

ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ ΓΕΝΙΚΟΥ ΤΜΗΜΑΤΟΣ

ΘΕΤΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ ΣΤΗ ΓΕΩΠΟΝΙΑ

ΚΛΑΔΟΣ ΙΙ: ΓΕΩΛΟΓΙΚΟ ΚΑΙ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΓΙΑ ΤΟ
ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ ΕΡΓΩΝ ΥΠΟΔΟΜΗΣ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΜΕΛΕΤΗ:

**«ΕΡΕΥΝΑ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΑΙΣΘΗΣΗΣ
ΣΕ ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΤΟΥ ΒΟΡΕΙΟΑΝΑΤΟΛΙΚΟΥ
ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΤΟΥ ΛΕΚΑΝΟΠΕΔΙΟΥ ΤΗΣ ΑΘΗΝΑΣ»**

Βασιλική Β. Πετρούλεα

Γεωπόνος



ΑΘΗΝΑ, ΙΟΥΛΙΟΣ 2010

ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ ΓΕΝΙΚΟΥ ΤΜΗΜΑΤΟΣ

ΘΕΤΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ ΣΤΗ ΓΕΩΠΟΝΙΑ

ΚΛΑΔΟΣ ΙΙ: ΓΕΩΛΟΓΙΚΟ ΚΑΙ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΓΙΑ ΤΟ
ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ ΕΡΓΩΝ ΥΠΟΔΟΜΗΣ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΜΕΛΕΤΗ:

**«ΕΡΕΥΝΑ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΑΙΣΘΗΣΗΣ
ΣΕ ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΤΟΥ ΒΟΡΕΙΟΑΝΑΤΟΛΙΚΟΥ
ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΤΟΥ ΛΕΚΑΝΟΠΕΔΙΟΥ ΤΗΣ ΑΘΗΝΑΣ»**

Βασιλική Β. Πετρούλεα

Γεωπόνος



ΑΘΗΝΑ, ΙΟΥΛΙΟΣ 2010

ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ:

ΕΙΣΗΓΗΤΡΙΑ: ΑΙΚΑΤΕΡΙΝΗ ΧΡΟΝΟΠΟΥΛΟΥ-ΣΕΡΕΛΗ, ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ Γ.Π.Α

ΜΕΛΗ: ΑΝΔΡΕΑΣ ΠΑΥΛΟΠΟΥΛΟΣ, ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ Γ.Π.Α

ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ ΣΕΡΕΛΗΣ, ΕΠΙΚΟΥΡΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ Γ.Π.Α

ΙΩΑΝΝΗΣ ΤΣΙΡΟΣ, ΕΠΙΚΟΥΡΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ Γ.Π.Α

ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ ΚΑΜΟΥΤΣΗΣ: ΛΕΚΤΟΡΑΣ Γ.Π.Α

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ	6
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	7
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	9
ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΡΟΣ	10
1. ΜΙΚΡΟΚΛΙΜΑΤΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΟΡΕΙΝΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ	10
1.1 Βασικές παράμετροι ορεινού κλίματος	10
1.2 Μετακινήσεις αερίων μαζών	11
1.2.1 Τοπικές κινήσεις αερίων ρευμάτων	11
1.2.2 Θερμικά συστήματα κίνησης του αέρα	12
1.2.3 Κίνηση αερίων ρευμάτων σε πλαγιές	12
2. ΜΙΚΡΟΚΛΙΜΑΤΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΑΣΤΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ	13
2.1 Βασικές παράμετροι αστικού μικροκλίματος	13
2.2 Μικροκλίμα Αθήνας	17
2.2.1 Βιοκλιματικές Συνθήκες της Αθήνας κατά τη θερινή περίοδο	19
3. ΒΙΟΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΟΙ ΔΕΙΚΤΕΣ	19
3.1 Βασικές γνώσεις Βιομετεωρολογίας	19
3.1.1 Μηχανισμοί Ανταλλαγής θερμότητας	19
3.1.2 Επεισόδια καύσωνα και επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία	21
3.1.3 «Πρόσθετη» ή «αποδοτέα θνησιμότητα»	22
3.2 Δείκτες Θερμικής Αίσθησης	23
3.2.1 «Πραγματική Θερμοκρασία»	23
3.2.2 Δείκτης Δυσφορίας (DI)	23
3.2.3 Δείκτης Humidex (HI)	24
3.2.4 Θερμο-υγρομετρικός Δείκτης (THI)	24
3.2.4.1 Υπολογισμός δείκτη THI	25
3.2.4.2 Κλάσεις THI	25
3.2.4.3 Επίδραση περιβάλλοντος στον δείκτη THI	27
3.2.5 Δείκτης PET-εξίσωση PMV	28
3.2.6 “Beergarden days”	29
3.2.7 Δείκτης Σχετικής Κόπωσης (RSI)	29
ΕΙΔΙΚΟ ΜΕΡΟΣ	31
1. ΓΕΝΙΚΑ	31
1.1 Περιοχή μελέτης	31
1.1.1 Περιοχή των Μελισσίων	31

1.1.2 Περιοχή Νέας Πεντέλης-πεντελικό όρος	32
1.1.2.1 Όρος Πεντέλης	33
2. ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΟΡΓΑΝΩΝ	34
2.1 Επιλογή Σημείων	34
2.2 Περιγραφή Οργάνων μέτρησης	36
2.3 Περιγραφή Θέσεων Εγκατάστασης οργάνων και τρόπος επεξεργασίας δεδομένων	38
3.ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ-ΣΥΖΗΤΗΣΗ	51
3.1 Αποκλίσεις θερμοκρασίας δομημένης ζώνης από το σημείο αναφοράς (λόφος του Προφήτη Ηλία)	51
3.1.1 Σημείο Αναφοράς	54
3.2 Δομημένη ζώνη	55
3.2.1 Τύπος I: Υψηλή και πυκνή δόμηση, απουσία βλάστησης	55
3.2.2 Τύπος II: Υψηλή και πυκνή δόμηση, παρουσία βλάστησης	58
3.2.3 Τύπος III: Αραιή δόμηση, μεγάλοι κήποι, παρουσία βλάστησης	59
3.2.4 Τύπος IV: Μεταβατική ζώνη μεταξύ δομημένης και φυτοκαλυμμένης περιοχής	65
3.2.5 Τύπος V: Αραιή φυτοκαλυμμένη περιοχή	70
3.2.6 Τύπος VI: Πυκνή φυτοκαλυμμένη περιοχή	74
3.2.7 Σύγκριση ωριαίων τιμών θερμοκρασίας στα διάφορα σημεία του άλσους	79
3.2.8 Εικόνες από Θερμοκάμερα στο άλσος Μελισσίων και τη μεταβατική ζώνη	80
3.2.9 Σύγκριση τύπων της δομημένης ζώνης	90
3.3 Ορεινό περιβάλλον	92
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ-ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ	102
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	106
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΕΙΚΟΝΩΝ ΚΑΙ ΠΙΝΑΚΩΝ	110
A. ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ	110
B. ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ	114

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα μεταπτυχιακή μελέτη ασχολείται με την έρευνα των συνθηκών θερμικής αίσθησης στις περιοχές Μελίσσια και Νέα Πεντέλη της Β.Α Αττικής καθώς και της επίδρασης του πεντελικού όρους στις βιομετεωρολογικές συνθήκες των συγκεκριμένων περιοχών. Αναλύθηκαν οι συνθήκες θερμικής αίσθησης σε δομημένες, φυτοκαλυμμένες και ορεινές περιοχές.

Η συγκεκριμένη έρευνα έγινε με ανάθεση και επίβλεψη της Καθηγήτριας κα. Χρονοπούλου-Σερέλη Αικατερίνης την οποία ευχαριστώ θερμά για την υποστήριξη και την ουσιαστική καθοδήγηση που μου παρείχε σε όλη τη διάρκεια εκπόνησής της. Παράλληλα θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερος τον Λέκτορα, κ. Καμούτση Αθανάσιο, ο οποίος μου παρείχε πολύ σημαντική βοήθεια τόσο κατά τη διάρκεια των πειραματικών εργασιών όσο και στην πορεία οργάνωσης της μελέτης. Επίσης, πολύ σημαντικές υπήρξαν η βοήθεια και οι υποδείξεις που έλαβα από τον Δρ. Ματσούκη Αριστεΐδη μέλος Ε.Ε.ΔΙ.Π, κατά την ολοκλήρωση της συγγραφής. Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω τον κ. Παγώνη Μιλτιάδη για την πολύτιμη βοήθειά του στη τεχνική υποστήριξη της μελέτης.

Τέλος θέλω να ευχαριστήσω τον Καθηγητή κ. Παυλόπουλο Ανδρέα, τον Επίκουρο Καθηγητή κ. Σερέλη Κωνσταντίνο και τον Επίκουρο Καθηγητή κ. Τσίρο Ιωάννη, για τη συμμετοχή τους στην εξεταστική επιτροπή.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα μελέτη, εξετάστηκαν οι βιομετεωρολογικές συνθήκες στις περιοχές των δήμων Μελισσίων και Νέας Πεντέλης καθώς και σε τμήματα του πεντελικού όρους, στο Β.Α τμήμα της Αττικής, για το χρονικό διάστημα από 18 Ιουλίου έως 15 Νοεμβρίου του 2009. Στο διάστημα αυτό μετρήθηκαν οι τιμές της θερμοκρασίας αέρα και σχετικής υγρασίας προκειμένου να υπολογιστεί ο θερμοϋγρομετρικός δείκτης THI, ο οποίος χρησιμοποιήθηκε για την εκτίμηση της θερμικής αίσθησης των συγκεκριμένων περιοχών. Ο δείκτης THI υπολογίστηκε σε 13 διαφορετικά σημεία της περιοχής μελέτης, τα οποία αντιπροσώπευαν περιοχές υψηλής και πυκνής δόμησης, περιοχές αραιής δόμησης, περιοχές με πυκνή φυτοκάλυψη πεύκου (*Pinus halepensis* Mill) καθώς και αραιής φυτοκάλυψης, μέσα σε άλσος, τη μεταβατική ζώνη μεταξύ δόμησης και βλάστησης, καθώς και περιοχές σε λόφο και σε τμήματα του ορεινού όγκου της Πεντέλης. Διαπιστώθηκαν 5 κλάσεις θερμικής αίσθησης: η κλάση «Ψυχρό», «Δροσερό», «Άνετο», «Ζεστό» και «Πολύ Ζεστό». Σε όλα τα σημεία της δομημένης ζώνης επικρατέστερη ήταν η κλάση «Ζεστό» ενώ στην κορυφή του πεντελικού όρους (1086m) κυρίαρχη ήταν η κλάση «Άνετο». Τις καλύτερες βιοκλιματικές συνθήκες, όσον αφορά τη δομημένη ζώνη, παρουσίασαν τα σημεία πυκνής φυτοκάλυψης μέσα στο άλσος καθώς και οι περιοχές χαμηλής και αραιής δόμησης. Η περιοχή υψηλής και πυκνής δόμησης παρουσίασε αξιοσημείωτα μεγάλη συχνότητα της κλάσης «Ζεστό» του δείκτη THI. Η επιφάνεια των υλικών δόμησης (άσφαλτος, μπετόν τοιχοποιίας) παρουσίασε σημαντικές διαφορές θερμοκρασίας αέρα σε σύγκριση με την παρακείμενη βλάστηση. Οι υψηλότερες τιμές θερμοκρασίας σημειώθηκαν στη μεταβατική ζώνη μεταξύ δόμησης και βλάστησης του άλσους. Το άλσος των Μελισσίων δεν φαίνεται να συμβάλλει στην ευνοϊκή διαφοροποίηση των βιομετεωρολογικών συνθηκών των γύρω περιοχών καθώς αποτελείται από ξηροφυτική βλάστηση. Παράλληλα, διαπιστώθηκε ότι το πεντελικό όρος επιδρά ευνοϊκά μέσω των καταβατικών αερίων ρευμάτων στα χαμηλότερα υψόμετρα διαμορφώνοντας περιοχές με ευνοϊκές συνθήκες θερμικής αίσθησης μέσα στη δομημένη ζώνη.

ABSTRACT

The biometeorological conditions in selected regions of the municipalities of Melissia and N. Penteli as well as of mountain penteliko, in the N.E. part of Attiki, have been determined for the period of 18 July to 15 of November, 2009. Air Temperature and relative humidity values were measured, in order to calculate the thermo-hydrimetric index, THI, which was used in turn to estimate the thermal feeling. The THI index was calculated in 13 different points, representing areas with dense or dilute construction, areas with dense or dilute vegetation of pines (*Pinus halepensis* Mill), inside a grove, in the transitional zone between vegetation and construction, as well as in parts of a hill and on the penteliko mountain. Five categories of THI were identified: “Cold”, “Cool”, “Comfortable”, “Hot” and “Very Hot”. In the parts with dense construction, “Hot”, was the dominant category, whereas at the top of penteliko Mountain (1086m), “Comfortable” dominated. The best bioclimatic conditions in the residential areas were found in the parts with dense vegetation as well as in the parts with dilute and low-height buildings. The densely-built parts showed significantly higher-frequency levels of the “Hot” category. The air temperature near the construction materials (asphalt, concrete) showed significant differences compared with the air temperature near adjacent vegetation. The highest values of temperature were measured in parts of the transitional zone between buildings and vegetation. The grove of Melissia does not seem to contribute in a favorable way to the biometeorological condition of the adjacent built areas. This is attributed to its xerophyte vegetation. On the contrary, the penteliko Mountain affects favorably the biometeorological conditions at lower altitudes, through catabatic air flows, which formed zones with favorable thermal feeling in the residential area.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι συνθήκες θερμικής άνεσης αποτελούν έναν από τους σημαντικότερους παράγοντες υγιεινής διαβίωσης για τους κατοίκους των πόλεων. Το σύγχρονο αστικό περιβάλλον (πυκνή δόμηση, υψηλός κυκλοφοριακός φόρτος, ατμοσφαιρική ρύπανση) επιβαρύνει τις βιομετεωρολογικές συνθήκες ιδιαίτερα κατά τους θερινούς μήνες και αυξάνει την πιθανότητα δημιουργίας θερμικών καταστάσεων επικίνδυνων για την ανθρώπινη υγεία. Παράλληλα, η ανάγκη του ανθρώπου για βελτίωση της θερμικής αίσθησης του χώρου στον οποίο ζει έχει τροφοδοτήσει προσπάθειες για την αποτελεσματικότερη αξιοποίηση φυσικών χώρων μέσα στην πόλη (χώρους πρασίνου, λόφους, άλση) και των ευνοϊκών βιομετεωρολογικών συνθηκών που αυτοί προσφέρουν.

Από αυτή την άποψη, οι περιοχές των δήμων Μελισσίων και Νέας Πεντέλης της Β.Α Αττικής, παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον καθώς παρά την υψηλή δόμηση και συνεχή αστική ανάπτυξη, περιλαμβάνουν μεγάλες εκτάσεις φυσικού πρασίνου, ρέματα, λόφο και δέχονται την ευνοϊκή επίδραση του Πεντελικού όρους. Η περιοχή των Μελισσίων άλλωστε, είχε χρησιμοποιηθεί παλαιότερα για την εγκατάσταση νοσοκομείων και την ανάρρωση ανθρώπων που έπασχαν από φυματίωση, λόγω του καλού μικροκλίματος και του φυσικού περιβάλλοντος της περιοχής.

Η παρούσα μελέτη, που σκοπό έχει να ερευνήσει τις βιομετεωρολογικές συνθήκες των παραπάνω περιοχών τη θερινή περίοδο του 2009, παρουσιάζεται σε δύο κυρίως μέρη. Στο πρώτο γίνεται ανάλυση των μετεωρολογικών παραμέτρων του ορεινού και του αστικού περιβάλλοντος, τα οποία συναντώνται ταυτόχρονα στην περιοχή μελέτης, ενώ παρουσιάζονται στοιχεία για τους βιομετεωρολογικούς δείκτες μεταξύ των οποίων είναι και ο θερμοϋγρομετρικός δείκτης THI, που χρησιμοποιήθηκε στη συγκεκριμένη έρευνα. Στο δεύτερο μέρος παρουσιάζονται αρχικά τα σημεία μέτρησης της ερευνώμενης περιοχής με το αντίστοιχο πρόγραμμα επεξεργασίας των δεδομένων και στη συνέχεια τα αποτελέσματα των μετρήσεων με τη συζήτηση και τα συμπεράσματα.

ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

Ο βασικός παράγοντας, ο οποίος διαμορφώνει το κλίμα της γης, είναι η ηλιακή ακτινοβολία. Η ηλιακή ενέργεια που προσπίπτει στα ανώτερα στρώματα της γήινης ατμόσφαιρας, είναι της τάξης των 1.8×10^{16} W, τη στιγμή που το συνολικό ποσό που εκπέμπεται από την επιφάνεια του ήλιου, είναι της τάξης των 3.91×10^{26} W (Φλόκας, 1997). Δηλαδή στην γη προσπίπτει περίπου το $1/10^9$ της ολικής ηλιακής ακτινοβολίας. Αυτό το απειροελάχιστο κλάσμα της ακτινοβολίας φωτίζει και θερμαίνει τον πλανήτη, ενεργοποιεί την ανακύκλωση της ύλης (κύκλος άνθρακα, υδρολογικός κύκλος κ.λ.π.), κινεί τα μετεωρολογικά συστήματα και ενεργοποιεί την Φωτοσύνθεση. Σε μικροκλιματικό επίπεδο η ποσότητα ηλιακής ακτινοβολίας σε μία περιοχή είναι μία από τις παραμέτρους που διαμορφώνουν το κλίμα, μαζί με την θερμοκρασία, το ύψος βροχόπτωσης και την ταχύτητα του ανέμου. Στις αστικές περιοχές υπεισέρχονται και πρόσθετες παράμετροι λόγω των ανθρωπογενών επεμβάσεων.

1. ΜΙΚΡΟΚΛΙΜΑΤΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΟΡΕΙΝΩΝ ΠΕΡΙΟΧΩΝ

Στα ορεινά περιβάλλοντα, η μεταβολή των μετεωρολογικών παραμέτρων είναι εντονότερη απ' ότι στις πεδινές εκτάσεις. Κατακόρυφη μετατόπιση κατά 1 km έχει σαν αποτέλεσμα μεταβολή της θερμοκρασίας ίδιας τάξης μεγέθους με μετατόπιση κατά 1000 km με σταθερό υψόμετρο κατά μήκος ενός μεσημβριού. Οι κυριότεροι παράγοντες, που διαμορφώνουν το ορεινό κλίμα, είναι το υψόμετρο, ο προσανατολισμός και η μορφολογία του ανάγλυφου (Μάχαιρας και Μπαλαφούτης, 1997).

1.1 Βασικές παράμετροι ορεινού κλίματος

Σύμφωνα με μελέτες σε ορεινούς όγκους, η ηλιακή ακτινοβολία υπό συνθήκες καθαρού ουρανού, αυξάνεται με το υψόμετρο κατά 7-10%/km, μέχρι τα 3 km. Οι συνθήκες νέφωσης που επικρατούν συχνά στις πλαγιές, επηρεάζουν την υψομετρική αύξηση της ηλιακής ακτινοβολίας. Επίσης η απορρόφηση ηλιακής ακτινοβολίας από το έδαφος επηρεάζεται από την παρουσία χιονιού ή πάγου. Έτσι η απορροφούμενη ηλιακή ακτινοβολία είναι πολύ μεγαλύτερη στο γυμνό έδαφος απ' ότι σε επιφάνεια καλυμμένη με χιόνι (Barry, 2001).

Η θερμοκρασία είναι πολύ σημαντική παράμετρος του ορεινού κλίματος. Η θερμοκρασία ελαττώνεται με την αύξηση του υψομέτρου. Η ελάττωση αυτή είναι κατά μέσο όρο 0.5 °C ανά 100 μέτρα (Μάχαιρας και Μπαλαφούτης, 1997).

Το ετήσιο ύψος βροχόπτωσης σε μια ορεινή περιοχή εξαρτάται από πολλούς παράγοντες όπως: την ποσότητα σε υδρατμούς που περιέχεται στην αέρια μάζα που φτάνει στην περιοχή, το υψόμετρο και τον προσανατολισμό της ορεινής περιοχής σε σχέση με τη διεύθυνση του ανέμου. Το ύψος της βροχής αυξάνει με το υψόμετρο μέχρι τα 3 km. Από εκεί και πέρα ελαττώνεται λόγω της μείωσης του φορτίου υδρατμών του αέρα. Επίσης οι οροσειρές δημιουργούν μεγαλύτερο ποσοστό βροχοπτώσεων στις προσήνεμες και μικρότερο στις υπήνεμες πλαγιές.

Η ταχύτητα του ανέμου αυξάνει με το υψόμετρο. Το ανάγλυφο μιας περιοχής μπορεί να αποτελέσει φράγμα για τον άνεμο και να τον αναγκάσει σε κατακόρυφες ή πλευρικές κινήσεις. Έτσι, υπό ορισμένες συνθήκες δημιουργούνται αύρες βουνών και κοιλάδων (κεφ. 1.2.2) Οι φραγμοί που δημιουργούν οι ορεινοί όγκοι στις αέριες μάζες, μπορούν να επηρεάσουν τον καιρό και το κλίμα των υπήνεμων περιοχών (Μάχαιρας και Μπαλαφούτης, 1997)

1.2 Μετακινήσεις αερίων μαζών σε ορεινές περιοχές

Οι αέριες μάζες στις ορεινές περιοχές μπορεί να μετακινηθούν κατά την οριζόντια διεύθυνση από 1 - 100 km, γεγονός το οποίο έχει ιδιαίτερη σημασία στη διαμόρφωση των καιρικών συνθηκών των παρακείμενων περιοχών.

1.2.1 Τοπικές κινήσεις αερίων ρευμάτων

Η συμπεριφορά των αερίων ρευμάτων, πάνω από ένα εμπόδιο, εξαρτάται από την κατακόρυφη κίνηση του ανέμου, τη σταθερότητα της κατασκευής και το σχήμα του εμποδίου. Στην περίπτωση μιας απλής κορυφογραμμής, όπου η ατμόσφαιρα είναι σταθερή, διακρίνονται τρεις βασικοί τύποι ρεύματος, ανάλογα με την κατακόρυφη συνιστώσα της ταχύτητας του ανέμου:

- Για ασθενείς ανέμους, οι οποίοι παραμένουν ουσιαστικά σταθεροί με το ύψος, ο αέρας κυκλοφορεί ελαφρώς πάνω από την κορυφογραμμή σχηματίζοντας ένα μικρό κύμα και δημιουργούνται μόνο ασθενείς κατακόρυφες ροές.
- Για μεγαλύτερη ταχύτητα ανέμου, που παρουσιάζει μέτρια αύξηση με το ύψος, ο αέρας ανατρέπεται από την άλλη μεριά του βουνού-εμποδίου, σχηματίζοντας έναν σταθερά ανανεωνόμενο στρόβιλο.

- Για μεγάλες ταχύτητες του ανέμου, που αυξάνονται απότομα με το ύψος, δημιουργείται αλυσίδα πλευρικών κυμάτων καθοδικού ανέμου, μήκους 25 km ή και περισσότερο (Barry, 2001).

Παράλληλα με τις διαφοροποιήσεις στη ροή του αέρα, που προκαλούνται απ' το ανάγλυφο λόγω μηχανικών επιδράσεων, υπάρχει και η επίδραση των θερμικών συστημάτων των ορεινών περιοχών. Η επίδραση αυτή στη ροή του ανέμου, είναι εντονότερη υπό συνθήκες χαμηλής πίεσης. Η βασικότερη παράμετρος των θερμικών συστημάτων είναι η διαφορά θερμοκρασίας λόγω υψομετρικών διαφορών. Η διαφορά αυτή προκαλεί κατακόρυφη κίνηση αερίων μαζών. Επί πλέον, η διαφοροποίηση στη θέρμανση ή την ψύξη κατά μήκος των πλαγιών θέτει σε ισχύ πρόσθετα συστήματα κυκλοφορίας του αέρα (Barry, 2001).

1.2.2 Θερμικά συστήματα κίνησης του αέρα

Τα θερμικά συστήματα κίνησης του αέρα, περιλαμβάνουν τις θαλάσσιες αύρες καθώς και τις αύρες βουνών-κοιλάδας. Οι βασικές δυναμικές διαδικασίες που λαμβάνουν χώρα είναι: 1) η κίνηση του αέρα προς χαμηλότερες πιέσεις και 2) η συνιστώσα βαρύτητας του αέρα που κατευθύνεται χαμηλά στην πλαγιά.

Γενικά, οι καθοδικές κινήσεις κρύου αέρα τη νύχτα αναφέρονται ως καταβατικά ρεύματα ενώ οι ανοδικές, κατά τη διάρκεια της ημέρας, ως αναβατικά ρεύματα (Barry, 2001).

Οι καταβατικοί άνεμοι είναι τοπικά ρεύματα που προκαλούνται από τη νυχτερινή ακτινοβολία ψύξης κοντά στην επιφάνεια της γης, κάτω από συνθήκες καθαρού ουρανού. Αντίστροφα, τα φαινόμενα ανοδικής κίνησης κατά τη διάρκεια της ημέρας σχετίζονται με την ημερήσια θέρμανση της πλαγιάς και την άνωση που προκαλεί. Σε ήπιες καιρικές συνθήκες τα ανοδικά συστήματα είναι γενικώς ισχυρότερα από τα καθοδικά νυχτερινά, καθώς οι μεγάλες ανταλλαγές ακτινοβολίας κατά τη διάρκεια της ημέρας ευνοούν φαινόμενα άνωσης. Γενικώς οι αναβατικοί άνεμοι αναπτύσσονται καλύτερα στις πλαγιές με νότιο προσανατολισμό.

1.2.3 Κίνηση αερίων ρευμάτων σε πλαγιές

Κατά την ψύξη της πλαγιάς ο αέρας κινείται καθοδικά με την συνιστώσα της επιτάχυνσης της βαρύτητας (g) που είναι παράλληλη στην πλαγιά, ενώ η συνιστώσα τού g που είναι κάθετη στην πλαγιά αντισταθμίζεται από την δύναμη της βαθμίδας πίεσης. Από θερμοδυναμική άποψη τα ρεύματα σε πλαγιές καθορίζονται από πολύ τοπικές, σχεδόν στιγμιαίες ισορροπίες.

Έτσι τα ανοδικά ρεύματα μπορεί να σταματήσουν απότομα, όταν τα σύννεφα σκιάσουν τον ήλιο, αποκόπτοντας την κατ' ευθείαν ακτινοβολία της πλαγιάς.

Αναφέρεται ότι το μήκος της κοιλάδας έχει πιθανότατα σημασία, καθώς μικρές πλαγιές μπορούν να υποστηρίξουν λίγη ποσότητα κρύου αέρα. Η μέγιστη ταχύτητα του ανέμου είναι ανάλογη της ακτινοβολίας ψύξης, της κλίσης της πλαγιάς και του ρυθμού ολίσθησης (Barry, 2001).

2. ΜΙΚΡΟΚΛΙΜΑΤΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΑΣΤΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

2.1 Βασικές παράμετροι αστικού μικροκλίματος

Μεταξύ των τοπικών κλιμάτων, όπως έχουν τροποποιηθεί από τον άνθρωπο, το αστικό είναι το πιο χαρακτηριστικό παράδειγμα. Ο κόσμος μας, αστικοποιείται με πολύ γρήγορους ρυθμούς γι αυτό και τα χαρακτηριστικά αυτού του είδους τοπικού κλίματος γίνονται πολύ εμφανή (Unger, 1999).

Υπάρχουν διάφοροι μηχανισμοί που συμβάλλουν στην ανάπτυξη του τοπικού αστικού κλίματος. Η φυσική ισορροπία ακτινοβολίας μεταβάλλεται με τις αλλαγές που λαμβάνουν χώρα στις ιδιότητες του υποστρώματος και στη σύσταση της ατμόσφαιρας. Επίσης, οι δομημένες περιοχές αποτελούν εμπόδιο στην κίνηση του αέρα, τροποποιώντας τη φυσική ροή. Τέλος, οι διαδικασίες καύσης (θέρμανση, κυκλοφορία οχημάτων, βιομηχανία) εκπέμπουν θερμότητα, υδρατμούς και ρύπους στην ατμόσφαιρα (Unger, 1999). Γενικώς το αστικό κλίμα συγκρινόμενο με αυτό των γειτονικών μη αστικών περιοχών, παρουσιάζει μικρότερη ηλιοφάνεια και ταχύτητα ανέμου, μεγαλύτερη θερμοκρασία, νέφωση, βροχόπτωση και ατμοσφαιρική ρύπανση (Χρονοπούλου-Σερέλη, 1996).

Συγκεκριμένα, σε ένα αστικό μικροκλίμα παρατηρείται μείωση της ηλιακής ακτινοβολίας κατά 15-20%. Το καλοκαίρι, η μείωση της υπερϊώδους ακτινοβολίας σε σχέση με γειτονικές περιοχές φτάνει το 5% ενώ το χειμώνα το 30%. Μείωση παρατηρείται και στις ώρες ηλιοφάνειας (5-15%).

Η μέση ταχύτητα του ανέμου στις πόλεις ελαττώνεται κατά 10-20%, λόγω των πυκνών τεχνητών εμποδίων που έχουν διαμορφωθεί στην επιφάνειά τους.

Αντίθετα, η θερμοκρασία του αέρα στις αστικές περιοχές, εμφανίζεται αυξημένη κατά 0,5-1,5 °C, σε ετήσια βάση, ενώ ορισμένες μέρες η διαφορά αυτή με γειτονικές, μη αστικές περιοχές, μπορεί να φτάσει τους 6 °C. Η άνοδος της θερμοκρασίας οφείλεται στην πυκνή δόμηση που αποτελείται από κτίρια και ασφαλτοστρωμένους δρόμους, τον υψηλό κυκλοφοριακό φόρτο καθώς και στην ύπαρξη παρακείμενων βιομηχανικών εγκαταστάσεων.

Τέλος στις αστικοποιημένες περιοχές οι ανοδικές κινήσεις των αερίων μαζών, επιφέρουν αύξηση της νεφοκάλυψης και των βροχοπτώσεων κατά 5-10%. Πολύ αυξημένα εμφανίζονται και τα ποσοστά της ομίχλης ιδιαίτερα τον χειμώνα (Χρονοπούλου, 1996).

Μικροκλιματικές διαφοροποιήσεις παρατηρούνται ωστόσο και μέσα στο ίδιο αστικό περιβάλλον εξαιτίας της τοπικής διαμόρφωσης των χώρων και της παρουσίας ή όχι πρασίνου. Οι κυριότερες παράμετροι των τοπικών διαφοροποιήσεων του αστικού μικροκλίματος είναι οι εξής:

α) Τοπογραφία

Η κλιματική διαφοροποίηση μέσα σε ένα αστικό περιβάλλον προκαλείται πολλές φορές από την τοπογραφία της περιοχής. Πολύ σημαντική στη διαμόρφωση του μικροκλίματος είναι η γειτνίαση μιας πόλης με τη θάλασσα ή με οροσειρά. Επίσης διαφορετικές συνθήκες επικρατούν στις πλευρές ενός λόφου, που πιθανώς υπάρχει σε μια αστική περιοχή (Χρονοπούλου-Σερελη και Ουζιέλ, 1997).

β) Εδαφολογία/Δομικά υλικά/Κάλυψη εδάφους

Η θερμοκρασία του αέρα εξαρτάται από την απορρόφηση της ηλιακής ακτινοβολίας από τις επιφάνειες με τις οποίες έρχεται σε επαφή.

Οι σύγχρονες αστικοποιημένες περιοχές συνδυάζουν ασφαλτοστρωμένους δρόμους, πεζοδρόμια από τσιμέντο και πλάκες, υπαίθριους χώρους στάθμευσης και κτίρια. Οι επιφάνειες αυτές επειδή είναι αρκετά σκούρες απορροφούν μεγάλη ποσότητα ηλιακής ακτινοβολίας με αποτέλεσμα να αυξάνεται η θερμοκρασία τους και η θερμοκρασία του αέρα πάνω από αυτές. Έτσι δημιουργούνται οι αστικές θερμικές νησίδες (Yilmaz et al., 2007). Τα δομικά αυτά υλικά παρουσιάζουν αργό ρυθμό απελευθέρωσης της θερμότητας κατά τις νυχτερινές ώρες. Αυτό οφείλεται στη μεγάλη τους θερμοχωρητικότητα και στο μειωμένο ρυθμό εκπομπής ακτινοβολίας μεγάλου μήκους κύματος. Σαν αποτέλεσμα, τα παραπάνω

υλικά αυξάνουν τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος (Kamoutsis et al, 2010; Kassomenos et al, 2006).

Εκτός από το δομικό στοιχείο το μικροκλίμα μιας αστικής περιοχής μπορεί να επηρεαστεί και από την εδαφολογική της σύσταση. Αργιλώδη εδάφη παρουσιάζουν μεγάλη υδατοχωρητικότητα σε σχέση με τα αμμώδη με αποτέλεσμα να συγκρατούν μεγαλύτερο ποσοστό υγρασίας και να παρουσιάζουν σταθερότερη θερμοκρασία (Χρονοπούλου-Σερελη και Ουζιέλ, 1997). Η οδόστρωση του εδάφους προτείνεται να κατασκευάζεται από ανοιχτόχρωμα, πορώδη υλικά. Λεπτά στρώματα οδόστρωσης ή οδοστρώματα αναμεμιγμένα με πράσινες επιφάνειες για την προώθηση της εξάτμισης του εδάφους κρίνονται επίσης κατάλληλα, ειδικά σε γεωγραφικά πλάτη των οποίων τα καλοκαίρια δεν είναι ξερά (Ali-Toudert and Mayer, 2003). Επίσης, επιφάνειες που καλύπτονται από γρασίδι εμφανίζονται δροσερότερες από τις δομημένες. Σύμφωνα με μελέτη που έλαβε χώρα κατά την καλοκαιρινή περίοδο, το άνυδρο γρασίδι παρουσιάζει κατά μέσο όρο έως και 5 °C χαμηλότερη θερμοκρασία από την ασφαλτο ενώ το γυμνό έδαφος εμφανίζει ενδιάμεσες τιμές (Yilmaz et al., 2007).

γ) Δρόμοι/Αστικές χαράδρες

Μια αστική χαράδρα ορίζεται ως ένας δρόμος ή μια επίπεδη περιοχή που περιορίζεται στις δύο πλευρές από κτίρια, και έχει «ανοιχτή» κορυφή στον ουρανό. Οι πλευρές των κτιρίων είναι κανονικά κατακόρυφες. Ο συνδυασμός αστικών χαραδρών μπορεί να δημιουργήσει ένα τοπικό κλίμα, το οποίο επηρεάζει την αστική θερμική νησίδα, την ενεργειακή ισορροπία και τον άνεμο ανάλογα με τον προσανατολισμό, το βάθος και τα δομικά υλικά (Bridgman et al, 2006).

Η ηλιακή ενέργεια που εισέρχεται σε μια χαράδρα μέσω της ανοιχτής κορυφής μπορεί να ανακλαστεί πολλές φορές, απορροφούμενη σταδιακά, ανάλογα με τη γωνία εισόδου, τη γεωμετρία του κτιρίου, και τον τύπο της επιφάνειας του κτιρίου. Οι αστικές χαράδρες εγκλωβίζουν την ηλιακή ενέργεια κατά τη διάρκεια της ημέρας και απελευθερώνουν αυτή την ενέργεια σαν ακτινοβολία μεγάλου μήκους κύματος τη νύχτα. Υπάρχει συσχέτιση μεταξύ του μεγέθους της επιφάνειας του ουράνιου θόλου που γίνεται ορατή στην κορυφή της αστικής χαράδρας και του ποσού της ενέργειας που παγιδεύεται σε αυτήν. Ο συντελεστής θέασης ουράνιου θόλου (Ψ_s) ορίζεται ως η γεωμετρική σχέση μεταξύ του ύψους του κτιρίου, H , και του πλάτους του δρόμου, W , τα οποία καθορίζουν τη γωνία θέασης (α) από τη

βάση στην κορυφή της χαράδρας. Έτσι, αν υποθεθεί ότι έχουμε έναν δρόμο άπειρου μήκους, ισχύει: $\epsilon\phi(\alpha) = 2H/W$ και $\Psi_s = \text{συν}(\alpha)$ (Bridgman et al, 2006).

Ο αέρας που πνέει μέσα σε μία αστική χαράδρα επηρεάζεται από το ρεύμα αέρα που επικρατεί πάνω από το επίπεδο της στέγης των κτιρίων. Βασικά η αντιστοιχία μεταξύ του αέρα της χαράδρας και του αέρα πάνω από τις στέγες είναι πιο αξιοσημείωτη για υψηλές ταχύτητες ανέμου. Η κατεύθυνση του ανέμου μέσα στο δρόμο εξαρτάται από την γωνία εισόδου σε σχέση με τον άξονα του ανώτερου στρώματος ανέμου. Όταν ο άνεμος πάνω από τη στέγη είναι σχεδόν παράλληλος με τον άξονα του δρόμου ($\pm 30^\circ$), ο άνεμος μέσα στο δρόμο κινείται προς την ίδια κατεύθυνση. Υπάρχει γραμμική συσχέτιση μεταξύ της ταχύτητας του ανέμου μέσα στο δρόμο και του ανέμου πάνω από τις στέγες. Οι άνεμοι πάνω από τις στέγες κινούνται ταχύτερα σε σχέση με αυτούς μέσα στην χαράδρα. Κάποιες μελέτες υποστηρίζουν την ύπαρξη μιας αφετηρίας πάνω από την οποία παρατηρείται σύζευξη μεταξύ του εισερχόμενου και εξερχόμενου ανέμου σε μια αστική χαράδρα (Ali-Toudert and Mayer, 2003).

Πολύ σημαντική, στη διαφοροποίηση των θερμομετρικών συνθηκών μέσα στην πόλη, είναι η απόσταση μεταξύ των κτιρίων. Στην περίπτωση που το ύψος των κτιρίων είναι ίσο με τη μεταξύ τους απόσταση, η μετακίνηση των αερίων μαζών δε φτάνει μέχρι το επίπεδο του δρόμου με αποτέλεσμα να μην επιτυγχάνεται επαρκής αερισμός και απομάκρυνση των ρυπαντικών στοιχείων της κυκλοφορίας των οχημάτων. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με διπλασιασμό της απόστασης μεταξύ των κτιρίων (Χρονοπούλου-Σερελη και Ουζιέλ, 1997).

δ) Διαμόρφωση ελεύθερων επιφανειών (πλατείες, πάρκα, άλση)

Σε ένα αστικό περιβάλλον οι φυτοκαλυμμένες επιφάνειες διακρίνονται σε πλατείες, πάρκα και άλση, ανάλογα με το πώς έχουν διαμορφωθεί.

