχετίζεται με αυξημένα ποσοστά θερμικής δυσφορίας κατά περίπου 53%.



Διάγραμμα 4.12 Ποσοστιαία κατανομή εκτίμησης της αίσθησης ηλιοφάνειας για τη θερμή περίοδο. Αφορά μόνο το σύνολο απαντήσεων «θερμικά δυσάρεστα» της μεταβλητής «πως αισθάνεστε αυτή τη στιγμή»

Τέλος, αξιολογώντας την αίσθηση του ανέμου (Διάγραμμα 4.13), διαπιστώνεται ότι υπάρχει μία τάση συγκέντρωσης των απαντήσεων σχετικά με τη θερμική δυσφορία στις χαμηλές κατηγορίες αίσθησης του ανέμου με επικρατέστερη την κατηγορία «ασθενής άνεμος» που συγκεντρώνει το 47.4% των σχετικών απαντήσεων.

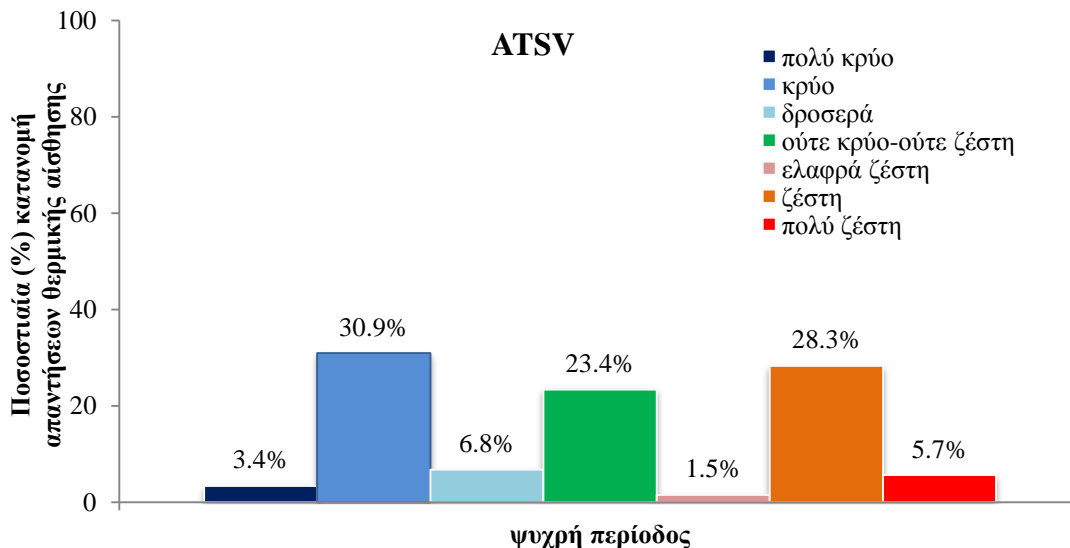


Διάγραμμα 4.13 Ποσοστιαία κατανομή εκτίμησης της αίσθησης του ανέμου κατά τη θερμή περίοδο. Αφορά μόνο το σύνολο απαντήσεων «θερμικά δυσάρεστα» της μεταβλητής «πως αισθάνεστε αυτή τη στιγμή»

Αξιολογώντας τα ανωτέρω αποτελέσματα συμπεραίνεται πως οι υψηλές τιμές θερμοκρασίας αέρος, σε συνδυασμό με δυνατή ακτινοβολία και ελαφρώς ασθενή άνεμο ευνοούν μία κατάσταση θερμικής δυσφορίας κατά τη θερμή περίοδο του έτους.

B. Ψυχρή περίοδος

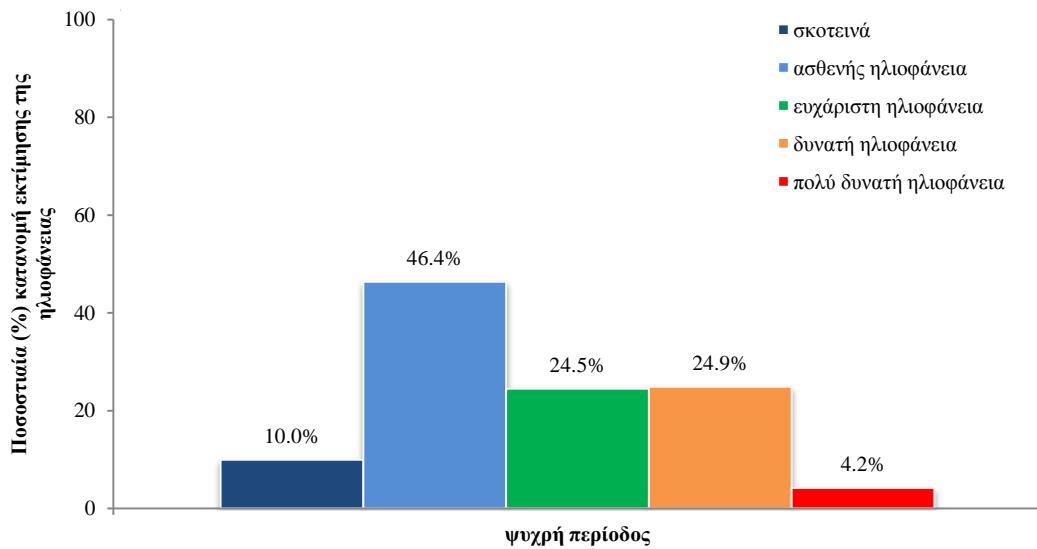
Στο Διάγραμμα 4.14 δεν παρατηρείται κάποια σαφής τάση συγκέντρωσης απαντήσεων σχετικές με θερμική δυσφορία στις κατηγορίες του ATSV. Το υψηλότερο ποσοστό, 30.9%, συγκεντρώνονται στην κατηγορία ATSV «κρύο», όμως με πολύ μικρή ποσοστιαία διαφορά ακολουθεί η κατηγορία ATSV «ζέστη», ενώ οι ακραίες κατηγορίες ATSV συγκεντρώνουν αμελητέα ποσοστά θερμικής δυσφορίας, χωρίς τελικά να μπορεί να προκύψει κάποιο σαφές συμπέρασμα. Εδώ πρέπει να σημειωθεί πως αφενός η Αθήνα χαρακτηρίζεται από μία ήπια σχετικά ψυχρή περίοδο και αφετέρου η προσέλευση των ανθρώπων στους αστικούς υπαίθριους χώρους τις πολύ ψυχρές μέρες είναι ελάχιστη. Έτσι, οι απαντήσεις σχετικά με τη θερμική αίσθηση που αξιολογούνται ταιριάζουν περισσότερο σε θερμοκρασίες που χαρακτηρίζουν τη φθινοπωρινή περίοδο του έτους παρά τη χειμερινή.



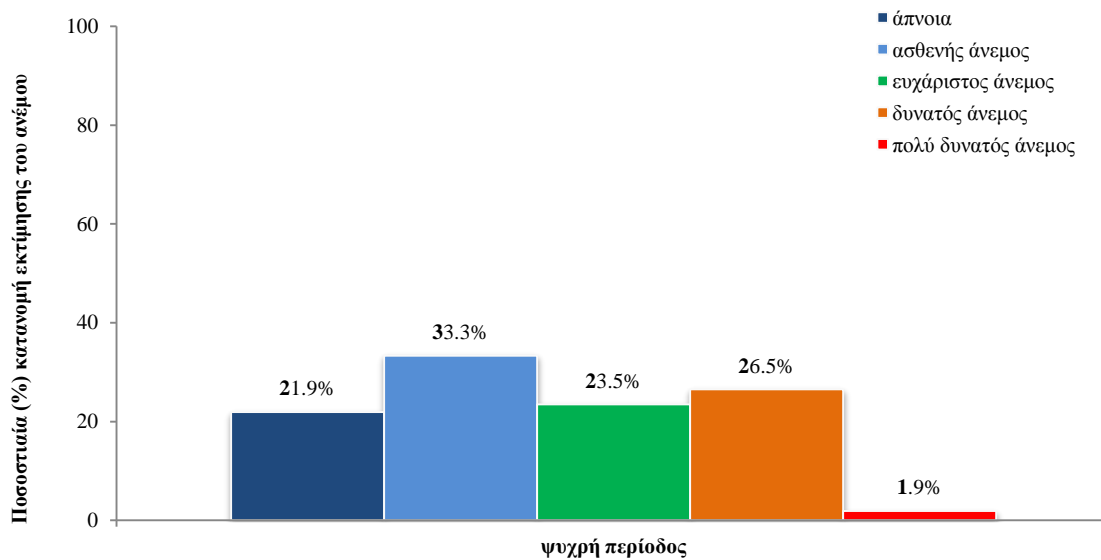
Διάγραμμα 4.14 Ποσοστιαία κατανομή εκτίμησης θερμικής αίσθησης κατά τη ψυχρή περίοδο. Αφορά μόνο το σύνολο απαντήσεων «θερμικά δυσάρεστα» της μεταβλητής «πως αισθάνεστε αυτή τη στιγμή»

Όσον αφορά την ακτινοβολία (Διάγραμμα 4.15), παρατηρείται σαφής συγκέντρωση των απαντήσεων θερμικής δυσφορίας, σχεδόν το 50%, στην κατηγορία «λίγη ηλιοφάνεια». Παρά το

γεγονός συσχέτισης των απαντήσεων δυσφορίας με την «λίγη ηλιοφάνεια» είναι σημαντικό το ποσοστό απαντήσεων που συγκεντρώνεται στις κατηγορίες «ευχάριστη ηλιοφάνεια» και «δυνατή ηλιοφάνεια», υποδηλώνοντας μία ψυχρή περίοδο με παρουσία έντονης ηλιακής ακτινοβολίας.



Διάγραμμα 4.15 Ποσοστιαία κατανομή εκτίμησης ηλιοφάνειας ψυχρής περιόδου, αφορά μόνο το σύνολο τιμών «θερμικά δυσάρεστα» της μεταβλητής «πως αισθάνεστε αυτή τη στιγμή»

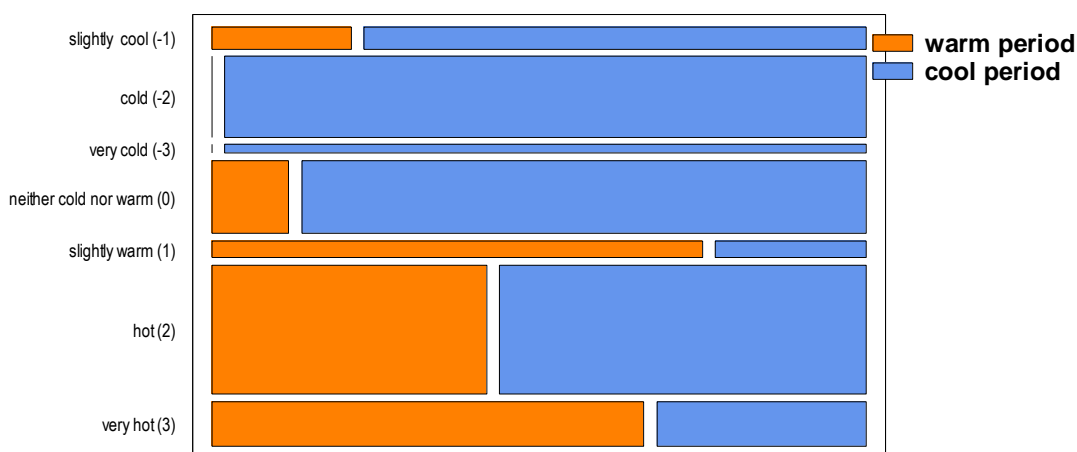


Διάγραμμα 4.16 Ποσοστιαία κατανομή εκτίμησης ανέμου ψυχρής περιόδου, αφορά μόνο το σύνολο τιμών «θερμικά δυσάρεστα» της μεταβλητής «πως αισθάνεστε αυτή τη στιγμή»

Τέλος, όσον αφορά τον άνεμο (Διάγραμμα 4.16), οι απαντήσεις κατανέμονται σε όλες τις κατηγορίες, πλην αυτής του «πολύ δυνατός άνεμος», με αποτέλεσμα να μην παρατηρείται κάποια σαφής τάση συγκέντρωσης απαντήσεων και ως εκ τούτου να μη μπορεί να ληφθεί κάποιο συμπέρασμα.

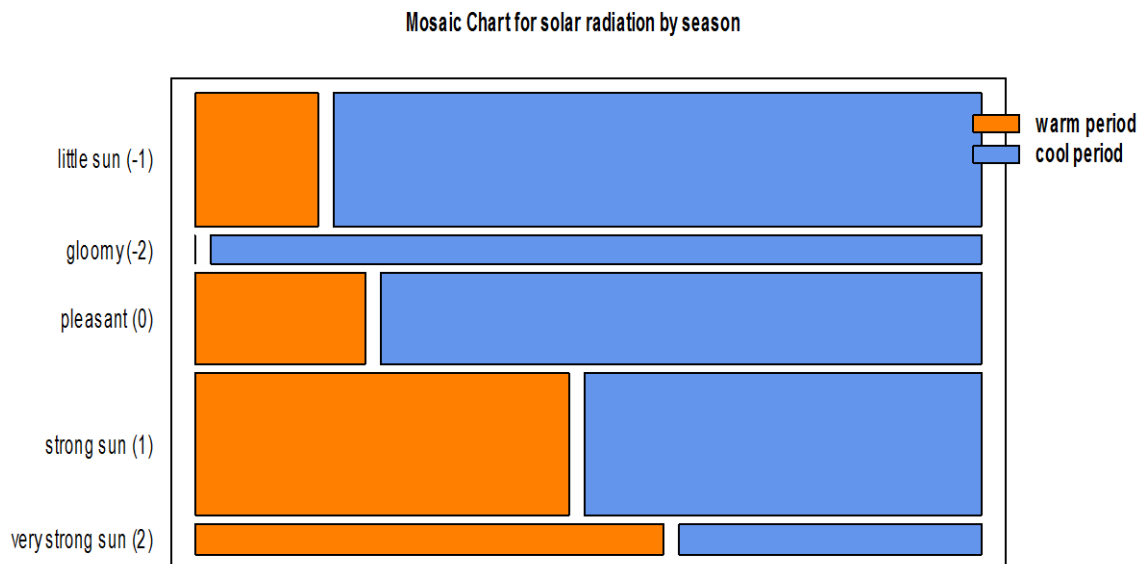
Συνοπτικά, κατά τη ψυχρή περίοδο, οι τιμές θερμοκρασίας δεν είναι ακραίες και επιπλέον η ένταση του ανέμου είναι αρκετά χαμηλή (μέση ένταση ανέμου ψυχρής περιόδου = 0.7 m.s^{-1}) ώστε να συμβάλει στη γενικότερη κατάσταση δυσφορίας. Η μοναδική σαφής τάση συγκέντρωσης των απαντήσεων θερμικής δυσφορίας είναι η ακτινοβολία (Διάγραμμα 4.15), γεγονός που υποδεικνύει τον έμμεσο ρόλο που παίζει στη γενικότερη κατάσταση άνεσης όταν η θερμοκρασία αέρα βρίσκεται σε οριακά χαμηλές τιμές. Σε αυτή την περίπτωση, η ύπαρξη ηλιοφάνειας θα παίζει ευνοϊκό ρόλο στη διατήρηση της θερμικής άνεσης, ενώ απουσία αυτής θα οδηγεί σε θερμική δυσφορία. Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα μωσαϊκά διαγράμματα των μεταβλητών «θερμική αίσθηση», «άνεμος», «ηλιακή ακτινοβολία» σε σχέση με την εποχική περίοδο. Τα Μωσαϊκά διαγράμματα που ακολουθούν εμφανίζουν τη συχνότητα με την οποία εμφανίζεται κάθε τιμή κάθε μίας από τις προαναφερθείσες μεταβλητές στις δύο εποχικές περιόδους με τη χρήση ορθογωνίων. Παράλληλα γίνεται χ^2 έλεγχος ανεξαρτησίας που δείχνει πως η κατανομή των απαντήσεων θερμικής αίσθησης σχετίζεται με την περίοδο του έτους (P-value < 0.05) σε κάθε μία από τις εξεταζόμενες μεταβλητές. Από το Μωσαϊκό Διάγραμμα 4.17 μπορούμε να διακρίνουμε την συχνότητα που εμφανίζονται οι κατηγορίες θερμικής αίσθησης συγκριτικά μεταξύ των περιόδων στο σύνολο τιμών που ανήκουν στην κατηγορία «θερμικά δυσάρεστα».

Mosaic Chart for ASV by season



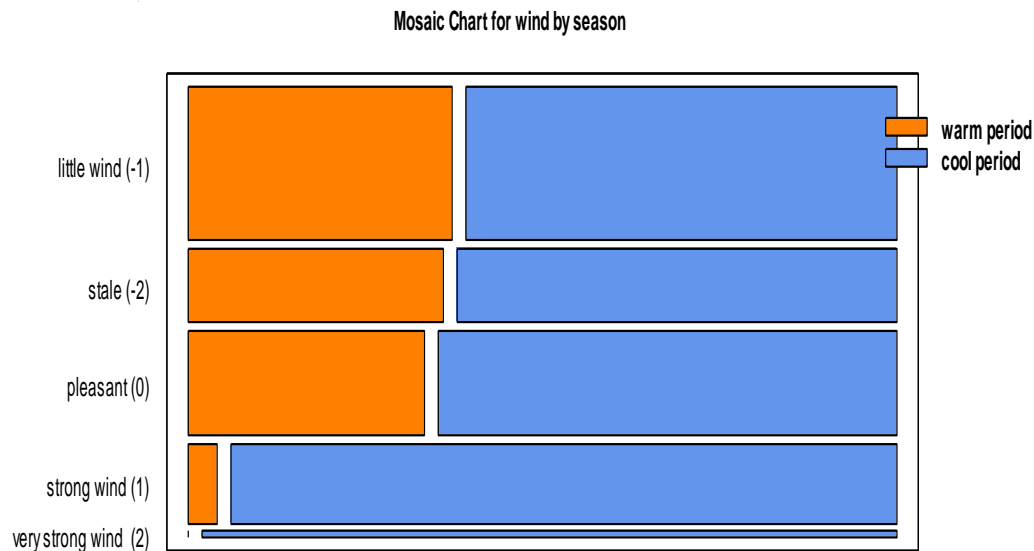
Διάγραμμα 4.17 Μωσαϊκό Διάγραμμα συχνοτήτων των τιμών της μεταβλητής «θερμική αίσθηση» στις δύο εποχικές περιόδους αφορά μόνο το σύνολο τιμών «θερμικά δυσάρεστα» της μεταβλητής «πως αισθάνεστε αυτή τη στιγμή»

Φαίνεται πως οι συχνότητες εμφάνισης των κατηγοριών «κρύο» και «πολύ κρύο» υπερισχύουν αισθητά τη ψυχρή περίοδο σε σχέση με τη θερμή που οι συχνότητες εμφάνισής τους είναι αμελητέες. Αντίστοιχα, η κατηγορία «ελαφρά ζεστά» υπερισχύει τη θερμή περίοδο στις απαντήσεις που ανήκουν στην κατηγορία «θερμικά δυσάρεστα», όμως εντύπωση προκαλεί η συχνότητα εμφάνισης της κατηγορίας «ζέστη» που υπερισχύει στις απαντήσεις θερμικής δυσφορίας της ψυχρής περιόδου σε σχέση με τη θερμή. Τέλος, μεταξύ των απαντήσεων που ανήκουν στην κατηγορία θερμικής δυσφορία, πολύ μικρή συχνότητα παρουσιάζει η κατηγορία «ούτε κρύο-ούτε ζέστη» τη θερμή περίοδο ενώ τη ψυχρή παρουσιάζει σχεδόν την ίδια συχνότητα με τις ψυχρές κατηγορίες ATSV. Συμπερασματικά, θα μπορούσε να ειπωθεί πως η κατανομή των απαντήσεων στις κατηγορίες θερμικής αίσθησης παρουσιάζει μία κανονικότητα όσον αφορά τις δύο εποχικές περιόδους, δηλαδή αυξημένη συχνότητα απαντήσεων στις θερμές κατηγορίες του ATSV σχετίζεται με θερμική δυσφορία τη θερμή περίοδο και αντίστοιχα αυξημένη συχνότητα απαντήσεων στις ψυχρές κατηγορίες του ATSV σχετίζεται με θερμική δυσφορία τη ψυχρή περίοδο. Παρομοίως, όσον αφορά τη μεταβλητή «ηλιοφάνεια», αυξημένη συχνότητα απαντήσεων στις κατηγορίες «δυνατή ηλιοφάνεια» και «πολύ δυνατή ηλιοφάνεια» σχετίζεται με θερμική δυσφορία τη θερμή περίοδο του έτους, ενώ αυξημένη συχνότητα απαντήσεων στις κατηγορίες «ασθενής ηλιοφάνεια», «σκοτεινά» αλλά και «ευχάριστη ηλιοφάνεια», σχετίζεται με θερμική δυσφορία τη ψυχρή περίοδο του έτους (Διάγραμμα 4.18).



Διάγραμμα 4.18 Μωσαϊκό Διάγραμμα συχνοτήτων των τιμών της μεταβλητής «ηλιακή ακτινοβολία» στις δύο εποχικές περιόδους αφορά μόνο το σύνολο τιμών «θερμικά δυσάρεστα» της μεταβλητής «πως αισθάνεστε αυτή τη στιγμή»

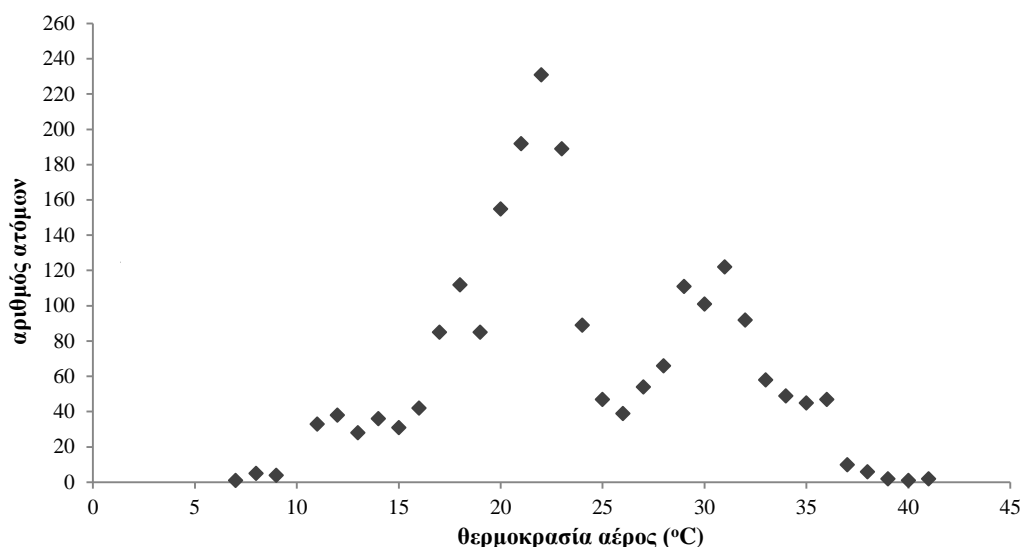
Τέλος, όσον αφορά τη μεταβλητή «άνεμος», η αξιοσημείωτα αυξημένη συχνότητα απαντήσεων στις κατηγορίες «δυνατός άνεμος» και «πολύ δυνατός άνεμος» σχετίζεται με θερμική δυσφορία τη ψυχρή περίοδο, ενώ αντίστοιχα η αμελητέα συχνότητα απαντήσεων στις ίδιες κατηγορίες μπορεί να σχετιστεί με θερμική δυσφορία τη θερμή περίοδο (Διάγραμμα 4.19).



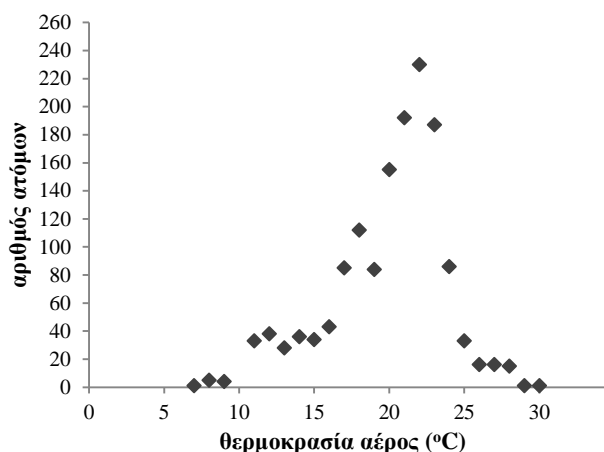
Διάγραμμα 4.19 Μωσαϊκό Διάγραμμα συχνοτήτων των τιμών της μεταβλητής «άνεμος» στις δύο εποχικές περιόδους αφορά μόνο το σύνολο τιμών «θερμικά δυσάρεστα» της μεταβλητής «πως αισθάνεστε αυτή τη στιγμή»

4.3 Επισκεψιμότητα αστικών υπαίθριων χώρων

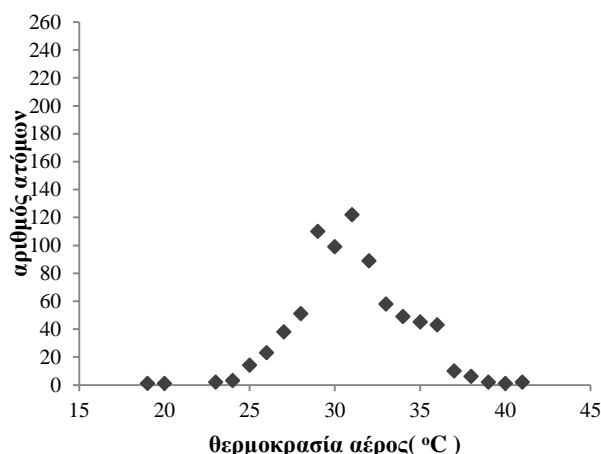
Για την αξιολόγηση της επισκεψιμότητας των αστικών υπαίθριων χώρων, ένα αρχικό και βασικό στοιχείο διερεύνησης, είναι το εάν ή το κατά πόσο οι συνθήκες θερμικής αίσθησης που διαμορφώνονται σε αυτούς, επιδρούν στη χρήση τους από τους επισκέπτες. Ο πιο απλός τρόπος να εξεταστεί αυτό, είναι με τον υπολογισμό του πλήθους των ανθρώπων που επισκέπτεται τους υπαίθριους χώρους καθώς αυξάνεται η θερμοκρασία αέρα (T_{air} °C), η θερμοκρασία σφαιράς (T_{globe} °C) και η μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας (T_{mrt} °C), δεδομένου πως, είναι κοινώς αποδεκτό, πως οι θερμές συνθήκες και η παρουσία ηλιοφάνειας είναι σημαντικοί παράγοντες για την επίσκεψη των ανθρώπων σε υπαίθριους χώρους. Στο Διάγραμμα 4.20, απεικονίζεται το πλήθος των ανθρώπων που επισκέπτονται τους αστικούς υπαίθριους χώρους, σε όλη τη διάρκεια του έτους καθώς αυξάνεται η θερμοκρασία, ενώ στα διαγράμματα 4.20α και 4.20β, παρουσιάζονται ακριβώς τα ίδια για τις δύο εποχικές περιόδους.



Διάγραμμα 4.20 Ετήσια διακύμανση πλήθους ατόμων στους υπαίθριους χώρους, σε σχέση με τη θερμοκρασία αέρα



Διάγραμμα 4.20α Διακύμανση πλήθους ατόμων στους υπαίθριους χώρους, σε σχέση με τη θερμοκρασία αέρα κατά τη ψυχρή περίοδο



Διάγραμμα 4.20β Διακύμανση πλήθους ατόμων στους υπαίθριους χώρους, σε σχέση με τη θερμοκρασία αέρα κατά τη θερμή περίοδο

Παρατηρώντας τα τρία διαγράμματα, διαπιστώνεται ότι επαναλαμβάνεται η ίδια κατάσταση σύμφωνα με την οποία παρατηρείται αύξηση στον αριθμό ατόμων που επισκέπτονται τους αστικούς υπαίθριους χώρους σε συνάρτηση με την αύξηση της θερμοκρασίας αέρα, μέχρι μία κρίσιμη τιμή και στη συνέχεια βαθμιαία ελάττωσή τους. Συνεπώς διαπιστώνεται ότι, η αύξηση της θερμοκρασίας αέρα συμβάλλει θετικά στον αριθμό των ατόμων που επισκέπτονται τους αστικούς υπαίθριους χώρους μέχρι μία οριακή τιμή, η οποία διαφοροποιείται για κάθε εποχική περίοδο. Ειδικότερα, για τη ψυχρή περίοδο αυτή είναι $\approx 20^{\circ}\text{C}$ (Διάγραμμα 4.20α), για τη θερμή είναι $\approx 31.0^{\circ}\text{C}$ (Διάγραμμα 4.20β) και για το έτος φτάνει στους $\approx 22^{\circ}\text{C}$ (Διάγραμμα 4.20). Σε κάθε περίπτωση, υπέρβαση αυτών των οριακών τιμών λειτουργεί ανασταλτικά στην επισκεψιμότητα των

αστικών υπαίθριων χώρων μειώνοντας σταδιακά τον αριθμό των ατόμων που τους επισκέπτονται. Τέλος, στα Διαγράμματα 4.20, 4.20α και 4.20β, τα απεικονιζόμενα 2^{ου} βαθμού πολυωνμικά μοντέλα προσέγγισης της εξέλιξης των τιμών δεδομένων έχουν τη γενική μορφή:

$$N = aT_{\text{air}} + bT_{\text{air}} + c \text{ όπου}$$

N: ο αριθμός των ατόμων που επισκέπτονται τους αστικούς υπαίθριους χώρους,

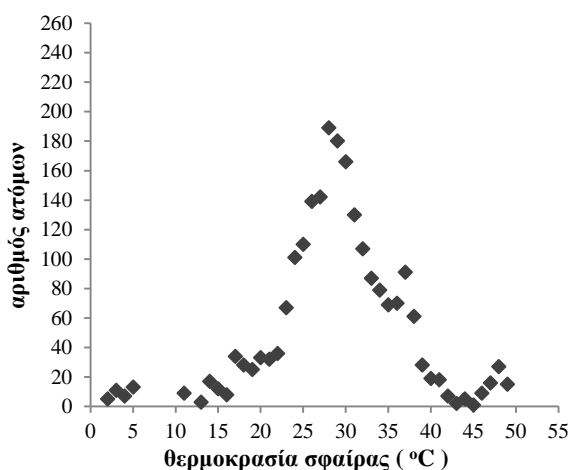
T_{air} : Η θερμοκρασία αέρα και,

a, b, c: οι συντελεστές της συνάρτησης προσέγγισης

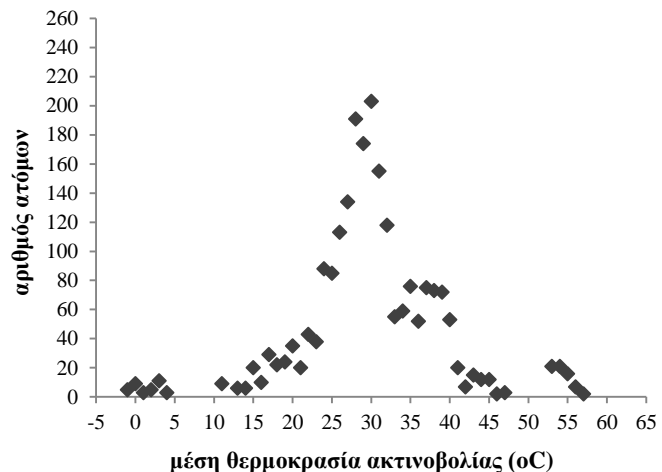
Από τα παραπάνω διαγράμματα διαπιστώνεται ότι αυτό της θερμής περιόδου εμφανίζει την καλύτερη προσαρμογή στα δεδομένα ($R^2=0.5692$), δηλαδή το 57%, περίπου, της μεταβλητότητας του αριθμού των ατόμων που επισκέπτονται αστικούς υπαίθριους χώρους, κατά τη διάρκεια της θερμής περιόδου του έτους, εξηγείται από τη μεταβολή των τιμών της θερμοκρασίας.

Η ίδια ακριβώς συμπεριφορά παρουσιάζεται τόσο για τη θερμοκρασία σφαίρας, όσο και για τη μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας, ετησίως, για τη ψυχρή και για τη θερμή περίοδο, όπως δείχνουν τα διαγράμματα 4.21, 4.21α, 4.21β και 4.22, 4.22α, 4.22β, αντίστοιχα, φανερώνοντας έντονα την προσαρμοστικότητα των ανθρώπων στις κλιματικές συνθήκες.

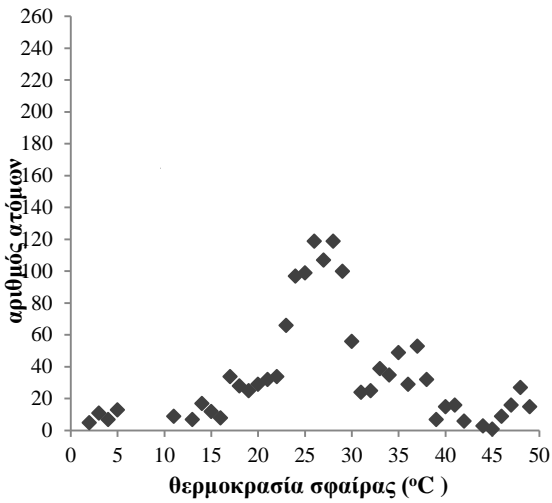
4.21



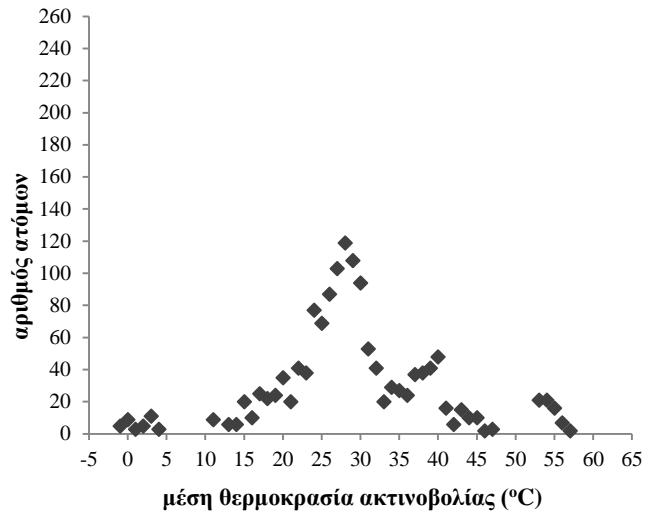
4.22



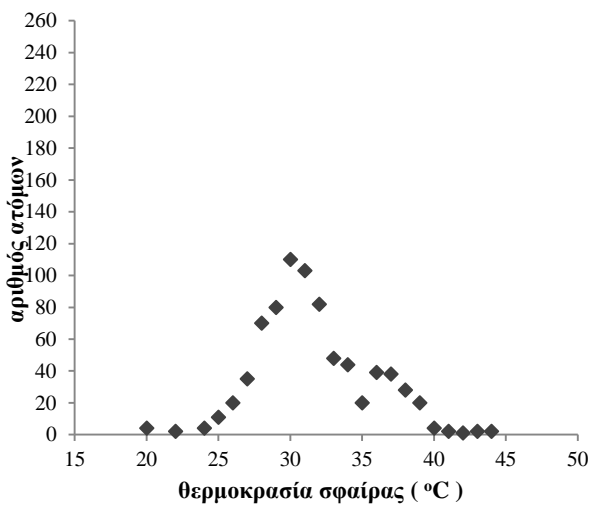
4.21α



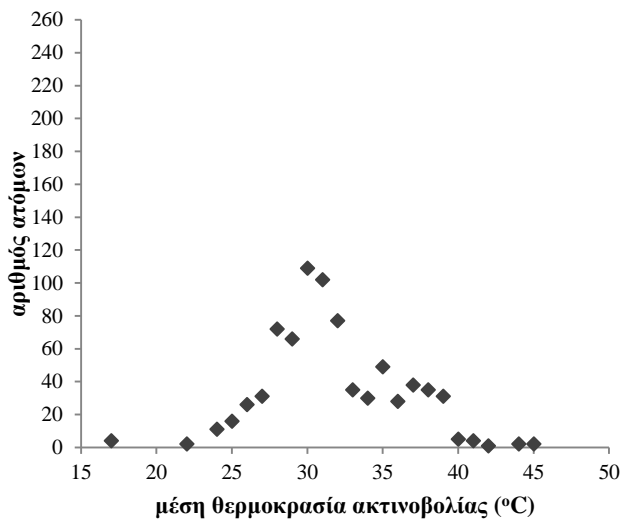
4.22α



4.21β



4.22β



Διάγραμμα 4.21 Διακύμανση πλήθους ατόμων στους υπαίθριους χώρους σε σχέση με την θερμοκρασία σφαίρας ετησίως (4.21), κατά τη ψυχρή (4.21α) και κατά τη θερμή περίοδο (4.21β)

Διάγραμμα 4.22 Διακύμανση πλήθους ατόμων στους υπαίθριους χώρους σε σχέση με τη μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας ετησίως (4.22), κατά τη ψυχρή (4.22α) και κατά τη θερμή περίοδο (4.22β)

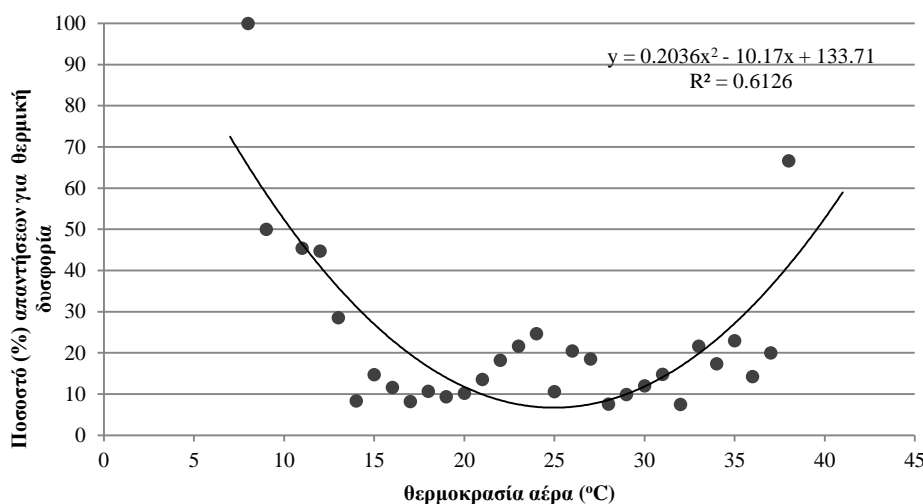
Έτσι, η τάση αύξησης της επισκεψιμότητας των αστικών υπαίθριων χώρων μέχρι μία οριακή τιμή και βαθμιαία ελάττωσή της επαναλαμβάνεται στις περιπτώσεις της θερμοκρασίας σφαίρας και μέσης θερμοκρασίας ακτινοβολίας. Ξεκινώντας από τη θερμοκρασία σφαίρας (T_{globe} °C), η οριακή αυτή τιμή είναι $\approx 27.0^{\circ}\text{C}$ για το σύνολο του έτους, $\approx 26.0^{\circ}\text{C}$ κατά τη ψυχρή περίοδο και $\approx 32.0^{\circ}\text{C}$ κατά τη θερμή. Όσον αφορά τη μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας (T_{mrt} °C) η οριακή τιμή είναι $\approx 29.0^{\circ}\text{C}$ ετησίως ενώ κατά τη ψυχρή και θερμή περίοδο είναι $\approx 28.0^{\circ}\text{C}$ και $\approx 31.0^{\circ}\text{C}$, αντίστοιχα. Στις υψηλές τιμές θερμοκρασιών, φαινόμενο πολύ συχνό στο κλίμα της Αθήνας, οι υπαίθριοι χώροι ερημώνονται, γιατί δε μπορούν πλέον να παρέχουν τα χαρακτηριστικά αυτά,

μικροκλιματικά και μη, που απαιτεί ο ανθρώπινος οργανισμός για να διατηρήσει τη θερμική του άνεση.

4.4 Αξιολόγηση θερμοκρασίας αέρα

4.4.1 Θερμικά αποδεκτό εύρος θερμοκρασιών

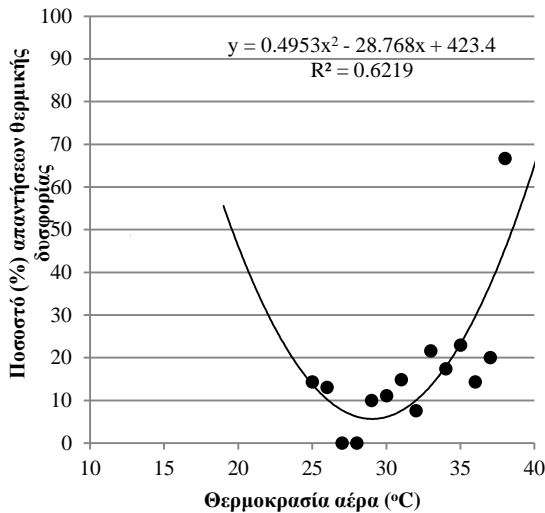
Με βάση το ASHRAE Standard 55 σύμφωνα με το οποίο, αποδεκτές θερμικά περιβάλλοντα θεωρούνται αυτά που ικανοποιούν το 80% των ανθρώπων σε απλές εφαρμογές, ή στο 90% των ανθρώπων όταν τηρούνται υψηλά πρότυπα (ASHRAE 2004), έγινε προσπάθεια καθορισμού του αποδεκτού θερμοκρασιακού εύρους τιμών. Αυτό το στάδιο ανάλυσης βασίζεται στην ερώτηση/μεταβλητή «Πως αισθάνεστε αυτή τη στιγμή;» με πιθανές απαντήσεις «άνετα» ή «δυσάρεστα». Εδώ θα πρέπει να υπενθυμιστεί για αποφυγή παρερμηνειών, πως η ερώτηση αυτή αφορά στην επίδραση του συνόλου των μικροκλιματικών παραμέτρων στη διαμόρφωση της αίσθησης άνεσης και όχι μόνο στην επίδραση της θερμοκρασίας. Ωστόσο, στη στατιστική ανάλυση επιλέχτηκε να αξιολογηθεί η επίδραση της θερμοκρασίας αέρα, δεδομένου ότι είναι η παράμετρος που ασκεί καθοριστικό ρόλο στη διαμόρφωση της θερμικής άνεσης. Τα δεδομένα της έρευνας πεδίου για τη θερμή περίοδο, τη ψυχρή περίοδο καθώς και για όλο το έτος μελετήθηκαν ξεχωριστά προκειμένου να εξακριβωθεί ο βαθμός στον οποίο ο άνθρωπος προσαρμόζεται στις διαφορετικές κλιματικές συνθήκες.



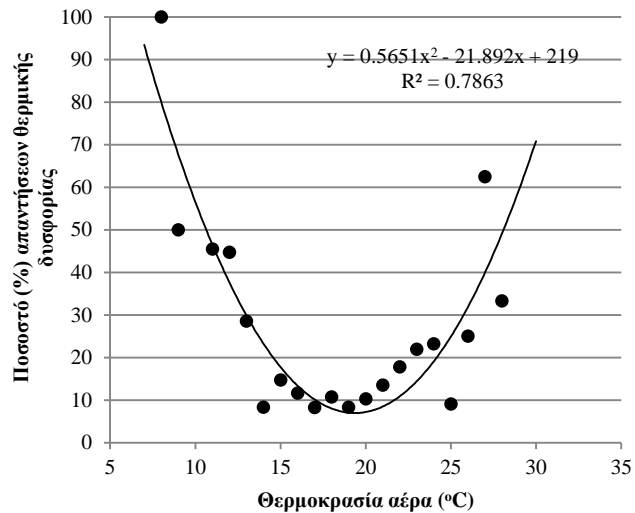
Διάγραμμα 4.23 Εύρος θερμικής άνεσης κατά τη διάρκεια του έτους

Στα Διαγράμματα 4.23, 4.24 και 4.25 απεικονίζονται γραφικά τα ποσοστά απαντήσεων για τη διαμόρφωση της θερμικής άνεσης σε συνάρτηση με τη θερμοκρασία αέρα (°C). Σε κάθε ένα από τα

διαγράμματα αυτά απεικονίζεται και η συνάρτηση της διαχρονικής εξέλιξης των ποσοστών των απαντήσεων, με τη μορφή πολυωνυμικών μοντέλων 2^{ου} βαθμού. Σε αυτό το στάδιο ανάλυσης εξετάζεται το αποδεκτό εύρος τιμών θερμοκρασίας που αφορούν το 90% του πληθυσμού που ερωτήθηκε. Αυτό προσδιορίζεται από τη τομή της καμπύλης με τη γραμμή του 10% που αντιστοιχεί σε μη αποδεκτές τιμές θερμοκρασίας. Το Διάγραμμα 4.23 απεικονίζει το ποσοστό των απαντήσεων θερμικής άνεσης σε συνάρτηση με τη θερμοκρασία αέρα στη διάρκεια του έτους, ενώ τα Διαγράμματα 4.24 και 4.25 απεικονίζουν τα ίδια για τη θερμή και τη ψυχρή περίοδο του έτους, αντίστοιχα. Τα αποτελέσματα δείχνουν πως για το μικρόκλιμα της Αθήνας, οι άνθρωποι νοιώθουν θερμική άνεση όταν η θερμοκρασία αέρα κυμαίνεται από 21 σε 29°C ($p < 0.05$), όσον αφορά το ετήσιο εύρος τιμών (Διάγραμμα 4.23). Ωστόσο, το αποδεκτό εύρος θερμοκρασιών μεταβάλλεται από 26-32°C κατά τη θερμή περίοδο ($p < 0.01$) σε 17-21 °C ($p < 0.01$) κατά τη ψυχρή περίοδο (Διαγράμματα 4.24 και 4.25). Είναι προφανές πως το αποδεκτό εύρος τιμών θερμοκρασίας αέρα μεταβάλλεται από τη ψυχρή περίοδο στη θερμή υποδεικνύοντας πως ο άνθρωπος προσαρμόζεται άμεσα στις κλιματικές συνθήκες. Πράγματι, παίρνοντας ως παράδειγμα την τιμή της θερμοκρασίας αέρα των 20°C, αυτή διαπιστώνεται να υπάγεται στο εύρος τιμών της θερμικής άνεσης αν βρισκόμαστε στη ψυχρή περίοδο του έτους (Διάγραμμα 4.24), ενώ αντίθετα, εντάσσεται στο εύρος των τιμών πρόκλησης αισθήματος θερμικής δυσφορίας κατά τη διάρκεια της θερμής περιόδου του έτους (Διάγραμμα 4.25). Είναι επίσης ενδιαφέρον να αναφερθεί πως το εύρος θερμικής άνεσης είναι κατά περίπου 2 °C μικρότερο τη ψυχρή περίοδο (ψυχρή περίοδος: 17-21°C, θερμή περίοδος: 26-32°C), υποδεικνύοντας πως ο άνθρωπος εμφανίζει μεγαλύτερη ανεκτικότητα στις υψηλές θερμοκρασίες παρά στις χαμηλές, όπως έχει δείχτει και σε προγενέστερη έρευνα (Nikolopoulou & Lykoudis, 2006). Αυτό το εύρημα επιβεβαιώνεται και από τις αριθμητικές τιμές των συντελεστών παλινδρόμησης των πολυωνυμικών συναρτήσεων: χαμηλότερες τιμές των συντελεστών παλινδρόμησης κατά η θερμή περίοδο από ότι κατά τη ψυχρή, υποδεικνύουν πως στις υψηλότερες τιμές θερμοκρασίας, η θερμική άνεση μεταβάλλεται δυσκολότερα. Βεβαίως, το κλίμα της Αθήνας είναι ζεστό και ξηρό και κατά συνέπεια οι Αθηναίοι κάτοικοι είναι συνηθισμένοι σε ζεστές κλιματικές συνθήκες. Τέλος, από τα Διαγράμματα 4.24 και 4.25 διαπιστώνεται ότι η καλύτερη απεικόνιση της διαχρονικής εξέλιξης των ποσοστών των απαντήσεων διαμόρφωσης αίσθησης θερμικής άνεσης ή θερμικής δυσφορίας, εμφανίζεται στην περίπτωση της ψυχρής περιόδου του έτους (Διάγραμμα 4.25). Πιο συγκεκριμένα, διαπιστώνεται, το 78.6% ($R^2=0.7863$) της μεταβλητότητας στη διαμόρφωση της θερμικής άνεσης, αποδίδεται στη μεταβλητότητα της θερμοκρασίας αέρα. Αντίθετα, στην περίπτωση της θερμής περιόδου του έτους (Διάγραμμα 4.24), περίπου το 62% ($R^2=0.6219$) της μεταβλητότητας στη διαμόρφωση της θερμικής άνεσης αποδίδεται στη μεταβλητότητα της θερμοκρασίας του αέρα, ενώ το υπόλοιπο 38%, περίπου, στη μεταβλητότητα άλλων παραμέτρων.



Διάγραμμα 4.24 Εύρος θερμικής άνεσης κατά τη θερμή περίοδο



Διάγραμμα 4.25 Εύρος θερμικής άνεσης κατά τη ψυχρή περίοδο

4.4.2 Στοιχεία θερμικής προσαρμογής

Σύμφωνα με τη θεωρία θερμικής άνεσης, ψυχολογικοί παράγοντες και παράγοντες συμπεριφοράς επηρεάζουν την εκτίμηση των ανθρώπων για το θερμικό τους περιβάλλον. (Lin 2009, Nikolopoulou et al. 1999). Μεταξύ των παραγόντων που σχετίζονται με τη ψυχολογική προσαρμογή, η εμπειρία και οι προσδοκίες είναι οι επικρατούντες. Στην συνέχεια εξετάζεται η θερμική προσαρμογή σε συνάρτηση αυτούς τους δύο παράγοντες.

4.4.2.1 Η εμπειρία ως παράγοντας προσαρμοστικότητας

Η θερμοκρασία στην οποία ο άνθρωπος νοιώθει θερμικά άνετα είναι στενά συνδεδεμένη με την θερμική εμπειρία που έχει προηγουμένως αποκτήσει, ως παράγοντα της προσαρμοστικότητας (Wohliwill 1974, Lin 2009). Ο όρος «ουδέτερη θερμοκρασία» χρησιμοποιείται συχνά για να εκφράσει τη θερμική άνεση, καθώς στους συνήθεις ορισμούς, η άνεση βρίσκεται στο κέντρο της κλάσης «ούτε κρύο-ούτε ζέστη», όπου οι άνθρωποι βρίσκονται σε πλαίσιο ουδετερότητας (Tseliou et al 2015). Στη συνέχεια υπολογίζεται η ουδέτερη θερμοκρασία για τη ψυχρή και τη θερμή περίοδο του έτους. Γίνεται σύγκριση αποτελεσμάτων για τις δύο χρονικές περιόδους και ελέγχεται το κατά πόσο η ουδέτερη θερμοκρασία εντάσσεται στο εύρος αποδεκτών τιμών θερμοκρασίας που ορίστηκε στην ενότητα 4.4.1. Δεδομένου ότι το αποδεκτό εύρος τιμών θερμοκρασίας που αντιστοιχεί σε θερμική άνεση προκύπτει μέσα από τη «γενική κατάσταση άνεσης» στην οποία ενδεχομένως να συνεισφέρουν, συνοψίζονται και οι υπόλοιπες μικροκλιματικές παράμετροι, η

σύγκριση με τις ουδέτερες θερμοκρασίες παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον. Όπως και στη μέθοδο υπολογισμού του αποδεκτού θερμικού εύρους, υπολογίζεται και απεικονίζεται γραφικά η μέση πραγματική θερμική αίσθηση ανά 1°C, τόσο για τη ψυχρή όσο και τη θερμή περίοδο του έτους (Διάγραμμα 4.26). Στο Διάγραμμα 4.26 εικονίζονται τα διαγράμματα διασποράς της μέσης θερμικής αίσθησης (mATSV) σε συνάρτηση με τη θερμοκρασία αέρα (T_{air}), τόσο κατά τη διάρκεια της ψυχρής περιόδου (ανοιχτοί κύκλοι), όσο και κατά τη διάρκεια της θερμής (κλειστοί κύκλοι) περιόδου.

Τα μοντέλα της απλής γραμμικής παλινδρόμησης που προκύπτουν για τη θερμή και τη ψυχρή περίοδο του έτους είναι:

$$\text{Θερμή περίοδος: } m\text{ATSV} = 0.1296 * T_{\text{air}} - 3.3349 \quad (R^2=0.93) \quad (1)$$

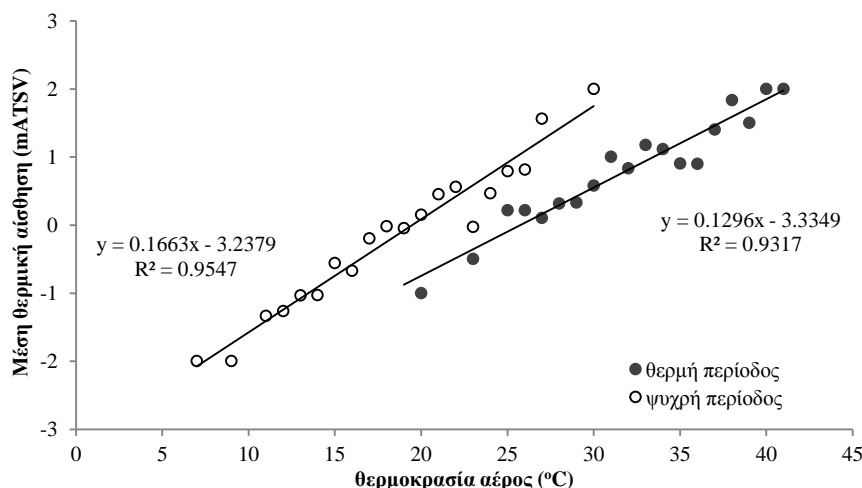
$$\text{Ψυχρή περίοδος: } m\text{ATSV} = 0.1663 * T_{\text{air}} - 3.2379 \quad (R^2=0.96) \quad (2)$$

Όπου T_{air} : θερμοκρασία αέρα

Με τη βοήθεια του μοντέλου γραμμικής παλινδρόμησης είναι δυνατόν να υπολογιστεί η ουδέτερη θερμοκρασία κατά τη διάρκεια τόσο της θερμής, όσο και της ψυχρής περιόδου του έτους. Όπως έχει ήδη αναφερθεί η θερμική αίσθηση ‘ούτε κρύο-ούτε ζέστη’ αντιστοιχεί στην κατηγορία $\text{ATSV}=0$, άρα για κάθε υπό έρευνα περίοδο μπορεί να προσδιοριστεί η ουδέτερη θερμοκρασία. Πιο συγκεκριμένα, αν τεθεί $m\text{ATSV}=0$, από τις σχέσεις 1 και 2, θα προκύψουν αντίστοιχα:

Θερμή περίοδος: $T_{\text{air}}=25.7^\circ\text{C}$

Ψυχρή περίοδος: $T_{\text{air}}=19.5^\circ\text{C}$



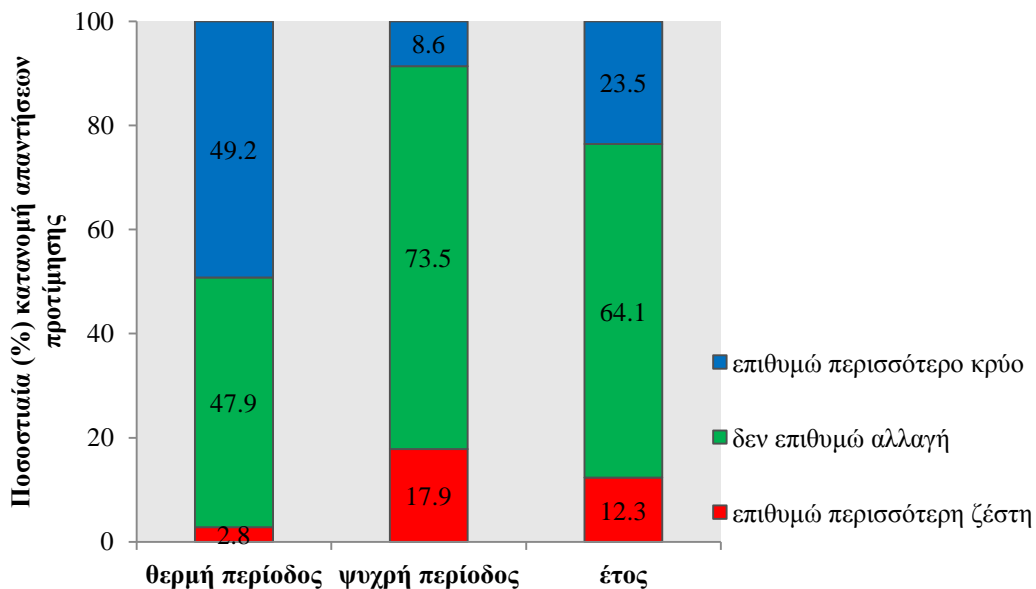
Διάγραμμα 4.26 Σχέση μεταξύ της μέσης θερμικής αίσθησης (mATSV) και της θερμοκρασίας αέρος για τη ψυχρή και τη θερμή περίοδο του έτους

Η ύπαρξη διαφορετικών τιμών ουδέτερης θερμοκρασίας κατά τη θερμή και κατά τη ψυχρή περίοδο του έτους υποδηλώνει την τάση των ανθρώπων να προσαρμόζονται στα κλιματικά χαρακτηριστικά της περιοχής που διαμένουν. Η σύγκριση των αποτελεσμάτων δείχνει επίσης πως η ψυχολογική εμπειρία επηρεάζει τη θερμική αίσθηση στους υπαίθριους χώρους. Έτσι, οι Αθηναίοι προσαρμοσμένοι στα μικροκλιματικά χαρακτηριστικά της πόλης γνωρίζουν πως η θερμοκρασία αέρα κατά τη θερμή περίοδο του έτους είναι υψηλότερη σε σχέση με αυτή της ψυχρής περιόδου και έτσι η ανεκτικότητα τους στις υψηλές θερμοκρασίες αυξάνεται με αποτέλεσμα να αυξάνεται η ουδέτερη θερμοκρασία κατά τη θερμή περίοδο του έτους. Από το Διάγραμμα διασποράς του σχήματος 4.26 διαπιστώνεται ότι ο συντελεστής προσδιορισμού (R^2) των συναρτήσεων γραμμικής παλινδρόμησης κυμάνθηκε μεταξύ των τιμών 0.9317 (θερμή περίοδος) και 0.9547 (ψυχρή περίοδος). Αυτό σημαίνει ότι η μεταβλητότητα των εκτιμήσεων της πραγματικής θερμικής αίσθησης εξηγείται κατά 93.2%, κατά τη θερμή και κατά 95.5%, κατά τη ψυχρή περίοδο στη μεταβλητότητα των τιμών της θερμοκρασίας αέρα. Η ουδέτερη θερμοκρασία των 19.5 °C της ψυχρής περιόδου βρίσκεται μέσα στο αποδεκτό εύρος τιμών 17.1°C-21°C, που αφορά τη γενικότερη κατάσταση θερμικής άνεσης και το ίδιο ισχύει για την ουδέτερη θερμοκρασία της θερμής περιόδου 25.7°C, που βρίσκεται στο κατώτερο όριο του αποδεκτού εύρους τιμών για τη θερμή περίοδο (26-32°C). Όσον αφορά τη ψυχρή περίοδο, η ουδέτερη θερμοκρασία βρίσκεται σχεδόν στο μέσο του θερμοκρασιακού εύρους, γεγονός που υποδηλώνει το βασικό της ρόλο στην θερμική άνεση. Το γεγονός πως η ουδέτερη θερμοκρασία της θερμής περιόδου βρίσκεται στο κατώτερο αποδεκτό όριο, μαρτυρά την ανοχή των ανθρώπων σε υψηλότερες θερμοκρασίες που επικρατούν κατά τη θερμή περίοδο του έτους. Ο συντελεστής συσχέτισης της γραμμικής παλινδρόμησης αποκαλύπτει την θερμική ευαισθησία των ερωτηθέντων στις μεταβολές της θερμοκρασίας. Με τη βοήθεια της σχέσης 1 διαπιστώνεται ότι κάθε μεταβολή της θερμοκρασίας αέρα κατά 7.7 °C προκαλεί μεταβολή της κατηγορίας ATSV στη διάρκεια της θερμής περιόδου του έτους. Αντίστοιχα, με τη βοήθεια της σχέσης 2 διαπιστώνεται πως κάθε μεταβολή της θερμοκρασίας αέρα κατά 6.0°C προκαλεί μεταβολή της κατηγορίας ATSV στη διάρκεια της ψυχρής περιόδου. Τα αποτελέσματα αυτά υποδεικνύουν πως η μετάβαση σε επόμενη κλάση θερμικής αίσθησης γίνεται ευκολότερα τη ψυχρή περίοδο (αλλαγή θερμικής κλάσης σε μικρότερη θερμοκρασιακή μεταβολή) σε σχέση με τη θερμή περίοδο του έτους συμπέρασμα που επιβεβαιώνεται από κατάλληλο έλεγχο για τη σύγκριση των δύο ευθειών παλινδρόμησης (P -value <0.05).

4.4.2.2 Προσδοκίες στο θερμικό περιβάλλον

Ως θερμική άνεση μπορεί ακόμα να οριστεί η κατάσταση στην οποία οι άνθρωποι δεν επιθυμούν ούτε θερμότερες, ούτε ψυχρότερες συνθήκες (Fanger 1973, Hwang and Lin 2007, Tseliou et al.

2015). Ο παράγοντας της προσδοκίας για την επιθυμητή θερμοκρασία επίσης αποτελεί σημαντικό παράγοντα θερμικής προσαρμογής. Προκειμένου να αξιολογηθεί η θερμική άνεση, στο σημείο αυτό γίνεται αξιολόγηση της μεταβλητής: «θα προτιμούσατε περισσότερο κρύο ή ζέστη;» με πιθανές απαντήσεις «επιθυμώ περισσότερη ζέστη», «δεν επιθυμώ αλλαγή» και τέλος «επιθυμώ περισσότερο κρύο». Στο ραβδόγραμμα του Διαγράμματος 4.27 γίνεται μία πρώτη εκτίμηση της ποσοστιαίας κατανομής των προτιμήσεων θερμοκρασίας για τις δύο χρονικές περιόδους και ετησίως. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι κατά τη θερμή περίοδο το 49% των απαντήσεων ήταν ‘επιθυμώ περισσότερο κρύο’, το 48% των απαντήσεων ήταν ‘δεν επιθυμώ αλλαγή’ και μόνο το 3% των απαντήσεων ήταν ‘επιθυμώ περισσότερη ζέστη’. Κατά τη ψυχρή περίοδο του έτους το 8% των απαντήσεων ήταν ‘επιθυμώ περισσότερο κρύο’, το 74% των απαντήσεων ήταν ‘δεν επιθυμώ αλλαγή’ και το 18% των απαντήσεων ‘επιθυμώ περισσότερη ζέστη’.



Διάγραμμα 4.27 Ποσοστό απαντήσεων προτίμησης ως προς την επιθυμητή θερμοκρασία αέρα κατά τη θερμή και κατά τη ψυχρή περίοδο, καθώς και για το σύνολο του έτους

Τέλος σε ετήσια βάση, οι απαντήσεις ‘επιθυμώ περισσότερο κρύο’, ‘δεν επιθυμώ αλλαγή’, και ‘επιθυμώ περισσότερη ζέστη’ εμφανίστηκαν με ποσοστά 23%, 65% και 12%, αντίστοιχα. Ο Πίνακας 4.1 περιγράφει αναλυτικά την ποσοστιαία κατανομή προτιμήσεων των ανθρώπων ως προς τη θερμοκρασία για κάθε κατηγορία του ATSV, για τη ψυχρή περίοδο και τη θερμή περίοδο. Ο κωδικός αριθμός ‘0’ αντιστοιχεί στο: «δεν επιθυμώ αλλαγή», ενώ οι κωδικοί αριθμοί ‘-1’ και ‘1’ στα: «θα προτιμούσα περισσότερο κρύο» και «θα προτιμούσα περισσότερο ζέστη», αντίστοιχα.