Οι πλατείες αποτελούν χώρους μικρής έκτασης που καλύπτονται στο μεγαλύτερο ποσοστό τους από δομικά υλικά (πλάκες, μπετόν, ασφαλτό). Ανάλογα με το μέγεθός τους διακρίνουμε τις πλατείες μικρής, μέσης και μεγάλης επιφάνειας. Οι μικρές πλατείες (μεγέθους έως 1.000 m^2) έχουν μεγάλο ποσοστό πλακόστρωσης, μηδαμινή βλάστηση και συχνά υπερθερμαίνονται κατά τη διάρκεια της ημέρας, ενώ η θερμοκρασία τους δεν διαφοροποιείται σημαντικά κατά τις νυχτερινές ώρες. Οι πλατείες μεσαίου μεγέθους (γύρω στα 5.000 m^2) παρουσιάζουν μεγαλύτερη πυκνότητα βλάστησης. Ως αποτέλεσμα την ημέρα παρατηρείται κατά τόπους έντονη διαφοροποίηση της θερμοκρασίας και της σχετικής υγρασίας σε σχέση με τον

περιβάλλοντα δομημένο χώρο. Τη νύχτα η συμβολή της πλατείας στη βελτίωση των θερμομετρικών συνθηκών της γύρω περιοχής είναι ασήμαντη. Τέλος οι πλατείες μεγάλου μεγέθους (10.000 m²) παρουσιάζουν μεγαλύτερο ποσοστό βλάστησης που απαρτίζεται από δέντρα, εποχιακά φυτά και χλοοτάπητα. Και εδώ παρατηρείται έντονη τοπική διαφοροποίηση της θερμοκρασίας και της σχετικής υγρασίας την ημέρα ενώ τη νύχτα η θερμοκρασία διαφοροποιείται σημαντικά από τον περιβάλλοντα χώρο, ιδιαίτερα προς το κέντρο της πλατείας (Χρονοπούλου-Σερελη και Ουζιέλ, 1997).

Τα πάρκα είναι αρδευόμενοι χώροι με καλλωπιστική δενδρώδη, θαμνώδη και ποώδη βλάστηση. Διακρίνονται σε δύο κατηγορίες. Στην πρώτη ανήκουν τα πάρκα που αποτελούνται από διαμορφωμένους χώρους πυκνής πολυώροφης βλάστησης χωρίς την παρουσία δομικού στοιχείου ενώ στη δεύτερη είναι εμφανής και η παρουσία δομικών υλικών λόγω της ύπαρξης ασφαλτοστρωμένων δρόμων, πλακόστρωτων τμημάτων και κτιριακών εγκαταστάσεων. Αυτά λειτουργούν ως συλλέκτες θερμότητας το καλοκαίρι, εμποδίζοντας σημαντικά την ευεργετική επίδραση της βλάστησης στον περιβάλλοντα χώρο σε σχέση με την πρώτη κατηγορία πάρκων (Χρονοπούλου-Σερελη και Ουζιέλ, 1997).

Τα άλση χωρίζονται σε μικρά (έως 50.000 m²) και μεγάλα (άνω των 100.000 m²). Και στις δύο περιπτώσεις αυτά αποτελούνται από ξηροφυτική δενδρώδη και θαμνώδη βλάστηση. Τα μικρά άλση συμπληρώνονται και από καλλωπιστικά είδη. Στο εσωτερικό τους παρουσιάζεται διαφοροποίηση στις συνθήκες θερμοκρασίας και υγρασίας ειδικά στα σημεία που επικρατεί πυκνή βλάστηση. Τη νύχτα παρουσιάζεται μείωση της θερμοκρασίας και αύξηση της υγρασίας. Τα μικρά άλση έχουν ευεργετική επίδραση στις μικροκλιματικές συνθήκες της γύρω περιοχής στην περίπτωση που επικρατεί αραιή και χαμηλή δόμηση. Τα μεγάλα άλση αποτελούνται κυρίως από βλάστηση πεύκων και θάμνων μεσογειακής χλωρίδας. Κατά τη διάρκεια της ημέρας υπάρχει μεταβολή των θερμομετρικών και υγρομετρικών συνθηκών σε σχέση με τον περιβάλλοντα χώρο. Τη νύχτα η διαφοροποίηση γίνεται μεγαλύτερη με σαφή μείωση της θερμοκρασίας και αύξηση της σχετικής υγρασίας. Τα μεγάλα άλση προσφέρουν ευεργετική επίδραση στις βιοκλιματικές συνθήκες της γύρω δομημένης περιοχής μικρότερη ωστόσο από εκείνη των πάρκων (Χρονοπούλου-Σερέλη και Ουζιέλ, 1997).

2.2 Μικροκλίμα Αθήνας

Το λεκανοπέδιο της Αθήνας, αποτελεί θερμική νησίδα. Ο Εθνικός κήπος, οι πλαγιές των γύρω βουνών και οι λόφοι στο κέντρο της πόλης διακόπτουν τις ζώνες υψηλής θέρμανσης καθώς είναι πολύ πιο δροσερά. Η ανατολική πλευρά της Αθήνας εμφανίζει ευνοϊκότερες

συνθήκες περιβάλλοντος σε σχέση με τη δυτική λόγω της επίδρασης του Υμηττού και της μεγαλύτερης ποσότητας διάσπαρτου πρασίνου. Αντίθετα οι βιομηχανικές και οι ανοιχτές περιοχές με χαμηλή δόμηση στο δυτικό τμήμα της Αθήνας είναι ιδιαίτερα επιβαρυνμένες.

Το πεδίο του Άρεως δεν επιδρά κλιματικά στη γύρω δομημένη περιοχή λόγω της διαμόρφωσης του και της πυκνής και υψηλής δόμησης που το περιβάλλει. Οι δροσερές αέριες μάζες που κινούνται καθοδικά στις πλαγιές του Λυκαβηττού επηρεάζουν την αραιοδομημένη περιοχή εκεί που οι δρόμοι έχουν καθοδική διεύθυνση.

Η ταχύτητα του ανέμου επηρεάζεται από την πυκνότητα και το ύψος της δόμησης. Για όλες σχεδόν τις ώρες της ημέρας παρατηρείται μείωση στις ταχύτητες του ανέμου από τις αραιοδομημένες περιοχές προς τις περιοχές υψηλής και πυκνής δόμησης. Έχει παρατηρηθεί ότι η διεύθυνση του επικρατούντος ανέμου στην Αθήνα, συμπίπτει με την κατεύθυνση κεντρικών οδικών αρτηριών. Στους στενούς δρόμους και τα πάρκα, η ταχύτητα του ανέμου είναι αρκετά εξασθενημένη.

Η ατμοσφαιρική ρύπανση στην Αθήνα από την κυκλοφορία των οχημάτων είναι αρκετά υψηλή. Κατά τη διάρκεια των νυχτερινών ωρών, σε πολλές περιοχές της Αθήνας παρατηρείται άνοδος του μονοξειδίου του άνθρακα με ταυτόχρονη μείωση της ανταλλαγής αερίων μαζών. Το μονοξείδιο του άνθρακα τις ώρες αιχμής της κυκλοφορίας αυτοκινήτων, στο κέντρο της πόλης ξεπερνάει κατά πολύ τις ισχύουσες οριακές τιμές. Επίσης σημαντικές ποσότητες μολύβδου έχουν παρατηρηθεί στα φύλλα των δέντρων και των θάμνων της Αθήνας, που βρίσκονται κοντά στους δρόμους και συνδέονται άμεσα με την κυκλοφοριακή ρύπανση.

Η θάλασσα επηρεάζει σημαντικά τις κλιματικές συνθήκες της Αθήνας. Όταν επικρατούν νότιοι άνεμοι δημιουργείται έντονη θερμοκρασιακή διαφοροποίηση στο λεκανοπέδιο της Αττικής με τις παραλιακές περιοχές να είναι δροσερότερες. Επίδραση της θάλασσας στο εσωτερικό της πόλης διαπιστώνεται σε περιοχές με φαρδείς δρόμους παράλληλους προς τη διεύθυνση των ανέμων. Αντίθετα με την επικράτηση βορείων ανέμων οι παραλιακές περιοχές παρουσιάζονται αρκετά θερμές και έτσι επέρχεται εξομάλυνση των θερμοκρασιακών διαφοροποιήσεων. Αυξημένες υγρομετρικές συνθήκες παρατηρούνται τις νυχτερινές ώρες στην παραλία (Χρονοπούλου-Σερέλη, 1996).

Το μετεωρολογικό και κλιματολογικό πρότυπο των παράκτιων ελληνικών περιοχών που περιβάλλουν την πόλη της Αθήνας, μπορεί να διαιρεθεί ικανοποιητικά σε δύο κύριες εποχές :

(α) Την ψυχρή περίοδο, από Οκτώβριο έως Μάρτιο, όταν οι μέσες ημερήσιες θερμοκρασίες στην Αθήνα κυμαίνονται μεταξύ 10 και 20 °C και οι μέσες μέγιστες ημερήσιες θερμοκρασίες μεταξύ 14 και 25 °C, με μέσες ημερήσιες τιμές σχετικής υγρασίας μεταξύ 63 και 71 %.

(β) Την θερμή περίοδο, από Απρίλιο έως το Σεπτέμβριο, όταν οι μέσες ημερήσιες και μέσες μέγιστες θερμοκρασίες κυμαίνονται από 17 °C έως 29 °C και από 21 έως 33 °C αντίστοιχα. Η ημερήσια σχετική υγρασία είναι αξιοσημείωτα χαμηλότερη, και κυμαίνεται μεταξύ 43 και 58% (Tselepidaki et al 1995; National Observatory of Athens, Annual).

2.2.1 Βιοκλιματικές Συνθήκες της Αθήνας κατά τη θερινή περίοδο

Η περίοδος κατά την οποία μπορεί να υπάρξει δυσφορία στην Αθήνα, βρίσκεται μεταξύ Ιουνίου και Σεπτεμβρίου όταν η μέση μέγιστη ημερήσια θερμοκρασία υπερβαίνει τους 29 °C. Κατά την περίοδο αυτή οι επικρατούσες μετεωρολογικές συνθήκες βασίζονται πολύ στα τοπικά μεσογειακά μελέμια, τα οποία προκαλούνται από το συνδυασμό του αντικυκλώνα που επικεντρώνεται πάνω από την Ανατολική Ευρώπη ή τα Βαλκάνια, το χαμηλό βαρομετρικό πάνω από τη Μέση Ανατολή και του συστήματος υψηλών πιέσεων που καλύπτουν την Ελληνική επικράτεια (U.K. Air Ministry 1962; Tselepidaki et al., 1995).

3. ΒΙΟΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΟΙ ΔΕΙΚΤΕΣ

Η θερμική άνεση του ανθρώπου ορίζεται ως η κατάσταση εκείνη του μυαλού, η οποία εκφράζει ικανοποίηση από το θερμικό περιβάλλον, απουσία θερμικής δυσανεξίας, ή συνθήκες στις οποίες το 80 με 90% του πληθυσμού δεν εκφράζει δυσαρέσκεια. Οι κύριες μεταβλητές της θερμικής άνεσης είναι η θερμοκρασία του αέρα, η θερμοκρασία ακτινοβολίας, η σχετική υγρασία, η ταχύτητα του αέρα, η δραστηριότητα και το ντύσιμο. (Yilmaz et al., 2007)

3.1 Βασικές γνώσεις Βιομετεωρολογίας

3.1.1 Μηχανισμοί Ανταλλαγής θερμότητας

Ο ανθρώπινος εγκέφαλος, επικεντρώνεται στην προσπάθεια να διατηρήσει τη θερμοκρασία του σώματος μέσα στα όρια υγείας, που είναι περίπου 37 °C. Η θερμοκρασία αυτή με την άσκηση μπορεί να φτάσει τους 38 με 39°C. (Korpe et al., 2004)

Για να παραμείνει ο ανθρώπινος οργανισμός στα κανονικά όρια της θερμοκρασίας του (περίπου 37 °C), πρέπει να ισορροπήσει την παραγωγή θερμότητας. Η θερμότητα του σώματος παράγεται σαν αποτέλεσμα της μεταβολικής δραστηριότητας που απαιτείται για τις διάφορες λειτουργίες του. Το μεγαλύτερο μέρος της ενέργειας που χρησιμοποιεί το σώμα απελευθερώνεται σαν θερμότητα. Το σώμα χάνει αυτή τη θερμότητα μέσω της μεταφοράς (θέρμανση του αέρα ή του νερού γύρω από το σώμα), της μετάδοσης (επαφή με στερεά, όπως το πάτωμα), της αναπνοής (ο αέρας που εισπνέεται είναι πιο δροσερός και ξηρός από αυτόν που εκπνέεται) και της εξάτμισης του ιδρώτα. Όταν η θερμοκρασία και η υγρασία του αέρα αυξάνονται, οι απώλειες θερμότητας από το σώμα μειώνονται. Καθώς η θερμοκρασία του αέρα πλησιάζει τη θερμοκρασία του δέρματος, η απώλεια θερμότητας μεταφοράς μηδενίζεται και είναι δυνατόν να προσληφθεί θερμότητα όταν η θερμοκρασία του αέρα ξεπεράσει τη θερμοκρασία του δέρματος. Σε αυτή την περίπτωση, η μόνη διέξοδος για απώλεια θερμότητας είναι η παραγωγή ιδρώτα και η εξάτμισή, η οποία παρεμποδίζεται από την αύξηση της ατμοσφαιρικής υγρασίας. Σε αυτήν την περίπτωση η παραγωγή θερμότητας υπερβαίνει τις απώλειες και η θερμοκρασία του σώματος αυξάνεται (Korpe et al., 2004).

Τα περιβαλλοντικά στοιχεία που επηρεάζουν την απώλεια θερμότητας από το σώμα και πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά την προσέγγιση της θερμικής καταπόνησης του σώματος συνοψίζονται στον Πίνακα 1.

Πίνακας 1: Περιβαλλοντικοί παράγοντες και η επίδρασή τους στη ρύθμιση της θερμοκρασίας του ανθρώπινου σώματος (Korpe et al., 2004)

Περιβαλλοντικός παράγοντας	Περιπτώσεις μελέτης	Επίδραση περιβαλλοντικών παραγόντων στη θερμική ισορροπία του σώματος
Θερμοκρασία αέρα (T)	T (δέρματος)> T αέρα T (δέρματος)< T αέρα	Απώλεια μεταφοράς θερμότητας από το δέρμα στο περιβάλλον Μεταφορά θερμότητας από το περιβάλλον στο δέρμα
Θερμοκρασία ακτινοβολίας	Ανταλλαγή θερμότητας ακτινοβολίας: δέρμα-περιβάλλον	Αύξηση της μεταφοράς θερμότητας από το περιβάλλον στο σώμα, κατά την έκθεση στον ήλιο
Θερμοκρασία επιφάνειας	Ανταλλαγή θερμότητας	
Υγρασία αέρα	Λήψη ή απώλεια θερμότητας λόγω εξάτμισης	Το ποσοστό υγρασίας στον αέρα καθορίζει εάν η υγρασία με τη μορφή ατμού θα ρέει από το δέρμα στο περιβάλλον ή αντίστροφα. Η εξάτμιση του ιδρώτα είναι ο βασικότερος τρόπος για να απομακρύνει το σώμα την επιπλέον θερμότητα
Ταχύτητα του ανέμου	Μεταφορά θερμότητας και εξάτμιση	Η ανταλλαγή θερμότητας σώματος-περιβάλλοντος αυξάνεται με την αύξηση της ταχύτητας του ανέμου

3.1.2 Επεισόδια καύσωνα και επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία

Τα κύματα καύσωνα είναι σπάνια φαινόμενα που ποικίλουν σε έκταση και επιπτώσεις ακόμα και στην ίδια περιοχή. Ο Παγκόσμιος Μετεωρολογικός Οργανισμός (WMO) δεν έχει ορίσει ακόμα την έννοια του καύσωνα. Ωστόσο διάφορες προσεγγίσεις που έχουν γίνει, μπορούν να χρησιμοποιηθούν σαν ορισμοί. (Korpe et al., 2004)

Ο καύσωνας μπορεί να οριστεί με βάση ένα απόλυτο ή σχετικό όριο καιρικών μεταβλητών ή με συνδυασμό και των δύο. Το σχετικό όριο έχει το πλεονέκτημα του υπολογισμού των τοπικών διαφοροποιήσεων στην αντίληψη της ζέστης. Μια έρευνα των Μετεωρολογικών υπηρεσιών στην Ευρώπη έδειξε ότι σε μερικές χώρες μπορεί να εφαρμοστεί ένας λειτουργικός ορισμός του καύσωνα. Αυτός βασίζεται:

- α) σε ένα όριο θερμοκρασίας
- β) στο όριο θερμοκρασίας για μια ελάχιστη διάρκεια
- γ) στο συνδυασμό θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας (Korpe et al., 2004).

Τα όρια θερμοκρασίας που χρησιμοποιούνται στους ορισμούς του καύσωνα στην Ευρώπη, σχετίζονται με τον προσανατολισμό. Δηλαδή, όσο πιο νότιο-ανατολικά βρίσκεται μια χώρα, τόσο υψηλότερο είναι το όριο. Αυτό είναι αναμενόμενο καθώς τα καλοκαίρια είναι συνήθως θερμότερα στις νότιες και ηπειρωτικές περιοχές της Ευρώπης από ότι στις δυτικές που επηρεάζονται από τον Ατλαντικό Ωκεανό. Επιπλέον, το μήκος της καλοκαιρινής περιόδου

και ο ρυθμός μεταβολής της θερμοκρασίας μπορούν να συμπεριληφθούν στον ορισμό του καύσωνα ώστε αυτός να ενσωματώνει την έννοια του βραχυπρόθεσμου εγκλιματισμού, κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού. Υπάρχουν ενδείξεις ότι τα κύματα καύσωνα, στην αρχή του καλοκαιριού έχουν μεγαλύτερη επίδραση στην αύξηση της νοσηρότητας και της θνησιμότητας λόγω ζέστης, παρά όταν αυτά επέλθουν στην πορεία της καλοκαιρινής περιόδου.

Η σχέση μεταξύ θερμοκρασίας του περιβάλλοντος και θνησιμότητας και νοσηρότητας, έχει μελετηθεί χρησιμοποιώντας διάφορους επιδημιολογικούς σχεδιασμούς όπως περιγραφικές μελέτες σε κύματα καύσωνα, μελέτες χαρτογράφησης και μελέτες χρονικής αλληλουχίας. Η μελέτη χρονικής αλληλουχίας είναι ένας αποδοτικός σχεδιασμός ανάλυσης της σχέσης μεταξύ θερμοκρασίας και θνησιμότητας σε πληθυσμούς, μέσα σε ένα μεγάλο χρονικό διάστημα. Τέτοιου είδους μελέτη χρησιμοποιείται για να ποσοτικοποιήσει την καθολική σχέση μεταξύ θνησιμότητας και θερμοκρασίας. Μια γραμμική σχέση που εξάγεται από μελέτες χρονικής αλληλουχίας, προσαρμόζεται γύρω από ένα όριο θερμοκρασίας όπου η θνησιμότητα εμφανίζεται ελάχιστη. Αυτό το όριο αποτυπώνει την προσαρμογή στο τοπικό κλίμα (Korpe et al., 2004).

3.1.3 «Πρόσθετη» ή «αποδοτέα θνησιμότητα»

Ο αντίκτυπος του καύσωνα σε επεισόδια θνησιμότητας, προσδιορίζεται μέσω παραστατικών αναλύσεων. Το 10-ήμερο κύμα καύσωνα στη Αθήνα, το 1987 οδήγησε σε 926 θανάτους που καταχωρήθηκαν σαν θερμό-σχετιζόμενοι. Ωστόσο, η αποδοτέα, πρόσθετη θνησιμότητα, προσδιορίστηκε σε μεγαλύτερη από 2000 νεκρούς (Korpe et al., 2004).

Αρκετές μελέτες έχουν υπολογίσει την αποδοτέα ή «πρόσθετη» θνησιμότητα από τα επεισόδια καύσωνα. Η «πρόσθετη» θνησιμότητα προσδιορίζεται αφαιρώντας την «παρατηρούμενη» θνησιμότητα από την «αναμενόμενη». Η αναμενόμενη θνησιμότητα υπολογίζεται χρησιμοποιώντας διάφορες μετρήσεις που περιλαμβάνουν μεταβλητούς μέσους και μέσους από παρόμοιες χρονικές περιόδους προηγούμενων ετών. Οι παρατηρήσεις συνεπώς είναι πολύ ευαίσθητες στη μέθοδο που χρησιμοποιείται για να προσδιοριστεί η αναμενόμενη θνησιμότητα (Whitmann et al., 1997; Kovats and Korpe, 2004). Οι δημοσιευμένες μελέτες χρησιμοποιούν διαφορετικές μεθόδους και αυτό κάνει τη σύγκριση δύσκολη. Η σύγκριση των αποτελεσμάτων διαφόρων προσεγγίσεων, σε εθνικό επίπεδο, που πραγματοποιήθηκαν κατά τη διάρκεια του καύσωνα το 2003 στην Ευρώπη ήταν πολύ δύσκολη. Για παράδειγμα, αρχικές αναλύσεις του κύματος καύσωνα στη Γαλλία, το 2003,

προσδιόρισαν 14.802 πρόσθετους θανάτους (National Institute of Public Health Surveillance, 2003). Παρόμοιες προσεγγίσεις έγιναν και σε άλλες χώρες, όπως στην Ισπανία και στην Ιταλία, αλλά τα αποτελέσματα ήταν διαφορετικά. Παρά το γεγονός ότι περισσότεροι από 6000 αποδοτέοι θάνατοι αναφέρθηκαν κατά τη διάρκεια του καύσωνα στην Ισπανία, έγινε αποδεκτό ότι μόνο 59 προκλήθηκαν από το κύμα καύσωνα. (Korpe et al., 2004)

Η διεθνής βιβλιογραφία, υποστηρίζει ότι η υψηλή θερμοκρασία αυξάνει το ποσοστό των θανάτων από καρδιαγγειακά και αναπνευστικά νοσήματα προσθέτοντας στρες σε ένα ήδη καταπονημένο σύστημα υγείας κάποιου ατόμου με χρόνια ασθένεια.

Στην περίπτωση της Γαλλίας, οι αρχικές πληροφορίες δείχνουν ότι η συνολική θνησιμότητα αυξήθηκε στο κεντρικό τμήμα της χώρας, μεταξύ 1 και 20 Αυγούστου του 2003. Η θνησιμότητα, που σχετίζεται με τη θερμοκρασία, παρουσίασε μέγιστη αύξηση σε άτομα μεγαλύτερα των 75 ετών καθώς και σε νεότερα άτομα με ιστορικό διανοητικών προβλημάτων.

Η υψηλή θερμοκρασία πιθανώς επηρεάζει αξιολογώτα μη θανατηφόρα γεγονότα. Ωστόσο ελάχιστες μελέτες έχουν ποσοτικοποιήσει την επίδραση της έκθεσης στη ζέστη στην προσαγωγή σε νοσοκομείο ή άλλες ενδείξεις νοσηρότητας (Korpe et al., 2004).

3.2 Δείκτες Θερμικής Αίσθησης

3.2.1 «Πραγματική Θερμοκρασία»

«Πραγματική θερμοκρασία», (effective temperature) ορίζεται ως ένας αυθαίρετος δείκτης που συνδυάζει σε μια απλή τιμή την επίδραση της θερμοκρασίας, της υγρασίας και της κίνησης του αέρα στην αίσθηση της θερμότητας από ένα ανθρώπινο σώμα. Η αριθμητική τιμή είναι αυτή της θερμοκρασίας ακίνητης, κορεσμένης ποσότητας αέρα που επιφέρει την ίδια αίσθηση (Thom, 1959). Η πραγματική θερμοκρασία λαμβάνει υπόψη τη θερμοκρασία υγρού ή ξηρού θερμομέτρου και ως εκ τούτου μπορεί να εφαρμοστεί σε περιοχές που βρίσκονται υπό σκιά και είναι προστατευμένες από τον άνεμο (Tselepidaki et al., 1995).

3.2.2 Δείκτης Δυσφορίας (DI)

Ένας από τους καλύτερους δείκτες προσδιορισμού της πραγματικής θερμοκρασίας διατυπώθηκε από τον Thom, 1959, και υποστηρίχθηκε από μεταγενέστερες μελέτες. Ο δείκτης δυσφορίας του Thom (DI), ή θερμο-υγρομετρικός δείκτης (THI) έχει τη μορφή:

$$\text{THI} (^{\circ}\text{F}) = 0.4(t_d + t_w) + 15, \text{ όπου}$$

t_d : θερμοκρασία ξηρού θερμομέτρου, t_w : θερμοκρασία υγρού θερμομέτρου, σε $^{\circ}\text{C}$

(Tselepidaki et al., 1995)

Ο υπολογισμός του δείκτη γίνεται σε ωριαία βάση και σύμφωνα με τον Thom, οι τιμές του δείκτη δυσφορίας (DI) έχουν παρόμοιες τιμές με εκείνες της «πραγματικής θερμοκρασίας» για τα μέσα γεωγραφικά πλάτη της Ελλάδας. Η εξέλιξη της επιδείνωσης της ανθρώπινης υγείας με βάση τις τιμές του DI φαίνεται στην ακόλουθη κατηγοριοποίηση:

- $\text{DI} < 21$: Καμία δυσφορία
- $21 \leq \text{DI} < 24$: Αίσθηση δυσφορίας από το 10% του πληθυσμού
- $24 \leq \text{DI} < 26$: Αίσθηση δυσφορίας από το 50% του πληθυσμού
- $\text{DI} \geq 26$: Το μεγαλύτερο ποσοστό του πληθυσμού αισθάνεται δυσφορία
- $\text{DI} \geq 26.7$: Η δυσφορία γίνεται έντονη και επικίνδυνη
- $\text{DI} \geq 30$: Κατάσταση έκτακτης ιατρικής επέμβασης

(Thom, 1959; Tselepidaki et al., 1995)

3.2.3 Δείκτης Humidex (HI)

Ο δείκτης Humidex (HI), αποτελεί μέτρο της αντιλαμβανόμενης θερμότητας που προκύπτει από τη συνδυασμένη επίδραση υψηλής θερμοκρασίας και υγρασίας (Masterton and Richardson, 1979). Τα δεδομένα για τον υπολογισμό του HI είναι η θερμοκρασία περιβάλλοντος T_a και το σημείο δρόσου T_{dp} σε $^{\circ}\text{C}$. Η εξίσωση για αυτόν το δείκτη είναι:

$$\text{HI} = T_a + h \text{ } ^{\circ}\text{C}, \text{ όπου}$$

$$h = 0.5555(e-10) \text{ και}$$

$$e = 6.11 \exp[5417.753(273.16^{-1} - T_{dp}^{-1})] \text{ (Sante et al, 2005)}$$

Οι τιμές του δείκτη HI ταξινομούνται στις παρακάτω κλάσεις άνεσης:

Άνετο: ≤ 29 ,

Μερική δυσφορία: $30 \leq H \leq 39$,

Μεγάλη δυσφορία: $40 \leq H \leq 44$,

Επικίνδυνο: $45 \leq H \leq 54$,

Δυνατότητα θερμοπληξίας: $H \geq 55$ (Conti et al, 2007)

3.2.4 Θερμο-υγρομετρικός Δείκτης (THI)

3.2.4.1 Υπολογισμός δείκτη THI

Ο θερμουγρομετρικός δείκτης THI είναι ένας εναλλακτικός τρόπος για τη μέτρηση της δυσφορίας (Besancenot, 1990). Για τον υπολογισμό του THI χρησιμοποιείται ο τύπος:

$THI = t - [(0.55 - 0.0055Xf)X(t - 14.5)]$, όπου

t : η θερμοκρασία αέρα σε βαθμούς Κελσίου

f: η σχετική υγρασία σε ποσοστό επί τοις εκατό (Kamoutsis et al. 2007).

3.2.4.2 Κλάσεις THI

Ο THI, μετράται σε βαθμούς Κελσίου, °C, και δείχνει ότι οι ιδανικές συνθήκες διαβίωσης για τους ανθρώπους είναι μεταξύ 15-20 °C. Οι ανεκτές τιμές φτάνουν μέχρι τους 26.5 °C ενώ για επίπεδα μεγαλύτερα από 28.5 °C, παρατηρείται εξαιρετική δυσφορία, η οποία πιστεύεται ότι οδηγεί σε καταστάσεις νοσηρότητας (Besancenot, 1990).

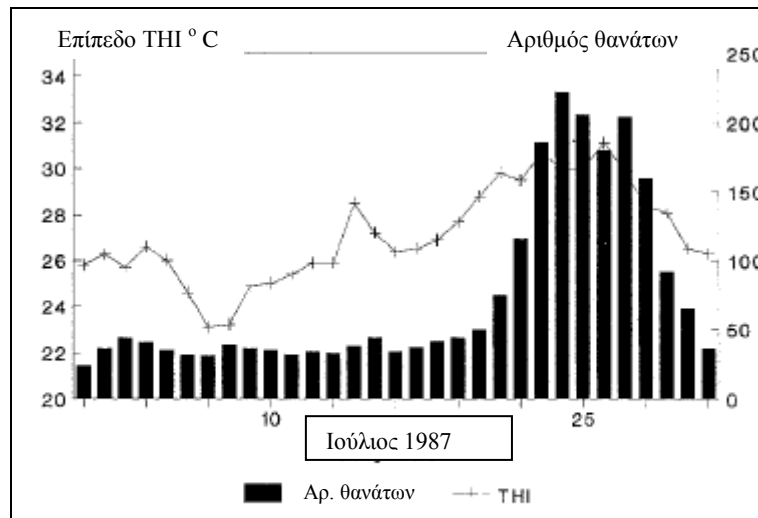
Ο δείκτης THI, χρησιμοποιήθηκε αρχικά, για να προσδιοριστεί η δυσφορία εξαιτίας της καταπόνησης λόγω ζέστης αλλά από εκεί και έπειτα έχουν διευρυνθεί τα όρια κλιματικών συνθηκών για το οποία χρησιμοποιείται. Σε τιμές του THI χαμηλότερες από 15 °C, η εξάτμιση που γίνεται στην επιφάνεια του δέρματος και με απουσία του ιδρώτα, απομακρύνει θερμότητα από το σώμα έτσι ώστε να απαιτείται άμυνα απέναντι στο κρύο. Άρα κάτω από τους 15 °C υπάρχει μια σειρά κατηγοριών όπου απαιτούνται αυξανόμενοι θερμό-γενετικοί μηχανισμοί για να αντιμετωπίσουν την καταπόνηση λόγω κρύου. Η αντίθετη διαδικασία, συμβαίνει στην περίπτωση που οι τιμές του THI είναι μεγαλύτερες από 20 °C καθώς ενεργοποιείται το σύστημα εφίδρωσης για την πρόληψη της υπερθέρμανσης του σώματος. Όσο υψηλότερες τιμές παίρνει ο THI, τόσο πιο αναποτελεσματικός γίνεται αυτός ο μηχανισμός, και έτσι έχει εισαχθεί μια σειρά κατηγοριών πάνω από τη «ζώνη του άνετου»,

όπου η καταπόνηση λόγω θερμότητας αυξάνεται (Unger, 1999). Στον Πίνακα 2 σημειώνονται οι κλάσεις του δείκτη THI.

Πίνακας 2: Κατηγοριοποίηση της ανθρώπινης θερμικής άνεσης σε σχέση με τον θερμο-υγρομετρικό δείκτη (THI) (Conti et al., 2005, Toy et al., 2007; Kamoutsis et al. 2007).

<i>Κλάσεις ανθρώπινης θερμικής αίσθησης σύμφωνα με τον THI</i>	<i>Τιμές THI (°C)</i>
Υπέρ-παγερό	< -40
Παγερό	-39.9 to -20
Υπερβολικά ψυχρό	-19.9 to -10
Πολύ ψυχρό	-9.9 to -1.8
Ψυχρό	-1.7 to +12.9
Δροσερό	+13 to +14.9
Άνετο	+15 to +19.9
Ζεστό	+20 to +26.4
Πολύ ζεστό	+26.5 to +29.9
Υπέρθερμο	> +30

Ένα παράδειγμα χρήσης του δείκτη THI φαίνεται στην Εικόνα 1, όπου για τον Ιούλιο του 1987 παρατηρήθηκε μια έντονη συσχέτιση μεταξύ του αριθμού των θανάτων και του αντίστοιχου THI. Ο αριθμός των θανάτων για το διάστημα 19-28 Ιουλίου του έτους 1987, που διήρκησε η περίοδος καύσωνα, έφτασε τους 200 την ημέρα (Tselepidaki et al., 1995) .



Εικ. 1: Διάγραμμα ημερήσιων τιμών του θερμο-υγρομετρικού δείκτη (THI) και του αριθμού θανάτων τον Ιούλιο του 1987 στην Αθήνα. (Tselepidaki I.G. et al., 1995)

Για τις μέρες με τιμές του THI μεταξύ 26.5 και 28.5 °C, υπάρχει μια μέση αύξηση στον αριθμό των θανάτων, 8.3 την ημέρα (25%) και για τις ημέρες με επίπεδα THI μεγαλύτερα από 28.5 °C, η μέση αύξηση των θανάτων ήταν 74.7 την ημέρα (223%). Σε αυτό το επίπεδο THI (≥ 28.5), οι μετεωρολογικές συνθήκες συνιστούν κύριους παράγοντες εμφάνισης θνησιμότητας (Tselepidaki et al., 1995).

3.2.4.3 Επίδραση περιβάλλοντος στον δείκτη THI

Η θερμοκρασία του αέρα κοντά στο έδαφος, η οποία επηρεάζει απευθείας τους ανθρώπους, οφείλεται στην πρόσληψη του ηλιακής ακτινοβολίας από την επιφάνεια του εδάφους (Gedzelman, 1980). Ο λόγος είναι η βασική αρχή θέρμανσης της ατμόσφαιρας, ότι δηλαδή ο αέρας θερμαίνεται από τη βάση της επιφάνειας του εδάφους προς την κορυφή. Γι αυτό ο ρυθμός θέρμανσης εξαρτάται από τις ιδιότητες του εδάφους. Από αυτή την άποψη η ανάκλαση της επιφάνειας παίζει σημαντικό ρόλο σε αυτό το φαινόμενο. Γενικά, οι σκούρες και υγρές επιφάνειες έχουν μικρότερη ικανότητα ανάκλασης σε σχέση με τις ανοιχτόχρωμες και ξηρές. (Yilmaz et al., 2007)

-θερμική άνεση σε διαφορετικές εδαφικές επιφάνειες

Η μορφή της εδαφοκάλυψης επηρεάζει σημαντικά τη θερμοκρασία του αέρα κοντά στο έδαφος (Χρονοπούλου- Σερέλη κα, 2002). Σύμφωνα με αποτελέσματα μελέτης σύγκρισης του δείκτη THI σε γυμνό έδαφος, γρασίδι και άσφαλτο, στην περίπτωση γυμνού εδάφους η κλάση «Άνετο» εμφανίζεται συχνότερα. Ωστόσο η κλάση «Ζεστό» εμφανίζεται συχνότερα από ότι στο γρασίδι. Η κλάση «Ζεστό» στην άσφαλτο υπερτερεί ποσοτικά σε σχέση με τις άλλες επιφάνειες.

Η διασπορά των «άνετων» ωρών, πάνω από το έδαφος δε θεωρείται πλεονεκτική καθώς περιλαμβάνει εκείνες τις ώρες που η ανθρώπινη δραστηριότητα εμφανίζεται μειωμένη. Επίσης στο γρασίδι η αναλογία των «ζεστών» ωρών είναι μικρότερη από τις υπόλοιπες επιφάνειες. Η δροσερότερη περιοχή βρέθηκε να είναι πάνω από την επιφάνεια του γρασιδιού, με τιμή δείκτη 17 °C, ακολουθεί το έδαφος με 18 °C και η άσφαλτος με 22 °C (Yilmaz et al., 2007).

Επίσης σε εδαφικές θέσεις που αποκαλύπτεται το μητρικό πέτρωμα, η θερμοκρασία του αέρα αυξάνεται καθώς αυτό συσσωρεύει θερμότητα δεσμεύοντας την ηλιακή ακτινοβολία κατά τη διάρκεια της ημέρας και αποδίδοντας την ως θερμική κατά τη διάρκεια της νύχτας. (Χρονοπούλου- Σερέλη κα, 2002)

-θερμική άνεση και βλάστηση

Οι ορεινές δασικές περιοχές χαρακτηρίζονται από ευνοϊκότερες περιβαλλοντικές συνθήκες σε σχέση με τις αστικές περιοχές, τους ζεστούς μήνες του έτους. Σε έρευνα που πραγματοποιήθηκε στις ορεινές κοινότητες της Ναυπακτίας με σκοπό την εκτίμηση των βιομετεωρολογικών συνθηκών της περιοχής, ανιχνεύτηκαν ευνοϊκές βιομετεωρολογικές συνθήκες (μεγάλο ποσοστό της κλάσης «Άνετο», με βάση τις τιμές του δείκτη THI). Η περιοχή αυτή καλύπτεται από έλατα και καστανιές (Kamoutsis et al., 2007). Είναι γνωστό ότι το δασικό μικροκλίμα επηρεάζεται από την στέγη που δημιουργεί το πυκνό φύλλωμα των δασικών δέντρων.

Γενικά καλύτερες συνθήκες θερμικής αίσθησης έχουν παρατηρηθεί σε διαμορφώσεις όπου συμμετέχει δενδρώδης βλάστηση σε σχέση με κτιριακές εγκαταστάσεις. Αυτό αποδίδεται στη σκίαση που δημιουργεί το φύλλωμα των δένδρων και έχει ως συνέπεια τη μείωση της εισερχόμενης ακτινοβολίας στο χώρο (Ρήγα κα, 2010). Στην περίπτωση μια πευκώδους φυτοκαλυμμένης περιοχής ((*Pinus halepensis* Mill), τα κλαδιά και οι πευκοβερόνες αντανακλούν και απορροφούν μέρος της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας κατά τη διάρκεια της ημέρας, επιτρέποντας μικρότερο ποσοστό ηλιακής ενέργειας να φτάσει στο έδαφος, κάτω από αυτά (Matsoukis et al, 2010). Ένα μέρος της ακτινοβολίας μετατρέπεται σε ενέργεια μεταβολισμού, αντί θερμική ενέργεια, εξαιτίας της άφθονης βιομάζας με αποτέλεσμα να εμποδίζεται η άνοδος της θερμοκρασίας του περιβάλλοντα αέρα, την ημέρα. Ωστόσο, κατά τη διάρκεια των νυχτερινών ωρών η αποδιδόμενη, μεγάλου μήκους κύματος, ακτινοβολία από το έδαφος, εγκλωβίζεται κάτω από τη στέγη του φυλλώματος και ένα

μεγάλο μέρος αυτής επιστρέφει στο έδαφος (Matsoukis et al, 2010; Renaud and Rebetez, 2009).

3.2.5 Δείκτης PET-εξίσωση PMV

Μια βασική εξίσωση ενεργειακής ισορροπίας είναι η «εξίσωση άνεσης» του Fanger, για το κλίμα εσωτερικού χώρου, η οποία υπολογίζει την «προβλεπόμενη ανθρώπινη αντίδραση» (predicted man vote -PMV). Αυτή η εξίσωση περιλαμβάνεται στο μοντέλο Klima-Michael, στο οποίο ο PMV είναι κατάλληλος για τον προσδιορισμό του θερμικού περιβάλλοντος σε διαφορετικά κλίματα εξωτερικού περιβάλλοντος (Matzarakis and Mayer, 1997). Για παράδειγμα οι Jendritzky και Nubler (1981) έχουν ερευνήσει το θερμικό περιβάλλον στο Freiburg, της Γερμανίας μέσω του προσδιορισμού της χωρικής διασποράς των τιμών PMV τη μέρα και τη νύχτα (Unger, 1999).