Όπως φαίνεται στον πίνακα 4.1β που αφορά στην ψυχρή περίοδο, η συντριπτική πλειοψηφία (92.9%) των απαντήσεων «θερμικής άνεσης» (ATSV=0), δεν επιθυμούν καμία αλλαγή στη θερμοκρασία (προτίμηση =0), ενώ πολύ υψηλό είναι το ποσοστό ικανοποίησης με την υπάρχουσα θερμοκρασία, για την κατηγορία «ελαφρά ζέστη» του ATSV (81.7%). Επίσης, για τις θερμότερες κατηγορίες του ATSV, «ζέστη» και «πολύ ζέστη», τα ποσοστά ικανοποίησης με την υπάρχουσα θερμοκρασία είναι μεγαλύτερα σε σχέση με τα ψυχρότερα ATSV, δείχνοντας μεγαλύτερη ανοχή και ικανοποίηση στις πιο υψηλές θερμοκρασίες.

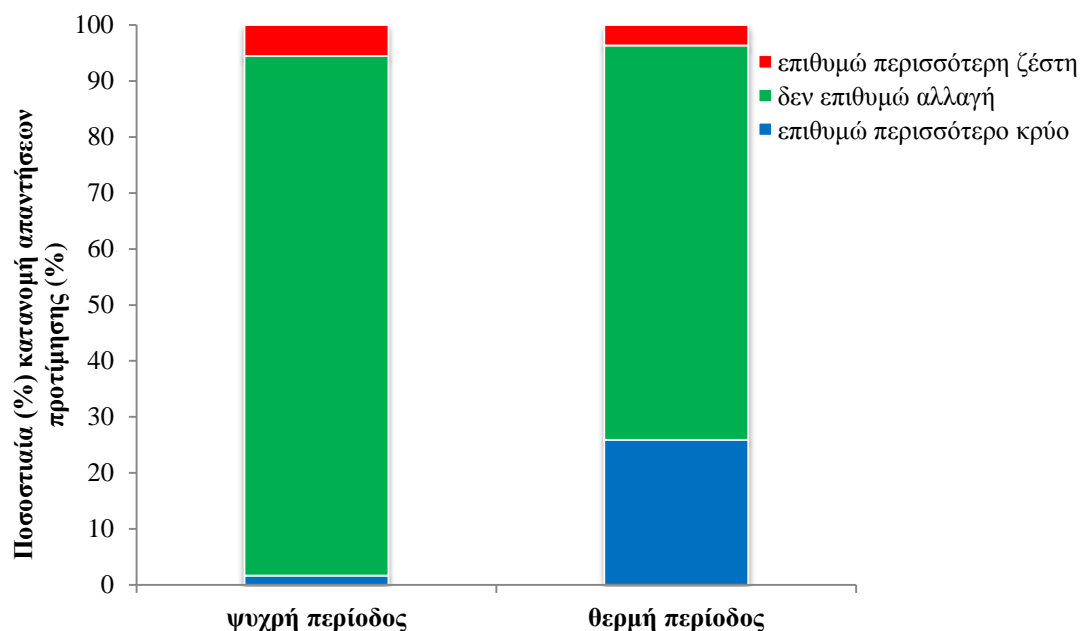
Πίνακας 4.1 Ποσοστιαία κατανομή προτιμώμενης θερμοκρασίας για κάθε κατηγορία του ATSV κατά τη θερμή και τη ψυχρή περίοδο του έτους

4.1α ΘΕΡΜΗ ΠΕΡΙΟΔΟΣ				4.1β ΨΥΧΡΗ ΠΕΡΙΟΔΟΣ			
ATSV	ΠΡΟΤΙΜΗΣΗ (%)			ATSV	ΠΡΟΤΙΜΗΣΗ (%)		
	-1	0	1		-1	0	1
-3	-	-	-	-3	-	-	100
-2	-	-	-	-2	2.1	27.4	71
-1	13.9	81.5	4.6	-1	2.2	62.8	35
0	25.9	70.5	3.6	0	1.6	92.9	5.5
1	59.0	38.5	2.5	1	8.5	81.7	9.8
2	77.9	22.1	-	2	32.1	67	0.9
3	90.3	9.7	-	3	72.4	27.6	-

Προτιμήσεις: 'επιθυμώ περισσότερο κρύο'=-1, 'δεν επιθυμώ αλλαγή'=0, 'επιθυμώ περισσότερη ζέστη'=+1

Τη θερμή περίοδο (Πίνακας 4.1α) τα συμπεράσματα διαφοροποιούνται σε σχέση με αυτά που προέκυψαν κατά τη ψυχρή περίοδο. Εδώ δεν παρατηρείται κάποια συντριπτική πλειοψηφία συγκεντρωμένων απαντήσεων, αυτό που αξίζει προσοχής όμως, είναι πως το μεγαλύτερο ποσοστό ικανοποίησης με την υπάρχουσα θερμοκρασία δεν παρατηρείται στη μεσαία κατηγορία του ATSV «ούτε κρύο-ούτε ζέστη», όπως θα ανέμενε κανείς, αλλά στην κατηγορία «ελαφρά ψυχρό» (81.5%). Το γεγονός αυτό υποδηλώνει πως οι άνθρωποι κατά τη θερμή περίοδο προτιμούν ελαφρά χαμηλότερες θερμοκρασίες από τις ουδέτερες.

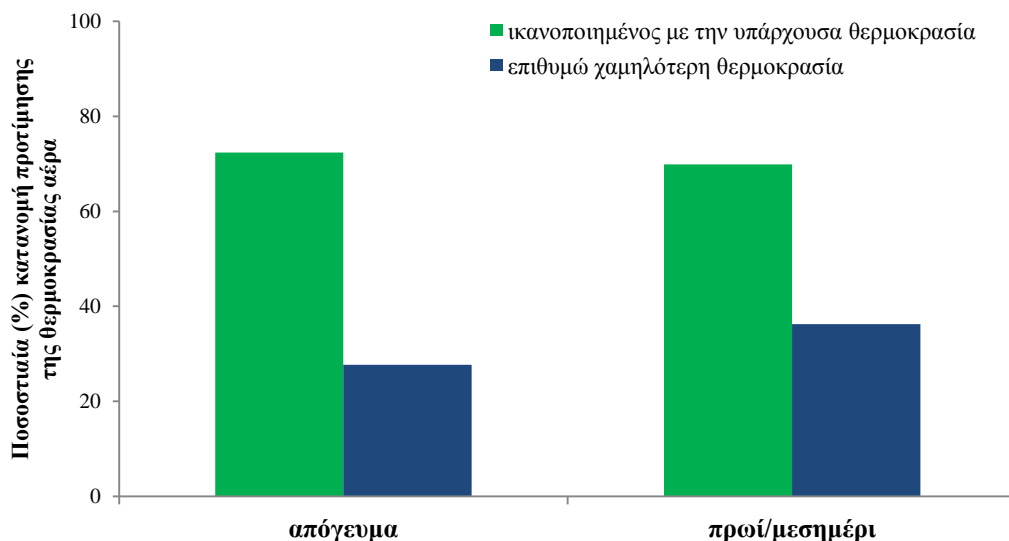
Στο Διάγραμμα 4.28 εμφανίζονται τα αποτελέσματα λεπτομερούς ανάλυσης των προτιμήσεων ως προς τη θερμοκρασία, απομονώνοντας και εξετάζοντας μόνο τα ερωτηματολόγια όσων απάντησαν πως νοιώθουν άνετα με το θερμικό τους περιβάλλον τις δύο εποχικές περιόδους, δηλαδή αυτά που αφορούν την ουδέτερη κλάση του ATSV «ούτε κρύο-ούτε ζέστη». Συνολικά πρόκειται για 810 ερωτηματολόγια, εκ των οποίων τα 616 αναφέρονται στη ψυχρή περίοδο και μόλις τα 193 στη θερμή.



Διάγραμμα 4.28 Ποσοστό απαντήσεων προτίμησης ως προς τη θερμοκρασία, για τη θερμή και τη ψυχρή περίοδο για τα ερωτηματολόγια που αφορούν την κατηγορία «ούτε κρύο-ούτε ζέστη» (ATSV=0)

Φυσικά πρόκειται για μικρό αριθμό ερωτηματολογίων, ειδικά αυτών που αντιστοιχούν στη θερμή περίοδο, ωστόσο τα ευρήματα είναι ενδεικτικά. Για τη ψυχρή περίοδο το 93% των ερωτηθέντων που βρισκόταν σε θερμική άνεση δεν επιθυμεί καμία αλλαγή της θερμοκρασίας, γεγονός που υποδεικνύει πως για τη ψυχρή περίοδο η θερμοκρασία είναι η βασική περιβαλλοντική παράμετρος που καθορίζει την θερμική άνεση των ανθρώπων. Δεδομένου πως το 93% αποτελεί ένα πολύ υψηλό ποσοστό ικανοποίησης για τις θερμοκρασιακές συνθήκες, στη συνέχεια μελετήθηκε το εύρος τιμών θερμοκρασίας αέρα που επικρατούσε κατά τη ψυχρή περίοδο. Από τα απαντηθέντα ερωτηματολόγια διαπιστώθηκε πως τα άτομα που βρέθηκαν στην κατηγορία θερμικής άνεσης (ATSV=0) δεν επιθυμούσαν καμία αλλαγή στη θερμοκρασία αέρα (προτίμηση=0). Από την καταγραφή των αποτελεσμάτων αυτών φαίνεται ότι το εύρος τιμών θερμοκρασίας αέρα 18.0°C-24 °C να αποτελεί ιδανικό θερμοκρασιακό εύρος, για τη ψυχρή περίοδο, το οποίο παίζει καθοριστικό ρόλο στην επίτευξη συνθηκών θερμικής άνεσης. Αντίστοιχα, από τα απαντημένα ερωτηματολόγια της θερμής περιόδου διαπιστώθηκε πως το 70% των ερωτηθέντων βρέθηκαν σε κατάσταση θερμικής άνεσης και δεν επιθυμούσαν καμία αλλαγή στη θερμοκρασία αέρα (Διάγραμμα 4.29). Από την αξιολόγηση των ευρημάτων της συγκεκριμένης κατηγορίας διαπιστώθηκε πως το εύρος τιμών θερμοκρασίας αέρα 27.5-32.2°C αποτελεί το ιδανικό θερμοκρασιακό εύρος. Παρόλα αυτά το 26% των ερωτηθέντων που νοιώθει άνετα, θα επιθυμούσε οι τιμές της θερμοκρασίας να ήταν πιο χαμηλές, ενώ υπάρχει και ένα ποσοστό 3% που επιθυμεί περισσότερη ζέστη. Εδώ θα πρέπει να υπενθυμισθεί, πως εξαιτίας της μικρής επισκευσιμότητας των ανθρώπων στις πλατείες τις πρωινές

και μεσημβρινές ώρες της θερινής περιόδου, η έρευνα πεδίου έχει πραγματοποιηθεί και απογευματινές ώρες. Στη συνέχεια και προκειμένου να εξακριβωθεί το κατά πόσο έχουν επηρεάσει τα αποτελέσματα οι μετρήσεις που ελήφθησαν τις απογευματινές ώρες, απομονώθηκαν και εξετάστηκαν ως προς τις επιθυμητές θερμοκρασίες ξεχωριστά οι μετρήσεις που αφορούν πρωινές/μεσημβρινές ώρες και αυτές που αφορούν απογευματινές.

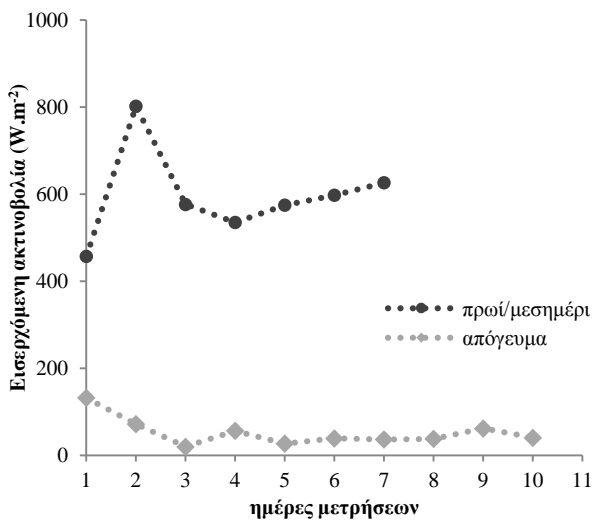


Διάγραμμα 4.29 Σύγκριση ποσοστιαίας κατανομής απαντήσεων προτίμησης ως προς τη θερμοκρασία αέρα για τις πρωινές/μεσημβρινές ώρες και τις απογευματινές, θερμής περιόδου, για τα ερωτηματολόγια που αφορούν την κατηγορία «ούτε κρύο-ούτε ζέστη» (ATSV=0)

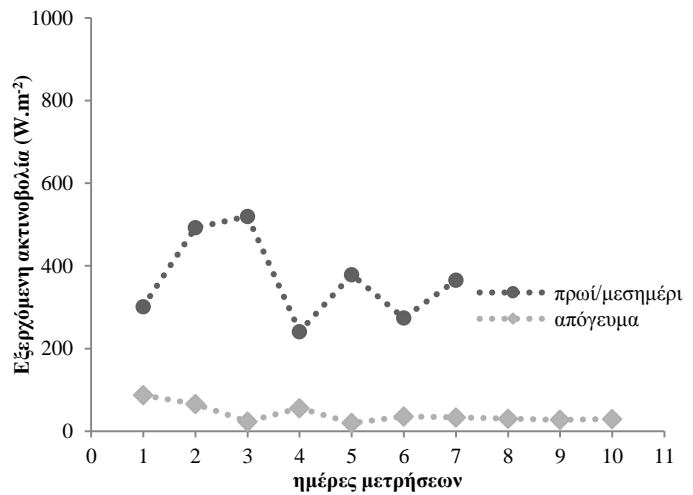
Στο Διάγραμμα 4.29 έχουν διαχωριστεί οι μετρήσεις πεδίου σε δύο κατηγορίες: αυτές που λήφθηκαν το απόγευμα και αυτές που λήφθηκαν τις πρωινές και μεσημβρινές ώρες. Επιπλέον, κάθε χρονική περίοδος της ημέρας έχει χωριστεί σε δύο υποκατηγορίες: 1η :Δεν επιθυμώ αλλαγή με τη θερμοκρασία, στην οποία ανήκουν οι απαντήσεις όσων δηλώνουν θερμική άνεση (ATSV=0) και επιπλέον δεν επιθυμούν αλλαγή στη θερμοκρασία και η 2η: Θα επιθυμούσα η θερμοκρασία να ήταν χαμηλότερη, στην οποία ανήκουν οι απαντήσεις όσων παρόλο που δηλώνουν θερμική άνεση θα προτιμούσαν η θερμοκρασία να ήταν χαμηλότερη. Όπως δείχνουν τα αποτελέσματα το ποσοστό των συμμετεχόντων που είναι ικανοποιημένο με την επικρατούσα θερμοκρασία, εξακολουθεί να βρίσκεται κοντά στο 70% και για τις δύο χρονικές περιόδους (72.3% για το απόγευμα, 69.9% για το πρωί/μεσημέρι). Η βασικότερη παρατήρηση που ανακύπτει όμως, είναι πως μόνο το 24% των ερωτηθέντων νοιώθουν θερμική άνεση τις πρωινές και μεσημεριανές ώρες, ενώ το υπόλοιπο 75% που βρισκόταν σε θερμική άνεση είχε ερωτηθεί κατά τις απογευματινές ώρες. Ο μικρός αριθμός ατόμων που βιώνουν θερμική άνεση κατά τις πρωινές/μεσημβρινές ώρες δεν επιτρέπει αξιόπιστη

στατιστική επεξεργασία, ωστόσο βοηθά σε κάποια ενδεικτικά συμπεράσματα. Ελέγχοντας το εύρος θερμοκρασιών που επικρατούσαν στις δύο χρονικές περιόδους της ημέρας διαπιστώθηκε πως δεν παρατηρούνται θερμοκρασιακές μεταβολές (μέση θερμοκρασία πρωινών/μεσημεριανών ωρών 30.1°C και μέση θερμοκρασία απογευματινών ωρών 30.2°C. Τόσο τις πρωινές/μεσημβρινές, όσο και τις απογευματινές ώρες η πλειοψηφία των ανθρώπων που βιώνουν θερμική άνεση ερωτήθηκαν σε θερμοκρασίες που κυμαίνονταν μεταξύ 29 και 32 °C (77% των απαντήσεων). Αυτό αναπόφευκτα οδηγεί στην αναζήτηση διαφορών που επικρατούν στις άλλες μικροκλιματικές παραμέτρους και πρωτίστως στις συνθήκες ηλιοφάνειας, οι οποίες στη συνέχεια αξιολογήθηκαν από τα πραγματικά μικροκλιματικά δεδομένα που ελήφθησαν κατά τη διάρκεια της έρευνας πεδίου.

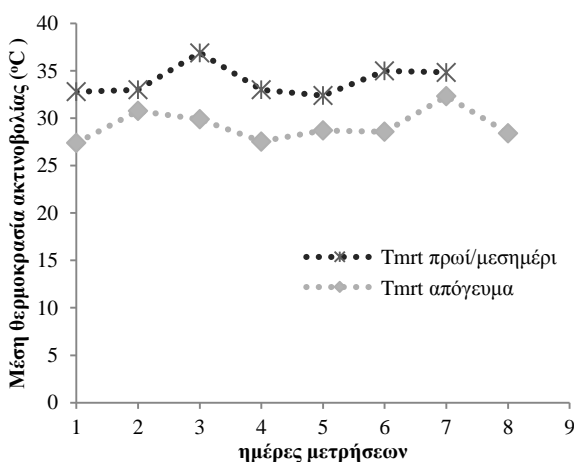
4.30 α.



4.30 β.



4.30 γ



Διάγραμμα 4.30 Σύγκριση τιμών εισερχόμενης ακτινοβολίας μικρού μήκους κύματος (4.31α), εξερχόμενης ακτινοβολίας μικρού μήκους κύματος (4.31β) και μέσης θερμοκρασίας ακτινοβολίας (4.31γ), από ερωτηματολόγια της θερμής περιόδου που αφορούν την κατηγορία ATSV=0

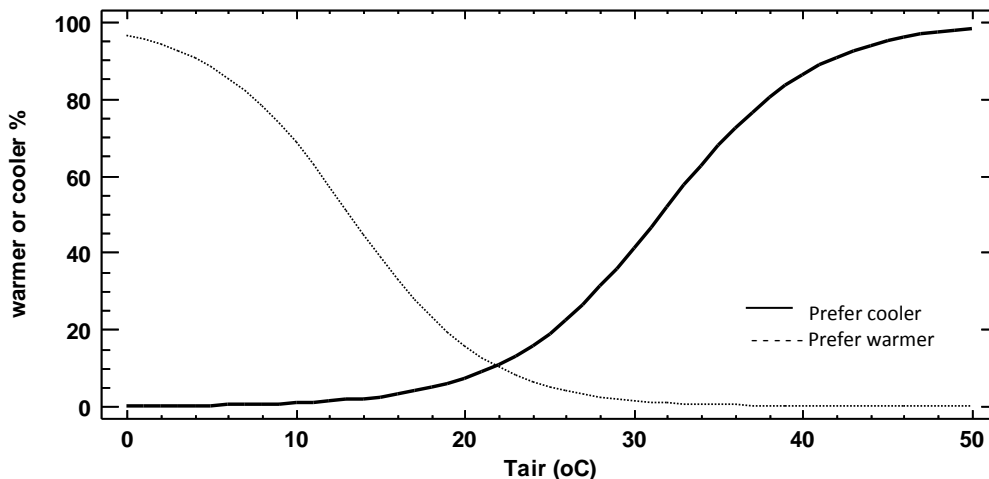
Στο Διάγραμμα 4.30 γίνεται σύγκριση των συνθηκών ηλιακής ακτινοβολίας μικρού μήκους κύματος και μέσης θερμοκρασίας ακτινοβολίας που επικρατούσαν τόσο κατά τις πρωινές/μεσημβρινές ώρες μετρήσεων όσο και κατά τις απογευματινές προκειμένου να διαπιστωθεί αν στις διαφορετικές συνθήκες ηλιοφάνειας που παρατηρούνται κατά τις δύο αυτές χρονικές περιόδους της ημέρας οφείλεται η μεγάλη διαφορά στο ποσοστό ατόμων που βρίσκονται σε θερμική άνεση κατά τη διάρκεια της ημέρας και του απογεύματος (το 24% νοιώθει θερμική άνεση το πρωί/μεσημέρι και το υπόλοιπο 76% το απόγευμα). Πράγματι, από τη σύγκριση των διαγραμμάτων 4.30α και 4.30β διαπιστώνεται ότι οι τιμές της ηλιακής ακτινοβολίας μικρού μήκους κύματος κυμαίνονται σε πολύ υψηλότερα επίπεδα τις πρωινές ώρες σε σχέση με τις απογευματινές, γεγονός που μπορεί να αιτιολογήσει τη μεγάλη διαφορά που παρουσιάζουν τα ποσοστά θερμικής άνεσης μεταξύ πρωινών/μεσημεριανών και απογευματινών ωρών. Όσον αφορά τις συνθήκες μέσης θερμοκρασίας ακτινοβολίας μεταξύ των δύο χρονικών περιόδων (Διάγραμμα 4.30γ), η μέση διαφορά που παρατηρείται είναι κοντά στους 5°C, μεγαλύτερη κατά τη διάρκεια της ημέρας. Η διαφορά αυτή είναι αρκετά μεγάλη και σε συνδυασμό με τις συνθήκες ηλιοφάνειας εξηγείται σε μεγάλο βαθμό το μικρό ποσοστό ατόμων που βιώνουν θερμική άνεση τις πρωινές ώρες, ενώ ρίχνεται φως στις ιδανικές συνθήκες που ευνοούν τη θερμική άνεση στη θερμή περίοδο. Τελικά, δεν είναι τόσο οι υψηλές τιμές θερμοκρασίας, όσο ο συνδυασμός τους με τις υψηλές τιμές ηλιακής ακτινοβολίας που οδηγούν σε θερμική δυσφορία και αυτό είναι ένα βασικό στοιχείο που θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη στην ανάπλαση και δημιουργία αστικών υπαίθριων χώρων.

4.4.2.3 Προτιμώμενη θερμοκρασία

Ως θερμική άνεση μπορεί επίσης να οριστεί η κατάσταση κατά την οποία οι άνθρωποι δεν επιθυμούν ούτε χαμηλότερες, ούτε υψηλότερες θερμοκρασίες. Η διαφορά μεταξύ ουδέτερης και προτιμώμενης θερμοκρασίας είναι πως η ουδέτερη είναι η θερμοκρασία που ο άνθρωπος νοιώθει θερμικά άνετα, ενώ η προτιμώμενη είναι η θερμοκρασία που ο άνθρωπος επιθυμεί. (Fanger 1973, Lin 2009, Tseliou et al. 2015). Η στατιστική επεξεργασία που ακολουθεί, προέρχεται από την αξιολόγηση της ερώτησης «επιθυμείτε περισσότερη κρύο ή ζέστη;» με πιθανές απαντήσεις «επιθυμώ περισσότερο ζέστη», «δεν επιθυμώ αλλαγή» και τέλος «επιθυμώ περισσότερο κρύο», με σκοπό να εξεταστεί ο παράγοντας των θερμοκρασιακών προσδοκιών στο θερμικό περιβάλλον. Όπως έχει ήδη δειχθεί στο Διάγραμμα 4.31 σχετικά με τις προτιμώμενες θερμοκρασίες, όσον αφορά τη ψυχρή περίοδο του έτους, οι ερωτηθέντες βρίσκουν τις υπάρχουσες θερμοκρασίες αρκετά ικανοποιητικές σε ποσοστό 74%. Η παρακάτω επεξεργασία δεν ήταν δυνατό να εφαρμοστεί για τη θερμή περίοδο του έτους, λόγω του πολύ μικρού αριθμού απαντήσεων που αναφέρουν ότι επιθυμούν περισσότερο ζέστη (μόλις 3.0%). Μάλιστα, ελέγχοντας όλες τις απαντήσεις της θερμής περιόδου διαπιστώθηκε πως ακόμα και στις περιπτώσεις όπου οι απαντήσεις ανήκαν στις ψυχρές

κατηγορίες του ATSV, δεν ήταν προτιμητέες υψηλότερες θερμοκρασίες στην αντίστοιχη ερώτηση, δηλαδή οι συμμετέχοντες αν και εκτιμούσαν πως η θερμοκρασία δεν είναι τόσο υψηλή για την περίοδο, δεν επιθυμούσαν υψηλότερες τιμές, διαπίστωση που οδηγεί στην επίδραση της προσαρμοστικότητας και ειδικά στον παράγοντα της εμπειρίας. Οι ερωτηθέντες έχοντας εμπειρία από τη θερμική δυσφορία που είναι δυνατόν να προκληθεί από τις πολύ υψηλές θερμοκρασίες που εμφανίζονται κατά τη διάρκεια της θερμής περιόδου, δεν επιθυμούν αλλαγή όταν επικρατούν χαμηλές θερμοκρασίες αυτή την περίοδο. Για την αξιολόγηση των προτιμώμενων θερμοκρασιών εφαρμόστηκε η μέθοδος της logistic regression analysis. Οι απαντήσεις της παραπάνω ερώτησης χωρίζονται σε δύο ομάδες, όσων επιθυμούν υψηλότερες θερμοκρασίες (prefer warmer) και όσων επιθυμούν χαμηλότερες θερμοκρασίες (prefer cooler). Για κάθε 1°C υπολογίστηκε το ποσοστό απαντήσεων εκ του συνόλου, που ανήκει σε κάθε group και στη συνέχεια εφαρμόστηκε η logistic regression analysis για κάθε ομάδα ξεχωριστά. Η διακεκομμένη σιγμοειδής καμπύλη αντιστοιχεί στην ομάδα όσων προτιμούν κρύο, ενώ η συνεχής στην ομάδα όσων προτιμούν ζέστη. Το σημείο τομής των δύο σιγμοειδών καμπύλων αντιστοιχεί σε αυτούς που δεν προτιμούν περισσότερο κρύο ούτε ζέστη και άρα αποτελεί την προτιμώμενη θερμοκρασία (Tseliou 2015, Lin 2009, de Dear and Fountain 1994). Για το σύνολο του έτους η προτιμώμενη θερμοκρασία αντιστοιχεί στους 22.0°C όπως απεικονίζεται στο Διάγραμμα 4.31.

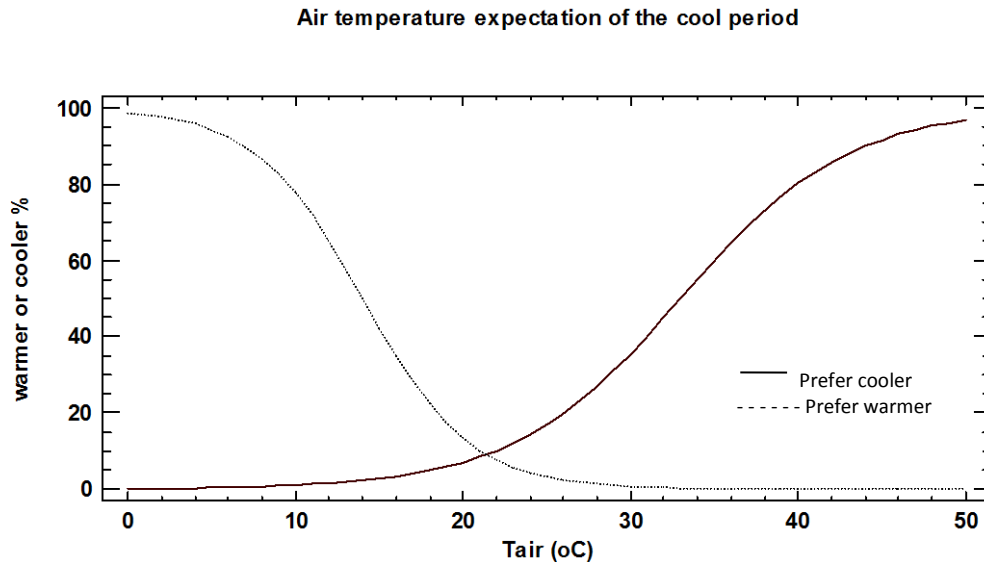
Yearly air temperature expectations



Διάγραμμα 4.31 Προτιμώμενη θερμοκρασία για το σύνολο του έτους

Η προτιμώμενη θερμοκρασία για τη ψυχρή περίοδο του έτους είναι 21.4°C (Διάγραμμα 4.32), δηλαδή εμφανίζει την ίδια σχεδόν προτιμώμενη τιμή με αυτή που προκύπτει για το σύνολο του

έτους. Σε σχέση με την ουδέτερη θερμοκρασία της ψυχρής περιόδου που αντιστοιχεί στους 19.5°C (Διάγραμμα 4.26), η προτιμώμενη είναι σχεδόν 2.0°C υψηλότερα. Το συγκριτικό αυτό αποτέλεσμα υποδεικνύει την επίδραση των θερμοκρασιακών προσδοκιών των ερωτηθέντων στη θερμική άνεση. Τόσο η ουδέτερη, όσο και η προτιμώμενη θερμοκρασία βρίσκονται μέσα στο ευρύτερο αποδεκτό θερμοκρασιακό εύρος 17-21 °C που έχει προσδιοριστεί στην ενότητα 4.4.1.

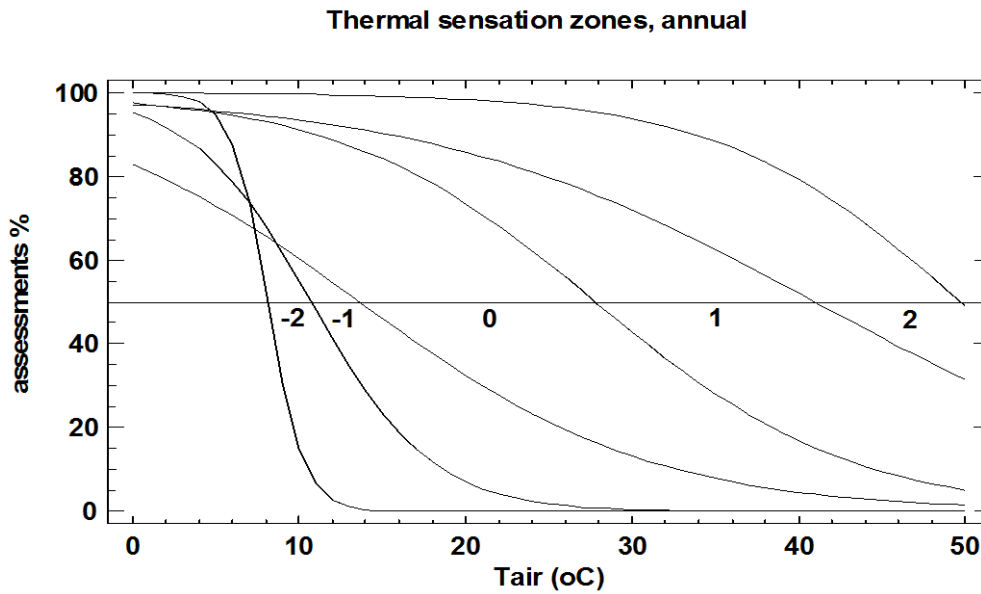


Διάγραμμα 4.32 Προτιμώμενη θερμοκρασία για τη ψυχρή περίοδο του έτους

4.4.3 Εύρος θερμοκρασιών αέρα για κάθε κατηγορία θερμικής αίσθησης (ATSV)

Μία ενδιαφέρουσα προσέγγιση εξέτασης της θερμικής αίσθησης είναι ο προσδιορισμός των θερμοκρασιών μετάβασης από τη μία κατηγορία του ATSV στην επόμενη. Για τον προσδιορισμό των σημείων μετάβασης εφαρμόστηκε η μέθοδος της logistic regression analysis, σύμφωνα με την οποία, προσδιορίζονται οι τιμές της θερμοκρασίας στις οποίες το 50% των ερωτηθέντων βρίσκονται στο όριο μετάβασης από τη μία κατηγορία του ATSV στην επόμενη. Η απόσταση μεταξύ δύο σημείων μετάβασης, καθορίζουν το εύρος θερμοκρασιακών τιμών της περιεχόμενης κλάσης ATSV. Η probit analysis, ανάλογη μέθοδος της logistic regression analysis, προτάθηκε πρώτα από τον Ballantyne (1977), για να υπολογίσει την ουδέτερη ή την προτιμώμενη θερμοκρασία. Αυτή η θερμοκρασία, για κάθε δεδομένο ποσοστό ερωτηθέντων, είναι η κεντρική τιμή της απόστασης μεταξύ της καμπύλης που περιγράφει την πιθανότητα κάποιος να αλλάξει την κατηγορία θερμικής αίσθησης που ανήκει και να μεταβεί στην επόμενη (καμπύλη μετάβασης). Το 2006 η probit analysis εφαρμόστηκε από τους Nikolopoulou and Lykoudis προκειμένου να βρεθούν

οι ζώνες ουδετερότητας, για κάθε εποχή, σε επτά ευρωπαϊκές πόλεις (Nikolopoulou and Lykoudis 2006). Παρόλο που η θερμική άνεση συνδέεται στενά με τη θερμοκρασία αέρα, σε βαθμό που η πλειονότητα των ερευνών να προσδιορίζουν τις συνθήκες θερμικής άνεσης ανάλογα με τις αποδεκτές ή προτιμώμενες θερμοκρασίες αέρος, η μέθοδος αυτή επιτρέπει την αξιολόγηση του βαθμού επίδρασης και άλλων παραμέτρων στη θερμική αίσθηση. Έτσι, θεωρήθηκε σκόπιμο να εξεταστεί το κατά πόσο τρεις βασικές μετεωρολογικές παράμετροι, η ολική ηλιακή ακτινοβολία ($\text{solar rad W.m}^{-2}$), η σχετική υγρασία (RH%) και η ταχύτητα ανέμου (WSP m.s^{-1}), επιδρούν στη θερμική αίσθηση. Στην ενότητα αυτή εκτελέστηκε η logistic regression analysis, αντί της probit analysis. Αρχικά καθορίστηκαν οι ζώνες του ATSV ετησίως και ξεχωριστά για κάθε εποχική περίοδο, λαμβάνοντας υπόψη τη θερμοκρασία αέρα ως μοναδικό παράγοντα επίδρασης στη θερμική αίσθηση, ενώ στη συνέχεια η μέθοδος εφαρμόστηκε συμπεριλαμβάνοντας τις μέσες τιμές ηλιακής ακτινοβολίας, σχετικής υγρασίας και ταχύτητας ανέμου που επικρατούσαν για κάθε εποχική περίοδο αλλά και για όλο το έτος, θεωρώντας πως αποτελούν τυπικές τιμές αυτών των μετεωρολογικών παραμέτρων. Λόγω του περιορισμένου αριθμού απαντήσεων στις ακραίες ζώνες του ATSV «πολύ ζέστη» και «πολύ κρύο» δεν παρουσιάστηκε στατιστική αξιοπιστία στις ζώνες αυτές και ως εκ τούτου δεν αξιολογήθηκαν. Στα Διαγράμματα 4.33, 4.34 και 4.35 απεικονίζονται τα εύρη θερμοκρασιακών τιμών για κάθε κατηγορία του ATSV, ετησίως καθώς επίσης για τη θερμή και τη ψυχρή περίοδο, αντίστοιχα, Επιπλέον, στους Πίνακες 4.2, 4.3 και 4.4 περιγράφονται αναλυτικά τα εύρη θερμοκρασιακών τιμών για κάθε ζώνη του ATSV, καθώς και οι P-values του μοντέλου και των υπολοίπων, για το έτος, τη θερμή και τη ψυχρή περίοδο, αντίστοιχα. Όσον αφορά τις P-values των υπολοίπων, αυτά δείχνουν την επάρκεια ή όχι των εξεταζόμενων παραμέτρων στην ερμηνεία του φαινομένου. Συγκεκριμένα, στατιστική σημαντικότητα των υπολοίπων ($P\text{-value} < 0.05$) υποδηλώνει πως περισσότεροι παράγοντες από τους εξεταζόμενους επιδρούν στο αποτέλεσμα, δηλαδή στη θερμική αίσθηση και θα έπρεπε να εξεταστούν. Σε κάθε εξεταζόμενη περίπτωση που ακολουθεί στη συνέχεια, οι P-values των μοντέλων παρουσιάζουν στατιστική σημαντικότητα. Οι P-values των υπολοίπων παρουσιάζουν στατιστική σημαντικότητα μόνο στην κατηγορία 'ούτε κρύο-ούτε ζέστη' υποδηλώνοντας πως περισσότεροι παράγοντες από τους εξεταζόμενους θα έπρεπε να ληφθούν υπόψη. Δεδομένου πως, οι βασικοί μετεωρολογικοί παράγοντες που επιδρούν στη θερμική αίσθηση εξετάζονται, φαίνεται πως παράγοντες ψυχολογικής προσαρμοστικότητας επιδρούν στην ουδέτερη κατηγορία του ATSV. Σε αντίθεση με την ουδέτερη κατηγορία, φαίνεται πως οι υπόλοιπες κατηγορίες καθορίζονται με την επίδραση των μετεωρολογικών παραμέτρων, δείχνοντας πως η επίδραση της ψυχολογικής προσαρμοστικότητας είναι δυνατή μέσα σε ήπιες περιβαλλοντικές συνθήκες, ενώ μεταβαίνοντας σε πιο ακραίες περιβαλλοντικές συνθήκες η επίδραση και μόνο των περιβαλλοντικών συνθηκών καθορίζουν τη θερμική αίσθηση.



Διάγραμμα 4.33 Ποσοστιαία κατανομή αλλαγής κλάσης ATSV βάσει της θερμοκρασίας αέρα, ετησίως

Στον Πίνακα 4.2 απεικονίζονται όλα τα εύρη τιμών για κάθε ζώνη του ATSV που αφορούν το σύνολο του έτους. Στη θερμοκρασιακή τιμή των 13.7°C το 50% των ερωτηθέντων υπάρχει πιθανότητα να μεταβεί από την κατηγορία του ATSV «δροσερά» (ATSV=-1) στην κατηγορία «ούτε κρύο-ούτε ζέστη» (ATSV=0), ενώ στη θερμοκρασία των 27.8°C υπάρχει πιθανότητα το 50% των ερωτηθέντων να μεταβεί από την κατηγορία «ούτε κρύο-ούτε ζέστη» στην αμέσως επόμενη, «ελαφρά ζέστη» (ATSV =+1).

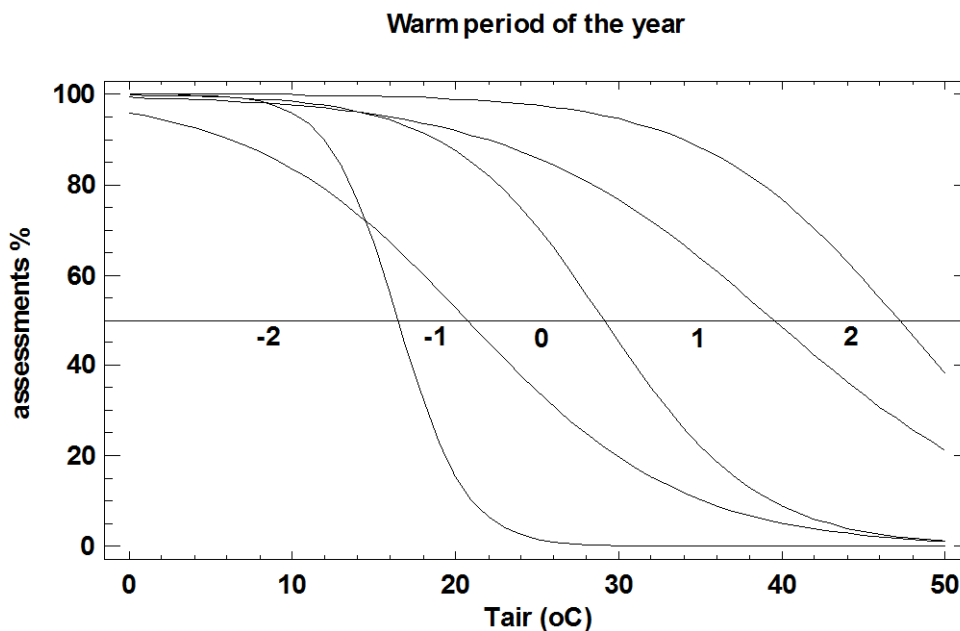
Πίνακας 4.2 Διαστήματα τιμών θερμοκρασίας για κάθε ζώνη του ATSV, ετησίως

Ζώνες ATSV	Διαστήματα τιμών θερμοκρασίας αέρα (°C)	P-values	
		Μοντέλο	Υπόλοιπα
Κρύο (-2)	<10.7	0.0	1.0
Δροσερά (-1)	10.7-13.7	0.0	0.07
Ούτε κρύο-ούτε ζέστη (0)	13.8-27.8	0.0	0.0
Ελαφρά ζέστη (1)	27.9-40.9	0.0	0.8
Ζέστη (2)	>40.9	0.0	1.0

Έτσι, το θερμοκρασιακό εύρος 13.8°C -27.8°C που περιέχεται μεταξύ των δύο ζωνών, αντιστοιχεί στο αποδεκτό εύρος θερμοκρασιών ετησίως, με κεντρική τιμή τους 20.8°C, που θα μπορούσε να

θεωρηθεί ως η ουδέτερη θερμοκρασία, ετησίως. Μάλιστα, η θερμοκρασία αυτή είναι αρκετά κοντά στην ουδέτερη θερμοκρασία για την ψυχρή περίοδο, που όπως δείχτηκε στην ενότητα 4.4.2.1 αντιστοιχεί στους 19.5 °C, γεγονός που επιβεβαιώνει συμπεράσματα που έχουν προκύψει σε προηγούμενες ενότητες και αναφέρουν πως οι τιμές θερμοκρασιακές που επικρατούν κατά τη ψυχρή περίοδο είναι θερμικά αποδεκτές από τον άνθρωπο, σε μεγαλύτερο βαθμό, σχετικά με τις τιμές θερμοκρασιακές που επικρατούν κατά τη θερμή περίοδο. Η ζώνη «ελαφρά ζέστη» παρουσιάζει ένα επίσης ευρύ θερμοκρασιακό εύρος, 13.0°C, που κυμαίνεται μεταξύ 27.9 °C και 40.9 °C. Σε αντίθεση όμως με την ουδέτερη και τις θερμότερες κλάσεις του ATSV η ζώνη «δροσερά» παρουσιάζει ένα πολύ στενό θερμοκρασιακό εύρος που φτάνει τους 3 °C, κυμαινόμενο μεταξύ 10.7°C και 13.7°C. Τα αποτελέσματα αυτά υποδεικνύουν πως οι συμμετέχοντες είναι λιγότερο ανεκτικοί στις χαμηλότερες θερμοκρασίες και σαν αποτέλεσμα εύκολα μεταβαίνουν στις πιο ψυχρές ζώνες του ATSV, σε αντίθεση με το μεγάλο θερμοκρασιακό εύρος τιμών που παρουσιάζουν οι πιο ζεστές ζώνες του ATSV υπονοώντας πολύ μεγαλύτερη τάση εγκλιματισμού σε θερμότερες περιβαλλοντικές συνθήκες. Επιπλέον, οι P-values των υπόλοιπων για την ουδέτερη ζώνη του ATSV=0 παρουσιάζουν στατιστική σημαντικότητα και όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, αυτό υποδηλώνει πως περισσότεροι παράγοντες από τους εξεταζόμενους επιδρούν στη διαμόρφωση των προϋποθέσεων της ζώνης του ATSV=0.

Στο Διάγραμμα 4.34 απεικονίζονται τα εύρη θερμοκρασιακών τιμών για κάθε ζώνη του ATSV για τη θερμή περίοδο, ενώ στον Πίνακα 4.3 παρουσιάζονται αναλυτικά τα σχετικά ευρήματα.



Διάγραμμα 4.34 Ποσοστιαία κατανομή αλλαγής ζώνης ATSV βάσει της θερμοκρασίας αέρα, για δεδομένα θερμής περιόδου

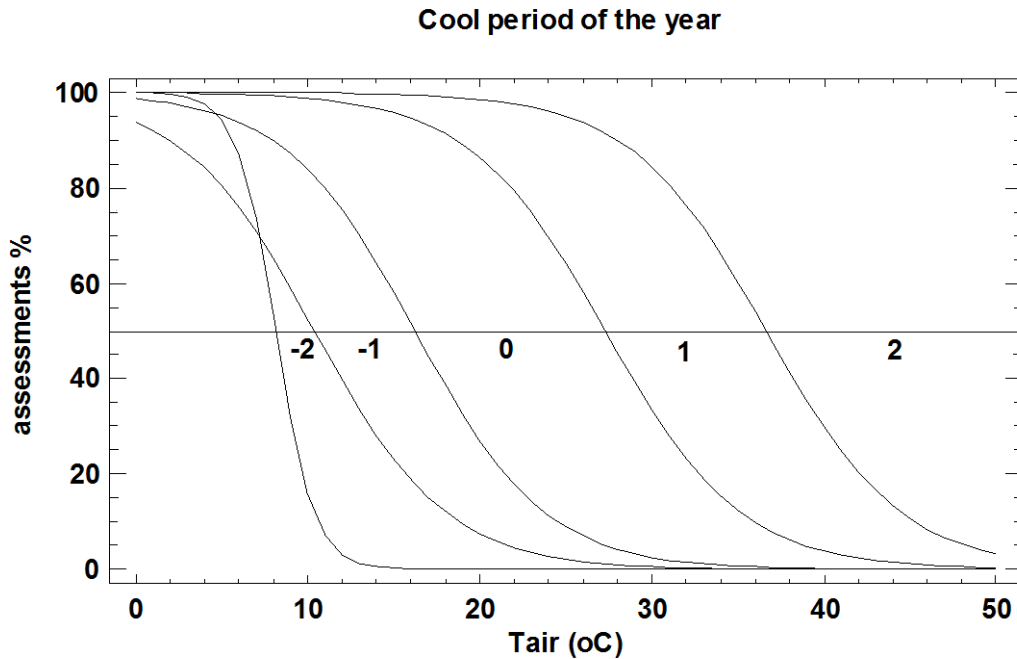
Όπως φαίνεται στον Πίνακα 4.3, στην τιμή θερμοκρασίας αέρα των 20.7°C το 50% των ερωτηθέντων υπάρχει πιθανότητα να μεταβεί από τη ζώνη ATSV=-1 στη ζώνη ATSV=0, ενώ στη θερμοκρασία των 29°C υπάρχει πιθανότητα το 50% των ερωτηθέντων να μεταβεί από τη ζώνη ATSV=0 στην αμέσως επόμενη, ATSV=1.

Πίνακας 4.3 Διαστήματα τιμών θερμοκρασίας αέρα για κάθε ζώνη ATSV κατά τη θερμή περίοδο

		Θερμή περίοδος	
Ζώνες ATSV	Διαστήματα τιμών θερμοκρασίας αέρα (°C)	P-values	
		Μοντέλο	Υπόλοιπα
Κρύο (-2)	<16.5	0.02	1.0
Δροσερά (-1)	16.5-20.7	0.0	0.9
Ούτε κρύο-ούτε ζέστη (0)	20.8-29.1	0.0	0.0
Ελαφρά ζέστη (1)	29.2-39.5	0.0	0.0
Ζέστη (2)	>39.5	0.0	0.0

Έτσι, το θερμοκρασιακό εύρος 20.8-29.1°C που περιέχεται μεταξύ των δύο ζωνών, αντιστοιχεί στο αποδεκτό εύρος θερμοκρασιών για τη θερμή περίοδο, με κεντρική τιμή τους 25.0°C, που θα μπορούσε να θεωρηθεί η ουδέτερη θερμοκρασία για τη θερμή περίοδο. Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα αυτά με την ουδέτερη θερμοκρασία, 25.7°C που υπολογίστηκε στην ενότητα 4.4.2.1, γίνεται φανερό πως τα ευρήματα των δύο ζωνών ταυτίζονται στην προκύπτουσα ουδέτερη θερμοκρασία για τη θερμή περίοδο. Το θερμοκρασιακό εύρος της ζώνης ATSV=0 είναι 29.1°C-39.5°C ενώ το αντίστοιχο εύρος για την κατηγορία ATSV=-1 είναι 16.5°C-20.7°C.

Όσον αφορά τη ψυχρή περίοδο (Πίνακας 4.4), στην τιμή θερμοκρασίας των 16.2 °C το 50% των ερωτηθέντων υπάρχει πιθανότητα να μεταβεί από τη ζώνη ATSV=-1 στη ζώνη ATSV=0 (Διάγραμμα 4.35), ενώ στη θερμοκρασία των 27.2°C υπάρχει πιθανότητα το 50% των ερωτηθέντων να μεταβεί από ATSV=0 σε ATSV=+1 (Πίνακας 4.4).



Διάγραμμα 4.35 Ποσοστιαία κατανομή αλλαγής ζώνης ATSV βάσει της θερμοκρασίας αέρα για τα δεδομένα ψυχρής περιόδου

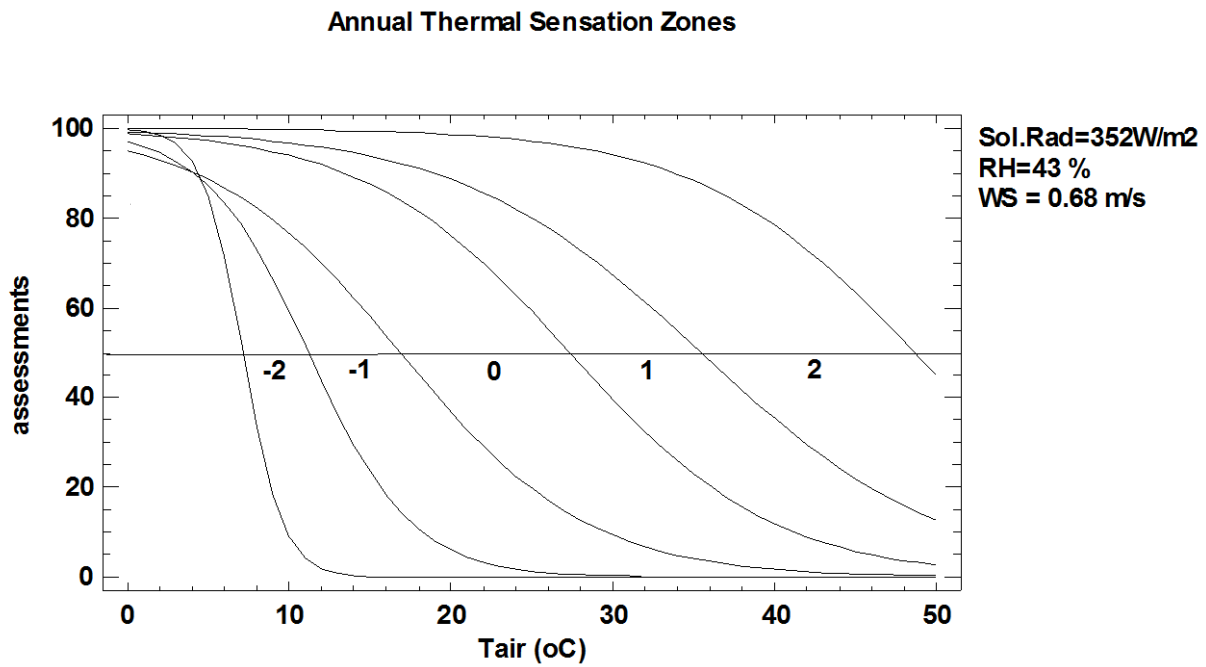
Πίνακας 4.4 Διαστήματα τιμών θερμοκρασίας για κάθε ζώνη του ATSV κατά τη ψυχρή περίοδο

Ζώνες ATSV	Διαστήματα τιμών θερμοκρασίας αέρα (°C)	P-values	
		Μοντέλο	Υπόλοιπα
Κρύο (-2)	<10.4	0.0	1.0
Δροσερά (-1)	10.5-16.2	0.0	1.0
Ούτε κρύο-ούτε ζέστη (0)	16.3-27.2	0.0	0.0
Ελαφρά ζέστη (1)	27.3-36.6	0.0	1.0
Ζέστη (2)	>36.6	0.0	1.0

Έτσι, το θερμοκρασιακό εύρος 16.3°C-27.2°C που περιέχεται μεταξύ των δύο ζωνών, αντιστοιχεί στο αποδεκτό εύρος τιμών θερμοκρασίας για τη ψυχρή περίοδο, με κεντρική τιμή τους 21.7°C, που θα μπορούσε να θεωρηθεί η ουδέτερη τιμή θερμοκρασίας αέρα για τη ψυχρή περίοδο. Η ζώνη ATSV=+1 κυμαίνεται μεταξύ 27.3°C και 36.6°C ενώ η ζώνη ATSV=-1 κυμαίνεται μεταξύ 10.5°C και 16.2°C. Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα αυτά με την ουδέτερη θερμοκρασία, 19.5°C, που υπολογίστηκε στην ενότητα 4.4.2.1, οι δύο μέθοδοι διαφέρουν περίπου 2°C. Τέλος, είναι άξιο να σημειωθεί πως το αποδεκτό εύρος τιμών στις δύο εποχικές περιόδους είναι αρκετά μεγάλο, πολύ μεγαλύτερο σε σχέση με τις υπόλοιπες κατηγορίες θερμικής αίσθησης υποδεικνύοντας, πως ο άνθρωπος μπορεί να δείξει μεγάλη ανοχή μέσα σε ένα μεγάλο εύρος τιμών θερμοκρασίας, όταν

όμως αυτές αποκλίνουν από τα αποδεκτά εύρη τιμών, τότε η μετάβαση της θερμικής του αίσθησης στις κατηγορίες του ATSV γίνεται για πολύ μικρές περιβαλλοντικές διακυμάνσεις.

Στη συνέχεια, έγινε διερεύνηση κάθε μετεωρολογικής παραμέτρου ξεχωριστά σε συνδυασμό πάντα με τη θερμοκρασία, ως προς το βαθμό επίδρασής της στη θερμική αίσθηση. Τα αποτελέσματα έδειξαν πως παρατηρούνται μικρές μόνο μεταβολές στα θερμοκρασιακά εύρη που καθορίζουν κάθε ζώνη του ATSV. Μεταξύ των παραμέτρων που διερευνήθηκαν, η επίδραση του ανέμου, υπό το καθεστώς χαμηλών ταχυτήτων που επικρατεί ως επί το πλείστον στο αστικό περιβάλλον της Αθήνας προκάλεσε μικρής κλίμακας διαφοροποιήσεις μόνο στις ψυχρές ζώνες του ATSV. Η σχετική υγρασία διαπιστώθηκε ότι προκάλεσε μικρής κλίμακας διαφοροποιήσεις στις ζώνες θερμικής αίσθησης και μόνο ο παράγοντας της ηλιακής ακτινοβολίας έδειξε να επιδρά σημαντικά στη θερμική αίσθηση δημιουργώντας αρκετές μετατοπίσεις και ομαλοποιήσεις στα εύρη τιμών κάθε ζώνης (Tseliou et al. 2015). Αφού εξετάστηκε ο βαθμός επίδρασης της κάθε παραμέτρου ξεχωριστά, στη συνέχεια διερευνήθηκε η συνδυασμένη τους δράση στη θερμική αίσθηση. Τελικά, η αλληλεπίδραση μεταξύ των εξεταζόμενων παραμέτρων προκάλεσε τόσο σημαντικές μετατοπίσεις όσο και ομαλοποιήσεις στις ζώνες θερμικής αίσθησης οι οποίες τελικά καθορίστηκαν κάτω από την συνδυασμένη επίδραση της θερμοκρασίας αέρα, σχετικής υγρασίας, ολικής ηλιακής ακτινοβολίας και της ταχύτητας του ανέμου, ετησίως αλλά και για κάθε μία από τις δύο εποχικές περιόδους. Στα Διαγράμματα 4.36-4.38 και στους Πίνακες 4.5-4.8 που ακολουθούν περιγράφονται αναλυτικά τα αποτελέσματα της μεθόδου. Στο Διάγραμμα 4.36, απεικονίζονται για όλο το έτος τα εύρη θερμοκρασιακών τιμών για κάθε κατηγορία του ATSV, ενώ στον πίνακα 4.5 περιγράφονται αναλυτικά τα εύρη θερμοκρασιακών τιμών για κάθε ζώνη του ATSV. Η μέση ετήσια τιμή ολικής ηλιακής ακτινοβολίας, σχετικής υγρασίας και ταχύτητας ανέμου, είναι 352 W.m^{-2} , 43% και 0.68 m.s^{-1} , αντίστοιχα. Στην τιμή θερμοκρασίας των 16.9°C το 50% των ερωτηθέντων υπάρχει πιθανότητα να μεταβεί από τη ζώνη $\text{ATSV}=-1$ στην $\text{ATSV}=0$, ενώ στη θερμοκρασία των 27.4°C υπάρχει πιθανότητα το 50% των ερωτηθέντων να μεταβεί από τη ζώνη $\text{ATSV}=0$ στην αμέσως επόμενη, $\text{ATSV}=+1$.



Διάγραμμα 4.36 Ποσοστιαία κατανομή πιθανότητας αλλαγής ζώνης ATSV ετησίως, παράγοντες επίδρασης: θερμοκρασία αέρα, σχετική υγρασία, ταχύτητα ανέμου, προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία

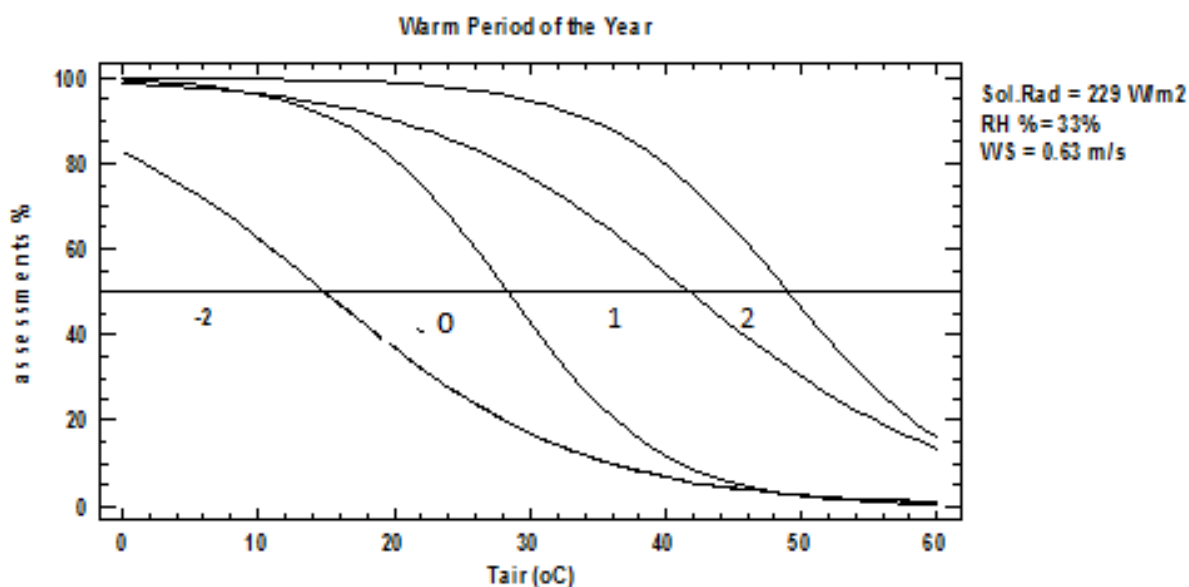
Έτσι, το θερμοκρασιακό εύρος 17.0°C-27.4°C που περιέχεται μεταξύ των δύο ζωνών, αντιστοιχεί στο αποδεκτό εύρος θερμοκρασιών ετησίως, με κεντρική τιμή τους 22.2°C, που θα μπορούσε να θεωρηθεί ως η ουδέτερη θερμοκρασία ετησίως. Η συνδυασμένη επίδραση των τεσσάρων βασικών μετεωρολογικών παραμέτρων φαίνεται να διαμορφώνει νέα διαστήματα τιμών θερμοκρασίας για κάθε κατηγορία ATSV, όσον αφορά το σύνολο του έτους, σε σύγκριση, με αυτά που προσεγγίστηκαν με την επίδραση της θερμοκρασίας ως μοναδικού παράγοντα διαμόρφωσης της θερμικής αίσθησης (Πίνακας 4.5).

Πίνακας 4.5 Διαστήματα τιμών θερμοκρασίας για κάθε ζώνη του ATSV, ετησίως. Παράγοντες επίδρασης: θερμοκρασία αέρα, σχετική υγρασία, ταχύτητα ανέμου και προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία

Ζώνες ATSV	Διαστήματα τιμών θερμοκρασίας αέρα	P-VALUES				
		Tair	WS	Solrad	RH	Υπόλοιπα
Κρύο (-2)	<11.2	0.0	0.00	0.0	0.17	1.0
Δροσερά (-1)	11.2-16.9	0.0	0.0001	0.0	0.0	0.6
Ούτε κρύο-ούτε ζέστη (0)	17.0-27.4	0.0	0.0001	0.0	0.32	0.0
Ελαφρά ζέστη (1)	27.5-35.5	0.0	0.01	0.0	0.0	1.0
Ζέστη (2)	>35.5	0.0	0.1	0.0004	0.6	1.0

Η ζώνη ATSV=+1 κυμαίνεται μεταξύ 27.5°C και 35.5°C ενώ η ζώνη ATSV=-1 κυμαίνεται μεταξύ 11.2°C και 16.9 °C. Τα αποτελέσματα φανερώνουν εξομάλυνση του εύρους τιμών για κάθε ζώνη του ATSV, δηλαδή, ζώνες που παρουσίασαν αρχικά πολύ «στενό» εύρος, αυτό 'διευρύνθηκε', όπως π.χ. η περίπτωση της κατηγορίας ATSV=-1 που από το διάστημα τιμών 10.7-13.7°C (Πίνακας 4.2) διευρύνθηκε στο διάστημα τιμών 11.2-16.9 °C (Πίνακας 4.5). Επίσης, η ζώνη ATSV=0 από το διάστημα τιμών 13.8-27.8°C (Πίνακας 4.2) εμφάνισε 'σμίκρυνση' του διαστήματος των τιμών και το νέο εύρος 17.0-27.4 °C (Πίνακας 4.5) εμφανίζεται πιο 'στενό'. Στη συνέχεια, η συνδυασμένη επίδραση της θερμοκρασίας αέρα, ηλιακής ακτινοβολίας, σχετικής υγρασίας και ταχύτητας ανέμου στη θερμική αίσθηση εξετάζεται για τη θερμή και τη ψυχρή περίοδο. Οι μέσες τιμές ηλιακής ακτινοβολίας, σχετικής υγρασίας και ταχύτητας ανέμου, για τη θερμή περίοδο του έτους είναι 229 W.m⁻², 33% και 0.63 m.s⁻¹, αντίστοιχα. Η αρκετά χαμηλή μέση τιμή της ηλιακής ακτινοβολίας, που δεν είναι χαρακτηριστική τη θερμή περίοδο του έτους στην Αθήνα, οφείλεται στις μετρήσεις πεδίου που για τους σκοπούς της έρευνας αυτής διεξήχθησαν και τις απογευματινές ώρες όπου η προσέλευση του κόσμου ήταν μεγαλύτερη και ήταν εφικτή η συγκέντρωση ικανοποιητικού αριθμού ερωτηματολογίων. Δοκιμές να απομονωθούν οι μετρήσεις που αφορούσαν τις απογευματινές ώρες δεν έδωσαν στατιστικά αξιόπιστα αποτελέσματα. Από την άλλη μεριά, θεωρώντας πως η έλλειψη χρηστών στους υπαίθριους χώρους τις πρωινές/μεσημεριανές ώρες και η έντονη παρουσία τους τις απογευματινές ώρες, τη θερμή περίοδο του έτους, αποτελεί ενδεικτικό στοιχείο περιβαλλοντικών προτιμήσεων, η μέθοδος εφαρμόστηκε τελικά για όλες τις μετρήσεις της θερμής περιόδου. Όπως φαίνεται στον Πίνακα 4.6 και στο Διάγραμμα 4.37, στην τιμή θερμοκρασίας των 16.8°C το 50% των ερωτηθέντων υπάρχει πιθανότητα να μεταβεί από τη ζώνη ATSV=-1 στη ζώνη ATSV=0, ενώ στην τιμή θερμοκρασίας των 29.5°C υπάρχει πιθανότητα το 50% των ερωτηθέντων να μεταβεί από την κλάση «ούτε κρύο-ούτε ζέστη» στην αμέσως επόμενη ζώνη ATSV=+1. Έτσι, το θερμοκρασιακό εύρος 16.9°C -29.5 °C που περιέχεται μεταξύ των δύο ζωνών, αντιστοιχεί στο αποδεκτό εύρος θερμοκρασιών για τη θερμή περίοδο, με κεντρική τιμή τους 23.2 °C, που θα μπορούσε να θεωρηθεί η ουδέτερη θερμοκρασία για τη θερμή περίοδο.

Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα αυτά με την ουδέτερη θερμοκρασία, 25.7°C που υπολογίστηκε στην ενότητα 4.4.2.1, αλλά και με την τιμή θερμοκρασίας των 25 °C που υπολογίστηκε με την ίδια μέθοδο κάτω όμως από την επίδραση μόνο της θερμοκρασίας αέρα, γίνεται φανερό πως η συνδυασμένη επίδραση των τεσσάρων εξεταζόμενων μετεωρολογικών παραμέτρων έχει ως αποτέλεσμα την ελάττωση της ουδέτερης θερμοκρασίας για τη θερμή περίοδο κατά 2.0-2.5°C. Η ζώνη ATSV=+1 παρουσιάζει ένα επίσης μεγάλο εύρος τιμών, 12.1 °C κυμαινόμενο μεταξύ 29.6 °C και 41.7 °C.



Διάγραμμα 4.37 Ποσοστιαία κατανομή πιθανότητας αλλαγής ζώνης ATSV για τη θερμή περίοδο, με παράγοντες επίδρασης: Θερμοκρασία αέρα, σχετική υγρασία, ταχύτητα ανέμου, προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία

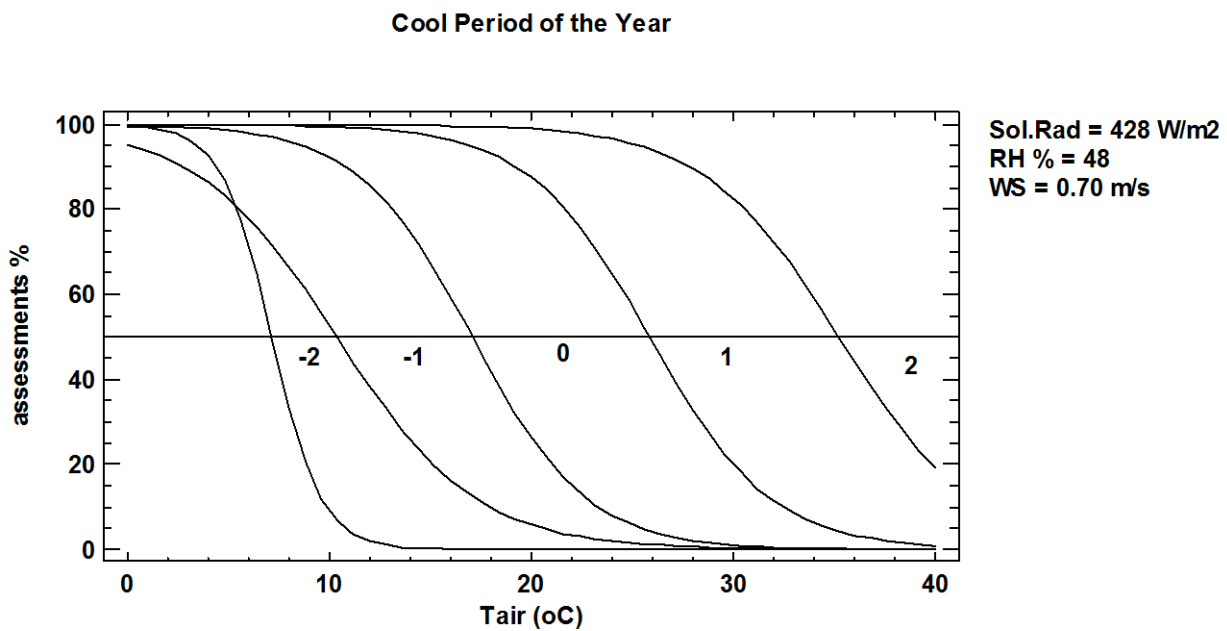
Πίνακας 4.6 Διαστήματα τιμών θερμοκρασίας για κάθε ζώνη ATSV κατά τη θερμή περίοδο. Παράγοντες επίδρασης: θερμοκρασία αέρα, σχετική υγρασία, ταχύτητα ανέμου και προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία

Ζώνες ATSV	Διαστήματα τιμών θερμοκρασίας αέρα (°C)	P-values	
		Μοντέλο	Υπόλοιπα
Κρύο (-2)	<16.8	0.01	1.0
Δροσερά (-1)	16.8-16.8	0.0	0.9
Ούτε κρύο-ούτε ζέστη (0)	16.9-29.5	0.0	0.0
Ελαφρά ζέστη (1)	29.6-41.7	0.0	1.0
Ζέστη (2)	>41.7	0.0	1.0

Ωστόσο, η ουσιαστική διαφορά που προκύπτει είναι πως, με τη «διεύρυνση» του εύρους τιμών της ουδέτερης ζώνης, καταργείται η ζώνη ATSV=-1 (Πίνακας 4.6) Δηλαδή, κατά τη θερμή περίοδο και

κάτω από την επίδραση των επιπλέον παραμέτρων, ο άνθρωπος τείνει να εκφράζει μία «ελαφρά δροσερή» κατάσταση ως «θερμικά ουδέτερη». Τα αποτελέσματα αυτά δείχνουν πως υπάρχει μία ισχυρή προσαρμοστικότητα των ανθρώπων στην ουδέτερη και τις ζεστές ζώνες του ATSV καθώς και μεγαλύτερη τάση για εγκλιματισμό σε θερμές περιβαλλοντικές συνθήκες.

Όσον αφορά τη ψυχρή περίοδο, οι μέσες τιμές ηλιακής ακτινοβολίας, σχετικής υγρασίας και ταχύτητας ανέμου, είναι $428 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$, 48% και $0.7 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, αντίστοιχα (Διάγραμμα 4.38).



Διάγραμμα 4.38 Ποσοστιαία κατανομή πιθανότητας αλλαγής ζώνης ATSV για τη ψυχρή περίοδο, με παράγοντες επίδρασης: Θερμοκρασία αέρα, σχετική υγρασία, ταχύτητα ανέμου, προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία

Από τον Πίνακα 4.7 διαπιστώνεται ότι για τιμή θερμοκρασίας αέρα 17.1°C , το 50% των ερωτηθέντων υπάρχει πιθανότητα να αλλάξει ζώνη ATSV και από την κατηγορία $\text{ATSV}=-1$ να περάσει στην επόμενη κατηγορία $\text{ATSV}=0$. Επίσης, από τον ίδιο πίνακα, διαπιστώνεται ότι όταν η θερμοκρασία αέρα είναι 25.7°C , ενδεχομένως το 50% των ερωτηθέντων να αλλάξει κατηγορία ATSV και να περάσει στην αμέσως επόμενη, $\text{ATSV}=+1$. Όπως διαπιστώνεται, το διάστημα θερμοκρασίας αέρα $17.2-25.7^\circ\text{C}$ που αντιστοιχεί στην κατηγορία $\text{ATSV}=0$, αντιστοιχεί στο αποδεκτό εύρος θερμοκρασίας της υπό έρευνα ψυχρής περιόδου. Τέλος, η κεντρική τιμή του συγκεκριμένου διαστήματος τιμών που είναι 21.4°C , θα μπορούσε να θεωρηθεί σαν η ουδέτερη θερμοκρασία της υπό έρευνα ψυχρής περιόδου. Συγκρίνοντας αυτό το αποτέλεσμα με το

αντίστοιχο (22.2 °C) που προσδιορίστηκε, όταν ως μοναδική παράμετρος διαμόρφωσης της θερμικής αίσθησης θεωρήθηκε η θερμοκρασία αέρα, διαπιστώνεται μία διαφορά της τάξης του 1 °C, περίπου. Άρα, η συνδυαστική επίδραση όλων των παραμέτρων που λήφθηκαν υπόψη έχει σαν αποτέλεσμα τη μείωση της ουδέτερης θερμοκρασίας κατά 1°C περίπου.

Πίνακας 4.7 Διαστήματα τιμών θερμοκρασίας για κάθε ζώνη ATSV κατά τη ψυχρή περίοδο. Παράγοντες επίδρασης: θερμοκρασία αέρα, σχετική υγρασία, ταχύτητα ανέμου και προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία

Ζώνες ATSV	Διαστήματα τιμών θερμοκρασίας αέρα (°C)	P-VALUES	
		Μοντέλο	Υπόλοιπα
Κρύο (-2)	<10.3	0.01	1.0
Δροσερά (-1)	10.4 - 17.1	0.0	0.8
Ούτε κρύο-ούτε ζέστη (0)	17.2 - 25.7	0.0	0.0
Ελαφρά ζέστη (1)	25.8 - 35.2	0.0	1.0
Ζέστη (2)	>35.2	0.0	1.0

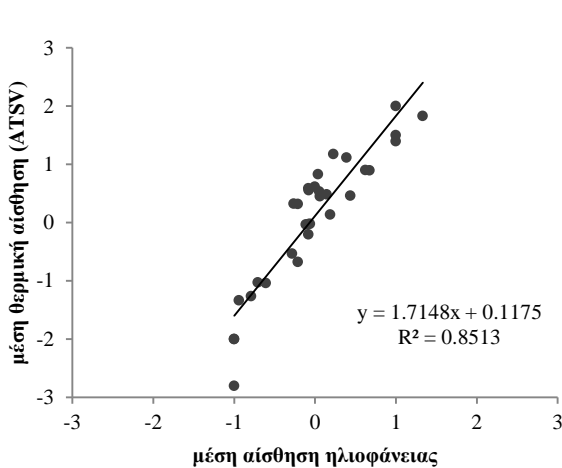
Όσον αφορά την ουδέτερη θερμοκρασία 19.5°C, που προσδιορίστηκε με εφαρμογή της συνάρτησης γραμμικής παλινδρόμησης στα ερωτηματολόγια της ψυχρής περιόδου (ενότητα 4.4.2.1, συνάρτηση 2), διαπιστώνεται ότι υπάρχει μια απόκλιση της τάξης των 2°C. Αυτό σημαίνει ότι, κατά τη διάρκεια της υπό έρευνα ψυχρής περιόδου και λαμβανομένων υπόψη όλων των παραμέτρων, η ουδέτερη θερμοκρασία αυξάνεται κατά 2°C, περίπου. Η ζώνη ‘ελαφρά ζέστη’ παρουσιάζει ένα εύρος 8.0°C, κυμαινόμενη από 25.8 °C σε 35.2 °C, ενώ η ζώνη ‘δροσερά’ παρουσιάζει ένα εύρος 6.7 °C, κυμαινόμενη από 10.4°C σε 17.1°C. Η συνδυαστική επίδραση των τεσσάρων μετεωρολογικών παραμέτρων κατά την ψυχρή περίοδο δε φαίνεται να μεταβάλλει σημαντικά τα εύρη τιμών κάθε ζώνης ATSV σε σχέση με αυτά που διαμορφώθηκαν κατά την επίδραση μόνο της θερμοκρασίας στην θερμική αίσθηση (Πίνακας 4.4). Ωστόσο, όπως παρατηρήθηκε και για το σύνολο του έτους, υπήρξε μία ελαφρά εξομάλυνση στα διαστήματα τιμών θερμοκρασίας στις ζώνες ATSV (Πίνακας 4.5).

4.5 Αξιολόγηση ανέμου, ηλιοφάνειας και σχετικής υγρασίας

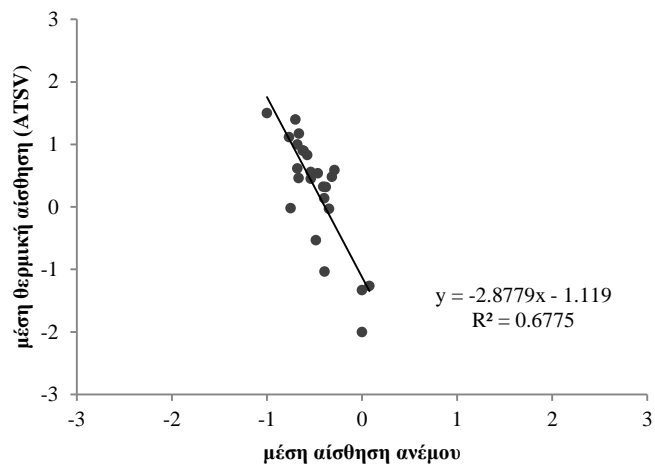
4.5.1 Αίσθηση ανέμου και ηλιοφάνειας

Σε αυτή την ενότητα μελετώνται τα ληφθέντα δεδομένα σχετικά με την εκτίμηση των ανθρώπων όσον αφορά τον άνεμο και την ηλιοφάνεια. Οι μέσες τιμές των απαντήσεων θερμικής αίσθησης, αίσθησης του ανέμου και αίσθηση ηλιοφάνειας, υπολογίστηκαν για κάθε βαθμό θερμοκρασίας. Στη συνέχεια, προκειμένου να αξιολογηθεί η σχέση μεταξύ ηλιοφάνειας και θερμικής αίσθησης καθώς και μεταξύ ανέμου και θερμικής αίσθησης, εφαρμόστηκε απλή γραμμική παλινδρόμηση (Διαγράμματα 4.38 και 4.39 αντίστοιχα). Όσον αφορά την επίδραση της αίσθησης ηλιοφάνειας στη

διαμόρφωση της θερμικής αίσθησης (Διάγραμμα 4.38), διαπιστώνεται ότι όσο αυξάνει η αίσθηση της ηλιοφάνειας, τόσο βελτιώνεται η κατηγορία θερμικής αίσθησης. Μάλιστα, όπως διαπιστώνεται από τα αποτελέσματα της εφαρμογής του μοντέλου απλής γραμμικής παλινδρόμησης, το 85% ($R^2=0.8513$) της μεταβλητότητας στη διαμόρφωση θερμικής αίσθησης, αποδίδεται στη μεταβλητότητα της αίσθησης ηλιοφάνειας. Έτσι, όσο αυξάνεται η ένταση της ηλιοφάνειας, τόσο μεταβαίνουμε σε πιο θερμές κατηγορίες θερμικής αίσθησης και αντίστοιχα μεταβαίνουμε σε ψυχρότερες κατηγορίες θερμικής αίσθησης όταν μειώνεται η ηλιοφάνεια ($p<0.001$).



Διάγραμμα 4.38 Διάγραμμα διασποράς μεταξύ των μέσων τιμών θερμικής αίσθησης (ATSV) και αίσθησης ηλιοφάνειας



Διάγραμμα 4.39 Διάγραμμα διασποράς μεταξύ των μέσων τιμών θερμικής αίσθησης (ATSV) και αίσθησης ανέμου

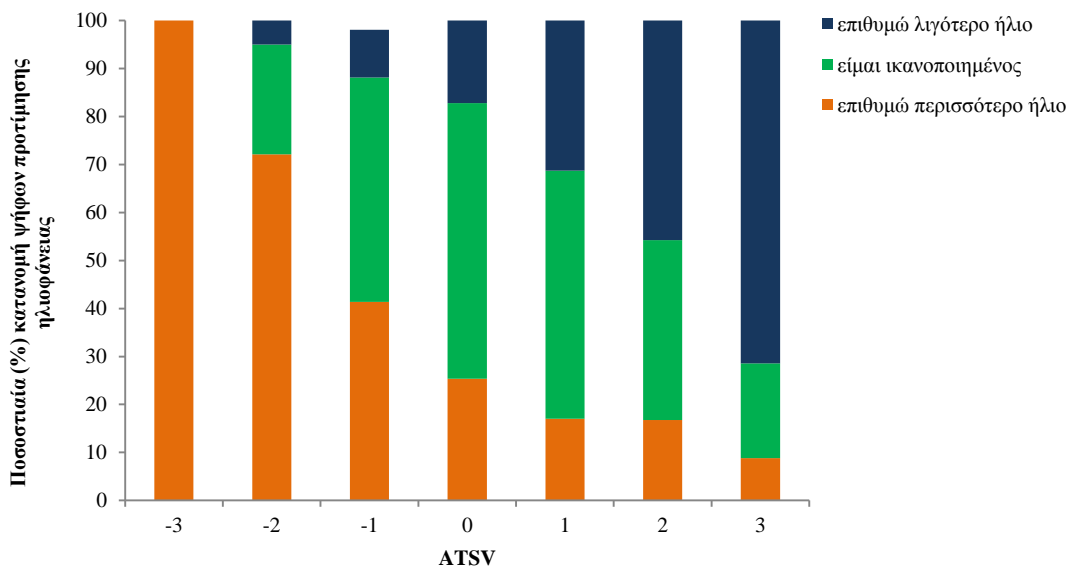
Αντίθετα, σε ότι αφορά την επίδραση της αίσθησης του ανέμου στη διαμόρφωση της θερμικής αίσθησης (Διάγραμμα 4.39), διαπιστώνεται ότι όσο η αίσθηση του ανέμου μεταβαίνει σε μεγαλύτερες κατηγορίες, τόσο υποβιβάζεται η κατηγορία θερμικής αίσθησης. Πιο συγκεκριμένα, όπως διαπιστώνεται από τα αποτελέσματα της εφαρμογής του μοντέλου απλής γραμμικής παλινδρόμησης, το 67.8% ($R^2=0.6775$) της μεταβλητότητας στη διαμόρφωση της θερμικής αίσθησης αποδίδεται στη μεταβλητότητα της αίσθησης του ανέμου. Συγκρίνοντας τις αριθμητικές τιμές του συντελεστή προσδιορισμού (R^2) διαπιστώνεται ότι η μεταβλητότητα της αίσθησης ηλιοφάνειας είναι πολύ πιο καθοριστική στη διαμόρφωση θερμικής αίσθησης, έναντι της αίσθησης του ανέμου. Πιο συγκεκριμένα, στην περίπτωση της συνεισφοράς της αίσθησης του ανέμου στη μεταβλητότητα διαμόρφωσης θερμικής αίσθησης, διαπιστώνεται ότι το 32.8% της μεταβλητότητάς της αποδίδεται σε άλλες παραμέτρους.

Πιο εκτενής ανάλυση σχετικά με την επίδραση του ήλιου και του ανέμου στη θερμική αίσθηση, παρουσιάζεται στα διαγράμματα 4.40 και 4.41 όπου για κάθε κατηγορία του ATSV, απεικονίζεται η ποσοστιαία κατανομή απαντήσεων κάθε μίας από τις τρεις κατηγορίες προτιμήσεων ως προς τον ήλιο και ως προς τον άνεμο.

Από το Διάγραμμα 4.40 διαπιστώνεται πως η επίδραση του ήλιου στη διαμόρφωση της θερμικής αίσθησης του ανθρώπου είναι άμεση. Πιο συγκεκριμένα, φαίνεται πως οι απαντήσεις που αντιστοιχούν στις θερμές κατηγορίες ATSV (ATSV= +1, +2, +3) σχετίζονται με υψηλά ποσοστά απαντήσεων που προτιμούν λιγότερο ήλιο. Πράγματι, όσο μετατοπιζόμαστε σε θερμότερες κατηγορίες ATSV, τόσο αυξάνεται το ποσοστό των ανθρώπων που προτιμούν λιγότερο ήλιο.

Αντίστοιχα, υπάρχει αύξηση του ποσοστού των ανθρώπων που προτιμούν περισσότερο ήλιο καθώς μετατοπιζόμαστε στις πιο ψυχρές κλάσεις ATSV. Αξιοσημείωτο είναι πως αν και το 100% των ανθρώπων που απαντούν ATSV=-3 προτιμούν «περισσότερο ήλιο», μόνο το 70% όσων ψηφίζουν ATSV=+3 προτιμούν «λιγότερο ήλιο», ενώ για την κατηγορία ATSV «ζεστό», το 45% των ερωτηθέντων προτιμούν «λιγότερο ήλιο» (Διάγραμμα 4.40).

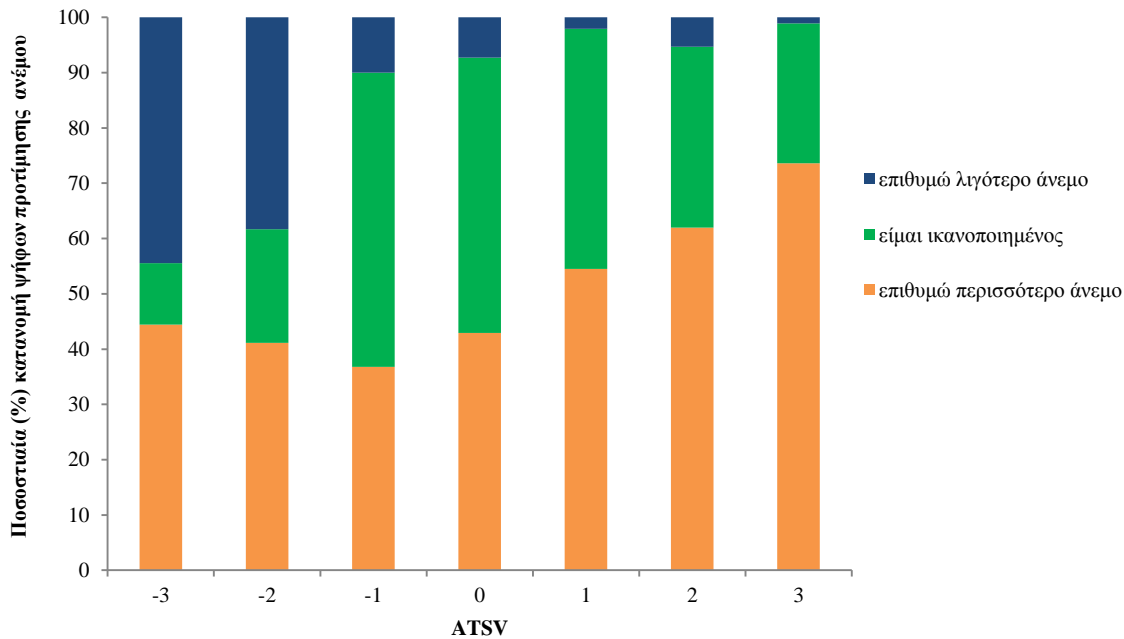
Αυτό οδηγεί στο συμπέρασμα πως αν και η παρουσία της ηλιοφάνειας είναι ένας σημαντικός παράγοντας ικανοποίησης, εντούτοις η έλλειψη ηλιοφάνειας προκαλεί θερμική δυσφορία σε πολύ μεγαλύτερο βαθμό από ότι παρουσία δυνατής ηλιοφάνειας.



Διάγραμμα 4.40 Ποσοστιαία κατανομή εκτίμηση της ηλιοφάνειας για κάθε κατηγορία ATSV

Όσον αφορά τον άνεμο, από το Διάγραμμα 4.41 διαπιστώνεται πως ο άνεμος επιδρά στη θερμική αίσθηση ειδικά στις πιο ζεστές κατηγορίες ATSV. Πάνω από το 70% όσων απαντούν ATSV=+3 προτιμούν περισσότερο άνεμο, ενώ οι απαντήσεις που αντιστοιχούν στην κατηγορία «λιγότερο άνεμο» είναι σχεδόν μηδαμινές. Είναι αξιοσημείωτο πως οι απαντήσεις που αντιστοιχούν στις κατηγορίες «λιγότερο άνεμο» και «περισσότερο άνεμο» στην κατηγορία θερμικής άνεσης ATSV=-3 εμφανίζουν σχεδόν το ίδιο ποσοστό υποδεικνύοντας πως ο άνεμος δεν εμφανίζει σημαντική επιρροή στις ψυχρές κατηγορίες του ATSV. Τελικά, τα παραπάνω αποτελέσματα αναδεικνύουν με ποιο τρόπο ο άνεμος και η ακτινοβολία επιδρούν στη διαμόρφωση της θερμικής αίσθησης των

ανθρώπων. Αποδεικνύεται τελικά πως η επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας στη διαμόρφωση της θερμικής αίσθησης των ανθρώπων υπερισχύει στις πιο ψυχρές κατηγορίες ATSV ενώ ο άνεμος είναι περισσότερο κρίσιμη περιβαλλοντική παράμετρος στις πιο θερμές κατηγορίες ATSV.



Διάγραμμα 4.41 Ποσοστιαία κατανομή εκτίμησης του ανέμου για κάθε κατηγορία ATSV

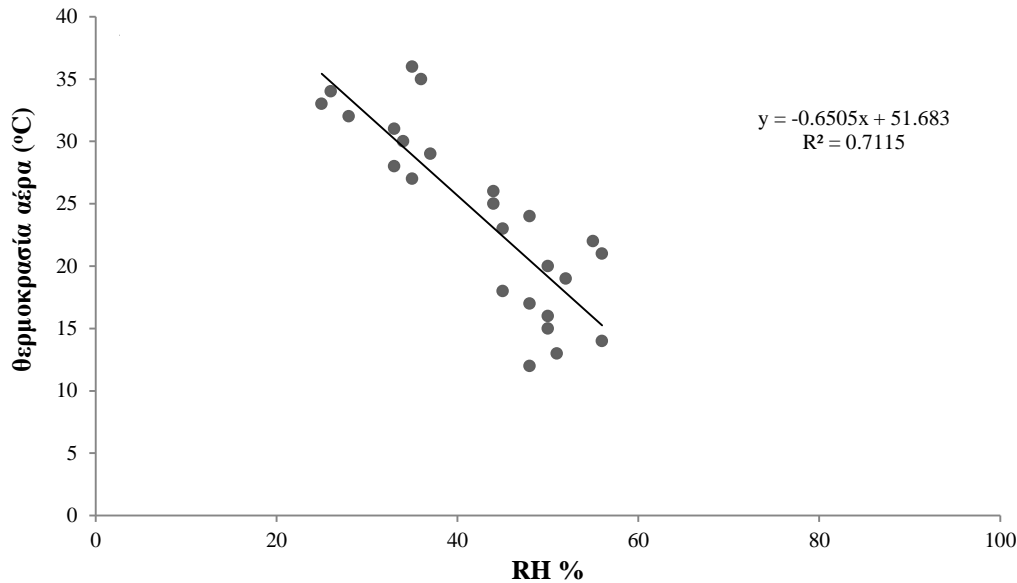
4.5.2 Αίσθηση σχετικής υγρασίας (RH)

Στην ενότητα αυτή εξετάζονται ποιες είναι οι τιμές σχετικής υγρασίας και θερμοκρασίας αέρα στην περίπτωση που η απάντηση των ερωτηθέντων βρίσκεται στην ουδέτερη κατηγορία ATSV («ούτε κρύο-ούτε ζέστη»), ενώ η ταχύτητα του ανέμου κυμαίνεται μεταξύ απόλυτης άπνοιας και 2.2 m.s^{-1} . Από το Διάγραμμα 4.42 διαπιστώνεται πως εάν αυξηθεί η θερμοκρασία αέρα, η σχετική υγρασία θα πρέπει να μειωθεί προκειμένου να διατηρηθεί η κατάσταση θερμικής άνεσης.

Προκειμένου να μελετηθεί η σχέση που συνδέει τη θερμοκρασία αέρα και τη σχετική υγρασία, στο Διάγραμμα διασποράς (Διάγραμμα 4.42) εφαρμόστηκε απλή γραμμική παλινδρόμηση προέκυψε ότι η θερμοκρασία αέρα και η σχετική υγρασία είναι αντίθετα σχετιζόμενες παράμετροι, στην περίπτωση της κατηγορίας $ATSV=0$, αφού η κλίση της απλής γραμμικής παλινδρόμησης ισούται με -0.6505 . Με τη βοήθεια του μοντέλου απλής γραμμικής παλινδρόμησης

$T_{\text{air}} = -0.6505 \cdot RH + 51.683$ ($R^2=0.71$, $p<0.001$) διαπιστώνεται ότι στην περίπτωση που επικρατεί η κατηγορία θερμικής άνεσης, $ATSV=0$, για την περίπτωση μηδενικής τιμής σχετικής υγρασίας, η

θερμοκρασία αέρα είναι περίπου 51.7°C. Τέλος από τη σχέση 1 διαπιστώνεται ότι η θερμοκρασία αέρα μειώνεται κατά 6.5°C για κάθε αύξηση της σχετικής υγρασίας ανά 10% και αντίστροφα.



Διάγραμμα 4.42 Διάγραμμα διασποράς μεταξύ σχετικής υγρασίας και θερμοκρασίας αέρα όταν οι άνθρωποι νοιώθουν θερμική άνεση (ATSV=0).

4.6 Γενική αξιολόγηση περιβαλλοντικών παραμέτρων στη θερμική άνεση

Βασιζόμενοι στη μεταβλητή «Πως αισθάνεστε αυτή τη στιγμή;», με πιθανές απαντήσεις «θερμικά άνετα» ή «θερμικά δυσάρεστα», απομονώθηκαν και αξιολογήθηκαν μόνο οι θετικές απαντήσεις στην ερώτηση. Αξίζει να αναφερθεί πως από τα συνολικά 2313 δεδομένα, οι θετικές απαντήσεις στην προαναφερθείσα ερώτηση είναι 1920, δείχνοντας μία γενική θετική διάθεση ως προς τα επικρατούντα περιβαλλοντικά χαρακτηριστικά.

Στη συνέχεια συνοψίζονται τα επιμέρους ποσοστά άνεσης ή δυσφορίας για κάθε μία από τις βασικές μικροκλιματικές παραμέτρους (θερμοκρασία, ακτινοβολία, άνεμο) χρησιμοποιώντας έναν δυαδικό κωδικό όπου το '0' αντιπροσωπεύει άνεση και το '1' δυσφορία. Ο Πίνακας 4.8 συγκεντρώνει λεπτομερώς όλες τις απαντήσεις με σκοπό να μελετηθούν τα ποσοστά ικανοποίησης ή δυσαρέσκειας σε κάθε μία περιβαλλοντική παράμετρο όταν επικρατεί μία γενική κατάσταση άνεσης. Έτσι, το πρώτο ψηφίο αντιστοιχεί στη θερμική αίσθηση, το δεύτερο ψηφίο στην εκτίμηση της ηλιακής ακτινοβολίας και το τρίτο ψηφίο στην εκτίμηση του ανέμου. Για παράδειγμα, η

κατηγορία '011' αντιστοιχεί σε άνεση σχετικά με τη θερμική αίσθηση (ATSV) και δυσφορία σχετικά με την ακτινοβολία και τον άνεμο, αντίστοιχα.

Πίνακας 4.8 Ποσοστιαία κατανομή των απαντήσεων σχετικά με τη γενική κατάσταση άνεσης και αξιολόγηση της άνεσης/δυσφορίας με ένα δυαδικό κωδικό ("0" για θερμική άνεση και "1" για θερμική δυσφορία) σε σχέση με τη θερμική άνεση (1ο ψηφίο), την αίσθηση ηλιοφάνειας (δεύτερο ψηφίο) και την αίσθηση του ανέμου (3ο ψηφίο)

«000»(%)	«001»(%)	«010»(%)	«011»(%)	«100»(%)	«110»(%)	«101»(%)	«111»(%)
22.8	21.5	17.3	19.4	3.3	3.5	4.6	7.6

Τα αποτελέσματα δείχνουν πως η θερμική άνεση, όσον αφορά τη θερμική αίσθηση (ATSV) εμφανίζει κυρίαρχο ρόλο στη συνολική θερμική άνεση. Είναι προφανές πως τα υψηλότερα ποσοστά θερμικής άνεσης παρατηρούνται όταν υπάρχει άνεση στη θερμική αίσθηση (περιπτώσεις 000, 001, 010, 011), ενώ στις κατηγορίες που υπάρχει δυσφορία ως προς τη θερμική αίσθηση (ATSV), τα ποσοστά συνολικής άνεσης είναι πολύ μικρότερα. Συγκεκριμένα, άνεση στη θερμική αίσθηση αντιστοιχεί στο 81% της συνολικής άνεσης, ενώ μόνο 19% των ερωτηθέντων δηλώνουν γενικότερη θερμική άνεση, όμως δυσφορία ως προς τη θερμική αίσθηση (ATSV). Μεταξύ ηλιοφάνειας και ανέμου παρουσιάζονται μικρές διαφορές στην επίδρασή που αποφέρουν στη γενική κατάσταση άνεσης. Οι κατηγορίες 001 και 010 αποκαλύπτουν πως όταν υπάρχει δυσφορία ως προς την ηλιοφάνεια το ποσοστό γενικότερης κατάστασης άνεσης είναι κατά 4% μικρότερο σε σχέση με το αν υπάρχει δυσφορία ως προς τον άνεμο.

Αντίστοιχα, το ποσοστό της γενικότερης κατάστασης άνεσης είναι μεγαλύτερο στην περίπτωση άνεσης ως προς την ηλιοφάνεια (κατηγορίες 110 και 101). Τελικά, η επίδραση του ηλίου στη θερμική αίσθηση είναι ελαφρά ισχυρότερη σε σύγκριση με την επίδραση του ανέμου.

4.7 Προσαρμογή βιοκλιματικών δεικτών στις συνθήκες Μεσογειακού κλίματος

4.7.1 Εισαγωγή

Μετά την αξιολόγηση και την οριοθέτηση των αποδεκτών περιβαλλοντικών συνθηκών, σε αυτό το κεφάλαιο γίνεται διερεύνηση και τροποποίηση του αρχικού αποδεκτού διαστήματος τιμών έξι ευρέως διαδεδομένων θερμικών δεικτών ώστε η κλίμακα θερμικής τους αίσθησης να ανταποκρίνεται στο Μεσογειακό κλίμα της Αθήνας. Πιο αναλυτικά, προσδιορίζεται το εύρος τιμών της κλίμακας κάθε δείκτη που ικανοποιεί θερμικά το 85% των ανθρώπων βάση της μεθόδου που

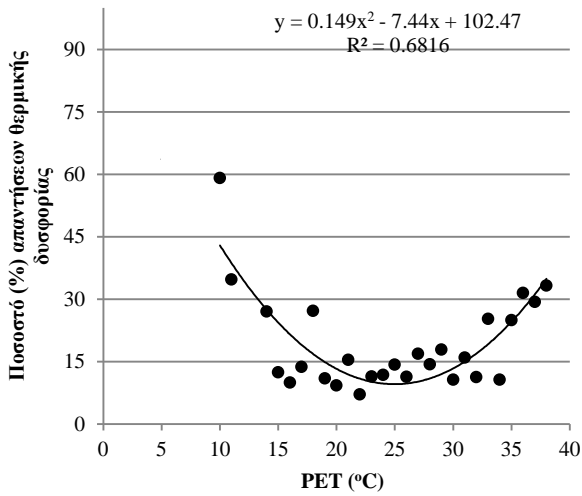
προτείνεται από το ASHRAE Standard 55 (ASHRAE 2004). Η μέθοδος εφαρμόστηκε για τη θερμή και τη ψυχρή περίοδο του έτους και, ως εκ τούτου, προσδιορίστηκαν τα αποδεκτά διαστήματα τιμών τόσο για τη θερμή, όσο και για τη ψυχρή περίοδο. Όπως έχει ήδη αναφερθεί, οι δείκτες που επιλέχθηκαν είναι οι : PET, PMV, SET*, UTCI, STI, και PhS λεπτομερής περιγραφή των οποίων έχει παρουσιαστεί στο Υποκεφάλαιο 3.5. Όπως έγινε και κατά τη διερεύνηση των αποδεκτών περιβαλλοντικών συνθηκών, η στατιστική ανάλυση βασίστηκε στα αποτελέσματα της μεταβλητής «Πώς αισθάνεστε αυτή τη στιγμή;» με πιθανές απαντήσεις «θερμικά άνετα» ή «θερμικά δυσάρεστα». Τα δεδομένα της έρευνας πεδίου για τη θερμή περίοδο, τη ψυχρή περίοδο καθώς και για όλο το έτος μελετήθηκαν και παρουσιάζονται ξεχωριστά. Σκοπός της στατιστικής επεξεργασίας που ακολουθεί δεν είναι η αξιολόγηση των βιοκλιματικών δεικτών και η ενδεχόμενη προσαρμογή της κλίμακάς τους, αλλά η ενδεικτική τοποθέτηση του θερμικά αποδεκτού διαστημάτων τιμών για το Μεσογειακό περιβάλλον βάσει της κλίμακάς τους.

4.7.2 Θερμικά αποδεκτά διαστήματα τιμών για τους βιοκλιματικούς δείκτες: PET, PMV, SET*, UTCI, STI και PhS

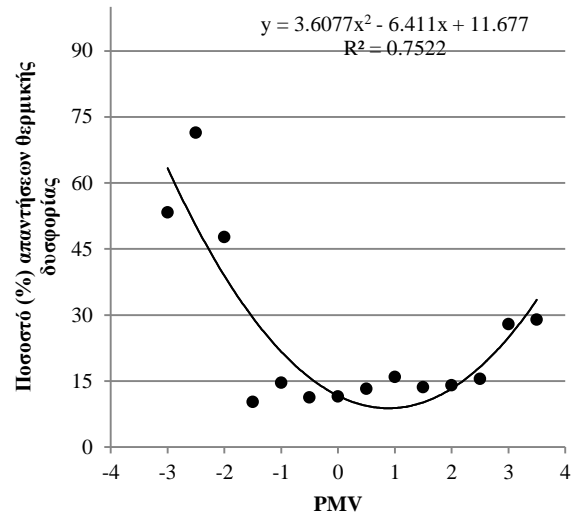
4.7.2.1 Ετήσιο θερμικά αποδεκτό εύρος τιμών

Στο Διάγραμμα 4.43 απεικονίζονται γραφικά οι ποσοστιαίες αποκρίσεις θερμικής δυσφορίας για κάθε μία μονάδα των δεικτών PET, PMV, SET* , UTCI, STI και PhS, αντίστοιχα. Επίσης, σε κάθε επιμέρους Διάγραμμα εικονίζεται και η συνάρτηση τάσης μεταξύ απαντήσεων και τιμών κάθε μελετώμενου βιοκλιματικού δείκτη. Όλες οι εικονιζόμενες τάσεις είναι πολυωνυμικές συναρτήσεις 2^{ου} βαθμού. Σε αυτό το στάδιο ανάλυσης εξετάζεται το αποδεκτό εύρος θερμοκρασιακών τιμών που αφορά το 85% του πληθυσμού που ερωτήθηκε, το οποίο προσδιορίζεται από την τομή της καμπύλης με τη γραμμή του 15%, που αντιστοιχεί στις μη αποδεκτές τιμές θερμοκρασίας. Έτσι, το θερμικά αποδεκτό εύρος τιμών για το σύνολο του έτους σε επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας 95% ($p < 0.05$) κυμαίνεται μεταξύ 19.0 - 31.0°C για τον PET, -0.5 - 2.2 για τον PMV, 20.0 - 31.0°C για τον SET* και 16.5 – 27.5°C για τον UTCI, 24.0 – 37.0 °C για τον STI, και 0.4 – 1.5 για τον PhS.

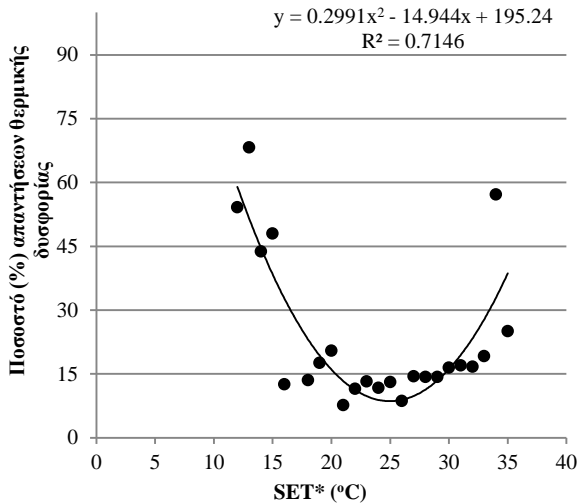
α. PET



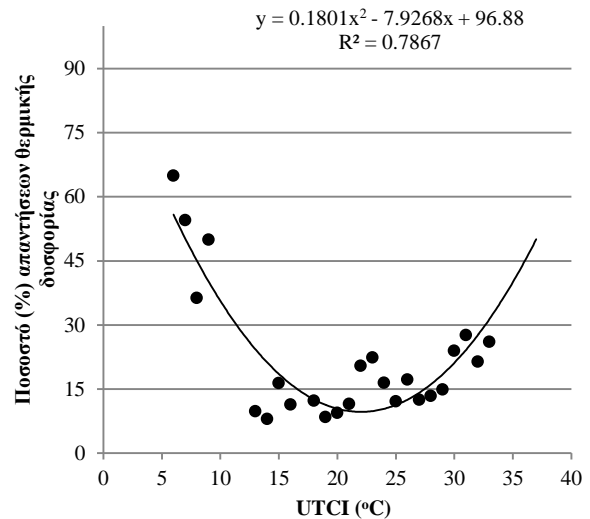
β. PMV



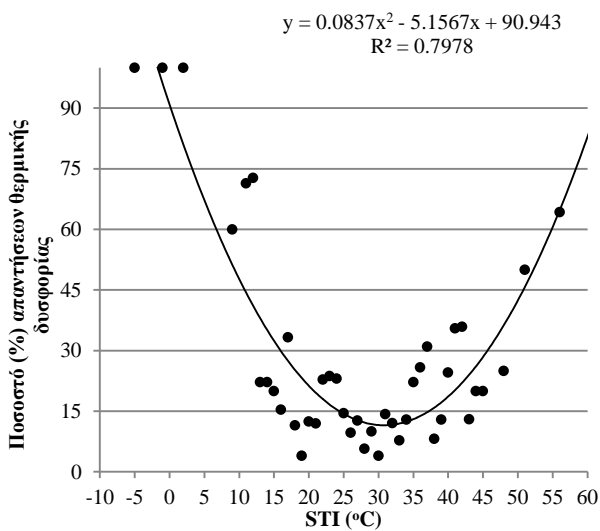
γ. SET*



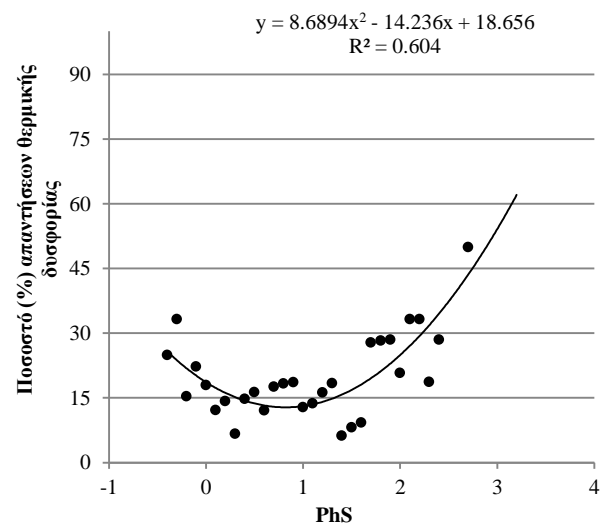
δ. UTCI



ε. STI



στ. PhS

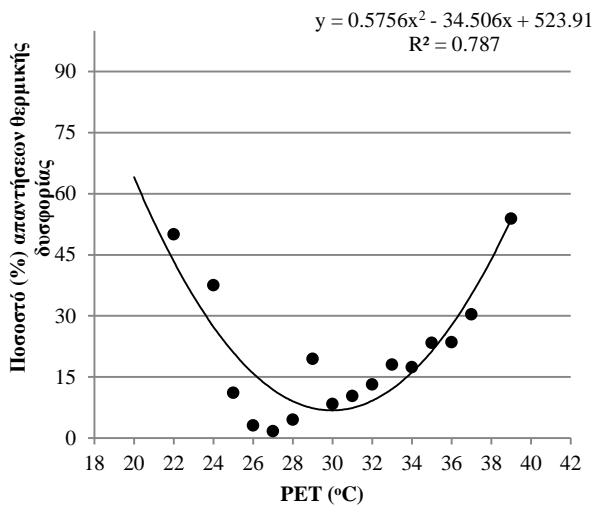


Διάγραμμα 4.43 Ποσοστά απαντήσεων θερμικής δυσφορίας και τιμών βιοκλιματικών δεικτών σε ετήσια βάση, των (α) PET, (β) PMV, (γ) SET*, (δ) UTCI, (ε) STI, (στ) PhS

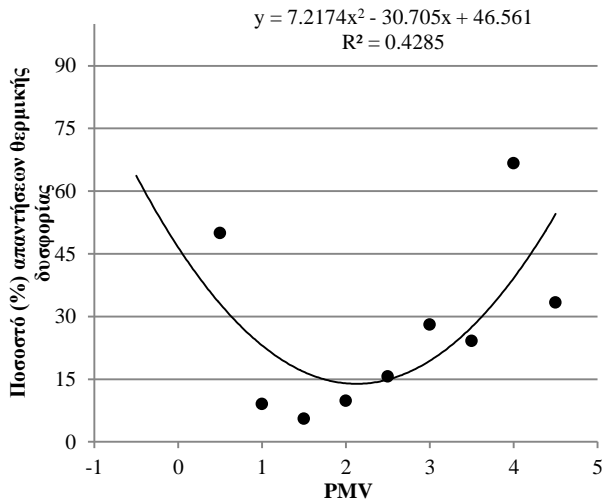
4.7.2.2 Θερμή περίοδος

Στο Διάγραμμα 4.44 απεικονίζονται τα αποδεκτά εύρη τιμών των έξι θερμικών δεικτών για το 85% του πληθυσμού που ερωτήθηκε τη θερμή περίοδο. Όπως παριστάνεται στο Διάγραμμα 4.44 και οι έξι δείκτες παρουσιάζουν αισθητές μεταβολές στα αποδεκτά εύρη τιμών της κλίμακάς τους κατά τη θερμή περίοδο σε σχέση με αυτά που παρουσιάστηκαν στο σύνολο του έτους.

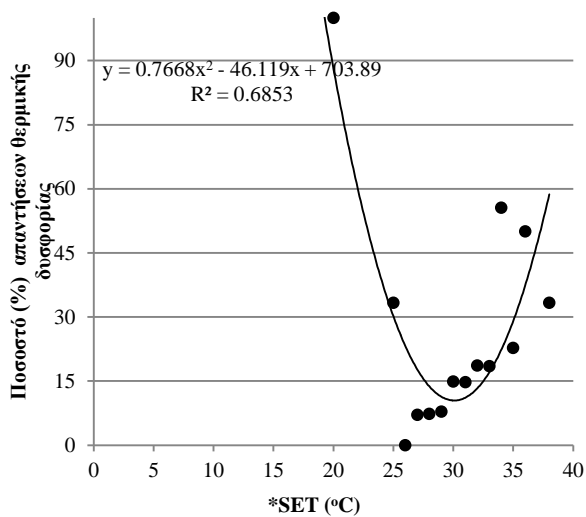
α. PET



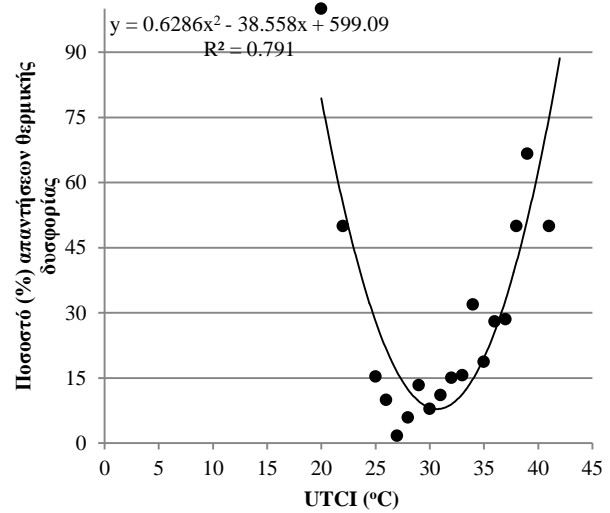
β. PMV



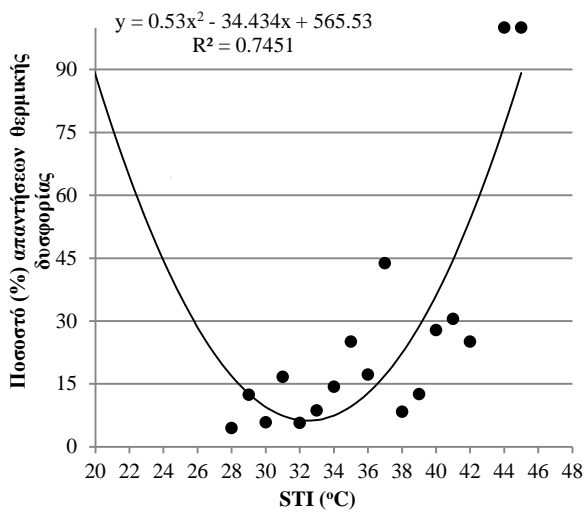
γ. SET*



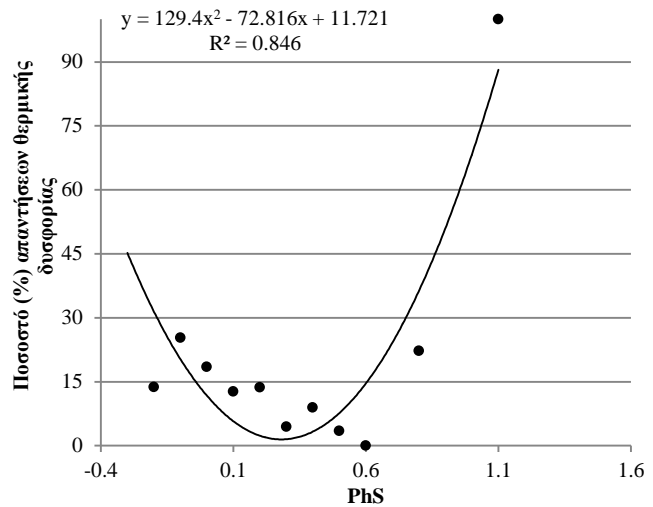
δ. UTCI



γ. STI



δ. PhS



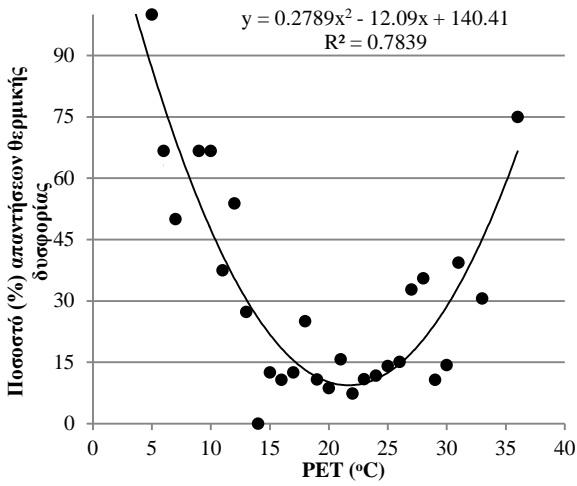
Διάγραμμα 4.44 Ποσοστά απαντήσεων θερμικής δυσφορίας και τιμών βιοκλιματικών δεικτών θερμής περιόδου, των (α) PET, (β) PMV, (γ) SET*, (δ) UTCI, (ε) STI, (στ) PhS

Κατά τη θερμή περίοδο το αποδεκτό εύρος τιμών «στενεύει» και εντοπίζεται στις υψηλότερες τιμές, που στην περίπτωση των αποδεκτών τιμών του έτους αποτελούσαν τα ανώτερα αποδεκτά όρια. Έτσι, το αποδεκτό εύρος τιμών για κάθε βιοκλιματικό δείκτη τη θερμή περίοδο διαμορφώνεται ως εξής: PET: 26.0 – 34.0 (°C), PMV: 1.8 – 2.5, SET*: 27.0 – 32.0 (°C), UTCI: 27.0 – 34.0 (°C), STI: 28.5 – 36.5 (°C) και PhS: 0.0 – 0.6.

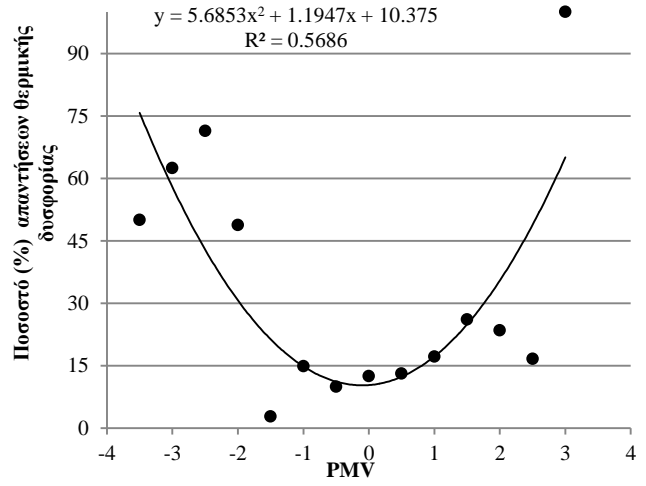
4.7.2.3 Ψυχρή περίοδος

Στο Διάγραμμα 4.45 απεικονίζονται τα αποδεκτά εύρη τιμών για κάθε βιοκλιματικό δείκτη για το 85% του πληθυσμού που ερωτήθηκε όπως διαμορφώνονται τη ψυχρή περίοδο του έτους. Σε αυτή την περίπτωση τα αποδεκτά εύρη τιμών περιορίζονται στα κατώτερα αποδεκτά εύρη τιμών του συνόλου του έτους. Ως εκ τούτου, το αποδεκτό εύρος τιμών για κάθε βιοκλιματικό δείκτη τη ψυχρή περίοδο διαμορφώνεται ως εξής: PET 17.0 – 26.0 (°C), PMV -1 – 1, SET* 19.0 – 27.0 (°C), UTCI 18.0 – 25.0 (°C), STI: 20.0 – 31.0 (°C) και PhS: 1.1 – 1.5.

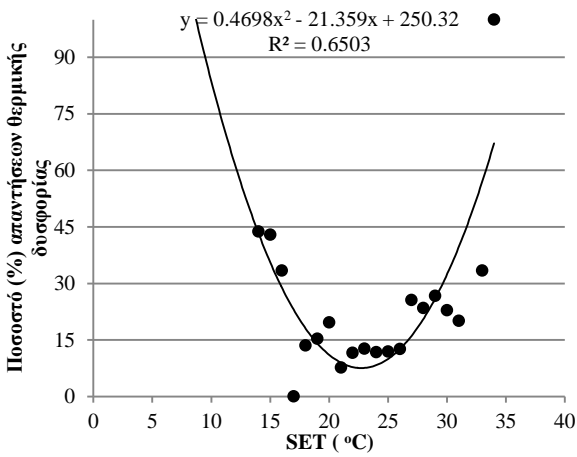
α. PET



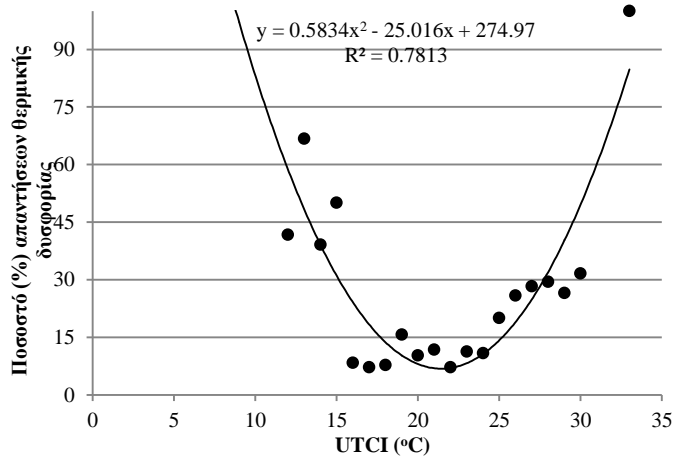
β. PMV



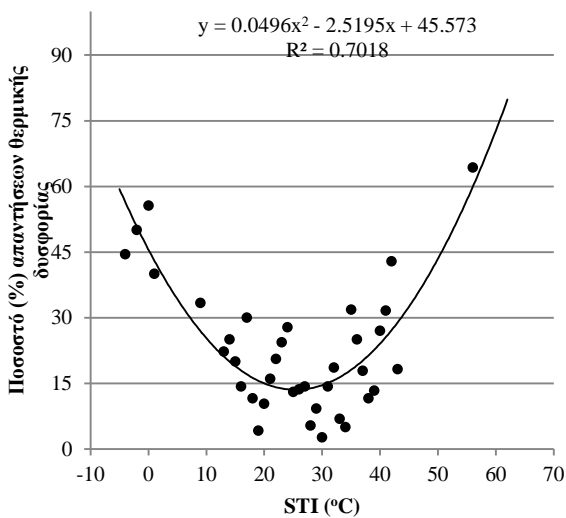
γ. SET*



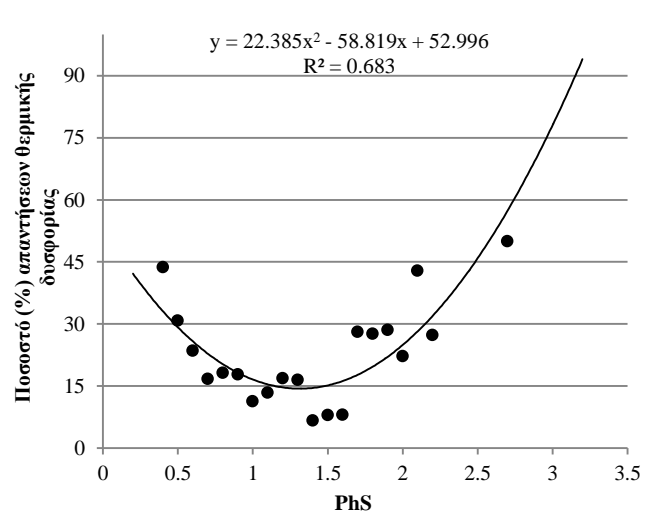
δ. UTCI



ε. STI



στ. PhS



Διάγραμμα 4.45 Ποσοστά απαντήσεων θερμικής δυσφορίας και τιμών βιοκλιματικών δεικτών ψυχρής περιόδου, των (α) PET, (β) PMV, (γ) SET*, (δ) UTCI, (ε) STI, (στ) PhS

Ο Πίνακας 4.9 παρουσιάζει συγκεντρωτικά τα αποδεκτά διαστήματα τιμών των δεικτών για τη θερμή και τη ψυχρή περίοδο, καθώς επίσης τα αποδεκτά διαστήματα θερμοκρασιακών τιμών. Είναι φανερό πως διαμορφώνεται μία συνέχεια στα αποδεκτά διαστήματα τιμών των δεικτών κατά τη μετάβαση από τη ψυχρή περίοδο στη θερμή. Έτσι, για κάθε βιοκλιματικό και βιοθερμικό δείκτη προκύπτει πως, η ανώτερη αποδεκτή τιμή της ψυχρής περιόδου αποτελεί την κατώτερη αποδεκτή τιμή της θερμής περιόδου.

Πίνακας 4.9 Τα αποδεκτά εύρη τιμών θερμοκρασίας και θερμικών δεικτών για τη θερμή και τη ψυχρή περίοδο

Αποδεκτά διαστήματα τιμών δεικτών							
	Tair (°C)	PET (°C)	PMV	SET* (°C)	UTCI (°C)	STI(°C)	PhS
Ψυχρή περίοδος	17.0 – 21.0	17.0 - 26.0	-1 – 1	19.0 - 27.0	18.0 - 25.0	20.0 – 31.0	0.0 – 0.5
Θερμή περίοδος	26.0 – 32.0	26.0 - 34.0	1.8 – 2.5	27.0 - 32.0	27.0 - 34.0	28.4 – 36.5	1.1 – 1.5

Τα αποδεκτά διαστήματα τιμών που καθορίστηκαν για κάθε θερμικό δείκτη βοηθούν στην αξιολόγηση των συνθηκών θερμικής άνεσης, που στις περισσότερες περιπτώσεις είναι το ζητούμενο, δεν δίνουν όμως περαιτέρω πληροφορίες για τα εύρη τιμών που καθορίζουν τις υπόλοιπες κατηγορίες θερμικής αίσθησης. Για τους σκοπούς της παρούσας διδακτορικής διατριβής η οριοθέτηση κάθε κατηγορίας θερμικής αίσθησης κρίνεται χρήσιμη προκειμένου να επιτευχθεί καλύτερη κατανόηση των συνθηκών θερμικής αίσθησης. Από τους έξι δείκτες που αξιολογήθηκαν επιλέχτηκε ενδεικτικά ο UTCI να αξιολογηθεί ως προς το εύρος τιμών κάθε κατηγορίας θερμικής αίσθησης. Έτσι, η κλίμακα του UTCI τροποποιήθηκε για την περίπτωση του Μεσογειακού κλίματος της Αθήνας σύμφωνα με τα αποτελέσματα των δεδομένων της έρευνας πεδίου. Οι Pantavou et al. (2013) έχει επίσης τροποποιήσει την κλίμακα του UTCI προκειμένου να αντιστοιχεί καλύτερα στο Μεσογειακό κλίμα, ωστόσο στην παρούσα διδακτορική διατριβή δημιουργούνται δύο κλίμακες του δείκτη. Μία για τη θερμή περίοδο και μία για τη ψυχρή, δεδομένου ότι ο παράγοντας της προσαρμοστικότητας οδηγεί έναν καλά εγκλιματισμένο άνθρωπο να ανταποκρίνεται διαφορετικά στο θερμικό του περιβάλλον βάσει της εποχής του έτους (Tseliou et al. 2015). Σύμφωνα με τα διαγράμματα 4.44 (δ) και 4.45 (δ), κάθε κατηγορία θερμικής αίσθησης προσδιορίστηκε με βάση το εύρος τιμών του UTCI (°C) που περιλαμβάνεται σε κάθε 25% ποσοστό απαντήσεων θερμικής δυσφορίας. Ο Πίνακας 4.10 παρουσιάζει την αρχική και την τροποποιημένη κλίμακα του UTCI για τη ψυχρή και τη θερμή περίοδο του Μεσογειακού κλίματος.