Για εκείνους που κάνουν σχεδιασμό αστικού περιβάλλοντος καθώς και για τους ανθρώπους που γνωρίζουν λίγα πράγματα σχετικά με το βιοκλίμα, ένας πιο κατανοητός και χρήσιμος δείκτης είναι ο PET (physiologically equivalent temperature), φυσιολογικά ισοδύναμη θερμοκρασία. Υπολογίζεται από το μοντέλο ενεργειακής ισορροπίας του Munich (MEMI). Η ιδέα στην οποία βασίζεται ο PET είναι η μεταφορά των πραγματικών συνθηκών σε ένα ισοδύναμο εσωτερικό περιβάλλον στο οποίο αναμένεται η ίδια θερμική αίσθηση όπως αναφέρεται από τους Mayer and Hoppe, 1987; Matzarakis and Mayer, 1991; Mayer 1993 στον Unger, 1999.

3.2.6 “Beergarden days”

Μια ενδιαφέρουσα μέτρηση της θερμικής αίσθησης σε μια περιοχή, είναι ο αριθμός των ονομαζόμενων «beergarden days». Ορίζεται ως ο αριθμός των ημερών μιας περιόδου όπου η θερμοκρασία του αέρα στις 21.00 είναι μεγαλύτερη από τους 20 ° C (Brundl and Hoppe, 1984; Hoppe 1986). Σε τέτοιες βραδιές, οι άνθρωποι μπορούν να καθίσουν σε ανοιχτούς χώρους, χωρίς να αισθάνονται κρύο. Υπάρχει μια αξιοσημείωτη διαφορά μεταξύ του αριθμού των ημερών αυτών στην πόλη και την ύπαιθρο. Σε πείραμα που πραγματοποιήθηκε από τον Janos Unger, στη πόλη Szeged της Ουγγαρίας, οι «beergarden days» ήταν 250 για την πόλη και 133 για τις αγροτικές περιοχές. Οι ημέρες αυτές, εμφανίζονται από τον Μάιο μέχρι τον Οκτώβριο με ένα μέγιστο τον Ιούλιο (Unger, 1999).

3.2.7 Δείκτης Σχετικής Κόπωσης (RSI)

Προκειμένου να προσδιοριστούν οι συνθήκες δυσφορίας που επικρατούν σε μια περιοχή έχει οριστεί ο δείκτης Σχετικής Κόπωσης (RSI: Relative Strain Index). Θέτοντας κάποιες σταθερές συνθήκες (ένας άνθρωπος με ελαφριά ρούχα και βάδισμα ταχύτητας 4 χλμ/ώρα με ταχύτητα ανέμου 0.5 μ/s) προκύπτει η ακόλουθη εξίσωση του RSI:

$$RSI = (10.7 + 0.74 (T-35)) / (44 - e), \text{ όπου}$$

e: μερική πίεση υδρατμών (mmHg), $e = 0.254H(0.00739T + 0.807)^8$ και

T: θερμοκρασία αέρα (°C)

Οι Lee και Henschel, όρισαν τις παρακάτω έννοιες:

Άνεση: θερμική ισορροπία, γενική ικανοποίηση, απουσία ανησυχίας

Δυσφορία: αίσθηση ζέστης/ κρύου

Κόπωση: Φυσική κούραση, έλλειψη συγκέντρωσης και αστάθεια,

Πτώση: απώλεια φυσιολογικής ισορροπίας, μεταβολή του παλμικού ρυθμού, νοσηλεία

Οι έννοιες αυτές εφαρμόστηκαν στον δείκτη RSI με αποτέλεσμα να προκύψει από τους Giles et al. ένας πίνακας με τις κλάσεις του δείκτη Σχετική Κόπωσης για διαφορετικές κατηγορία ανθρώπων (Πίνακας 3). Ο πληθυσμός έχει διαιρεθεί σε τρεις κατηγορίες: « το μέσο άνθρωπο», που αντιπροσωπεύει τον τύπο του νέου και υγιούς Ευρωπαίου, « τον εγκλιματισμένο άνθρωπο», που αντιπροσωπεύει τον άνθρωπο που εγκλιματίζεται στις αντίστοιχες κλιματικές συνθήκες και « τον ηλικιωμένο άνθρωπο» που περιλαμβάνει ηλικίες μεγαλύτερες από 65 χρονών (Balafoutis et al. 2004).

Πίνακας 3. Πίνακας τιμών του Δείκτη Σχετικής Κόπωσης (RSI) που αντιπροσωπεύουν τα όρια των κλάσεων αίσθησης για το μέσο, εγκλιματισμένο και ηλικιωμένο άνθρωπο. (Balafoutis et al. 2004; Giles et al, 1990)

<i>Αίσθηση</i>	<i>% του πληθυσμού</i>	<i>RSI Μέσου Ανθρώπου</i>	<i>RSI Εγκλιματισμένου Ανθρώπου</i>	<i>RSI Ηλικιωμένου Ανθρώπου</i>
Άνεση	100	< 0.1	<0.2	<0.1
Δυσφορία	100	0.2 – 0.3	0.3 – 0.5	0.1- 0.2
Κόπωση	100	0.4 – 0.5	0.6 –1.0	0.3
Πτώση	100	>0.5	>1.0	>0.3

Η γνώση του δείκτη RSI αποδεικνύεται πολύ προνομιακή τόσο για τους ίδιους τους τουρίστες όσο και για τη τουριστική βιομηχανία μιας περιοχής. Όταν κάποιος γνωρίζει σε ποια κατηγορία πληθυσμού ανήκει καθώς και τα αντίστοιχα επίπεδα βιοκλιματικής άνεσης που

επικρατούν σε συγκεκριμένες πόλεις, όπως προκύπτουν από την ανάλυση του δείκτη, μπορεί να κάνει τον ανάλογο σχεδιασμό τουριστικού προορισμού. Με βάση τα επίπεδα αντοχής που διαθέτει κάποιος και την επίδραση των βιοκλιματικών συνθηκών σε κάθε προορισμό, οι τουρίστες μπορούν να αποφασίσουν για την κατάλληλη διαμονή, τη μεταφορά καθώς και το ημερήσιο πρόγραμμα. Δραστηριότητες όπως αθλήματα, περιήγηση σε αξιοθέατα ή ψώνια, μπορούν να περιοριστούν σε ώρες με την ελάχιστη προβλεπόμενη δυσφορία και κόπωση. Επιπλέον, ο δείκτης RSI είναι πολύ χρήσιμος για ανθρώπους με προβλήματα υγείας καθώς πρέπει να επιλέξουν περιοχές έτσι ώστε να αντιμετωπίσουν τα λιγότερα προβλήματα δυσφορίας (Balafoutis et al. 2004).

ΕΙΔΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

1. ΓΕΝΙΚΑ

1.1 Περιοχή μελέτης

Η περιοχή μελέτης περιλαμβάνει τον Δήμο Μελισσίων και Νέας Πεντέλης που βρίσκονται στο Β.Α μέρος του Νομού Αττικής. Ο Δήμος των Μελισσίων συνορεύει Βορειοανατολικά με την Νέα Πεντέλη η οποία βρίσκεται στους πρόποδες του Πεντελικού όρους. Βόρειο σύνορο του Δήμου Μελισσίων αποτελεί ο Δήμος Κηφισιάς, δυτικά συνορεύει με τον Δήμο Αμαρουσίου και νότια με τα Βριλήσσια. (Εικόνα 2)



Εικ.2: Θέση των δήμων Μελισσίων και Νέας Πεντέλης (περιοχή εντός διακεκομμένης γραμμής) στο Νομό Αττικής (www. google. com)

1.1.1 Περιοχή των Μελισσίων

Τα Μελίσσια, κατά την αρχαιότητα, υπαγόταν στο Δήμο Αθμόνων. Αποτελούσαν αγροτική περιοχή και πολλές εκτάσεις της χρησιμοποιούνταν για μελισσοκομία, κτηνοτροφία και καλλιέργεια. Κατά τα ρωμαϊκά και βυζαντινά χρόνια, η περιοχή των Μελισσίων ανήκε στη

Μονή Πεντέλης. Οι σπηλιές στους πρόποδες του Πεντελικού όρους χρησιμοποιήθηκαν ως κρυψώνες τα χρόνια της Τουρκοκρατίας από τους κατοίκους του Αμαρουσίου. Η πρώτη υποτυπώδης δόμηση στην περιοχή εμφανίστηκε το 1920, με τη μορφή εξοχικών κατοικιών για τους επισκέπτες της Ιεράς Μονής. Ο εποικισμός των Μελισσίων αρχίζει μετά τη μικρασιατική καταστροφή, σε εκτάσεις που παραχωρήθηκαν στους Ποντίους από την Ιερά Μονή. Παράλληλα εμφανίζονται τα πρώτα νοσοκομεία-σανατόρια για όσους έπασχαν εκείνη την εποχή από φυματίωση, και επέλεξαν την περιοχή για την ανάρρωσή τους λόγω του καλού κλίματος και της πυκνής βλάστησης. Νοσοκομειακά συγκροτήματα λειτουργούν μέχρι και σήμερα στις εκτάσεις πρασίνου του Δήμου. Από το 1946 τα Μελίσσια αποτελούν αυτόνομη διοικητική οντότητα της Ανατολικής Αττικής ενώ από το 1990 αναγνωρίζονται ως Δήμος της Νομαρχίας Αθηνών. Μεγάλη πληθυσμιακή έκρηξη παρατηρείται από τη δεκαετία του '80 ενώ το '90 αρχίζει ο οικιστικός «κορεσμός» των Μελισσίων. Το 2001 η πόλη εμφάνιζε 19.700 κατοίκους, ενώ το 2007 συγκεντρώνει σύμφωνα με εκτιμήσεις 36.000. Σε κάθε km² αντιστοιχούν το 2001 5.043 κάτοικοι, ενώ το 2007 γύρω στους 9.216. Η έκταση του Δήμου ορίζεται στα 3.906 km². Σήμερα τα Μελίσσια θυμίζουν ορεινή κωμόπολη. Οι γειτονιές διχοτομούνται από ρέματα, ορεινούς όγκους και δασικές εκτάσεις (www.Wikipedia.org).

1.1.2 Περιοχή Νέας Πεντέλης-πεντελικό όρος

Ο Δήμος Νέας Πεντέλης (Εικόνα 3) ανήκει στη Νομαρχία Αθηνών και έχει έκταση 3.856 km². Βρίσκεται σε υψόμετρο 410m και αποτελεί μια γραφική περιοχή που θυμίζει ορεινό χωριό με σύγχρονες κατοικίες. Στο κέντρο του δήμου βρίσκεται ο λόφος του Προφήτη Ηλία, στην κορυφή του οποίου υπάρχει το ομώνυμο εκκλησάκι (ζώνη δεξαμενής) με ιδιαίτερα πλούσια θέα. Η περιοχή άρχισε να κατοικείται κατά τη δεκαετία 1950-1960, από λατόμους που ήρθαν από τα νησιά του Αιγαίου για να δουλέψουν στα λατομεία μαρμάρου. Τα λατομεία βρίσκονται στη νότια πλευρά του Πεντελικού όρους. Σταμάτησαν να λειτουργούν μετά το 1974 για αισθητικούς και περιβαλλοντικούς λόγους, δημιουργώντας πρόβλημα επιβίωσης στους περισσότερους κατοίκους. Το 2001 ο πληθυσμός του Δήμου Νέας Πεντέλης φτάνει τους 6.156 κατοίκους με πυκνότητα 1906 ανά km² (www.Wikipedia.org).



Εικ. 3: Πανοραμική άποψη Νέας Πεντέλης

1.1.2.1 Όρος Πεντέλης

Στο όρος της Πεντέλης εξορύσσεται το χιονόλευκο μέχρι τεφρού χρώματος, πεντελικό μάρμαρο. Η εξορυκτική δραστηριότητα στην Πεντέλη, είναι γνωστή από την αρχαιότητα και αναπτύχθηκε ιδιαίτερα κατά τους κλασσικούς και τους ρωμαϊκούς χρόνους, προσφέροντας προϊόντα κατάλληλα για δομικά υλικά και για τη γλυπτική. Έτσι το «λευκό πεντελικό μάρμαρο» χρησιμοποιήθηκε για την κατασκευή του Παρθενώνα, του Ερεχθείου, των προπυλαίων της Ακρόπολης, του Θησείου, του ναού του Ολυμπίου Διός, και της Ακαδημίας Αθηνών, στους νεότερους χρόνους. (Μερτζάνης κ.α, 2004)

Ο πεντελικός όγκος προσδιορίζεται από τα υψηλότερα σημεία, τις κορυφές Πυργάρι (ύψ. 1108 m.), Μπύρζα (ύψους 897 m.) και Άγιος Παντελεήμων (ύψους 870 m), που διαμορφώνουν την κορυφογραμμή και προσδιορίζουν την Β.Δ.-Ν.Α. διεύθυνση ανάπτυξης του πεντελικού όρους. Τα φυσικά πρανή και ιδιαίτερα αυτά της νοτιοδυτικής πλευράς, παρουσιάζουν ήπιες μορφολογικές κλίσεις, με αποστρογγλυμένες κορυφές, τα οποία διαφοροποιούνται ανάλογα με τη φύση και θέση των γεωλογικών σχηματισμών, μεταβαίνοντας από τα μάρμαρα (κλίση 60-80%), στους μαρμαρυγιακούς σχιστόλιθους (κλίση 40-60%) και καταλήγουν στους πρόποδες, χαμηλότερα, σε λοφώδεις προεκτάσεις.

Το κλίμα της Πεντέλης, είναι ιδιαίτερα ξηρό. Το μέσο ετήσιο ύψος βροχής, στην περιοχή του Πεντελικού όρους ανέρχεται στα 500 mm, ενώ οι χιονοπτώσεις είναι μέσες έως υψηλές με 10 ημέρες χιονιού ανά έτος, οι οποίες εμφανίζονται κυρίως στα υψηλά σημεία του ορεινού όγκου. Οι βιοκλιματικοί όροφοι που συναντώνται είναι: α. Το ασθενές θερμό-μεσογειακό βιοκλίμα, που επικρατεί μέχρι του υψομέτρου 500-550 m, με αριθμό βιολογικά ξηρών

ημερών, κατά τη θερινή περίοδο, που κυμαίνεται μεταξύ $100 < x < 125$. β. Το έντονο μεσογειακό βιοκλίμα, που επικρατεί επάνω από το υψόμετρο των 500-550 m, μέχρι την κορυφογραμμή, με αριθμό βιολογικά ξηρών ημερών, κατά τη θερινή περίοδο, που κυμαίνεται μεταξύ $75 < x < 100$. Η βορειοανατολική πλευρά του πεντελικού όρους, παρουσιάζεται περισσότερο δροσερή και υγρή, λόγω της επίδρασης της θάλασσας, σε σχέση με την νοτιοδυτική πλευρά, η οποία εμφανίζεται ξηρότερη. (Μερτζάνης κ.α, 2004)

Η σημερινή σύνθεση της βλάστησης της ερευνώμενης περιοχής, λόγω των έντονων ανθρωπογενών επεμβάσεων (υλοτομίες, βοσκή και πυρκαγιές) απαρτίζεται κυρίως από τέσσερις οικογένειες: α. Pinaceae με κύριο τη Χαλεπία πεύκη, β. Ericaceae (κυρίως είδη κουμαριάς και ερείκης) και γ. Cistaceae. Έχουν καταγραφεί περισσότερα από 165 είδη φυτών (Απατσίδης κ.α, 1983). Μέχρι τα 500-550 m υψόμετρο έχει καταγραφεί η παρουσία του θερμό-μεσογειακού ορόφου Oleo-Lentiscetum. Στα μεγαλύτερα υψόμετρα των νοτιοδυτικών κλιτύων επικρατεί η ξηρόβια διάπλαση του πουρναριού (φυτοκοινότητα Quercus-Phillyretum) με χαρακτηριστικά είδη το πουρνάρι (*Quercus coccifera* L.) και το φιλλύκι (*Phillyrea media* L.). Με τη δραστική επέμβαση του ανθρώπου υποβαθμίστηκε η υπάρχουσα βλάστηση της περιοχής ενώ παράλληλα δημιουργήθηκαν ευνοϊκές συνθήκες για την εγκατάσταση και κυριαρχία της Χαλεπίας πεύκης (*Pinus halepensis* Mill). Επίσης οι περιοχές που έχουν υποστεί συνεχή υποβάθμιση, εμφανίζουν δευτερογενείς διαπλάσεις των φρυγάνων (Theodoropoulos and Georgiadis 1984, Κόντου 1996,) με κυρίαρχα είδη τα: *Phlomis fruticosa*, *Poterium* sp., *Genista acanthoclada*, *Cistus villosus*, *Cistus salvifolius*, *Erica manipuliflora* κ.α. Στις περιοχές που υπήρχαν δρυοδάση, μετά την υποβάθμιση κυριαρχούν δευτερογενείς διαπλάσεις με είδη ερείκης και κουμαριάς. (Μερτζάνης κ.α, 2004)

2. ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΟΡΓΑΝΩΝ

2.1 Επιλογή Σημείων

Για τη διεξαγωγή της παρούσας μελέτης, επιλέχθηκαν 13 σημεία σε περιοχές των Μελισσίων, της Νέας Πεντέλης και του Πεντελικού όρους. Οι σταθμοί τοποθετήθηκαν σε σημεία ορεινών περιοχών, πευκόφυτων, με αραιή φυτοκάλυψη καθώς και σε δομημένες περιοχές. Ως σημείο αναφοράς χρησιμοποιήθηκε ο λόφος του Προφήτη Ηλία στη Νέα Πεντέλη.

Πιο συγκεκριμένα τοποθετήθηκαν 2 σταθμοί στο Πεντελικό όρος (ένας στη κορυφή και ένας σε ενδιάμεσο ύψος), 4 σταθμοί μέσα στο μη διαμορφωμένο χώρο πρασίνου του πρώην νοσοκομείου του Ναυτικού Απομαχικού Ταμείου (άλσος NAT) των Μελισσίων (δύο σε

πυκνές πευκόφυτες περιοχές και δύο σε σημεία με αραιή φυτοκάλυψη), 3 σταθμοί σε δομημένες περιοχές (ένας σε περιοχή με πυκνή δόμηση, ένας σε σημείο με πυκνή δόμηση και βλάστηση και ένας σε αραιοκατοικημένη περιοχή), 2 σταθμοί σε μεταβατικές ζώνες μεταξύ δόμησης και φυτοκαλυμμένης περιοχής, ένας στην κορυφή του λόφου του Προφήτη Ηλία και ένας στους πρόποδες του. (Πίνακας 4)

Τα 13 σημεία επιλέχθηκαν με σκοπό τη λήψη δεδομένων για τον προσδιορισμό της θερμικής αίσθησης στις περιοχές Μελίσσια και Νέα Πεντέλη για την περίοδο 18 Ιουλίου έως 15 Νοεμβρίου 2009 . Η επιλογή των σημείων έγινε με βάση:

- α) την αναμενόμενη επίδραση των ρευμάτων πλαγιάς του Πεντελικού όρους στα χαμηλότερα υψόμετρα,
- β) την επίδραση του άλσους των Μελισσίων στη θερμική αίσθηση των γύρω περιοχών και
- γ) την επίδραση της δόμησης στη διαμόρφωση της θερμοκρασίας και της θερμικής αίσθησης στον περιβάλλοντα χώρο.

Ως σημείο αναφοράς, επιλέχτηκε ο λόφος του Προφήτη Ηλία στη Νέα Πεντέλη.

Πίνακας 4. Θέσεις καταγραφικών θερμοκρασίας και υγρασίας στους δήμους Μελισσίων και Ν.Πεντέλης και στο Πεντελικό όρος.

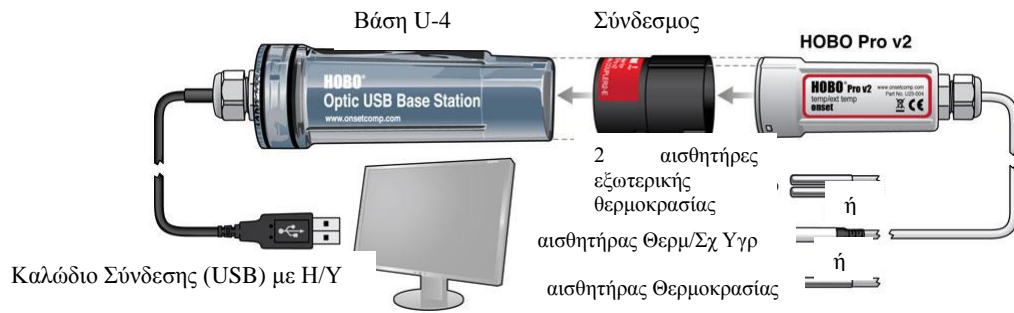
ΠΕΡΙΟΧΗ	ΣΗΜΕΙΟ	ΥΨΟΜ. (m)	ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟ ΠΛΑΤΟΣ	ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟ ΜΗΚΟΣ
Λόφος Προφήτη Ηλία (σημείο αναφοράς)	P5	458	38° 03' 37,1 N	023° 51' 23,1 E
Δομημένη πλαγιά λόφου	P4	410	38° 03' 34,1 N	023° 51' 25,3 E
Δόμηση	P1	397	38° 03' 41,7 N	023° 51' 02,7 E
	P2	417	38° 03' 44,1 N	023° 50' 51,9 E
	P12	340	38° 03' 36,8 N	023° 50' 26,5 E
Μεταβατική ζώνη	P6	351	38° 03' 27,6 N	023° 51' 00,4 E

δόμησης-φυτοκαλυμμένης περιοχής	P10	330	38° 03' 28,5 N	023° 50' 28,6 E
Άλσος	P3	351	38° 03' 27,6 N	023° 50' 50,0 E
	P8	417	38° 03' 31,6 N	023° 50' 48,7 E
	P9	397	38° 03' 30,4 N	023° 51' 54,3 E
	P11	343	38° 03' 29,6 N	023° 56' 55,4 E
Κορυφή Πεντελικού όρους	P7	1086	38° 04' 56,5 N	023° 52' 57,7 E
Ενδιάμεσο ύψος όρους	P13	796	38° 03' 44,1 N	023° 50' 51,9 E

2.2 Περιγραφή Οργάνων μέτρησης

Για τον υπολογισμό των βιομετεωρολογικών συνθηκών των περιοχών χρησιμοποιήθηκε ο δείκτης θερμικής άνεσης, THI. Η χρήση του THI κρίθηκε πιο κατάλληλη για τη συγκεκριμένη μελέτη σε σχέση με άλλους βιομετεωρολογικούς δείκτες. Ο THI είναι ένας εύχρηστος δείκτης που έχει χρησιμοποιηθεί αποτελεσματικά για την εκτίμηση των βιοκλιματικών συνθηκών ορεινών περιοχών (Matsoukis et al, 2007) αλλά και αρκετών αστικών (Barradas, 1991; Toy et al, 2007). Επίσης ο THI έχει χρησιμοποιηθεί και στον προσδιορισμό συνθηκών θερμικής άνεσης σε πευκόφυτες περιοχές (Matsoukis et al, 2010)

Οι απαιτούμενες παράμετροι είναι αυτές της θερμοκρασίας και της σχετικής υγρασίας. Για το λόγο αυτό στην παρούσα μελέτη χρησιμοποιήθηκαν αυτόματα καταγραφικά όργανα, τα HOBO Pro v2 (U23-00X) της εταιρείας Onset Computer Corporation (USA), τα οποία μέσω ενσωματωμένων αισθητήρων μετρούν θερμοκρασία και σχετική υγρασία. (Εικόνα 4). Για την ανάκτηση των δεδομένων χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα HOBOWare pro version 2.2.1. Για την επεξεργασία των μετρήσεων και τον υπολογισμό του δείκτη THI χρησιμοποιήθηκαν τα λογιστικά φύλλα του Excel του λογισμικού της Microsoft.



Εικ. 4: Αυτόματο καταγραφικό Hobo Pro U23-001 (www. onsetcomp. com)



Εικ. 5: Καταγραφικό Hobo Pro U23-001 μέσα σε προστατευτικό κάλυμμα για την προστασία από τη βροχή και την ηλιακή ακτινοβολία (η θέση του με το βέλος)

Τα αυτόματα καταγραφικά τοποθετήθηκαν σε ύψος περίπου 1,5 μ από την επιφάνεια του εδάφους μέσα σε προστατευτικό κάλυμμα που επέτρεπε την επαρκή κυκλοφορία του αέρα. (Εικόνα 5).

Κατά τη διάρκεια της μελέτης, ελήφθησαν δεδομένα από χώρους των περιοχών εγκατάστασης μέσω κάμερας θερμικής ακτινοβολίας τύπου NEC 9100WR.

2.3 Περιγραφή Θέσεων Εγκατάστασης οργάνων και τρόπος επεξεργασίας δεδομένων

Σημείο Αναφοράς (Λόφος Προφήτη Ηλία, P5)

Ο λόφος του Προφήτη Ηλία, όπως έχει ήδη αναφερθεί, έχει επιλεγεί ως σημείο αναφοράς για τα υπόλοιπα. Ο σταθμός P5 βρίσκεται στην κορυφή του λόφου του Προφήτη Ηλία. (Εικόνα 6). Περιβάλλεται από πυκνή βλάστηση πεύκων (*Pinus halepensis*).

α)



β)



Εικ. 6: Σημείο αναφοράς στο λόφο του Πρ. Ηλία (P5): α) από αέρος άποψη (GoogleEarth)
β) από εδάφους άποψη (θέση με το βέλος)

Δομημένη πλαγιά λόφου (P4)

Το σημείο P4 βρίσκεται στους πρόποδες του λόφου του Προφήτη Ηλία, στο προαύλιο της Εκκλησίας της Αγ. Παρασκευής. Περιβάλλεται από λιθόκτιστη τοιχοποιία και τοπικά πυκνή βλάστηση (Εικόνα 7). Το έδαφος της περιοχής καλύπτεται από χαλίκια.



Εικ. 7: Σημείο P4 στην Αγία Παρασκευή (δομημένη πλαγιά λόφου), από αέρος άποψη (GoogleEarth)

Περιοχές Δόμησης (P1, P2, P12)

Το σημείο P1 βρίσκεται στην αυλή τριώροφου κτιρίου επί της οδού Ηφαιστου. Στην περιοχή επικρατεί υψηλή και πυκνή δόμηση. Υπάρχει ελάχιστη βλάστηση. (Εικόνα 8)



Εικ. 8 : Σημείο P1 στην οδό Ηφαιστου (Δομημένη Περιοχή), από αέρος άποψη (GoogleEarth)

Ο σταθμός P2 βρίσκεται σε κήπο οικίας στη διασταύρωση των οδών Άρεως και Ολύμπου. Στην περιοχή επικρατεί αραιή δόμηση και βλάστηση. Χαρακτηριστικό της περιοχής είναι οι μεγάλοι κήποι και οι φαρδείς δρόμοι. (Εικόνα 9)

α)



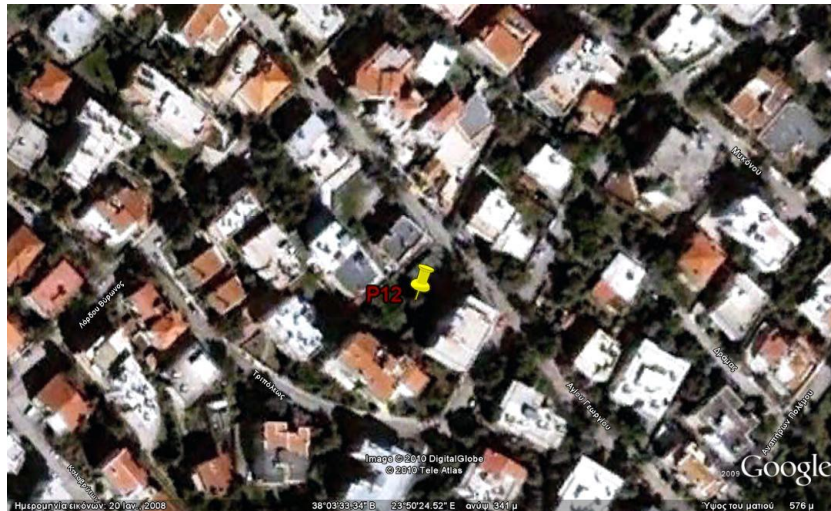
β)



Εικ. 9 : Σημείο P2 στην οδό Άρεως (Δομημένη Περιοχή), α) από αέρος άποψη (GoogleEarth)
β) από εδάφους άποψη (θέση με βέλος)

Το σημείο P12 βρίσκεται σε κατοικημένη περιοχή, μέσα σε οικόπεδο, στην διασταύρωση των οδών Τροίας και Αγ. Γεωργίου. Περιβάλλεται από υψηλή δόμηση ενώ μέσα στο οικόπεδο υπάρχει αραιή βλάστηση. (Εικόνα 10)

α)



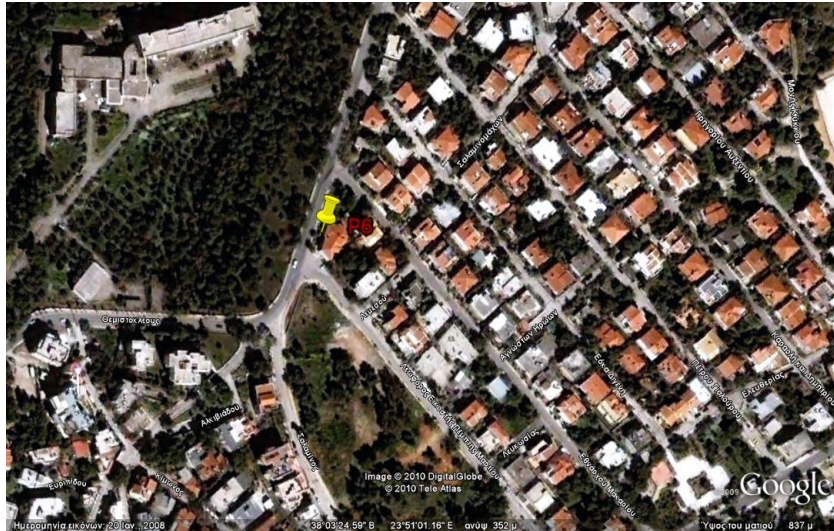
β)



Εικ. 10: Σημείο P12 στην οδό Τροίας (Δομημένη Περιοχή), α) από αέρος άποψη (GoogleEarth)
β) από εδάφους άποψη (θέση με βέλος)

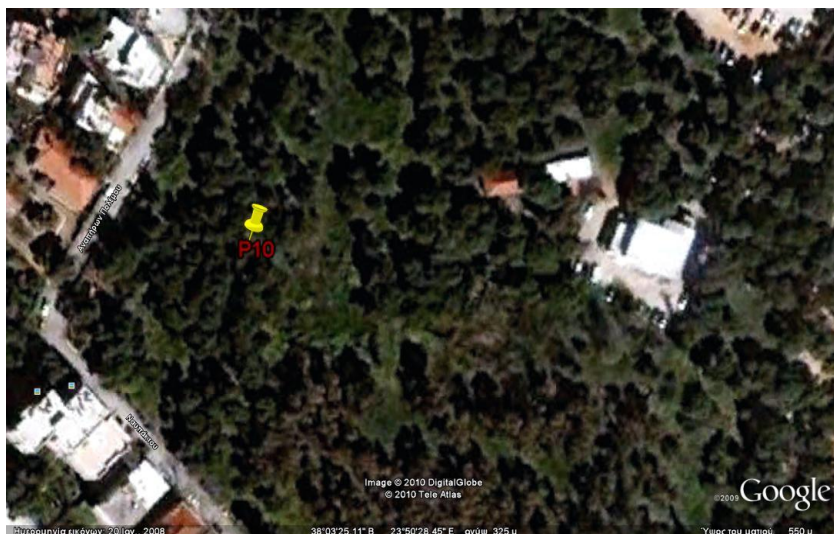
Μεταβατική ζώνη μεταξύ δομημένης και φυτοκαλυμμένης περιοχής (P6, P10)

Ο σταθμός P6 βρίσκεται στη διασταύρωση των οδών 25^{ης} Μαρτίου και Αγ. Σίλα, σε δομημένη περιοχή. Συνορεύει με το άλσος των Μελισσιών. Το σημείο αυτό αποτελεί όριο μεταξύ δόμησης και φυτοκάλυψης. (Εικόνα 11)



Εικ. 11 : Σημείο P6 στην Αγ. Σύλα (Μεταβατική ζώνη), από αέρος άποψη (GoogleEarth)

Το σημείο P10 βρίσκεται στο χώρο του «Πάρκου Υγείας» (Πρώην Νοσοκομείο Παπαδημητρίου) των Μελισσίων, στο δυτικό όριο του άλσους. Στην περιοχή επικρατεί αραιή βλαστηση, κατά τόπους υψηλή. Συνορεύει με κατοικημένη περιοχή και δρόμο μεγάλης κυκλοφορίας. (Εικόνα 12)



Εικ. 12 : Σημείο P10 στο δυτικό όριο του «Πάρκου Υγείας» Μελισσίων (Μεταβατική ζώνη), από αέρος άποψη (GoogleEarth)

Άλσος Μελισσίων (P3, P8, P9, P11)

Το άλσος των Μελισσίων βρίσκεται στα ανατολικά του Δήμου και έχει έκταση 127 στρ. Στο χώρο υπάρχει κτίριο του Νοσηλευτικού Ιδρύματος Εργατών Θαλάσσης (Ν.Ι.Ε.Θ.) και του Νοσηλευτικού Ιδρύματος Εμπορικού Ναυτικού (Ν.Ι.Ε.Ν.) το οποίο βρίσκεται εκτός λειτουργίας για περισσότερο από τριάντα χρόνια καθώς και το «Πάρκο Υγείας» στην περιοχή

του οποίου λειτουργεί το Νοσοκομείο Μπόμπολα. (Εικόνα 13) Ο χώρος καλύπτεται κυρίως από πευκώδη βλάστηση (*Pinus halepensis*) και σε μικρότερο ποσοστό από και κάποια δέντρα όπως Δάφνη του Απόλλωνα (*Laurus nobilis* L.) και κουτσουπιά (*Cercis siliquastrum* L.) καθώς και θαμνώδη βλάστηση όπως σχίνος (*Pistacia lentiscus* L.) και ερείκη (*Erica* sp.).

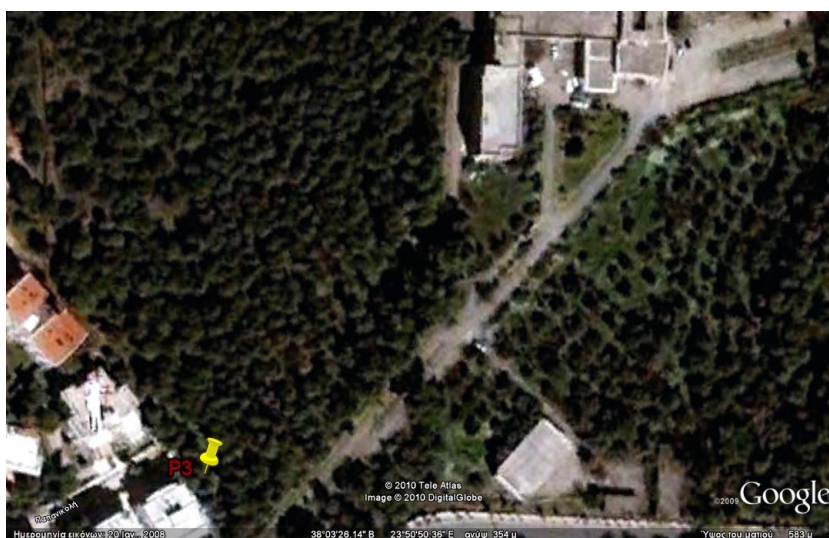


Εικ. 13 : Άλσος Μελισίων, από αέρος άποψη (GoogleEarth)

Μέσα στο πάρκο τοποθετήθηκαν 4 σταθμοί σε σημεία διαφορετικής πυκνότητας φυτοκάλυψης.