Πίνακας 4.10 Αρχική και τροποποιημένη κλίμακα του UTCI για τη θερμή και τη ψυχρή περίοδο για την περίπτωση του Μεσογειακού κλίματος

Κατηγορίες UTCI (°C)	Αρχική κλίμακα		Τροποποιημένη κλίμακα	
			Θερμή περίοδος	Ψυχρή περίοδος
Ακραίο θερμικό stress	Πάνω από 46		Πάνω από 42	Πάνω από 31.9
Πολύ δυνατό θερμικό stress	38 - 46		40 - 42	31.5 - 33.5
Δυνατό θερμικό stress	32 - 38		38.0 - 40.0	29.0 - 31.5
Μέσο θερμικό stress	26 - 32		34.0 - 38.0	25.0 - 29.0
Ουδέτερη κατάσταση	9 - 26		27.0 - 34.0	18.0 - 25.0
Ελαφρύ stress λόγω ψύχους	0 - 9		23.0 - 27.0	18.0 - 14.0
Μέσο stress λόγω ψύχους	-13 - 0		21.0 - 23.0	11.5 - 14.0
Δυνατό stress λόγω ψύχους	- 27 - (-13)		<21.0	9.5 - 11.5
Πολύ δυνατό stress λόγω ψύχους	- 40 - (-27)			<9.5
Ακραίο stress λόγω ψύχους	Κάτω από - 40			

4.8 Προσομοιώσεις

4.8.1 Γενικά

Σε αυτό το κεφάλαιο γίνεται διερεύνηση των συνθηκών θερμικού περιβάλλοντος στις επιλεγμένες περιοχές μελέτης για τις επιλεγμένες τυπικές ημέρες της θερμής και τη ψυχρής περιόδου του έτους, με σκοπό:

- ❖ Να διαπιστωθεί το κατά πόσο οι αποδεκτές συνθήκες θερμικής άνεσης, όπως αυτές προσδιορίστηκαν τόσο με κριτήριο τη θερμοκρασία αέρα, όσο και με την εφαρμογή των τεσσάρων βιοκλιματικών δεικτών απαντώνται στις περιοχές μελέτης, που αποτελούν τυπικούς υπαίθριους χώρους στο αστικό περιβάλλον της Αθήνας.
- ❖ Να προταθούν Παρεμβάσεις σχεδιασμού αστικών υπαίθριων χώρων που να ευνοούν τη δημιουργία ενός αποδεκτού θερμικού περιβάλλοντος, τόσο τη θερμή όσο και τη ψυχρή περίοδο του έτους

Στα προηγούμενα Υποκεφάλαια, έπειτα από εκτεταμένη στατιστική επεξεργασία των μικροκλιματικών δεδομένων και των δεδομένων ερωτηματολογίου, έγινε προσπάθεια προσέγγισης των αποδεκτών διαστημάτων με τιμές θερμοκρασίας όπως προέκυψαν από την προτεινόμενη από

το ASHRAE Standard 55 μέθοδο (παράγραφος 4.4.1), όπου αποδεκτές θερμικές συνθήκες θεωρούνται αυτές που ικανοποιούν πάνω από το 80% των ανθρώπων. (ASHRAE, 2004).

Οι λόγοι της επιλογής αυτής είναι οι εξής:

1. Είναι η πλέον αναγνωρισμένη και αξιόπιστη μέθοδος προσέγγισης των αποδεκτών θερμοκρασιών, έχοντας γίνει χρήση της σε πλήθος επιστημονικών ερευνών.
2. Προσεγγίζει το «εύρος αποδεκτών τιμών θερμοκρασίας» και όχι μεμονωμένες τιμές ουδέτερης θερμοκρασίας
3. Το αποτέλεσμα της μεθόδου στηρίζεται τη συντριπτική πλειοψηφία των ανθρώπων

Επιπλέον, στο υποκεφάλαιο 4.7 προσεγγίστηκαν, με τη χρήση της ίδιας μεθόδου, τα αποδεκτά διαστήματα τιμών για τη ψυχρή και τη θερμή περίοδο με την εφαρμογή των βιοκλιματικών δεικτών PET, PMV, *SET, UTCI.

Στον Πίνακα 4.11 συνοψίζονται τα αποδεκτά εύρη θερμοκρασιακών τιμών και τα αποδεκτά εύρη τιμών των βιοκλιματικών δεικτών για τη θερμή και τη ψυχρή περίοδο.

Πίνακας 4.11 Αποδεκτά διαστήματα τιμών θερμοκρασίας και βιοκλιματικών δεικτών για τη θερμή και τη ψυχρή περίοδο

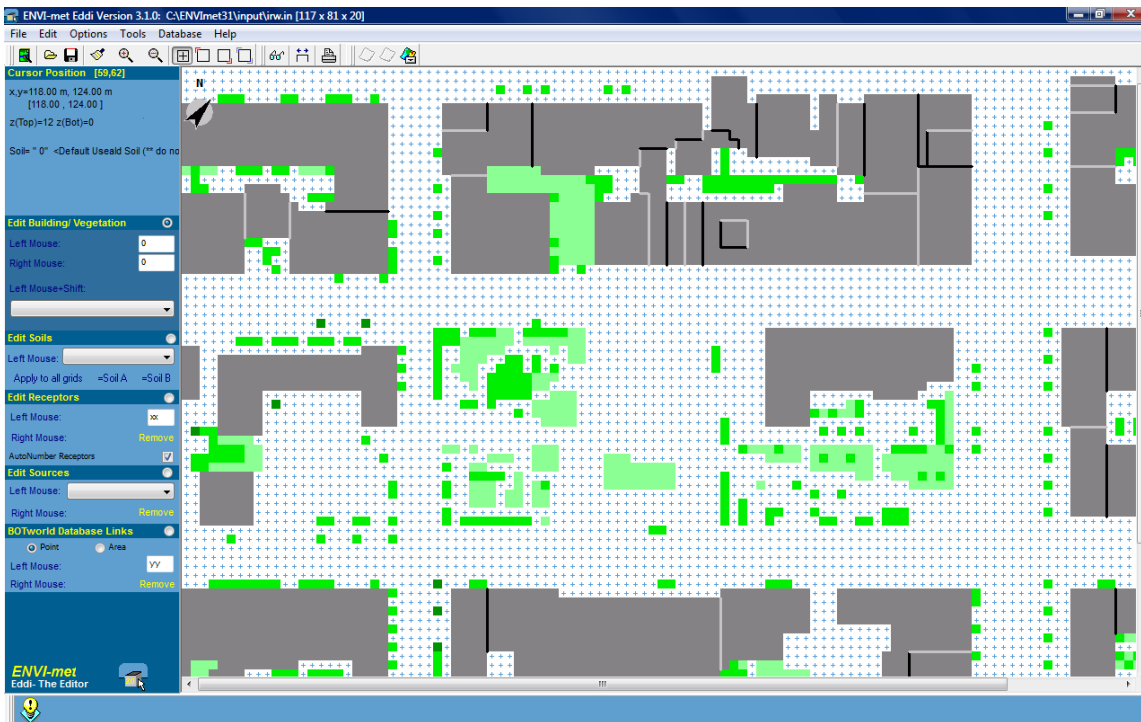
	Αποδεκτά διαστήματα τιμών				
	Θερμοκρασία (°C)	PET (°C)	PMV	*SET (°C)	UTCI (°C)
Θερμή περίοδος	26.0 – 32.0	26.0 - 34.0	1.8 – 2.5	27.0 - 32.0	27.0 - 34.0
Ψυχρή περίοδος	17.0 – 21.0	17.0 - 26.0	-1 – 1	19.0 - 27.0	18.0 - 25.0

4.8.2 Ψηφιοποίηση περιοχών μελέτης

4.8.2.1 Ψηφιοποίηση πλατείας Ηρούς

Η περιοχή ψηφιοποίησης καλύπτει έκταση 234m*162m ενώ το μέγιστο ύψος κτιρίων είναι τέσσερις όροφοι, δηλαδή περίπου 15m. Οι διαστάσεις του κάθε κελιού (grid) ορίστηκαν σε dx=dy=dz=2m, ώστε τελικά να προκύψει κάναβος 117*81*20 (Εικόνες 4.1 και 4.2). Επιπλέον, περιμετρικά της περιοχής σχεδίασης συμπεριλαμβάνονται τέσσερα κελιά τα οποία τέθηκαν υπό τη μορφή επάλληλων πλεγμάτων (nesting grids) προκειμένου επεκταθούν τα όρια του μοντέλου ψηφιοποίησης πέρα από την περιοχή ενδιαφέροντος και να ελαχιστοποιηθούν ανεπιθύμητες

επιδράσεις στα άκρα της υπό προσομοίωσης περιοχής. Στην Εικόνα 4.1 παριστάνεται η υφιστάμενη κατάσταση της πλατείας όπου η περιοχή με πράσινο χρώμα



Εικόνα 4.1 Ψηφιοποίηση υφιστάμενης κατάστασης πλ. Ηρούς (Area input file – ENVI-met 3.1)

αντιπροσωπεύει τα διάφορα είδη βλάστησης στο εσωτερικό της, ενώ η περιοχή με γκρίζο χρώμα αντιπροσωπεύει τα κτίρια που συνορεύουν με την πλατεία και εκτιμάται ότι επηρεάζουν το μικρόκλιμα στο εσωτερικό της. Όσον αφορά τη βλάστηση, η βιβλιοθήκη του μοντέλου (plants.dat) περιλαμβάνει έναν αριθμό από είδη φυτών, στην περίπτωση όμως της πλατείας Ηρούς δημιουργήθηκαν και χρησιμοποιήθηκαν νέα είδη κατόπιν επεξεργασίας των ήδη υπαρχόντων. Ο λόγος γι' αυτό είναι επειδή στην πλ. Ηρούς δεν υπάρχουν δέντρα μεγάλου ύψους που κατεξοχήν περιλαμβάνει το μοντέλο. Στον Πίνακα 4.11 παρουσιάζεται το είδος βλάστησης που συναντάται στην πλατεία Ηρούς.

Πίνακας 4.11 Χαρακτηριστικά βλάστησης στην πλ. Ηρούς

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ
ag	Γρασίδι 10 cm μέση πυκνότητα
ah	Δέντρο 1.5 m πολύ πυκνό
an	Μικρό δέντρο, 3m, χωρίς φύλλα βάσης
am	Μικρό δέντρο 1.5 m
al	Μικρό δέντρο 1.0 m
az	Μικρό δέντρο, πυκνό 1.0 m
as	Δέντρο 4.0m πυκνό
At	Δέντρο 4.0m, χωρίς φύλλα βάσης
Ay	Δέντρο 2.0m πυκνό
Ae	Δέντρο 2m

Ως προς τα υλικά κάλυψης του εδάφους επιλέχθηκαν αυτά που περιέχει η βιβλιοθήκη του μοντέλου (profil.dat) και αντιπροσωπεύουν όσο το δυνατόν πιο ρεαλιστικά την υφιστάμενη κατάσταση. Αυτά είναι τα εξής:

- S <asphalt road> : Αντιπροσωπεύει τις ασφαλτοστρωμένες οδούς.
- P < pavement (concrete) > : Αντιπροσωπεύει τις πεζοδρομημένες περιοχές.
- Kk < Brick road (red stones) > : Αντιπροσωπεύει τμήματα της πλατείας επιστρωμένα με κόκκινους κυβόλιθους.
- L < loamy soil > : Αντιπροσωπεύει τα τμήματα της πλατείας τα οποία καλύπτονται από βλάστηση.
- 0 < Default Useald Soil > Στις θέσεις των κτιρίων.

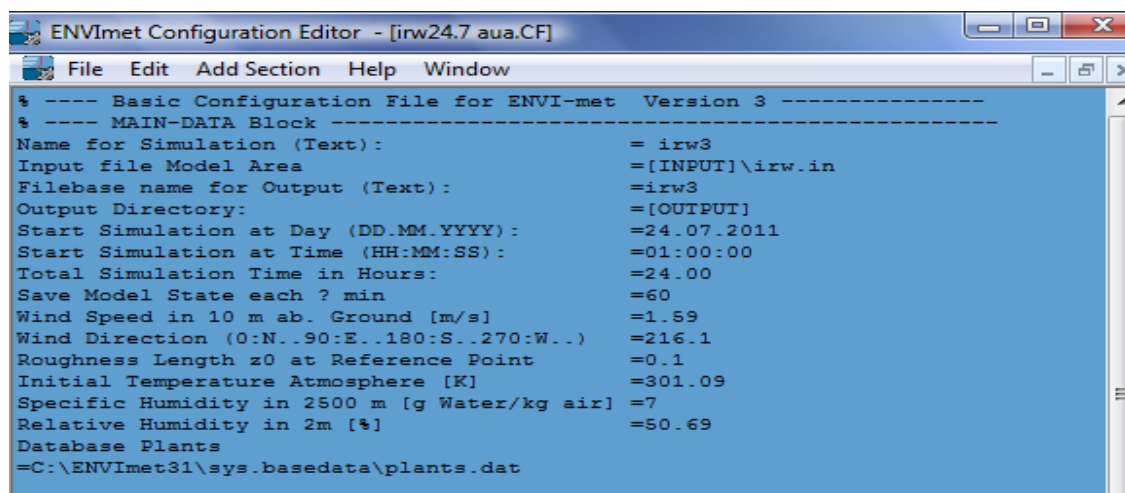
Επίσης, χρησιμοποιήθηκε στοιχείο νερού με κωδικό w <deep water> στη θέση του πίδακα νερού.

Στην Εικόνα 4.2 παρουσιάζονται επιπλέον στοιχεία που εισήχθησαν για τη διαμόρφωση του μοντέλου και την έναρξη της ψηφιοποίησης, όπως είναι οι γεωγραφικές συντεταγμένες της περιοχής και ο προσανατολισμός της. Επιπλέον, το μοντέλο δίνει τη δυνατότητα να ορίσουμε το είδος δόμησης που επικρατεί στην ευρύτερη περιοχή γύρω από την περιοχή μελέτης, που στην περίπτωση μας επιλέχτηκε «asphalt road» (ασφαλτοστρωμένες οδούς) και «pavement» (πεζοδρομημένες περιοχές) δεδομένου πως η πλατεία βρίσκεται σε δομημένη περιοχή.

Εικόνα 4.2 Επιπλέον πληροφορίες για τη διαμόρφωση της περιοχής ψηφιοποίησης (Area input file – ENVI-met 3.1)

Στην Εικόνα 4.3 παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά του αρχείου ρυθμίσεων που διαμορφώθηκε σύμφωνα με τα μετεωρολογικά χαρακτηριστικά της επιθυμητής ημέρας προσομοίωσης. Στην παρούσα διατριβή χρησιμοποιούνται τα δεδομένα από το μετεωρολογικό σταθμό του Γ. Π.Α.. Ενδεικτικά, παρουσιάζεται στην εικόνα 4.3 το αρχείο ρυθμίσεων που διαμορφώθηκε για τις 24.7.2011, ημερομηνία που επιλέχτηκε να προσομοιωθούν και οι τρεις περιοχές μελέτης για τη μετέπειτα σύγκριση των περιβαλλοντικών συνθηκών που διαμορφώνονται σε αυτές. Ωρα έναρξης της προσομοίωσης ορίστηκε η 01:00:00 LST ώστε να δοθεί χρόνος στο μοντέλο να υπολογίσει τις ατμοσφαιρικές διεργασίες και ο συνολικός χρόνος προσομοίωσης ορίστηκε σε εικοσιτέσσερις ώρες.

Το ίδιο αρχείο ρυθμίσεων χρησιμοποιήθηκε για την προσομοίωση των περιβαλλοντικών συνθηκών της 24.7.11 για την πλατεία Λαμπρινής και το Άλσος Νέας Φιλαδέλφειας, με τη μόνη διαφορά πως κάθε φορά επιλέχτηκε ως αρχείο εισόδου “input file model area” το όνομα της περιοχής που πρόκειται να προσομοιωθεί. Η επιλογή της συγκεκριμένης ημερομηνίας έγινε γιατί πληροί τα χαρακτηριστικά μίας τυπικής ημέρας θερμής περιόδου.



```

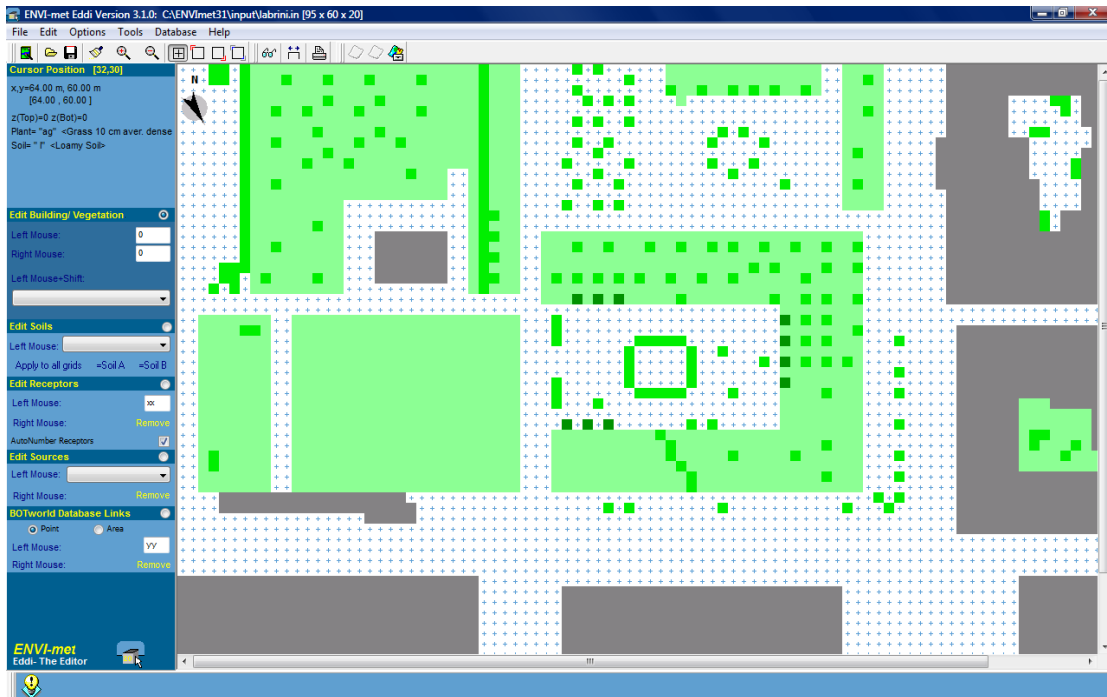
ENVI-met Configuration Editor - [irw24.7 aua.CF]
File Edit Add Section Help Window
% ---- Basic Configuration File for ENVI-met Version 3 ----
% ---- MAIN-DATA Block ----
Name for Simulation (Text):           = irw3
Input file Model Area                 =[INPUT]\irw.in
Filebase name for Output (Text):      =irw3
Output Directory:                    =[OUTPUT]
Start Simulation at Day (DD.MM.YYYY): =24.07.2011
Start Simulation at Time (HH:MM:SS): =01:00:00
Total Simulation Time in Hours:       =24.00
Save Model State each ? min          =60
Wind Speed in 10 m ab. Ground [m/s]  =1.59
Wind Direction (0:N..90:E..180:S..270:W..) =216.1
Roughness Length z0 at Reference Point =0.1
Initial Temperature Atmosphere [K]   =301.09
Specific Humidity in 2500 m [g Water/kg air] =7
Relative Humidity in 2m [%]          =50.69
Database Plants
=C:\ENVI-met31\sys.basedata\plants.dat

```

Εικόνα 4.3 Δείγμα ενός αρχείου ρυθμίσεων (configuration file)

4.8.2.2 Ψηφιοποίηση πλατείας Αγ. Αντρέα

Η περιοχή ψηφιοποίησης καλύπτει έκταση 190m x120m ενώ το μέγιστο ύψος κτιρίων είναι τέσσερις όροφοι, δηλαδή περίπου 15m. Οι διαστάσεις του κάθε κελιού (grid) ορίστηκαν σε $dx=dy=dz=2m$, ώστε τελικά να προκύψει κάναβος 95x60x20 (Εικόνες 4.4 και 4.5). Επιπλέον, περιμετρικά της περιοχής σχεδιάσης συμπεριλαμβάνονται τρία κελιά τα οποία τέθηκαν υπό τη μορφή επάλλληλων πλεγμάτων προκειμένου επεκταθούν τα όρια του μοντέλου ψηφιοποίησης πέρα από την περιοχή ενδιαφέροντος ώστε να ελαχιστοποιηθούν ανεπιθύμητες επιδράσεις στα άκρα της υπό προσομοίωσης περιοχής. Στην Εικόνα 4.4 παριστάνεται η υφιστάμενη κατάσταση της πλατείας όπου η περιοχή με πράσινο χρώμα αντιπροσωπεύει τα διάφορα είδη βλάστησης στο εσωτερικό της, ενώ η περιοχή με γκρίζο χρώμα αντιπροσωπεύει τα κτίρια που συνορεύουν με την πλατεία και εκτιμάται ότι επηρεάζουν το μικρόκλιμα στο εσωτερικό της πλατείας. Για τη βλάστηση της πλατείας χρησιμοποιήθηκαν τα χαρακτηριστικά των φυτών και δέντρων που παρουσιάστηκαν προηγουμένως στην πλ. Ηρούς (Πίνακας 13.2) και επιπλέον έγινε χρήση του κωδικού “sm” < tree 20m very dense, distinct crown layer > που περιγράφει δέντρο μεγάλου ύψους με πυκνή φυλλωσιά που συναντάται στην πλατεία.



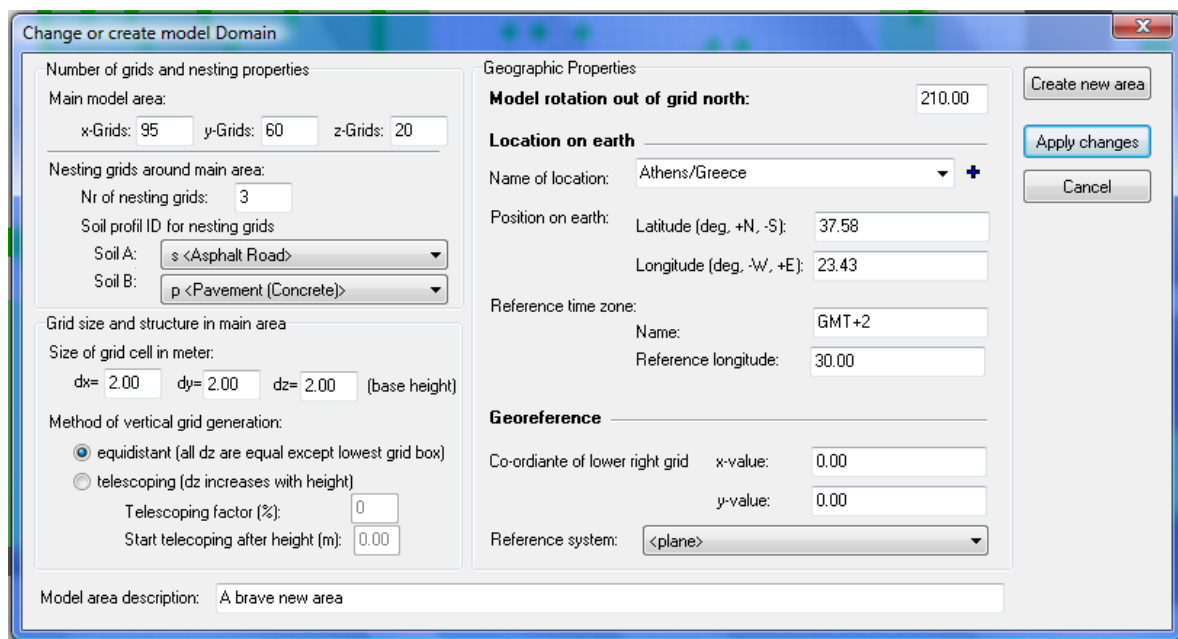
Εικόνα 4.4 Ψηφιοποίηση υφιστάμενης κατάστασης πλ. Λαμπρινής (Area input file – ENVI-met 3.1)

Ως προς τα υλικά κάλυψης του εδάφους επιλέχθηκαν αυτά που παρουσιάστηκαν στην περιγραφή της πλ. Ηρούς και ακόμα το εξής:

➤ Kg < Brick road (yellow stones) > : Αντιπροσωπεύει τμήματα της πλατείας επιστρωμένα με κίτρινους κυβόλιθους

Επίσης, χρησιμοποιήθηκε στοιχείο νερού με κωδικό w <deep water> στη θέση του σιντριβανιού.

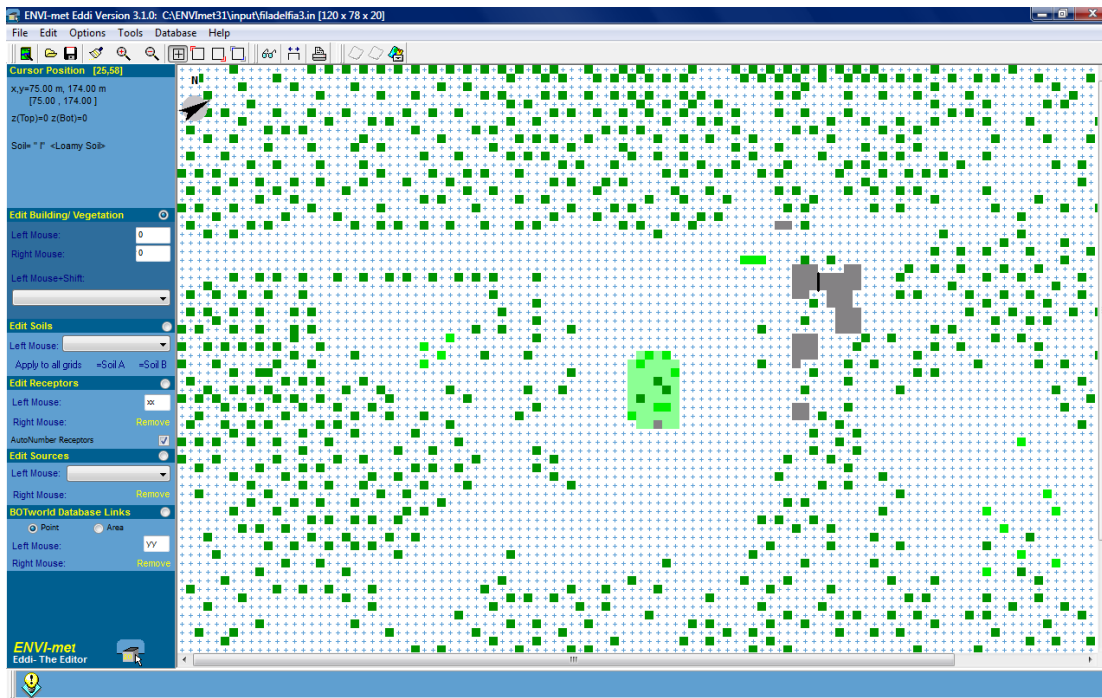
Στην Εικόνα 4.5 παρουσιάζονται επιπλέον στοιχεία που εισήχθησαν για τη διαμόρφωση του μοντέλου και την έναρξη της ψηφιοποίησης, όπως είναι οι γεωγραφικές συντεταγμένες της περιοχής και ο προσανατολισμός της. Επιπλέον, το είδος δόμησης που επικρατεί στην ευρύτερη περιοχή γύρω από την περιοχή μελέτης, είναι και σε αυτή την περίπτωση ασφαλτοστρωμένες οδοί και πεζοδρομημένες περιοχές δεδομένου πως η πλατεία βρίσκεται σε δομημένη περιοχή.



Εικόνα 4.5 Επιπλέον πληροφορίες για τη διαμόρφωση της περιοχής ψηφιοποίησης (Area input file – ENVI-met 3.1)

4.8.2.3 Ψηφιοποίηση τμήματος Άλσους Ν. Φιλαδέλφειας

Η περιοχή ψηφιοποίησης καλύπτει έκταση 240m*156m και δεν είναι δομημένη. Οι διαστάσεις του κάθε κελιού (grid) ορίστηκαν σε $dx=dy=dz=2m$, ώστε τελικά να προκύψει κάναβος 120*78*20 (Εικόνες 4.6 και 4.7). Επιπλέον, περιμετρικά της περιοχής σχεδίαση συμπεριλαμβάνονται τέσσερα κελιά τα οποία τέθηκαν υπό τη μορφή επάλληλων πλεγμάτων προκειμένου επεκταθούν τα όρια του μοντέλου ψηφιοποίησης πέρα από την περιοχή ενδιαφέροντος ώστε να ελαχιστοποιηθούν ανεπιθύμητες επιδράσεις στα άκρα της υπό προσομοίωσης περιοχής. Στην Εικόνα 4.6 παριστάνεται η υφιστάμενη κατάσταση του Άλσους, όπου η περιοχή με πράσινο χρώμα αντιπροσωπεύει τα διάφορα είδη βλάστησης στο εσωτερικό της, ενώ το μικρό τμήμα γκριζού χρώματος αντιπροσωπεύει ένα χαμηλού ύψους κτίριο.



Εικόνα 4.6 Ψηφιοποίηση υφιστάμενης κατάστασης Άλσους Νέας Φιλαδέλφειας (Area input file – ENVI-met 3.1)

Για την βλάστηση του άλσους Ν. Φιλαδέλφειας χρησιμοποιήθηκαν τα χαρακτηριστικά των φυτών και δέντρων που περιλαμβάνονται στη βιβλιοθήκη του μοντέλου, καθώς επίσης και μερικά από αυτά δημιουργήθηκαν κατόπιν επεξεργασίας των ήδη υπαρχόντων. Στον Πίνακα 4.12 παρουσιάζονται τα είδη βλάστησης που χρησιμοποιήθηκαν για την ψηφιοποίηση του Άλσους.

Ως προς τα υλικά κάλυψης του εδάφους επιλέχθηκαν τα εξής:

- S <asphalt road> : Αντιπροσωπεύει τμήμα ασφαλτοστρωμένου δρόμου για την είσοδο στο πάρκο
- Kg < Brick road (yellow stones) > : Αντιπροσωπεύει τμήματα του Άλσους επιστρωμένα με κίτρινους κυβόλιθους
- L < loamy soil > : Αντιπροσωπεύει το μεγαλύτερο τμήμα της περιοχής ψηφιοποίησης
- 0 < Default Useald Soil > Στη θέση του κτιρίου

Επίσης, χρησιμοποιήθηκε στοιχείο νερού με κωδικό w <deep water> στη θέση της λίμνης.

Πίνακας 4.12 Χαρακτηριστικά βλάστησης στο Άλσος Ν. Φιλαδέλφειας

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ
ag	Γρασίδι 10cm μέση πυκνότητα
am	Δέντρο 1.5m
al	Δέντρο 1.0 m
az	Δέντρο, πυκνή φυλλωσιά 1.0 m
I1	Δέντρο 15m
I2	Δέντρο 20m
MO	Δέντρο 20m μέση πυκνότητα φυλλωσιάς
T2	Δέντρο 15m πολύ πυκνή φυλλωσιά
TH	Δέντρο 15 m πυκνή φυλλωσιά

Στην Εικόνα 4.7 παρουσιάζονται επιπλέον στοιχεία που εισήχθησαν για τη διαμόρφωση του μοντέλου και την έναρξη της ψηφιοποίησης, όπως είναι οι γεωγραφικές συντεταγμένες της περιοχής και ο προσανατολισμός της. Επιπλέον, το είδος δόμησης που επικρατεί στην ευρύτερη περιοχή γύρω από την περιοχή μελέτης, είναι «κυβόλιθοι» και «αργιλώδες έδαφος» δεδομένου πως το άλσος βρίσκεται σε μη δομημένη περιοχή.

Εικόνα 4.7 Επιπλέον πληροφορίες για τη διαμόρφωση της περιοχής ψηφιοποίησης (Area input file – ENVI-met 3.1)

4.8.3 Έλεγχοι αξιοπιστίας μοντέλου

Αρχικά έγινε έλεγχος του μοντέλου στην αξιολόγηση των πραγματικών μικροκλιματικών δεδομένων που επικρατούν στις περιοχές μελέτης. Έτσι, αρχικά προσομοιώθηκαν επιλεγμένες ημερομηνίες που έχουν εκτελεστεί ημερήσιες μικροκλιματικές μετρήσεις πεδίου στις τρεις περιοχές ώστε να γίνει σύγκριση των αποτελεσμάτων με τις καταγεγραμμένες μετρήσεις πεδίου ενώ παρουσιάζονται και τα μετεωρολογικά δεδομένα του αυτόματου σταθμού του Γ.Π.Α. Η προσομοίωση της διακύμανσης των μικροκλιματικών παραμέτρων στις περιοχές μελέτης με τη χρήση του ENVI-met 3.1 έγινε για τις ημερομηνίες 24.7.11 και 8.3.12 (πλ. Ηρούς), 13.7.11 και 18.11.10 (πλ. Λαμπρινής), 19.7.11 και 20.11.10 (Άλσος Ν. Φιλαδέλφειας). Οι μικροκλιματικές παράμετροι στις οποίες ελέγχεται η αξιοπιστία του μοντέλου είναι η θερμοκρασία αέρα, η σχετική υγρασία, η ηλιακή ακτινοβολία και η ταχύτητα του ανέμου. Για κάθε μία από τις παραπάνω ημερομηνίες εφαρμόζονται οι βιοκλιματικοί δείκτες δύο φορές, την πρώτη με βάση τα μικροκλιματικά δεδομένα (θερμοκρασία, υγρασία, ηλιακή ακτινοβολία, άνεμο) που καταγράφηκαν από το φορητό μικροκλιματικό σταθμό και τη δεύτερη με βάση τις προσομοιωμένες από το μοντέλο μικροκλιματικές παραμέτρους. Ο βαθμός συμφωνίας μεταξύ των αποτελεσμάτων αξιολογήθηκε με βάση τη ρίζα μέσου τετραγωνικού σφάλματος (RM.SE – Root Mean Square Error), ένα συχνά χρησιμοποιούμενο μέτρο των διαφορών μεταξύ των τιμών που προβλέπονται από ένα προγνωστικό μοντέλο ή ένα εκτιμητή και των τιμών που έχουν πραγματικά καταγραφεί, για το μέγεθος που γίνεται η πρόβλεψη, στην περίπτωση αυτή οι τιμές των διαφόρων Βιοκλιματικών δεικτών. Όσο πιο μικρή είναι η αριθμητική τιμή του RM.SE, τόσο πιο κοντά στις πραγματικές τιμές είναι οι προβλεπόμενες τιμές από το προγνωστικό μοντέλο. Στην περίπτωσή μας οι πραγματικές τιμές θεωρούνται οι τιμές των βιοκλιματικών δεικτών που προέκυψαν από τις τιμές των οργάνων του φορητού μικροκλιματικού σταθμού, ενώ οι προβλεπόμενες τιμές είναι οι ενδείξεις των θερμικών δεικτών που προέκυψαν από τις προσομοιωμένες από το ENVI-met τιμές μικροκλιματικών παραμέτρων. Προκειμένου να ομαλοποιηθούν οι τιμές από πιθανές επιδράσεις που προκαλούνται από τις διαφορετικές μεταβλητότητες που παρουσιάζουν οι σειρές των τιμών των υπολογιζόμενων δεικτών, εφαρμόστηκε ο αδιάστατος δείκτης NRM.SE (Normalised Root Mean Square Error) (ASHRAE Guideline 14-2002) (σχέση 1). Παράλληλα με το RM.SE, το μέσο λάθος μεροληψίας (MBE – Mean Bias Error) εφαρμόστηκε προκειμένου να εξετασθεί εάν το μοντέλο υπερεκτιμά ή υποεκτιμά τις πραγματικές τιμές των δεικτών. Όσο χαμηλότερη είναι η αριθμητική τιμή του δείκτη NMBE (Normalised Mean Bias Error) τόσο το καλύτερο (ASHRAE Guideline 14-2002) (σχέση 2).

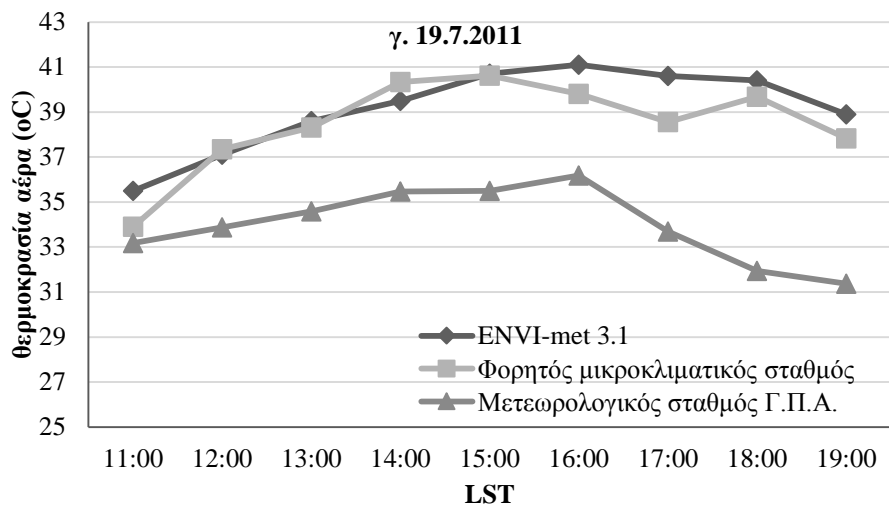
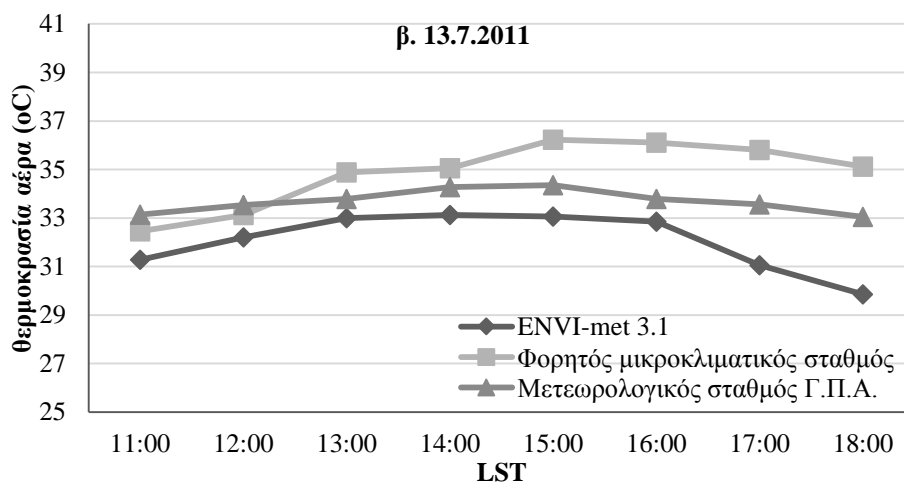
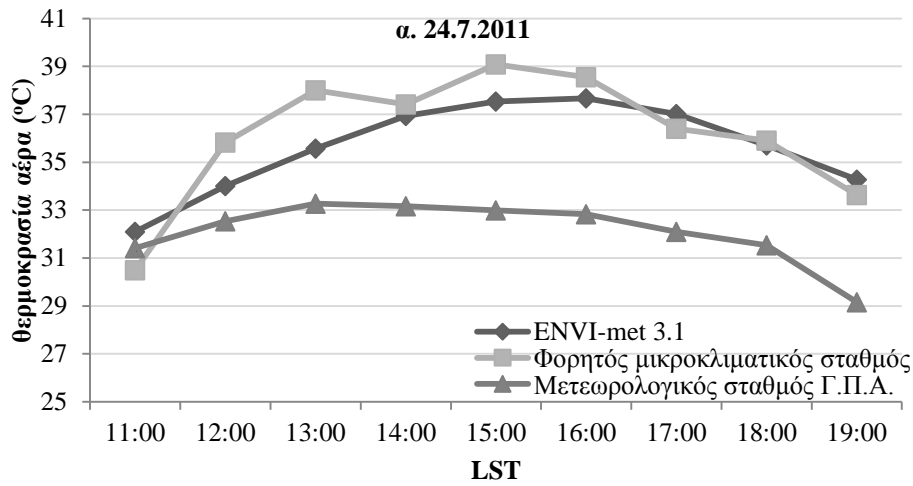
$$NRMSE = \sqrt{n} \frac{\sum_{i=1}^n (m_i - s_i)}{\sum_{i=1}^n m_i} \quad (1)$$

Όπου m_i και s_i είναι οι μετρηθείσες και οι προβλεφθείσες τιμές και n είναι το πλήθος των τιμών σε κάθε περίπτωση.

$$NMBE = \frac{\sum_{i=1}^n (m_i - s_i)}{\sum_{i=1}^n m_i} \quad (2)$$

Τα παρακάτω αποτελέσματα αφορούν, για κάθε μικροκλιματική παράμετρο, τιμές προσομοίωσης σε ύψος 1.5m από την επιφάνεια του εδάφους και στη θέση τοποθέτησης του καιρικού σταθμού και λήψης των συνεντεύξεων. Επιπλέον, οι προσομοιωμένες από το μοντέλο περιβαλλοντικές παράμετροι που παρουσιάζονται στη συνέχεια αναφέρονται σε συγκεκριμένο σημείο στην κάθε περιοχή μελέτης που αντιστοιχεί στη θέση του καιρικού σταθμού κατά τη διάρκεια των ερευνών πεδίου.

Στα Διαγράμματα 4.46 και 4.47 απεικονίζεται η ημερήσια διακύμανση της θερμοκρασίας, όπως καταγράφηκε από το μετεωρολογικό σταθμό του Γ.Π.Α (AUA meteo station), το φορητό μικροκλιματικό σταθμό (portable weather station) και την προσομοίωση του μοντέλου (ENVI-met 3.1) για τις ημέρες της θερμής και της ψυχρής περιόδου, αντίστοιχα. Στον Πίνακα 4.13 παρουσιάζονται αναλυτικά τα ωριαία δεδομένα των ημερών θερμής περιόδου και στον Πίνακα 4.14 των ημερών ψυχρής περιόδου. Τα αποτελέσματα της προσομοίωσης δείχνουν πως το μοντέλο προσεγγίζει αρκετά ικανοποιητικά τις μετρήσεις πεδίου. Η μέση απόκλιση μεταξύ μοντέλου και μετεωρολογικού σταθμού είναι 0.9°C ενώ η μέγιστη απόκλιση που παρατηρείται είναι 2.3°C, στις 13:00 LST της 24.07.2011. Η συνολική εικόνα του μοντέλου είναι ικανοποιητική και παρουσιάζει σχεδόν την ίδια ευαισθησία στις αυξομειώσεις θερμοκρασίας τόσο με τον φορητό μικροκλιματικό σταθμό όσο και με τον μετεωρολογικό σταθμό του Γ.Π.Α.

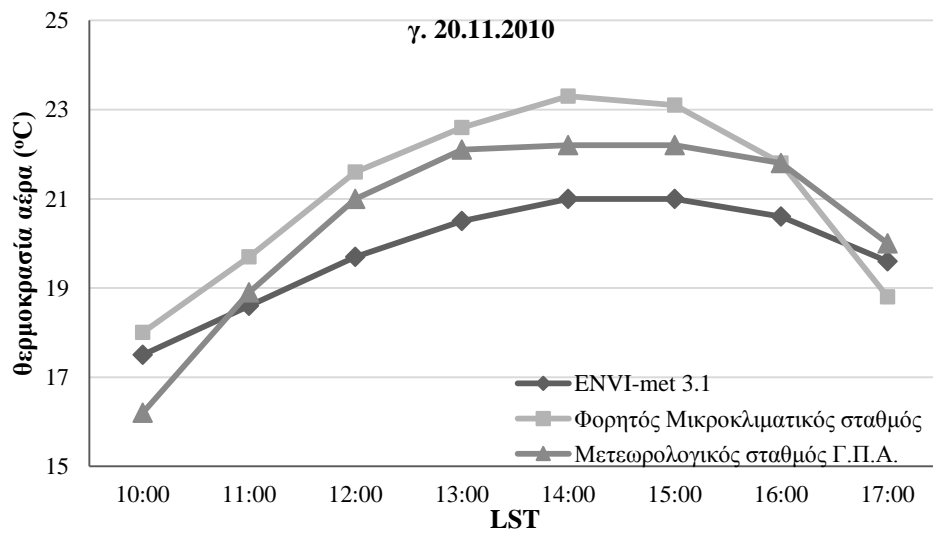
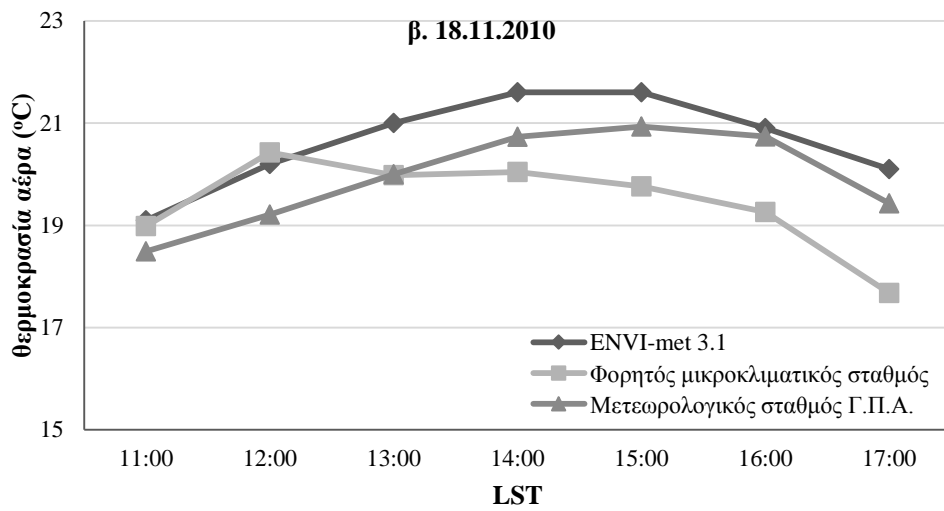
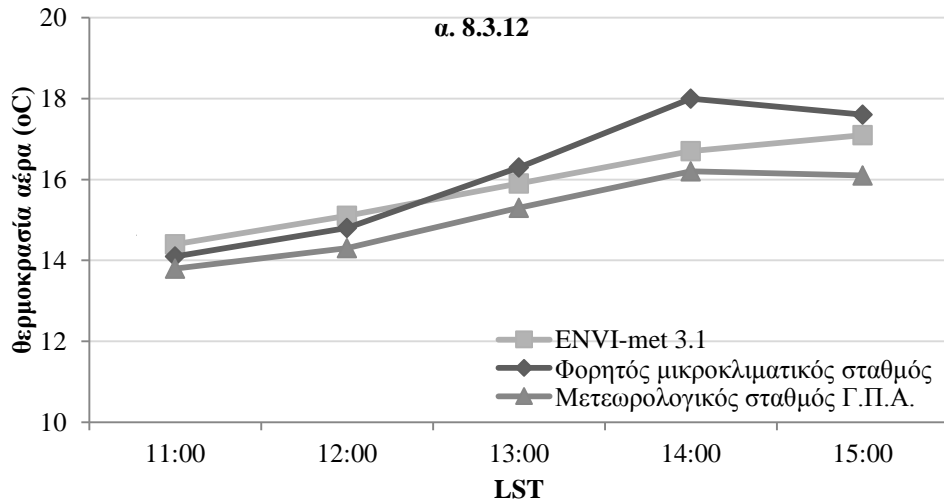


Διάγραμμα 4.46 Σύγκριση αποτελεσμάτων θερμοκρασίας προσομοίωσης Envi-met 3.1 με τις επί τόπου μετρήσεις από το φορητό μικροκλιματικό σταθμό και το μετεωρολογικό σταθμό του Γ.Π.Α κατά τις ημέρες θερμής περιόδου, α. 24.7.2011, β. 13.7.2011, γ. 19.7.2011

Πίνακας 4.13 Πίνακας αναλυτικών τιμών θερμοκρασίας προσομοιωμένων τιμών Envi-met 3.1, μετρήσεων πεδίου και Μετεωρολογικού σταθμού του Γ.Π.Α κατά τις τυπικές ημέρες της θερμής περιόδου

ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ (°C) ΗΜΕΡΩΝ ΘΕΡΜΗΣ ΠΕΡΙΟΔΟΥ				
Ημερομηνία	Ώρα	Μετεωρολογικός Σταθμός Γ.Π.Α.	Φορητός μικροκλιματικός σταθμός	ENVI-met 3.1
24.7.11	11:00	31.4	30.5	32.2
	12:00	32.5	35.8	34.1
	13:00	33.3	38.0	35.7
	14:00	33.2	37.4	36.9
	15:00	33.0	39.1	37.8
	16:00	32.8	38.5	37.7
	17:00	32.1	36.4	37.0
	18:00	31.5	35.9	35.7
	19:00	29.2	33.6	34.3
13.7.11	11:00	33.1	32.5	34.7
	12:00	33.5	33.1	35.0
	13:00	33.8	34.9	35.3
	14:00	34.3	35.1	35.8
	15:00	34.4	36.2	36.2
	16:00	33.8	36.1	35.9
	17:00	33.6	35.8	35.7
19.7.11	11:00	33.2	33.9	35.5
	12:00	33.9	37.3	37.1
	13:00	34.6	38.3	38.6
	14:00	35.5	40.3	39.5
	15:00	35.5	40.6	40.7
	16:00	36.2	39.8	41.1
	17:00	33.7	38.6	40.6
	18:00	31.9	39.7	40.4
	19:00	31.4	37.8	38.9

Στα ίδια συμπεράσματα οδηγούμαστε μελετώντας τα αποτελέσματα των ημερών της ψυχρής περιόδου. Η μέγιστη απόκλιση που παρατηρείται μεταξύ μοντέλου και φορητού μικροκλιματικού σταθμού φτάνει τους 2.4°C (στις 17:00 LST), ενώ η μέση απόκλιση μεταξύ μοντέλου και καιρικού σταθμού είναι περίπου 1°C. Όπως και στην περίπτωση της θερμής περιόδου, η ημερήσια πορεία διακύμανσης του μοντέλου συμβαδίζει με αυτήν του φορητού μικροκλιματικού σταθμού αλλά και του μετεωρολογικού σταθμού Γ.Π.Α.

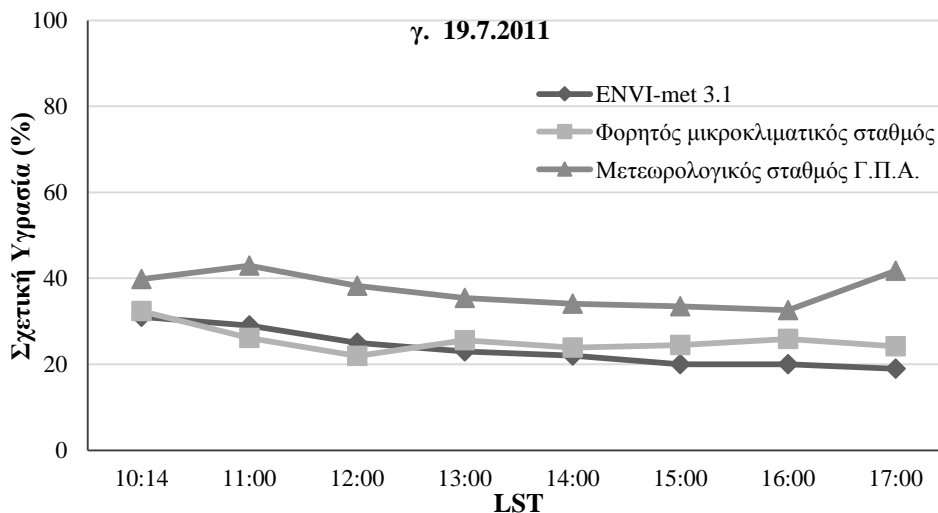
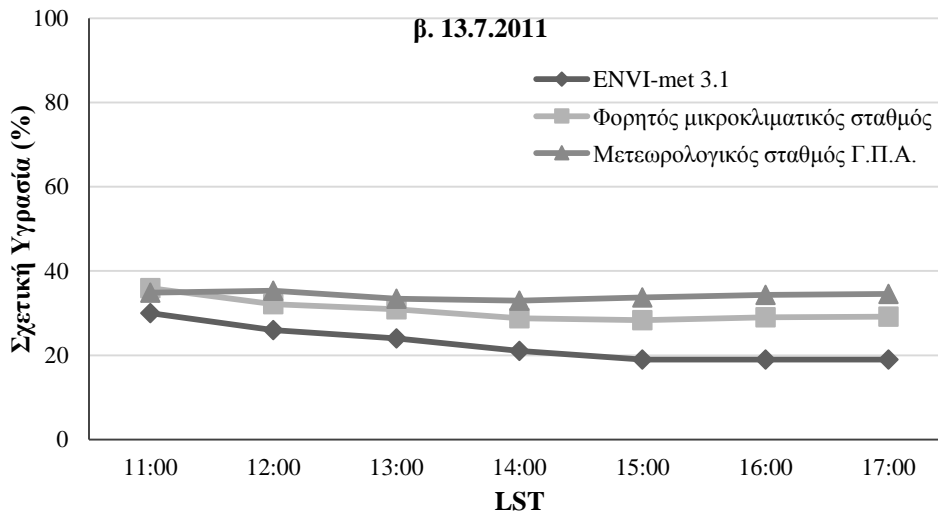
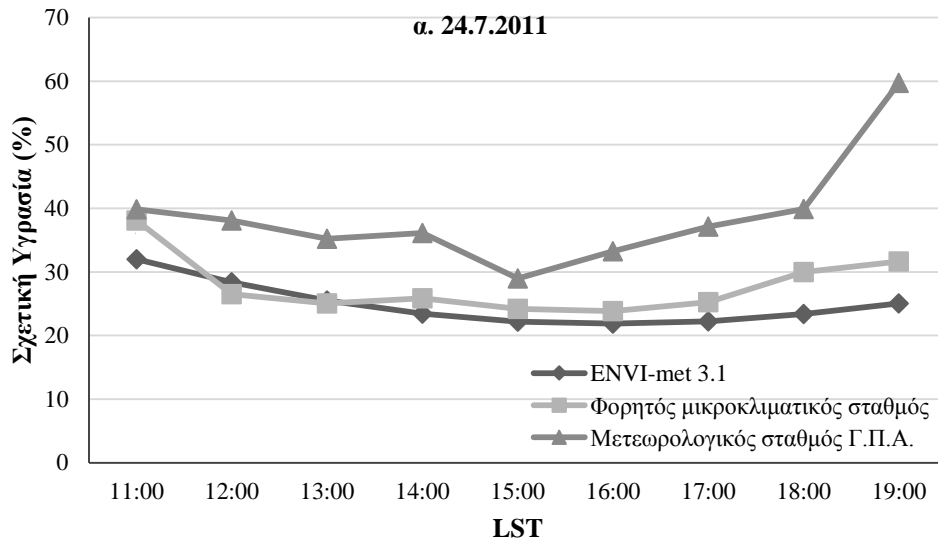


Διάγραμμα 4.47 Σύγκριση αποτελεσμάτων θερμοκρασίας προσομοίωσης Envi-met 3.1 με τις επί τόπου μετρήσεις από το φορητό μικροκλιματικό σταθμό και το μετεωρολογικό σταθμό του Γ.Π.Α κατά τις ημέρες της ψυχρής περιόδου, α. 8.3.2012, β. 18.11.2010, γ. 20.11.2010

Πίνακας 4.14 Πίνακας αναλυτικών τιμών θερμοκρασίας προσομοιωμένων τιμών Envi-met 3.1, μετρήσεων πεδίου και μετεωρολογικού σταθμού του Γ.Π.Α, κατά τις τυπικές ημέρες της ψυχρής περιόδου

ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ (°C) ΗΜΕΡΩΝ ΨΥΧΡΗΣ ΠΕΡΙΟΔΟΥ				
Ημερομηνία	Ωρα	Μετεωρολογικός Σταθμός Γ.Π.Α.	Φορητός μικροκλιματικός σταθμός	Envimet 3.1
8.3.12	11:00	13.8	14.1	14.4
	12:00	14.3	14.8	15.1
	13:00	15.3	16.3	15.9
	14:00	16.2	18.0	16.7
	15:00	16.1	17.6	17.1
18.11.10	11:00	18.5	19.0	19.1
	12:00	19.2	20.4	20.2
	13:00	20.0	20.0	21.0
	14:00	20.7	20.0	21.6
	15:00	20.9	19.8	21.6
	16:00	20.7	19.3	20.9
	17:00	19.4	17.7	20.1
20.11.10	10:00	16.2	18.0	17.5
	11:00	18.9	19.7	18.6
	12:00	21.0	21.6	19.7
	13:00	22.1	22.6	20.5
	14:00	22.2	23.3	21.0
	15:00	22.2	23.1	21.0
	16:00	21.8	21.8	20.6
	17:00	20.0	18.8	19.6

Στα διαγράμματα 4.48 και 4.49 απεικονίζεται η ημερήσια διακύμανση της σχετικής υγρασίας, όπως αυτή καταγράφηκε από το μετεωρολογικό σταθμό του Γεωπονικού Παν/μιου (AUA meteo station), το φορητό μικροκλιματικό σταθμό (portable weather station) και την προσομοίωση του μοντέλου (Envimet 3.1), για τις ημέρες θερμής και ψυχρής περιόδου, αντίστοιχα. Στους πίνακες 4.15 και 4.16 παρουσιάζονται αναλυτικά τα ωριαία δεδομένα για τις ημέρες θερμής και ψυχρής περιόδου, αντίστοιχα.

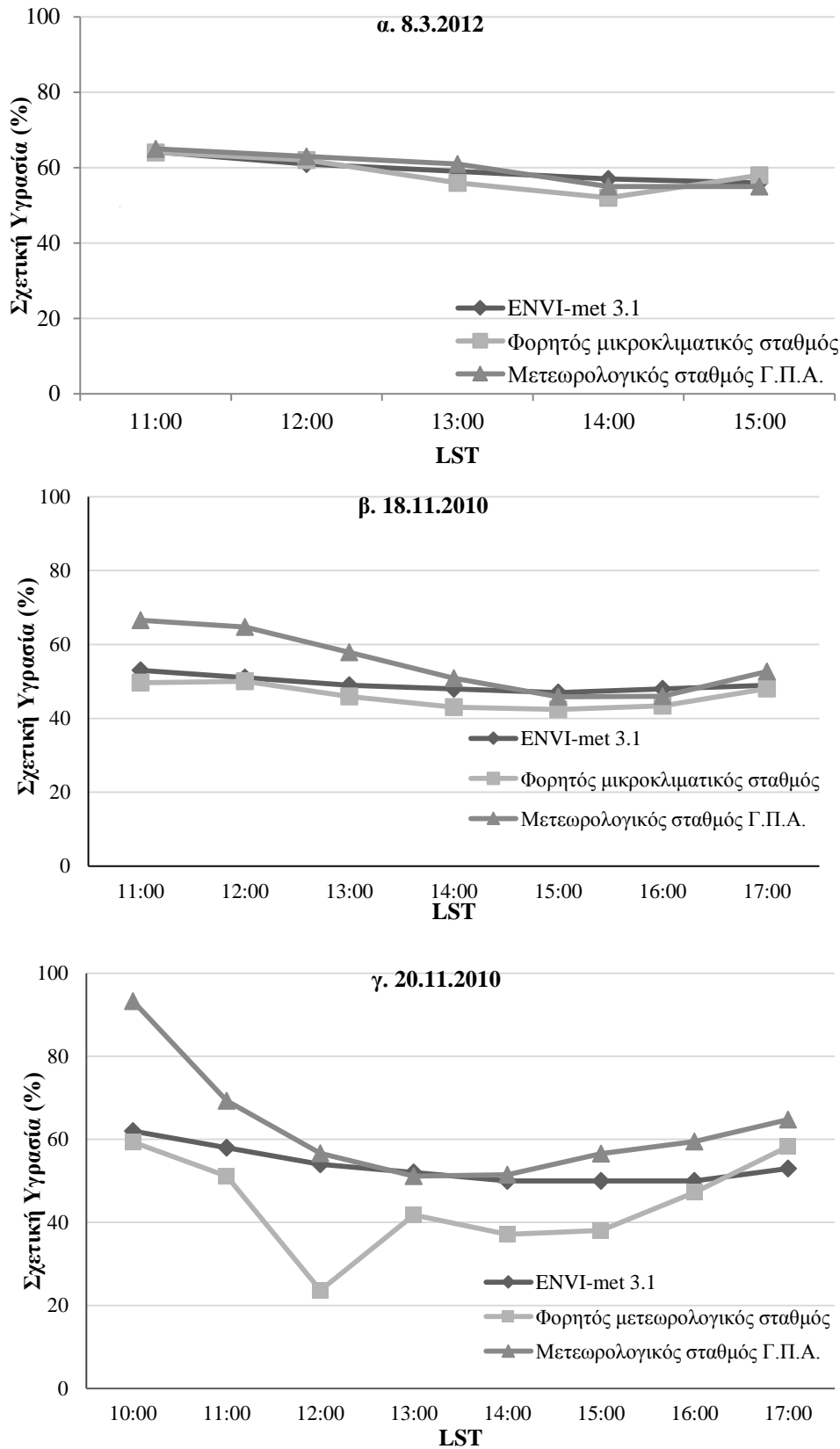


Διάγραμμα 4.48 Σύγκριση αποτελεσμάτων Σχετικής Υγρασίας προσομοίωσης Envi-met 3.1 με τις επί τόπου μετρήσεις από τον φορητό μικροκλιματικό σταθμό και τον μετεωρολογικό σταθμό του Γ.Π.Α, ημέρες θερμής περιόδου, α. 24.7.2011, β. 13.7.2011, γ. 19.7.2011

Όπως φαίνεται στο Διάγραμμα 4.48 αλλά και αναλυτικά στον πίνακα 4.14 για τις ημέρες θερμής περιόδου, το μοντέλο προσομοιώνει αρκετά ικανοποιητικά τα ποσοστά σχετικής υγρασίας. Η μέση απόκλιση μεταξύ μοντέλου και καιρικού σταθμού είναι 5%, ενώ μεμονωμένα σε δύο περιπτώσεις η διαφορά έχει φτάσει το 10%. Επιπλέον, η πορεία διακύμανσης της προσομοιωμένης σχετικής υγρασίας από το μοντέλο συμβαδίζει με αυτήν του μικροκλιματικού σταθμού αλλά και του μετεωρολογικού σταθμού Γ.Π.Α.