Ο σταθμός P3 βρίσκεται σε οριακό σημείο μεταξύ πάρκου και δομημένης περιοχής. Στο σημείο υπάρχει πυκνή και υψηλή βλάστηση από πεύκο (*Pinus halepensis*). (Εικόνα 14)

α)



β)



Εικ. 14: Σημείο P3 στο άλσος Μελισσιών : α) από αέρος άποψη (GoogleEarth), β) από εδάφους άποψη της περιοχής (θέση σημείου με βέλος)

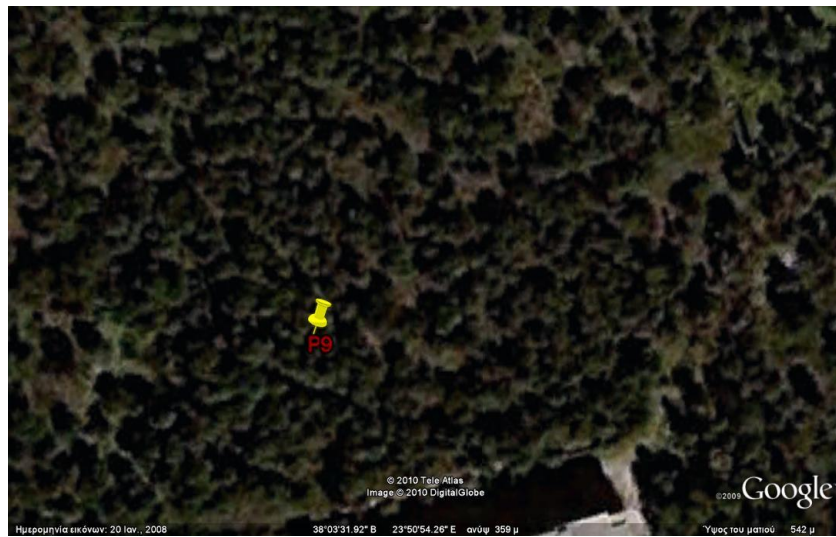
Το σημείο P8 βρίσκεται στο υψηλότερο σημείο του άλσους. Η βλάστηση είναι αραιότερη σε σχέση με το P3 και αποτελείται από πεύκα (*Pinus halepensis*) και σχίνα (*Pistacia lentiscus*). Κοντά στο σταθμό υπάρχει έκταση καλυμμένη με άμμο. (Εικόνα 15)



Εικ. 15: Σημείο P8. (Άλσος Μελισσιών): από αέρος άποψη (GoogleEarth),

Το σημείο P9 βρίσκεται μέσα στο πάρκο, σε περιοχή πυκνής βλάστησης. Στο χώρο επικρατεί κυρίως βλάστηση πεύκου (*Pinus halepensis*) και σχίνα (*Pistacia lentiscus*). (Εικόνα 16)

α)



β)



Εικ. 16: Σημείο P9 σε κορμό πεύκου. (Πάρκο Μελισσίων): α) από αέρος άποψη (GoogleEarth), β) από εδάφους άποψη του σταθμού P9 (θέση με βέλος)

Ο σταθμός P11 έχει τοποθετηθεί κοντά στην είσοδο του άλσους, όπου επικρατεί αραιή βλάστηση από κουτσουπιά (*Cercis siliquastrum* L), Δάφνη του Απόλλωνα (*Laurus nobilis*) και ερείκη (*Erica* sp). Ο χώρος βρίσκεται κοντά σε ασφαλτοστρωμένο δρόμο και απέναντι από τα κτίρια του άλσους. (Εικόνα 17)

α)



β)



Εικ. 17 : Σημείο P11 (Αλσος Μελισσίων): α) από αέρος άποψη (GoogleEarth), β) από εδάφους άποψη του σημείου τοποθέτησης του σταθμού P11 (θέση με βέλος)

Όρος Πεντέλης (P7, P13)

Το σημείο P7, βρίσκεται στην κορυφή του πεντελικού όρους. Στην περιοχή επικρατεί αραιή βλάστηση από δέντρα πεύκων (*Pinus halepensis*) και υπάρχουν εγκαταστάσεις του στρατού (Εικόνα 18). Στις 23/8, στις 14:20, εκδηλώθηκε πυρκαγιά στην περιοχή η οποία διήρκησε περίπου μισή ώρα. Από την πυρκαγιά κάηκαν αρκετά δέντρα καθώς και το κάλυμμα του αυτόματου καταγραφικού (Hobo), χωρίς όμως αυτό να καταστραφεί με αποτέλεσμα να ληφθούν κανονικά οι μετρήσεις. (Εικόνα 19)

α)



β)



γ)



Εικ. 18: Σημείο P7, (Κορυφή Πεντελικού όρους): α) από αέρος άποψη (GoogleEarth), β) και γ) από εδάφους άποψη του σταθμού P7 (θέση με βέλος)

α)



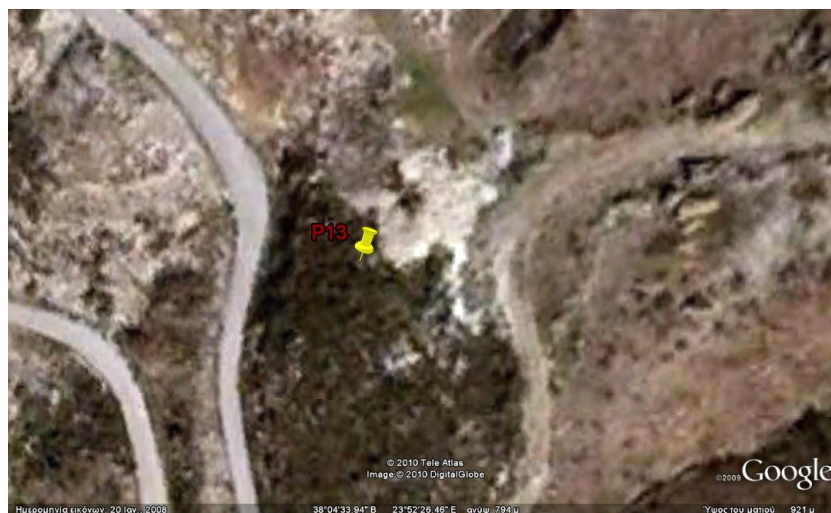
β)



Εικ. 19: α) Περιοχή σταθμού P7 μετά την πυρκαγιά, β) Αυτόματο καταγραφικό (Hobo) μετά την πυρκαγιά

Ο σταθμός P13 τοποθετήθηκε σε πλαγιά του Πεντελικού όρους. Η περιοχή χαρακτηρίζεται ως βραχώδης με χαμηλή και αραιή βλάστηση. (Εικόνα 20) Οι τελευταίες μετρήσεις λήφθηκαν στις 4/9 του 2009 καθώς μετά την ημερομηνία αυτή το όργανο κλάπηκε.

α)



β)



γ)



Εικ. 20: Σημείο P13 (Πεντελικό όρος): α) από αέρος άποψη (GoogleEarth), β) κ γ) από εδάφους άποψη του σταθμού P13 (θέση με βέλος)

Τα καταγραφικά όργανα ρυθμίστηκαν ώστε να λαμβάνουν μετρήσεις κάθε 10 λεπτά. Για κάθε μια από τις περιοχές υπολογίστηκε η μέση ωριαία θερμοκρασία αέρος και η σχετική υγρασία. Από τις τιμές θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας προέκυψε ο θερμοϋγρομετρικός δείκτης THI για κάθε σημείο, σύμφωνα με τον τύπο:

$THI=t-[(0.55-0.0055Xf)X(t-14.5)]$, όπου

t :η θερμοκρασία αέρα σε βαθμούς Κελσίου

f: η σχετική υγρασία σε ποσοστό επί τοις εκατό (Kamoutsis et al. 2007).

Οι τιμές του THI κατηγοριοποιούνται σύμφωνα με τον Πίνακα 5. Οι τιμές που υπολογίστηκαν από το πείραμα κατατάχθηκαν σε αντίστοιχες κλάσεις και προέκυψαν τα διαγράμματα συχνότητας για κάθε περιοχή (Unger, 1999; Kamoutsis et al, 2007).

Πίνακας 5: Κατηγοριοποίηση της ανθρώπινης θερμικής άνεσης σε σχέση με τον θερμο-υγρομετρικό δείκτη (THI) (Conti et al., 2005, Toy et al., 2007; Kamoutsis et al. 2007).

Κλάσεις ανθρώπινης θερμικής άνεσης σύμφωνα με τον THI	Τιμές THI (°C)
Υπέρ-παγερό	< -40
Παγερό	-39.9 to -20
Υπερβολικά ψυχρό	-19.9 to -10
Πολύ ψυχρό	-9.9 to -1.8
Ψυχρό	-1.7 to +12.9
Δροσερό	+13 to +14.9
Άνετο	+15 to +19.9
Ζεστό	+20 to +26.4
Πολύ ζεστό	+26.5 to +29.9
Υπέρθερμο	> +30

Για την αξιολόγηση των βιοκλιματικών συνθηκών σε όλες τις περιοχές έγινε ομαδοποίηση των σημείων μέτρησης ανάλογα με τις συνθήκες του περιβάλλοντος χώρου. Έτσι διακρίθηκαν οι παρακάτω περιπτώσεις:

1) Δομημένη ζώνη

Στην περίπτωση της δομημένης ζώνης διακρίθηκαν έξι τύποι περιοχών:

- Τύπος I: Υψηλή και πυκνή δόμηση, απουσία βλάστησης (σημείο P1)
- Τύπος II: Υψηλή και πυκνή δόμηση, παρουσία βλάστησης (σημείο P12)
- Τύπος III: Αραιή δόμηση, μεγάλοι κήποι, παρουσία βλάστησης (σημεία P4, P2)
- Τύπος IV: Μεταβατική ζώνη μεταξύ δομημένης και φυτοκαλυμμένης περιοχής (σημεία P6, P10)
- Τύπος V: Αραιή φυτοκαλυμμένη περιοχή (σημεία P8, P11)
- Τύπος VI: Πυκνή φυτοκαλυμμένη περιοχή (σημεία P3, P9)

2) Ορεινή ζώνη:

Στην περίπτωση του ορεινού περιβάλλοντος και με βάση την επίδραση της κορυφής στη δημιουργία ρευμάτων σε διαφορετικά ύψη, διακρίθηκαν τρεις περιπτώσεις:

α) Όρος Πεντέλης: Κορυφή-ενδιάμεσο ύψος (σημεία P7-P13)

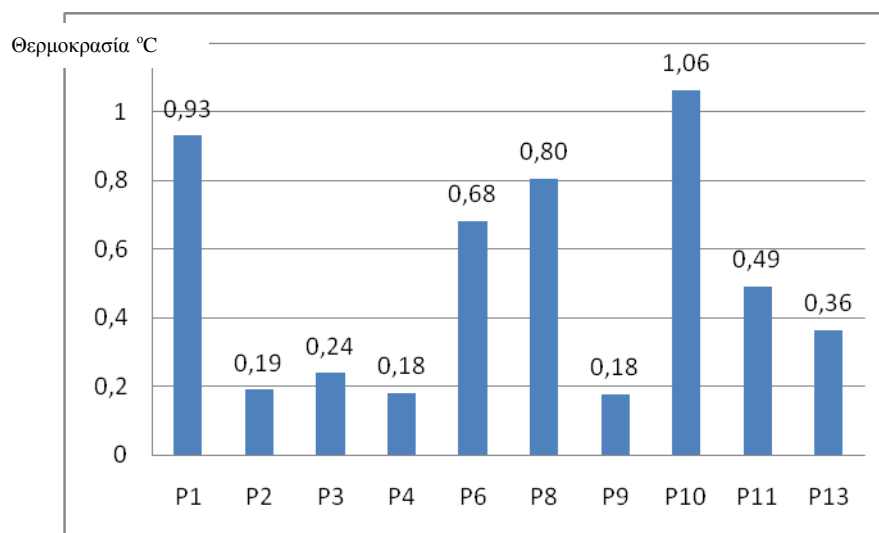
β) Κορυφή Πεντέλης-Προφήτης Ηλίας (σημεία P7-P5)

γ) Προφήτης Ηλίας-γειτονικές περιοχές (σημεία P5-P4)

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ-ΣΥΖΗΤΗΣΗ

3.1 Αποκλίσεις θερμοκρασίας δομημένης ζώνης από το σημείο αναφοράς (λόφος του Προφήτη Ηλία)

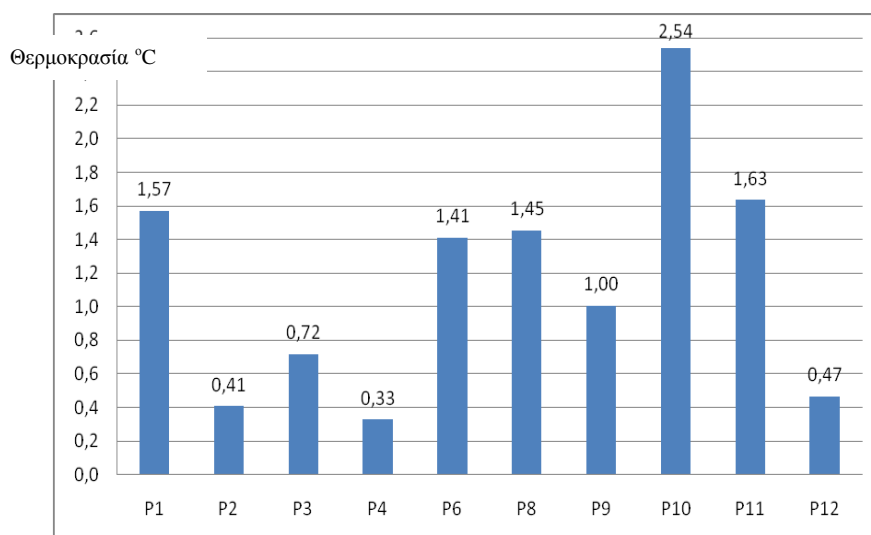
Από τις μέσες ωριαίες τιμές θερμοκρασίας που υπολογίστηκαν σε κάθε σταθμό, προκύπτει ότι η περιοχή στην οποία βρίσκεται ο λόφος του Προφήτη Ηλία παρουσιάζει κατά μέσο όρο τις χαμηλότερες θερμοκρασίες από όλα τα σημεία της δομημένης ζώνης. Υπολογίζοντας τις αποκλίσεις των υπολοίπων σταθμών (πλην των ορεινών) από τις τιμές θερμοκρασίας του λόφου παίρνουμε τα παρακάτω διαγράμματα (Εικόνα 21,22 και 23):



Εικ. 21: Διάγραμμα αποκλίσεων μέσης θερμοκρασίας αέρος (°C) των σταθμών P1, P2, P3, P4, P6, P8, P9, P10, P11 και P12 από το σταθμό αναφοράς (P5)

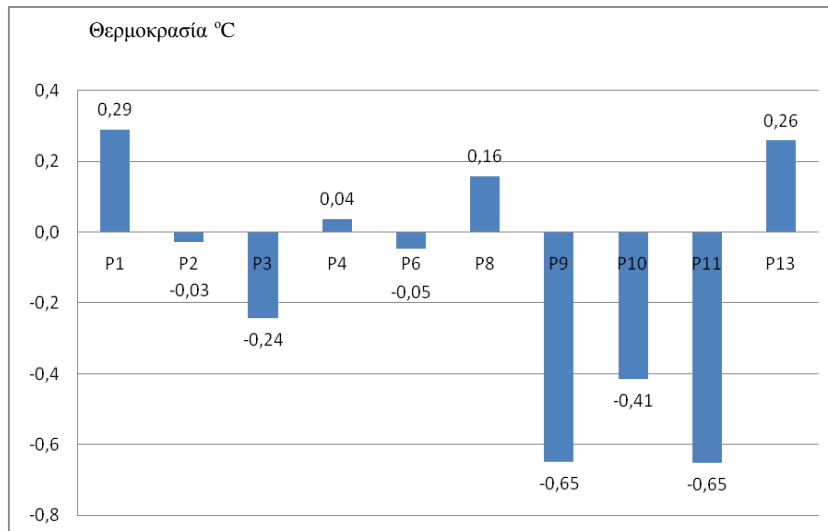
Από το ιστόγραμμα της Εικόνας 21 παρατηρούμε ότι μέσα στο 24ωρο, τη μεγαλύτερη απόκλιση από το σημείο αναφοράς παρουσιάζει η περιοχή της μεταβατικής ζώνης στο «πάρκο Υγείας» (P10), είναι δηλαδή η θερμότερη. Ο χώρος αυτός βρίσκεται στο δυτικό σημείο του «πάρκου» και περιστοιχίζεται από κατοικημένη περιοχή, ενώ η βλάστηση που τον περιβάλλει είναι αραιή με αποτέλεσμα να ευνοείται η ανάπτυξη υψηλών θερμοκρασιών. Ακολουθεί η περιοχή υψηλής και πυκνής δόμησης (P1), η οποία εμφανίζεται αρκετά θερμή λόγω της έντονης παρουσίας δομικών υλικών (Yilmaz et al., 2007). Μικρότερες αλλά σημαντικές αποκλίσεις παρουσιάζουν η κορυφή του άλσους (P8) και το δεύτερο σημείο της μεταβατικής ζώνης (P6) οι οποίες είναι θερμότερες κατά 0,8 και 0,7 °C αντίστοιχα. Ακολουθούν οι περιοχές αραιής φυτοκάλυψης του άλσους (P11 και P3) καθώς και το σημείο

σε περιοχή υψηλής δόμησης με παρουσία βλάστησης (P12) με αποκλίσεις από το λόφο 0,49, 0,24 και 0,36 °C αντίστοιχα. Οι πιο δροσερές περιοχές σύμφωνα με τα παραπάνω, μετά το λόφο του Πρ.Ηλία, είναι η πλαγιά του λόφου (P4) η οποία αν και δομημένη επηρεάζεται άμεσα από αυτόν και φέρει υψηλή βλάστηση, το σημείο του άλσους με την πυκνότερη και υψηλότερη βλάστηση (P9) και η περιοχή αραιής δόμησης με παρουσία βλάστησης (P2).



Εικ. 22: Διάγραμμα αποκλίσεων μέσης θερμοκρασίας αέρος (°C) των σταθμών P1, P2, P3, P4, P6, P8, P9, P10, P11 και P12 από το σταθμό αναφοράς (P5) κατά τη διάρκεια της ημέρας (9.00-20.00)

Η θερμότερη περιοχή κατά τη διάρκεια της ημέρας είναι η P10 της μεταβατικής ζώνης δόμησης- βλάστησης, η οποία παρουσιάζει πολύ μεγάλη απόκλιση, 2,54 °C από την P5. (Εικόνα 22) Η περιοχή αυτή δέχεται έντονα την επίδραση του δομικού στοιχείου καθώς αν και μέσα στο πάρκο, περιβάλλεται από κατοικημένη περιοχή και βρίσκεται σε αραιή και χαμηλή βλάστηση. Ακολουθούν με σημαντικές τιμές απόκλισης, 1,63 και 1,57 °C οι P11 και P1 αντίστοιχα. Η P11 του άλσους είναι μια θερμή περιοχή, καθώς περιβάλλεται από αραιή βλάστηση και δέχεται την επίδραση δομικών υλικών. Η P1, όπως αναφέρθηκε, είναι δομημένη περιοχή με πλήρη απουσία βλάστησης. Οι P8 και P6 είναι θερμότερες από την P5 κατά 1,45 και 1,41 °C αντίστοιχα. Σε ενδιάμεσα επίπεδα απόκλισης θερμοκρασίας από το λόφο, κατά τη διάρκεια της ημέρας, εμφανίζεται η P9 με απόκλιση 1,0 °C. Ακολουθεί η P3, με 0,72 °C και στη συνέχεια οι P12 και P2 με 0,47 και 0,41 °C αντίστοιχα. Η δροσερότερη περιοχή κατά τη διάρκεια της ημέρας εμφανίζεται να είναι η P4 η οποία παρουσιάζει τη μικρότερη απόκλιση από το λόφο του Προφήτη Ηλία.

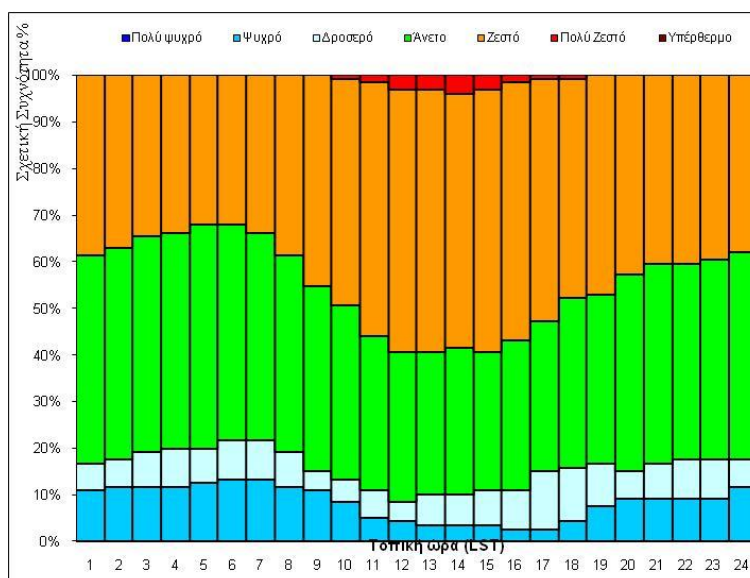


Εικ. 23: Διάγραμμα αποκλίσεων μέσης θερμοκρασίας αέρος (°C) των σταθμών P1, P2, P3, P4, P6, P8, P9, P10, P11 και P12 από το σημείο αναφοράς (P5) κατά τη διάρκεια της νύχτας (21.00-8.00)

Τη νύχτα η εικόνα που παρουσιάζουν οι θερμοκρασίες των περιοχών είναι διαφορετική. (Εικόνα 23) Τα σημεία του άλσους είναι εμφανώς τα πιο δροσερά. Πιο συγκεκριμένα, τη μεγαλύτερη αρνητική απόκλιση από το P5, παρουσιάζουν τα P9 και P11 με $-0,65$ °C, έχουν δηλαδή τις χαμηλότερες θερμοκρασίες. Ακολουθεί το P10 με $-0,41$ °C και στη συνέχεια το P3 με $-0,24$ °C. Η βλάστηση του πάρκου φαίνεται να επηρεάζει σημαντικά τη μείωση των θερμοκρασιών τη νύχτα. Μοναδική εξαίρεση στα παραπάνω, αποτελεί το σημείο P8, η κορυφή του πάρκου, που τη νύχτα εμφανίζεται θερμότερο κατά $0,16$ °C από το P5. Σχεδόν ίδιες θερμοκρασίες με το P5 εμφανίζουν τα σημεία P2 και P6, ($-0,03$ και $-0,05$ °C αντίστοιχα), καθώς και το P4 με τιμή $0,04$ °C. Το P4 αν και έχει χαρακτηριστεί ως το δροσερότερο σημείο την ημέρα, τη νύχτα εμφανίζεται θερμότερο από τα περισσότερα. Η περιοχή εμφανίζει τοπικά πολύ πυκνή και υψηλή βλάστηση η οποία εξασφαλίζει μεν δροσερές συνθήκες την ημέρα λόγω σκίασης, τη νύχτα όμως η απόδοση θερμικής ακτινοβολίας από το έδαφος εμποδίζεται από την κομοστέγη των δέντρων με αποτέλεσμα να επιστρέφει σε αυτό (Matsoukis et al, 2010; Renaud and Rebetez, 2009). Το αποτέλεσμα είναι η αύξηση της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος τις νυχτερινές ώρες. Ιδιαίτερα θερμό τη νύχτα, σε σχέση με το P5 και τα υπόλοιπα, εμφανίζεται το P12 με απόκλιση $0,26$ °C. Και αυτό το σημείο παρουσίαζε σχετικά χαμηλές θερμοκρασίες την ημέρα, όμως τα δομικά υλικά με τη θερμική απόδοση κατά τη νύχτα διαμορφώνουν συνθήκες αυξημένης θερμοκρασίας αέρος. Τέλος το θερμότερο σημείο κατά τη διάρκεια της νύχτας είναι το P1, με απόκλιση $0,29$, το οποίο εμφανίζει υψηλές θερμοκρασίες όλο το 24 ωρο καθώς περιβάλλεται από πυκνή δόμηση.

3.1.1 Σημείο Αναφοράς

Το σημείο αναφοράς, όπως αναφέρθηκε, είναι η κορυφή του λόφου του Προφήτη Ηλία όπου έχει τοποθετηθεί ο σταθμός P5. Από τις μετρήσεις θερμοκρασίας και υγρασίας προέκυψε ο δείκτης TH1 για την περιοχή και τα παρακάτω διαγράμματα συχνοτήτων (Εικόνα 24,25):



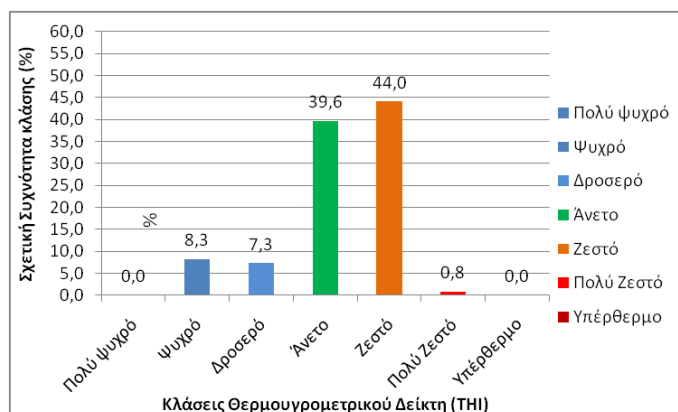
Εικ. 24. Διάγραμμα σχετικής συχνότητας των κλάσεων του δείκτη TH1 σε ωριαία βάση για την κορυφή του λόφου του Προφήτη Ηλία (σημείο αναφοράς) στη Νέα Πεντέλη, από 18/7 έως 15/11 του 2009 (LST: Τοπική ώρα= Μεσημβρινή Ώρα Γκρίνουιτς +2h)

Από τις μετρήσεις, παρατηρούμε ότι στο λόφο του Προφήτη Ηλία, επικρατεί η κλάση «ζεστό» με ποσοστό 44% (Εικόνα 25α). Ακολουθεί με αξιοσημείωτα μεγάλη συχνότητα η κλάση «άνετο» που φτάνει το 39,6%. Η κλάση «ψυχρό» εμφανίζεται με ποσοστό 8,3% και το «δροσερό» με 7,3%. Πολύ μικρή είναι η συνολική συχνότητα που παρουσιάζει η κλάση «πολύ ζεστό», μόλις 0,8%.

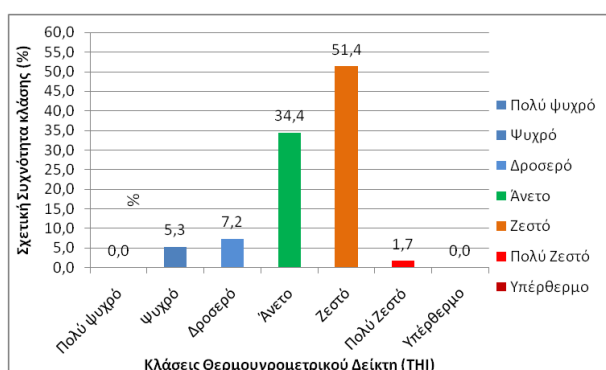
Την ημέρα (Εικόνα 25β) κυριαρχεί η κλάση «ζεστό» με 51,4% ενώ σε υψηλά επίπεδα παραμένει η κλάση «άνετο», με 34,4%. Η κλάση «πολύ ζεστό» εξακολουθεί να εμφανίζεται σε πολύ μικρά ποσοστά, 1,7%, το «ψυχρό» είναι στο 5,3% και «το δροσερό» στο 7,2%.

Τη νύχτα (Εικόνα 25γ) κυριαρχεί η κλάση «άνετο» με 44,7% και ακολουθεί κλάση «ζεστό» με 36,7%. Η κλάση «δροσερό» καταλαμβάνει το 7,4% και το «ψυχρό» 11,2%.

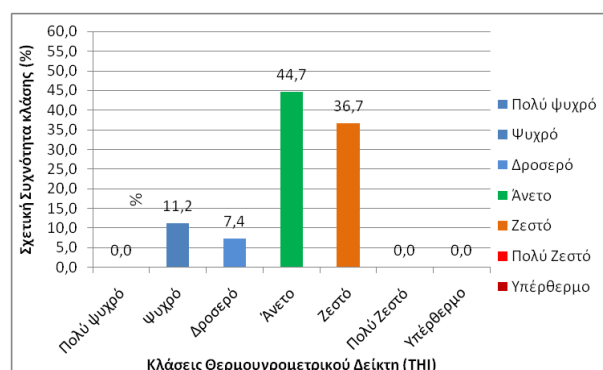
α)



β)



γ)



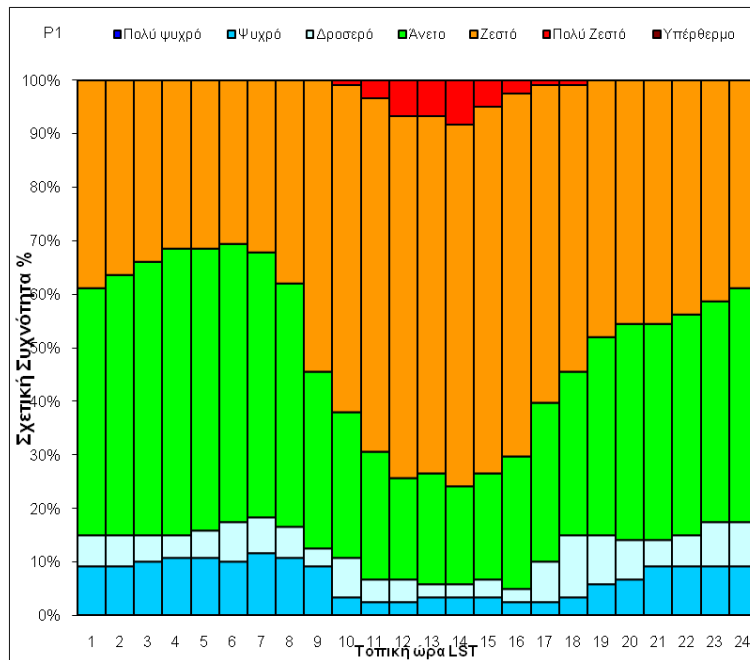
Εικ. 25: Διάγραμμα σχετικής συχνότητας των κλάσεων του δείκτη THI για την κορυφή του λόφου του Προφήτη Ηλία (σημείο αναφοράς) στη Νέα Πεντέλη, από 18/7 έως 15/11 του 2009
 α) όλο το 24ωρο β) κατά τη διάρκεια της ημέρας (9.00-20.00) , γ) κατά τη διάρκεια της νύχτας (21.00-8.00)

Γενικά η περιοχή του λόφου του Πρ. Ηλία εμφανίζει σε μεγάλο ποσοστό την κλάση «άνετο» σε αντίθεση με την κλάση «ζεστό» που καταλαμβάνει πολύ μικρό ποσοστό. Η περιοχή αυτή επηρεάζεται άμεσα από ρεύματα αέρα που προέρχονται από το όρος της Πεντέλης.

3.2 Δομημένη ζώνη

3.2.1 Τύπος I: Υψηλή και πυκνή δόμηση, απουσία βλάστησης

Στον τύπο αυτό ανήκει ο σταθμός P1. Από τις μετρήσεις του δείκτη THI, προκύπτουν τα εξής διαγράμματα:



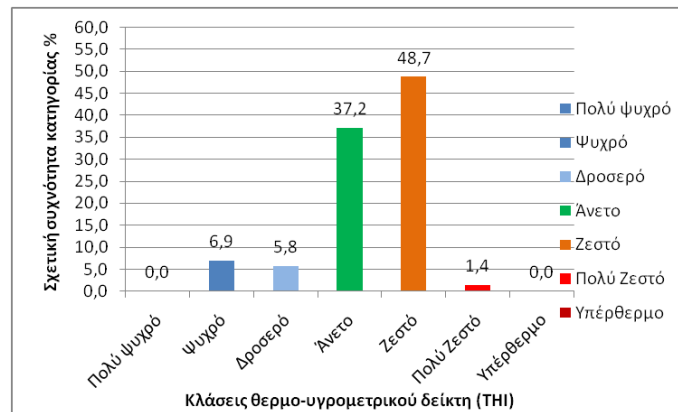
Εικ. 26. Διάγραμμα σχετικής συχνότητας των κλάσεων του δείκτη THI σε ωριαία βάση για την περιοχή υψηλής και πυκνής δόμησης στα Μελίσσια, από 18/7 έως 15/11 του 2009 (LST: Τοπική ώρα= Μεσημβρινή Ωρα Γκρίνουιτς +2h)

Από τα διαγράμματα για την περιοχή υψηλής και πυκνής δόμησης (P1) παρατηρούμε ότι συνολικά επικρατεί η κλάση «ζεστό» με ποσοστό 48,7% ενώ η κλάση «Άνετο» φτάνει το 37,2%. Οι κλάσεις ψυχρού και δροσερού βρίσκονται σε παρόμοια, χαμηλά επίπεδα, 6,9% και 5,8% αντίστοιχα. Η πολύ ζεστή κλάση φτάνει το 1,4%. (Εικόνα 27α)

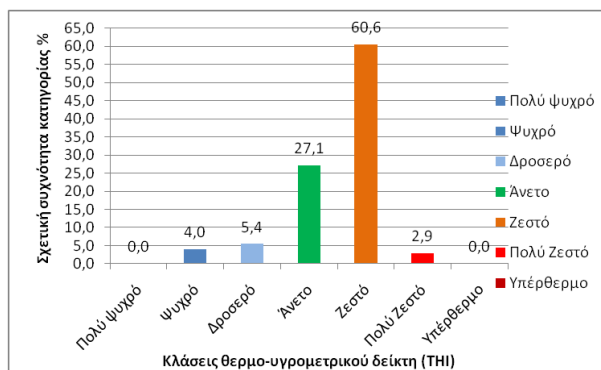
Την ημέρα (Εικόνα 27β) παρατηρούμε πολύ μεγάλη αύξηση στη συχνότητα «Ζεστό», η οποία ξεπερνάει το 60%. Αντίθετα με αρκετά μικρή συχνότητα εμφανίζεται η κλάση «Άνετο», σε ποσοστό 27%. Ακολουθεί η κλάση «Δροσερό» με 5,4% ενώ πολύ μικρά ποσοστά παρουσιάζει η κλάση «Ψυχρό» που εμφανίζεται με συχνότητα 4%. Τέλος η κλάση «πολύ ζεστό» φτάνει το 2,9%.

Τη νύχτα (Εικόνα 27γ) επικρατεί η κλάση «Άνετο» με 47,2% ενώ η κλάση «Ζεστό» φτάνει το 36,8%. Το «ψυχρό» δεν εμφανίζεται με μεγάλη συχνότητα, μόλις 9,8% και ακολουθεί το δροσερό με 6%.

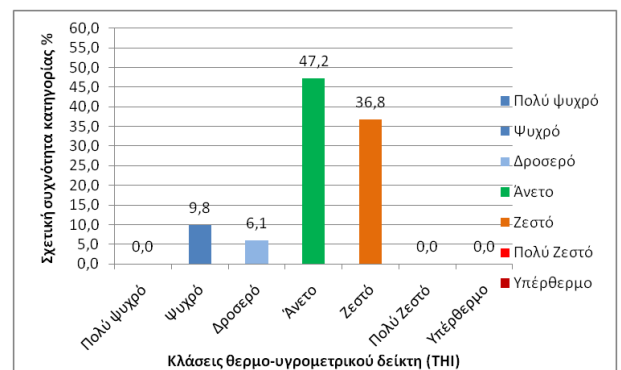
α)



β)



γ)



Εικ. 27: Διάγραμμα σχετικής συχνότητας των κλάσεων του δείκτη THI για την περιοχή υψηλής και πυκνής δόμησης στα Μελίσσια, από 18/7 έως 15/11 του 2009

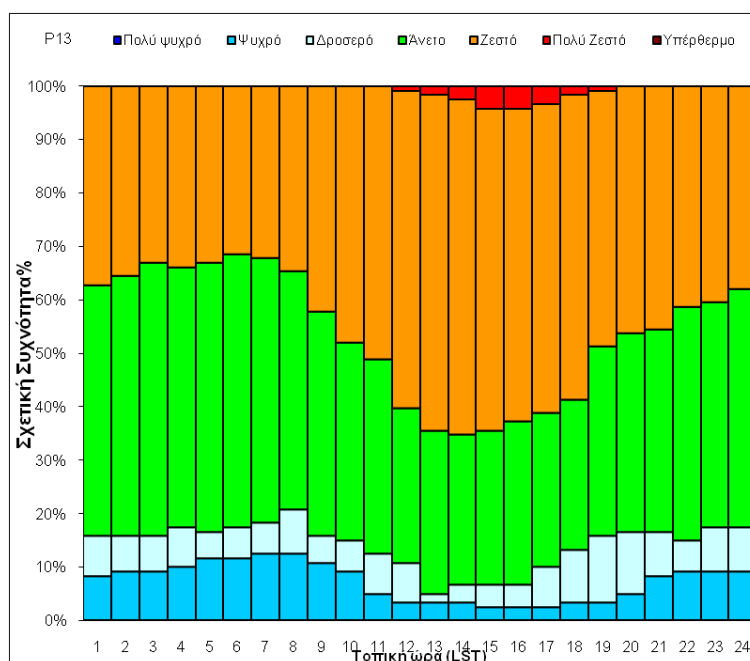
α) όλο το 24ωρο β) κατά τη διάρκεια της ημέρας (9.00-20.00) , γ) κατά τη διάρκεια της νύχτας (21.00-8.00)

Ο τύπος Ι γενικά παρουσιάζει αξιοσημείωτα μεγάλη συχνότητα της κλάσης «Ζεστό» κατά τη διάρκεια της ημέρας. Παράλληλα η κλάση «Ψυχρό» τη νύχτα, εμφανίζεται σε μικρά ποσοστά. Τα παραπάνω οφείλονται στην παρουσία πυκνής και υψηλής δόμησης της περιοχής καθώς και στην απουσία βλάστησης. Σύμφωνα με σχετικές μελέτες τα δομικά υλικά, όπως το τσιμέντο, η ασφαλτος κ.α, δεσμεύουν μεγάλη ποσότητα ηλιακής ακτινοβολίας με αποτέλεσμα να αυξάνεται η θερμοκρασία τους και η θερμοκρασία του αέρα πάνω από αυτά. Έτσι δημιουργούνται οι αστικές θερμικές νησίδες. (Yilmaz et al., 2007). Παράλληλα, τα παραπάνω δομικά υλικά παρουσιάζουν αργό ρυθμό απελευθέρωσης της θερμότητας κατά τις νυχτερινές ώρες. Αυτό οφείλεται στη μεγάλη τους θερμοχωρητικότητα και στο μειωμένο ρυθμό εκπομπής ακτινοβολίας μεγάλου μήκους κύματος. Σαν αποτέλεσμα αυξάνουν τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος τη νύχτα. (Kamoutsis et al, 2010; Kassomenos et al, 2006). Σε μελέτη σχετική με την επίδραση των επιφανειών στο δείκτη θερμικής άνεσης THI,

αποδείχτηκε ότι οι τιμές του δείκτη πάνω από την ασφαλτο είναι πάντα μεγαλύτερες από αυτές που παρουσιάζουν το φυτοκαλυμμένο και γυμνό έδαφος . (Yilmaz et al, 2007)

3.2.2 Τύπος II: Υψηλή και πυκνή δόμηση, παρουσία βλάστησης

Σε αυτόν το τύπο ανήκει η περιοχή με το σταθμό P12. (Εικόνες 28, 29)



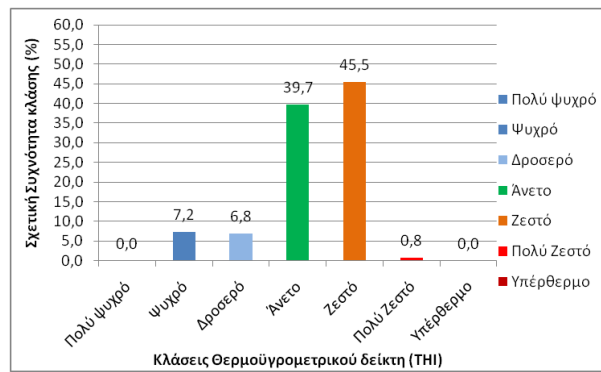
Εικ. 28: Διάγραμμα σχετικής συχνότητας των κλάσεων του δείκτη THI σε ωριαία βάση για την περιοχή υψηλής και πυκνής δόμησης παρουσία βλάστησης στα Μελίσσια, από 18/7 έως 15/11 του 2009 (LST: Τοπική ώρα= Μεσημβρινή Ωρα Γκρίνουιτς +2h)

Από τον υπολογισμό των συχνοτήτων, παρατηρούμε ότι κατά τη διάρκεια του 24ώρου, επικρατεί η κλάση «Ζεστό» με 45,5% και ακολουθεί το άνετο με 39,7% (Εικόνα 29α) . Η κλάση «πολύ ζεστό» εμφανίζεται σε πολύ μικρή συχνότητα, μόλις 0,8%. Οι κλάσεις «Ψυχρό» και «Δροσερό» φτάνουν το 7,2% και 6,8% αντίστοιχα.

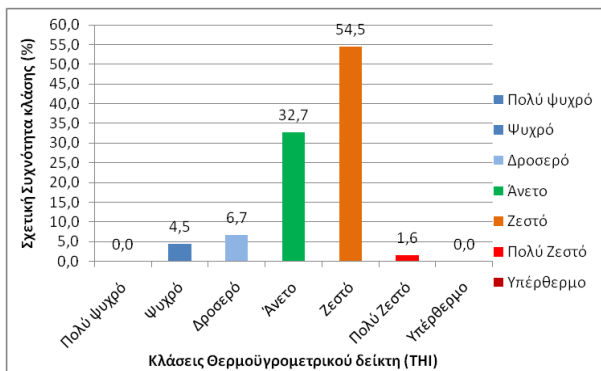
Την ημέρα κυριαρχεί η κλάση «Ζεστό» με 54,5% (Εικόνα 29β). Η κλάση «Άνετο» φτάνει το 32,7%. Η κλάση «Πολύ Ζεστό» αυξάνεται στο 1,6% ενώ «Ψυχρό» εμφανίζεται σημαντικά μειωμένη με ποσοστό 4,5% και το δροσερό βρίσκεται στο 6,7%.