Πίνακας 4.15 Πίνακας αναλυτικών τιμών Σχετικής Υγρασίας προσομοιωμένων τιμών Envi-met 3.1, μετρήσεων πεδίου και μικροκλιματικού σταθμού του Γ.Π.Α, κατά τις τυπικές ημέρες θερμής περιόδου

ΣΧΕΤΙΚΗ ΥΓΡΑΣΙΑ (%) ΗΜΕΡΩΝ ΘΕΡΜΗΣ ΠΕΡΙΟΔΟΥ				
Ημερομηνία	Ωρα	Μετεωρολογικός Σταθμός Γ.Π.Α.	Φορητός μικροκλιματικός σταθμός	Envi-met 3.1
24.7.11	11:00	40	38	32
	12:00	38	26	28
	13:00	35	25	26
	14:00	36	26	23
	15:00	29	24	22
	16:00	33	24	22
	17:00	37	25	22
	18:00	40	30	23
	19:00	60	32	25
13.7.11	11:00	35	36	30
	12:00	35	32	26
	13:00	33	31	24
	14:00	33	29	21
	15:00	34	28	19
	16:00	34	29	19
	17:00	35	29	19
19.7.2011	10:00	40	32	31
	11:00	43	26	29
	12:00	38	22	25
	13:00	35	26	23
	14:00	34	24	22
	15:00	33	25	20
	16:00	33	26	20
17:00	42	24	19	



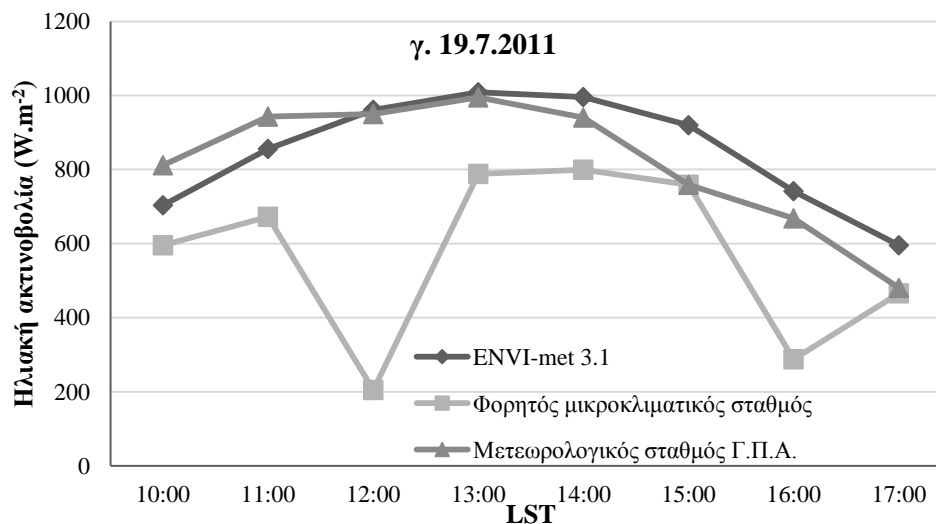
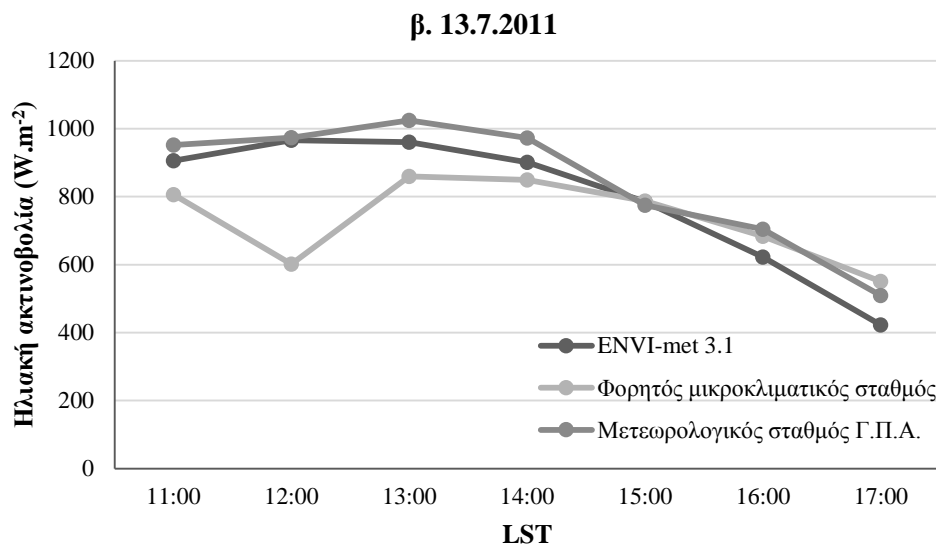
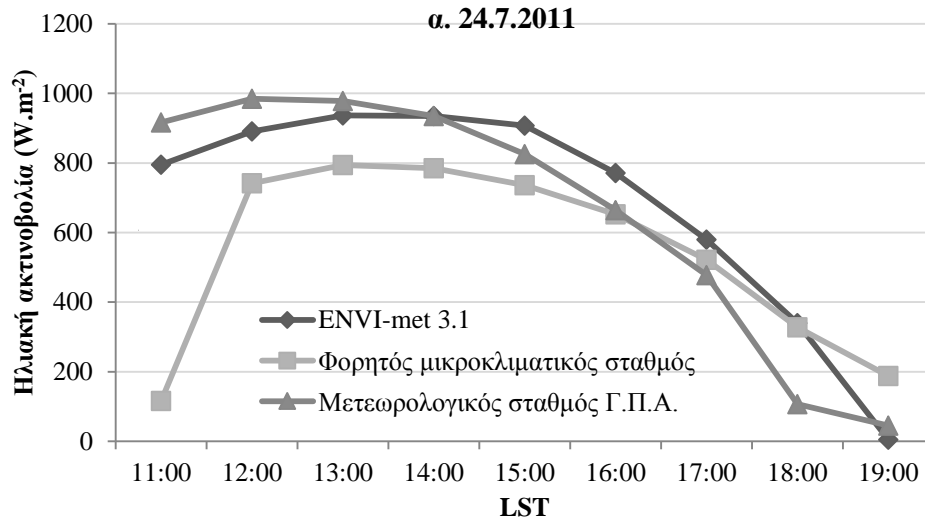
Διάγραμμα 4.49 Σύγκριση αποτελεσμάτων Σχετικής Υγρασίας προσομοίωσης Envi-met 3.1 με τις επί τόπου μετρήσεις από τον φορητό μικροκλιματικό σταθμό και τον μετεωρολογικό σταθμό του Γ.Π.Α, ημέρες ψυχρής περιόδου, α. 8.3.2012, β. 18.11.2010, γ. 20.11.2010

Όσον αφορά τις ημέρες ψυχρής περιόδου, η μέση απόκλιση που παρατηρείται μεταξύ μοντέλου και μετρήσεων πεδίου είναι 4%, ενώ μεμονωμένα σε τρεις περιπτώσεις η διαφορά έχει ξεπεράσει το 10% (Διάγραμμα 4.49, Πίνακας 4.16). Τόσο τη θερμή όσο και τη ψυχρή περίοδο, το μοντέλο συμβαδίζει απόλυτα με την πορεία διακύμανσης της σχετικής υγρασίας με τις μετρήσεις πεδίου και τον μετεωρολογικό σταθμό.

Πίνακας 4.16 Πίνακας αναλυτικών τιμών Σχετικής Υγρασίας προσομοιωμένων τιμών Envi-met 3.1, μετρήσεων πεδίου και μετεωρολογικού σταθμού του Γ.Π.Α, κατά τις τυπικές ημέρες ψυχρής περιόδου

ΣΧΕΤΙΚΗ ΥΓΡΑΣΙΑ (%) ΗΜΕΡΩΝ ΨΥΧΡΗΣ ΠΕΡΙΟΔΟΥ				
Ημερομηνία	Ωρα	Μετεωρολογικός Σταθμός Γ.Π.Α.	Φορητός μικροκλιματικός σταθμός	Envimet 3.1
8.3.12	11:00	65	64	64
	12:00	63	62	61
	13:00	61	56	59
	14:00	55	52	57
	15:00	55	58	56
18.11.10	11:00	67	50	53
	12:00	65	50	51
	13:00	58	46	49
	14:00	51	43	48
	15:00	46	42	47
	16:00	46	43	48
	17:00	53	48	49
20.11.10	10:00	93	59	62
	11:00	69	51	58
	12:00	57	24	54
	13:00	51	42	52
	14:00	51	37	50
	15:00	57	38	50
	16:00	59	47	50
17:00	65	58	53	

Στα διαγράμματα 4.50 και 4.51 απεικονίζεται η ημερήσια διακύμανση της ηλιακής ακτινοβολίας, όπως αυτή καταγράφηκε από το μετεωρολογικό σταθμό του Γεωπονικού Παν/μιου (AUA meteo station), το φορητό καιρικό σταθμό (portable weather ημέρες θερμής και ψυχρής περιόδου station) και την προσομοίωση του μοντέλου (Envimet 3.1), για τις, αντίστοιχα. Στους πίνακες 4.17 και 4.18 παρουσιάζονται αναλυτικά τα ωριαία δεδομένα για τις ημέρες της θερμής και της ψυχρής περιόδου, αντίστοιχα.



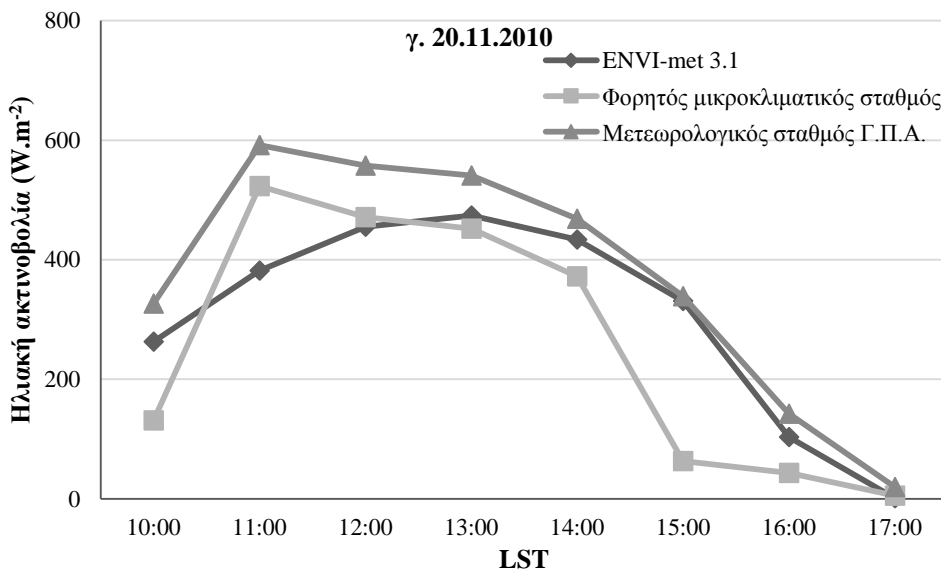
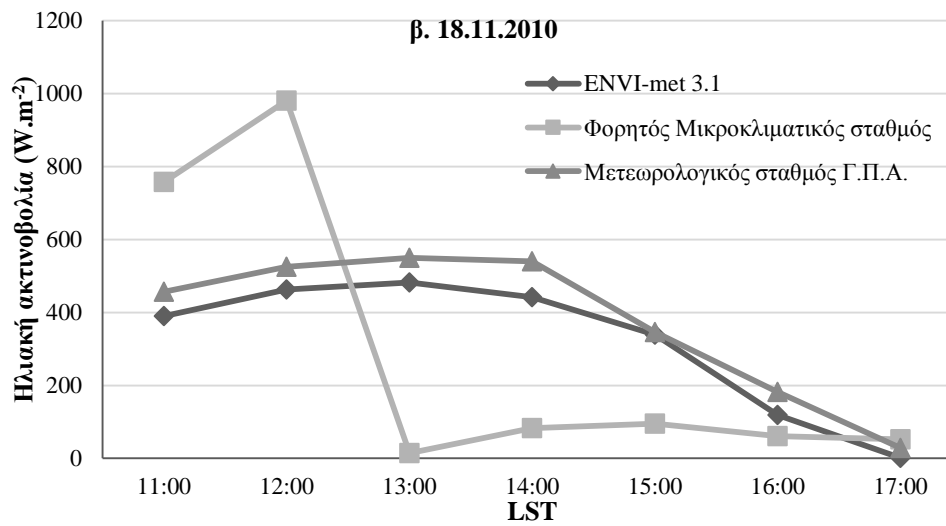
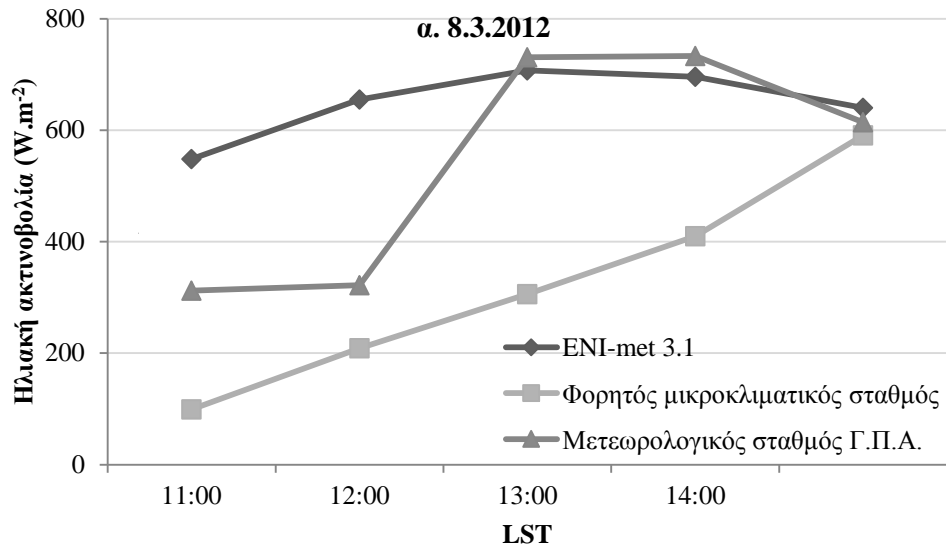
Διάγραμμα 4.50 Σύγκριση αποτελεσμάτων Ηλιακής ακτινοβολίας προσομοίωσης Envi-met 3.1 με τις επί τόπου μετρήσεις από τον φορητό καιρικό σταθμό και τον μικροκλιματικό σταθμό του Γ.Π.Α, ημέρες θερμής περιόδου, α. 24.7.2011, β. 13.7.2011, γ. 19.7.2011

Από το Διάγραμμα 4.50, παρατηρείται απόλυτη ταύτιση της πορείας διακύμανσης της ηλιακής ακτινοβολίας μεταξύ των τριών διαδικασιών. Ειδικά, η προσομοιωμένη ηλιακή ακτινοβολία ταυτίζεται απόλυτα με αυτήν που καταγράφεται από τον μετεωρολογικό σταθμό, τόσο στην πορεία διακύμανσης όσο και στις τιμές που καταγράφονται. Η ηλιακή ακτινοβολία που καταγράφηκε από τον καιρικό σταθμό ακολουθεί την ίδια πορεία διακύμανσης αποκλίνει όμως σε ορισμένες περιπτώσεις στις καταγεγραμμένες τιμές χωρίς ωστόσο αυτό να υπονοεί λάθος υπολογισμό από το μοντέλο. Αντιθέτως, κάποιες έντονες αυξομειώσεις που παρατηρούνται οφείλονται σε σφάλματα του οργάνου μέτρησης (Πίνακας 4.17).

Πίνακας 4.17 Πίνακας αναλυτικών τιμών Ηλιακής Ακτινοβολίας προσομοιωμένων τιμών Envi-met 3.1, μετρήσεων πεδίου και μετεωρολογικού σταθμού του Γ.Π.Α, κατά τις τυπικές ημέρες θερμής περιόδου

ΗΛΙΑΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ (W m²) ΗΜΕΡΩΝ ΘΕΡΜΗΣ ΠΕΡΙΟΔΟΥ				
Ημερομηνία	Ωρα	Μετεωρολογικός Σταθμός Γ.Π.Α.	Φορητός μικροκλιματικός σταθμός	Envi-met 3.1
24.7.11	11:00	917	116	795
	12:00	985	742	891
	13:00	978	794	937
	14:00	935	785	935
	15:00	826	736	907
	16:00	664	653	771
	17:00	478	521	580
	18:00	107	328	340
	19:00	45	188	5
13.7.11	11:00	952	148	906
	12:00	974	602	966
	13:00	1000	859	961
	14:00	973	849	901
	15:00	775	787	785
	16:00	705	684	622
	17:00	510	550	423
19.7.11	10:00	811	596	704
	11:00	943	673	856
	12:00	950	205	961
	13:00	994	788	1009
	14:00	940	800	996
	15:00	759	759	920
	16:00	668	288	742
17:00	481	466	596	

Τις ημέρες της ψυχρής περιόδου (Διάγραμμα 4.51, Πίνακας 4.18) η προσομοιωμένη τιμή της ηλιακής ακτινοβολίας συμβαδίζει τόσο στην πορεία διακύμανσης όσο και στις τιμές με την καταγεγραμμένη από τον μετεωρολογικό σταθμό, όμως η καταγεγραμμένη από τον καιρικό σταθμό ηλιακή ακτινοβολία παρουσιάζει έντονες αυξομειώσεις σε ορισμένες περιπτώσεις, ενώ παράλληλα καταγράφει χαμηλότερες τιμές από τις άλλες δύο περιπτώσεις. Η διαφοροποίηση αυτή όμως οφείλεται το πιθανότερο σε αστοχία του οργάνου παρά σε υπολογιστικό λάθος του μοντέλου δεδομένου πως το μοντέλο συμβαδίζει απόλυτα με τις ενδείξεις του μετεωρολογικού σταθμού του Γ.Π.Α.

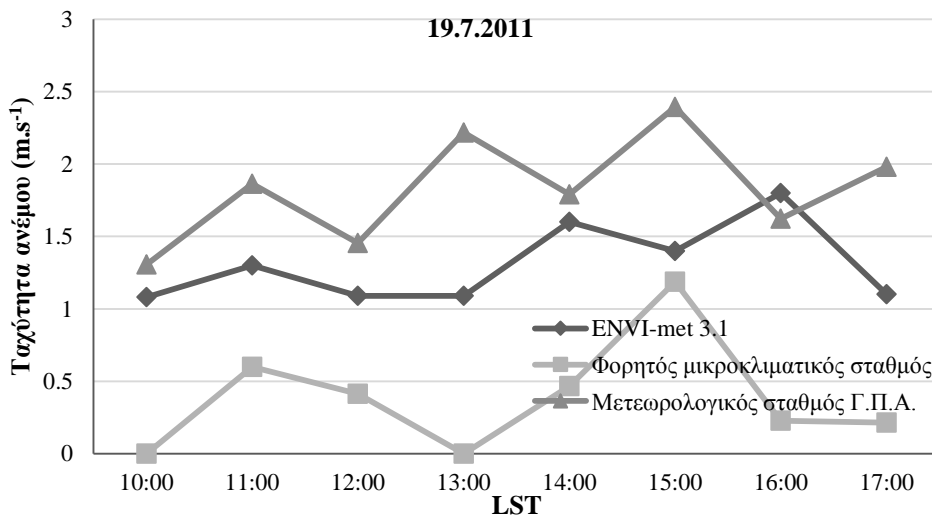
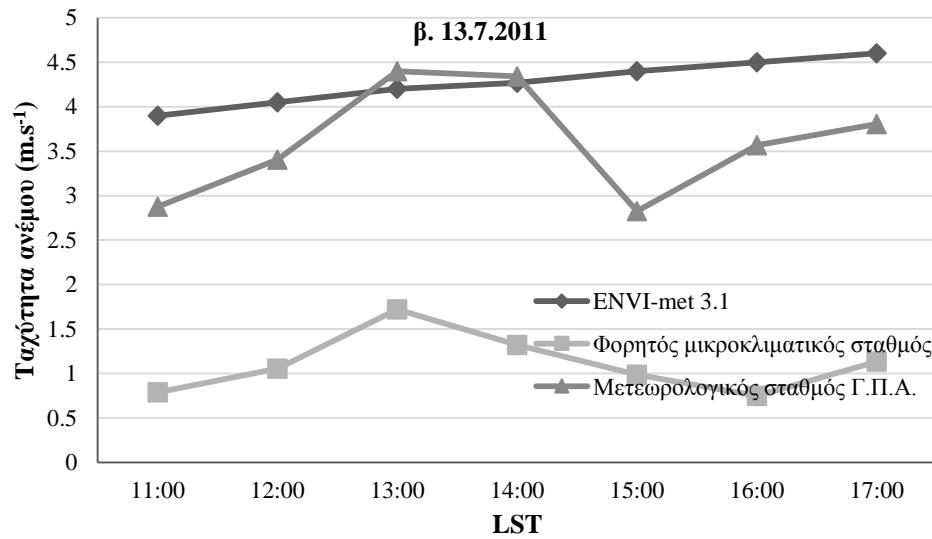
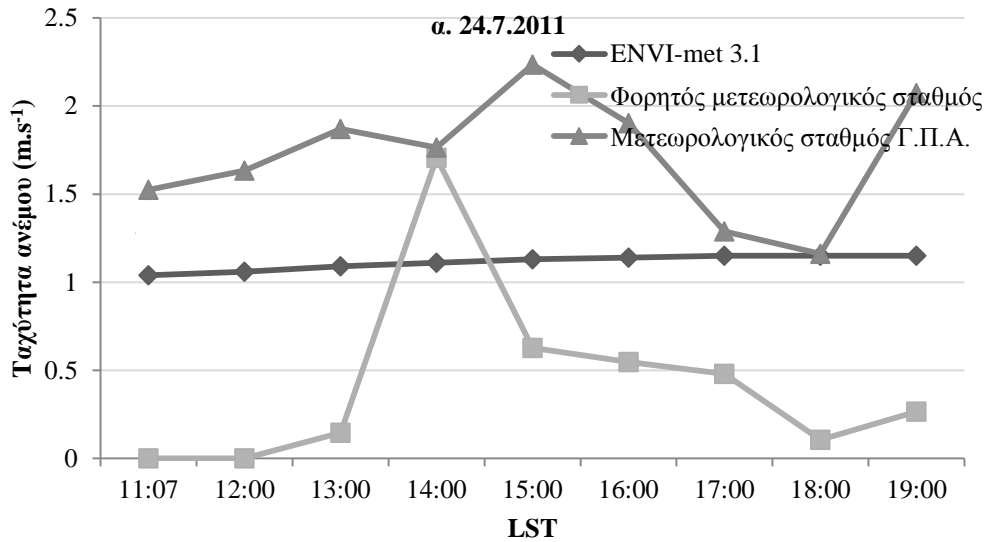


Διάγραμμα 4.51 Σύγκριση αποτελεσμάτων Ηλιακής ακτινοβολίας προσομοίωσης Envi-met 3.1 με τις επί τόπου μετρήσεις από τον φορητό μικροκλιματικό σταθμό και τον μετεωρολογικό σταθμό του Γ.Π.Α, ημέρες ψυχρής περιόδου, α. 8.3.2012, β. 18.11.2010, γ. 20.11.2010

Πίνακας 4.18 Πίνακας αναλυτικών τιμών Ηλιακής Ακτινοβολίας προσομοιωμένων τιμών Envi-met 3.1, μετρήσεων πεδίου και μετεωρολογικού σταθμού του Γ.Π.Α, κατά τις τυπικές ημέρες ψυχρής περιόδου

ΗΛΙΑΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ (W m⁻²) ΗΜΕΡΩΝ ΨΥΧΡΗΣ ΠΕΡΙΟΔΟΥ				
Ημερομηνία	Ωρα	Μετεωρολογικός Σταθμός Γ.Π.Α.	Φορητός μικροκλιματικός σταθμός	Envimet 3.1
8.3.12	11:00	312	99	548
	12:00	322	209	655
	13:00	731	306	707
	14:00	733	410	696
	15:00	614	1	640
18.11.10	11:00	457	758	390
	12:00	526	981	463
	13:00	550	14	482
	14:00	540	83	442
	15:00	346	95	339
	16:00	182	61	119
	17:00	28	52	1
20.11.10	10:00	327	131	263
	11:00	592	523	382
	12:00	558	471	455
	13:00	541	452	474
	14:00	469	372	434
	15:00	339	63	331
	16:00	142	43	103
	17:00	20	5	1

Στα διαγράμματα 4.52 και 4.53 απεικονίζεται η ημερήσια διακύμανση ταχύτητας ανέμου, όπως αυτή καταγράφηκε από το μετεωρολογικό σταθμό του Γεωπονικού Παν/μιου (AUA meteo station), το φορητό μικροκλιματικό σταθμό (portable weather station) και την προσομοίωση του μοντέλου (Envimet 3.1), για τις ημέρες της θερμής και της ψυχρής περιόδου, αντίστοιχα. Στους πίνακες 4.19 και 4.20 παρουσιάζονται αναλυτικά τα ωριαία δεδομένα για τις ημέρες της θερμής και της ψυχρής περιόδου, αντίστοιχα.



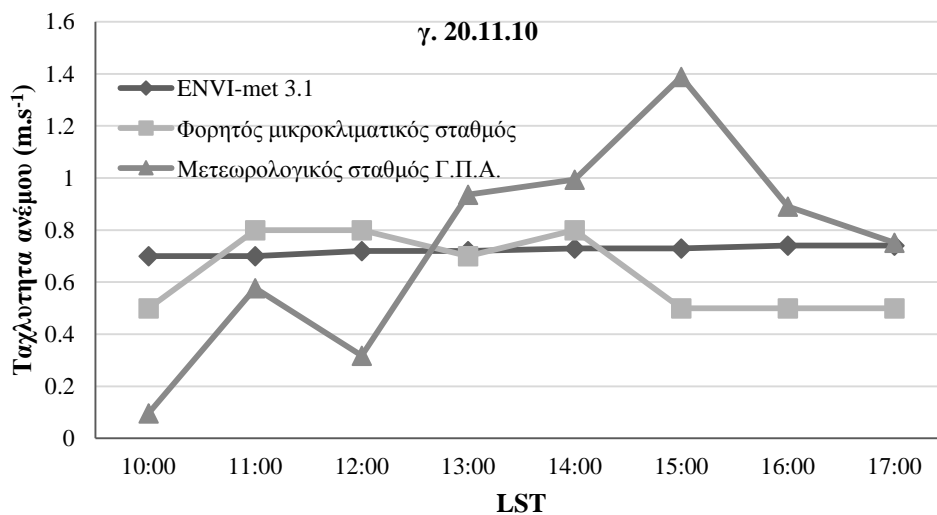
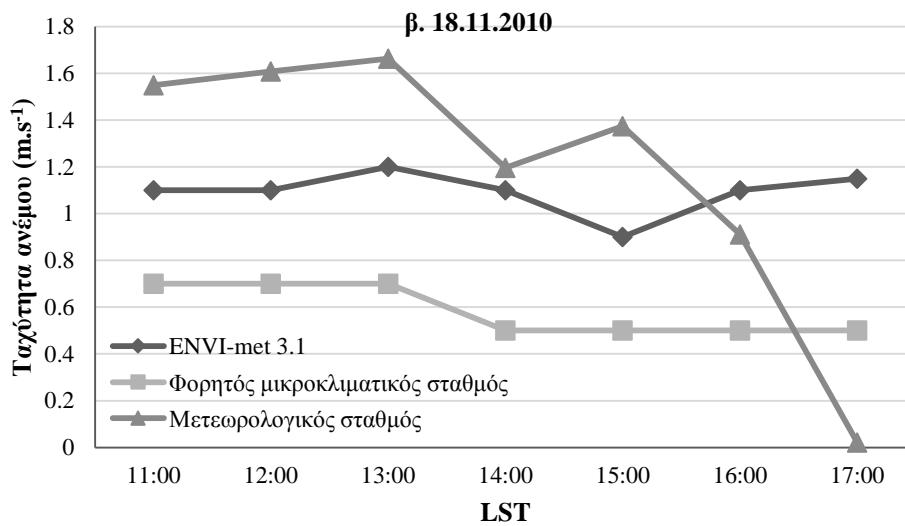
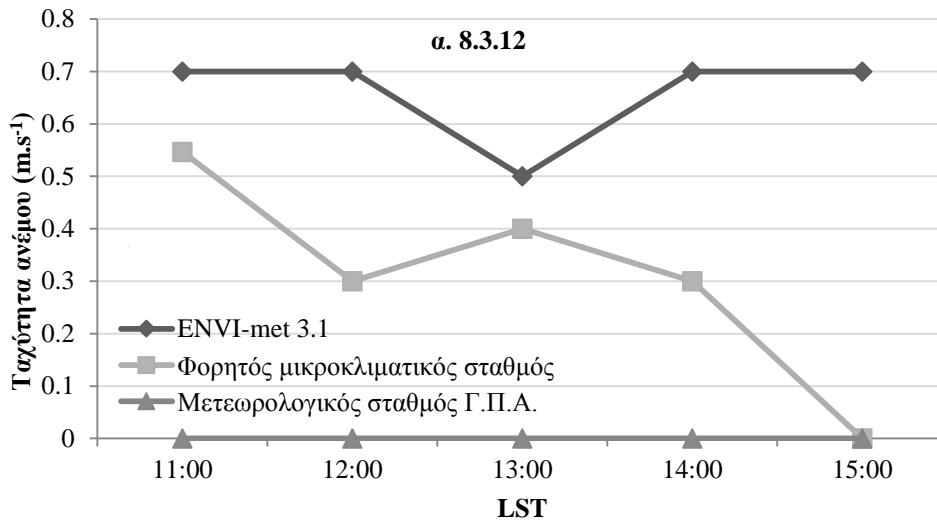
Διάγραμμα 4.52 Σύγκριση αποτελεσμάτων ταχύτητας ανέμου προσομοίωσης Envi-met 3.1 με τις επί τόπου μετρήσεις από τον φορητό μικροκλιματικό σταθμό και τον μετεωρολογικό σταθμό του Γ.Π.Α, ημέρες θερμής περιόδου, α. 24.7.2011, β. 13.7.2011, γ. 19.7.2011

Όσον αφορά τις ημέρες της θερμής περιόδου (Διάγραμμα 4.52, Πίνακας 4.19) το μοντέλο προσομοιώνει ικανοποιητικά την πορεία διακύμανσης του ανέμου ειδικά εν συγκρίσει με τις μετρήσεις από το φορητό μικροκλιματικό σταθμό. Η προσομοιωμένη ταχύτητα ανέμου προσεγγίζει σε μεγάλο βαθμό την καταγεγραμμένη από τις μετρήσεις πεδίου. Εν συγκρίσει με τις μετρήσεις πεδίου, το μοντέλο δεν παρουσιάζει μεγάλη ευαισθησία στις διακυμάνσεις του ανέμου, όμως αυτές είναι αρκετά μικρής κλίμακας και ως εκ τούτου δεν υπονοεί αναξιοπιστία του μοντέλου.

Πίνακας 4.19 Πίνακας αναλυτικών τιμών ταχύτητας ανέμου προσομοιωμένων τιμών Envi-met 3.1, μετρήσεων πεδίου και μετεωρολογικού σταθμού του Γ.Π.Α, κατά τις τυπικές ημέρες θερμής περιόδου

ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΑΝΕΜΟΥ (m.s ⁻¹) ΗΜΕΡΩΝ ΘΕΡΜΗΣ ΠΕΡΙΟΔΟΥ				
Ημερομηνία	Ωρα	Μετεωρολογικός Σταθμός Γ.Π.Α.	Φορητός μικροκλιματικός σταθμός	Envi-met 3.1
24.7.11	11:00	1.5	0.0	1.0
	12:00	1.6	0.0	1.1
	13:00	1.9	0.1	1.1
	14:00	1.8	1.7	1.1
	15:00	2.2	0.6	1.1
	16:00	1.9	0.5	1.1
	17:00	1.3	0.5	1.2
	18:00	1.2	0.1	1.2
	19:00	2.1	0.3	1.2
13.7.11	11:00	2.9	0.8	1.2
	12:00	3.4	1.1	1.3
	13:00	4.4	1.7	1.4
	14:00	4.3	1.3	1.3
	15:00	2.8	1.0	1.4
	16:00	3.6	0.7	1.4
	17:00	3.8	1.1	1.4
19.7.11	10:00	1.3	0.0	1.1
	11:00	1.9	0.6	1.3
	12:00	1.5	0.4	1.1
	13:00	2.2	0.0	1.1
	14:00	1.8	0.5	1.6
	15:00	2.4	1.2	1.4
	16:00	1.6	0.2	1.8
	17:00	2.0	0.2	1.1

Όσον αφορά τη ψυχρή περίοδο, το μοντέλο παρουσιάζει μεγαλύτερη ευαισθησία στις αυξομειώσεις της ταχύτητας του ανέμου, εν συγκρίσει με τη θερμή περίοδο. Όπως και προηγουμένως, το μοντέλο προσομοιώνει αρκετά ικανοποιητικά την ταχύτητα του ανέμου και προσεγγίζει σε μεγάλο βαθμό την καταγεγραμμένη από τις μετρήσεις πεδίου (Διάγραμμα 4.53, Πίνακας 4.20).



Διάγραμμα 4.53 Σύγκριση αποτελεσμάτων ταχύτητας ανέμου προσομοίωσης Envi-met 3.1 με τις επί τόπου μετρήσεις από το φορητό μικροκλιματικό σταθμό και τον μετεωρολογικό σταθμό του Γ.Π.Α, ημέρες ψυχρής περιόδου, α. 8.3.2012, β. 18.11.2010, γ. 20.11.2010

Πίνακας 4.20 Πίνακας αναλυτικών τιμών ταχύτητας ανέμου προσομοιωμένων τιμών Envi-met 3.1, μετρήσεων πεδίου και μετεωρολογικού σταθμού του Γ.Π.Α, κατά τις τυπικές ημέρες ψυχρής περιόδου

ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΑΝΕΜΟΥ(m.s ⁻¹) ΗΜΕΡΩΝ ΨΥΧΡΗΣ ΠΕΡΙΟΔΟΥ				
Ημερομηνία	Ωρα	Μετεωρολογικός Σταθμός Γ.Π.Α.	Φορητός μικροκλιματικός σταθμός	Envimet 3.1
8.3.12	11:00	0.0	0.0	0.7
	12:00	0.0	0.3	0.7
	13:00	0.0	0.4	0.5
	14:00	0.0	0.3	0.7
	15:00	0.0	0.0	0.7
18.11.10	11:00	1.6	0.7	1.1
	12:00	1.6	0.7	1.1
	13:00	1.7	0.7	1.2
	14:00	1.2	0.5	1.1
	15:00	1.4	0.5	0.9
	16:00	0.9	0.5	1.1
	17:00	0.0	0.5	1.2
20.11.10	10:00	0.1	0.5	0.7
	11:00	0.6	0.8	0.7
	12:00	0.3	0.8	0.7
	13:00	0.9	0.7	0.7
	14:00	1.0	0.8	0.7
	15:00	1.4	0.5	0.7
	16:00	0.9	0.5	0.7
	17:00	0.8	0.5	0.7

Στον πίνακα 4.21 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα του αδιάστατου δείκτη RM.SE για κάθε βιοκλιματικό δείκτη. Από τα αριθμητικά αποτελέσματα που προέκυψαν μετά και την ομαλοποίηση των τιμών του αδιάστατου δείκτη NRM.SE, διαπιστώνεται ότι οι πραγματικές τιμές του βιοκλιματικού δείκτη UTCI (NRM.SE=4%) είναι πολύ κοντά με τις προβλεπόμενες από το μοντέλο. Αντίθετα, η απόσταση μεταξύ πραγματικών και προβλεπόμενων τιμών αυξάνεται με τη σειρά SET*, PET και PMV. Ειδικότερα, για την περίπτωση του δείκτη PMV, το ENVI-met 3.1 δεν θα επιλεγόταν σαν μοντέλο πρόβλεψης των τιμών του. Επιπλέον, οι ομαλοποιημένες τιμές του δείκτη NMBE, δείχνουν ότι προκειμένου για τον βιοκλιματικό δείκτη UTCI, αν και το μοντέλο υπερεκτιμά ελάχιστα (NMBE= -0.6%) εντούτοις επειδή αυτό το αριθμητικό αποτέλεσμα απέχει ελάχιστα από το μηδέν, η πρόβλεψη των τιμών του συγκεκριμένου δείκτη μέσω του ENVI-met 3.1, μπορεί να προταθεί.

Πίνακας 4.21 Αποτελέσματα ομαλοποιημένων τιμών για τους δείκτες NRM.SE και NMBE για κάθε βιοκλιματικό δείκτη

	PMV	SET	PET	UTCI
RM.SE	0.36	1.57	2.03	1.13
NRM.SE	22%	5%	7%	4%
NMBE	2.8%	3.2%	1.3%	-0.6%

Από τη σύγκριση των αποτελεσμάτων προσομοίωσης των μικροκλιματικών παραμέτρων από το μοντέλο, με τις πραγματικές μικροκλιματικές συνθήκες που επικρατούσαν και καταγράφηκαν στις 18.11.10, 20.11.10, 24.7.11, 13.7.11, 19.7.11 και 8.3.12 από τις μετρήσεις του καιρικού σταθμού, προκύπτει πως το μοντέλο εκτιμά ικανοποιητικά τις πραγματικές περιβαλλοντικές συνθήκες. Ως εκ τούτου, κρίνεται κατάλληλο για την περαιτέρω εφαρμογή του στα Παρεμβάσεις αστικού σχεδιασμού τόσο στις περιοχές μελέτης αλλά και στην ευρύτερη περιοχή του Μεσογειακού κλίματος.

4.8.4 Σύγκριση συνθηκών θερμικής άνεσης στις τρεις περιοχές μελέτης

Στη συνέχεια έγινε σύγκριση της πορείας διακύμανσης της θερμοκρασίας αέρα αλλά και της εκτίμησης της θερμικής αίσθησης από τους βιοκλιματικούς δείκτες στις περιοχές μελέτης κάτω από το ίδιο καθεστώς περιβαλλοντικών συνθηκών, ούτως ώστε να εκτιμηθούν και να αξιολογηθούν οι διαφοροποιήσεις των συνθηκών περιβάλλοντος που διαμορφώνονται σε τρεις διαφορετικούς τύπους αστικών υπαίθριων χώρων μέσα στο αστικό περιβάλλον, αλλά και να διαπιστωθεί το κατά πόσο διαμορφώνονται συνθήκες θερμικής άνεσης στους χώρους αυτούς. Επιλέχθηκαν να προσομοιωθούν από το μοντέλο δύο τυπικές ημέρες, μία για τη θερμή και μία για τη ψυχρή περίοδο και στις τρεις περιοχές μελέτης.

4.8.4.1 Συνθήκες θερμικής αίσθησης μίας τυπικής ημέρας θερμής περιόδου (24.7.2011)

Στον Πίνακα 4.22 παρουσιάζονται οι τιμές θερμοκρασίας όπως προσομοιώθηκαν από το ENVI-met 3.1 για τις ώρες από τις 02:00LST έως και τις 23:00LST στις 24.7.2011. Όπως έχει ήδη αναφερθεί στο Υποκεφάλαιο 3.6 οι πρώτες ώρες προσομοίωσης από το μοντέλο που αντιστοιχούν και στις πρώτες πρωινές ώρες της ημέρας προσομοίωσης δεν αξιολογούνται γιατί ενδεχομένως παρουσιάζουν μικρότερη αξιοπιστία.

Πίνακας 4.22 Σύγκριση προσομοιωμένων τιμών θερμοκρασίας αέρα στις τρεις περιοχές

Ωρα	Θερμοκρασία αέρα (°C)		
	Πλ. Ηρούς	Πλ. Λαμπρινής	Άλσος Ν. Φιλαδέλφειας
02:00	22.8	19.7	22.0
03:00	22.9	19.8	22.1
04:00	23.0	19.9	22.2
05:00	23.1	19.7	22.0
06:00	23.3	19.7	22.1
07:00	24.2	21.7	23.4
08:00	26.5	26.5	25.7
09:00	28.3	28.5	27.4
10:00	30.2	30.1	29.1
11:00	32.2	32.4	30.9
12:00	34.1	33.9	32.5
13:00	35.7	35.4	33.9
14:00	36.9	36.9	35.3
15:00	37.8	37.9	36.0
16:00	37.7	37.5	36.3
17:00	37.0	36.9	36.6
18:00	35.7	35.6	35.0
19:00	34.3	34.9	33.7
20:00	33.2	34.0	32.2
21:00	32.4	33.6	31.4
22:00	32.0	30.2	30.7
23:00	31.5	30.7	30.2
Μέση θερμοκρασία ημέρας	30.7	29.8	29.6
Μέση θερμοκρασία 11:00 -18:00	35.9	35.8	34.5

Οι τιμές θερμοκρασίας που διαμορφώνονται κατά τη διάρκεια της ημέρας στις τρεις περιοχές παρουσιάζουν αποκλίσεις που φτάνουν έως και τους 2°C. Οι χαμηλότερες θερμοκρασίες παρατηρούνται στο Άλσος Ν. Φιλαδέλφειας ενώ κατά τη διάρκεια της ημέρας οι δύο πλατείες δεν απέχουν σημαντικά στις θερμοκρασίες που διαμορφώνονται. Συγκεκριμένα, η μέση θερμοκρασία ημέρας διαμορφώνεται στους 30.7°C, 29.8°C και 29.6°C για την πλ. Ηρούς, την πλ. Λαμπρινής και το Άλσος Ν. Φιλαδέλφειας, αντίστοιχα. Οι μέσες θερμοκρασίες ημέρας βρίσκονται εντός του αποδεκτού εύρους τιμών θερμοκρασίας θερμής περιόδου που είναι 26.0°C – 32.0°C (Tseliou et al. 2015). Σε αυτό το σημείο αξίζει να υπενθυμιστεί πως η μέση θερμοκρασία ημέρας στα 1.5m όπως

καταγράφηκε από τον μετεωρολογικό σταθμό του Γ.Π.Α είναι 30.1°C γεγονός που επιβεβαιώνει την αξιοπιστία του μοντέλου για τη θερμή περίοδο. Από τις 12:00LST έως τις 20:00LST και οι τρεις περιοχές παρουσιάζουν θερμοκρασίες που υπερβαίνουν το ανώτερο όριο του αποδεκτού εύρους τιμών. Οι πιο δυσμενείς συνθήκες καταγράφηκαν από τις 14:00LST έως τις 17:00LST, όπου οι θερμοκρασία ξεπερνά τους 36.0°C και έφτασε έως και 38.0°C. Τις ώρες αυτές, στην πλατεία Ηρούς καταγράφονται οι υψηλότερες τιμές με ελάχιστη διαφορά από την πλ. Λαμπρινής, ενώ στο Άλσος Ν. Φιλαδέλφειας οι χαμηλότερες. Στον Πίνακα 4.23 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της εκτίμησης των βιοκλιματικών δεικτών για τις τρεις περιοχές στις 24.7.2011. Οι τέσσερις βιοκλιματικοί δείκτες εκτιμούν συνθήκες έντονης θερμικής δυσφορίας, ως επί το πλείστον, τις μεσημβρινές και απογευματινές ώρες και στις τρεις περιοχές. Οι θερμικοί δείκτες που εφαρμόζονται ακολουθούν την ίδια τάση, εμφάνισαν συμεταβλητότητα ως προς την πορεία διακύμανσης της θερμικής αίσθησης μέσα στην ημέρα, τόσο μεταξύ τους όσο και στις τρεις περιοχές μελέτης που εμφάνισαν μέγιστα και ελάχιστα τις ίδιες ώρες.

Πιο αναλυτικά, ξεκινώντας από την πλατεία Ηρούς, ο δείκτης PET από τις 09:00LST έως και τις 18:00LST εκτίμησε συνθήκες θερμικής δυσφορίας με τιμές που ξεπερνούσαν κατά πολύ το αποδεκτό εύρος τιμών του δείκτη, 26°C - 34°C για τη θερμή περίοδο. Η μέγιστη τιμή καταγράφεται στις 15:00LST και έφτασε τους 52.3°C. Μετά τις 19:00LST οι συνθήκες θερμικής δυσφορίας ελαττώθηκαν και οι τιμές του δείκτη κυμάνθηκαν εντός του αποδεκτού εύρους τιμών, μέχρι το τέλος της μέρας. Ο δείκτης PMV από τις 10:00LST έως και τις 18:00LST εμφάνισε συνθήκες θερμικής δυσφορίας, ενώ από τις 19:00LST και μέχρι το τέλος της μέρας οι τιμές του δείκτη βρίσκονταν μέσα στο αποδεκτό εύρος τιμών, 1.8 – 2.5. Οι δείκτες SET* και UTCI, όμοια με τον PET, εκτίμησαν συνθήκες θερμικής δυσφορίας από τις 09:00LST έως τις 18:00LST ενώ μετά τις 19:00 LST οι τιμές των δύο δεικτών βρίσκονταν εντός του αποδεκτού εύρους τιμών, 27 °C - 32 °C και 27 °C – 34 °C, αντίστοιχα, μέχρι το τέλος της μέρας. Επιπλέον, μέγιστη θερμική δυσφορία εμφάνισαν στις 15:00LST και οι δύο δείκτες, όπως ακριβώς και οι PET και PMV.

Στην πλ. Λαμπρινής όλοι οι δείκτες εμφάνισαν συνθήκες θερμικής δυσφορίας από τις 10:00LST έως τις 18:00LST με τιμές που υπερβαίνουν κατά πολύ το αποδεκτό εύρος τιμών τους (PET: 26 °C -34 °C, UTCI: 27 °C – 34 °C, SET*: 27 °C – 32 °C και PMV: 1.8 – 2.5). Και οι τέσσερις δείκτες εμφάνισαν τη μέγιστη τιμή τους στις 15:00LST υποδεικνύοντας την πιο επιβαρυνμένη ώρα της μέρας. Μετά τις 19:00LST οι συνθήκες θερμικής δυσφορίας υποβιβάστηκαν και οι τιμές των δεικτών βρέθηκαν εντός του αποδεκτού εύρους τιμών τους, μέχρι το τέλος της μέρας.

Ομοίως, με την πλ. Ηρούς και την πλ. Λαμπρινής, στο Άλσος Ν. Φιλαδέλφειας οι τέσσερις δείκτες εμφάνισαν συνθήκες θερμικής δυσφορίας από τις 10:00LST μέχρι τις 18:00LST. Και στην περίπτωση αυτή η πιο θερμικά βεβαρυνμένη ώρα της ημέρας ήταν στις 15:00LST όπου και οι τέσσερις δείκτες εμφάνισαν τη μέγιστη τιμή τους. Μετά τις 19:00LST οι συνθήκες θερμικής

δυσφορίας μειώθηκαν και οι τιμές των δεικτών βρέθηκαν εντός του αποδεκτού εύρος τιμών τους, για τη θερμή περίοδο.

Πίνακας 4.23 Εκτιμήσεις θερμικής αίσθησης των βιοκλιματικών δεικτών, συγκριτικά στις τρεις περιοχές μελέτης

Ωρα	Πλ. Ηρούς				Πλ. Λαμπρινής				Άλσος Ν. Φιλαδέλφειας			
	PMV	PET (°C)	SET* °C	UTCI °C	PMV	PET °C	SET* °C	UTCI °C	PMV	PET °C	SET* °C	UTCI °C
02:00	-0.3	17.8	19.2	20.3	-1.0	14.3	15.7	17.6	-0.6	16.4	17.4	18.6
03:00	-0.3	17.9	19.3	20.3	-1.0	14.4	15.8	17.7	-0.6	16.5	17.5	18.6
04:00	-0.3	17.9	19.3	20.4	-1.0	14.4	15.8	17.7	-0.6	16.6	17.5	18.7
05:00	-0.3	18	19.4	20.4	-1.0	14.2	15.6	17.5	-0.6	16.4	17.4	18.5
06:00	-0.2	18.4	19.8	20.8	-1.0	14.2	15.6	17.5	-0.6	16.5	17.4	18.6
07:00	0.6	23.4	24.1	24.5	-0.1	19.2	20.7	22.4	0.2	21.3	22.1	23.1
08:00	1.8	30.9	30.1	29.3	1.5	28.7	27.8	29.2	1	26.3	25.6	26.9
09:00	2.5	35.8	33.4	32.6	2.2	33.8	31.2	32.4	2.1	33.5	31.2	31.3
10:00	3.3	40.2	36.3	35.3	2.9	38.2	34.0	35.1	2.9	38.3	34.4	34.4
11:00	3.8	43.2	37.5	38	3.7	42.5	36.7	38.2	3.6	42.4	37	37.1
12:00	4.3	46	39.1	40.2	4.1	45.2	38.2	40.1	4.1	45.4	38.7	39.2
13:00	4.7	48.6	40.5	42.1	4.5	47.5	39.4	41.8	4.5	47.8	40	40.7
14:00	5.1	50.7	41.6	43.6	4.9	49.8	40.7	43.6	4.8	49.5	40.8	42.2
15:00	5.4	52.3	42.5	44.8	5.1	50.6	41.1	44.3	4.9	50	41.1	42.8
16:00	5.1	50.5	41.4	43.8	4.8	48.9	40.1	43.3	4.8	49	40.5	42.2
17:00	4.4	46.2	38.8	41.4	4.1	44.3	37.2	40.5	4.4	46.2	38.8	41.1
18:00	3.4	39.8	34.7	37.3	3.0	36.8	32.2	35.5	3.3	39.3	34.4	36.7
19:00	2.1	30.8	28.2	31.3	2.3	32.1	28.8	32.1	2.1	31.2	28.5	31.3
20:00	1.8	29.2	27.2	29.9	2.1	30.6	27.7	30.8	1.6	28	26.1	28.7
21:00	1.6	28.2	26.5	29	2.0	30.0	27.3	30.3	1.6	28.3	26.4	29
22:00	1.5	27.5	26.4	28.5	1.1	25.4	24.1	26.0	1.3	26.2	24.9	27
23:00	1.4	26.9	26	27.9	1.3	26.1	24.6	26.7	1.1	25.5	24.4	26.5
Μέση τιμή 08:00-23:00	3.3	39.2	34.4	35.9	3.1	38.2	33.2	35.6	3.0	37.9	33.3	34.8
Μέση τιμή 11:00-18:00	4.4	46.4	39.2	40.7	4.1	44.9	37.7	40.3	4.1	45.3	38.4	39.6

4.8.4.2 Συζήτηση προσομοίωσης και αξιολόγησης βιοκλιματικών δεικτών τυπικής ημέρας θερμής περιόδου

Συγκρίνοντας τις συνθήκες θερμικής αίσθησης που διαμορφώθηκαν στις τρεις περιοχές μελέτης κατά τη θερμή περίοδο, προκύπτουν τα εξής:

Οι τρεις περιοχές εμφάνισαν τιμές θερμοκρασίες που υπερέβησαν την ανώτερη τιμή του αποδεκτού διαστήματος τιμών θερμοκρασίας από τις 09:00LST έως τις 20:00LST, ενώ η υψηλότερη μέση ημερήσια τιμή θερμοκρασίας εκτιμήθηκε στην πλ. Ηρούς και ήταν 37.8°C στις 15:00LST (Πίνακας 4.22). Η μέση θερμοκρασία των ωρών 08:00 – 23:00LST βρίσκεται εντός του αποδεκτού εύρους τιμών για τη θερμή περίοδο και στις τρεις περιοχές, ενώ η μέση θερμοκρασία των ωρών 11:00LST – 18:00LST που αποτελούν τις πιο θερμές ώρες της ημέρας, ξεπέρασε το αποδεκτό εύρος τιμών και στις τρεις περιοχές.

Όσον αφορά τους βιοκλιματικούς δείκτες, όλοι οι δείκτες που υπολογίστηκαν εμφάνισαν την ίδια εικόνα ως προς την εκτίμησή τους για τις συνθήκες θερμικής αίσθησης. Έτσι, συνθήκες θερμικής δυσφορίας επικράτησαν και στις τρεις περιοχές μελέτης με τιμές που υπερβαίνουν κατά πολύ τα αποδεκτά διαστήματα τιμών των δεικτών για τη θερμή περίοδο. Στην πλ. Λαμπρινής και στο Άλσος Ν. Φιλαδέλφειας επικράτησαν συνθήκες θερμικής δυσφορίας από τις 10:00LST έως τις 18:00LST. Στην πλ. Ηρούς οι δείκτες PET και SET* εκτίμησαν συνθήκες θερμικής δυσφορίας από τις 09:00LST έως τις 18:00LST ενώ οι PMV και UTCI από τις 10:00LST έως τις 18:00LST. Στις τρεις περιοχές η πιο επιβαρυνόμενη θερμικά ώρα εμφανίζεται η τοπική ώρα 15:00LST γιατί τότε οι δείκτες παρουσίασαν τη μέγιστη τιμή τους (Πίνακας 4.23).

Παρά την ομοιόμορφη πορεία διακύμανσης της θερμικής αίσθησης που παρουσίασαν οι τρεις περιοχές, η πλ. Ηρούς είναι η πιο θερμικά επιβαρυνόμενη δεδομένου πως καταγράφηκαν οι υψηλότερες μέσες ημερήσιες τιμές από τους τέσσερις δείκτες. Σχετικά με την πλ. Λαμπρινής και το Άλσος Ν. Φιλαδέλφειας, ενδιαφέρον παρουσιάζει το γεγονός πως ενώ η μέση τιμή των δεικτών από τις 08:00LST έως τις 23:00LST είναι χαμηλότερη στο Άλσος από την αντίστοιχη που καταγράφηκε στην πλ. Λαμπρινής, η μέση τιμή των θερμικά πιο επιβαρυνμένων ωρών, 11:00LST – 18:00LST, είναι υψηλότερη στο Άλσος σύμφωνα με τους δείκτες PET και SET* κατά 0.4°C και 0.7°C, αντίστοιχα, υποδηλώνοντας ελαφρά πιο δυσμενείς θερμικά συνθήκες στο Άλσος κατά τη διάρκεια των πιο θερμών ωρών της ημέρας.

4.8.4.3 Συνθήκες θερμικής αίσθησης μίας τυπικής ημέρας ψυχρής περιόδου (20.11.10)

Στον Πίνακα 4.24 εμφανίζονται οι θερμοκρασίες όπως προσομοιώθηκαν από το ENVI-met 3.1 για τις 20.11.10, όπως ακριβώς και στην περίπτωση της 24.07.2011. Οι θερμοκρασίες που διαμορφώθηκαν στις περιοχές μελέτης κατά τη διάρκεια της ημέρας δε διέφεραν σημαντικά. Μεταξύ της πλ. Ηρούς και του Άλσους Ν. Φιλαδέλφειας, η διαφορά θερμοκρασίας σπάνια ξεπερνά το 0.5°C. Η μέση θερμοκρασία ημέρας των δύο περιοχών είναι 18.0°C και 17.9°C, αντίστοιχα. Η πλ. Λαμπρινής διατηρεί χαμηλότερες τιμές θερμοκρασίας καθόλη τη διάρκεια της ημέρας, ενώ από τις 13:00LST έως τις 17:00LST η διαφορά θερμοκρασίας σε σχέση με τις άλλες δύο περιοχές πλησιάζει τον 1°C. Η μέση θερμοκρασία ημέρας στην πλ. Λαμπρινής είναι 17.6°C, ελάχιστα χαμηλότερη από τις άλλες δύο περιοχές.

Πίνακας 4.24 Σύγκριση προσομοιωμένων τιμών θερμοκρασίας αέρα στις τρεις περιοχές

Ωρα	Θερμοκρασία αέρα (°C)		
	Πλ. Ηρούς	Πλ. Λαμπρινής	Άλσος Ν. Φιλαδέλφειας
02:00	16.4	16.6	16.4
03:00	16.2	16.3	16.1
04:00	16.1	16.1	15.8
05:00	16.0	16.0	15.6
06:00	15.9	16.0	15.4
07:00	15.9	15.9	15.3
08:00	15.8	15.7	15.2
09:00	16.6	16.5	16.2
10:00	18.1	17.5	17.5
11:00	18.5	18.5	18.6
12:00	19.9	19.1	19.7
13:00	20.7	19.7	20.5
14:00	21.1	20.3	21.0
15:00	20.8	20.0	21.0
16:00	20.1	19.7	20.6
17:00	19.3	18.7	19.6
18:00	18.8	18.2	19.0
19:00	18.5	17.8	18.5
20:00	18.1	17.5	18.2
21:00	17.8	17.3	17.9
22:00	17.7	17.3	17.6
23:00	18.1	17.1	17.4
Μέση θερμοκρασία	18.0	17.6	17.9

Η μέση θερμοκρασία ημέρας όπως καταγράφηκε από το μετεωρολογικό σταθμό του Γ.Π.Α. είναι 15.8°C, οπότε σε αυτήν την περίπτωση το μοντέλο υπερεκτιμά τη θερμοκρασία περίπου κατά 2°C (Πίνακας 4.24). Όσον αφορά τις συνθήκες θερμικής άνεσης και οι τρεις περιοχές βρίσκονται μέσα στα αποδεκτά διαστήματα τιμών, που είναι 17.0-21.0°C για τη ψυχρή περίοδο, καθόλη τη διάρκεια

της ημέρας (Tseliou et al. 2015). Εξαίρεση αποτελούν οι πρώτες πρωινές ώρες και έως τις 09:00LST όπου επικρατούν θερμοκρασίες έως και 2 °C κάτω από την κατώτερη αποδεκτή τιμή του διαστήματος τιμών (Πίνακας 4.24).

Στον Πίνακα 4.25 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της εκτίμησης των τιμών των βιοκλιματικών δεικτών για τις τρεις περιοχές στις 20.11.2010. Όπως συνέβη και στην αξιολόγηση της τυπικής ημέρας της θερμής περιόδου, οι τιμές των δεικτών μεταβάλλονται στην ημερήσια πορεία διακύμανσης της θερμικής αίσθησης στις περιοχές μελέτης. Είναι εμφανές πως κατά τη ψυχρή περίοδο προσεγγίζονται συνθήκες θερμικής άνεσης σε μεγάλο βαθμό τις μεσημβρινές ώρες και πιο συγκεκριμένα από τις 09:00LST έως τις 16:00LST, στις τρεις περιοχές. Μάλιστα, κατά περιπτώσεις υπολογίσθηκαν συνθήκες θερμικής δυσφορίας λόγω ζέστης τις ώρες αυτές και στις τρεις περιοχές. Μετά τις 16:00LST δεδομένου πως η θερμοκρασία βαθμιαία μειώνεται και σιγά σιγά παύει να υπάρχει η ηλιακή ακτινοβολία, όλοι οι δείκτες εμφάνισαν θερμική δυσφορία λόγω ψύχους. Τελικά, η μέση τιμή κάθε δείκτη μεταξύ 08:00LST και 23:00LST για τις τρεις περιοχές κυμάνθηκε εντός ή προσέγγισε το κατώτερο αποδεκτό εύρος τιμών στις περισσότερες περιπτώσεις (Πίνακας 4.25).

Πιο αναλυτικά, στην πλ. Ηρούς οι τιμές των δεικτών έδειξαν συνθήκες θερμικής άνεσης από τις 10:00LST μέχρι τις 16:00LST. Στο διάστημα 11:00-14:00LST οι τιμές των δεικτών υπερέβησαν κατά περιπτώσεις την ανώτερη αποδεκτή τιμή τους εκτιμώντας θερμική δυσφορία λόγω ζέστης. Τελικά, η μέση εκτίμηση στο διάστημα 08:00–23:00LST κυμάνθηκε εντός του αποδεκτού εύρους τιμών για τους δείκτες PMV, *SET και UTCI ενώ ο PET εκτιμά θερμική δυσφορία λόγω ψύχους.

Στην πλ. Λαμπρινής οι τιμές τόσο των δεικτών PET και SET* όσο και του δείκτη PMV, έδειξαν εκτίμηση συνθηκών θερμικής άνεσης στα χρονικά διαστήματα 10:00-15:00LST για τους δύο πρώτους και 09:00-16:00 LST για τον τρίτο. Οι τιμές του δείκτη UTCI ενώ για το διάστημα 12:00-14:00 εμφάνισαν ενδείξεις ελαφράς θερμικής δυσφορίας λόγω ζέστης, εντούτοις για το διάστημα 09:00-18:00LST εμφάνισαν ενδείξεις θερμικής άνεσης. Συμπερασματικά, οι μέσες τιμές του αποδεκτού διαστήματος εκτίμησης του τυπικού 24-ώρου, για μεν τους δείκτες PMV και UTCI κυμάνθηκαν εντός αποδεκτών διαστημάτων τιμών τους, για δε τους δείκτες PET και SET* έδειξαν θερμική δυσφορία λόγω ψύχους.

Στο Άλσος Ν. Φιλαδέλφειας εκτιμήθηκαν σε μεγάλο βαθμό οι ίδιες συνθήκες με αυτές στην πλ. Λαμπρινής. Έτσι, οι τιμές των δεικτών PET και SET* εκτίμησαν συνθήκες θερμικής άνεσης από τις 10:00LST έως τα 15:00LST. Στην περίπτωση του Άλσους οι τιμές του δείκτη PET έδειξαν εκτίμηση συνθηκών ελαφράς θερμικής δυσφορίας λόγω ζέστης, στις πρώτες μεταμεσημβρινές ώρες, 13:00-14:00LST. Οι τιμές των δεικτών PMV και UTCI έδειξαν εκτίμηση συνθηκών θερμικής άνεσης στο διάστημα 09:00-16:00LST. Αντίθετα, οι τιμές του δείκτη UTCI, στο διάστημα 12:00-14:00LST, έδωσαν ένδειξη ελαφράς θερμικής δυσφορίας λόγω ζέστης και μόλις υπερέβησαν την ανώτερη τιμή του διαστήματος αποδεκτών τιμών του. Τέλος, οι μέσες τιμές του αποδεκτού

χρονικού διαστήματος εκτίμησης ενός τυπικού 24-ώρου 08:00-23:00LST προκειμένου για τους δείκτες PMV και UTCI κυμάνθηκαν εντός αποδεκτών διαστημάτων τιμών τους. Αντίθετα, οι αντίστοιχες μέσες τιμές των δεικτών PET και SET* έδειξαν θερμική δυσφορία λόγω ψύχους. Αξιοσημείωτο είναι πως αν και πρόκειται για τυπική ημέρα της ψυχρής περιόδου του έτους, οι περιπτώσεις θερμικής δυσφορίας που εκτιμήθηκαν αφορούσαν δυσφορία λόγω ζέστης και όχι λόγω κρύου. Επιπλέον, με μικρή διαφορά, οι ψυχρότερες συνθήκες επικράτησαν στην πλ. Λαμπρινής και οι θερμότερες στην πλατεία Ηρώς.

Πίνακας 4.25 Εκτίμηση θερμικής αίσθησης των βιοκλιματικών δεικτών και σύγκριση στις τρεις περιοχές μελέτης για τη ψυχρή ημέρα

Ωρα	Εκτίμηση Βιοκλιματικών Δεικτών											
	Πλ. Ηρώς				Πλ. Λαμπρινής				Άλσος Ν. Φιλαδέλφειας			
	PMV	PET	*SET	UTCI	PMV	PET	*SET	UTCI	PMV	PET	*SET	UTCI
02:00	-1.7	10.9	12.9	13.6	-1.7	11.1	12.9	13.9	-1.7	11.1	12.9	14
03:00	-1.7	10.8	13	13.5	-1.7	10.8	12.6	13.6	-1.7	10.8	12.6	13.7
04:00	-1.8	10.6	12.6	13.3	-1.7	10.8	13	13.6	-1.8	10.6	12.4	13.6
05:00	-1.7	10.6	12.8	13.3	-1.8	10.4	12.1	13.2	-1.8	10.5	12.4	13.5
06:00	-1.8	10.5	12.7	13.2	-1.8	10.4	12.1	13.3	-1.8	10.5	12.4	13.5
07:00	-1.7	10.6	12.8	13.3	-1.9	10.3	12.1	13.2	-1.8	10.5	12.3	13.5
08:00	-1.7	11.1	13.4	13.8	-1.9	10.4	12.1	13.3	-1.8	10.7	12.6	13.8
09:00	-1.2	14	16.7	16.4	-1	15.3	17.5	18.2	-1	15.3	17.6	18.3
10:00	0.3	22.6	24.9	22.5	-0.3	19.5	21.6	21.8	-0.3	19.7	21.8	21.9
11:00	0.7	25.8	27.6	24.5	0.2	23.1	24.5	24.2	0.2	23.1	24.4	24.2
12:00	1.1	27.9	29.1	25.8	0.5	24.3	25.4	25	0.4	24.3	25.4	24.9
13:00	1.2	28.4	28.9	26.4	0.5	24.9	25.7	25.5	0.6	25.5	26.2	25.6
14:00	1	27.2	27.7	26	0.6	24.8	25.5	25.4	0.6	25.4	26	25.5
15:00	0.5	24.3	25.3	24.2	0.2	22	23.3	23.5	0.2	22.5	23.7	23.5
16:00	-0.3	18.9	20.7	20.4	-0.6	17.3	18.9	19.6	-0.6	17.2	18.9	19.3
17:00	-1.1	13.9	15.8	16.1	-1.3	13.1	14.6	15.6	-1.3	13.1	14.7	15.5
18:00	-1.2	13.5	15.4	15.7	-1.4	12.6	14.2	15.1	-1.4	12.7	14.4	15.1
19:00	-1.2	13.4	16	15.5	-1.5	12.2	13.8	14.8	-1.5	12.2	13.9	14.7
20:00	-1.2	13	15.6	15.2	-1.5	11.9	13.5	14.5	-1.5	12	13.7	14.5
21:00	-1.3	12.7	15.4	14.9	-1.6	11.7	13.3	14.3	-1.6	11.7	13.5	14.4
22:00	-1.3	12.6	15.3	14.9	-1.6	11.7	13.3	14.4	-1.5	11.8	13.5	14.4
23:00	-1.2	13.1	15.6	15.3	-1.6	11.5	13.1	14.2	-1.6	11.5	13.3	14.2
Average 08:00-23:00	-0.4	18.3	20.2	19.2	-0.8	16.6	18.1	18.7	-0.8	16.8	18.4	18.7

4.8.4.4 Συζήτηση προσομοίωσης και αξιολόγησης βιοκλιματικών δεικτών τυπικής ημέρας ψυχρής περιόδου

Συγκρίνοντας τις συνθήκες θερμικής αίσθησης που διαμορφώθηκαν στις τρεις περιοχές μελέτης κατά την επιλεγμένη τυπική ημέρα της ψυχρής περιόδου, προέκυψαν τα εξής:

Οι τρεις περιοχές εμφάνισαν τιμές θερμοκρασίας που υπερέβησαν το ανώτερο αποδεκτό εύρος τιμών από τις 10:00LST έως τις 23:00LST, ενώ η υψηλότερη μέση ημερήσια θερμοκρασία εκτιμάται στην πλ. Ηρούς (Πίνακας 4.25). Η μέση τιμή της θερμοκρασίας των ωρών 08:00 – 23:00LST βρίσκεται εντός του αποδεκτού εύρους τιμών για την τυπική ημέρα της ψυχρής περιόδου και στις τρεις περιοχές ενώ η μέση θερμοκρασία των ωρών 11:00 LST – 18:00 LST που αποτελούν τις πιο θερμές ώρες του 24-ώρου εξακολουθούν να βρίσκονται εντός του αποδεκτού εύρους τιμών και στις τρεις περιοχές μελέτης.

Όσον αφορά τις τιμές των βιοκλιματικών δεικτών, όλοι οι δείκτες που εφαρμόστηκαν εμφάνισαν την ίδια εικόνα ως προς την εκτίμησή τους για τις συνθήκες θερμικής αίσθησης κατά τη διάρκεια της τυπικής ημέρας της ψυχρής περιόδου. Από τις 10:00LST έως τις 16:00LST οι τιμές των δεικτών εμφάνισαν συνθήκες θερμικής αίσθησης στις τρεις περιοχές, ενώ κατά περιπτώσεις οι περιβαλλοντικές συνθήκες που επικρατούσαν υπερέβαιναν τα αποδεκτά διαστήματα τιμών των εκάστοτε δεικτών. Από τις 17:00LST έως το τέλος της μέρας οι δείκτες εκτίμησαν περιβαλλοντικές συνθήκες κάτω από τα αποδεκτά διαστήματα τιμών και για τις τρεις περιοχές μελέτης. Αξιολογώντας τη μέση εκτίμηση θερμικής αίσθησης των ωρών 08:00-23:00LST σύμφωνα με τις τιμές των δεικτών, διαπιστώθηκε πως στην πλ. Ηρούς διαμορφώθηκαν οι πιο θερμές περιβαλλοντικές συνθήκες, ενώ οι τιμές των δεικτών στο Άλσος και στην πλ. Λαμπρινής κυμάνθηκαν στα ίδια περίπου επίπεδα (Πίνακας 4.25).

4.8.4.5 Συζήτηση προσομοιώσεων στις περιοχές μελέτης

Η μεταβλητότητα της ημερήσιας πορείας θερμικής αίσθησης δεν παρουσιάζει σημαντικές διαφορές στις τρεις περιοχές μελέτης. Ωστόσο, στην πλατεία Ηρούς διαμορφώθηκαν οι πιο δυσμενείς περιβαλλοντικές συνθήκες κατά τη διάρκεια των πρωινών και μεσημβρινών ωρών της ημέρας που επιλέχθηκε σαν τυπική ημέρα της θερμής περιόδου, σε αντίθεση με το Άλσος Ν. Φιλαδέλφειας που εμφανίστηκαν οι πλέον ευνοϊκές. Μετά τις 18:00LST οι συνθήκες θερμικής αίσθησης εμφάνισαν θερμική άνεση και στις τρεις περιοχές μελέτης. Κατά τη διάρκεια της ημέρας που επιλέχθηκε σαν τυπική ημέρα της ψυχρής περιόδου, οι συνθήκες που αναπτύχθηκαν από το μοντέλο, έδειξαν και στις τρεις περιοχές μελέτης επικράτηση συνθηκών θερμικής άνεσης τις πρωινές και μεσημβρινές ώρες, ενώ κατά περίπτωση, τις πρώτες μεταμεσημβρινές ώρες εμφάνισαν συνθήκες θερμικής

δυσφορίας λόγω αυξημένης θερμοκρασίας. Μετά τις 16:00LST οι τιμές των δεικτών μειώθηκαν σε επίπεδα χαμηλότερα των αποδεκτών τιμών που εμφανίζουν οι συγκεκριμένοι δείκτες στη διάρκεια της ψυχρής περιόδου. Συμπερασματικά, διαπιστώνεται ότι και κατά τη διάρκεια της ψυχρής ημέρας. Συμπερασματικά, διαπιστώνεται ότι και κατά τη διάρκεια της ψυχρής ημέρας οι υπολογισμοί του μοντέλου διαμόρφωσαν υψηλότερες τιμές θερμοκρασίας αέρα και βιοκλιματικών δεικτών στην πλ. Ηρούς. Για την πλ. Λαμπρινής και το Άλσος Ν. Φιλαδέλφειας τα αποτελέσματα της εφαρμογής ελάχιστα μικρότερες τιμές θερμοκρασίας αέρα, αλλά πολύ κοντινές μεταξύ τους και ελάχιστα διαφοροποιημένες μεταξύ τους τιμές βιοκλιματικών δεικτών.

4.8.5 Αξιολόγηση προτάσεων παρεμβάσεων -διορθωτικών επεμβάσεων – ανάπλασης υπαίθριων χώρων με βάση βιοκλιματικά κριτήρια

Η έρευνα της πορείας διακύμανσης των τιμών της θερμοκρασίας αέρα και η αξιολόγηση των επιπέδων τιμών περιβαλλοντικών συνθηκών που διαμορφώθηκαν στις περιοχές μελέτης έδειξαν πως στην πλ. Λαμπρινής και στο Άλσος Ν. Φιλαδέλφειας διαμορφώνονται ελαφρά πιο ευνοϊκές συνθήκες θερμικής αίσθησης σχετικά με αυτές που διαμορφώνονται στην πλ. Ηρούς. Σε αυτό το αποτέλεσμα συμβάλλει η συνολική διαμόρφωση του χώρου, που αποτελείται από διάφορα επίπεδα ποικίλων διαμορφώσεων, όπως τα υλικά κάλυψης του εδάφους που είναι εναλλαγές από γρασιδί, χώμα ή πλάκες τσιμέντου, το είδος και η πυκνότητα της βλάστησης και τέλος η ύπαρξη υδάτινου στοιχείου (σιντριβάνι στην πλ. Λαμπρινής και λίμνη στο Άλσος) που βρίσκονται στο κέντρο των περιοχών μελέτης. Βέβαια πίδακας νερού υπάρχει και στην πλ. Ηρούς βρίσκεται όμως στην άκρη της πλατείας σε σημείο που κοντά δεν βρίσκονται τοποθετημένα καθίσματα για τους επισκέπτες της πλατείας. Επιπλέον, πέρα από τα παραπάνω χαρακτηριστικά που ευνοούν τις περιβαλλοντικές συνθήκες, η πλατεία Λαμπρινής διαθέτει χώρους για δραστηριότητες, όπως παιδική χαρά, γήπεδο και χώρο περιπάτων ενώ το τμήμα του Άλσους που ερευνάται ευνοεί αθλητικές δραστηριότητες για παιδιά και μεγάλους. Όσον αφορά την πλ. Λαμπρινής φαίνεται πως πληροί όλα εκείνα τα στοιχεία που ευνοούν όχι μόνο τη θερμική άνεση αλλά και τη διάθεση των ανθρώπων να επισκεφτούν έναν αστικό υπαίθριο χώρο. Γι' αυτό το λόγο συγκεντρώνει τον περισσότερο κόσμο εντός του 24-ώρου και τις δύο περιόδους του χρόνου. Παρόλα αυτά, δυσμενείς περιβαλλοντικές συνθήκες επικρατούν και στην πλ. Λαμπρινής κυρίως κατά τη διάρκεια της θερμής περιόδου του έτους.

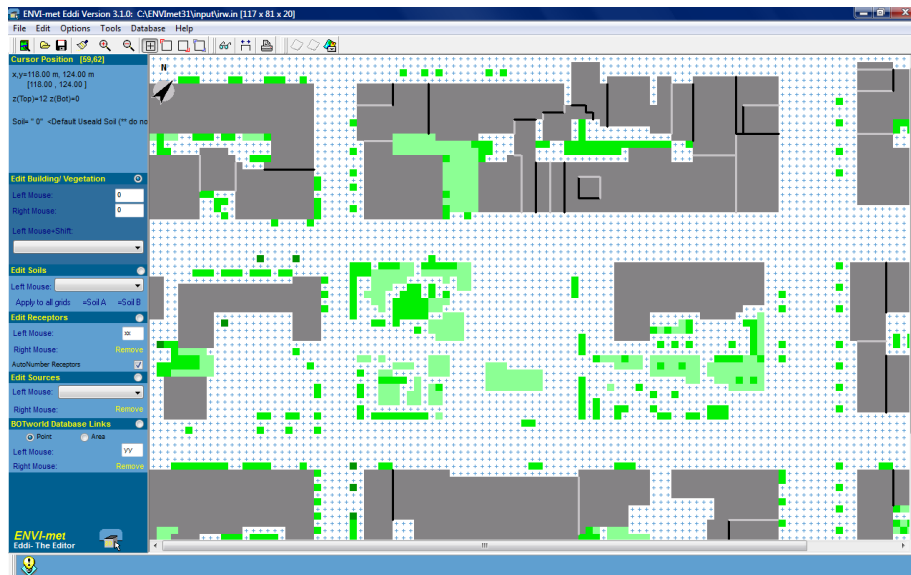
Η πλ. Ηρούς από την άλλη πλευρά είναι η περιοχή που εμφάνισε τις πιο δυσμενείς περιβαλλοντικές συνθήκες κυρίως κατά τη διάρκεια της θερμής περιόδου. Σε αντίθεση με την πλ. Λαμπρινής, η συγκεκριμένη πλατεία δεν αποτελείται από πολλά επίπεδα διαφορετικών διαμορφώσεων ούτε διαθέτει πολυάριθμα δέντρα μεγάλου ύψους. Ωστόσο, είναι μία νεοσύστατη πλατεία που έχει τη δυνατότητα βελτίωσης και γι' αυτό το λόγο στη συνέχεια εξετάζεται ως προς τις περιβαλλοντικές

συνθήκες που διαμορφώνονται κατόπιν παρεμβάσεων βελτίωσης. Στη συνέχεια, προτάθηκαν δύο βελτιωτικές παρεμβάσεις ανάπλασης της πλατείας που βασίστηκαν στον οδηγό μελετών «Πρόγραμμα Βιοκλιματικών Αναβαθμίσεων Δημόσιων Ανοιχτών Χώρων» (ΚΑΠΕ, 2011). Οι παρεμβάσεις έγιναν με σκοπό τη μείωση της θερμοκρασίας κατά τη θερμή περίοδο αλλά στη διατήρησή της όσο το δυνατόν κατά τη ψυχρή, δεδομένου πως τότε διαμορφώνονται αποδεκτές περιβαλλοντικές συνθήκες στην υφιστάμενη κατάσταση της πλατείας. Οι παρεμβάσεις εστίασαν στα υλικά κάλυψης του εδάφους και στον έλεγχο της ηλιακής ακτινοβολίας εξασφαλίζοντας την απαιτούμενη σκίαση κατά τη θερμή περίοδο συνδυαζόμενη με την εξασφάλιση συνθηκών ικανοποιητικής έκθεσης σε ηλιακή ακτινοβολία κατά τη διάρκεια της ψυχρής περιόδου. Έτσι, όσον αφορά τα υλικά κάλυψης του εδάφους αντικαταστάθηκαν όλες οι πλάκες τσιμέντου με πιο ψυχρά υλικά, ενώ τα σημεία με πλάκες κυβόλιθων διατηρήθηκαν για αισθητικούς λόγους, αλλά και επειδή στα σημεία αυτά που ως επί το πλείστον είναι χώροι ανάπαυσης των επισκεπτών υπάρχει σκίαση λόγω βλάστησης και ως εκ τούτου η αύξηση της επιφανειακής θερμοκρασίας του υλικού λόγω απορρόφησης της ηλιακής ακτινοβολίας δεν είναι μεγάλη. Όσον αφορά την προσθήκη βλάστησης, αυτή επιλέχτηκε να είναι φυλλοβόλα δέντρα, με πυκνή φυλλωσιά και ύψος περίπου τεσσάρων με έξι μέτρων, ώστε να προσφέρεται η απαιτούμενη σκίαση με παράλληλη μείωση της θερμοκρασίας κατά τη θερμή περίοδο αλλά την εξασφάλιση συνθηκών ικανοποιητικής έκθεσης σε ηλιακή ακτινοβολία κατά τη διάρκεια της ψυχρής περιόδου. Οι δύο βελτιωτικές παρεμβάσεις διαφοροποιούνται ως προς το ποσοστό κάλυψης της περιοχής μελέτης με βλάστηση. Έτσι, ενώ στην υφιστάμενη κατάσταση η βλάστηση καλύπτει περίπου το 15% της συνολικής έκτασης της πλατείας, στην ‘Παρέμβαση 1’ πραγματοποιήθηκε προσθήκη βλάστησης, ώστε τελικά η βλάστηση στην περιοχή μελέτης να καλύπτει το 30% της συνολικής της έκτασης και στην ‘Παρέμβαση 2’ το συνολικό ποσοστό κάλυψης της πλατείας με βλάστηση να καλύπτει το 50%.

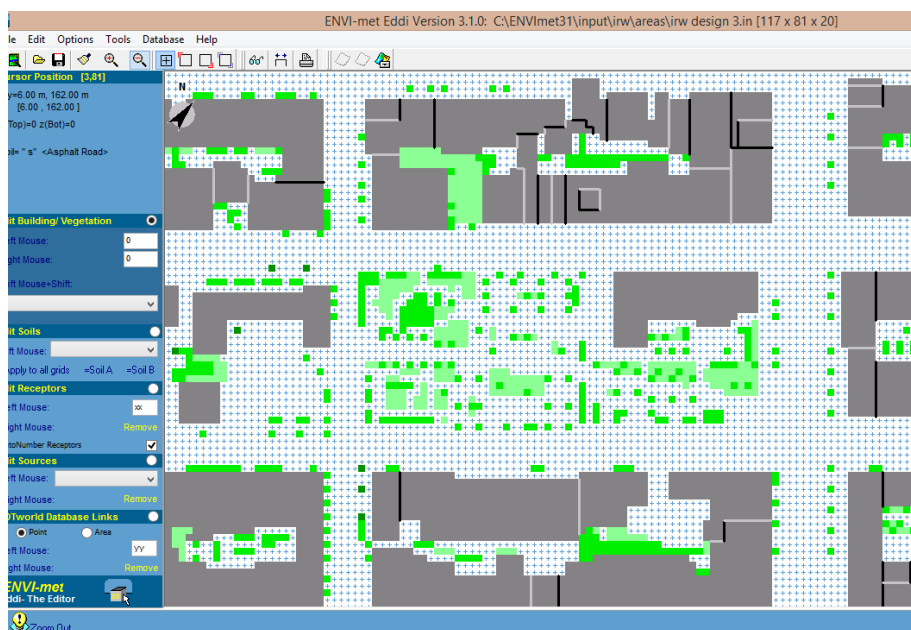
4.8.5.1 Συνθήκες θερμικής άνεσης μετά τις παρεμβάσεις βελτίωσης

4.8.5.1.1 Παρέμβαση 1

Στις Εικόνες 4.8 και 4.9 παρουσιάζεται η υφιστάμενη κατάσταση και η προτεινόμενη ανάπλαση της πλ. Ηρούς, ‘Παρέμβαση 1’, που περιλαμβάνει την προσθήκη βλάστησης που καλύπτει το 30% της συνολικής έκτασης της πλατείας, αντίστοιχα, σε ψηφιοποιημένη μορφή μέσω του ENVI-met 3.1.



Εικόνα 4.8 Υφιστάμενη κατάσταση πλ. Ηρούς (Area input file – ENVI-met 3.1)

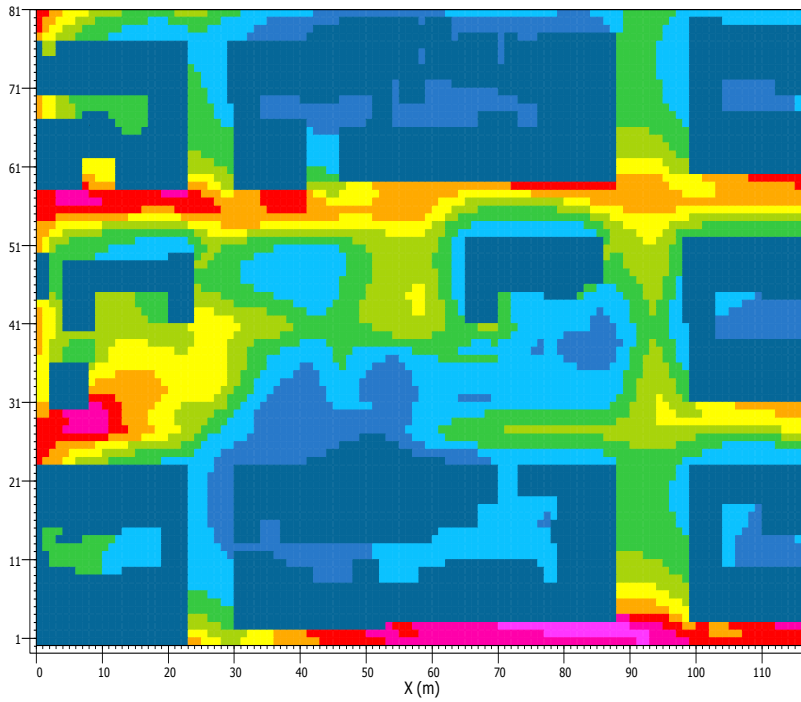


Εικόνα 4.9 ‘Παρέμβαση 1’ ανάπλασης πλ. Ηρούς (Area input file – ENVI-met 3.1)

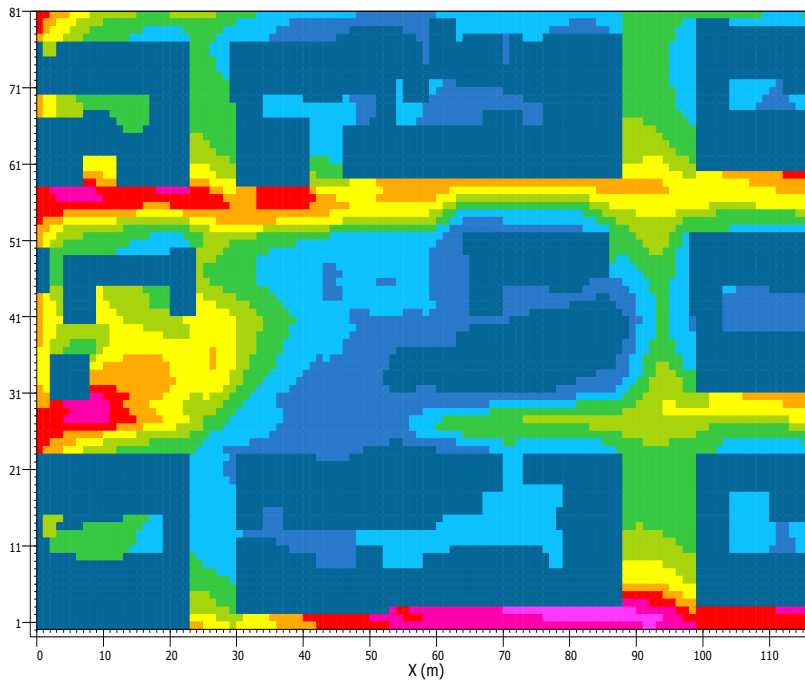
Προκειμένου να διαπιστωθεί η μεταβολή - βελτίωση των περιβαλλοντικών συνθηκών μετά τις παρεμβάσεις βελτίωσης, έγινε νέα προσομοίωση μέσω του μοντέλου ENVI-met 3.1 τις ίδιες ημερομηνίες που έγινε προηγουμένως η σύγκριση των περιβαλλοντικών συνθηκών στις τρεις περιοχές μελέτης, δηλαδή στις 24.07.2011 και στις 20.11.2010, τυπικές ημέρες που αντιστοιχήθηκαν για τη ψυχρή και τη θερμή περίοδο του έτους.

Στις Εικόνες 4.10, 4.11, 4.12 και 4.13 παρουσιάζεται η εξέλιξη μεταβλητότητας της θερμοκρασίας αέρα πριν και μετά τις παρεμβάσεις βελτίωσης μέσω του λογισμικού οπτικοποίησης Leonardo για την τυπική ημέρα της θερμής περιόδου και στις εικόνες 4.14, 4.15, 4.16 και 4.17 παρουσιάζεται η αντίστοιχη εξέλιξη πριν και μετά τις παρεμβάσεις βελτίωσης για την τυπική ημέρα της ψυχρής περιόδου. Οι εικόνες παρουσιάζουν την εξέλιξη μεταβλητότητας της θερμοκρασίας αέρα ενδεικτικά τις ώρες 09:00, 12:00, 15:00 και 18:00LST σε όλη την έκταση της πλατείας και σε ύψος 1.6m από την επιφάνεια του εδάφους.

irw2 09:00:01 24.07.:
x/y cut at z= 4

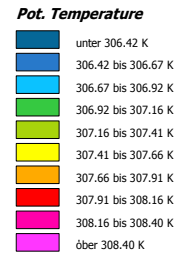
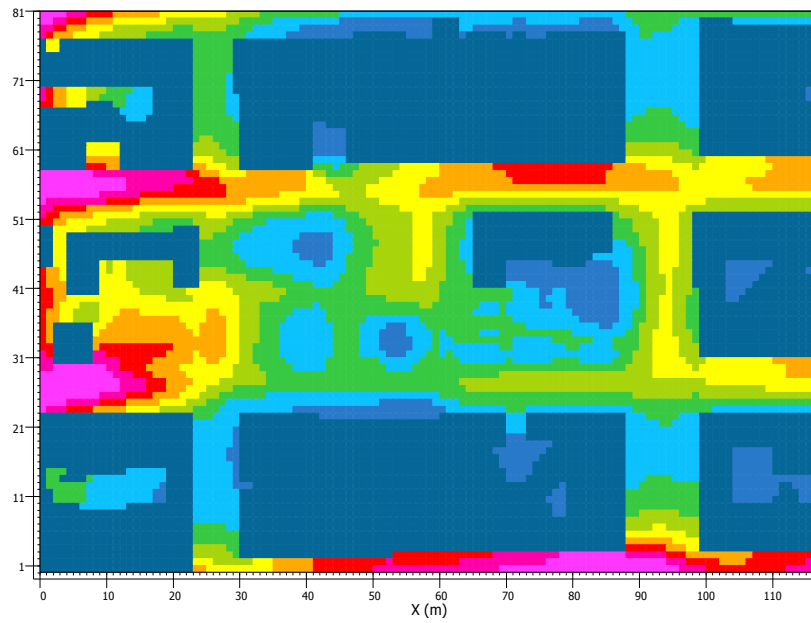


irw2 09:00:01 24.07.2011
x/y cut at z= 4

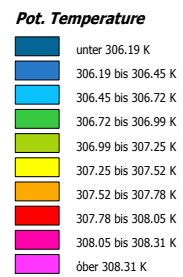
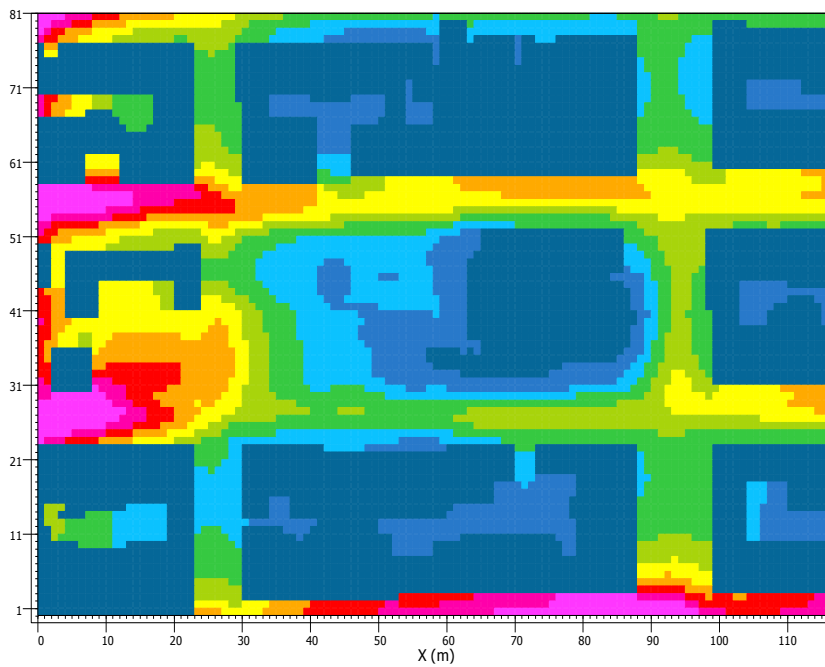


Εικόνα 4.10 Χωρική κατανομή της θερμοκρασίας σε ύψος 1.60m στις 24.07.2011, ώρα 09:00LST της υφιστάμενης κατάστασης (άνω τμήμα) και της ‘Παρέμβασης 1’ (κάτω τμήμα) [Πηγή : Leonardo]

irw2 12:00:01 24.07.2011
x/y cut at z= 4

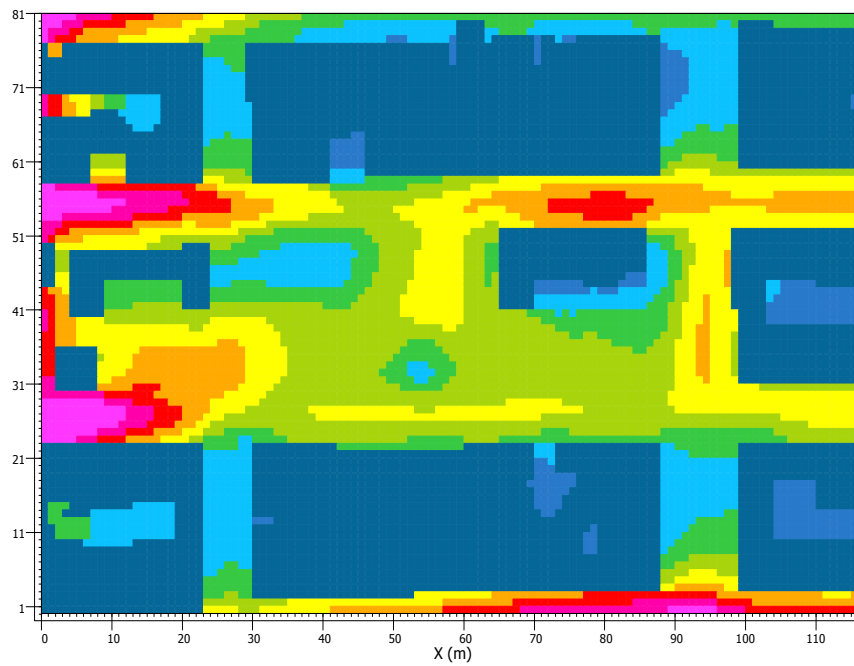


irw2 12:00:01 24.07.2011
x/y cut at z= 4

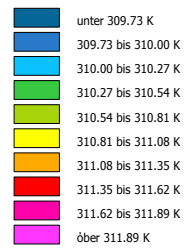


Εικόνα 4.11 Χωρική κατανομή της θερμοκρασίας σε ύψος 1.60m στις 24.07.2011, ώρα 12:00LST της υφιστάμενης κατάστασης (άνω τμήμα) και της ‘Παρέμβασης 1’ (κάτω τμήμα) [Πηγή : Leonardo]

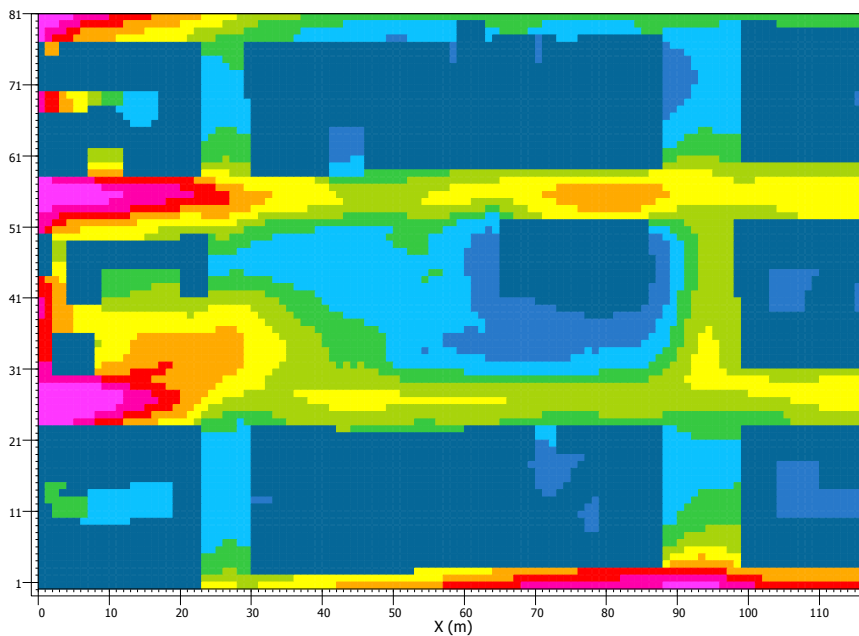
irw2 15:00:01 24.07.2011
x/y cut at z= 4



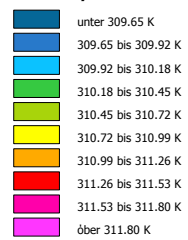
Pot. Temperature



irw2 15:00:01 24.07.2011
x/y cut at z= 4

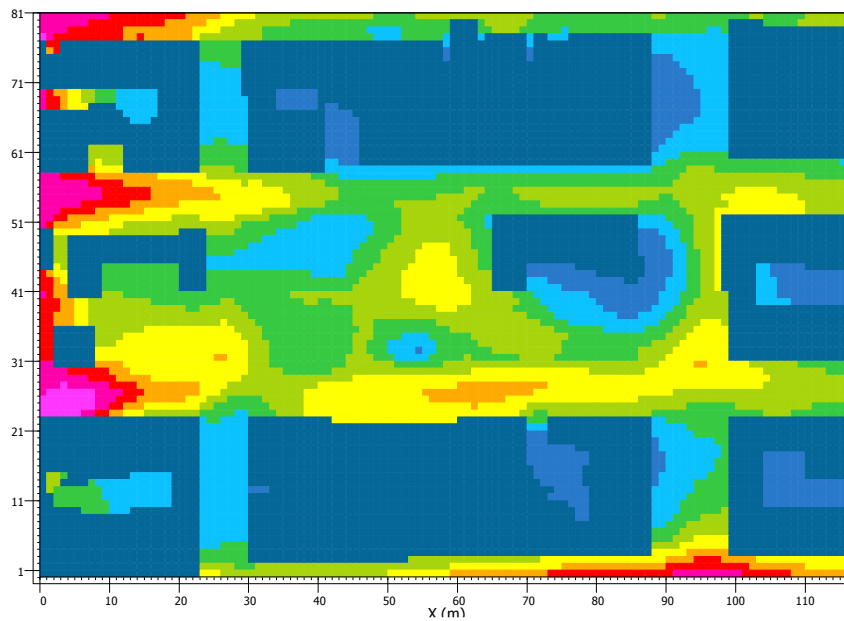


Pot. Temperature

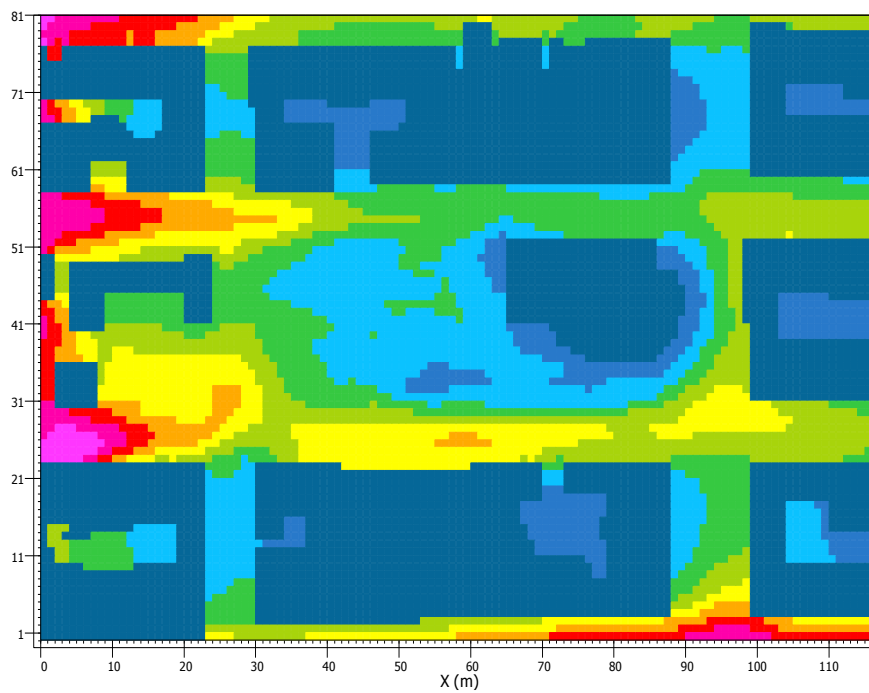


Εικόνα 4.12 Χωρική κατανομή της θερμοκρασίας σε ύψος 1.60m στις 24.07.2011, ώρα 15:00LST της υφιστάμενης κατάστασης (άνω τμήμα) και της ‘Παρέμβασης 1’ (κάτω τμήμα) [Πηγή : Leonardo]

irw2 18:00:01 24.07.2011
x/y cut at z= 4

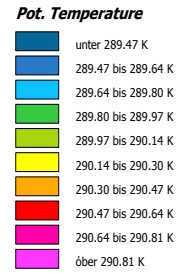
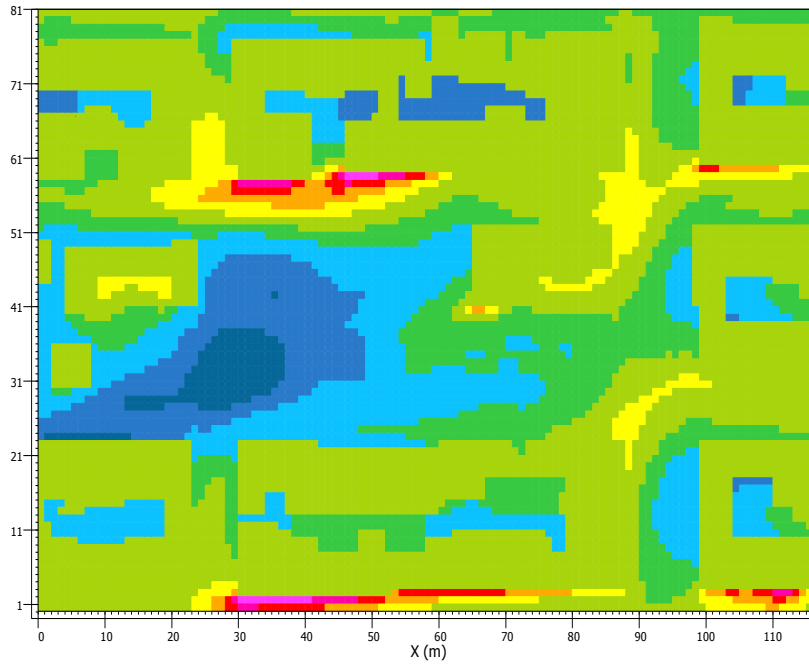


irw2 18:00:01 24.07.2011
x/y cut at z= 4

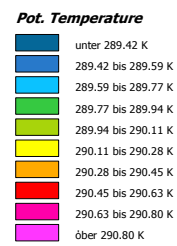
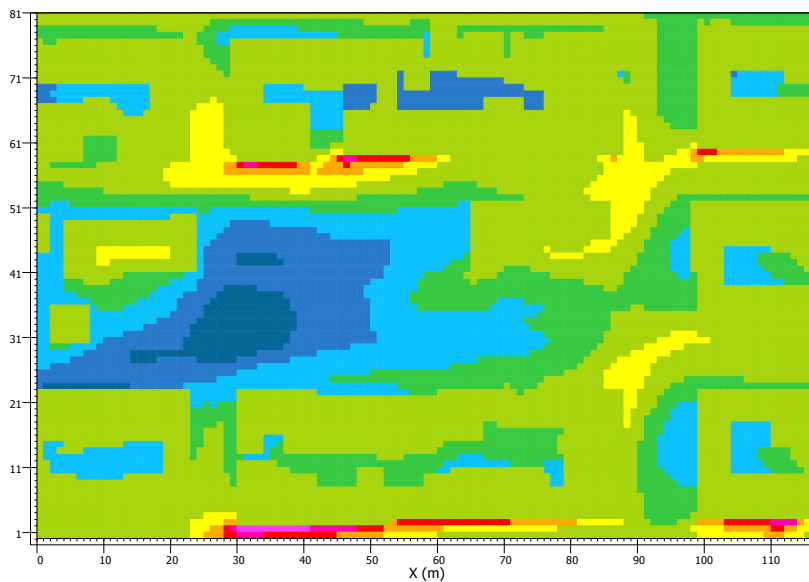


Εικόνα 4.13 Χωρική κατανομή της θερμοκρασίας σε ύψος 1.60m στις 24.07.2011, ώρα 18:00LST της υφιστάμενης κατάστασης (άνω τμήμα) και της ‘Παρέμβασης 1’ (κάτω τμήμα) [Πηγή : Leonardo]

irw20.11 09:00:01 20.11.2010
x/y cut at z= 4

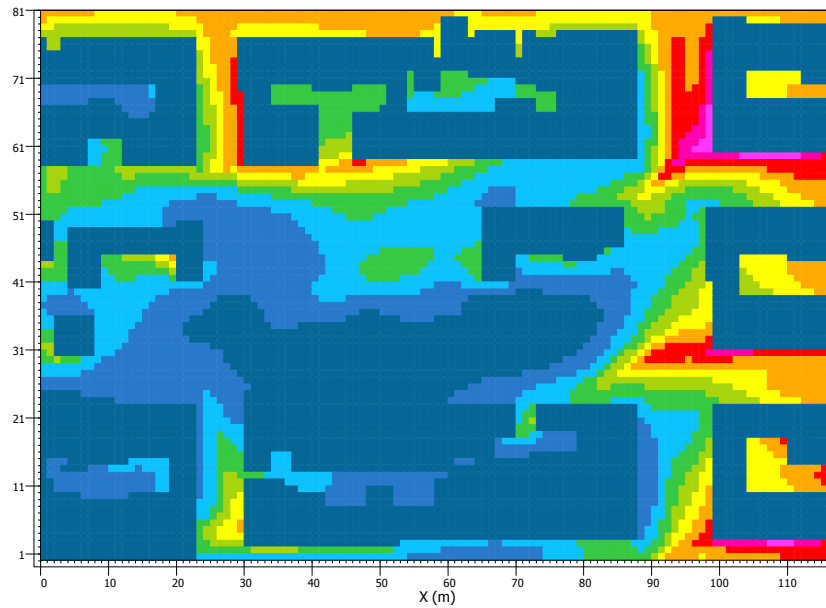


irw20.11 design3 09:00:01
20.11.2010
x/y cut at z= 4

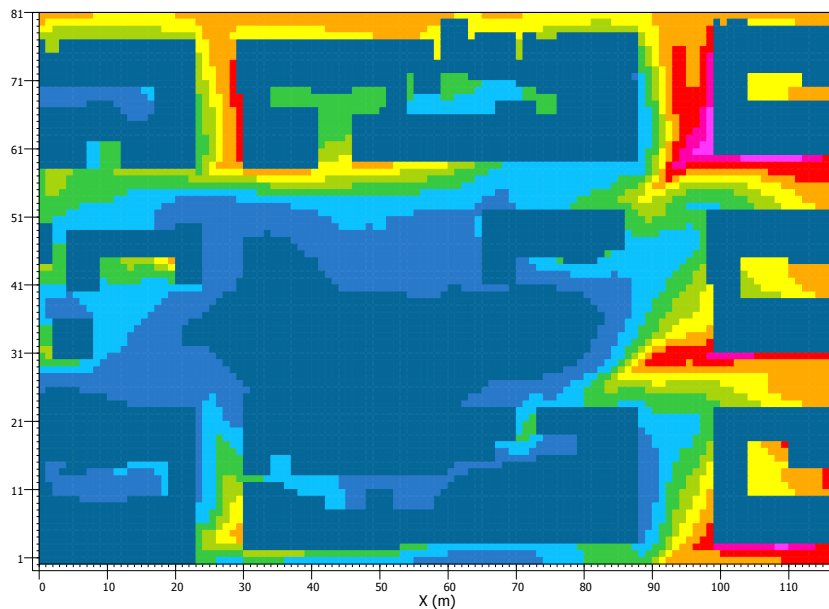


Εικόνα 4.14 Χωρική κατανομή της θερμοκρασίας σε ύψος 1.60m στις 20.11.2010, ώρα 09:00LST της υφιστάμενης κατάστασης (άνω τμήμα) και της ‘Παρέμβασης 1’ (κάτω τμήμα) [Πηγή : Leonardo]

irw20.11 12:00:01 20.11.2010
x/y cut at z= 4

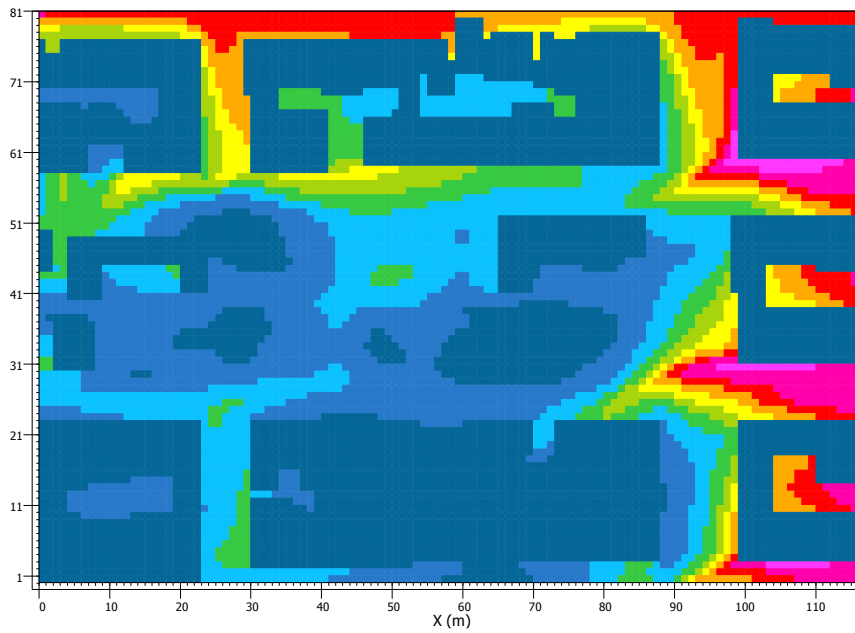


irw20.11 design3 12:00:01
20.11.2010
x/y cut at z= 4

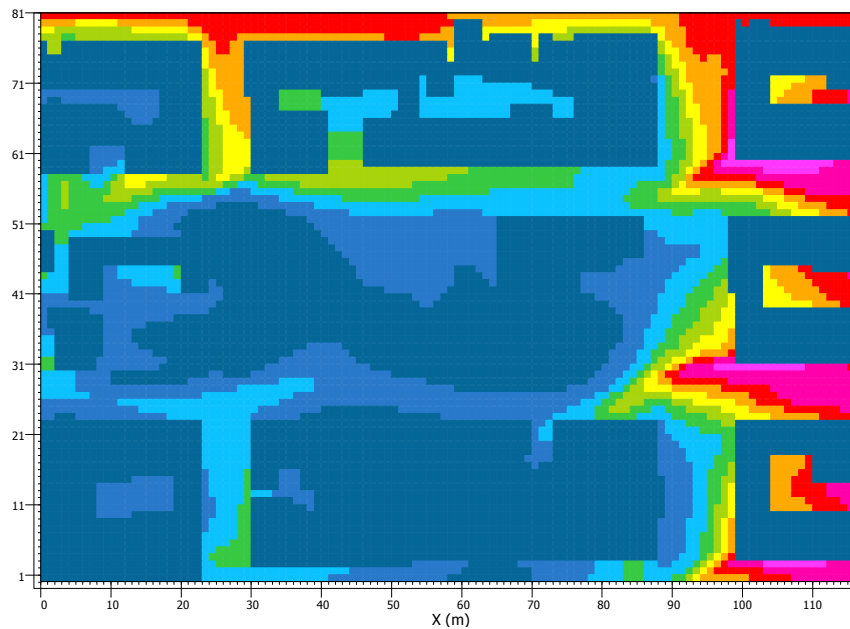


Εικόνα 4.15 Χωρική κατανομή της θερμοκρασίας σε ύψος 1.60m στις 20.11.2010, ώρα 12:00LST της υφιστάμενης κατάστασης (άνω τμήμα) και της ‘Παρέμβασης 1’ (κάτω τμήμα) [Πηγή : Leonardo]

irw20.11 15:00:01 20.11.2010
x/y cut at z= 4

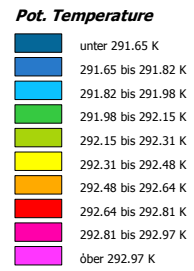
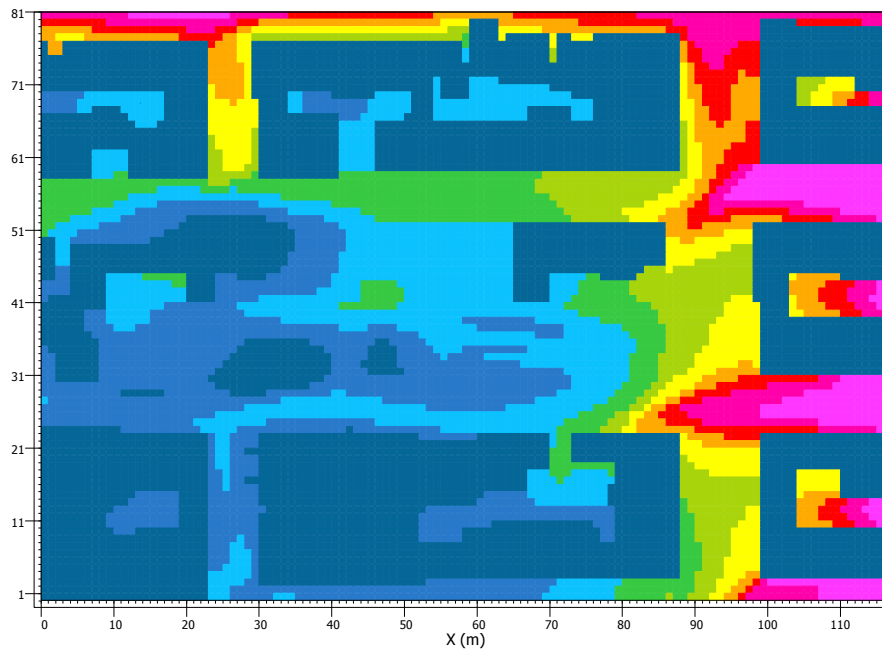


irw20.11 design3 15:00:01
20.11.2010
x/y cut at z= 4

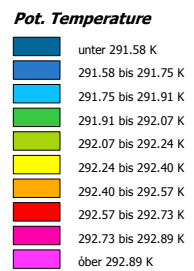
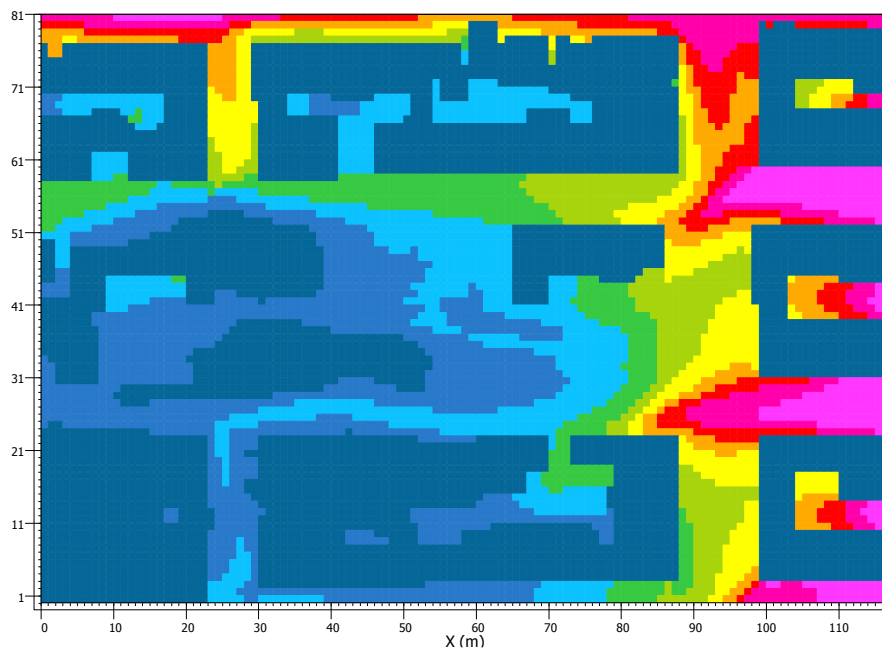


Εικόνα 4.16 Χωρική κατανομή της θερμοκρασίας σε ύψος 1.60m στις 20.11.2010, ώρα 15:00LST της υφιστάμενης κατάστασης (άνω τμήμα) και της ‘Παρέμβασης 1’ (κάτω τμήμα) [Πηγή : Leonardo]

irw20.11 18:00:01 20.11.2010
x/y cut at z= 4



irw20.11 design3 18:00:01
20.11.2010
x/y cut at z= 4



Εικόνα 4.17 Χωρική κατανομή της θερμοκρασίας σε ύψος 1.60m στις 20.11.2010, ώρα 18:00LST της υφιστάμενης κατάστασης (άνω τμήμα) και της ‘Παρέμβασης 1’ (κάτω τμήμα) [Πηγή : Leonardo]

Στους πίνακες και τα διαγράμματα που ακολουθούν παρουσιάζονται οι βελτιώσεις στη θερμοκρασία αέρα και στη θερμική αίσθηση που προκάλεσε η ‘Παρέμβαση 1’, η πρώτη πρόταση σχεδιασμού αναβάθμισης της πλατείας. Θα πρέπει να σημειωθεί πως κατά την πρόταση αναβάθμισης έχει μεταβληθεί το αρχικό υλικό κάλυψης του εδάφους που τοποθετείται ο φορητός μικροκλιματικός σταθμός και που έχει αποτελέσει έως τώρα το σημείο αναφοράς για τη σύγκριση των μικροκλιματικών παραμέτρων. Έτσι, από πλάκα κυβόλιθου που ήταν στην υφιστάμενη κατάσταση έχει πλέον αντικατασταθεί σε πηλώδες έδαφος και το σημείο αυτό αναφέρεται στη συνέχεια ως ‘σημείο 1’ για να διακρίνεται από το ‘σημείο 2’ που αποτελεί το δεύτερο επιλεγμένο σημείο σύγκρισης. Το ‘σημείο 2’ αποτελείται επίσης από πηλώδες έδαφος είναι όμως προστατευμένο από την ηλιακή ακτινοβολία κατά τη διάρκεια της τυπικής ημέρας της θερμής περιόδου, λόγω της τοποθέτησης πλησίον του σημείου αυτού δέντρου τεσσάρων μέτρων με πυκνή φυλλωσιά. Στην υφιστάμενη κατάσταση επικρατούν οι ίδιες περιβαλλοντικές συνθήκες στα δύο σημεία, 1 και 2, σύμφωνα με την περιβαλλοντική προσομοίωση του μοντέλου. Όσον αφορά την επιλεγμένη τυπική ημέρα της θερμής περιόδου, η μέση ημερήσια θερμοκρασία αέρα παρουσίασε μείωση κατά 0.5°C στα δύο σημεία και στην πρόταση σχεδιασμού μειώθηκε στους 30.1 °C (Πίνακας 4.26). Τα δύο σημεία παρουσίασαν την ίδια μέση ωριαία τιμή θερμοκρασίας, γιατί σύμφωνα με τα αποτελέσματα του μοντέλου βρίσκονται πάντα μέσα στο ίδιο διάστημα τιμών θερμοκρασίας αέρα. Έτσι, δεν είναι δυνατή η περαιτέρω διάκριση της μεταξύ τους διαφοράς τιμών. Σύμφωνα με την ‘Παρέμβαση 1’, μεγαλύτερη μείωση της θερμοκρασίας παρατηρήθηκε τις μεσημβρινές ώρες (Πίνακας 4.26) που ουσιαστικά είναι το ζητούμενο των προτεινόμενων βελτιωτικών σχεδιασμών δεδομένου πως αυτές τις ώρες οι τιμές της θερμοκρασίας υπερβαίνουν το αποδεκτό θερμοκρασιακό εύρος προκαλώντας θερμική δυσφορία. Συγκρίνοντας την υφιστάμενη κατάσταση και την ‘Παρέμβαση 1’, διαπιστώνονται τα εξής:

- Για την επιλεγθήσα τυπική ημέρα της θερμής περιόδου, στο διάστημα 09:00-17:00LST παρατηρήθηκε μείωση 2.3% (0.8°C) και στο διάστημα 11:00-16:00LST, όπου παρατηρείται και το μέγιστο της ηλιοφάνειας, η μείωση που παρατηρήθηκε ανήλθε στο 2.5% (0.9 °C) (Πίνακας 4.26).
- Αντίστοιχα, για την τυπική ημέρα της ψυχρής περιόδου που έχει επιλεγθεί στο διάστημα 09:00 – 17:00LST παρατηρήθηκε μείωση της θερμοκρασίας αέρα κατά 3.6% (0.7 °C), ενώ στο διάστημα μέγιστης ηλιοφάνειας της ημέρας (11:00-15:00LST) η διαπιστωθείσα μείωση ανήλθε στο 4% (0.8 °C) (Πίνακας 4.26).

Συμπερασματικά, διαπιστώνεται ότι από την εφαρμογή του ENVI-met 3.1 για τις επιλεγθείσες δύο αντιπροσωπευτικές ημέρες, μικρή επίτευξη μείωση της θερμοκρασίας αέρα. Πιο συγκεκριμένα, οι επιτευχθείσες ποσοστιαίες μειώσεις κυμάνθηκαν μεταξύ 2.3% και 2.5% για την τυπική ημέρα της θερμής περιόδου και μεταξύ 3.6% και 4% για την τυπική ημέρα της ψυχρής περιόδου.

Στον Πίνακα 4.26 παρουσιάζονται αναλυτικά οι ωριαίες μεταβολές της θερμοκρασίας αέρα μεταξύ υφιστάμενης κατάστασης και ‘Παρέμβασης 1’ για τις δύο εξεταζόμενες ημέρες.

Πίνακας 4.26 Σύγκριση πορείας διακύμανσης της θερμοκρασίας αέρα στην υφιστάμενη κατάσταση και στην ‘Παρέμβαση 1’.

Ωρα	Τυπική ημέρα θερμής περιόδου			Τυπική ημέρα ψυχρής περιόδου	
	Υφιστάμενη κατάσταση (°C)	‘Παρέμβαση 1’ (°C)		Υφιστάμενη κατάσταση (°C)	‘Παρέμβαση 1’ (°C)
		Σημείο 1	Σημείο 2		
02:00	22.8	22.6	22.6	16.4	16.2
03:00	22.9	22.7	22.7	16.2	16.2
04:00	23.0	22.8	22.8	16.1	16.0
05:00	23.1	22.9	22.9	16.0	15.9
06:00	23.3	23.0	23.0	15.9	15.9
07:00	24.2	23.9	23.9	15.9	15.8
08:00	26.5	26.2	26.2	15.8	15.8
09:00	28.3	27.6	27.6	16.6	16.4
10:00	30.2	29.4	29.4	18.1	17.6
11:00	32.2	31.3	31.3	18.5	18.1
12:00	34.1	33.2	33.2	19.9	18.9
13:00	35.7	34.8	34.8	20.7	19.7
14:00	36.9	36.0	36.0	21.1	20.1
15:00	37.8	36.9	36.9	20.8	20.1
16:00	37.7	36.8	36.8	20.1	19.7
17:00	37.0	36.2	36.2	19.3	18.9
18:00	35.7	35.2	35.2	18.8	18.5
19:00	34.3	33.8	33.8	18.5	18.3
20:00	33.2	32.7	32.7	18.1	17.6
21:00	32.4	32.2	32.2	17.8	17.6
22:00	32.0	31.6	31.6	17.7	17.6
23:00	31.5	31.1	31.1	18.1	17.6
Μέση θερμοκρασία	30.7	30.1	30.1	18.0	17.7

Στον Πίνακα 4.27α παρουσιάζεται συγκεντρωτικά η πορεία μεταβλητότητας της θερμικής αίσθησης όπως αυτή αξιολογείται από τους τέσσερις βιοκλιματικούς δείκτες, πριν και μετά την ‘Παρέμβαση 1’ για την τυπική ημέρα της θερμής περιόδου. Αρχικά, οι τέσσερις βιοκλιματικοί δείκτες υπολογίζουν τις συνθήκες θερμικής αίσθησης πριν και μετά την ‘Παρέμβαση 1’ στα δύο επιλεγμένα σημεία. Στη συνέχεια του κεφαλαίου για πιο λεπτομερή αξιολόγηση επιλέχθηκε ο δείκτης UTCI να μελετηθεί αναλυτικά κάθε κατηγορία θερμικής αίσθησης που διαμορφώνεται στα δύο σημεία και να γίνει σύγκριση των μεταβολών που προκύπτουν σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση.

Πίνακας 4.27α Αξιολόγηση της μεταβλητότητας της θερμικής αίσθησης για τους βιοκλιματικούς δείκτες στην υφιστάμενη και στην ‘Παρέμβαση 1’ για την τυπική ημέρα της θερμής περιόδου.

Ώρα (LST)	Εκτίμηση Βιοκλιματικών Δεικτών – Θερμή ημέρα											
	Υφιστάμενη Κατάσταση				‘Παρέμβαση 1’							
	PMV	PET (°C)	SET* (°C)	UTCI (°C)	Σημείο 1				Σημείο 2			
PMV					PET (°C)	SET (°C) *	UTC I (°C)	PMV	PET (°C)	SET* (°C)	UTCI (°C)	
02:00	-0.3	17.8	19.2	20.3	-0.4	17.2	18.3	19.8	-0.4	17.2	18.3	19.8
03:00	-0.3	17.9	19.3	20.3	-0.4	17.3	18.4	19.9	-0.4	17.3	18.4	19.9
04:00	-0.3	17.9	19.3	20.4	-0.4	17.4	18.5	20.0	-0.4	17.5	18.5	20
05:00	-0.3	18.0	19.4	20.4	-0.3	17.6	18.6	20.1	-0.3	17.6	18.6	20.1
06:00	-0.2	18.4	19.8	20.8	-0.3	17.7	18.9	20.2	-0.3	17.7	18.9	20.2
07:00	0.6	23.4	24.1	24.5	0.3	21.6	22.4	23.5	0.4	21.9	22.8	23.8
08:00	1.8	30.9	30.1	29.3	1.5	29.5	28.6	28.9	1.4	28.9	28.2	28.6
09:00	2.5	35.8	33.4	32.6	2.3	34.2	32.1	31.9	2.3	34.2	32.1	31.9
10:00	3.3	40.2	36.3	35.3	2.9	38.4	34.6	34.6	2.9	38.4	34.6	34.6
11:00	3.8	43.2	37.5	38.0	3.6	42.3	37.2	37.2	3.4	41.2	36.4	36.6
12:00	4.3	46.0	39.1	40.2	4.2	45.7	39.1	39.5	3.2	38.8	34.7	36
13:00	4.7	48.6	40.5	42.1	4.7	48.3	40.6	41.4	4.3	45.6	39	40.1
14:00	5.1	50.7	41.6	43.6	5.0	50.2	41.6	42.8	4.4	46.4	39.4	40.9
15:00	5.4	52.3	42.5	44.8	5.1	50.5	41.6	43.4	4.1	44.2	37.8	40.2
16:00	5.1	50.5	41.4	43.8	4.8	48.8	40.6	42.5	4	43.6	37.3	39.8
17:00	4.4	46.2	38.8	41.4	4.2	45.0	38.3	40.3	4.2	45	38.3	39.5
18:00	3.4	39.8	34.7	37.3	2.8	35.6	31.9	34.7	2.8	35.9	32.2	34.6
19:00	2.1	30.8	28.2	31.3	2.0	30.4	28.1	31.0	2	30.4	28	30.9
20:00	1.8	29.2	27.2	29.9	1.7	28.6	26.7	29.4	1.7	28.6	26.7	29.4
21:00	1.6	28.2	26.5	29.0	1.6	28.0	26.3	28.8	1.6	28	26.3	28.8
22:00	1.5	27.5	26.4	28.5	1.4	27.3	25.8	28.2	1.4	27.3	25.8	28.2
23:00	1.4	26.9	26.0	27.9	1.3	26.6	25.4	27.6	1.3	26.6	25.4	27.6
Μέση εκτίμηση 08:00 – 23:00	3.3	39.2	34.4	35.9	3.0	38.0	33.6	35.1	2.8	36.4	32.6	34.2
Μέση εκτίμηση 12:00 -18:00	4.6	47.7	39.8	41.9	4.4	46.3	39.1	40.7	3.9	42.8	37.0	38.9

Πίνακας 4.27β Ποσοστιαία % μεταβολή των τιμών των βιοκλιματικών δεικτών, μετά από τη σύγκριση της υφιστάμενης κατάστασης με την ‘Παρέμβαση 1’ των σημείων 1 και 2, στη διάρκεια της τυπικής ημέρας της θερμής περιόδου

	‘Παρέμβαση 1’			
	Σημείο 1		Σημείο 2	
	08:00-23:00	12:00-18:00	08:00-23:00	12:00-18:00
Δείκτης	%	%	%	%
PMV	-9.0	-4.3	-15.2	-15.2
PET	-3.1	-2.9	-7.1	-10.3
SET*	-2.3	-1.8	-5.2	-7.0
UTCI	-2.2	-2.9	-4.7	-7.2

Από την αξιολόγηση των αριθμητικών του Πίνακα 4.27β διαπιστώνεται ότι οι τιμές των βιοκλιματικών δεικτών που εκτιμήθηκαν από τα αποτελέσματα της εφαρμογής του μοντέλου ENVI-met 3.1, για όλα τα σημεία αναβάθμισης, διαφοροποιούνται από την υφιστάμενη κατάσταση της επιλεγθείσας τυπικής ημέρας της θερμής περιόδου. Ειδικότερα, η προτεινόμενη αναβάθμιση στο ‘σημείο 2’ εμφάνισε μεγαλύτερες διαφοροποιήσεις, ποσοστιαίες μειώσεις, των τιμών των βιοκλιματικών δεικτών σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση. Είναι αξιοσημείωτο ότι οι ποσοστιαίες μειώσεις εμφανίζονται μεγαλύτερες στη θέση αυτή, μεταξύ των τοπικών ωρών 12:00 και 18:00, διάστημα στη διάρκεια του οποίου καταγράφεται η μεγαλύτερη διάρκεια ηλιοφάνειας για ένα τυπικό 24-ωρο της θερμής περιόδου του έτους. Στον πίνακα 4.28α παρουσιάζεται αναλυτικά η πορεία μεταβλητότητας της θερμικής αίσθησης όπως αυτή αξιολογείται από τους τέσσερις βιοκλιματικούς δείκτες, στην Υφιστάμενη κατάσταση και στην πρόταση αναβάθμισης ‘Παρέμβαση 1’ για την τυπική ημέρα της ψυχρής περιόδου.

Πίνακας 4.28α Αξιολόγηση της μεταβλητότητας της θερμικής αίσθησης για τους βιοκλιματικούς δείκτες στην υφιστάμενη και την αναβαθμισμένη κατάσταση για την τυπική ημέρα της ψυχρής περιόδου.