Τη νύχτα επικρατεί η κλάση «Άνετο» με ποσοστό 46,7% και ακολουθεί η κλάση του ζεστου με 36,4% (Εικόνα 29γ). Η ψυχρή φτάνει το 10% ενώ κλάση «Δροσερό» παραμένει στα αντίστοιχα επίπεδα με της ημέρας (7%).

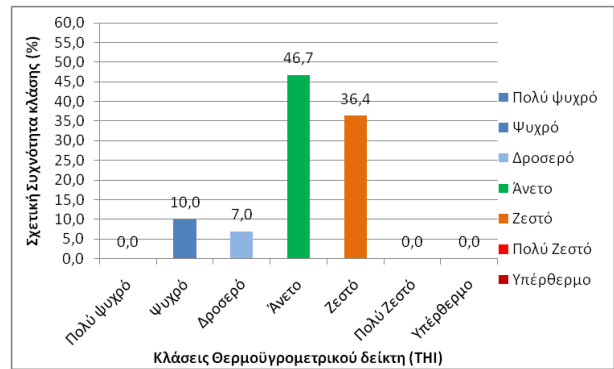
α)



β)



γ)



Εικ. 29: Διαγράμματα σχετικής συχνότητας των κλάσεων του δείκτη THI για την περιοχή υψηλής κ πυκνής δόμησης παρουσία βλάστησης στα Μελίσσια, από 18/7 έως 15/11 του 2009

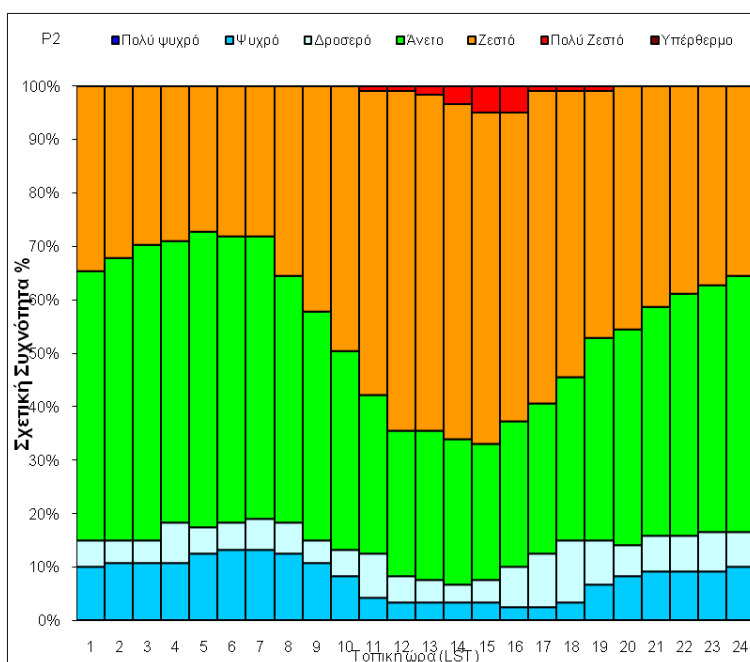
α) όλο το 24ωρο β) κατά τη διάρκεια της ημέρας (9.00-20.00) , γ) κατά τη διάρκεια της νύχτας (21.00-8.00)

Παρατηρούμε ότι το σημείο P12 πλησιάζει τα χαρακτηριστικά των συνθηκών του P1, ωστόσο εμφανίζεται περισσότερο ευνοημένο σε σχέση με αυτό στην κλάση «Άνετο». Αυτό δικαιολογείται από την παρουσία βλάστησης στην περιοχή. Η βλάστηση γενικά κατά τη διάρκεια της ημέρας συμβάλει στη διατήρηση της θερμοκρασίας σε σχετικά χαμηλά επίπεδα. (Χρονοπούλου-Σερελη και Ουζιέλ, 1997) Επιφάνειες που καλύπτονται από γρασίδι εμφανίζονται δροσερότερες από τις δομημένες. Σύμφωνα με μελέτη το άνυδρο γρασίδι κατά την καλοκαιρινή περίοδο, παρουσιάζει πολύ χαμηλότερη θερμοκρασία από την ασφάλτο και το γυμνό έδαφος. Αντίστοιχα κινείται και ο δείκτης θερμικής άνεσης THI. (Yilmaz et al., 2007).

3.2.3 Τύπος III: Αραιή δόμηση, μεγάλοι κήποι, παρουσία βλάστησης

Σε αυτόν τον τύπο ανήκουν οι σταθμοί P2 και P4.

Για τον σταθμό P2, από τις μετρήσεις των τιμών του δείκτη THI παίρνουμε τα εξής διαγράμματα: (Εικόνες 30,31)

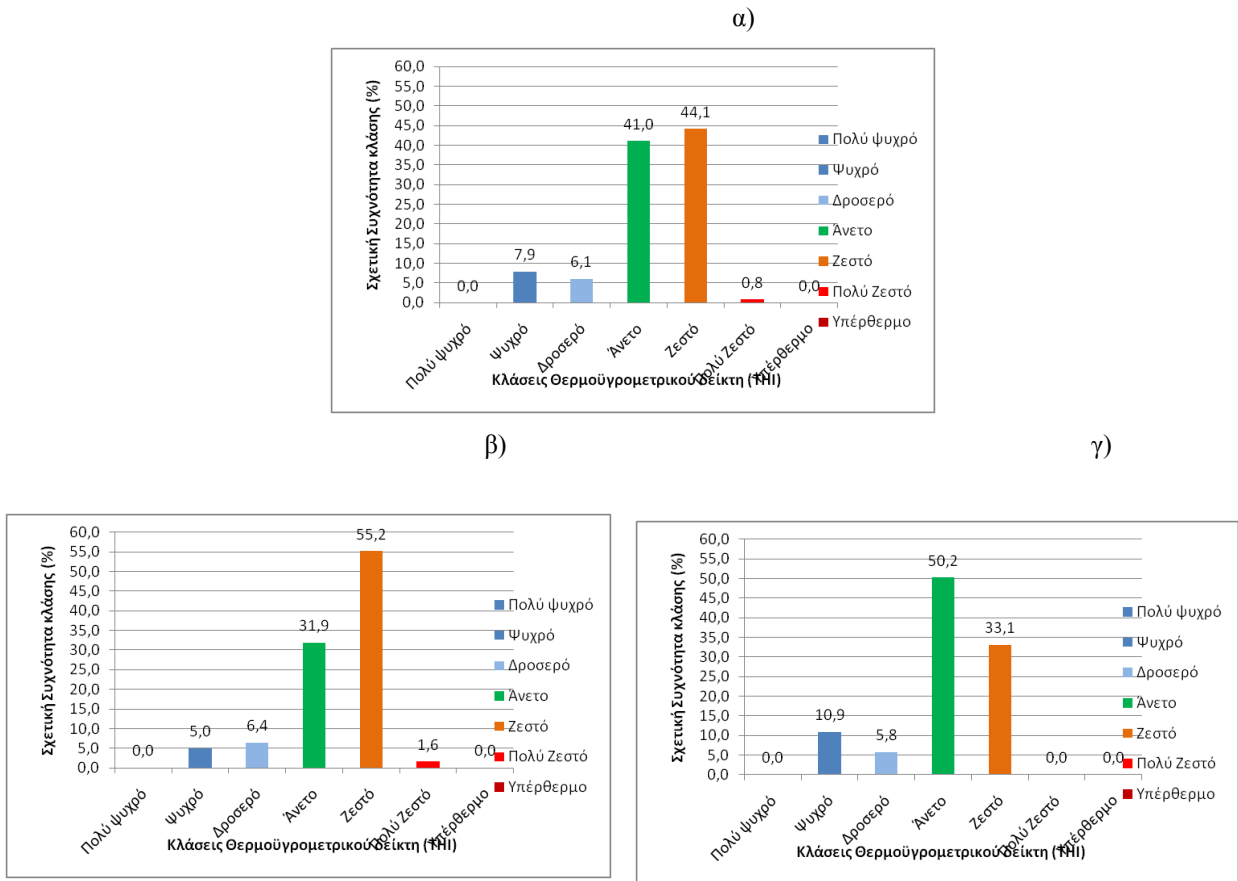


Εικ. 30: Διάγραμμα σχετικής συχνότητας των κλάσεων του δείκτη THI σε ωριαία βάση για την περιοχή αραιής δόμησης παρουσία βλάστησης (P2) στα Μελίτσια, από 18/7 έως 15/11 του 2009 (LST: Τοπική ώρα= Μεσημβρινή Ωρα Γκρίνουιτς +2h)

Παρατηρούμε ότι στο σημείο P2, κατά τη διάρκεια του 24ώρου (Εικόνα 31α), η κλάση «Άνετο» πλησιάζει πολύ την κλάση «Ζεστό» καθώς εμφανίζονται με ποσοστά 41% και 44% αντίστοιχα. Ακολουθούν οι κλάσεις «Ψυχρό» και «Δροσερό» με 7,9 και 6,1% και με πολύ μικρή συχνότητα παρουσιάζονται οι πολύ ζεστές συνθήκες.

Την ημέρα (Εικόνα 31β) η κλάση «Ζεστό» με 55,2% και ακολουθεί η κλάση «Άνετο» με 31,9%. Οι κλάσεις «Δροσερό» και «Ψυχρό» εμφανίζονται με ποσοστό 6,4% και 5% αντίστοιχα, ενώ το «Πολύ ζεστό» παρουσιάζεται με 1,6%.

Τη νύχτα παρατηρούμε πολύ μεγάλη αύξηση στη κλάση των άνετων συνθηκών, που φτάνει το 50,2% (Εικόνα 31γ). Η κλάση «Ζεστό» παρουσιάζεται με μειωμένο ποσοστό στο 33,1%. Ακολουθεί η κλάση «Ψυχρό» με 10,9% και «Δροσερό» με 5,8%.

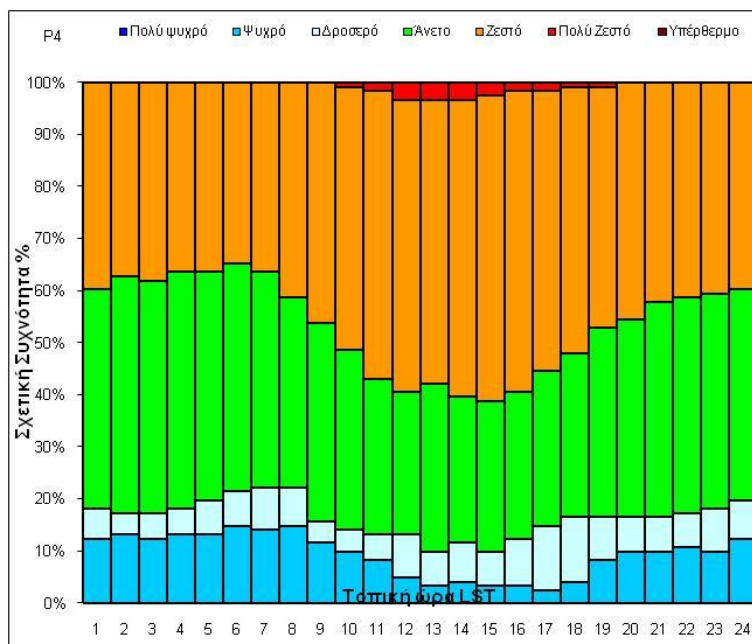


Εικ. 31: Διαγράμματα σχετικής συχνότητας των κλάσεων του δείκτη THI για την περιοχή αραϊής δόμησης παρουσία βλάστησης (P2) στα Μελίτσια, από 18/7 έως 15/11 του 2009

α) όλο το 24ωρο β) κατά τη διάρκεια της ημέρας (9.00-20.00) , γ) κατά τη διάρκεια της νύχτας (21.00-8.00)

Από την εικόνα που δίνουν οι συχνότητες του σημείου P2, παρατηρούμε ότι εμφανίζεται σε μεγάλο ποσοστό η κλάση «Άνετο», ιδιαίτερα το βράδυ. Αν και το σημείο βρίσκεται σε δομημένη περιοχή, εδώ δεν επικρατεί υψηλή δόμηση. Συνορεύει με κατοικίες που έχουν επίσης κήπους με βλάστηση ενώ το πλάτος των δρόμων είναι μεγαλύτερο από το ύψος των κτιρίων. Η απόσταση μεταξύ των κτιρίων είναι πολύ σημαντική στη διαφοροποίηση των θερμομετρικών συνθηκών μέσα στην πόλη. Στην περίπτωση που το ύψος των κτιρίων είναι ίσο με τη μεταξύ τους απόσταση, η μετακίνηση των αερίων μαζών δε φτάνει μέχρι το επίπεδο του δρόμου με αποτέλεσμα να μην επιτυγχάνεται επαρκής αερισμός και απομάκρυνση των ρυπαντικών στοιχείων της κυκλοφορίας των οχημάτων. Αυτό είναι δυνατόν στην περίπτωση διπλασιασμού της απόστασης αυτής. (Χρονοπούλου-Σερέλη και Ουζιέλ, 1997)

Στην πλαγιά του Προφήτη Ηλία (P4) από τους υπολογισμούς του THI, προκύπτουν τα εξής αποτελέσματα (Εικόνες 32,33):



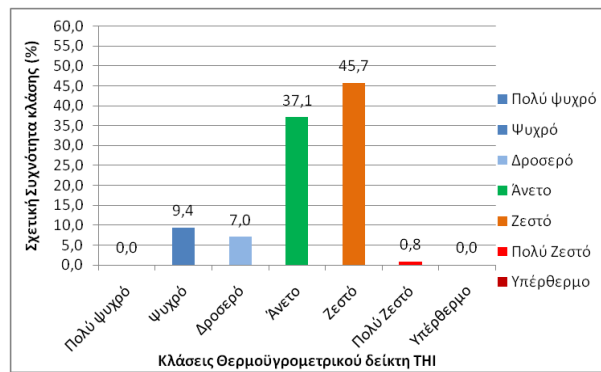
Εικ. 32: Διάγραμμα σχετικής συχνότητας των κλάσεων του δείκτη ΤΗΙ σε ωριαία βάση για την περιοχή αραιής δόμησης παρουσία βλάστησης (P4) στα Μελίσσια, από 18/7 έως 15/11 του 2009 (LST: Τοπική ώρα= Μεσημβρινή Ωρα Γκρίνουιτς +2h)

Παρατηρούμε ότι κατά τη διάρκεια του 24ώρου επικρατεί η κλάση «Ζεστό», με ποσοστό 45,7% (Εικόνα 33α). Ακολουθεί η κλάση «Άνετο» με 37,1%, το «Ψυχρό» με 9,4% και το «Δροσερό» με 7%. Τέλος κλάση «Πολύ ζεστό» εμφανίζεται με 0,8%.

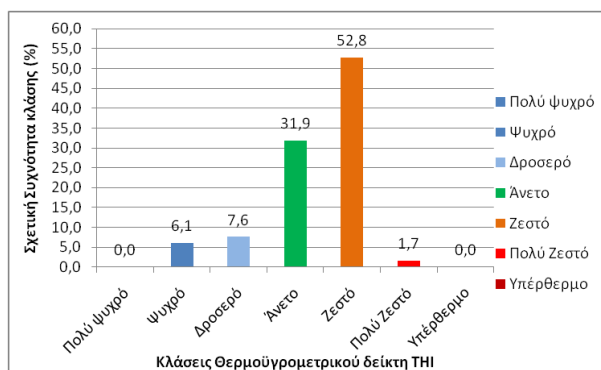
Την ημέρα (Εικόνα 33β) κυριαρχεί η κλάση «Ζεστό» με ποσοστό 52,8% ενώ η κλάση «Άνετο» φτάνει το 31,9%. Ακολουθούν οι κλάσεις «Δροσερό» και «Ψυχρό» με 7,6% και 6,1% αντίστοιχα. Η κλάση «Πολύ Ζεστό», σε χαμηλά ποσοστά, φτάνει μόλις το 1,7%.

Τη νύχτα (Εικόνα 33γ) η κλάση «Άνετο» εμφανίζεται με 42,3%, ωστόσο «το Ζεστό» παραμένει σε υψηλά επίπεδα, 38,6%. Η κλάση «Ψυχρό» φτάνει το 12,6% ενώ το «Δροσερό» εμφανίζεται σε χαμηλά επίπεδα, 6,5%.

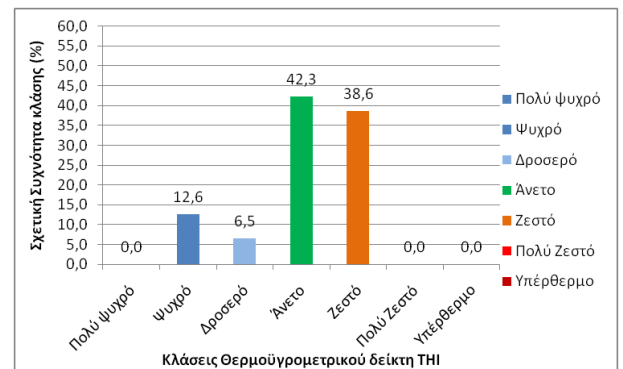
α)



β)



γ)



Εικ. 33: Διαγράμματα σχετικής συχνότητας των κλάσεων του δείκτη THI για την περιοχή αραϊής δόμησης παρουσία βλάστησης (P4) στα Μελίσσια, από 18/7 έως 15/11 του 2009

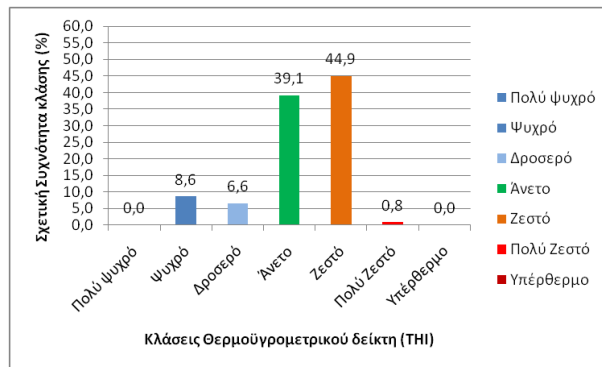
α) όλο το 24ωρο β) κατά τη διάρκεια της ημέρας (9.00-20.00) , γ) κατά τη διάρκεια της νύχτας (21.00-8.00)

Αν και συνολικά η P4 είναι μια περιοχή όπου η κλάση «Άνετο» εμφανίζεται σε αρκετά μεγάλο ποσοστό, τη νύχτα παρατηρείται μια μεγάλη συχνότητα στην κλάση «Ζεστό» όπως ήδη αναφέρθηκε στην παρουσίαση της μέσης ημερήσιας θερμοκρασίας της περιοχής.

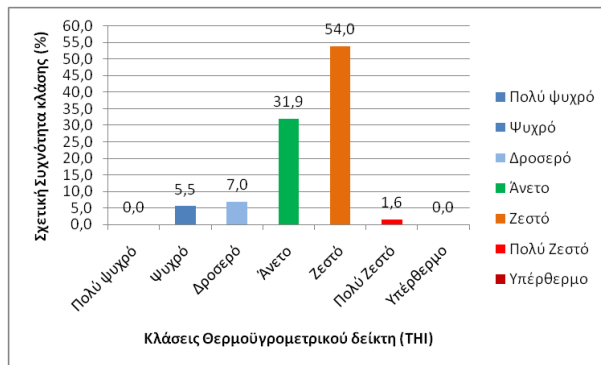
Από τον υπολογισμό του μέσου όρου για τον δείκτη THI των περιοχών P2 και P4, προέκυψαν οι συχνότητες των κλάσεων για ολη τη διάρκεια του 24ώρου, τις ώρες της ημέρας και τις νυχτερινές ώρες. Οι συχνότητες αυτές απεικονίζονται στα παρακάτω διαγράμματα (Εικόνα 34):

Παρατηρούμε ότι κατά τη διάρκεια του 24ώρου στο τύπο III (Εικόνα 34) επικρατεί η κλάση «Ζεστό», σε ποσοστό 44,9%. Ακολουθεί το «Άνετο» με 39,1%. Η κλάση «Ψυχρό» και «Δροσερό» φτάνουν το 8,6% και 6,6% αντίστοιχα. Το «Πολύ Ζεστό» εμφανίζεται με συχνότητα 0,8%.

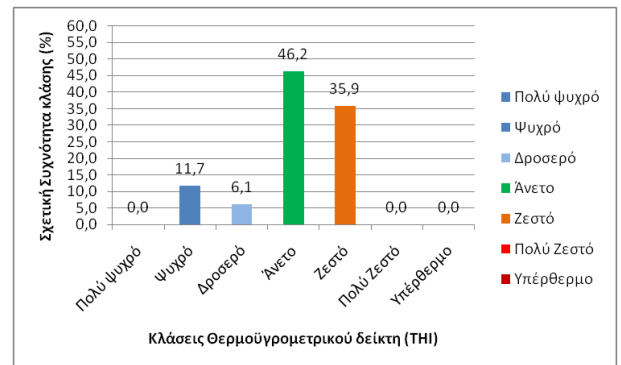
α)



β)



γ)



Εικ. 34: Διαγράμματα σχετικής συχνότητας των κλάσεων του δείκτη THI για τις περιοχές του τύπου III, από 18/7 έως 15/11 του 2009

α) όλο το 24ωρο β) κατά τη διάρκεια της ημέρας (9.00-20.00) , γ) κατά τη διάρκεια της νύχτας (21.00-8.00).

Την ημέρα (Εικόνα 34 β) η κλάση «Ζεστό» κυριαρχεί, με συχνότητα 54% ενώ η κλάση «Άνετο» φτάνει το 32%. Οι κλάσεις «Ψυχρό» και «Δροσερό» εμφανίζονται με 5,5% και 7% αντίστοιχα. Το «Πολύ Ζεστό» φτάνει το 1,6%. Τη νύχτα (Εικόνα 34γ) επικρατεί η κλάση «Άνετο» με ποσοστό 46,2%. Ακολουθεί η κλάση «Ζεστό» με αρκετά μεγάλη διαφορά, στο 35,9%, το «Ψυχρό» με 11,7% και η κλάση «Δροσερό» με 6,1%.

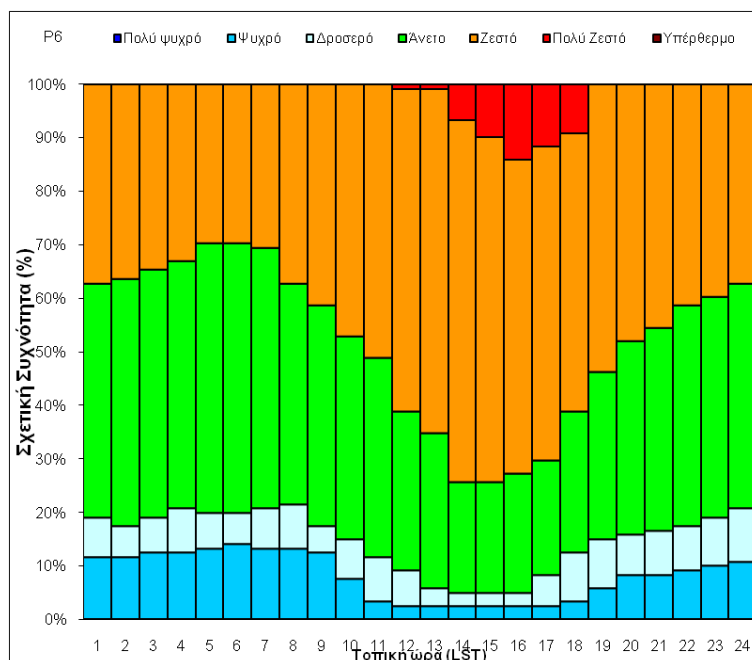
Από τις μετρήσεις παρατηρούμε ότι ο τύπος III παρουσιάζει σημαντικές διαφορές από τον τύπο I στις συχνότητες του δείκτη θερμικής άνεσης. Συνολικά στον τύπο III επικρατεί μεγαλύτερο ποσοστό της κλάσης «Άνετο». Επίσης το ποσοστό της κλάσης «Πολύ Ζεστό» εδώ μειώνεται στο μισό. Οι διαφορές αυτές παρατηρούνται κυρίως κατά τη διάρκεια της ημέρας και συνολικά του 24ώρου. Τη νύχτα οι συνθήκες των δύο τύπων συγκλίνουν. Μπορούμε να πούμε ότι στις περιοχές με αραιή δόμηση και παρουσία βλάστησης,

επιτυγχάνονται πιο καλές συνθήκες θερμικής άνεσης από ότι στην περίπτωση πυκνής και υψηλής δόμησης. Ενδιάμεσα κινείται ο τύπος II, που συνδυάζει την υψηλή και πυκνή δόμηση με βλάστηση.

3.2.4 Τύπος IV: Μεταβατική ζώνη μεταξύ δομημένης και φυτοκαλυμμένης περιοχής

Στον τύπο αυτό ανήκουν οι περιοχές με τους σταθμούς P6 και P10, οι οποίες συνορεύουν με το πάρκο και με την κατοικημένη περιοχή.

Για το σταθμό P6 από τις μετρήσεις του THI παίρνουμε τις παρακάτω συχνότητες (Εικόνες 35, 36):

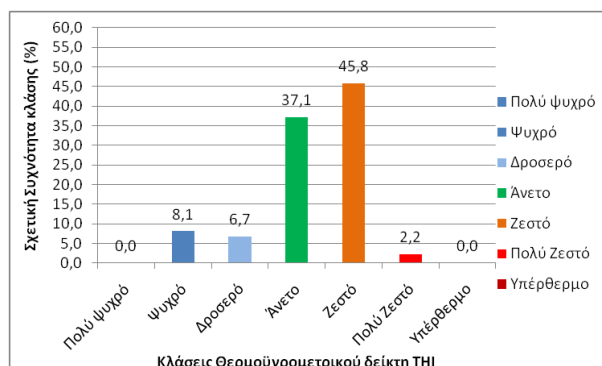


Εικ. 35: Διάγραμμα σχετικής συχνότητας των κλάσεων του δείκτη THI σε ωριαία βάση για την περιοχή μεταβατικής ζώνης δόμησης-βλάστησης (P6) στα Μελίσσια, από 18/7 έως 15/11 του 2009 (LST: Τοπική ώρα= Μεσημβρινή Ωρα Γκρίνουιτς +2h)

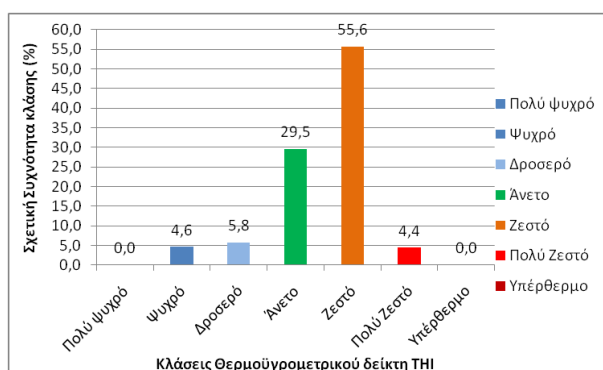
Κατά τη διάρκεια του 24ώρου (Εικόνα 36α) κυριαρχεί η κλάση «Ζεστό» με ποσοστό 45,8% και ακολουθεί η κλάση «Άνετο» με 37,1%. Οι κλάσεις «Ψυχρό» και «Δροσερό» εμφανίζονται με συχνότητες 8,1% και 6,7%. Η κλάση «Πολύ Ζεστό» εμφανίζεται σχετικά αυξημένη, με ποσοστό 2,2%.

Την ημέρα (Εικόνα 36β) επικρατεί κλάση «Ζεστό» με ποσοστό 55,6%. το «Άνετο» φτάνει το 29,5%, το «Δροσερό» 5,8% η κλάση «Ψυχρό» το 4,6%. Τέλος η κλάση «Πολύ Ζεστό» σημειώνεται με ποσοστό 4,4%.

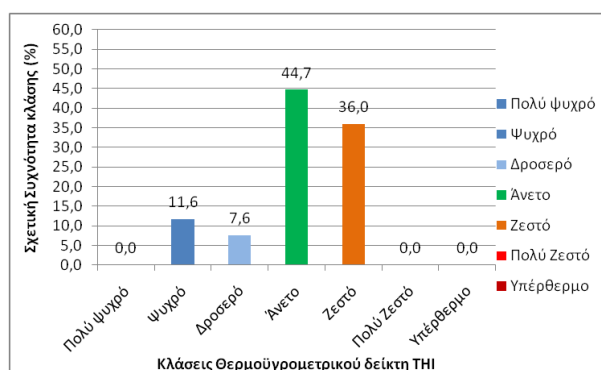
α)



β)



γ)

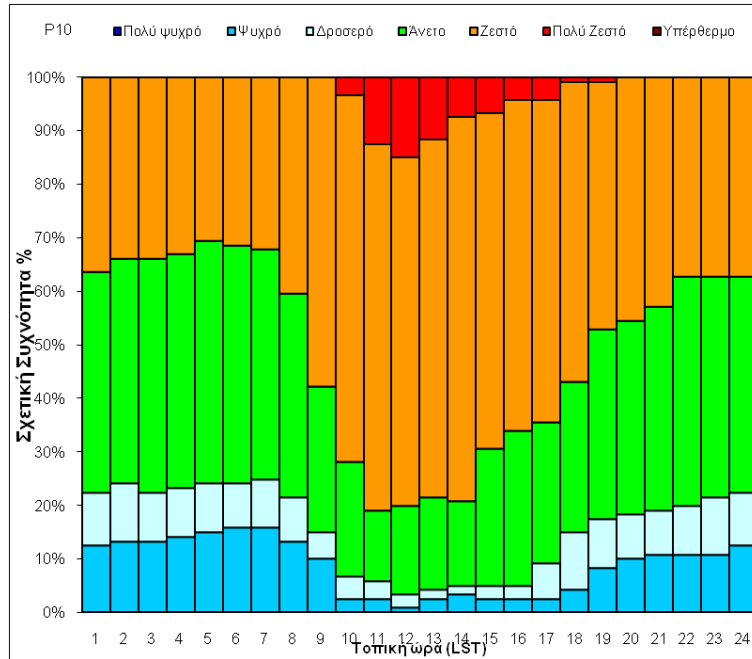


Εικ. 36: Διαγράμματα σχετικής συχνότητας των κλάσεων του δείκτη THI για την περιοχή μεταβατικής ζώνης δόμησης βλάστησης (P6) στα Μελίσσια, από 18/7 έως 15/11 του 2009

α) όλο το 24ωρο β) κατά τη διάρκεια της ημέρας (9.00-20.00) , γ) κατά τη διάρκεια της νύχτας (21.00-8.00)

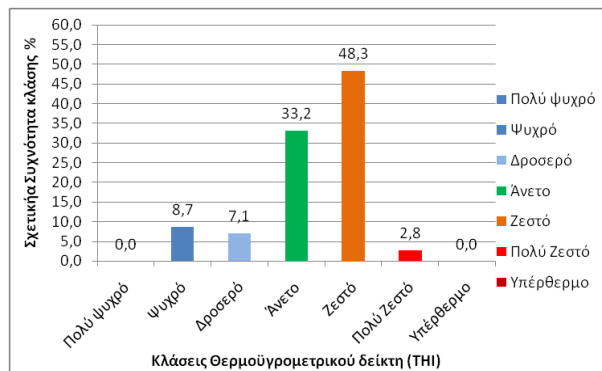
Τη νύχτα κυριαρχεί η κλάση «Άνετο» με 44,7% (Εικόνα 36γ), ενώ το «Ζεστό» εμφανίζεται με ποσοστό 36%. Οι κλάσεις «Ψυχρό» και «Δροσερό» ακολουθούν με 11,6% και 7,6% αντίστοιχα.

Από τις μετρήσεις του δείκτη THI για το σημείο με το σταθμό P10, παίρνουμε τα παρακάτω γραφήματα (Εικόνες 37, 38):

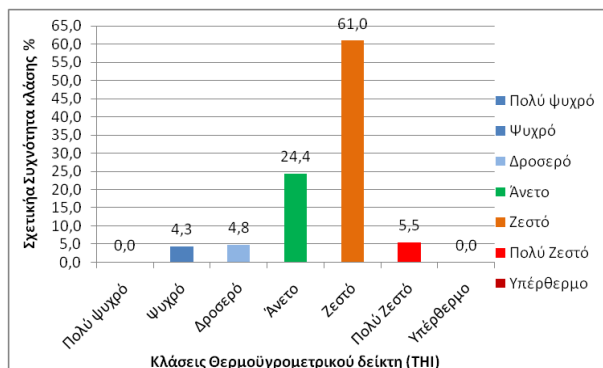


Εικ. 37: Διάγραμμα σχετικής συχνότητας των κλάσεων του δείκτη THI σε ωριαία βάση για την περιοχή μεταβατικής ζώνης δόμησης-βλάστησης (P10) στα Μελίσσια, από 18/7 έως 15/11 του 2009 (LST: Τοπική ώρα= Μεσημβρινή Ωρα Γκρίνουιτς +2h)

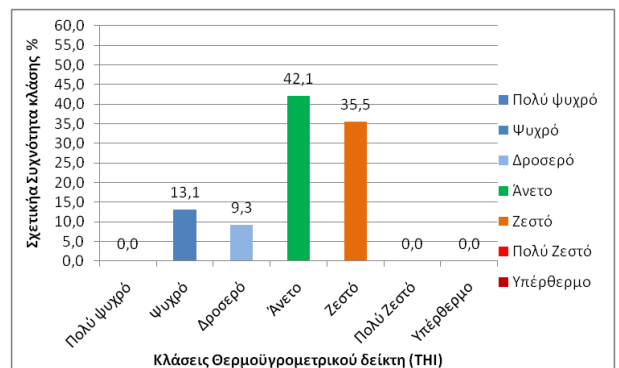
α)



β)



γ)



Εικ. 38: Διαγράμματα σχετικής συχνότητας των κλάσεων του δείκτη THI για την περιοχή μεταβατικής ζώνης δόμησης βλάστησης (P10) στα Μελίσσια, από 18/7 έως 15/11 του 2009

α) όλο το 24ωρο β) κατά τη διάρκεια της ημέρας (9.00-20.00) , γ) κατά τη διάρκεια της νύχτας (21.00-8.00)

Το σημείο στο οποίο βρίσκεται ο σταθμός P10 παρουσιάζει συνολικά αυξημένο ποσοστό για τις κλάσεις «Ζεστό» και «Πολύ Ζεστό», σε σχέση με τα άλλα σημεία (Εικόνα 38α). Πιο συγκεκριμένα, το «Ζεστό» κυριαρχεί με ποσοστό 48,3% και «Πολύ Ζεστό» εμφανίζεται με 2,8%, αναλογίες διπλάσιες από τις προηγούμενες. Η κλάση «Άνετο» ακολουθεί την κλάση του ζεστού με 33,2% ενώ το «Ψυχρό» και το «Δροσερό» εμφανίζονται με ποσοστά 8,7% και 7,1 % αντίστοιχα.

Η περιοχή αυτή φαίνεται να έχει ιδιαίτερο ενδιαφέρον κατά τη διάρκεια της ημέρας (Εικόνα 38β) όπου εμφανίζει τιμές THI στην κλάση του ζεστού, σε πολύ μεγάλο ποσοστό, το οποίο πλησιάζει το 62%. Αρκετά αυξημένη εμφανίζεται και η κλάση «Πολύ Ζεστό», η οποία φτάνει το 5,5%, κάτι που δεν είδαμε στις προηγούμενες περιοχές. Αντίθετα, η κλάση «Άνετο» την ημέρα, παρουσιάζει εμφανώς μειωμένα ποσοστά καθώς είναι μικρότερη από το 25%. Πολύ χαμηλή παραμένει και η κλάση «Ψυχρό», μόλις 4,3% ενώ το «Δροσερό» είναι στα 4,8%.

Τη νύχτα οι κλάσεις, δεν παρουσιάζουν ιδιαίτερη διαφοροποίηση από τα άλλα σημεία (Εικόνα 38γ). Έτσι το «Άνετο» κυριαρχεί με 42,1% και ακολουθεί η κλάση «Ζεστό» με 35,5%. Η κλάση «Ψυχρό» εμφανίζεται με 13,1% και η κλάση «Δροσερό» με 9,3%

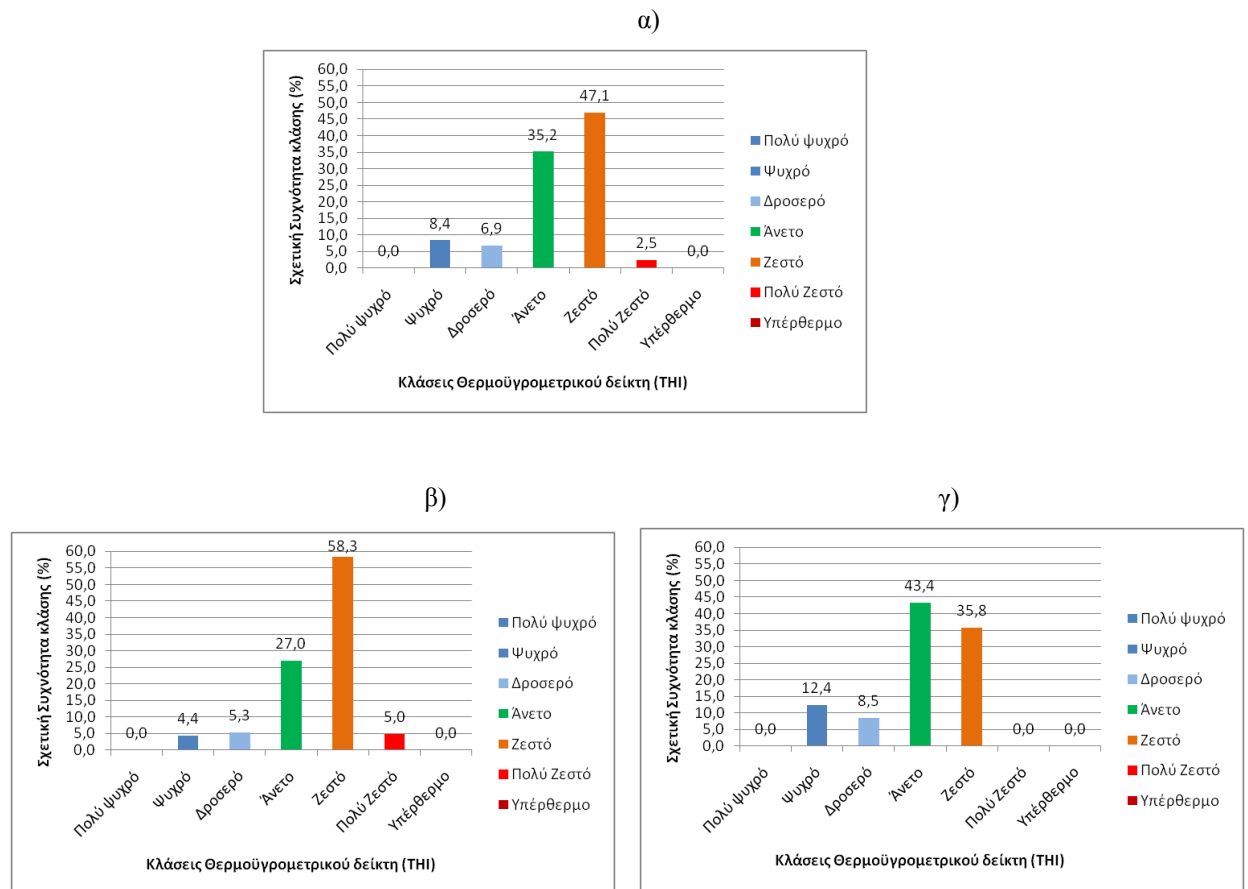
Η περιοχή του σταθμού P10 της μεταβατικής ζώνης μεταξύ δόμησης και βλάστησης θεωρείται πολύ ζεστή κατά τη διάρκεια της ημέρας. Η κατάσταση αυτή οφείλεται στο γεγονός ότι νότια και δυτικά συνορεύει με κατοικημένη περιοχή, και καλύπτεται από αραιή βλάστηση.

Οι συχνότητες του τύπου IV, όπως προκύπτουν από τις μέσες τιμές του THI για τις δύο περιοχές, εμφανίζονται στα διαγράμματα (Εικόνα 39).

Από τα διαγράμματα φαίνεται ότι κατά τη διάρκεια του 24ώρου στον τύπο IV κυριαρχεί η κλάση «Ζεστό» (Εικόνα 39α) με συχνότητα 47,1% ενώ η άνετη, αρκετά πιο χαμηλά, φτάνει το 35,2%. Η κλάση «Πολύ Ζεστό» εμφανίζεται με συχνότητα 2,5%. Οι κλάσεις «Ψυχρό» και «Δροσερό» σημειώνονται με σχετικές συχνότητες 8,4% και 6,9% αντίστοιχα.

Την ημέρα (Εικόνα 39β) κυριαρχεί η κλάση «Ζεστό» με 58,3% ενώ και οι πολύ ζεστή διπλασιάζεται φτάνοντας το 5%. Η κλάση «Άνετο» εμφανίζονται με συχνότητα 27%. Τέλος οι κλάσεις «Ψυχρό» και «Δροσερό» παρουσιάζουν τα ποσοστά 4,4% και 5,3% αντίστοιχα.

Τη νύχτα (Εικόνα 39γ) η σχετική συχνότητα κλάσης «Άνετο» φτάνει το 43,4%. Ακολουθεί το «Ζεστό» με 35,8%. Οι κλάσεις «Ψυχρό» και «Δροσερό» φτάνουν το 12,4% 8,5% αντίστοιχα.



Εικ. 39: Διαγράμματα σχετικής συχνότητας των κλάσεων του δείκτη THI για τις περιοχές του τύπου IV, από 18/7 έως 15/11 του 2009

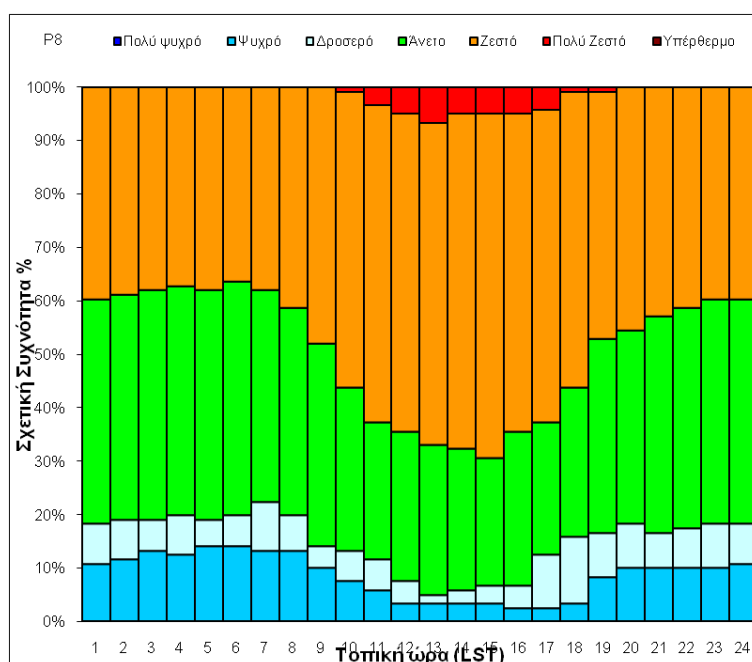
α) όλο το 24ωρο β) κατά τη διάρκεια της ημέρας (9.00-20.00) , γ) κατά τη διάρκεια της νύχτας (21.00-8.00).

Ο τύπος IV της μεταβατικής ζώνης παρουσιάζεται ως αρκετά ζεστή περιοχή, ειδικά κατά τη διάρκεια της ημέρας. Αξιοσημείωτη είναι η συχνότητα της κλάσης «Πολύ Ζεστό» (5%). Το άλσος των Μελισσιών που συνορεύει με τις περιοχές του τύπου IV δεν φαίνεται να συμβάλλει στην ευνοϊκή διαφοροποίηση των βιομετεωρολογικών συνθηκών τους καθώς αποτελείται από ξηροφυτική βλάστηση. Οι συχνότητες του τύπου IV συγκλίνουν με του τύπου I, της υψηλής δόμησης.

3.2.5 Τύπος V: Αραιή φυτοκαλυμμένη περιοχή

Στον τύπο αυτό ανήκουν οι περιοχές του άλσους με αραιή βλάστηση (P8 και P11). Η P8 βρίσκεται στην κορυφή του άλσους η οποία χαρακτηρίζεται σαν «ξέφωτο». Η P11 παρουσιάζει επίσης αραιή και χαμηλή βλάστηση.

Για την περιοχή με το σταθμό P8, τα αποτελέσματα των μετρήσεων του δείκτη THI, φαίνονται στα παρακάτω διαγράμματα (Εικόνες 40,41):

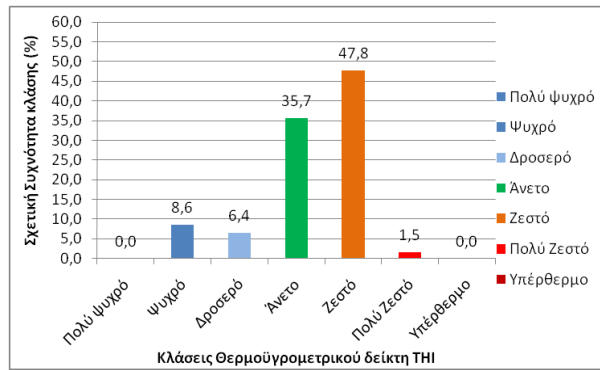


Εικ. 40: Διάγραμμα σχετικής συχνότητας των κλάσεων του δείκτη THI σε ωριαία βάση για την αραιή φυτοκαλυμμένη περιοχή του άλσους (P8) στα Μελίτσια, από 18/7 έως 15/11 του 2009 (LST: Τοπική ώρα= Μεσημβρινή Ώρα Γκρίνουιτς +2h)

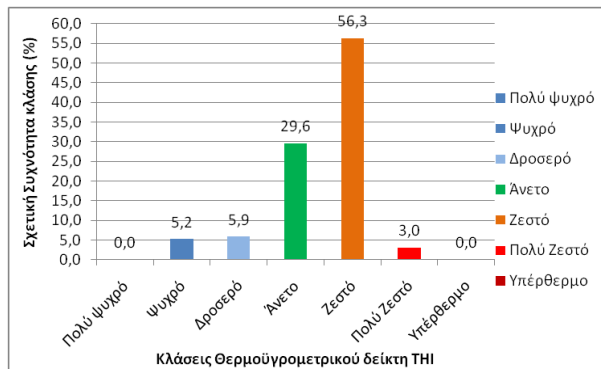
Από τα διαγράμματα παρατηρούμε ότι στην περιοχή του P8, επικρατεί η κλάση «Ζεστό», η οποία για όλο το 24ωρο (Εικόνα 41α) παρουσιάζει σχετική συχνότητα 47,8%. Η κλάση «Πολύ ζεστό», εμφανίζεται σε ποσοστό 1,5% και το «Άνετο» φτάνει το 35,7%. Τέλος το «Ψυχρό» και το «Δροσερό» εμφανίζονται σε ποσοστά, 8,6% και 6,4%, αντίστοιχα.

Την ημέρα (Εικόνα 41β) κυριαρχεί η κλάση «Ζεστό» με ποσοστό 56,3%. Η κλάση «Άνετο» εμφανίζεται μειωμένη, στο 29,6%. Η κλάση «Πολύ ζεστό» φτάνει το 3% ενώ το «Ψυχρό» και «Δροσερό» σημειώνουν παρόμοια ποσοστά (5,2% και 5,9% αντίστοιχα).

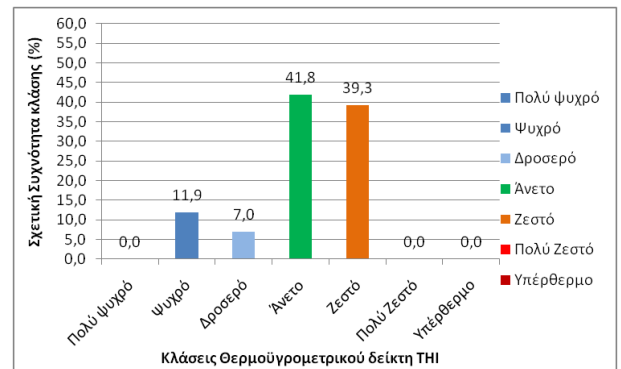
α)



β)



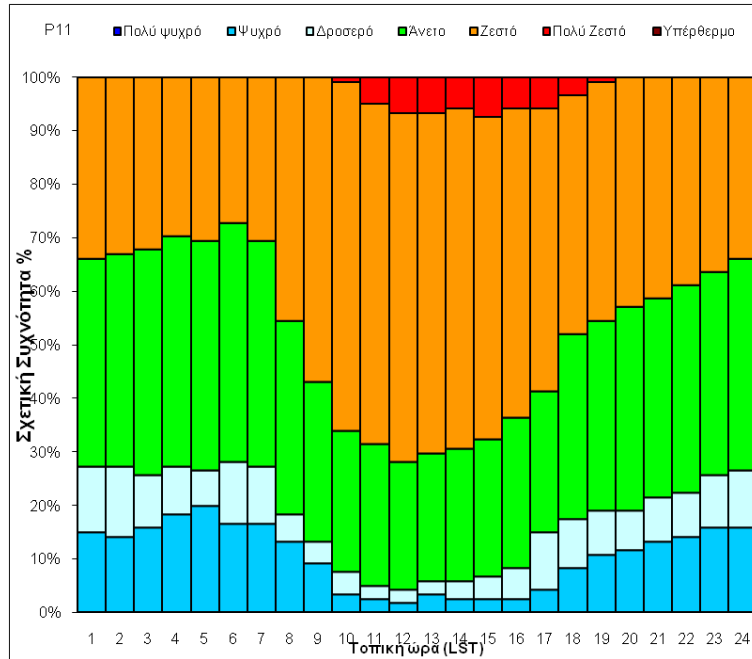
γ)



Εικ. 41: Διαγράμματα σχετικής συχνότητας των κλάσεων του δείκτη THI για την για την αραιή φυτοκαλυμμένη περιοχή του άλσους (P8) στα Μελίσσια, από 18/7 έως 15/11 του 2009
 α) όλο το 24ωρο β) κατά τη διάρκεια της ημέρας (9.00-20.00) , γ) κατά τη διάρκεια της νύχτας (21.00-8.00)

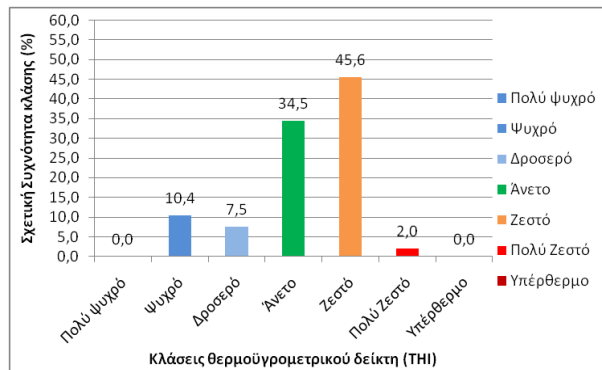
Τη νύχτα (Εικόνα 41γ) επικρατεί η κλάση «Άνετο» με 41,8% ωστόσο η κλάση «Ζεστό» εξακολουθεί να εμφανίζεται με παραπλήσια ποσοστά, 39,3%. Και εδώ οι ψυχρές συνθήκες παραμένουν σχετικά χαμηλές, πλησιάζοντας μόνο το 12% ενώ το «Δροσερό» φτάνει το 7%. Στην κορυφή του πάρκου που βρίσκεται το σημείο P8, υπάρχει, όπως αναφέρθηκε, μεγάλη έκταση καλυμμένη με άμμο. Το υλικό αυτό συντελεί στην αύξηση της θερμοκρασίας της περιοχής κατά τη διάρκεια της ημέρας, καθώς θερμαίνεται πιο γρήγορα σε σχέση με το χώμα λόγω μικρότερης ειδικής θερμότητας από αυτό.

Στην περιοχή P11 μετρήθηκαν οι τιμές θερμοκρασίας και υγρασίας και έγινε ο προσδιορισμός των κλάσεων του δείκτη THI, όπως φαίνεται στα παρακάτω διαγράμματα (Εικόνες 42,43):

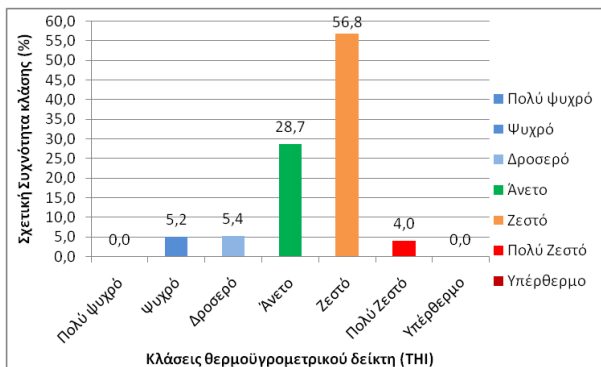


Εικ. 42: Διάγραμμα σχετικής συχνότητας των κλάσεων του δείκτη THI σε ωριαία βάση για την αραιή φυτοκαλυμμένη περιοχή του άλσους (P11) στα Μελίσσια, από 18/7 έως 15/11 του 2009 (LST: Τοπική ώρα= Μεσημβρινή Ώρα Γκρίνουιτς +2h)

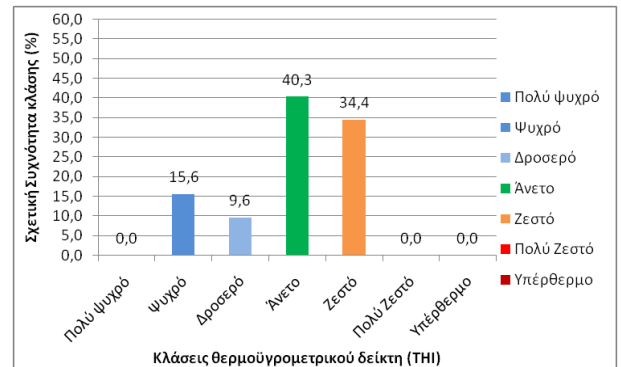
α)



β)



γ)



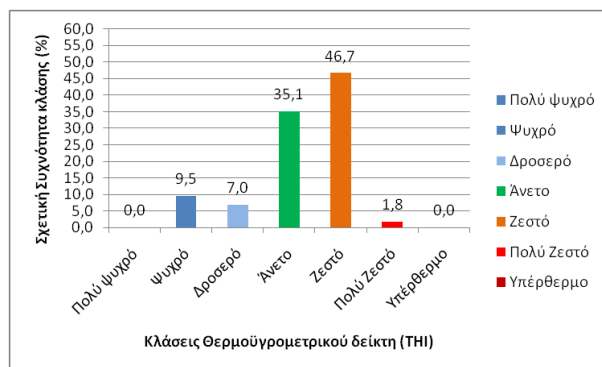
Εικ. 43: Διαγράμματα σχετικής συχνότητας των κλάσεων του δείκτη THI για την αραιή φυτοκαλυμμένη περιοχή του άλσους (P11) στα Μελίσσια, από 18/7 έως 15/11 του 2009
 α) όλο το 24ωρο β) κατά τη διάρκεια της ημέρας (9.00-20.00) , γ) κατά τη διάρκεια της νύχτας (21.00-8.00)

Από την Εικόνα 43α, παρατηρούμε ότι, στο σημείο 11, επικρατεί η κλάση «Ζεστό» σε ποσοστό 45,6%, ενώ το «Πολύ ζεστό» καταλαμβάνει μόνο το 2% του συνολικού διαστήματος. Αρκετά σημαντικό ποσοστό παρατηρείται στην κλάση του «Άνετου», που φτάνει το 34,5%. Η κλάση «Ψυχρό» καταλαμβάνει το 10,4%, ενώ το «Δροσερό» το 7,5%.

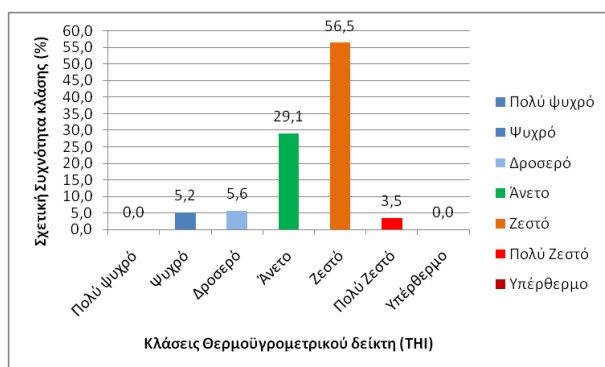
Την ημέρα (Εικόνα 43β) επικρατεί η κλάση «Ζεστό», σε ποσοστό 57%, ενώ εμφανίζεται αυξημένο το ποσοστό του «Πολύ Ζεστού», 4%. Η κλάση «Άνετο» μειώνεται σημαντικά, στο 28,7% ενώ οι τιμές στις κλάσεις «Ψυχρό» και «Δροσερό» βρίσκονται λίγο πιο πάνω από το 5%. Τη νύχτα αντίθετα (Εικόνα 43γ), το Άνετο» επικρατεί σε ποσοστό 40%, ενώ εμφανίζεται αυξημένη η κλάση «Ψυχρό», που φτάνει το 15,6%. Η κλάση «Ζεστό» ελαττώνεται, εξακολουθεί όμως να διατηρεί ένα σημαντικό ποσοστό, 34,4%.

Από τις μέσες τιμές του δείκτη θερμικής άνεσης THI, για τις δύο περιοχές αραϊής φυτοκάλυψης, παίρνουμε τα διαγράμματα (Εικόνα 44):

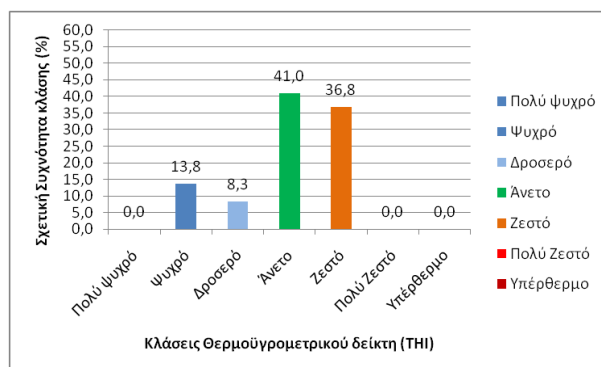
α)



β)



γ)



Εικ. 44: Διαγράμματα σχετικής συχνότητας των κλάσεων του δείκτη THI για τις περιοχές του τύπου V, από 18/7 έως 15/11 του 2009 α) όλο το 24ωρο β) κατά τη διάρκεια της ημέρας (9.00-20.00), γ) κατά τη διάρκεια της νύχτας (21.00-8.00)

Παρατηρούμε ότι συνολικά μέσα στο 24ωρο (Εικόνα 44α) κυριαρχεί η κλάση του «Ζεστό» με 46,7% ενώ το «Άνετο» εμφανίζεται με αρκετά χαμηλότερη σχετική συχνότητα, 35,1%. Ακολουθούν το «Ψυχρό» με 9,5%, το «Δροσερό» με 7% και το «Πολύ Ζεστό» με 1,8%.

Την ημέρα (Εικόνα 44β) επικρατεί η κλάση «Ζεστό» με ποσοστό 56,5% και ακολουθεί το «Άνετο» με 29,1%. Οι κλάσεις «Δροσερό» και «Κρύο» φτάνουν το 5,6% και 5,2%. Η σχετική συχνότητα του «Πολύ Ζεστού» είναι 3,5%. Τη νύχτα (Εικόνα 44γ) η κλάση «Άνετο» επικρατεί με 41,% ενώ το «Ζεστό» φτάνει το 36,8%. Ακολουθούν το «Ψυχρό» με ποσοστό 13,8% και το «Δροσερό» με 8,3%.

Η αραιή βλάστηση που επικρατεί στον τύπο V δεν εμποδίζει την ανάπτυξη υψηλών θερμοκρασιών την ημέρα και έτσι εξηγείται η αυξημένη συχνότητα των ζεστών συνθηκών. Ωστόσο ο περιβάλλοντας χώρος του άλσους ευνοεί τη δημιουργία ψυχρών συνθηκών τη νύχτα, όπου παρατηρείται μικρή αύξηση σε σχέση με τους προηγούμενους τύπους.

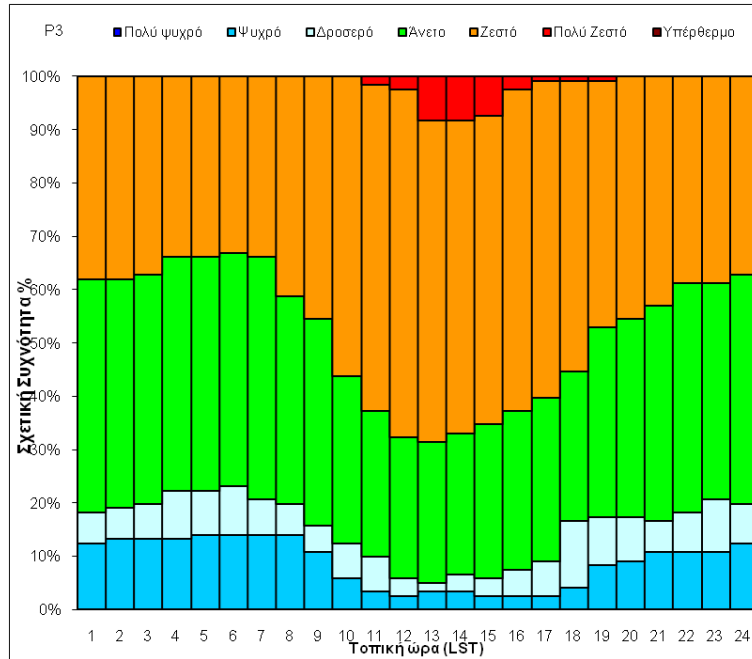
3.2.6 Τύπος VI: Πυκνή φυτοκαλυμμένη περιοχή

Στον τύπο VI ανήκουν οι περιοχές με τους σταθμούς P3 και P9. Και οι δύο περιοχές βρίσκονται μέσα στο άλσος Μελισσίων και χαρακτηρίζονται από την παρουσία πυκνής και υψηλής βλάστησης πεύκου.

Σύμφωνα με τις μετρήσεις του δείκτη THI στην περιοχή με το σταθμό P3, παρατηρούμε τα εξής (Εικόνες 45,46) :

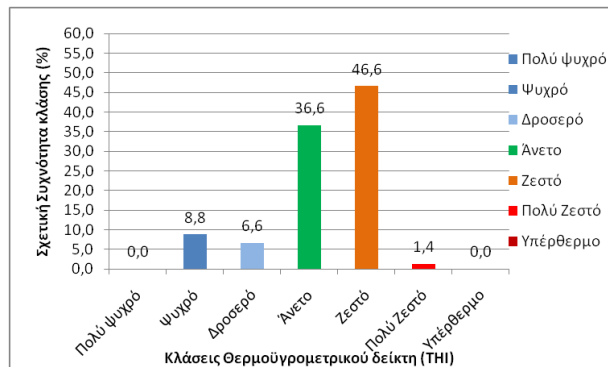
Συνολικά επικρατεί η κλάση «Ζεστό», με ποσοστό 46,6% (Εικόνα 46α). Ακολουθεί η κλάση του «Άνετο» με 36,6%. Το «Ψυχρό» και το «Δροσερό» καταλαμβάνουν ποσοστά 8,8% και 6,6% αντίστοιχα και η κλάση του «Πολύ Ζεστό» εμφανίζεται ελάχιστα, σε ποσοστό 1,4%.

Την ημέρα επικρατεί η κλάση «Ζεστό» με σχετική συχνότητα 55,9% (Εικόνα 46β). το «Άνετο» φτάνει στο 30,6%, το «Δροσερό» υπερಿಸχύει του «Ψυχρού» με 5,9% έναντι 4,8%. Η κλάση του «Πολύ Ζεστό» φτάνει και εδώ την ημέρα στο 2,8%.



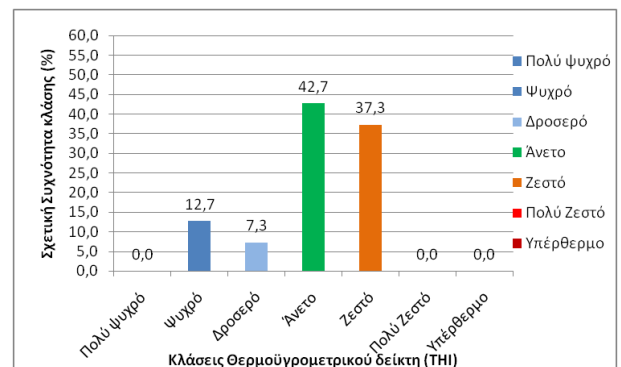
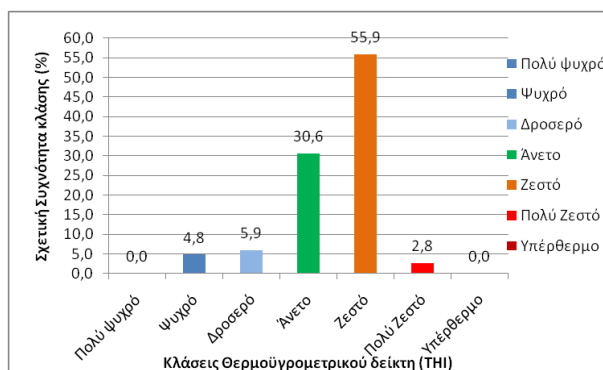
Εικ. 45: Διάγραμμα σχετικής συχνότητας των κλάσεων του δείκτη THI σε ωριαία βάση για την πυκνή φυτοκαλυμμένη περιοχή (P3) του άλσους στα Μελίσσια, από 18/7 έως 15/11 του 2009 (LST: Τοπική ώρα= Μεσημβρινή Ωρα Γκρίνουιτς +2h)

α)



β)

γ)

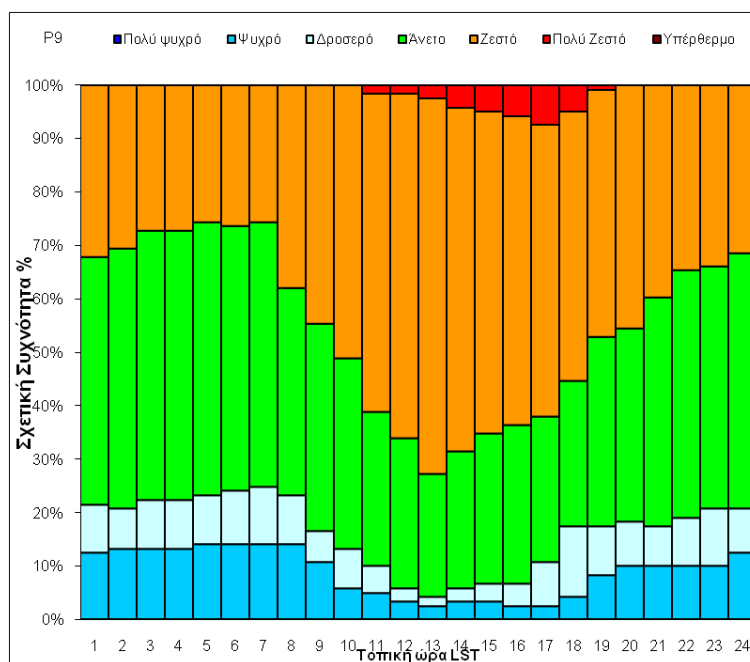


Εικ. 46: Διαγράμματα σχετικής συχνότητας των κλάσεων του δείκτη THI για την πυκνή φυτοκαλυμμένη περιοχή του άλσους (P3) στα Μελίσσια, από 18/7 έως 15/11 του 2009

α) όλο το 24ωρο β) κατά τη διάρκεια της ημέρας (9.00-20.00) , γ) κατά τη διάρκεια της νύχτας (21.00-8.00).

Τη νύχτα (Εικόνα 46γ) η ποσοστιαία διαφορά των κλάσεων «Ζεστό» και «Άνετο» είναι αρκετά μικρή, με την περιοχή του άνετου να φτάνει το 43% και του ζεστού το 37%.

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων για τον δείκτη THI της περιοχής P9, από 18/7 έως 15/11/2009, φαίνονται στα παρακάτω γραφήματα (Εικόνες 47, 48).

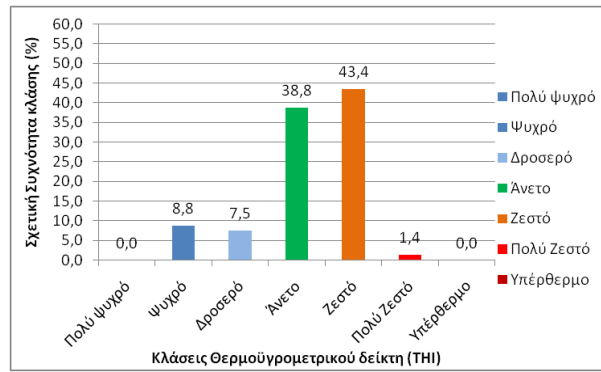


Εικ. 47: Διάγραμμα σχετικής συχνότητας των κλάσεων του δείκτη THI σε ωριαία βάση για την πυκνή φυτοκαλυμμένη περιοχή (P9) του άλσους στα Μελίσσια, από 18/7 έως 15/11 του 2009 (LST: Τοπική ώρα= Μεσημβρινή Ωρα Γκρίνουιτς +2h)

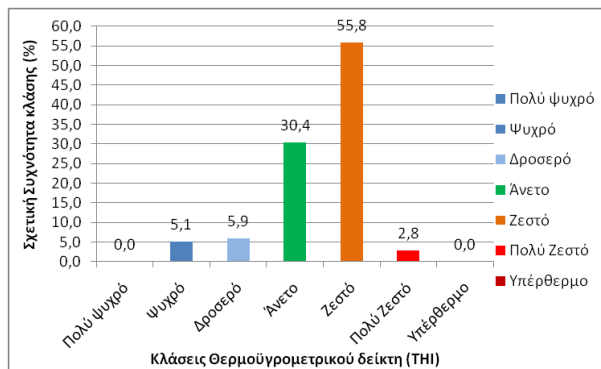
Παρατηρούμε ότι στο σημείο αυτό, είναι σημαντικά αυξημένη η κλάση «Άνετο» η οποία για ολόκληρο το 24ωρο εμφανίζεται με ποσοστό 38,8%, που πλησιάζει πολύ το 43,4% της κλάσης «Ζεστό» (Εικόνα 48α). Τα ποσοστά αυτά οφείλονται στην πυκνή και υψηλή βλάστηση καθώς και στην έντονη σκίαση που επικρατεί στο σημείο αυτό. Η κλάση «Πολύ Ζεστό» εμφανίζεται σε πολύ μικρό ποσοστό, μόλις 1,4%. Οι κλάσεις «Ψυχρό» και «Δροσερό» φτάνουν στο 8,8% και 7,5% αντίστοιχα.

Την ημέρα (Εικόνα 48β) επικρατεί η κλάση «Ζεστό», με ποσοστό 55,8%, ενώ το «Άνετο» φτάνει στο 30%. Η περιοχή του πολύ ζεστού εδώ διπλασιάζεται αλλά παραμένει ακόμα σε πολύ μικρά επίπεδα (2,8%) σε σχέση και με την προηγούμενη, αραιής βλάστησης περιοχή. Το «Ψυχρό» εμφανίζεται με ποσοστό 5,1% και το «Δροσερό» με 5,9%.

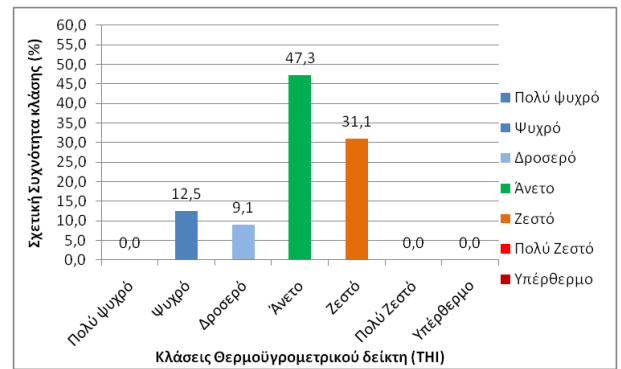
α)



β)



γ)



Εικ. 48: Διαγράμματα σχετικής συχνότητας των κλάσεων του δείκτη THI για την πυκνή φυτοκαλυμμένη περιοχή του άλσους (P9) στα Μελίσσια, από 18/7 έως 15/11 του 2009

α) όλο το 24ωρο β) κατά τη διάρκεια της ημέρας (9.00-20.00) , γ) κατά τη διάρκεια της νύχτας (21.00-8.00).

Τη νύχτα (Εικόνα 48γ) κυριαρχεί η κλάση «Άνετο» σε ποσοστό 47,3% ενώ η κλάση «Ζεστό» μειώνεται στο 31,1%. Η κλάση «Κρύο» φτάνει το 12,5% και το «Δροσερό» είναι στο 9,1%.

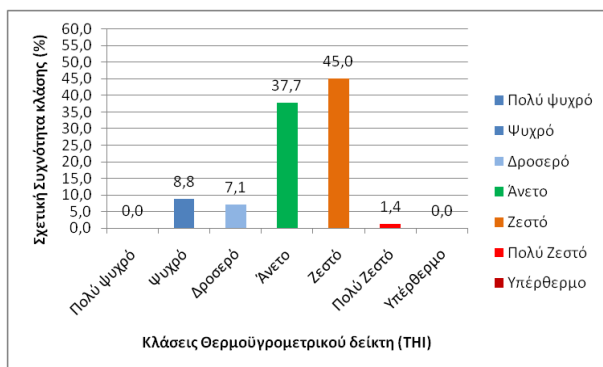
Η συχνότητα των συνθηκών που παρουσιάζει ο τύπος VI, εμφανίζεται στα διαγράμματα της Εικόνα 49.

Στον τύπο VI κατά τη διάρκεια του 24ώρου (Εικόνα 49α) επικρατεί η κλάση «Ζεστό» με ποσοστό 45% και ακολουθεί το «Άνετο» με 37,7%. Το «Ψυχρό» εμφανίζεται με σχετική συχνότητα 8,8% και το «Δροσερό» με 7,1%. Τέλος η κλάση «Πολύ Ζεστό» παρατηρείται με ποσοστό 1,4%.

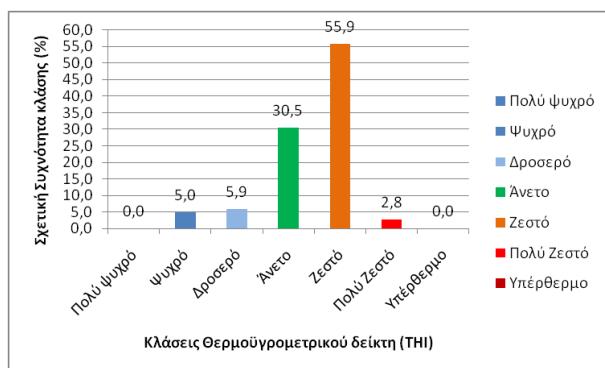
Την ημέρα(Εικόνα 49β) κυριαρχεί η κλάση «Ζεστό» με 55,9%. Ακολουθεί η κλάση του «Άνετο» με 30,5%. Το «Δροσερό» και «Ψυχρό» εμφανίζονται με σχετικές συχνότητες 5,9% και 5% αντίστοιχα ενώ το «Πολύ Ζεστό» φτάνει το 2,8%. Τη νύχτα (Εικόνα 49γ) κυριαρχούν

οι άνετες συνθήκες με ποσοστό 45%. Η κλάση «Ζεστό» μειώνεται, με σχετική συχνότητα 34,2%, ενώ οι κλάσεις «Ψυχρό» και «Δροσερό» εμφανίζονται με ποσοστά 12,6% και 8,2% αντίστοιχα.

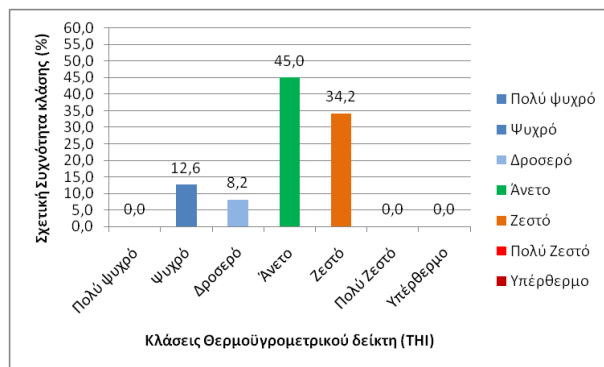
α)



β)



γ)

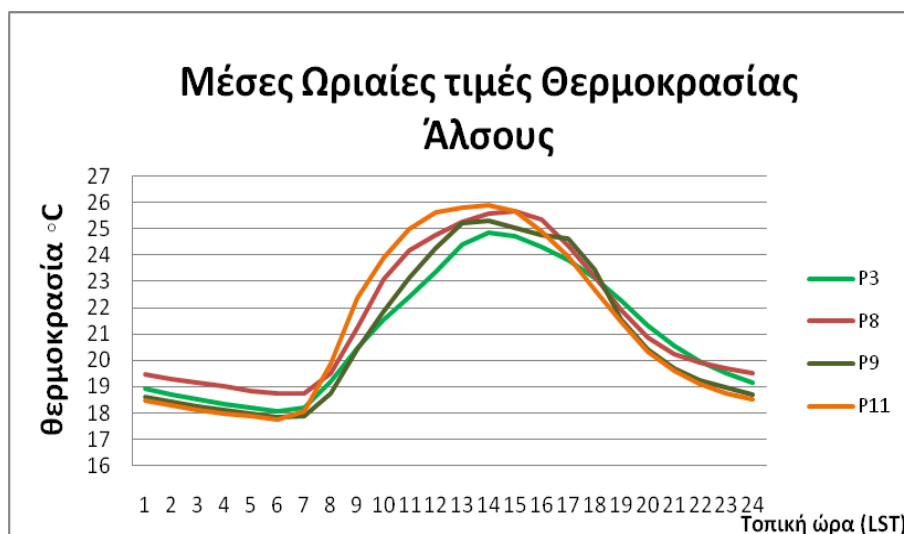


Εικ. 49: Διαγράμματα σχετικής συχνότητας των κλάσεων του δείκτη THI για τις περιοχές του τύπου VI, από 18/7 έως 15/11 του 2009 α) όλο το 24ωρο β) κατά τη διάρκεια της ημέρας (9.00-20.00) , γ) κατά τη διάρκεια της νύχτας (21.00-8.00)

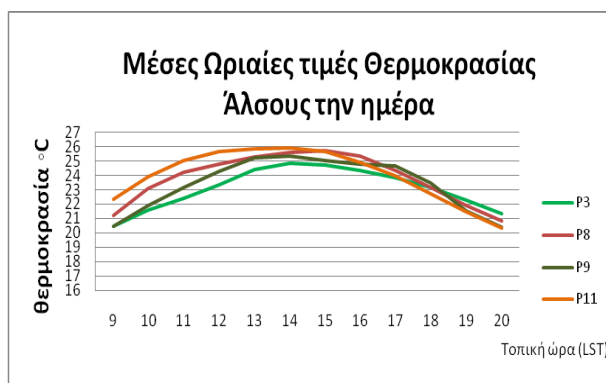
Σε σχέση με τον τύπο V, ο τύπος VI εμφανίζεται με πιο άνετες συνθήκες σε όλη τη διάρκεια του 24ώρου. Το γεγονός αυτό οφείλεται αφενός στην πυκνή και υψηλή βλάστηση του τελευταίου και αφετέρου στην ουσιαστική απουσία δομικών στοιχείων τα οποία φαίνεται να επηρεάζουν περισσότερο τον V.