Ωρα (LST)	Εκτίμηση Βιοκλιματικών Δεικτών – Ψυχρή ημέρα							
	Υφιστάμενη Κατάσταση				‘Παρέμβαση 1’			
	PMV	PET	SET*	UTCI	PMV	PET	SET*	UTCI
02:00	-1.7	10.9	12.9	13.6	-1.7	10.7	12.7	13.4
03:00	-1.7	10.8	13	13.5	-1.7	10.8	13	13.5
04:00	-1.8	10.6	12.6	13.3	-1.8	10.5	12.5	13.2
05:00	-1.7	10.6	12.8	13.3	-1.8	10.5	12.7	13.2
06:00	-1.8	10.5	12.7	13.2	-1.8	10.5	12.7	13.2
07:00	-1.7	10.6	12.8	13.3	-1.8	10.4	12.7	13.2
08:00	-1.7	11.1	13.4	13.8	-1.7	11.1	13.4	13.8
09:00	-1.2	14	16.7	16.4	-1.2	13.8	16.5	16.2
10:00	0.3	22.6	24.9	22.5	0.2	22.1	24.5	22.1
11:00	0.7	25.8	27.6	24.5	0.7	25.3	27.2	24.1
12:00	1.1	27.9	29.1	25.8	0.9	26.8	28.3	25
13:00	1.2	28.4	28.9	26.4	0.9	27.2	28.2	25.6
14:00	1	27.2	27.7	26	0.7	26	26.8	25.2
15:00	0.5	24.3	25.3	24.2	0.4	23.4	24.8	23.6
16:00	-0.3	18.9	20.7	20.4	-0.4	18.5	20.4	20
17:00	-1.1	13.9	15.8	16.1	-1.2	13.5	15.4	15.7
18:00	-1.2	13.5	15.4	15.7	-1.3	13.1	15.1	15.4
19:00	-1.2	13.4	16	15.5	-1.2	13.2	15.7	15.3
20:00	-1.2	13	15.6	15.2	-1.3	12.5	15.1	14.7
21:00	-1.3	12.7	15.4	14.9	-1.3	12.5	15.1	14.7
22:00	-1.3	12.6	15.3	14.9	-1.3	12.5	15.1	14.8
23:00	-1.2	13.1	15.6	15.3	-1.3	12.5	15.1	14.8
Μέση εκτίμηση 08:00 – 23:00	-0.4	18.3	20.2	19.2	-0.5	17.8	19.8	18.8

Πίνακας 4.28β Ποσοστιαία (%) μεταβολή των τιμών των βιοκλιματικών δεικτών, μετά από τη σύγκριση της υφιστάμενης κατάστασης με την ‘Παρέμβαση 1’, στη διάρκεια της τυπικής ημέρας της ψυχρής περιόδου

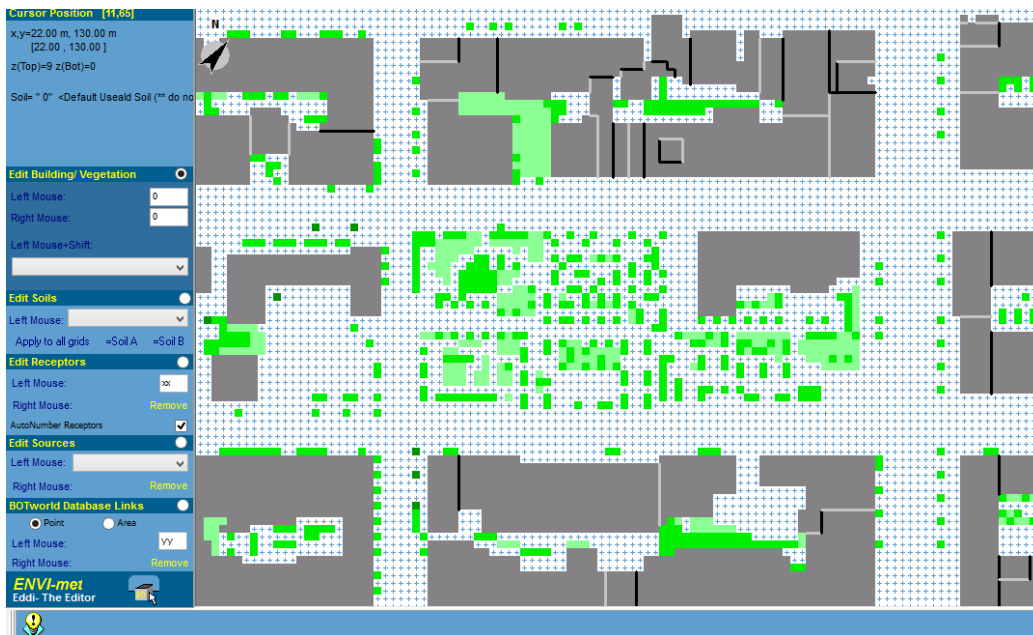
Δείκτης	‘Παρέμβαση 1’	
	08:00 – 23:00	12:00 – 15:00
	%	%
PMV	-25.0	-30.0
PET	-2.7	-4.1
SET*	-2.0	-2.9
UTCI	-2.1	-2.7

Μετά από σύγκριση των αριθμητικών αποτελεσμάτων του Πίνακα 4.28β διαπιστώνεται ότι οι εκτιμήσεις των τιμών των βιοκλιματικών δεικτών, παρουσιάζουν μικρές διαφοροποιήσεις σε σύγκριση με την υφιστάμενη κατάσταση της επιλεγθείσας ημέρας της ψυχρής περιόδου. Οι μεγαλύτερες διαφοροποιήσεις εμφανίζονται στο διάστημα μεταξύ των ωρών 12:00LST και

15:00LST, τις ώρες της ημέρας όπου η ελάττωση αυτή είναι επιθυμητή μιας και σε πολλές περιπτώσεις οι ενδείξεις τους υπερβαίνουν το αποδεκτό εύρος τιμών.

4.8.5.1.2 Παρέμβαση 2

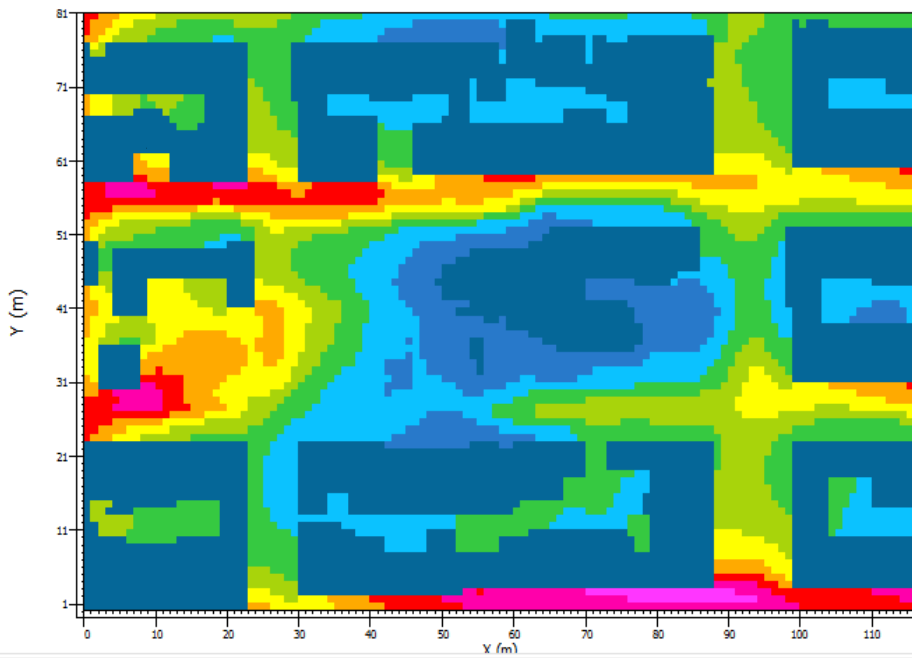
Στην Εικόνα 4.18 παρουσιάζεται η προτεινόμενη ανάπλαση της πλ. Ηρούς, ‘Παρέμβαση 2’, που περιλαμβάνει την προσθήκη βλάστησης που καλύπτει το 50% της συνολικής έκτασης της περιοχής μελέτης, σε ψηφιοποιημένη μορφή μέσω του ENVI-met 3.1.



Εικόνα 4.18 ‘Παρέμβαση 2’ ανάπλασης πλ. Ηρούς (Area input file – ENVI-met 3.1)

Προκειμένου να διαπιστωθεί η μεταβολή - βελτίωση των περιβαλλοντικών συνθηκών μετά τις παρεμβάσεις βελτίωσης, έγινε νέα προσομοίωση μέσω του μοντέλου ENVI-met 3.1 τις ίδιες ημερομηνίες που έγινε προηγουμένως η σύγκριση των περιβαλλοντικών συνθηκών στις τρεις περιοχές μελέτης, δηλαδή στις 24.07.2011 και στις 20.11.2010, τυπικές ημέρες που αντιστοιχήθηκαν για τη ψυχρή και τη θερμή περίοδο του έτους. Στις Εικόνες 4.19, 4.20, 4.21 και 4.22 παρουσιάζεται η εξέλιξη μεταβλητότητας της θερμοκρασίας αέρα μετά τις παρεμβάσεις βελτίωσης της ‘Παρέμβασης 2’ μέσω του λογισμικού οπτικοποίησης Leonardo για την τυπική ημέρα της θερμής περιόδου και στις εικόνες 4.23, 4.24, 4.25 και 4.26 παρουσιάζεται η αντίστοιχη εξέλιξη μετά τις παρεμβάσεις βελτίωσης της ‘Παρέμβασης 2’ για την τυπική ημέρα της ψυχρής περιόδου. Οι εικόνες παρουσιάζουν την εξέλιξη μεταβλητότητας της θερμοκρασίας αέρα ενδεικτικά τις ώρες 09:00, 12:00, 15:00 και 18:00LST σε όλη την έκταση της πλατείας και σε ύψος 1.6m από την επιφάνεια του εδάφους.

irw2 09:00:01 24.07.2011
x/y cut at z = 4

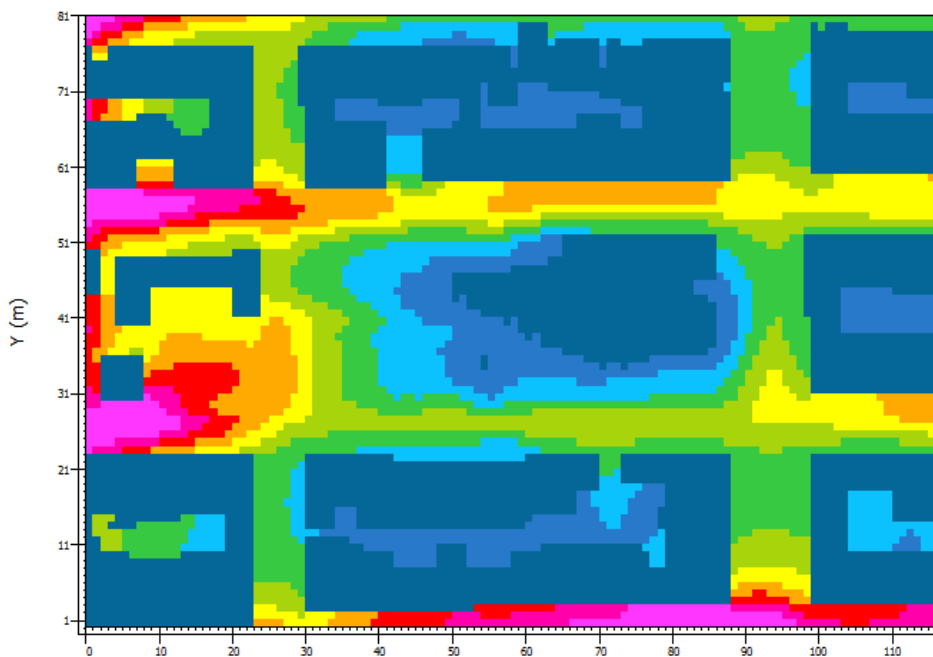


Pot. Temperature



Εικόνα 4.19 Χωρική κατανομή της θερμοκρασίας σε ύψος 1.60m στις 24.07.2011, ώρα 09:00LST της ‘Παρέμβασης 2’ [Πηγή : Leonardo]

irw2 12:00:01 24.07.2011
x/y cut at z = 4

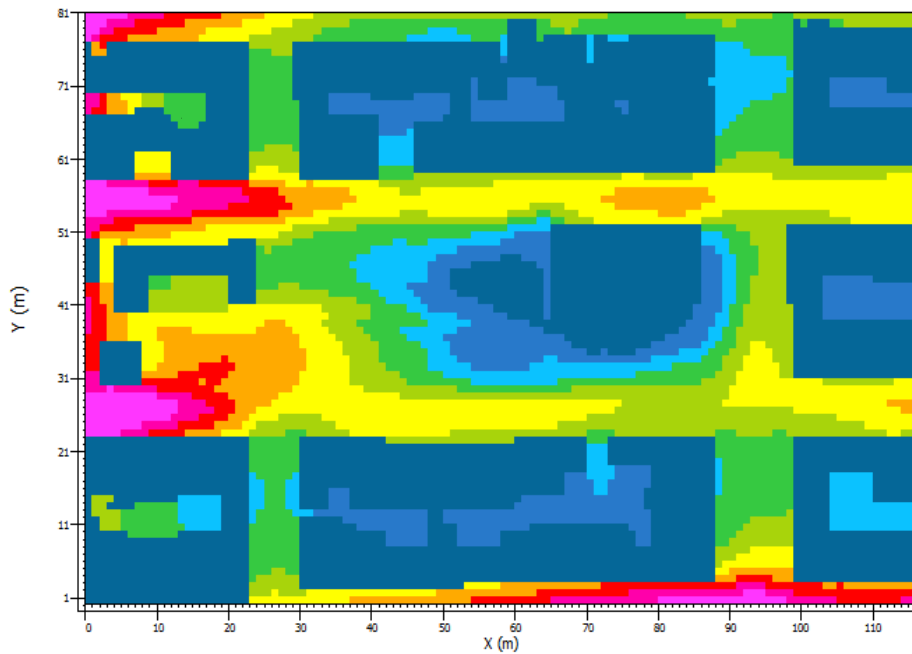


Pot. Temperature



Εικόνα 4.20 Χωρική κατανομή της θερμοκρασίας σε ύψος 1.60m στις 24.07.2011, ώρα 12:00LST της ‘Παρέμβασης 2’ [Πηγή : Leonardo]

irw2 15:00:01 24.07.2011
x/y cut at z = 4

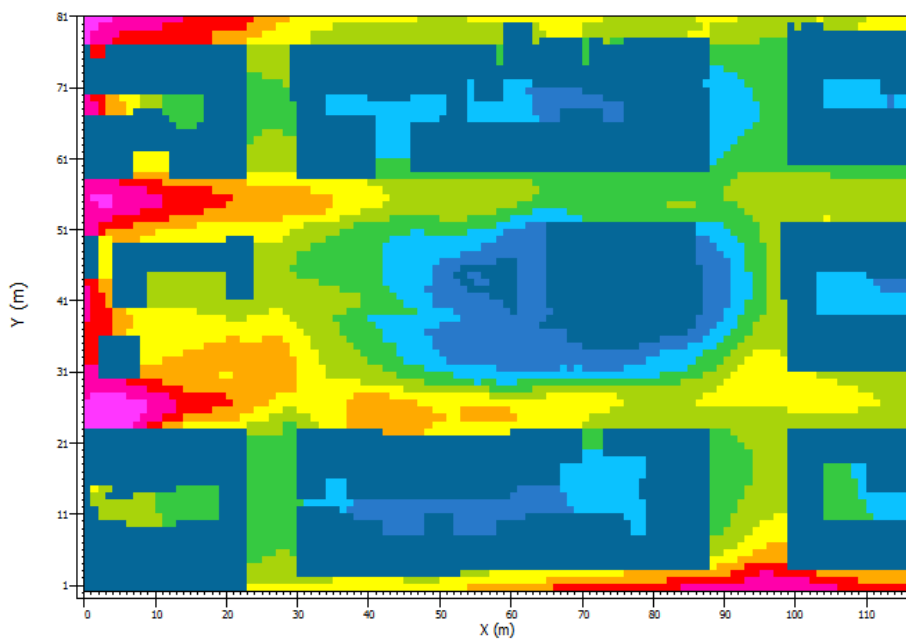


Pot. Temperature



Εικόνα 4.21 Χωρική κατανομή της θερμοκρασίας σε ύψος 1.60m στις 24.07.2011, ώρα 15:00LST της ‘Παρέμβασης 2’ [Πηγή : Leonardo]

irw2 18:00:01 24.07.2011
x/y cut at z = 4

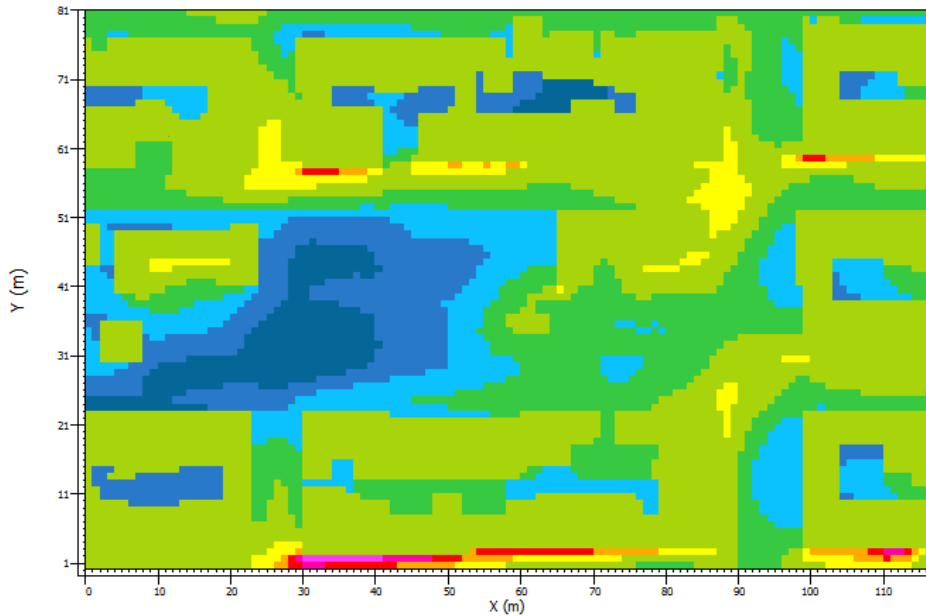


Pot. Temperature



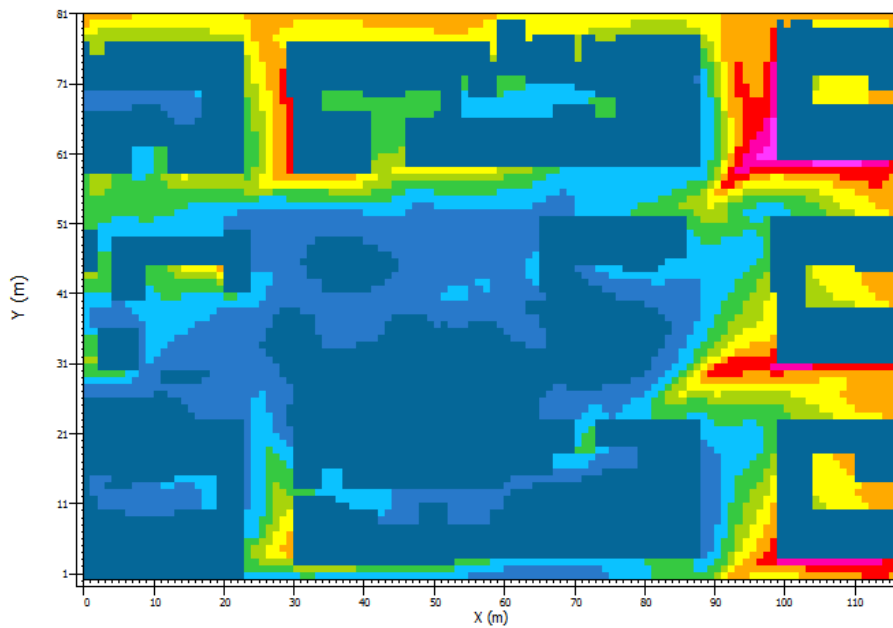
Εικόνα 4.21 Χωρική κατανομή της θερμοκρασίας σε ύψος 1.60m στις 24.07.2011, ώρα 18:00LST της ‘Παρέμβασης 2’ [Πηγή : Leonardo]

irw20.11 design3 09:00:01
20.11.2010
x/y cut at z = 4



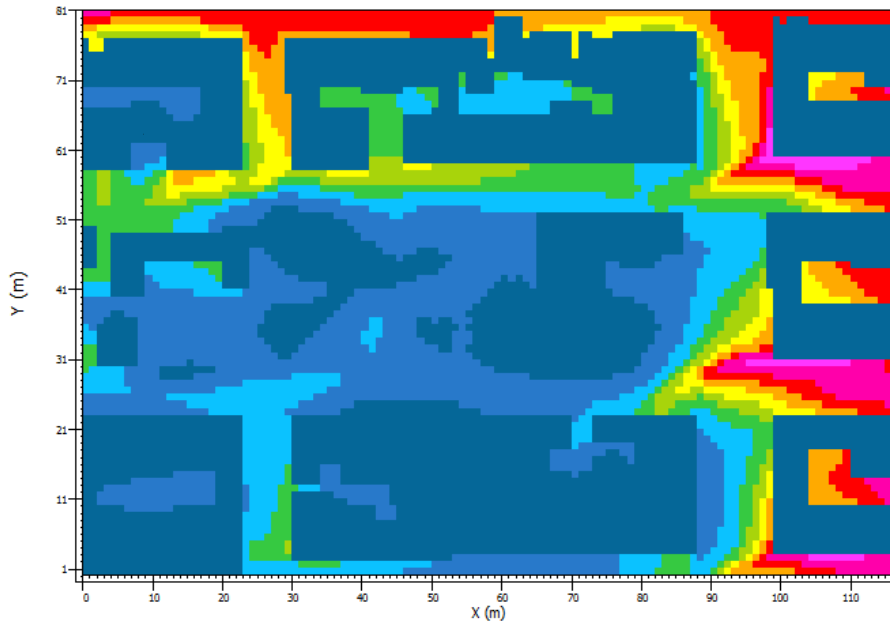
Εικόνα 4.22 Χωρική κατανομή της θερμοκρασίας σε ύψος 1.60m στις 20.11.2010, ώρα 09:00LST της ‘Παρέμβασης 2’ [Πηγή : Leonardo]

irw20.11 design3 12:00:01
20.11.2010
x/y cut at z = 4



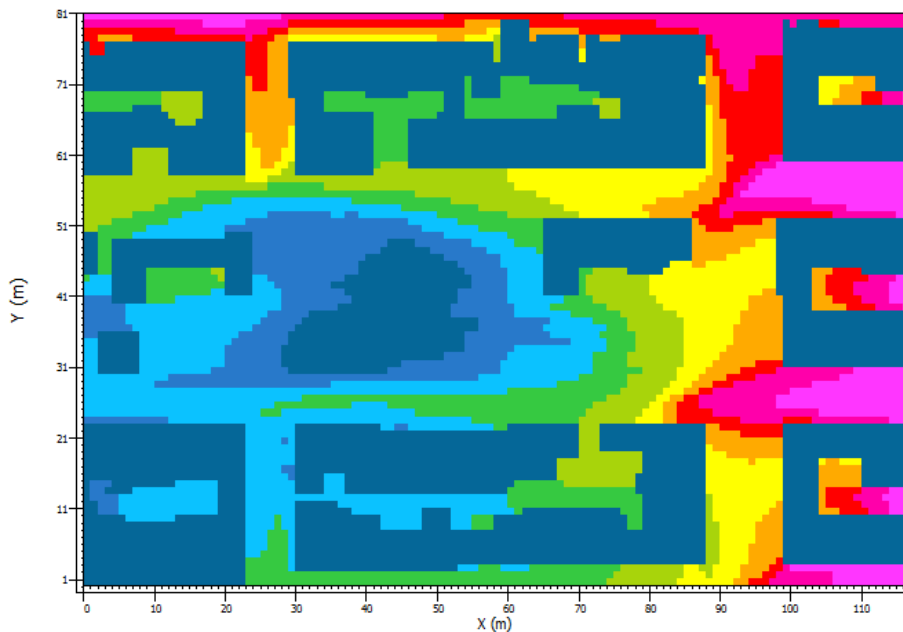
Εικόνα 4.23 Χωρική κατανομή της θερμοκρασίας σε ύψος 1.60m στις 20.11.2010, ώρα 12:00LST της ‘Παρέμβασης 2’ [Πηγή : Leonardo]

irw20.11 design3 15:00:01
20.11.2010
x/y cut at z = 4



Εικόνα 4.24 Χωρική κατανομή της θερμοκρασίας σε ύψος 1.60m στις 20.11.2010, ώρα 12:00LST της ‘Παρέμβασης 2’ [Πηγή : Leonardo]

irw20.11 design3 18:00:01
20.11.2010
x/y cut at z = 4



Εικόνα 4.25 Χωρική κατανομή της θερμοκρασίας σε ύψος 1.60m στις 20.11.2010, ώρα 18:00LST της ‘Παρέμβασης 2’ [Πηγή : Leonardo]

Στους πίνακες και τα διαγράμματα που ακολουθούν παρουσιάζονται οι βελτιώσεις στη θερμοκρασία αέρα και στη θερμική αίσθηση που προκάλεσε η δεύτερη πρόταση σχεδιασμού αναβάθμισης της πλατείας, η ‘Παρέμβαση 2’, σύμφωνα με την οποία το 50% της πλατείας καλύπτεται από βλάστηση. Θα πρέπει να σημειωθεί πως το ‘σημείο 1’, σημείο τοποθέτησης της κινητής μονάδας, πλέον είναι προστατευμένο από την ηλιακή ακτινοβολία κατά τη διάρκεια της θερμής ημέρας λόγω της τοποθέτησης πλησίον του σημείου αυτού αρκετών δέντρων τεσσάρων μέτρων με πυκνή φυλλωσιά. Ως εκ τούτου, στην ‘Παρέμβαση 2’ τα δύο σημεία, ‘σημείο 1 και ‘σημείο 2, βρίσκονται πλέον στο ίδιο καθεστώς θερμοκρασίας και ακτινοβολίας και δεν παρουσιάζουν διακυμάνσεις ως προς τη θερμική αίσθηση βάση των εκτιμήσεων των δεικτών. Για τους παραπάνω λόγους στη συνέχεια αξιολογείται μόνο το ‘σημείο 1’.

Όσον αφορά την επιλεγμένη τυπική ημέρα της θερμής περιόδου, η μέση ημερήσια θερμοκρασία παρουσίασε μείωση 1.0°C σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση και 0.5°C σε σχέση με την ‘Παρέμβαση 1’ και τώρα κυμαίνεται στους 29.2 °C (Πίνακας 4.29). Μεγαλύτερη μείωση της θερμοκρασίας παρατηρείται τις μεσημβρινές ώρες που ουσιαστικά είναι το ζητούμενο αυτής της αναβάθμισης δεδομένου πως αυτές τις ώρες οι θερμοκρασίες υπερβαίνουν το αποδεκτό θερμοκρασιακό εύρος δημιουργώντας θερμική δυσφορία. Όσον αφορά την επιλεγθείσα τυπική ημέρα της ψυχρής περιόδου, μετά τις παρεμβάσεις βελτίωσης η μέση ημερήσια μείωση της θερμοκρασίας είναι 0.6 °C σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση και 0.3°C σε σχέση με την ‘Παρέμβαση 1’ και τώρα κυμαίνεται στους 17.4 °C, πλησιάζοντας πλέον το κατώτερο αποδεκτό εύρος θερμοκρασιακών τιμών για τη ψυχρή περίοδο. Συγκρίνοντας την υφιστάμενη κατάσταση και την ‘Παρέμβαση 2’, διαπιστώνονται τα εξής:

- Για την επιλεγθείσα τυπική ημέρα της θερμής περιόδου, στο διάστημα 09:00-17:00LST παρατηρήθηκε μείωση 3.7% (1.3 °C) και στο διάστημα 11:00-16:00LST, όπου παρατηρείται και το μέγιστο της ηλιοφάνειας, η μείωση που παρατηρήθηκε ανήλθε στο 3.9% (1.4°C) (Πίνακας 4.29).
- Αντίστοιχα, για την τυπική ημέρα της ψυχρής περιόδου που έχει επιλεγθεί στο διάστημα 09:00 – 17:00LST παρατηρήθηκε μείωση της θερμοκρασίας αέρα κατά 3.8% (0.7 °C), ενώ στο διάστημα μέγιστης ηλιοφάνειας της ημέρας (11:00-15:00LST) η διαπιστωθείσα μείωση ανήλθε στο 4% (0.8 °C) (Πίνακας 4.29).

Συμπερασματικά, διαπιστώνεται ότι από την εφαρμογή του ENVI-met 3.1 για τις επιλεγθείσες δύο αντιπροσωπευτικές ημέρες, μικρή επίτευξη στη μείωση της θερμοκρασίας αέρα. Πιο συγκεκριμένα, οι επιτευχθείσες ποσοστιαίες μειώσεις κυμάνθηκαν μεταξύ 3.7% και 3.9% για την τυπική ημέρα της θερμής περιόδου και μεταξύ 3.8% και 4% για την τυπική ημέρα της ψυχρής περιόδου.

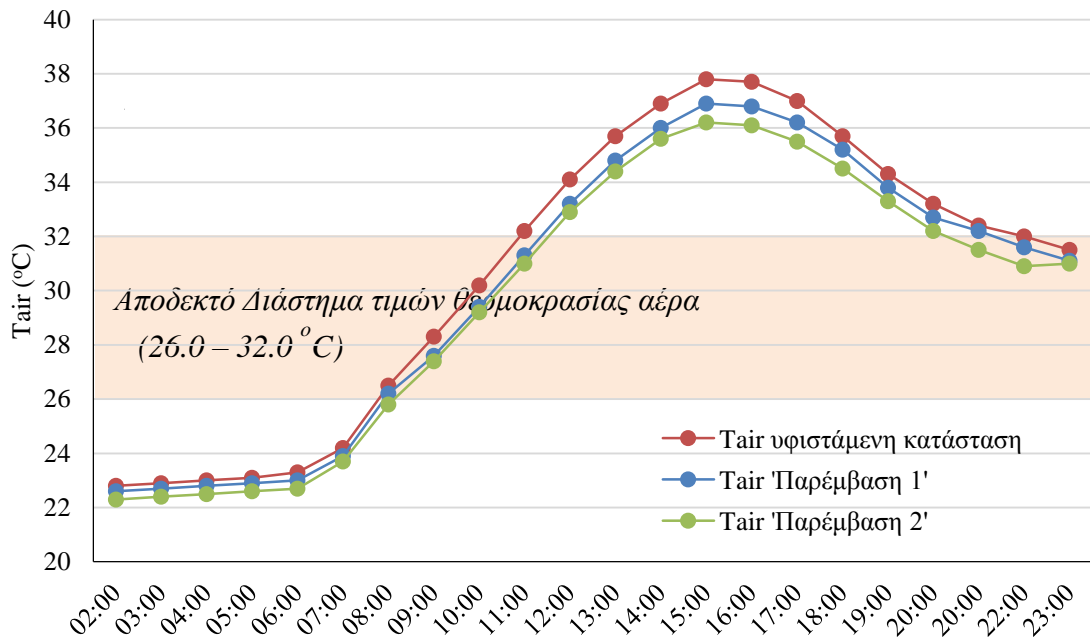
Στον Πίνακα 4.29 παρουσιάζονται αναλυτικά οι ωριαίες μεταβολές της θερμοκρασίας αέρα μεταξύ υφιστάμενης κατάστασης και ‘Παρέμβασης 2’ για τις δύο εξεταζόμενες ημέρες.

Πίνακας 4.29 Σύγκριση πορείας διακύμανσης της θερμοκρασίας αέρα στην υφιστάμενη κατάσταση και στην ‘Παρέμβαση 2’.

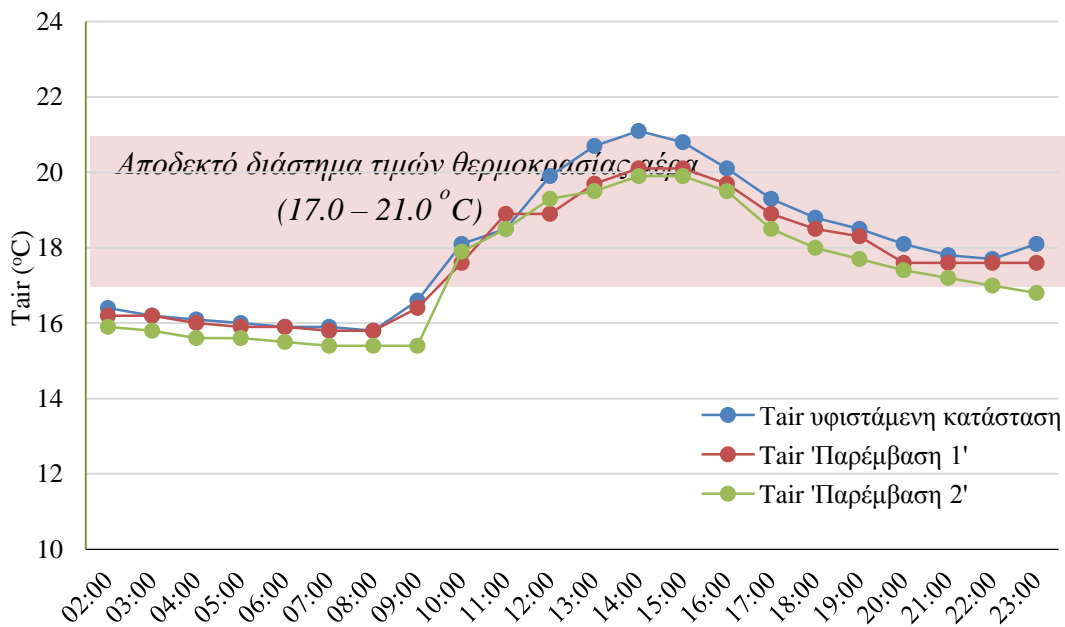
Τυπική ημέρα της Θερμής περιόδου		Τυπική ημέρα της ψυχρής περιόδου		
Ωρα (LST)	Υφιστάμενη κατάσταση (°C)	‘Παρέμβαση 2’ (°C)	Υφιστάμενη κατάσταση (°C)	‘Παρέμβαση 2’ (°C)
02:00	22.8	22.3	16.4	15.9
03:00	22.9	22.4	16.2	15.8
04:00	23.0	22.5	16.1	15.6
05:00	23.1	22.6	16.0	15.6
06:00	23.3	22.7	15.9	15.5
07:00	24.2	23.7	15.9	15.4
08:00	26.5	25.8	15.8	15.4
09:00	28.3	27.4	16.6	15.4
10:00	30.2	29.2	18.1	17.9
11:00	32.2	31.0	18.5	18.5
12:00	34.1	32.9	19.9	19.3
13:00	35.7	34.4	20.7	19.5
14:00	36.9	35.6	21.1	19.9
15:00	37.8	36.2	20.8	19.9
16:00	37.7	36.1	20.1	19.5
17:00	37.0	35.5	19.3	18.5
18:00	35.7	34.5	18.8	18
19:00	34.3	33.3	18.5	17.7
20:00	33.2	32.2	18.1	17.4
21:00	32.4	31.5	17.8	17.2
22:00	32.0	30.9	17.7	17
23:00	31.5	31.0	18.1	16.8
Μέση θερμοκρασία	30.6	29.7	18.0	17.4

Η ‘Παρέμβαση 2’ οδήγησε σε μεγαλύτερη μείωση των τιμών της θερμοκρασίας αέρα κατά τη διάρκεια της επιλεγθείσας τυπικής ημέρας της θερμής περιόδου σε σχέση με την ‘Παρέμβαση 1’ και η νέα διαμόρφωση των θερμοκρασιών που διαμορφώνονται στην περιοχή μελέτης κατά την ‘Παρέμβαση 2’ προσεγγίζει ακόμα περισσότερο το αποδεκτό εύρος τιμών θερμοκρασίας. Όσον αφορά την επιλεγθείσα τυπική ημέρα της ψυχρής περιόδου, σε σχέση με την ‘Παρέμβαση 1’, μετά τις παρεμβάσεις βελτίωσης που πραγματοποιήθηκαν στην ‘Παρέμβαση 2’ διαπιστώνεται μικρή-σχεδόν αμελητέα- μείωση της θερμοκρασίας αέρα, κάτι που, όπως έχει ήδη αναφερθεί, ήταν επιθυμητό δεδομένου πως οι συνθήκες θερμικής αίσθησης που επικρατούν κατά την υφιστάμενη κατάσταση κατά διάρκεια της τυπικής ημέρας της ψυχρής περιόδου εντάσσονται στα αποδεκτά

διαστήματα τιμών θερμοκρασίας. Σύγκριση των θερμοκρασιών αέρα (T_{air}) μεταξύ υφιστάμενης κατάστασης, της ‘Παρέμβασης 1’ και της ‘Παρέμβασης 2’ δίνεται στα Διαγράμματα 4.54 και 4.56.



Διάγραμμα 4.54 Ημερήσια διακύμανση θερμοκρασίας αέρα (T_{air}), Υφιστάμενης κατάστασης, ‘Παρέμβασης 1’ και ‘Παρέμβασης 2’ για τη θερμή ημέρα



Διάγραμμα 4.55 Ημερήσια διακύμανση θερμοκρασίας αέρα (T_{air}), Υφιστάμενης κατάστασης, ‘Παρέμβασης 1’ και ‘Παρέμβασης 2’ για τη ψυχρή ημέρα

Στον πίνακα 4.30α παρουσιάζεται συγκεντρωτικά η πορεία μεταβλητότητας της θερμικής αίσθησης όπως αυτή αξιολογείται από τους τέσσερις βιοκλιματικούς δείκτες, στην Υφιστάμενη κατάσταση και στην ‘Παρέμβαση 2’ για την τυπική ημέρα της θερμής περιόδου. Αρχικά, οι τέσσερις βιοκλιματικοί δείκτες υπολογίζουν τις αλλαγές στις συνθήκες θερμικής αίσθησης πριν και μετά την ‘Παρέμβαση 2’ στο επιλεγμένο σημείο. Στη συνέχεια του κεφαλαίου για πιο λεπτομερή αξιολόγηση επιλέχθηκε ο UTCI να αξιολογήσει αναλυτικά κάθε κατηγορία θερμικής αίσθησης που διαμορφώνεται στην ‘Παρέμβαση 2’ και παράλληλα να γίνει σύγκριση των μεταβολών που προκύπτουν τόσο σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση όσο και με την ‘Παρέμβαση 1’.

Πίνακας 4.30α Αξιολόγηση της μεταβλητότητας της θερμικής αίσθησης για τους βιοκλιματικούς δείκτες στην υφιστάμενη και στην ‘Παρέμβαση 2’ για την τυπική ημέρα της θερμής περιόδου.

Ώρα (LST)	Υφιστάμενη Κατάσταση				‘Παρέμβαση 2’			
	PMV	PET (°C)	SET* (°C)	UTCI (°C)	PMV (°C)	PET (°C)	SET* (°C)	UTCI (°C)
02:00	-0.3	17.8	19.2	20.3	-0.4	17.1	18.5	19.9
03:00	-0.3	17.9	19.3	20.3	-0.4	17.3	18.7	20
04:00	-0.3	17.9	19.3	20.4	-0.4	17.4	18.8	20
05:00	-0.3	18.0	19.4	20.4	-0.4	17.5	18.8	20.1
06:00	-0.2	18.4	19.8	20.8	-0.3	17.6	18.9	20.2
07:00	0.6	23.4	24.1	24.5	0.4	22.6	23.8	23.9
08:00	1.8	30.9	30.1	29.3	1	26.2	26.2	26.8
09:00	2.5	35.8	33.4	32.6	2.5	35.2	33.4	32
10:00	3.3	40.2	36.3	35.3	3.1	38.8	35.7	34.3
11:00	3.8	43.2	37.5	38.0	3.6	42	37.5	36.6
12:00	4.3	46.0	39.1	40.2	4	44.4	38.8	38.4
13:00	4.7	48.6	40.5	42.1	3.1	37.6	34.2	35.5
14:00	5.1	50.7	41.6	43.6	3.3	38.8	34.8	36.7
15:00	5.4	52.3	42.5	44.8	3.4	39.2	35.1	37.1
16:00	5.1	50.5	41.4	43.8	3.3	38.6	34.6	36.7
17:00	4.4	46.2	38.8	41.4	3	37	33.5	35.6
18:00	3.4	39.8	34.7	37.3	2.6	34.3	31.6	33.6
19:00	2.1	30.8	28.2	31.3	1.9	29.8	28.3	30.5
20:00	1.8	29.2	27.2	29.9	1.5	27.9	26.8	28.9
21:00	1.6	28.2	26.5	29.0	1.4	27.1	26.1	28.1
22:00	1.5	27.5	26.4	28.5	1.3	26.5	25.7	27.5
23:00	1.4	26.9	26.0	27.9	1.3	26.6	25.8	27.6
Μέση εκτίμηση 08:00 – 23:00	3.3	39.2	34.4	35.9	2.5	34.4	31.8	32.9
Μέση εκτίμηση 12:00 - 18:00	4.6	47.7	39.8	41.9	3.2	38.6	34.7	36.2

Πίνακας 4.30β Ποσοστιαία (%) μεταβολή των τιμών των βιοκλιματικών δεικτών, μετά από τη σύγκριση της υφιστάμενης κατάστασης με την ‘Παρέμβαση 2’ στη διάρκεια της τυπικής ημέρας της θερμής περιόδου

‘Παρέμβαση 2’		
Δείκτης	08:00-23:00	12:00-18:00
PMV	- 24.2 %	- 30.4 %
PET	- 12.2 %	- 19.1 %
SET*	- 7.6 %	- 12.8 %
UTCI	- 8.4 %	- 13.6 %

Από την αξιολόγηση των αριθμητικών τιμών του Πίνακα 4.30β διαπιστώνεται ότι οι τιμές των βιοκλιματικών δεικτών που εκτιμήθηκαν από τα αποτελέσματα της εφαρμογής του μοντέλου ENVI-met 3.1, για όλες τα σημεία αναβάθμισης, διαφοροποιούνται τόσο από την υφιστάμενη κατάσταση της επιλεγείσας τυπικής ημέρας της θερμής περιόδου όσο και από τα δύο σημεία της ‘Παρέμβασης 1’ (Πίνακας 4.28β), οδηγώντας σε μεγαλύτερες μειώσεις των τιμών των δεικτών και καλύτερη προσέγγιση των αποδεκτών διαστημάτων τους. Είναι αξιοσημείωτο ότι οι ποσοστιαίες μειώσεις εμφανίζονται μεγαλύτερες μεταξύ των τοπικών ωρών 12:00 και 18:00, διάστημα στη διάρκεια του οποίου καταγράφεται η μεγαλύτερη διάρκεια ηλιοφάνειας για ένα τυπικό 24-ωρο της θερμής περιόδου του έτους.

Στον Πίνακα 4.31α παρουσιάζεται αναλυτικά η πορεία μεταβλητότητας της θερμικής αίσθησης όπως αυτή αξιολογείται από τους τέσσερις βιοκλιματικούς δείκτες, στην Υφιστάμενη κατάσταση και στην πρόταση αναβάθμισης ‘Παρέμβαση 2’ για την τυπική ημέρα της ψυχρής περιόδου.

Πίνακας 4.31α Σύγκριση - Αξιολόγηση της πορείας διακύμανσης της θερμικής αίσθησης από τους βιοκλιματικούς δείκτες στην υφιστάμενη και στην 'Παρέμβαση 2' για την τυπική ημέρα της ψυχρής περιόδου.

Εκτίμηση Βιοκλιματικών Δεικτών – Ψυχρή ημέρα								
Ώρα (LST)	Υφιστάμενη Κατάσταση				'Παρέμβαση 2'			
	PMV	PET (°C)	SET*(°C)	UTCI(°C)	PMV	PET(°C)	SET*(°C)	UTCI(°C)
02:00	-1.7	10.9	12.9	13.6	-1.6	10.9	13.7	13.5
03:00	-1.7	10.8	13	13.5	-1.6	10.8	13.6	13.4
04:00	-1.8	10.6	12.6	13.3	-1.6	10.8	14.2	13.3
05:00	-1.7	10.6	12.8	13.3	-1.6	10.8	14.2	13.3
06:00	-1.8	10.5	12.7	13.2	-1.6	10.8	14.2	13.2
07:00	-1.7	10.6	12.8	13.3	-1.6	10.7	14.1	13.2
08:00	-1.7	11.1	13.4	13.8	-1.5	11.4	14.9	13.7
09:00	-1.2	14	16.7	16.4	-1.2	13.5	17.2	15.4
10:00	0.3	22.6	24.9	22.5	0.6	23.2	26.1	22.6
11:00	0.7	25.8	27.6	24.5	0.8	24.2	26.9	23.2
12:00	1.1	27.9	29.1	25.8	1.1	27.5	28.9	25.7
13:00	1.2	28.4	28.9	26.4	1	27.4	28.7	25.6
14:00	1	27.2	27.7	26	0.8	26	27.5	24.8
15:00	0.5	24.3	25.3	24.2	0.6	24.2	26.1	23.7
16:00	-0.3	18.9	20.7	20.4	-0.2	18.9	21.4	20.1
17:00	-1.1	13.9	15.8	16.1	-1.1	13.7	16.7	15.7
18:00	-1.2	13.5	15.4	15.7	-1.1	13.2	16.3	15.3
19:00	-1.2	13.4	16	15.5	-1.2	12.9	16	15
20:00	-1.2	13	15.6	15.2	-1.3	12.6	15.8	14.7
21:00	-1.3	12.7	15.4	14.9	-1.3	12.4	15.6	14.6
22:00	-1.3	12.6	15.3	14.9	-1.3	12.2	15.4	14.4
23:00	-1.2	13.1	15.6	15.3	-1.4	12	15.2	14.2
Μέση εκτίμηση 08:00 – 23:00	-0.4	18.3	20.2	19.2	-0.4	17.8	20.5	18.7

Πίνακας 4.31β Ποσοστιαία (%) μεταβολή των τιμών των βιοκλιματικών δεικτών, μετά από τη σύγκριση της υφιστάμενης κατάστασης με η 'Παρέμβαση 2', στη διάρκεια της τυπικής ημέρας της ψυχρής περιόδου

	'Παρέμβαση 2'	
	08:00 – 23:00	12:00 – 15:00
Δείκτης	%	%
PMV	-2.9	-7.9
PET	-2.4	-2.5
SET*	+1.6	0.2
UTCI	-2.9	-2.5

Μετά από σύγκριση των αριθμητικών αποτελεσμάτων του Πίνακα 4.31β διαπιστώνεται ότι οι εκτιμήσεις των τιμών των βιοκλιματικών δεικτών, παρουσιάζουν μικρές διαφοροποιήσεις σε σύγκριση με την υφιστάμενη κατάσταση της επιλεγθείσας ημέρας της ψυχρής περιόδου. Οι μεγαλύτερες διαφοροποιήσεις εμφανίζονται στο διάστημα μεταξύ των ωρών 12:00LST και 15:00LST, τις ώρες της ημέρας όπου η ελάττωση αυτή είναι επιθυμητή μιας και σε πολλές περιπτώσεις οι ενδείξεις τους υπερβαίνουν το αποδεκτό εύρος τιμών.

Στη συνέχεια η διαμόρφωση του αισθήματος της θερμικής αίσθησης στην πλ. Ηρούς αξιολογείται αναλυτικά και ανά ώρα καθορίζονται οι κατηγορίες θερμικής αίσθησης που διαμορφώνονται, σύμφωνα με την τροποποιημένη για το Μεσογειακό κλίμα κλίμακα του βιοκλιματικού δείκτη UTCI τόσο για τη θερμή όσο και τη ψυχρή ημέρα. Επιπλέον, γίνεται η σύγκριση διαφοροποιήσεων που προκύπτουν στους υπολογισμούς του βιοκλιματικού δείκτη και στη θερμική αίσθηση μεταξύ υφιστάμενης κατάστασης και των δύο προτάσεων αναβάθμισης (‘Παρέμβαση 1’ και ‘Παρέμβαση 2’). Το Διάγραμμα 4.56 εμφανίζει την ημερήσια μεταβλητότητα τόσο της υφιστάμενης κατάστασης, όσο και των προτεινόμενων σεναρίων αναβάθμισης. Στον Πίνακα 4.32 παρουσιάζονται αναλυτικά οι κατηγορίες θερμικής αίσθησης που διαμορφώνονται ωριαία τόσο στην υφιστάμενη κατάσταση όσο και στα δύο Παρεμβάσεις. Στην υφιστάμενη κατάσταση η μέση θερμική αίσθηση που εκτιμάται από το δείκτη UTCI μεταξύ των ωρών 08:00 – 23:00LST βρίσκεται στην κατηγορία «μέσο θερμικό stress» ενώ η μέση θερμική αίσθηση που εκτιμάται από τον δείκτη μεταξύ των ωρών 10:00 – 18:00LST βρίσκεται στην κατηγορία «πολύ έντονο θερμικό stress». Έντονη θερμική δυσφορία επικρατεί από τις 11:00LST έως τις 17:00LST, δηλαδή τις πιο θερμές ώρες της ημέρας. Αυτές τις ώρες οι κατηγορίες θερμικής αίσθησης είναι «έντονο θερμικό stress» (11:00LST), «ακραίο θερμικό stress» (12:00LST έως 16:00LST) και «πολύ έντονο θερμικό stress» (17:00LST). Μετά τις 19:00LST και μέχρι το τέλος της μέρας ο δείκτης εκτιμά αποδεκτές περιβαλλοντικές συνθήκες, βρίσκεται δηλαδή στην κατηγορία θερμικής αίσθησης «ουδέτερη κατάσταση».

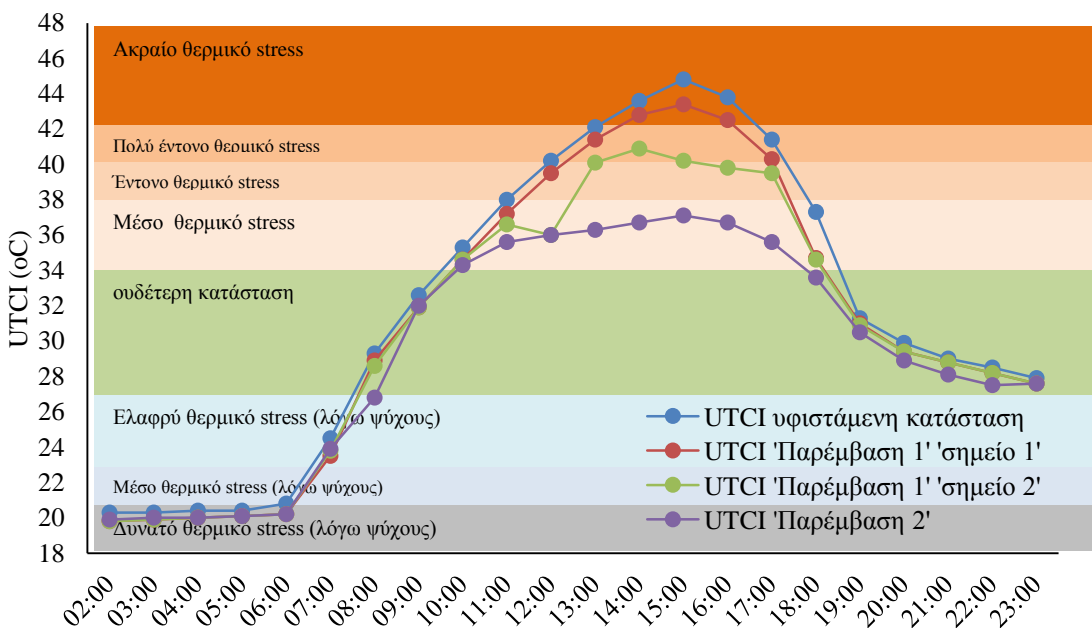
Σύμφωνα με την ‘Παρέμβαση 1’, βελτίωση στους υπολογισμούς του δείκτη παρατηρείται καθ’ όλη τη διάρκεια της ημέρας και κυρίως τις πιο επιβαρυνμένες θερμικά ώρες. Οι μέγιστες διαφορές στις ενδείξεις του δείκτη μεταξύ υφιστάμενης κατάστασης και πρότασης σχεδιασμού παρατηρούνται στις 12:00LST με 3.8°C (‘σημείο 2’), στις 16:00LST με 4.0°C (‘σημείο 2’), ενώ στις 15:00LST η διαφορά φτάνει τους 4.6°C (‘σημείο 2’). Επιπλέον, η μέση τιμή του δείκτη UTCI μεταξύ των ωρών 08:00 – 23:00LST (‘σημείο 2’) μόλις που ξεπερνάει την κατηγορία θερμικής αίσθησης «ουδέτερη κατάσταση». Τελικά, διαπιστώνεται μετάπτωση μίας κατηγορίας στη θερμική αίσθηση της κλίμακας του δείκτη UTCI και στα δύο σημεία, μεταξύ των ωρών 10:00- 18:00LST, από την κατηγορία θερμικής αίσθησης «πολύ έντονο θερμικό stress» στην κατηγορία «έντονο θερμικό

stress». Αναλυτικά, στο 'σημείο 1', η θερμική αίσθηση που υπολογίζεται από τον δείκτη μεταξύ των ωρών 08:00 – 23:00LST βρίσκεται στην κατηγορία «μέσο θερμικό stress» ενώ η μέση θερμική αίσθηση που εκτιμάται από τον δείκτη μεταξύ των ωρών 10:00 – 18:00LST βρίσκεται στην κατηγορία «έντονο θερμικό stress». Κατά περιπτώσεις, παρατηρείται μετάβαση σε πιο ήπιες κατηγορίες θερμικής αίσθησης. Συγκεκριμένα, παρατηρείται μετάβαση στις 11:00LST από «έντονο θερμικό stress» σε «μέσο θερμικό stress», στις 12:00LST από «πολύ έντονο θερμικό stress» σε «έντονο θερμικό stress» και στις 18:00LST από «έντονο θερμικό stress» σε «μέσο θερμικό stress». Στο 'σημείο 2' οι βελτιώσεις είναι περισσότερο εμφανείς κατά τη διάρκεια της ημέρας και ειδικά τις πιο θερμικά επιβαρυνμένες ώρες. Παρατηρείται μετάπτωση μίας κατηγορίας της κλίμακας του δείκτη στις 11:00 LST, από «έντονο θερμικό stress» σε «μέσο θερμικό stress» ενώ στις 12:00 LST παρατηρείται μετάπτωση δύο κατηγοριών της κλίμακας του δείκτη, από «πολύ δυνατό θερμικό stress» σε «μέσο θερμικό stress». Από τις 13:00LST έως τις 15:00LST διαπιστώνεται μετάβαση από «ακραίο θερμικό stress» σε «πολύ δυνατό θερμικό stress», ενώ στις 16:00LST και 17:00LST παρατηρείται μετάπτωση από «πολύ έντονο θερμικό stress» σε «έντονο θερμικό stress».

Πίνακας 4.32 Σύγκριση των ωριαίων διαφοροποιήσεων στις κατηγορίες θερμικής αίσθησης με βάση τον βιοκλιματικό δείκτη UTCI μεταξύ υφιστάμενης κατάστασης, ‘Παρέμβασης 1’ και ‘Παρέμβασης 2’ για τη θερμή ημέρα

Time (LST)	UTCI υφιστάμενη κατάσταση (°C)	UTCI ‘Παρέμβαση 1’ (°C)		UTCI ‘Παρέμβαση 2’ (°C)
		Σημείο 1	Σημείο 2	
02:00	Έντονο θερμικό stress λόγω ψύχους (20.3)	Έντονο θερμικό stress λόγω ψύχους (19.8)	Έντονο θερμικό stress λόγω ψύχους (19.8)	Έντονο θερμικό stress λόγω ψύχους (19.9)
03:00	Έντονο θερμικό stress λόγω ψύχους (20.3)	Έντονο θερμικό stress λόγω ψύχους (19.9)	Έντονο θερμικό stress λόγω ψύχους (19.9)	Έντονο θερμικό stress λόγω ψύχους (20.0)
04:00	Έντονο stress λόγω ψύχους (20.4)	Έντονο θερμικό stress λόγω ψύχους (20.0)	Ακραίο θερμικό stress λόγω ψύχους (20.0)	Έντονο θερμικό stress λόγω ψύχους (20.0)
05:00	Έντονο θερμικό stress λόγω ψύχους (20.4)	Έντονο θερμικό stress λόγω ψύχους (20.1)	Έντονο θερμικό stress λόγω ψύχους (20.1)	Έντονο θερμικό stress λόγω ψύχους (20.1)
06:00	Έντονο θερμικό stress λόγω ψύχους (20.8)	Έντονο θερμικό stress λόγω ψύχους (20.2)	Έντονο θερμικό stress λόγω ψύχους (20.2)	Έντονο θερμικό stress λόγω ψύχους (20.2)
07:00	Ελαφρύ θερμικό stress λόγω ψύχους (24.5)	Ελαφρύ θερμικό stress λόγω ψύχους (23.5)	Ελαφρύ θερμικό stress λόγω ψύχους (23.8)	Ελαφρύ θερμικό stress λόγω ψύχους (23.9)
08:00	Ουδέτερη κατάσταση (29.3)	Ουδέτερη κατάσταση (28.9)	Ουδέτερη κατάσταση (28.6)	Ελαφρύ θερμικό stress λόγω ψύχους (26.8)
09:00	Ουδέτερη κατάσταση (32.6)	Ουδέτερη κατάσταση (31.9)	Ουδέτερη κατάσταση (31.9)	Ουδέτερη κατάσταση (32.0)
10:00	Μέσο θερμικό stress (35.3)	Μέσο θερμικό stress (34.6)	Μέσο θερμικό stress (34.6)	Μέσο θερμικό stress (34.3)
11:00	Έντονο θερμικό stress (38.0)	Μέσο θερμικό stress (37.2)	Μέσο θερμικό stress (36.6)	Μέσο θερμικό stress (35.6)
12:00	Πολύ έντονο θερμικό stress (40.2)	Έντονο θερμικό stress (39.5)	Μέσο θερμικό stress (36.0)	Μέσο θερμικό stress (36.0)
13:00	Ακραίο θερμικό stress (42.1)	Πολύ έντονο θερμικό stress (41.4)	Πολύ έντονο θερμικό stress (40.1)	Μέσο θερμικό stress (36.3)
14:00	Ακραίο θερμικό stress (43.6)	Ακραίο θερμικό stress (42.8)	Πολύ έντονο θερμικό stress (40.9)	Μέσο θερμικό stress (36.7)
15:00	Ακραίο θερμικό stress (44.8)	Ακραίο θερμικό stress (43.4)	Πολύ έντονο θερμικό stress (40.2)	Μέσο θερμικό stress (37.1)
16:00	Ακραίο θερμικό stress (43.8)	Ακραίο θερμικό stress (42.5)	Έντονο θερμικό stress (39.8)	Μέσο θερμικό stress (36.7)
17:00	Πολύ έντονο θερμικό stress (41.4)	Πολύ έντονο θερμικό stress (40.3)	Έντονο θερμικό stress (39.5)	Μέσο θερμικό stress (35.6)
18:00	Μέσο θερμικό stress (37.3)	Μέσο θερμικό stress (34.7)	Μέσο θερμικό stress (34.6)	Ουδέτερη κατάσταση (33.6)
19:00	Ουδέτερη κατάσταση (31.3)	Ουδέτερη κατάσταση (31.0)	Ουδέτερη κατάσταση (30.9)	Ουδέτερη κατάσταση (30.5)
20:00	Ουδέτερη κατάσταση (29.9)	Ουδέτερη κατάσταση (29.4)	Ουδέτερη κατάσταση (29.4)	Ουδέτερη κατάσταση (28.9)
21:00	Ουδέτερη κατάσταση (29.0)	Ουδέτερη κατάσταση (28.8)	Ουδέτερη κατάσταση (28.8)	Ουδέτερη κατάσταση (28.1)
22:00	Ουδέτερη κατάσταση (28.5)	Ουδέτερη κατάσταση (28.2)	Ουδέτερη κατάσταση (28.2)	Ουδέτερη κατάσταση (27.5)
23:00	Ουδέτερη κατάσταση (27.9)	Ουδέτερη κατάσταση (27.6)	Ουδέτερη κατάσταση (27.6)	Ουδέτερη κατάσταση (27.6)
Μέση εκτίμηση 08:00-23:00	Μέσο θερμικό stress (35.9)	Μέσο θερμικό stress (35.1)	Μέσο θερμικό stress (34.2)	Ουδέτερη κατάσταση (32.9)
Μέση εκτίμηση 10:00-18:00	Πολύ έντονο θερμικό stress (40.7)	Έντονο θερμικό stress (39.6)	Έντονο θερμικό stress (38.0)	Μέσο θερμικό stress (35.8)

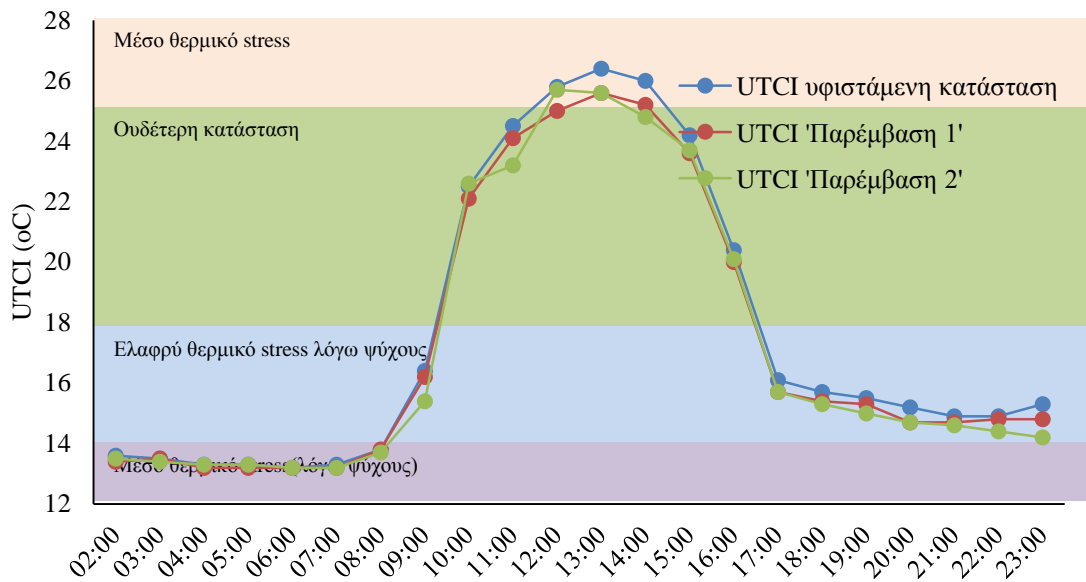
Όσον αφορά την ‘Παρέμβαση 2’, σημαντικές βελτιώσεις στις ενδείξεις του δείκτη UTCI παρατηρούνται καθ’ όλη τη διάρκεια της ημέρας. Η μέση εκτίμηση του δείκτη μεταξύ των ωρών 08:00-23:00LST είναι 32.7°C, τιμή που εντάσσεται στην κατηγορία θερμικής αίσθησης «ουδέτερη κατάσταση» παρουσιάζοντας μετάβαση μίας κατηγορίας πιο κάτω από την αντίστοιχη μέση εκτίμηση του δείκτη τόσο κατά την Υφιστάμενη κατάσταση όσο και κατά την ‘Παρέμβαση 1’ (Πίνακας 4.32). Παράλληλα, η μέση εκτίμηση του δείκτη τις ώρες 10:00 – 18:00LST εντάσσεται πλέον στην κατηγορία θερμικής αίσθησης «μέσο θερμικό stress» παρουσιάζοντας μετάπτωση δύο κατηγοριών από την αντίστοιχη εκτίμηση του δείκτη για τις ίδιες ώρες στην Υφιστάμενη κατάσταση και μίας κατηγορίας από την ‘Παρέμβαση 1’. Επιπλέον, δεν εμφανίζεται πλέον η κατηγορία θερμικής αίσθησης «ακραίο θερμικό stress» τις πιο θερμές ώρες της ημέρας. Σύμφωνα με τον δείκτη, τις πιο θερμές ώρες της ημέρας, που τόσο κατά την Υφιστάμενη κατάσταση όσο και κατά την ‘Παρέμβαση 1’ ανήκαν στην κατηγορία θερμικής αίσθησης «ακραίο θερμικό stress» και «πολύ έντονο θερμικό stress», υπολογίζονται πλέον στην κατηγορία θερμικής αίσθησης «μέσο θερμικό stress». Σύγκριση των βελτιώσεων μεταξύ των δύο σεναρίων αναβάθμισης και την Υφιστάμενη κατάσταση, απεικονίζονται στο Διάγραμμα 4.56.