3.2.7 Σύγκριση ωριαίων τιμών θερμοκρασίας στα διάφορα σημεία του άλσους.

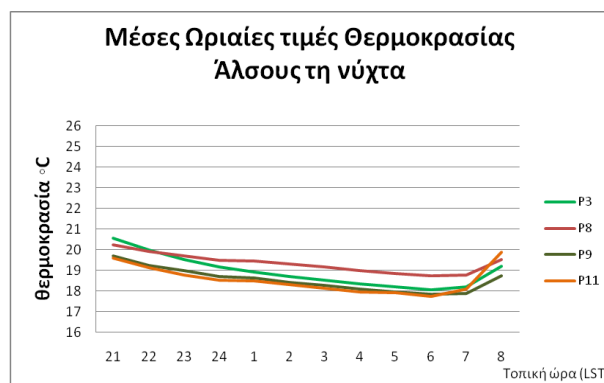
α)



β)



γ)



Εικ. 50 :Διαγράμματα μέσων ωριαίων τιμών Θερμοκρασίας για τα σημεία του άλσους Μελισσιών: α) όλο το 24ωρο, β) την ημέρα, γ) τη νύχτα. (LST: Τοπική ώρα= Μεσημβρινή Ώρα Γκρίνουιτς +2h)

Από τα διαγράμματα παρατηρούμε ότι το θερμότερο σημείο διαφέρει κατά τη διάρκεια της ημέρας και της νύχτας (Εικόνα 50α και 50β). Την ημέρα οι υψηλότερες τιμές θερμοκρασίας παρατηρούνται στους σταθμούς με την αραιή βλάστηση. Στους σταθμούς αυτούς υπάρχει παράλληλα και η επίδραση των δομικών υλικών των κτιρίων (εικόνες από θερμοκάμερα, κεφ. 3.2.8, Εικόνα 54γ έως στ) καθώς και της άμμου (εικόνες από θερμοκάμερα, κεφ 3.2.8 52δ) που οδηγούν σε μεγάλες τοπικές διαφοροποιήσεις των θερμομετρικών συθηκών.

Τη νύχτα (Εικόνα 48γ) και ειδικά τις πιο κρύες ώρες (5-6 π.μ), οι υψηλότερες τιμές παρατηρούνται επίσης στο P8, στην κορυφή του πάρκου. Μεταξύ 21.00 και 22.00 η περιοχή πυκνής φυτοκάλυψης που βρίσκεται κοντά στα σπίτια (P3) φαίνεται να εμφανίζει απότομη αύξηση στις τιμές της θερμοκρασίας αέρος. Το γεγονός αυτό οφείλεται πιθανότητα στην

επίδραση των δομικών υλικών, τα οποία, όπως αναφέρθηκε, αυξάνουν τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος τη νύχτα. (Kamoutsis et al, 2010; Kassomenos et al, 2006).

Τις χαμηλότερες θερμοκρασίες κατά τη διάρκεια της ημέρας εμφανίζουν οι περιοχές πυκνής φυτοκάλυψης. Τα σημεία αυτά, βρίσκονται συνεχώς υπό σκιά, κάτι που εμποδίζει την ανάπτυξη υψηλών θερμοκρασιών κατά την ημέρα. Η δημιουργία συνθηκών σκίασης βελτιώνει σημαντικά τις θερμομετρικές συνθήκες αφού μπορεί να υπάρξει μείωση της θερμοκρασίας μέχρι 4.5°C σε σκιαζόμενες κατά 27% θέσεις και μέχρι 8 °C σε σκιαζόμενες κατά 66% θέσεις (Ματσούκης, 2001). Τη νύχτα, οι χαμηλότερες τιμές θερμοκρασίας εμφανίζονται στο P9, το οποίο έχει θεωρηθεί το σημείο με τις πιο άνετες συνθήκες. Παραπλήσια χαμηλές θερμοκρασίες, τις νυχτερινές ώρες παρατηρούνται και στο P11 (αραιή βλάστηση), οι οποίες όμως αυξάνονται απότομα από τις 7.00 και μετά. Το γεγονός αυτό οφείλεται στην απουσία υψηλής και πυκνής βλάστησης στην περιοχή, η οποία δέχεται άμεσα την ηλιακή ακτινοβολία.

3.2.8 Εικόνες από Θερμοκάμερα στο άλσος Μελισσίων και τη μεταβατική ζώνη

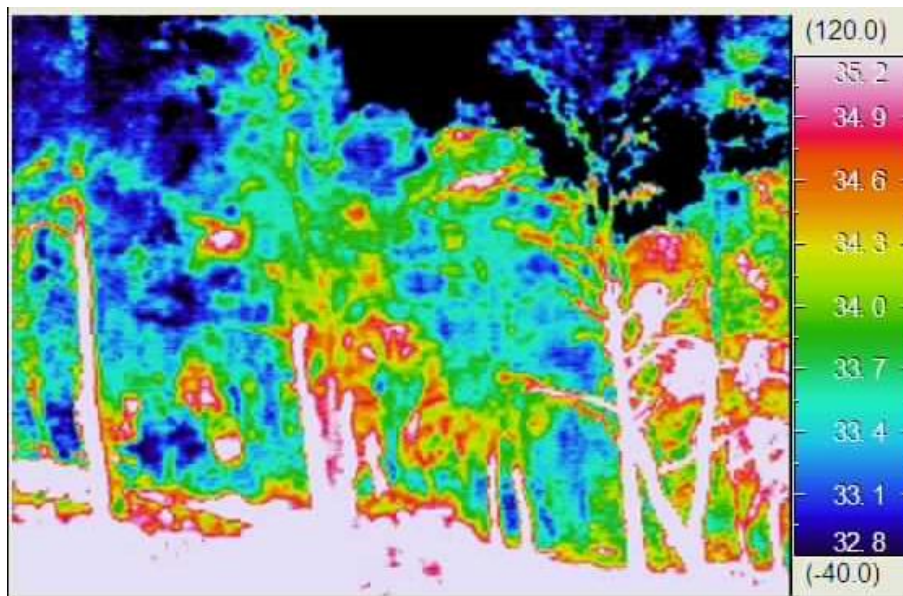
Κατά τη μελέτη των βιομετεωρολογικών συνθηκών στο άλσος των Μελισσίων πραγματοποιήθηκε επίσης έρευνα της θερμικής κατάστασης των περιοχών γύρω από τους σταθμούς με χρήση κάμερας υπέρυθρης ακτινοβολίας. Μέσω της θερμικής απεικόνισης έγινε δυνατή η οπτική παρουσίαση της διαφοροποίησης των θερμομετρικών συνθηκών των διαφόρων επιφανειών την ώρα της λήψης.

Από τις εικόνες της θερμοκάμερας (Εικόνα 51) για το σημείο P3, παρατηρούμε ότι στο γυμνό έδαφος η θερμοκρασία είναι μεγαλύτερη από 35 °C, όπως και χαμηλά στους κορμούς των δέντρων. Μέσα στο φύλλωμα όμως η θερμοκρασία ελαττώνεται έως και 2 °C. Τα σημεία του εδάφους που σκιάζονται από τα πεύκα παρουσιάζουν επίσης διαφοροποίηση στη θερμοκρασία τους που είναι γύρω στους 32 °C, δηλαδή 3 βαθμούς χαμηλότερη από το γυμνό έδαφος που δεν σκιάζεται.

α)



β)

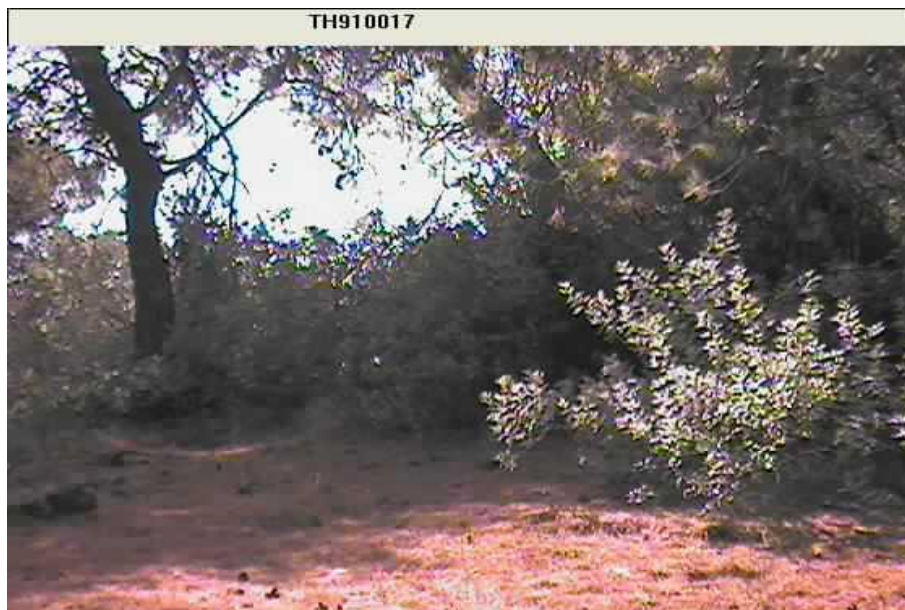


Εικ. 51: Άλσος Μελισσίων (Σημείο μέτρησης P3) : α) οπτική απεικόνιση της περιοχής, β) χωρική απεικόνιση της θερμικής κατάστασης της περιοχής (στις 4/9/2009, ώρα 14:42, από αρχείο εικόνων Καμούτση Α.).

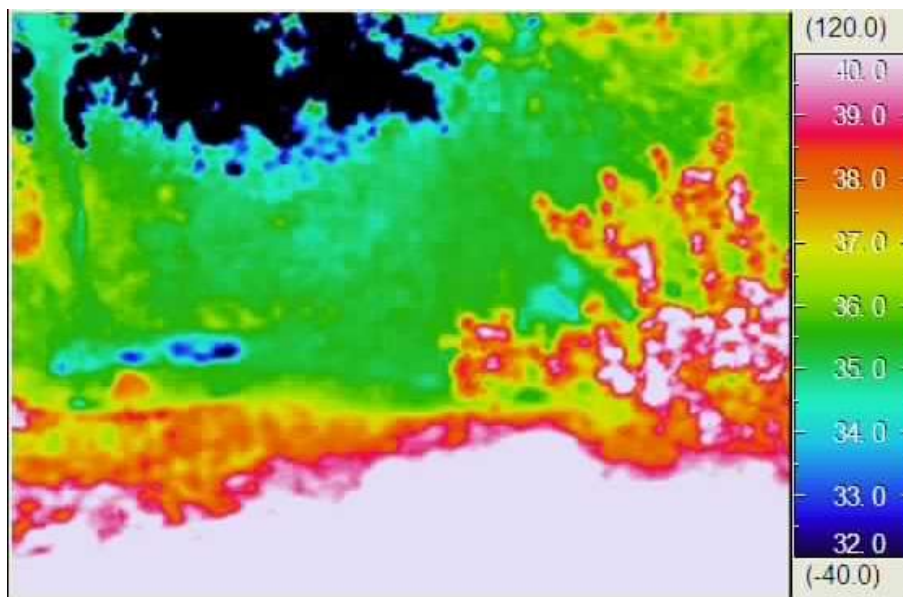
Στην Εικόνα 52 απεικονίζεται η οπτική και θερμική κατάσταση της ευρύτερης περιοχής του σημείου P8 του άλσους. Στην Εικ. 50α), όπου επικρατεί κυρίως θαμνώδης βλάστηση η θερμοκρασία στην περιοχή των θάμνων δεν είναι μικρότερη από 35 °C. Στα σημεία σκίασης,

το έδαφος έχει θερμοκρασία 37-38 °C ενώ η θερμοκρασία του εδάφους που δε σκιάζεται φτάνει τους 39 με 40 °C (Εικόνα 52β). Στην αμμώδη έκταση (Εικόνα 52γ και δ), παρατηρούμε ότι η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ φυλλώματος των δέντρων και της άμμου στο έδαφος, φτάνει τους 7 °C. Συγκεκριμένα στο χώρο της πυκνής βλάστησης πεύκων, η θερμοκρασία όπως αποτυπώνεται από τη θερμική κάμερα είναι 32.6-33.6 °C, ενώ η αμμώδης έκταση μπροστά αναπτύσσει θερμοκρασία μεγαλύτερη από 40 °C. Η θαμνώδης βλάστηση περιμετρικά της άμμου παρουσιάζει τιμές θερμοκρασίας 36.6-38.6 °C. Η άμμος όπως αναφέρθηκε θερμαίνεται πολύ γρήγορα εξαιτίας της μικρής ειδικής θερμότητας.

α)



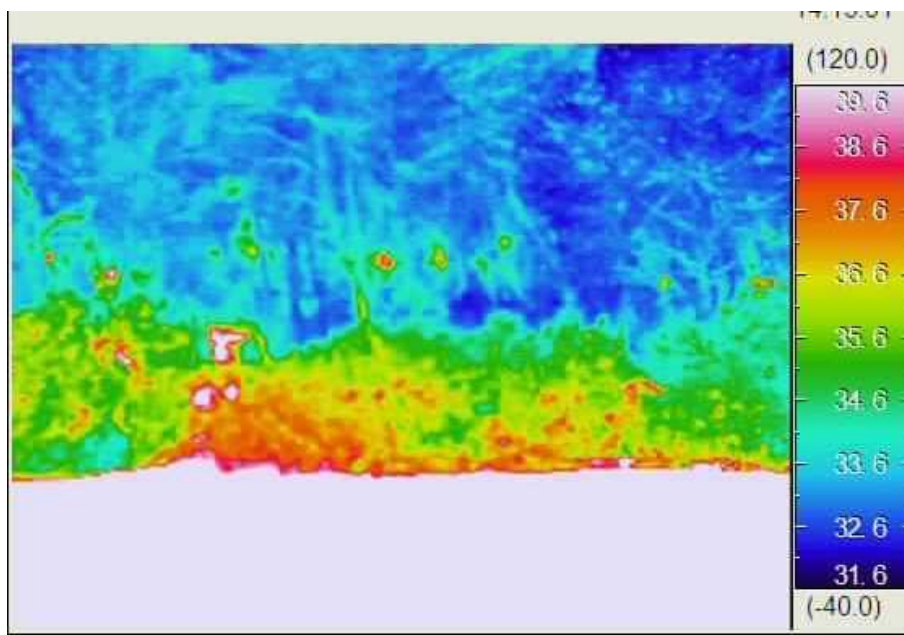
β)



γ)



δ)

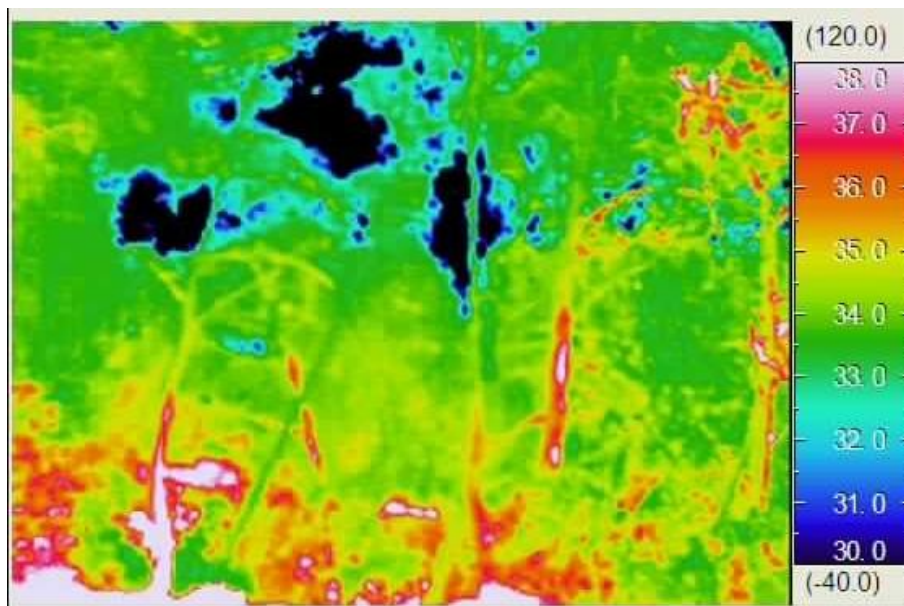


Εικ.52 : Άλσος Μελισσίων (Σημείο μέτρησης P8): α) οπτική απεικόνιση της περιοχής, β) χωρική απεικόνιση της θερμικής κατάστασης της περιοχής (στις 4/9/2009, ώρα 14:25, από αρχείο εικόνων Καμούτση Α.), γ) οπτική απεικόνιση αμμώδους έκτασης πλησίον του σταθμού, δ) χωρική απεικόνιση της θερμικής κατάστασης της αμμώδους έκτασης πλησίον του σταθμού (στις 4/9/2009, ώρα 14:13, από αρχείο εικόνων Καμούτση Α.).

α)



β)



Εικ. 53 : Άλσος Μελισσίων (Σημείο μέτρησης P9) : α) οπτική απεικόνιση της περιοχής, β) χωρική απεικόνιση της θερμικής κατάστασης της περιοχής (στις 4/9/2009, ώρα 14:07, από αρχείο εικόνων Καμούτση Α.).

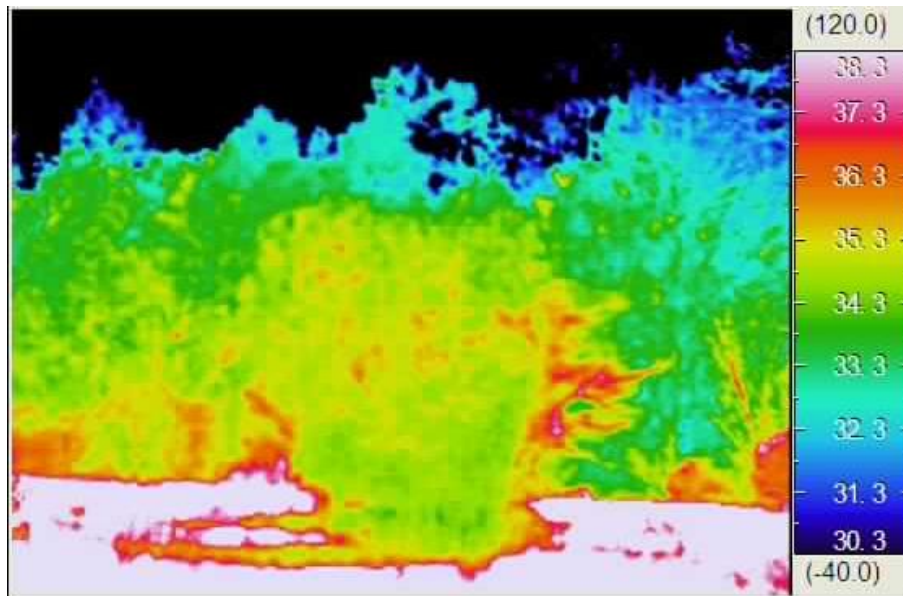
Το σημείο P9 του άλσους αποτελείται από πυκνή βλάστηση πεύκου (Εικόνα 53). Η θερμοκρασία στην περιοχή του φυλλώματος δεν ξεπερνάει τους 34 °C, ενώ στα σημεία πυκνής βλάστησης μειώνεται στους 30 °C. Η θερμοκρασία των θάμνων στη βάση των

δέντρων είναι 35-37 °C, ενώ στο γυμνό έδαφος χωρίς σκίαση παρατηρούνται τιμές μεγαλύτερες από 38 °C.

α)



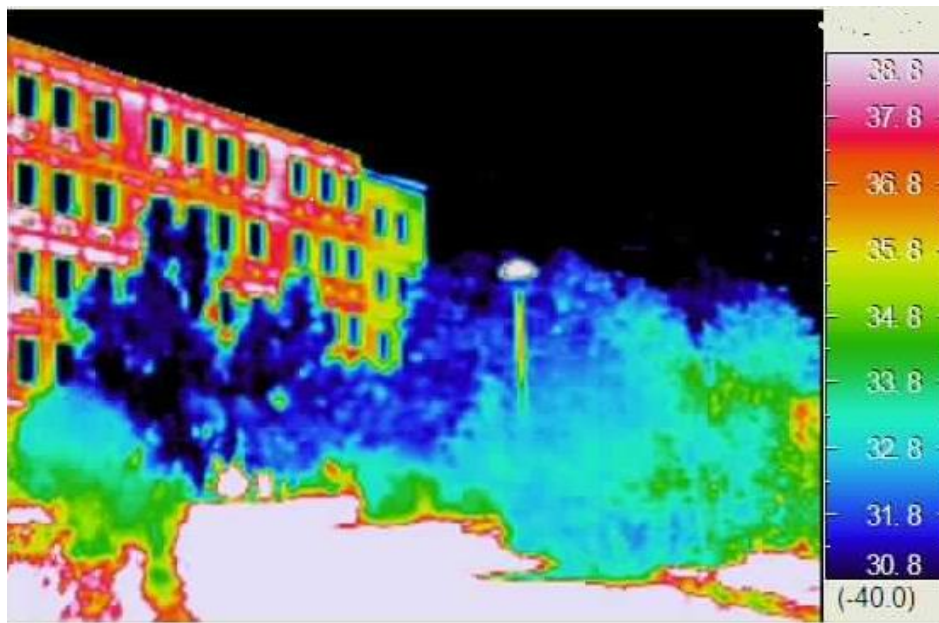
β)



γ)



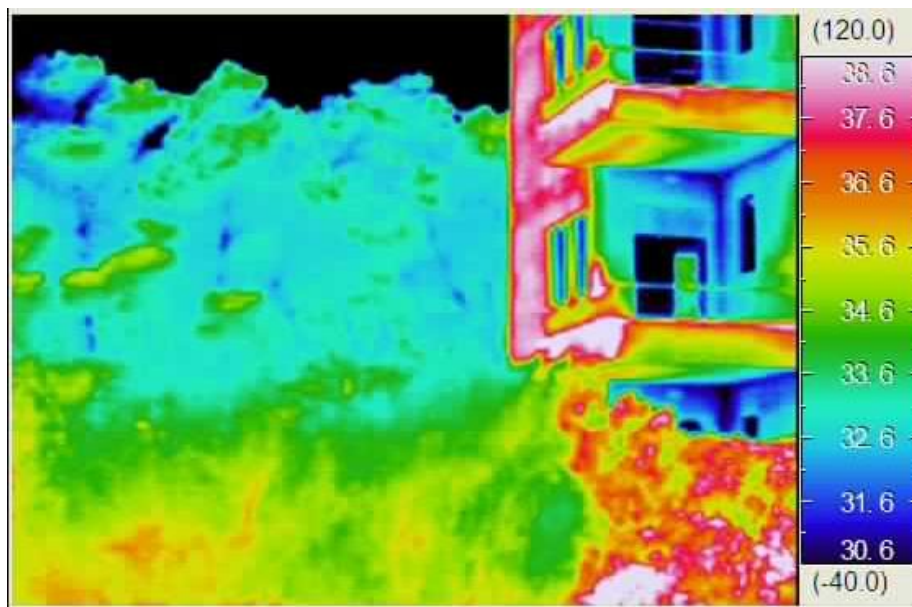
δ)



ε)



στ)



Εικ. 54: Άλσος Μελισσίων (Σημείο μέτρησης P11): α) οπτική απεικόνιση της περιοχής, β) χωρική απεικόνιση της θερμικής κατάστασης της περιοχής (στις 4/9/2009, ώρα 13:14, από αρχείο εικόνων Καμούτση Α.), γ) οπτική απεικόνιση κτιριακών εγκαταστάσεων πλησίον του σταθμού, δ) χωρική απεικόνιση της θερμικής κατάστασης των κτιριακών εγκαταστάσεων (στις 4/9/2009, ώρα 13:42, από αρχείο εικόνων Καμούτση Α.). ε) οπτική απεικόνιση του δυτικού τμήματος κτιριακών εγκαταστάσεων πλησίον του σταθμού, στ) χωρική απεικόνιση της θερμικής κατάστασης του δυτικού τμήματος κτιριακών εγκαταστάσεων (στις 4/9/2009, ώρα 13:40, από αρχείο εικόνων Καμούτση Α.).

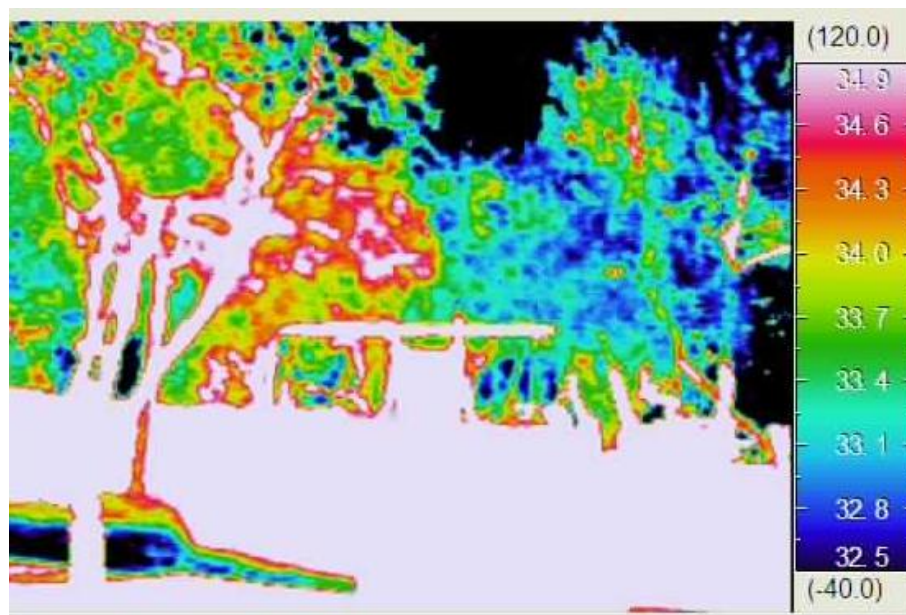
Παρατηρούμε ότι στην περιοχή της θαμνώδους βλάστησης, η θερμοκρασία είναι γύρω στους 35 °C ενώ στο γυμνό έδαφος φτάνει τους 38 °C (Εικόνα 54β). Στις κορυφές των δέντρων πίσω από το θάμνο παρατηρούνται χαμηλότερες τιμές θερμοκρασίας 32-33 °C. Στις εικόνες 54γ) και δ) παρουσιάζονται οι κτιριακές εγκαταστάσεις του πρώη NAT, πλησίον του σταθμού P11. Εδώ οι διαφορές θερμοκρασίας μεταξύ δομικών υλικών και βλάστησης, φτάνουν τους 8 °C. Στις επιφάνειες της τοιχοποιίας του κτιρίου, αναπτύσσονται τιμές, μεγαλύτερες από 39 °C, όπως και στον ασφαλτοστρωμένο δρόμο μπροστά από αυτό. Αντίθετα η παρακείμενη σειρά δέντρων παρουσιάζει τιμές θερμοκρασίας 30-31 °C, ενώ οι θάμνοι εμφανίζουν μέγιστη θερμοκρασία 33.8 °C. Στις εικόνες 54ε και στ παρουσιάζεται το δυτικό τμήμα του κτιρίου στο χώρο του άλσους και η παρακείμενη βλάστηση. Η δυτική πλευρά του οικοδομήματος που δέχεται απευθείας την ηλιακή ακτινοβολία τη συγκεκριμένη στιγμή, παρουσιάζει τιμές θερμοκρασίας 38.6 °C ενώ η δεντροστοιχία από πεύκα ακριβώς πίσω από αυτήν αναπτύσσει τιμές θερμοκρασίας γύρω στους 32 °C. Οι θάμνοι ακριβώς κάτω από το μπαλκόνι του κτιρίου εμφανίζουν τιμές θερμοκρασίας 35-36 °C, ενώ οι πιο απομακρυσμένοι 33-34 °C.

Οι παρακάτω εικόνες είναι από την περιοχή στα όρια του άλσους Μελισσίων, όπου έχει τοποθετηθεί ο σταθμός P6 (Εικόνα 55). Πρόκειται για ελεύθερο χώρο αναψυχής ξηροφυτικής βλάστησης, διαμορφωμένο με κούνιες και παγκάκια. Την ώρα της λήψης θερμικών εικόνων (15:44), δε παρατηρείται μεγάλη διαφορά θερμοκρασίας αέρος μεταξύ της βλάστησης και των οργάνων αναψυχής καθώς αυτά βρίσκονται υπό μερική σκίαση. Πιο συγκεκριμένα στις κούνιες και την τσουλήθρα, η μέγιστη θερμοκρασία που παρατηρείται είναι 35 °C. Την ίδια στιγμή η μικρότερη θερμοκρασία που σημειώνεται στα σημεία πυκνής φυτοκάλυψης από δέντρα, είναι 32.5 °C ενώ στα σημεία αραιότερου φυλλώματος οι τιμές θερμοκρασίας που παρατηρούνται είναι 33.7-34 °C. Το γυμνό έδαφος, το πεζούλι και τα παγκάκια, παρουσιάζουν τιμές λίγο μεγαλύτερες από 35 °C.

α)



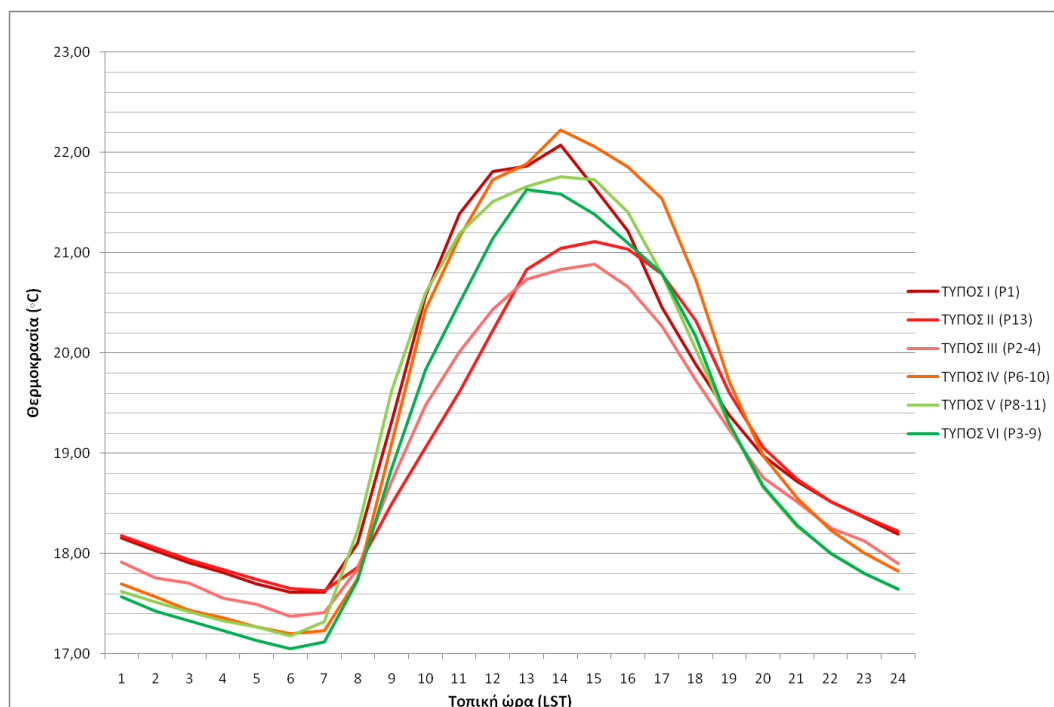
β)



Εικ. 55: Περιοχή μεταβατικής ζώνης δόμησης-βλάστησης (Δήμος Μελισσίων): α) οπτική απεικόνιση της περιοχής του σταθμού, β) χωρική απεικόνιση της θερμικής κατάστασης της περιοχής του σταθμού (στις 4/9/2009, ώρα 15:44, από αρχείο εικόνων Καμούτση Α.).

3.2.9 Σύγκριση τύπων της δομημένης ζώνης

α) Με βάση τον δείκτη THI.



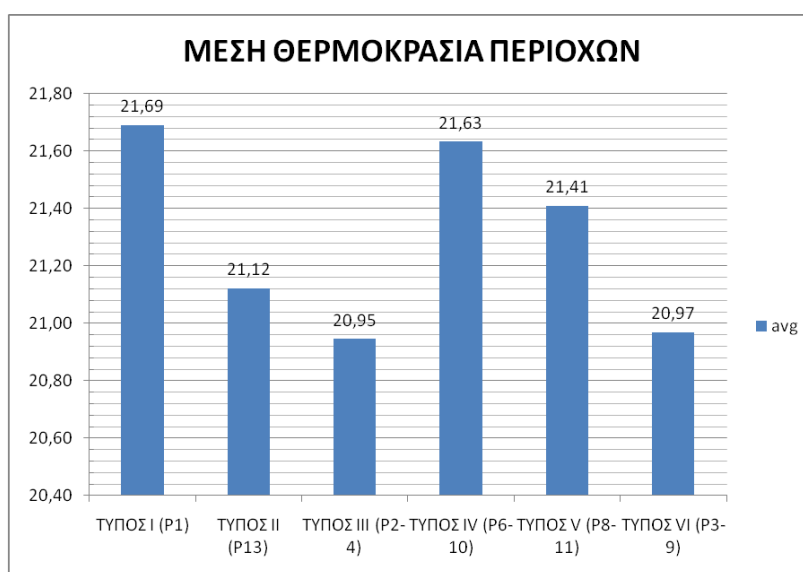
Εικ. 56: Σύγκριση της πορείας του δείκτη θερμικής άνεσης THI μέσα στο 24ωρο, για τους τύπους I, II, III, IV, V και VI. (LST: Τοπική ώρα= Μεσημβρινή Ώρα Γκρίνουιτς +2h)

Στο διάγραμμα (Εικόνα 56) απεικονίζεται η πορεία του δείκτη θερμικής άνεσης μέσα στο 24ωρο για κάθε τύπο περιοχών. Τις μεγαλύτερες τιμές THI τις περισσότερες ώρες της ημέρας έχει ο τύπος I. Δηλαδή η περιοχή με την υψηλή και πυκνή δόμηση είναι η πιο ζεστή. Αυτό οφείλεται στην απορρόφηση θερμότητας από τα δομικά στοιχεία και το μεγάλο ύψος των κτιρίων σε σχέση με το πλάτος του δρόμου, που δεν επιτρέπει την καλή κυκλοφορία των αερίων ρευμάτων. Παρόμοιες συνθήκες εμφανίζει και η μεταβατική ζώνη, δηλαδή οι περιοχές μεταξύ δόμησης και βλάστησης. Η βλάστηση εδώ ευνοεί τη δημιουργία άνετων συνθηκών τη νύχτα, σε σχέση με τις δομημένες περιοχές. Την ημέρα ωστόσο και μετά το μεσημέρι ο δείκτης παίρνει τις μεγαλύτερες τιμές. Οι περιοχές αυτές συνορεύουν με το άλσος του οποίου η βλάστηση είναι ξηροφυτική και ως εκ τούτου δεν συντελεί στη σημαντική διαφοροποίηση των μικρομετεωρολογικών συνθηκών της γύρω δομημένης περιοχής. Σε αυτές προσμετράται και το ποσό θερμότητας που αποδίδεται από την πυκνή κυκλοφορία των οχημάτων που χαρακτηρίζει τη συγκεκριμένη ζώνη. (Χρονοπούλου-Σερέλη και Ουζιέλ, 1997)

Οι ευνοϊκότερες συνθήκες θερμικής αίσθησης κατά τη διάρκεια της ημέρας παρατηρούνται στον τύπο III. Είναι οι περιοχές με αραιή και χαμηλή δόμηση, παρουσία βλάστησης. Παρόμοιες συνθήκες δίνει και ο τύπος II. Τη νύχτα τις πιο άνετες συνθήκες θερμικής αίσθησης παρουσιάζουν οι πυκνά φυτοκαλυμμένες περιοχές του άλσους (τύπος VI), ειδικά τις πρώτες πρωινές ώρες, και ακολουθούν οι περιοχές με αραιή φυτοκάλυψη. Την ημέρα οι τιμές του δείκτη θερμικής αίσθησης για τον τύπο VI κυμαίνονται λίγο υψηλότερα από τους τύπους II και III. Οι περιοχές του άλσους με αραιή φυτοκάλυψη παρουσιάζουν απότομη αύξηση των τιμών του THI μετά τις 7 π.μ.

Γενικά παρατηρούμε ότι οι περιοχές με αραιή δόμηση και παρουσία βλάστησης, παρουσιάζουν ευνοϊκότερες συνθήκες θερμικής αίσθησης την ημέρα από τις πυκνά φυτοκαλυμμένες περιοχές του άλσους. Το γεγονός αυτό οφείλεται τόσο στην καλύτερη κυκλοφορία του αέρα στις αραιοδομημένες περιοχές όσο και στην αρδευόμενη βλάστηση των κήπων που συμβάλλει περισσότερο στη βελτίωση των θερμομετρικών συνθηκών από ότι η ξηροφυτική βλάστηση του άλσους (Χρονοπούλου-Σερέλη και Ουζιέλ, 1997).

β) Με βάση τη μέση θερμοκρασία T:



Εικ. 57: Σύγκριση μέσης θερμοκρασίας, T, για τους τύπους I, II, III, IV, V και VI.

Από το διάγραμμα της μέσης θερμοκρασίας για τους έξι τύπους των περιοχών (Εικόνα 57), προκύπτει ότι οι θερμότεροι είναι οι τύποι I και IV, δηλαδή οι περιοχές με πυκνή δόμηση και η μεταβατική ζώνη. Ακολουθεί ο τύπος V, με την αραιή φυτοκάλυψη και στη συνέχεια ο τύπος II που είναι δομημένες περιοχές παρουσία βλάστησης. Οι πιο δροσερές περιοχές είναι

αυτές του τύπου III και VI, δηλαδή οι αραιοκατηκημένες με παρουσία βλάστησης και οι πυκνές φυτοκαλυμμένες περιοχές.