Διάγραμμα 4.56 Σύγκριση πορείας διακύμανσης του UTCI υφιστάμενης κατάστασης, ‘Παρέμβαση 1’ για τα δύο σημεία (‘σημείο 1’ και ‘σημείο 2’) και ‘Παρέμβαση 2’ για τη θερμή ημέρα

Όσον αφορά τη ψυχρή ημέρα, στο Διάγραμμα 4.57 εμφανίζεται η ημερήσια μεταβλητότητα της θερμικής αίσθησης τόσο για την Υφιστάμενη κατάσταση, όσο και για τις δύο προτεινόμενες Παρεμβάσεις αναβάθμισης. Ο Πίνακας 4.33 παρουσιάζει αναλυτικά τις κατηγορίες θερμικής

αίσθησης που διαμορφώνονται ανά ώρα κατά τη διάρκεια της ημέρας στην Υφιστάμενη κατάσταση, την ‘Παρέμβαση 1’ και την ‘Παρέμβαση 2’. Όσον αφορά την ‘Παρέμβαση 1’, οι μεταβολές στη θερμική αίσθηση σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση είναι ελάχιστες και εντοπίζονται σε ένα σημείο. Εντοπίζεται στις 12:00LST, όπου υπάρχει μετάβαση από την κατηγορία θερμικής αίσθησης «μέσο θερμικό stress» στην κατηγορία θερμικής αίσθησης «ουδέτερη κατάσταση». Βέβαια, διαπιστώνονται μικρές διαφοροποιήσεις στις τιμές του δείκτη όλες τις ώρες, χωρίς ωστόσο να προκαλείται μετάβαση σε άλλη κατηγορία θερμικής αίσθησης. Όσον αφορά την ‘Παρέμβαση 2’, αυτό παρουσιάζει ακριβώς την ίδια συμπεριφορά με την ‘Παρέμβαση 1’ μεταβαίνοντας σε αλλαγή θερμικής αίσθησης στο ίδιο σημείο 12:00LST) (Πίνακας 4.33).



Διάγραμμα 4.57 Σύγκριση πορείας διακύμανσης του UTCI για την υφιστάμενη κατάσταση, την ‘Παρέμβαση 1’ και την ‘Παρέμβαση 2’, για τη ψυχρή ημέρα

Πίνακας 4.33 Σύγκριση των ωριαίων διαφοροποιήσεων στις κατηγορίες θερμικής αίσθησης με βάση τον βιοκλιματικό δείκτη UTCI μεταξύ υφιστάμενης κατάστασης, ‘Παρέμβασης 1’ και ‘Παρέμβασης 2’ για τη ψυχρή ημέρα

Time (LST)	UTCI Υφιστάμενη κατάσταση (°C)	Υφιστάμενη stress λόγω ψύχους	UTCI ‘Παρέμβαση 1’ (°C)	‘Παρέμβαση 1’ stress λόγω ψύχους	UTCI ‘Παρέμβαση 2’ (°C)	‘Παρέμβαση 2’ stress λόγω ψύχους
02:00	Μέσο θερμικό stress λόγω ψύχους (13.6)		Μέσο θερμικό stress λόγω ψύχους (13.4)		Μέσο θερμικό stress λόγω ψύχους (13.5)	
03:00	Μέσο θερμικό stress λόγω ψύχους (13.5)		Μέσο θερμικό stress λόγω ψύχους (13.5)		Μέσο θερμικό stress λόγω ψύχους 13.4	
04:00	Μέσο θερμικό stress λόγω ψύχους (13.3)		Μέσο θερμικό stress λόγω ψύχους (13.2)		Μέσο θερμικό stress λόγω ψύχους (13.3)	
05:00	Μέσο θερμικό stress λόγω ψύχους (13.3)		Μέσο θερμικό stress λόγω ψύχους (13.2)		Μέσο θερμικό stress λόγω ψύχους (13.3)	
06:00	Μέσο θερμικό stress λόγω ψύχους (13.2)		Μέσο θερμικό stress λόγω ψύχους (13.2)		Μέσο θερμικό stress λόγω ψύχους (13.2)	
07:00	Μέσο θερμικό stress λόγω ψύχους (13.3)		Μέσο θερμικό stress λόγω ψύχους (13.2)		Μέσο θερμικό stress λόγω ψύχους (13.2)	
08:00	Μέσο θερμικό stress λόγω ψύχους (13.8)		Μέσο θερμικό stress λόγω ψύχους (13.8)		Μέσο θερμικό stress λόγω ψύχους (13.7)	
09:00	Ελαφρύ θερμικό stress λόγω ψύχους (16.4)		Ελαφρύ θερμικό stress λόγω ψύχους (16.2)		Ελαφρύ θερμικό stress λόγω ψύχους (15.4)	
10:00	Ουδέτερη κατάσταση (22.5)		Ουδέτερη κατάσταση (22.1)		Ουδέτερη κατάσταση (22.6)	
11:00	Ουδέτερη κατάσταση (24.5)		Ουδέτερη κατάσταση (24.1)		Ουδέτερη κατάσταση (23.2)	
12:00	Μέσο θερμικό stress (25.8)		Ουδέτερη κατάσταση (25.0)		Ουδέτερη κατάσταση (25.7)	
13:00	Μέσο θερμικό stress (26.4)		Μέσο θερμικό stress (25.6)		Μέσο θερμικό stress (25.6)	
14:00	Μέσο θερμικό stress (26.0)		Μέσο θερμικό stress (25.2)		Μέσο θερμικό stress (24.8)	
15:00	Ουδέτερη κατάσταση (24.2)		Ουδέτερη κατάσταση (23.6)		Ουδέτερη κατάσταση (23.7)	
16:00	Ουδέτερη κατάσταση (20.4)		Ουδέτερη κατάσταση (20.0)		Ουδέτερη κατάσταση (20.1)	
17:00	Ελαφρύ θερμικό stress λόγω ψύχους (16.1)		Ελαφρύ θερμικό stress λόγω ψύχους (15.7)		Ελαφρύ θερμικό stress λόγω ψύχους (15.7)	
18:00	Ελαφρύ θερμικό stress λόγω ψύχους (15.7)		Ελαφρύ θερμικό stress λόγω ψύχους (15.4)		Ελαφρύ θερμικό stress λόγω ψύχους (15.3)	
19:00	Ελαφρύ θερμικό stress λόγω ψύχους (15.5)		Ελαφρύ θερμικό stress λόγω ψύχους (15.3)		Ελαφρύ θερμικό stress λόγω ψύχους (15.0)	
20:00	Ελαφρύ θερμικό stress λόγω ψύχους (15.2)		Ελαφρύ θερμικό stress λόγω ψύχους (14.7)		Ελαφρύ θερμικό stress λόγω ψύχους (14.7)	
21:00	Ελαφρύ θερμικό stress λόγω ψύχους (14.9)		Ελαφρύ θερμικό stress λόγω ψύχους (14.7)		Ελαφρύ θερμικό stress λόγω ψύχους (14.6)	
22:00	Μέσο θερμικό stress λόγω ψύχους (14.9)		Μέσο θερμικό stress λόγω ψύχους (14.8)		Μέσο θερμικό stress λόγω ψύχους (14.4)	
23:00	Ελαφρύ θερμικό stress λόγω ψύχους (15.3)		Μέσο θερμικό stress λόγω ψύχους (14.8)		Μέσο θερμικό stress λόγω ψύχους (14.2)	
Μέση εκτίμηση 08:00 – 23:00	Ουδέτερη κατάσταση (19.2)		Ουδέτερη κατάσταση (18.8)		Ουδέτερη κατάσταση (18.7)	

Κεφάλαιο 5

Σύνοψη και συμπεράσματα διατριβής

Από τη διερεύνηση των συνθηκών θερμικής αίσθησης σε αστικούς υπαίθριους χώρους με βλάστηση σε συνθήκες Μεσογειακού κλίματος προέκυψε πως η συντριπτική πλειοψηφία των ερωτηθέντων βρέθηκε σε γενικότερη κατάσταση θερμικής άνεσης, τόσο κατά τη θερμή όσο και κατά τη ψυχρή περίοδο του έτους. Στη διάρκεια των δύο αυτών εποχικών περιόδων η καταγεγραμμένη μέση απόκλιση θερμοκρασίας από το φορητό μικροκλιματικό σταθμό ήταν μεγαλύτερη από 10 °C, γεγονός που υποδηλώνει ότι οι ερωτηθέντες ήταν άτομα καλά εγκλιματισμένα στο θερμικό τους περιβάλλον. Ωστόσο, αναλύοντας τις απαντήσεις των διαφόρων κατηγοριών θερμικής αίσθησης (ATSV) διαπιστώνεται πως το μεγαλύτερο ποσοστό απαντήσεων που ανήκουν στην κατηγορία «ούτε κρύο-ούτε ζέστη» (ATSV=0) παρατηρήθηκε κατά τη διάρκεια της ψυχρής περιόδου (42%), ενώ η πλειοψηφία των απαντήσεων κατά τη διάρκεια της θερμής περιόδου ανήκε στην κατηγορία «ελαφρά ζέστη» (ATSV= +1) (32%). Η κατανομή των απαντήσεων στις κατηγορίες θερμικής αίσθησης παρουσιάζει μία κανονικότητα όσον αφορά τις δύο εποχικές περιόδους, δηλαδή αυξημένη συχνότητα απαντήσεων στις θερμές κατηγορίες θερμικής αίσθησης (ATSV) που οφείλεται στην προκαλούμενη θερμική δυσφορία κατά τη θερμή περίοδο. Αντίστοιχα αυξημένη συχνότητα απαντήσεων εμφάνισαν οι ψυχρές κατηγορίες θερμικής αίσθησης που σχετίζεται με θερμική δυσφορία που προκαλείται κατά τη ψυχρή περίοδο. Όσον αφορά τη μεταβλητή «ηλιακή ακτινοβολία», η αυξημένη συχνότητα απαντήσεων στις κατηγορίες «δυνατός ήλιος» και «πολύ δυνατός ήλιος» σχετίζεται με θερμική δυσφορία κατά τη διάρκεια της θερμής περιόδου του έτους, ενώ η αυξημένη συχνότητα απαντήσεων στις κατηγορίες «ασθενής ηλιοφάνεια», «σκοτεινά» αλλά και «ευχάριστη ηλιοφάνεια», σχετίζονται με θερμική δυσφορία κατά τη διάρκεια της ψυχρής περιόδου. Από την ανάλυση των ερωτημάτων σχετικά με τη μεταβλητή «άνεμος», η αξιοσημείωτα αυξημένη συχνότητα απαντήσεων στις κατηγορίες «δυνατός άνεμος» και «πολύ δυνατός άνεμος» σχετίζεται με θερμική δυσφορία κατά τη διάρκεια της ψυχρής περιόδου, ενώ αντίστοιχα η ελάχιστη συχνότητα απαντήσεων στις ίδιες κατηγορίες μπορεί να σχετιστεί με θερμική δυσφορία κατά τη διάρκεια της θερμής περιόδου. Υπολογίζοντας τον αριθμό των ατόμων που επιλέγουν να επισκεφτούν τους αστικούς υπαίθριους χώρους για κάθε βαθμό θερμοκρασίας αέρα (T_{air} °C), θερμοκρασίας σφαίρας (T_{globe} °C) και μέσης θερμοκρασίας ακτινοβολίας (T_{mrt} °C) διαπιστώνεται πως σε κάθε περίπτωση το πλήθος των επισκεπτών αύξανε, όσο αυξανόταν η τιμή της θερμοκρασίας αέρα μέχρι μία κρίσιμη τιμή, η οποία διαφοροποιείται ανά εποχική περίοδο. Σε περιπτώσεις υπέρβασης της κρίσιμης τιμής ακολουθούσε σταδιακή μείωση του αριθμού των ατόμων που κυκλοφορούσε στο εξωτερικό περιβάλλον. Τα αποτελέσματα έδειξαν πως για το μικρόκλιμα της Αθήνας, οι άνθρωποι νοιώθουν θερμική άνεση όταν η θερμοκρασία αέρα κυμαινόταν από 21 to 29 °C ($p < 0.05$), όσον αφορά το ετήσιο εύρος τιμών. Ωστόσο, το αποδεκτό εύρος θερμοκρασίας αέρα κυμάνθηκε μεταξύ 26 και 32°C κατά την υπό μελέτη θερμή ($p < 0.01$) και μεταξύ 17 και 21 °C ($p < 0.01$) κατά την υπό μελέτη ψυχρή περίοδο. Είναι προφανές πως το αποδεκτό εύρος τιμής της θερμοκρασίας αέρα μεταβάλλεται από τη ψυχρή στη θερμή περίοδο υποδηλώνοντας πως ο άνθρωπος προσαρμόζεται

άμεσα στις κλιματικές συνθήκες. Από τη μελέτη προέκυψε ότι το εύρος θερμικής άνεσης είναι περίπου 2 °C μικρότερο κατά την υπό μελέτη ψυχρή περίοδο υποδηλώνοντας πως ο άνθρωπος παρουσιάζει μεγαλύτερη ανεκτικότητα στις υψηλές θερμοκρασίες παρά στις χαμηλές. Οι ουδέτερες θερμοκρασίες, δηλαδή οι θερμοκρασίες οι οποίες βρίσκονται στο κέντρο της ουδέτερης κατηγορίας θερμικής αίσθησης είναι 25.7 °C και 19.5 °C κατά τη θερμή και ψυχρή περίοδο που μελετήθηκαν. Η επίδραση της μεταβλητής «σχετική υγρασία» διαπιστώθηκε ότι οδήγησε σε μικρής κλίμακας μεταβολές στις ζώνες θερμικής αίσθησης, ενώ η επίδραση της μεταβλητής «ηλιακή ακτινοβολία» οδήγησε σε πιο αισθητές μεταβολές στη διαμόρφωση των ζωνών θερμικής αίσθησης και ομαλοποιεί τα διαστήματα μετάβασης μεταξύ των ζωνών. Η μεταβλητή «άνεμος», διαπιστώθηκε ότι, κάτω από το καθεστώς ασθενών ανέμων που επικρατούσαν στο αστικό περιβάλλον της Αθήνας, προκλήθηκαν μικρής κλίμακας διαφοροποιήσεις μόνο στις ψυχρές ζώνες ATSV. Η συνδυασμένη επίδραση των μεταβλητών «θερμοκρασία αέρα», «σχετική υγρασία», «ηλιακή ακτινοβολία» και «ταχύτητα ανέμου» διαπιστώθηκε ότι προκάλεσε σημαντικές διαφοροποιήσεις και ομαλοποιήσεις στις ζώνες θερμικής αίσθησης στο σύνολο της υπό μελέτης περιόδου (έτους), σε αντίθεση με το γεγονός ότι η συνδυασμένη επίδρασή τους δεν ήταν σημαντική κατά τη θερμή και τη ψυχρή περίοδο. Η ουδέτερη κατηγορία ATSV εμφάνισε ισχυρή συσχέτιση στις τιμές των επιπέδων στατιστικής σημαντικότητας (P-values) των υπολοίπων σε κάθε εξεταζόμενη περίπτωση. Το εύρημα αυτό υποδηλώνει πως παρά το γεγονός ότι οι εξεταζόμενες μικροκλιματικές παράμετροι προσεγγίζουν την ουδέτερη ζώνη ATSV ικανοποιητικά, η θερμική άνεση είναι μία σύνθετη κατάσταση εξαρτώμενη από διάφορους παράγοντες (π.χ. την προσαρμοστικότητα και άλλους προσωπικούς παράγοντες). Σε αντίθεση με την ουδέτερη ζώνη ATSV, οι άλλες ζώνες θερμικής αίσθησης δεν εμφάνισαν σε καμία εξεταζόμενη περίπτωση στατιστικά σημαντικές τιμές των υπολοίπων, υποδηλώνοντας πως οι εξεταζόμενοι μικροκλιματικοί παράγοντες ήταν επαρκείς παράγοντες για τον καθορισμό αυτών των ζωνών. Σε όλες τις εξεταζόμενες περιπτώσεις, η ζώνη ATSV «ούτε κρύο - ούτε ζέστη» εμφάνισε πολύ μεγάλο εύρος τιμών θερμοκρασίας σε σχέση με τις υπόλοιπες κατηγορίες θερμικής αίσθησης, μεγαλύτερο από 10 °C. Το γεγονός αυτό υποδηλώνει ότι οι άνθρωποι ήταν ανεκτικοί σε ένα μεγάλο εύρος διακυμάνσεων των μικροκλιματικών παραμέτρων γεγονός που ενδεχομένως σε συνδυασμό με τον παράγοντα της προσαρμοστικότητας να ήταν δυνατός ο προσδιορισμός της ικανότητας προσαρμογής των ανθρώπων στις κλιματικές μεταβολές. Επιπλέον, τα αποτελέσματα έδειξαν πως ο παράγοντας της προσαρμοστικότητας παίζει καθοριστικό ρόλο στην ουδέτερη ζώνη ATSV. Πρώτον, η στατιστική σημαντικότητα στις P-values των υπολοίπων που υποδηλώνει πως πέρα από τις μικροκλιματικές παραμέτρους επιπλέον παράγοντες επιδρούν στη θερμική άνεση. Δεύτερον, το μεγάλο εύρος τιμών αποδεκτών μικροκλιματικών συνθηκών, που είναι σημαντικά μεγαλύτερο από τα διεθνή πρότυπα που ορίζουν τη θερμική άνεση υποδηλώνει πως ο παράγοντας της προσαρμοστικότητας οδηγεί τους ανθρώπους να βρίσκονται σε θερμική άνεση σε ένα μεγάλο εύρος ήπιων μικροκλιματικών

συνθηκών. Αυτό σημαίνει πως η θερμοφυσιολογία μόνο του ανθρώπινου σώματος δε μπορεί να δικαιολογήσει επαρκώς ένα τόσο μεγάλο εύρος, όμως ψυχολογικοί παράγοντες και παράγοντες συμπεριφοράς επιδρούν και επηρεάζουν τη θερμική αντίληψη. Επιπλέον, η επίδραση των προσδοκιών και άλλων προσαρμοστικών στοιχείων (είτε συμπεριφοράς όπως η ένδυση, είτε ψυχολογίας) συνοδεύουν τις αποκρίσεις των ανθρώπων και επηρεάζουν σημαντικά τη θερμική τους αντίληψη διευρύνοντας το εύρος τιμών που εντάσσονται στην ουδέτερη κατηγορία. Οι πολύ υψηλές θερμοκρασίες που απαιτούνται για την μετάβαση από την κατηγορία «ελαφρά θερμά» στην κατηγορία «ζέστη» σε κάθε εξεταζόμενη περίπτωση, ενισχύουν αυτή τη θέση καθώς οι Αθηναίοι κάτοικοι αναμένουν θερμές θερινές περιόδους. Η προσαρμοστικότητα δεν φαίνεται να παίζει σημαντικό ρόλο σε ακραίες καιρικές συνθήκες καθώς από τη μία μεριά παρουσιάζεται ένα στενό εύρος τιμών για κάθε ακραία κατηγορία και από την άλλη πλευρά οι μικροκλιματικοί παράγοντες εμφανίζονται μη στατιστικά σημαντικοί στις P-values των υπολοίπων υποδεικνύοντας πως ο παράγοντας της προσαρμοστικότητας δεν λαμβάνεται υπόψη μπροστά σε έναν αυξημένο φυσιολογικό κίνδυνο για τον ανθρώπινο οργανισμό.

Στην προσομοίωση των μικροκλιματικών συνθηκών που διαμορφώθηκαν στις περιοχές μελέτης, η επικύρωση (validation) των αποτελεσμάτων του περιβαλλοντικού μοντέλου (ENVI-met 3.1) παρουσίασε αξιοπιστία ως προς την προσομοίωση των μικροκλιματικών συνθηκών και ως εκ τούτου μπορεί να εφαρμοστεί δίνοντας ικανοποιητικά αποτελέσματα σε μελέτες που γίνονται στο Μεσογειακό περιβάλλον. Ο έλεγχος αξιοπιστίας στηρίχτηκε στη χρησιμοποίηση της ρίζας μέσου τετραγωνικού σφάλματος (RM.SE) και έδειξε ότι υπήρχε καλή ακρίβεια για τους δείκτες PET, SET* και UTCI, όχι όμως και για τον δείκτη PMV. Σαν συνέπεια αυτού του συμπεράσματος, δεν προτείνεται να χρησιμοποιείται ο δείκτης PMV για την αξιολόγηση περιβαλλοντικών συνθηκών που έχουν προκύψει από την προσομοίωση με εφαρμογή του λογισμικού ENVI-met 3.1. Από τα αποτελέσματα της προσομοίωσης των τριών περιοχών που μελετήθηκαν προέκυψε ότι οι περιοχές αυτές πληρούν σε μεγάλο βαθμό τις συνθήκες θερμικής άνεσης που διαμορφώθηκαν στη διάρκεια της ημέρας που επιλέχτηκε σαν τυπική ημέρα της ψυχρής περιόδου. Αντίθετα, οι συνθήκες θερμικής δυσφορίας που διαμορφώθηκαν και στις τρεις περιοχές μελέτης στη μεγαλύτερη διάρκεια της ημέρας που επιλέχτηκε σαν τυπική ημέρα της θερμής περιόδου, με ιδιαίτερη έμφαση κατά τη διάρκεια των μεσημβρινών ωρών. Με βάση τα αποτελέσματα των προσομοιώσεων του μοντέλου ENVI-met 3.1 στις υπό μελέτη περιοχές και σύμφωνα με τις εκτιμήσεις των βιοκλιματικών δεικτών, μεταξύ των περιοχών μελέτης η πλ. Λαμπρινής προσέγγισε ελαφρά καλύτερα τις αποδεκτές περιβαλλοντικές συνθήκες συγκρινόμενη με την πλατεία. Ηρούς και το Άλσος Ν. Φιλαδέλφειας στη διάρκεια της θερμής ημέρας, ενώ η πλατεία Ηρούς εμφάνισε το μεγαλύτερο φορτίο θερμικής δυσφορίας από όλες τις περιοχές που μελετήθηκαν. Υποθέτοντας πως η πλέον προφανής αιτία για την εμφάνιση των πιο δυσμενών συνθηκών που διαμορφώθηκαν στη συγκεκριμένη πλατεία ήταν η περιορισμένη βλάστηση που την καλύπτει, εφαρμόστηκαν δύο

δοκιμές απλών παρεμβάσεων για τη βελτίωση της θερμικής αίσθησης. Οι δύο δοκιμές απλών παρεμβάσεων επικεντρώθηκαν στην προσθήκη βλάστησης και τη μερική αντικατάσταση των υλικών κάλυψης του εδάφους. Επίσης, οι δύο παρεμβάσεις εστίασαν στη βελτίωση των συνθηκών θερμικής αίσθησης τόσο κατά τη διάρκεια της θερμής περιόδου όσο και στη διατήρησή της κατά τη διάρκεια της ψυχρής. Στην ‘Παρέμβαση 1’ έγινε προσθήκη βλάστησης με φυλλοβόλα δέντρα. Η προσθήκη ήταν τόση ώστε η συνολική κάλυψη της πλατείας με βλάστηση να αντιστοιχεί στο 30%, ενώ στην ‘Παρέμβαση 2’ η συνολική κάλυψη της πλατείας με βλάστηση να αντιστοιχεί στο 50%. Τα αποτελέσματα έδειξαν βελτιώσεις μικρής κλίμακας. Ειδικότερα στην ‘Παρέμβαση 2’ όπου οι προβλεπόμενες συνθήκες θερμικής αίσθησης προσέγγισαν πλέον τα αποδεκτά διαστήματα τιμών. Ωστόσο, δεν προτείνεται προσθήκη επιπλέον βλάστησης στις περιοχές μελέτης διότι ως ένα βαθμό επηρεάζονται οι συνθήκες θερμικής αίσθησης που διαμορφώθηκαν και κατά τη διάρκεια της ψυχρής περιόδου που μελετήθηκε προσεγγίζοντας πλέον τα κατώτερα αποδεκτά διαστήματα θερμοκρασίας αέρα και θερμικής αίσθησης στη διάρκεια της συγκεκριμένης περιόδου. Αυτό που διαπιστώθηκε είναι ότι η προσθήκη επιπλέον βλάστησης θα οδηγούσε σε συνθήκες θερμικής δυσφορίας λόγω ψύχους κάτι που δεν είναι επιθυμητό. Ως εκ τούτου, προτείνεται η ‘Παρέμβαση 2’ για έναν τυπικό αστικό υπαίθριο χώρο του Μεσογειακού κλίματος η οποία περιλαμβάνει κάλυψη με βλάστηση έως και 50% της συνολικής έκτασης του χώρου με φυλλοβόλα δέντρα και πυκνή φυλλωσιά ύψους πάνω από τέσσερα μέτρα και μερική αντικατάσταση των υλικών κάλυψης του εδάφους με πιο ψυχρά υλικά και πηλώδες έδαφος.

Κεφάλαιο 6

Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα

Προκειμένου οι συνθήκες θερμικής άνεσης να λαμβάνονται υπόψη στον περιβαλλοντικό σχεδιασμό θα πρέπει να κατανοηθούν πλήρως οι παράγοντες που δρουν και καθορίζουν τη θερμική αντίληψη των ανθρώπων ως προς το θερμικό τους περιβάλλον. Ως εκ τούτου, χρειάζονται περαιτέρω έρευνες στον τομέα του μικροκλίματος και της θερμικής άνεσης δεδομένου πως η πραγματική θερμική αντίληψη δεν επηρεάζεται μόνο από περιβαλλοντικούς παράγοντες, αλλά και από παράγοντες θερμικής προσαρμογής. Οι αποδεκτές περιβαλλοντικές συνθήκες θα πρέπει να διερευνηθούν και να καθοριστούν σε κάθε κλιματικό τύπο, καθώς αποτελούν τη βάση για την ανάπτυξη αστικών υπαίθριων χώρων που να βρίσκονται σε αρμονία με το μικρόκλιμα και τις συνθήκες θερμικής άνεσης. Δεδομένου πως η θερμική αντίληψη των ανθρώπων μεταβάλλεται από εποχή σε εποχή, τα αποδεκτά εύρη τιμών επίσης μεταβάλλονται και θα πρέπει να καθορίζονται. Μέχρις ότου να αναπτυχθεί ένας βιοκλιματικός δείκτης που πραγματικά να μπορεί να προβλέψει την πραγματική θερμική αίσθηση σε κάθε τύπο κλίματος, θα πρέπει οι ήδη υπάρχοντες δείκτες να προσαρμόζονται στα κλιματικά δεδομένα των περιοχών μελέτης και μάλιστα η τροποποίηση της κλίμακας θερμικής αίσθησης κάθε δείκτη να γίνεται τόσο για τη θερμή όσο και για τη ψυχρή περίοδο του έτους, δεδομένου πως, όπως ήδη αναφέρθηκε προηγουμένως, οι συνθήκες θερμικής άνεσης μεταβάλλονται μεταξύ των εποχών. Για το Μεσογειακό κλίμα, τόσο τα αποτελέσματα των ερευνών πεδίου όσο και η προσομοίωση των περιοχών μελέτης έδειξαν πως κατά τη διάρκεια της ψυχρής περιόδου οι περιοχές μελέτης προσεγγίζουν ικανοποιητικά τα αποδεκτά διαστήματα τόσο των τιμών της θερμοκρασίας όσο και των τιμών των δεικτών. Αντιθέτως, στον σχεδιασμό αστικών υπαίθριων χώρων προσοχή θα πρέπει να δοθεί στις μικροκλιματικές συνθήκες που διαμορφώνονται κατά τη διάρκεια της θερμής περιόδου. Σε αυτήν την περίπτωση οι απλές παρεμβάσεις βελτίωσης που προτάθηκαν στην παρούσα διατριβή και εστίασαν στη θερμή περίοδο του έτους έδειξαν πως μπορούν να έχουν θετικά αποτελέσματα. Ωστόσο, στην διατριβή αυτή δεν έγινε περαιτέρω διερεύνηση της επίδρασης διαφόρων μη μετεωρολογικών παραγόντων, όπως της σκίασης, του προσανατολισμού, των υλικών κάλυψης του εδάφους, της μέσης θερμοκρασίας ακτινοβολίας κ.ά. στη θερμική αίσθηση. Ως εκ τούτου, μελλοντικές έρευνες μπορούν να επικεντρωθούν στη διερεύνηση της επίδρασης μη μετεωρολογικών παραγόντων στη θερμική αίσθηση σε αστικούς υπαίθριους χώρους. Τέλος, στην ανάπτυξη του αστικού σχεδιασμού και στη δημιουργία βιώσιμων ανοιχτών δημόσιων χώρων, οι συνθήκες θερμικής άνεσης και το μικρόκλιμα θα πρέπει να λαμβάνονται σοβαρά υπόψη και γι' αυτό τον λόγο προτείνεται η συνεργασία όλων των επιστημών που εμπλέκονται στον αστικό σχεδιασμό όπως οι αρχιτέκτονες τοπίου, οι μηχανικοί κ.λπ.

Βιβλιογραφία

- Ahmed KS (2003) Comfort in Urban Spaces: Defining the Boundaries of Outdoor Thermal Comfort for the Tropical Urban Environments. *Energy and Buildings* 35 (1): 103-110
- Ali-Toudert F (2005) Dependence of Outdoor Thermal Comfort on Street Design in Hot and Dry Climate, PhD Thesis. *Berichte des Meteorologischen Institutes der Universität Freiburg*, No. 15, University of Freiburg, Germany.
- Ali-Toudert F and Mayer H (2005) Thermal comfort in urban streets with trees under hot summer conditions. In *Proc. 22th Conference on Passive and Low Energy Architecture (PLEA)*, Beirut, Lebanon (Vol. 2, pp. 699-704).
- Ali-Toudert F and Mayer H (2006) Numerical study on the effects of aspect ratio and solar orientation on outdoor thermal comfort in hot and dry climate. *Building and Environment*, 41, 94–108.
- Ali-Toudert F and Mayer H (2007) Effects of asymmetry, galleries, overhanging facades and vegetation on thermal comfort in urban street canyons. *Solar Energy* 81: 742 – 754.
- Arnfield J, Herbert JM and Johnson GT (1998) A numerical simulation investigation of urban canyon energy budget variations. *Proc. 13th Int. Conf. on Biometeorol. And Aerobiol.*, Albuquerque, New Mexico, AM.S: 2-5.
- Arnfield J (2000) A simple model of urban canyon energy budget and its validation. *Phys. Geogr.* 21: 305-326.
- Arnfield J (2003) Two decades of urban climate research: A review of turbulence, exchanges of energy and water and the urban heat island. *Int. J. Climatol.* 23: 1-26.
- Asawa T, Hoyano T, Yamamura S, Asano K, Matsunaga T and Shimizu K (2000) Passive methods of creating good thermal environments in outdoor space—An investigation of microclimates in the outdoor space of residential areas. In: *Proceedings of PLEA 2000*, James & James, Cambridge, UK, pp. 477–482.

- ASHRAE (2004) ASHRAE Standard 55-2004, Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy. Atlanta: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc.
- Attia S and Duchhart I (2011) Bioclimatic landscape design in extremely hot and arid climates PLEA 2011 - 27th Conference on Passive and Low Energy Architecture, Belgium, 13-15 July 2011.
- Ballantyne ER, Hill RK, Spencer JW (1977) Probit analysis of thermal sensation assessments. *International Journal of Biometeorology* 21(1).
- Blazejczyk K (2004a) Bioclimatic principles of recreation and tourism in Poland. (in Polish) *Prace Geograficzne IGiPZ PAN* (a); 192.
- Blazejczyk K (2005) New Indices to Assess Thermal Risks Outdoors. [in:] I. Holmér, K. Kuklane, Ch. Gao (red.), *Environmental Ergonomics XI, Proc. of the 11th International Conference*, 22-26 May, 2005 Ystat, Sweden, p. 222-225.
- Blazejczyk K, Epstein Y, Jendritzky G, Staiger H and Tinz B (2012) Comparison of UTCI to selected thermal indices *Int J Biometeorol* (2012) 56:515–535
- Bruse M and Fler H (1998) Simulating surface–plant–air interactions inside urban environments with a three dimensional numerical model. *Environmental Modelling & Software*, 13(3), 373-384.
- Bruse M (1999) The influences of local environmental design on microclimate, PhD Thesis, University of Bochum, Bochum, Germany (in German).
- Christopoulou V and Tsiros I (2014) An application of the numerical microclimatic model ENVI-met to evaluate thermal and bioclimatic conditions in an urban cluster with a vegetated courtyard. 12th International Conference of Meteorology, Climatology and Physics of the Atmosphere, Heraklion, May 28-31 Vol.1: pp 192-197.
- Declet-Barreto J, Brazel AJ, Martin CA, Chow WT and Harlan SL (2013) Creating the park cool island in an inner-city neighborhood: heat mitigation strategy for Phoenix, AZ. *Urban Ecosystems*, 16(3), 617-635.

- de Dear RJ, Fountain ME (1994) Field experiments on occupant comfort and office thermal environments in a hot-humid climate. *ASHRAE Transactions* 100;457-74.
- Eichorn J (1989) Entwicklung und Anwendung eines dreidimensionalen mikroskaligen. Stadtklima-Modells. Dissertation. Univ. Mainz.
- Eliasson I, Knez I, Westerberg U, Thorsson S and Lindberg F (2007) Climate and behaviour in a Nordic city. *Landsc Urb Plan* 82: 72–84
- Emmanuel R, Rosenlund H, and Johansson E (2007) Urban shading – a design option for the tropics; A study in Colombo, Sri Lanka., 2007. *International Journal Of Climatology* 27: 1995–2004.
- Fahmy M and Sharples S (2009) On the development of an urban passive thermal comfort system in Cairo, Egypt. *Build Environ* 45: 345-357.
- Fahmy M, Sharples S and Eltrapolsi A (2009) Dual Stage Simulations to Study the Microclimatic Effects of Trees on Thermal Comfort in A Residential Building, Cairo, Egypt. 11th International IBPSA Conference, Glasgow Scotland, July 27-30.
- Fanger PO (1970) *Thermal Comfort. Analysis and Application in Environment Engineering*. Danish Technical Press, Copenhagen
- Fanger PO (1972) *Thermal Comfort*. McGraw-Hill, New York 1972.
- Fanger PO (1973) Conditions for thermal comfort – a review. *Proceedings of Symposium on Thermal Comfort and Moderate Heat Stress (CIB W45)*, Garston, UK; pp.3-15.
- Fiala D, Lomas KJ and Stohrer M (2001) Computer prediction of human thermoregulatory and temperature responses to a wide range of environmental conditions. *Int J Biometeorol* 45:143–159
- Fifth International Conference on Sustainable Development and Planning (2011) <http://www.wessex.ac.uk/11-conferences/sdp-2011.html>
- Gagge AP, Stolwijk J, Nishi Y (1971) An effective temperature scale based on a simple model of human physiological regulatory response. *ASHRAE Trans* 77(1):247–262

- Gagge AP, Nishi Y and Gonzalez RR (1972) Standard effective temperature-A single temperature index of temperature sensation and thermal discomfort. In *Proceedings of the CIB Commission W45 (human requirements) symposium held at the Building Research Station* (pp. 229-50).
- Gagge AP, Fobelets AP, Berglund PE (1986) A standard predictive index of human to the thermal environment. *ASHRAE Trans* 92:709–731.
- Givoni B and Noguchi M (2004) Outdoor Comfort Responses of Japanese Persons, Plea 2004 The 21th Conference on Passive and Low Energy Architecture. Eindhoven, The Netherlands.
- Groleau D and Miguet F (1998) Solène et la simulation des éclairagements directs et diffus des projets architecturaux et urbains. *IBPSA France'98 Modéliser pour améliorer les performances des Bâtiments*, 61-65.
- Gross G (1991) Anwendungsmöglichkeiten mesoskaliger Simulationsmodelle dargestellt am Beispiel Darm.stadt. Teil 1 Wind und temperature felder. *Meteorol. Rundschau* 43:267-274.
- Herbert JM, Johnson GT and Arnfield J (1998) Modelling the thermal climate in city canyons. *Envir. Model. Software* 13: 267-277.
- Hoppe PR (1993) Heat balance modelling. *Experientia* 49(9): 741-746.
- Höppe P (1999) The physiological equivalent temperature - a universal index for the biometeorological assessment of the thermal environment. *Int J Biometeorol.* 1999 Oct;43(2):71-5.
- Hwang RL and Lin TP (2007) Thermal comfort requirements for occupants of semi-outdoor and outdoor environments in hot-humid regions. *Architectural Science Review* 50.4 pp 357-364.
- Jendritzky G, Sönning W and Swantes HJ (1979) Ein objektives Bewertungsverfahren zur Beschreibung des thermischen Milieus in der Stadt- und Landschaftsplanung ('Ktima-Michel- Modell'). *ARL Beitrfige* Nr. 28.
- Jendritzky DMG and Nübler W (1981) A model analysing the urban thermal environment in physiologically significant term.s. *Archives for meteorology, geophysics, and bioclimatology, Series B*, 29(4), 313-326.

- Jendritzky G, Maarouf A and Staiger H (2001) Looking for a Universal Thermal Climate Index UTCI for Outdoor Applications. Windsor-Conference on Thermal Standards, April 5-8, 2001, Windsor, UK.
- Jendritzky G, Havenith G, Weihs P and Batchvarova E (eds) (2009) Towards a Universal Thermal Climate Index UTCI for assessing the thermal environment of the human being. Final Report COST Action 730.
- Johansson GT and Hunter LJ (1995) A numerical study of dispersion of passive scalars in city canyons. *Boundary-Layer Meteorol.* 75:235-262.
- Johansson, P (2005) Urban climate and air quality in tropical cities. PhD Thesis, Earth Sciences Centre, Göteborg University, Göteborg.
- Johansson E and Emmanuel R (2006) The influence of urban design on outdoor thermal comfort in the hot, humid city of Colombo, Sri Lanka. *International Journal of Biometeorology* 51(2):119-133.
- Johansson E, Yahia MW (2011) Subjective Thermal Comfort in Urban Spaces in the Warm-humid City of Guayaquil, Ecuador. PLEA 2011 - 27th Conference on Passive and Low Energy Architecture, Louvain-la-Neuve, Belgium, 13-15 July.
- Knez I and Thorsson S (2008) Thermal, emotional and perceptual evaluations of a park: Cross-cultural and environmental attitude comparisons. *Building and Environment*, 43(9), 1483-1490.
- Lahme E and Bruse M (2004) Microclimatic effects of a small urban park in a densely built up area: measurements and model simulations. In: Klyzik, K., et al. (eds.), 5th International Conference on Urban Climate, Vol. 2: 273–276, Dept. of Meteorology and Climatology, University of Lodz, Poland.
- Lin TP (2009) Thermal perception, adaptation and attendance in public square in hot and humid regions, *Building and Environment* 44(2009) 2017-2026.
- Lin TP, Matzarakis A and Hwang R (2010) Shading effect on long-term outdoor thermal comfort. *Build Environ* 45: 213–221.
- Masson V (2000) A physically-based scheme for the urban energy budget in atmospheric models. *Boundary –Layer Meteorol.* 94:357-397.

- Matzarakis A and Mayer H (1997) Heat stress in Greece. *International Journal of Bioclimatology* 41(1):34-39.
- Matzarakis A, Mayer H, Iziomon MG (1999) Applications of universal thermal index: physiological equivalent temperature. *International Journal of Biometeorology* 43(2):76-84.
- Matzarakis A and Mayer H (2000) Atmospheric Conditions And Human Thermal Comfort In Urban Areas 11th Seminar on Environmental Protection Environment and Health. 20.-23, Thessaloniki, Greece, 155-166.
- Matzarakis A (2000) Assessing climate for tourism purposes: Existing methods and tools for the thermal complex Meteorolog. Institute, University of Freiburg.
- Matzarakis A, Rutz F, Mayer H (2007) Modeling radiation fluxes in simple and complex environments—application of the RayMan model Int J Biometeorol 51:323–334.
- Matzarakis A, Rutz F, Mayer H (2010) Modelling Radiation fluxes in simple and complex environments – Basics of the RayMan model. *Int J Biometeorol* 54: 131-139.
- Mayer H and Hoppe P (1987) Thermal comfort of man in different urban environments. *Theoretic and applied Climatolog* 38(1):43-9.
- Mayer JD and Salovey P (1993) The intelligence of emotional intelligence. *Intelligence*, 17(4), 433-442.
- Metje N, Sterling M and Baker CJ (2008) Pedestrian comfort using clothing values and body temperatures. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 96(4), 412-435.
- Mills G (1993) Simulation of the energy budget of an urban canyon. I. Model structure and sensitivity test. *Atmos. Envir.* 27B: 157-170.
- Monteiro LM and Alucci MP (2006) Calibration of outdoor thermal comfort models. In *International conference on passive and low energy architecture* (Vol. 23, pp. 515-522).

- Nastos PT, Matzarakis A (2013) Human Bioclimatic Conditions, Trends, and Variability in the Athens University Campus, Greece. *Advances in Meteorology* 2013:8. doi:10.1155/2013/976510
- Nikolopoulou N, Baker N, and Steemers.K (1999a) Improvements to the Globe Thermometer for Outdoor Use. *Architectural Science Review* 42: 27–34.
- Nikolopoulou M, Baker N and Steemers K (1999) Thermal comfort in urban spaces: different forms of adaptation, in: *Proceedings of the REBUILD 1999 on Shaping Our Cities for the 21st Century Barcelona*.
- Nikolopoulou M and Lykoudis S (2006) Thermal comfort in outdoor urban spaces: Analysis across different European countries. *Building and Environment*, **41(11)**,1455-1470.
- Nikolopoulou M, and Lykoudis S (2007) Use of outdoor spaces and microclimate in a Mediterranean urban area. *Building and environment*, 42(10), 3691-3707.
- Nikolopoulou M (2011) Outdoor thermal comfort. *Frontiers in Bioscience* S3, 1552-1568, <http://dx.doi.org/10.2741/245>
- Nunez M, and Oke TR (1980) Modeling the daytime urban surface energy balance. *Geographical Analysis*, 12(4), 373-386.
- Oliveira S and Andrade H (2007) An Initial Assessment of the Bioclimatic Comfort in an Outdoor Public Space in Lisbon. *Int J of Biometeorol* 52 (1): 69-84.
- Pantavou K, Theoharatos G, Santamouris M, Asimakopoulos D (2013) Outdoor thermal sensation of pedestrians in a Mediterranean climate and a comparison with UTCI. *Build Environ* 66: 82-95.
- Samaali M, Courault D, Bruse M, Oliosio A and Ocelli R (2007) Analysis of a 3D boundary layer model at local scale: Validation on soybean surface radiative measurements. *Atmospheric research*, 85(2), 183-198.
- Santamouris M, Papanikolaou N, Koronakis I, Livada I and Asimakopoulos D (1999) Thermal and Air Flow Characteristics in a Deep Pedestrian Canyon Under Hot Weather Conditions. *Atmospheric Environment* 33: 4503-4521.

- Shashua –Bar L and Hoffman ME (2000) Vegetation as a climatic component in the design of an urban street. *Energy and Buildings* 31:221-235.
- Shashua-Bar L, Tsiros IX and Hoffman M (2012) Passive Cooling Design Options to Ameliorate Thermal Comfort in Urban Streets of a Mediterranean Climate (Athens) under hot Summer Conditions. *Building and Environment* 57: 110–119.
- Spagnolo J and de Dear RJ (2003) A field study of thermal comfort in outdoor and semi-outdoor environments in subtropical Sydney Australia. *Build Environ* 38 (5):721-738.
- Spangenberg J, Shinzato P, Johansson E, and Duarte D (2008) Simulation of the Influence of Vegetation on Microclimate and Thermal Comfort In the City of São Paulo| *Rev. SBAU, Piracicaba*, v.3, n.2, p. 1 – 19.
- Stathopoulos T, Wu H, and Zacharias J (2004) Outdoor human comfort in an urban climate. *Building and Environment*, 39 (3), 297-305.
- Swaid H and Hoffman ME (1990) Prediction of urban air temperature variations using the analytical CTTC model. *Energy and Buildings*, 14(4), 313-324.
- Teller J and Azar S (2001) TOWNSCOPE II –A computer system to support solar access decision-making. *Solar Energy* 70: 187-200.
- Tseliou A, Tsiros IX, Lykoudis S and Nikolopoulou M (2010) An Evaluation of Three Biometeorological Indices for Human Thermal Comfort in Urban Outdoor Areas under Real Climatic Conditions. *Building and Environment* 45 (5): 1346–1352.
- Tseliou A, Tsiros IX, Nikolopoulou M, Psyloglou V, Lykoudis S (2013) Aspects of human thermal preferences in the urban outdoor environment of Athens: A priliminary study. *Proceedings of the 13th International Conference of Environmental Science and Technology Athens, Greece, September 5-7*
- Tseliou A, Tsiros IX, Nikolopoulou M, and Papadopoulos G (2015) Outdoor thermal sensation in a Mediterranean climate (Athens): The effect of selected microclimatic parameters. *Architectural Science Review*, (ahead-of-print), 1-13.

- Tsiros IX (2010) Assessment and energy implications of street air temperature cooling by shade tress in Athens (Greece) under extremely hot weather conditions. *Renewable Energy*, 35(8), 1866-1869.
- Tsiros IX, Efthimiadou AP, Hoffman ME, and Tseliou A (2012) Summer Thermal Environment and Human Comfort in Public Outdoor Urban Spaces in a Mediterranean Climate (Athens), PLEA 2012.
- Tsiros IX, and Hoffman ME (2014) Thermal and Comfort Conditions in a Semi-Closed Rear Wooded Garden and its Adjacent Semi-Open Spaces in a Mediterranean Climate (Athens) During Summer. *Architectural Science Review* 57 (1): 63–82.
- Tsitoura M, Michailidou M and Tsoutsos T (2011) Evaluation of comfort conditions and sustainable design of urban open spaces in Crete. Proceedings of PLEA 2011, Louvain-la-Neuve, Belgium (July 2011)
- Un-habitat (2010) State of the world's cities 2010/2011: bridging the urban divide. Earthscan.
- Van den Hooff B and De Ridder JA (2004) Knowledge sharing in context: the influence of organizational commitment, communication climate and CMC use on knowledge sharing. *Journal of knowledge management*, 8(6), 117-130.
- VDI (1998) VDI guideline 3787. Part 2. Environmental Meteorology, Methods for the human-biometeorological evaluation of climate and air quality for the urban and regional planning at regional level. Part I: Climate. Beuth. Berlin.
- Walton D, Dravitzki V and Donn M (2007) The Relative Influence of Wind, Sunlight and Temperature on User Comfort in Urban Outdoor Spaces. *Build Environ* 42 (9): 3166-3175
- Wang Y and Ng E (2010) Parametric study on microclimate effects of different greening strategies in high density city, Conf.Palenc.
- Weihls P, Staiger H, Tinz B, Batchvarova E, Rieder H, Vuilleumier L, Maturilli G and Jendritzky G (2011) The uncertainty of UTCI due to uncertainties in the determination of radiation fluxes derived from measured and observed meteorological data. *Int J Biometeorol*. doi:10.1007/s0048-011-0416-7.

Wohlwill JF (1974) Human adaptations to levels of environmental stimulation. *Human ecology* 2:127-47.

Yahia MW and Johansson E (2011) Evaluating the behavior of different thermal indices by investigating various outdoor urban environments in the hot dry city of Damascus, Syria. *Int J Biometeorol* 57 (4):615-63.

Yang W, Wong NH and Jusuf SK (2013) Thermal comfort in outdoor urban spaces in Singapore. *Build Environ* 59: 426-435

Yu C and Hien WN (2006) Thermal benefits of city parks, *Energy and Buildings* 38: 105–120.

UN-Habitat (2010) World Urban Forum5 website. <http://www.unhabitat.org/categories.asp?catid=584> Wessex Institute of Technology, UK.

ΚΑΠΕ (2011) Πρόγραμμα Βιοκλιματικών Αναβαθμίσεων Δημόσιων Ανοιχτών Χώρων, **Οδηγός Μελετών ΚΑΠΕ**, Αθήνα 2011

<http://www.envimet.com>

<http://www.hnm.s.gr>

<http://www.igipz.pan.pl/Bioklima-zgik.html>

<http://www.Wikimapia.org>

<http://www.meteoclub.gr>

<http://alpha.cres.gr/ruros>

http://utci.org/utci_doku.php

Παράρτημα 1

Βαθμονόμηση Οργάνων

Η βαθμονόμηση των οργάνων πραγματοποιήθηκε στο εργαστήριο βαθμονόμησης μετεωρολογικών οργάνων του Αστεροσκοπείου Πεντέλης το διάστημα από 14 έως 17 Ιουνίου 2010.

Δευτέρα 14/6/2010 – Βαθμονόμηση θερμικών αισθητήρων

Για τη βαθμονόμηση των αισθητήρων θερμοκρασίας χρησιμοποιήθηκε υδρόψυκτος θάλαμος βαθμονόμησης τριπλού σημείου ύδατος, ο οποίος διαθέτει ειδική υποδοχή τοποθέτησης οι προς βαθμονόμηση αισθητήρες μαζί με το πρότυπο θερμόμετρο το οποίο υπακούει στη Διεθνή Κλίμακα Θερμοκρασίας 1990 (ITS-90). Η διαδικασία βαθμονόμησης ξεκίνησε στις 08:00LST με τη βαθμονόμηση των θερμικών αισθητήρων που έχουν αναφερθεί προηγουμένως, οι οποίοι εισάγονται σε ειδικό ψυγείο μαζί με το πρότυπο θερμόμετρο του αστεροσκοπείου Πεντέλης. Η διαδικασία ολοκληρώθηκε στις 17:00LST. Στα χρονικά διαστήματα που οι ενδείξεις των οργάνων είχαν σταθεροποιηθεί κοντά στην τιμή αναφοράς, δηλαδή στους 0 °C, 5 °C, 15 °C, 25 °C και 40°C έγινε η καταγραφή των τιμών τους. Σκοπός ήταν οι ενδείξεις των οργάνων να έχουν σταθεροποιηθεί όσο το δυνατόν πλησιέστερα στην τιμή αναφοράς. Παρ' όλο που η διαδικασία βαθμονόμησης των θερμικών αισθητήρων ολοκληρώθηκε με επιτυχία στις 17:00LST, τα όργανα παρέμειναν στο ψυγείο μέχρι την άλλη μέρα το πρωί για να καταγραφεί μία τελευταία τιμή, αντιπροσωπευτική της εποχής που διανύαμε, στους 24 °C.

• Ανάλυση

Με την συμπλήρωση της συλλογής των στοιχείων, τα αποτελέσματα αναλύονται, ώστε να εξαχθεί η καλύτερη δυνατή σχέση μεταξύ θερμομέτρου και ITS-90. Για τον σκοπό αυτό χρησιμοποιούνται στατιστικές συναρτήσεις του λογισμικού EXCEL.

Η διαδικασία ανάλυσης είναι η ακόλουθη:

- Στρογγυλοποίηση των ενδείξεων του προς βαθμονόμηση θερμομέτρου ($T_{\text{θερμ}}$) στο όριο της ακρίβειάς του.
- Υπολογίζονται οι διορθώσεις οι οποίες προστιθέμενες στις ενδείξεις του θερμομέτρου ($T_{\text{θερμ}}$) δίνουν τις πραγματικές θερμοκρασίες ($T_{\text{πρωτ}}$), σύμφωνα με τη σχέση

$$\Delta T = T_{\text{πρωτ}} - T_{\text{θερμ}}$$

- Στρογγυλοποιούνται οι διορθώσεις του προς βαθμονόμηση θερμομέτρου ($T_{\text{πρωτ}}$) στο όριο της ακρίβειάς του.
- Πραγματοποιείται ανάλυση πολλαπλής παλινδρόμησης προσαρμόζοντας πολυωνυμική συνάρτηση 3^{ου} βαθμού στις διορθώσεις, ΔT , με ανεξάρτητη μεταβλητή τις ενδείξεις του προς βαθμονόμηση θερμομέτρου. Ο σταθερός όρος αντιπροσωπεύει το σφάλμα μετατόπισης, ο γραμμικός όρος το σφάλμα κλίμακας, ενώ οι ανώτερης τάξης όροι τα σφάλματα άρτιας και περιττής τάξης:

$$\Delta T = A + B * T_{(\theta\epsilon\rho\mu)} + \Gamma * T_{(\theta\epsilon\rho\mu)}^2 + \Delta * T_{(\theta\epsilon\rho\mu)}^3$$

Σε περίπτωση που κάποιος από τους συντελεστές A, B, Γ, Δ, δεν είναι στατιστικά σημαντικός σε επίπεδο 95% τότε πραγματοποιείται εκ νέου ανάλυση παλινδρόμησης παραλείποντας τον συγκεκριμένο όρο. Αν περισσότεροι από ένας συντελεστές είναι στατιστικά μη σημαντικοί, τότε η διαδικασία επαναλαμβάνεται απαλείφοντας κάθε φορά το συντελεστή με το χειρότερο πραγματικό επίπεδο σημαντικότητας.

- Για κάθε τιμή $T_{\theta\epsilon\rho\mu}$ υπολογίζονται με την παραπάνω σχέση οι αντίστοιχες διορθώσεις $\Delta T'$, οι οποίες αποτυπώνονται μαζί με τις ενδείξεις του θερμομέτρου στο Πιστοποιητικό βαθμονόμησης.

- Υπολογίζονται τα υπόλοιπα από τη σχέση:

$$e = \Delta T - \Delta T'$$

Τρίτη 15/6/2010 – Βαθμονόμηση υγρομέτρου

Η διαδικασία βαθμονόμησης του υγρομέτρου ξεκινά στις 09:00 και ολοκληρώνεται στις 17:00LST και πραγματοποιείται σε τρία στάδια.

Στάδιο 1^ο : Τοποθετούμε τον αισθητήρα υγρασίας σε φιαλίδιο που περιέχει διάλυμα NaCl, προσέχοντας να μην ακουμπήσει τα τοιχώματα του φιαλιδίου και σταθεροποιώντας τον 4mm πάνω από την στάθμη του διαλύματος. Η διαδικασία διεξάγεται σε θερμοκρασία 24 °C. Η τιμή αναφοράς είναι 75.4%, ενώ η τελική τιμή του αισθητήρα σταθεροποιείται στα 68.9%.

Στάδιο 2^ο : Στη συνέχεια το φιαλίδιο με διάλυμα NaCl αντικαθίσταται με διάλυμα LiCl και επαναλαμβάνουμε τη διαδικασία τοποθέτησης του αισθητήρα μέσα στο φιαλίδιο. Η διαδικασία διεξάγεται σε θερμοκρασία 24 °C. Η τιμή αναφοράς είναι 11.3% και η τελική τιμή του αισθητήρα σταθεροποιείται στα 13.8%.

Στάδιο 3^ο : Στο τελευταίο στάδιο γίνεται η τοποθέτηση του αισθητήρα υγρασίας σε διάλυμα (K_2SO_4). Η διαδικασία πραγματοποιείται σε θερμοκρασία 24 °C. Η τιμή αναφοράς είναι 97.3% και η τελική τιμή που σταθεροποιήθηκε ο αισθητήρας είναι 95.7%.

Τρίτη 15-16/6/2010 – Βαθμονόμηση αισθητήρων ηλιακής ακτινοβολίας

Η έναρξη της βαθμονόμησης των οργάνων μέτρησης της ηλιακής ακτινοβολίας μικρού και μεγάλου μήκους κύματος (πυρανόμετρο και πυργέομετρο) μαζί με το πρότυπο πυραδιόμετρο του αστεροσκοπείου Πεντέλης, ξεκίνησε στις 08:30LST. Τα όργανα τοποθετήθηκαν οριζόντια, στην ταράτσα του εργαστηρίου βαθμονόμησης μετεωρολογικών οργάνων του αστεροσκοπείου και η βαθμονόμηση της μίας τους πλευράς διήρκεσε έως την επόμενη ημέρα το πρωί. Στις 16 Ιουνίου στις 08:00LST, ολοκληρώθηκε η βαθμονόμηση της μίας τους πλευράς και τα όργανα επανατοποθετήθηκαν οριζόντια για να ξεκινήσει η βαθμονόμηση της άλλης τους πλευράς. Η βαθμονόμηση της δεύτερης πλευράς ολοκληρώθηκε στις 17/6/2010 στις 8:30LST.

• Ανάλυση

Με την συμπλήρωση της συλλογής των στοιχείων, τα αποτελέσματα αναλύονται, ώστε να εξαχθεί η καλύτερη δυνατή σχέση μεταξύ του υπό βαθμονόμηση και του πρότυπου οργάνου. Για τον σκοπό αυτό χρησιμοποιούνται οι στατιστικές συναρτήσεις του λογισμικού EXCEL.

Η διαδικασία ανάλυσης, για τα πυρανόμετρα – πυργεόμετρα είναι η ακόλουθη:

• Στρογγυλοποιούνται οι ενδείξεις των οργάνων στο όριο της ακρίβειας του βολτομέτρου που χρησιμοποιείται

• Για κάθε μέτρηση i κάθε ομάδας μετρήσεων j υπολογίζονται οι λόγοι:

$$F(ij) = V_R(ij)/V_F(ij) * F_R$$

Όπου $V_R(ij)$, $V_F(ij)$ οι τάσεις εξόδου του πρότυπου και του υπό βαθμονόμηση οργάνου αντίστοιχα και F_R ο συντελεστής βαθμονόμησης του πρότυπου οργάνου σε $W.m^{-2}/Mv$

$$F(j) = \frac{F_R * \sum_{i=1}^n V_R(ij)}{\sum_{i=1}^n V_F(ij)}$$

• Μετρήσεις για τις οποίες ο συντελεστής $F(ij)$ διαφέρει από τον αντίστοιχο συντελεστή $F(j)$ περισσότερο από ± 2 απορρίπτονται και η διαδικασία υπολογισμού της $F(j)$ επαναλαμβάνεται.

• Ο τελικός συντελεστής βαθμονόμησης προκύπτει ως η μέση τιμή των συντελεστών $F(j)$ που προέκυψαν μετά την απομάκρυνση των προβληματικών σημείων.

Παράρτημα 2

Δείγμα δομημένου ερωτηματολογίου

ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ : ΙΩΑΝΝΗΣ ΤΣΙΡΟΣ ΚΥΡΙΑ ΕΡΕΥΝΗΤΡΙΑ : ΑΡΕΤΗ ΤΣΕΛΙΟΥ
ΕΡΕΥΝΑ: ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΑΝΕΣΗΣ ΣΕ ΥΠΑΙΘΡΙΟΥΣ ΧΩΡΟΥΣ

Ημερομηνία/ Ωρα:

ΕΠΟΧΗ: ΘΕΡΜΗ ΠΕΡΙΟΔΟΣ 2011

- **Ηλικιακή ομάδα:** παιδί, έφηβος, 18-25, 25-35, 35-45, 45-55, 55-64, >65
- **Φύλο:** Άνδρας Γυναίκα
- **Ρουχισμός:** T-shirt, πουκάμισο, φούτερ, παντελόνι, τζιν, φούστα, φόρεμα, κολάν, φόρμα, φουλάρι, καπέλο, γυαλιά ηλίου, ομπρέλα, ακουστικά
- **Κατανάλωση τροφίμων / ποτών:** 1) Κρύα ποτά 2) Ζεστά ποτά 3) Τρόφιμα
- **Ο ερωτώμενος καπνίζει τώρα:** 1) ΝΑΙ 2) ΟΧΙ
- **Χρονικό διάστημα που ο ερωτώμενος βρίσκεται σε αυτό το σημείο:**
1) <10 λεπτά 2) 10-1 ώρα 3) > 1 ώρα
- **Θέση:** 1. Όρθιος, 2. καθιστός
- **Ο ερωτώμενος είναι εκτεθειμένος στο ηλιακό φως;** ΝΑΙ / ΟΧΙ
- **Θερμοκρασία αυτή τη στιγμή:**

πολύ κρύο	κρύο	δροσερά αλλά άνετα	ούτε κρύο, ούτε ζέστη	ζεστά αλλά άνετα	ζέστη	πολύ ζέστη
-----------	------	-----------------------	-----------------------	---------------------	-------	------------

Θα προτιμούσα περισσότερο:

ζέστη	κρύο	ok
-------	------	----

Ακτινοβολία αυτή τη στιγμή; λίγη, ευχάριστη, δυνατή, πολύ δυνατή

Άνεμος αυτή τη στιγμή; άπνοια, λίγος, ευχάριστος, δυνατός, πολύ δυνατός

Πως αισθάνεστε αυτή τη στιγμή?

ΘΕΡΜΙΚΑ	ΑΝΕΤΑ	ΘΕΡΜΙΚΑ ΔΥΣΑΡΕΣΤΑ	
ΛΙΓΟ ΑΝΕΤΑ	ΠΟΛΥ ΑΝΕΤΑ	ΛΙΓΟ ΔΥΣΑΡΕΣΤΑ	ΠΟΛΥ ΔΥΣΑΡΕΣΤΑ

Η πιο δυσάρεστη μετεωρολογική παράμετρος αυτή τη στιγμή;

Άνεμος	ήλιος	θερμοκρασία	υγρασία	καμία	όλες
--------	-------	-------------	---------	-------	------

Φωτεινότητα του χώρου; Πολύ σκοτεινά, σκοτεινά, κανονικά, φωτεινά, πολύ φωτεινά

Επιφάνειες ενοχλητικά φωτεινές; πλακόστρωτο, σιντριβάνι, κτίρια, φυτά, διακόσμηση, ουρανός, όχι

Θέα: άσχημη, ουδέτερη, όμορφη

Ήχος: Πολύ χαμηλός, χαμηλός, κανονικός, υψηλός, πολύ υψηλός

Επισκέπτεστε συνήθως τον χώρο αυτό για:

Ξεκούραση		Περαστικός	
Περπάτημα/άσκηση/αθλήματα		Παιχνίδι/Φροντίδα παιδιών/σκύλων	
Ψυχαγωγική δραστηριότητα		Ψώνια	
Συνάντηση με φίλους		Πλεονεκτήματα που προσφέρει ο χώρος	
Δουλειά/Διάλειμμα από την δουλειά		άλλο	

Ήσασταν σε:

αυτοκίνητο, σπίτι, εσωτερικό χώρο, δρόμο, ποδήλατο, μηχανή

Υπάρχει κάτι που δεν σας αρέσει στην περιοχή;

Έλλειψη πρασίνου		φασαρία		ικανοποιημένος	
Τσιμέντο/πλακόστρωτο		θέα		Άλλο	

Η ύπαρξη πρασίνου σας κάνει να νοιώθετε πιο ευχάριστα; ΝΑΙ / ΟΧΙ / ΑΔΙΑΦΟΡΟ

Τι θα θέλατε να έχει ο περιβάλλον χώρος για να νοιώθετε πιο άνετα;

πράσινο	Θέα – πιο ανοιχτό ορίζοντα	Στοιχεία νερού (συντριβάνι,λίμνη)	διακόσμηση	Θέα	άλλο
---------	----------------------------	-----------------------------------	------------	-----	------

Είσαστε κάτοικος της περιοχής; 1) ΝΑΙ 2) ΟΧΙ

Απασχόληση: 1) Μαθητής/ Φοιτητής 2) Εργαζόμενος 3) Συνταξιούχος 4) Οικιακά 5) Τουρίστας 6) Άλλο