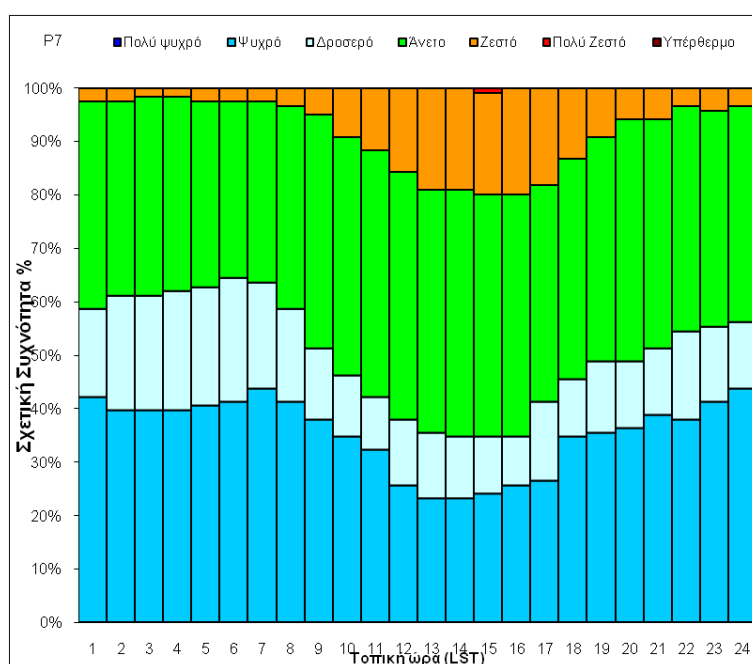
3.3 Ορεινό περιβάλλον

Για τη μελέτη των συνθηκών θερμικής άισθησης που διαμορφώνονται στην ερευνόμενη περιοχή από την επίδραση των ορεινών εξάρσεων διακρίθηκαν τρεις περιπτώσεις:

α) Όρος Πεντέλης (κορυφή-ενδιάμεσο ύψος)

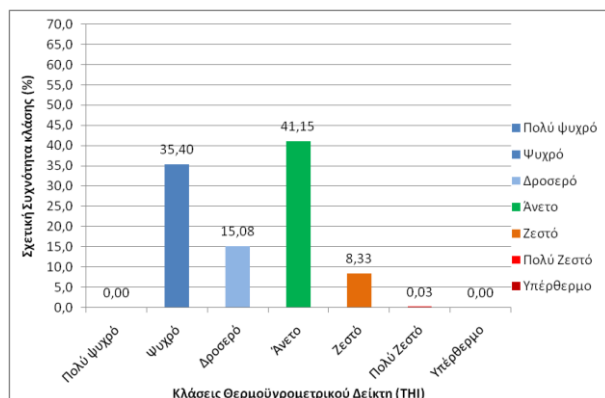
Όπως ήδη αναφέρθηκε, η κορυφή του Πεντελικού όρους, όπου τοποθετήθηκε ο σταθμός P7, βρίσκεται στα 1086m ενώ το ενδιάμεσο ύψος λήψης μετρήσεων βρίσκεται στα 796m (P13).

Από τις μετρήσεις της θερμοκρασίας και της υγρασίας στην κορυφή, P7, παίρνουμε το δείκτη THI και τις συχνότητες εμφάνισης των συνθηκών. Τα αποτελέσματα για το χρονικό διάστημα από 18/7/2009 έως 15/11 φαίνονται στα παρακάτω γραφήματα (Εικόνες 58,59).

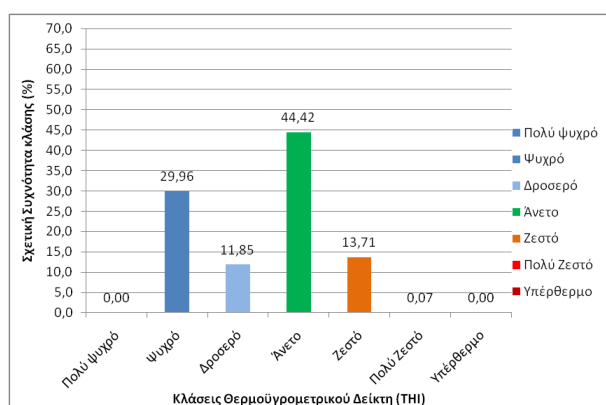


Εικ. 58: Διάγραμμα σχετικής συχνότητας των κλάσεων του δείκτη THI σε ωριαία βάση για την κορυφή του Πεντελικού όρους (P7) από 18/7 έως 15/11 του 2009 (LST: Τοπική ώρα= Μεσημβρινή Ώρα Γκρίνουιτς +2h)

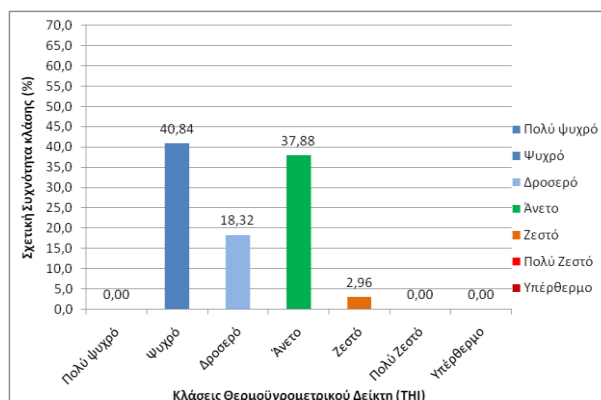
α)



β)



γ)



Εικ. 59: Διαγράμματα σχετικής συχνότητας των κλάσεων του δείκτη ΤΗΙ για την κορυφή του Πεντελικού όρους (P7) από 18/7 έως 15/11 του 2009 α) όλο το 24ωρο β) κατά τη διάρκεια της ημέρας (9.00-20.00) , γ) κατά τη διάρκεια της νύχτας (21.00-8.00)

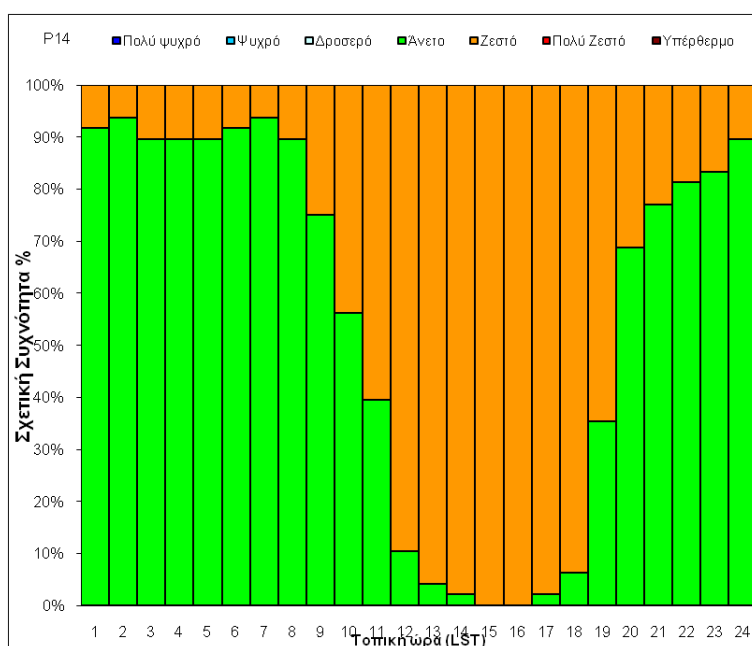
Η εικόνα των συχνοτήτων εδώ είναι πολύ διαφορετική σε σχέση με τις προηγούμενες περιπτώσεις καθώς βρισκόμαστε σε ορεινό περιβάλλον (Εικόνα 59). Κατά τη διάρκεια του 24ώρου (Εικόνα 59α) επικρατεί η κλάση «Άνετο» με ποσοστό 41,5% ενώ ιδιαίτερα σημαντική είναι η παρουσία της κλάσης «Ψυχρό» που φτάνει το 34,5%. Η κλάση «Δροσερό» ακολουθεί με 15% ενώ το «Ζεστό», σε πολύ μικρό ποσοστό, φτάνει μόλις το 8,33%. Η εμφάνιση της κλάσης «Πολύ Ζεστό» στο 0,03 αντιστοιχεί στην εκδήλωση πυρκαγιάς στις 23/8, στις 14.20 το μεσημέρι η οποία διήρκησε μισή ώρα.

Την ημέρα (Εικόνα 59α) παρατηρούμε μια αύξηση στην κλάση του «Άνετου» στο 44,2% η οποία συνοδεύεται από μείωση του «Ψυχρού» στο 30%. Ελαφρώς αυξημένη εμφανίζεται η κλάση «Ζεστό», στο 13,71% ενώ το ποσοστό 0,07 στο «Πολύ Ζεστό», οφείλεται όπως αναφέρθηκε στην εκδήλωση πυρκαγιάς. Τέλος οι δροσερές συνθήκες φτάνουν το 11,85%.

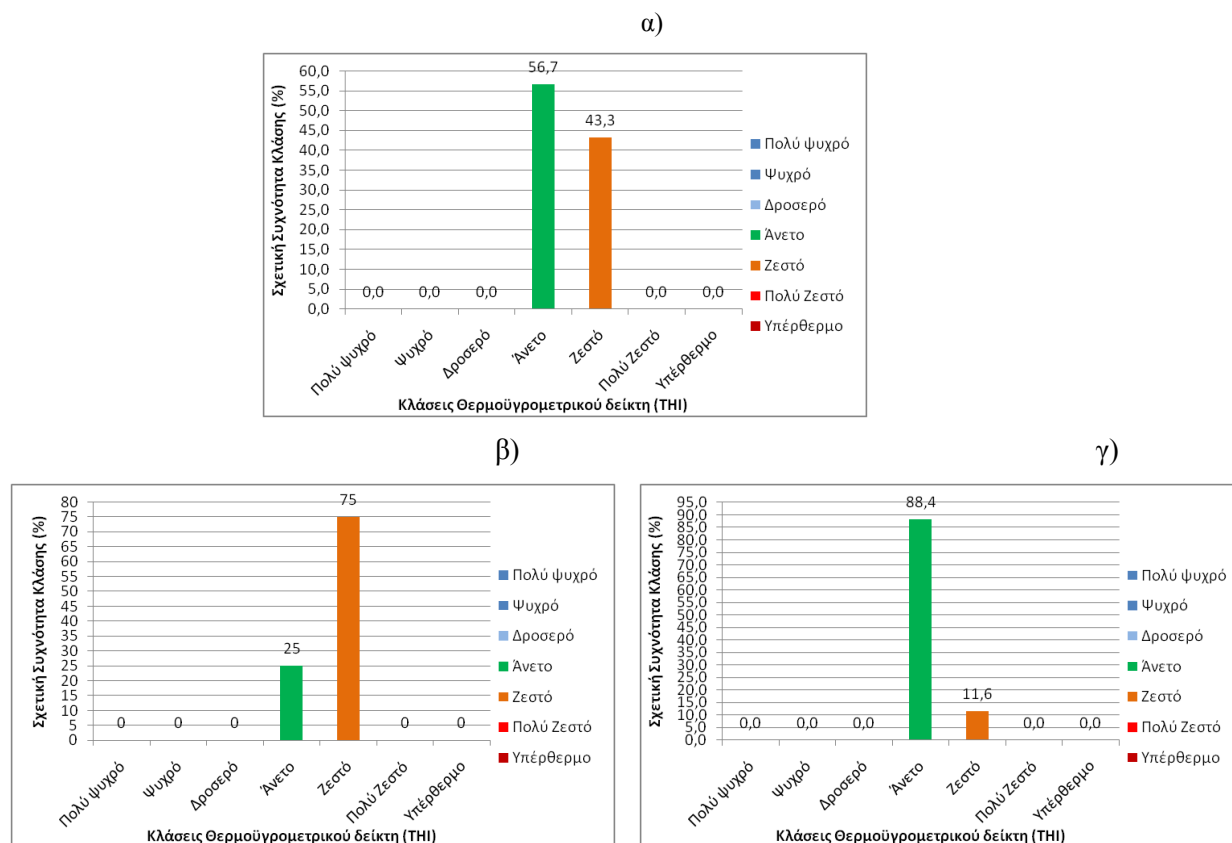
Τη νύχτα (Εικόνα 59γ) επικρατεί η κλάση «Ψυχρό» με ποσοστό 40,1% ενώ το «Άνετο» φτάνει το 37,8%. Ακολουθούν το «Δροσερό» με 18,32%, ενώ το «Ζεστό» σε πολύ μικρό ποσοστό, εμφανίζεται με 2,96%.

Παρατηρούμε ότι στο P7 κυριαρχεί η κλάση «Άνετο» και σε αρκετά μεγάλο βαθμό η κλάση «Ψυχρό». Το «Ζεστό» εμφανίζεται σε πολύ μικρά ποσοστά. Υπεύθυνο για αυτές τις συνθήκες είναι το μεγάλο υψόμετρο της περιοχής. Το όρος της Πεντέλης από ότι φαίνεται από τα αποτελέσματα των άλλων περιοχών, είναι υπεύθυνο για τις ευνοϊκές συνθήκες που επικρατούν στο λόφο του Προφήτη Ηλία, P5, λόγω των ρευμάτων που σχηματίζονται στην πλαγιά προς τη Ν. Πεντέλη.

Για το σημείο P13, έχουμε μετρήσεις από 18/7 έως 4/9/2009, καθώς μετά το μηχάνημα κλάπηκε. Με βάση αυτές τις μετρήσεις παίρνουμε τις παρακάτω συχνότητες TH1 μόνο για τους μήνες του καλοκαιριού.



Εικ. 60: Διάγραμμα σχετικής συχνότητας των κλάσεων του δείκτη TH1 σε ωριαία βάση για την πλαγιά του Πεντελικού όρους (P13) από 18/7 έως 4/9 του 2009 (LST: Τοπική ώρα= Μεσημβρινή Ώρα Γκρίνουιτς +2h)



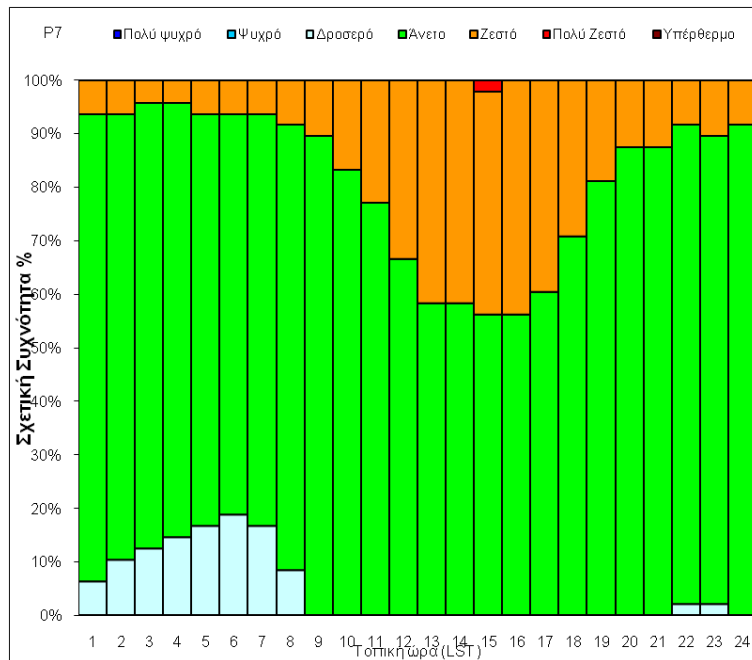
Εικ. 61: Διαγράμματα σχετικής συχνότητας των κλάσεων του δείκτη THI για την πλαγιά του Πεντελικού όρους (P13) από 18/7 έως 4/9 του 2009

α) όλο το 24ωρο β) κατά τη διάρκεια της ημέρας (9.00-20.00) , γ) κατά τη διάρκεια της νύχτας (21.00-8.00)

Από τα διαγράμματα των συχνοτήτων παρατηρούμε ότι στην περιοχή P13 για το διάστημα 18/7 έως 4/9, εμφανίζονται μόνο άνετες και ζεστές συνθήκες. Απουσιάζουν δηλαδή οι πολύ ζεστές, οι ψυχρές και οι δροσερές. Πιο συγκεκριμένα, κατά τη διάρκεια του 24ώρου (Εικόνα 61α) επικρατούν η κλάση «Άνετο» με σχετική συχνότητα 56,7% και ακολουθεί το «Ζεστό» με 43,3%.

Κατά τη διάρκεια της ημέρας (Εικόνα 61β) κυριαρχεί το «Ζεστό» 75% ενώ το «Άνετο» φτάνει μόλις το 25%. Τέλος τη νύχτα (Εικόνα 61γ) η κατάσταση αντιστρέφεται, καθώς το «Άνετο» εμφανίζεται με πολύ μεγάλη συχνότητα 88,4%, ενώ το «Ζεστό» μόνο με 11,6%.

Προκειμένου να γίνει σύγκριση των δύο περιοχών του Πεντελικού όρους με τα υπάρχοντα δεδομένα, παρουσιάζονται οι συχνότητες για την κορυφή, P7, για το διάστημα από 18/7 έως 4/9 όπου υπάρχουν μετρήσεις για το P13 (796m).



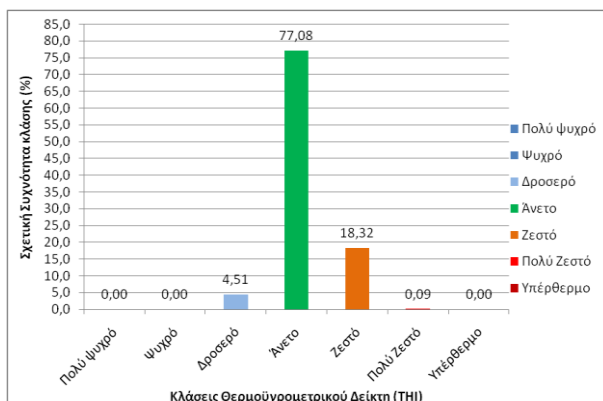
Εικ. 62:Γράφημα συχνότητας κλάσεων THI για το P7 από 18/7 έως 4/9 του 2009 (LST: Τοπική ώρα= Μεσημβρινή Ώρα Γκρίνουιτς +2h)

Από τα διαγράμματα παρατηρούμε ότι κυριαρχεί η περιοχή του άνετου. Πιο συγκεκριμένα, σε όλο το 24 (Εικόνα 63α), η κλάση «Άνετο» εμφανίζεται με συχνότητα 77,1%. Ακολουθεί το «Ζεστό» με 18,3%, το «Δροσερό» με 4,5% και τέλος «το Πολύ Ζεστό» με 0,1%. Οι τελευταίες οφείλονται στην εκδήλωση πυρκαγιάς στις 23/8, στην περιοχή.

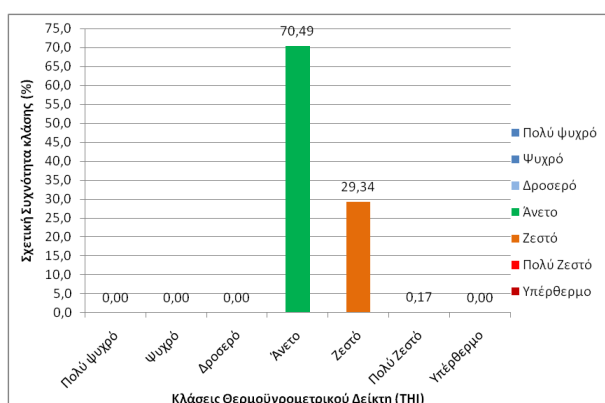
Την ημέρα (Εικόνα 63β) κυριαρχεί πάλι η κλάση «Άνετο», με 70,5% ενώ το «Ζεστό» φτάνει το 29,3%. Το μικρό ποσοστό, 0,2% του «Πολύ Ζεστού» οφείλεται στην εκδήλωση πυρκαγιάς. Τέλος τη νύχτα (Εικόνα 63γ) επικρατεί το «Άνετο» με 83,7%, ακολουθεί το «Δροσερό» με 9 % και το «Ζεστό» με 7,3%.

Από τις παραπάνω συχνότητες προκύπτει ότι η περιοχή της κορυφής (1086m) εμφανίζει σε πολύ μεγαλύτερο ποσοστό άνετες συνθήκες, σε σχέση με τα 796m. Η διαφορά αυτή είναι ιδιαίτερα αισθητή την ημέρα καθώς οι άνετες συνθήκες στην κορυφή φτάνουν 70,5% ενώ στα 796m μόλις το 25%.

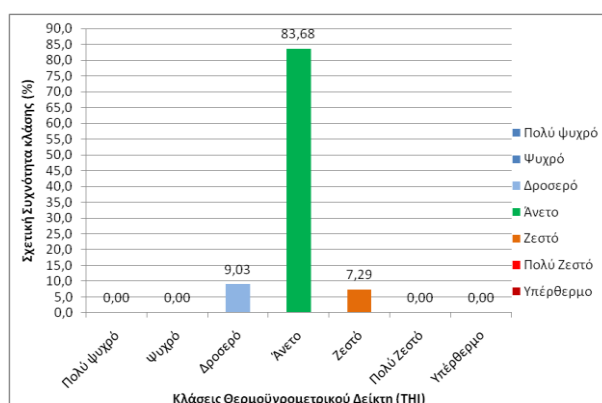
α)



β)



γ)



Εικ. 63: Διαγράμματα συχνότητας κλάσεων THI για το P7 από 18/7 έως 4/9 του 2009 α) όλο το 24ωρο β) κατά τη διάρκεια της ημέρας, γ) κατά τη διάρκεια της νύχτας.

Από τα αποτελέσματα που παρουσιάστηκαν, είναι σαφής η επίδραση της κορυφής στη θερμική αίσθηση των χαμηλότερων υψομέτρων. Η επίδραση αυτή οφείλεται στη δημιουργία αερίων καταβατικών ρευμάτων.

Στην περίπτωση του πεντελικού όρους, οι βασικές δυναμικές διαδικασίες που περιλαμβάνονται στη δημιουργία αερίων ρευμάτων είναι η κίνηση του αέρα προς χαμηλότερες πιέσεις και η συνιστώσα βαρύτητας του αέρα που κατευθύνεται χαμηλά στην πλαγιά. Γενικά οι καθοδικές κινήσεις κρύου αέρα τη νύχτα αναφέρονται ως καταβατικά ρεύματα ενώ οι ανοδικές, κατά τη διάρκεια της ημέρας, ως αναβατικά ρεύματα (Barry, 2001).

Οι καταβατικοί άνεμοι είναι τοπικά ρεύματα βαρύτητας που προκαλούνται από τη νυχτερινή ακτινοβολία ψύξης κοντά στην επιφάνεια της γης, κάτω από συνθήκες καθαρού ουρανού.

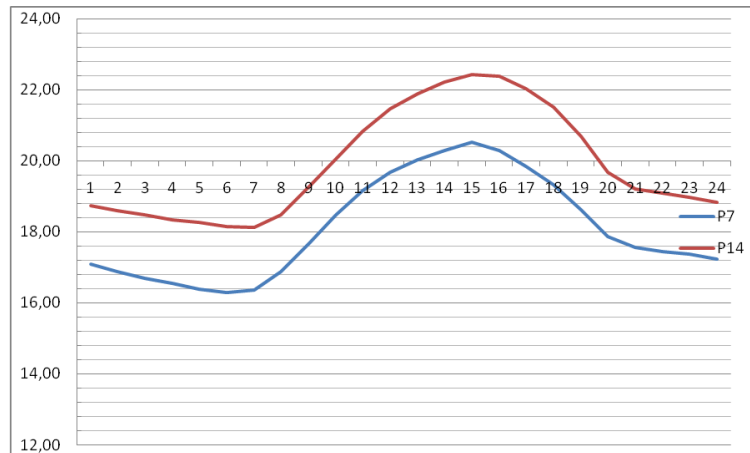
Αντίστροφα, τα φαινόμενα ανοδικής κίνησης κατά τη διάρκεια της μέρας σχετίζονται με την ημερήσια θέρμανση της πλαγιάς και την άνοση που προκαλεί (Barry, 2001).

Το όρος της Πεντέλης είναι πετρώδες με μικρή παρουσία βλάστησης, κυρίως θαμνώδη, με αποτέλεσμα να παρατηρείται έντονη ακτινοβολία ψύξης τη νύχτα. Παράλληλα, η κλίση της πλαγιάς είναι αρκετά μεγάλη. Για την ψύξη της πλαγιάς ο αέρας κινείται καθοδικά με την συνιστώσα της επιτάχυνσης της βαρύτητας (g) που είναι παράλληλη στην πλαγιά, ενώ η συνιστώσα του g που είναι κάθετη στην πλαγιά αντισταθμίζεται από την δύναμη της βαθμίδας πίεσης. Η μέγιστη ταχύτητα του ανέμου εδώ ενοείται από τα χαρακτηριστικά της πλαγιάς του Πεντελικού όρους καθώς είναι ανάλογη με την ακτινοβολία ψύξης, την κλίση της πλαγιάς και το ρυθμό ολίσθησης (Barry, 2001).



Εικ. 64: Πανοραμική άποψη Νέας Πεντέλης

Στην Εικόνα 65 φαίνεται η επίδραση της κορυφής του Πεντελικού Όρους στο υψόμετρο των 800m.



Εικ. 65: Πορεία δείκτη θερμικής άνεσης (THI) για την κορυφή (P7) και το ενδιάμεσο υψόμετρο (P14) του Πεντελικού όρους (LST: Τοπική ώρα= Μεσημβρινή Ώρα Γκρίνουιτς +2h)

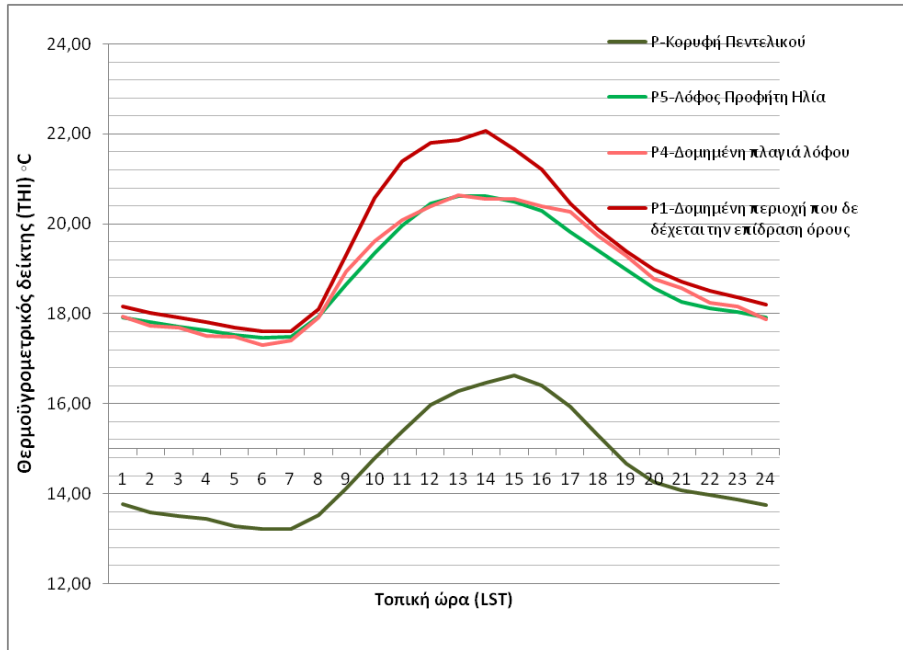
β) Κορυφή Πεντέλης-Προφήτης Ηλίας

Ο λόφος του Προφήτη Ηλία, βρίσκεται απέναντι από το όρος της Πεντέλης. Φαίνεται ότι επηρεάζεται σημαντικά από τα αέρια ρεύματα του βουνού. Έτσι εξηγείται το μεγάλο ποσοστό άνετων συνθηκών που διαφοροποιεί το λόφο από τις υπόλοιπες περιοχές της δομημένης ζώνης.

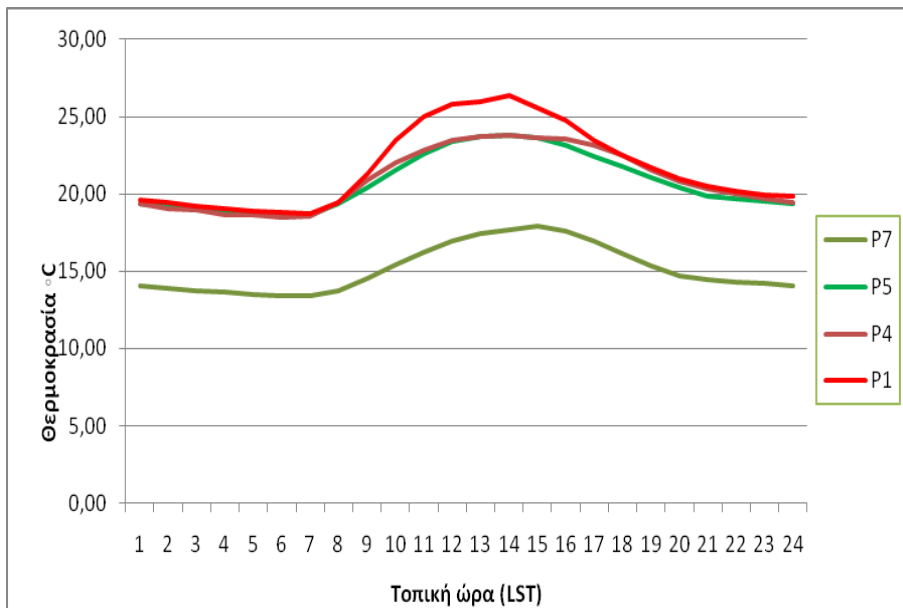
γ) Προφήτης Ηλίας-γειτονικές περιοχές (P4)

Στην πλαγιά του λόφου του Προφήτη Ηλία βρίσκεται ο σταθμός P4. Αν και σε δομημένη περιοχή, από τα αποτελέσματα που παρουσιάστηκαν φαίνεται ότι η περιοχή ευνοείται από την παρουσία του λόφου καθώς παρουσιάζει αρκετά μεγάλο ποσοστό άνετων συνθηκών.

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι το όρος της Πεντέλης ευνοεί τη δημιουργία άνετων συνθηκών στα χαμηλότερα υψόμετρα μέσω των καταβατικών αερίων ρευμάτων πλαγιάς που αναφέρθηκαν. Η επίδραση αυτή γίνεται αντιληπτή εάν συγκρίνουμε τις συνθήκες θερμικής άνεσης και θερμοκρασίας αέρος που επικρατούν στο λόφο του προφήτη Ηλία (P5), ο οποίος φαίνεται να επηρεάζεται άμεσα από την κορυφή, με τις συνθήκες ενός απομακρυσμένου από την πλαγιά σταθμού. Στις Εικόνες 66 και 67 παρουσιάζεται η πορεία του δείκτη θερμικής άνεσης και της μέσης θερμοκρασίας αέρος μέσα στο 24ωρο για την κορυφή του πεντελικού όρους(1086m), την κορυφή του λόφου λόφο (P5), την πλαγιά του λόφου (P4) και έναν απομακρυσμένο σταθμό (P1).



Εικ. 66: Πορεία δείκτη θερμικής άνεσης (THI) για την κορυφή, το λόφο, την πλαγιά του λόφου και για σημείο που δεν επηρεάζεται από το όρος της Πεντέλης. (LST: Τοπική ώρα= Μεσημβρινή Ωρα Γκρίνουιτς +2h)



Εικ. 67: Πορεία μέσης ωριαίας θερμοκρασίας (°C) για την κορυφή, το λόφο, την πλαγιά του λόφου και για σημείο που δεν επηρεάζεται από το όρος της Πεντέλης. (LST: Τοπική ώρα= Μεσημβρινή Ωρα Γκρίνουιτς +2h)

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, ο λόφος του Προφήτη Ηλία παρουσιάζει τις ευνοϊκότερες συνθήκες θερμικής άνεσης σε σχέση με τα υπόλοιπα σημεία μέτρησης και τη χαμηλότερη κατά μέσο όρο, μέση ωριαία θερμοκρασία. Για την εικόνα αυτή πιθανότατα ευθύνεται η επίδραση των αερίων καταβατικών ρευμάτων από την κορυφή του πεντελικού όρους καθώς ο

λόφος βρίσκεται απέναντι από αυτήν και δε μεσολαβεί κάποιο υψηλότερο σημείο ανάμεσά τους.

Η πλαγιά του λόφου (P4) παρουσιάζει παρόμοια πορεία του θερμοϋγρομετρικού δείκτη (THI) καθώς και της μέσης θερμοκρασίας, μέσα στο 24ωρο, με την κορυφή του λόφου. Η περιοχή αυτή, δεχεται την ευνοϊκή επίδραση των αερίων ρευμάτων τόσο της κορυφής του λόφου, όσο και του πεντελικού όρους.

Αντίθετα το σημείο P1 που βρίσκεται πιο μακριά από την επίδραση του όρους παρουσιάζει διαφορετική κατανομή των συχνοτήτων θερμικής άνεσης και πολύ μεγαλύτερες τιμές του δείκτη THI και της θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια της ημέρας (8.00-18.00 LT, Εικόνες 64 και 65). Το σημείο P1 βρίσκεται σε δρόμο ανηφορικής διεύθυνσης, αντίθετης με την πορεία των καθοδικών ρευμάτων τόσο του λόφου όσο και του πεντελικού όρους. Το αποτέλεσμα είναι οι περιβαλλοντικές συνθήκες της συγκεκριμένης περιοχής, να επηρεάζονται μόνο από τη δόμηση που κυριαρχεί και όχι από τα θερμικώς επαγόμενα αέρια ρεύματα.

Τέλος, σύμφωνα με τις εικόνες 64 και 65, η κορυφή του πεντελικού όρους παρουσιάζει σταθερά χαμηλότερες τιμές δείκτη THI και θερμοκρασίας, όλο το 24ωρο σε σχέση με τα υπόλοιπα σημεία. Συγκεκριμένα, η κορυφή εμφανίζεται ψυχρότερη, κατά μέσο όρο 5,6 °C από το λόφο, 5,8 °C από την πλαγιά του λόφου και 6,5 °C από την απομακρυσμένη περιοχή με το σημείο P1. Οι διαφορές αυτές οφείλονται στις συνθήκες ορεινού κλίματος κλίματος που επικρατούν στην κορυφή, καθώς βρίσκεται σε υψόμετρο 1086m.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ-ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Από τα αποτελέσματα των μετρήσεων των βιομετεωρολογικών συνθηκών σε επιλεγμένες περιοχές των δήμων Μελισσίων και Νέας Πεντέλης (δομημένη ζώνη, άλσος Μελισσίων, λόφος Προφήτη Ηλία, μεταβατική ζώνη μεταξύ δόμησης και βλάστησης) καθώς και σε τμήματα του πεντελικού όρους, κατά την περίοδο 18/7-15/11 του 2009, προκύπτουν τα εξής συμπεράσματα:

Στις περιοχές αυτές εμφανίζονται 5 κλάσεις του δείκτη ΤΗΙ: το «Ψυχρό», το «Δροσερό», το «Άνετο», το «Ζεστό» και το «Πολύ Ζεστό» (στην ορεινή περιοχή απουσιάζει το «Πολύ Ζεστό»). Από την ανάλυση των μετρήσεων του δείκτη θερμικής άνεσης ΤΗΙ παρατηρούνται σημαντικές διαφοροποιήσεις στις συνθήκες θερμικής αίσθησης των διαφόρων περιοχών ανάλογα με την παρουσία βλάστησης, δομικού στοιχείου και την επίδραση των καταβατικών αερίων ρευμάτων του Πεντελικού όρους.

Ειδικότερα,

- Στη δομημένη ζώνη επικρατεί η κλάση «Ζεστό» ενώ στην ορεινή, τη μεγαλύτερη σχετική συχνότητα εμφανίζει η κλάση «Άνετο».
- Ο λόφος του Προφήτη Ηλία Νέας Πεντέλης παρουσιάζει κατά μέσο όρο τις χαμηλότερες θερμοκρασίες από όλα τα σημεία της δομημένης ζώνης καθώς φαίνεται να επηρεάζεται άμεσα από τα αέρια ρεύματα του πεντελικού όρους.
- Κατά την διάρκεια ενός 24ώρου, οι υψηλότερες τιμές θερμοκρασίας σημειώνονται στη μεταβατική ζώνη μεταξύ δόμησης και βλάστησης του άλσους Μελισσίων.
- Το θερμότερο σημείο κατά τη διάρκεια της νύχτας παρατηρείται στην περιοχή υψηλής και πυκνής δόμησης ενώ τα σημεία που φέρουν ικανοποιητικό ποσοστό βλάστησης παρουσιάζουν σημαντικά χαμηλότερες θερμοκρασίες.
- Κατά τη διάρκεια της ημέρας, εκτός από το λόφο του Προφήτη Ηλία, χαμηλές θερμοκρασίες παρουσιάζουν οι περιοχές που καλύπτονται από πυκνή βλάστηση καθώς και οι αραιοδομημένες περιοχές με κήπους.

- Η επιφάνεια των υλικών δόμησης (άσφαλτος, μπετόν τοιχοποιίας) παρουσιάζει, τις μεσημεριανές ώρες (14.00-16.00), σημαντικά υψηλότερες τιμές θερμοκρασίας από την παρακείμενη βλάστηση: +4 °C από την θαμνώδη και έως +8 °C από την δενδρώδη. Τις ίδιες ώρες το γυμνό έδαφος απουσία σκίασης εμφανίζεται θερμότερο 3-4 °C σε σχέση με το υπό σκιά τμήμα του (Εικόνες από θερμοκάμερα).

- Η περιοχή υψηλής και πυκνής δόμησης χωρίς βλάστηση παρουσιάζει αξιοσημείωτα μεγάλη συχνότητα της κλάσης «Ζεστό» του δείκτη THI, κατά τη διάρκεια της ημέρας, ενώ η κλάση «Ψυχρό» εμφανίζεται σε μικρά ποσοστά τη νύχτα σε σχέση με τις υπόλοιπες περιοχές. Η έντονη παρουσία δομικού στοιχείου σε συνδυασμό με την απουσία βλάστησης αυξάνει τις τιμές του δείκτη THI.

- Στην περιοχή υψηλής δόμησης παρουσία βλάστησης εμφανίζονται ευνοϊκότερες συνθήκες θερμικής αίσθησης με μεγαλύτερα ποσοστά της κλάσης «Άνετο», ενώ η κλάση «Ζεστό», την ημέρα παρουσιάζει σαφώς μικρότερη συχνότητα σε σχέση με την πυκνοδομημένη περιοχή χωρίς βλάστηση.

- Στις περιοχές με αραιή δόμηση παρουσία βλάστησης, επιτυγχάνονται οι πιο καλές συνθήκες θερμικής αίσθησης σε σχέση με τους άλλους δύο τύπους δομημένης περιοχής (πυκνή δόμηση με ή χωρίς βλάστηση).

- Ο τύπος της μεταβατικής ζώνης δόμησης-βλάστησης παρουσιάζεται ως αρκετά ζεστή περιοχή, ειδικά κατά τη διάρκεια της ημέρας. Ιδιαίτερα αυξημένη εμφανίζεται η κλάση «Πολύ Ζεστό» του δείκτη THI. (Το άλσος των Μελισσίων δεν φαίνεται να συμβάλλει στην ευνοϊκή διαφοροποίηση των βιομετεωρολογικών συνθηκών των γύρω περιοχών καθώς αποτελείται από ξηροφυτική βλάστηση.)

- Η αραιή βλάστηση δεν εμποδίζει την ανάπτυξη υψηλών θερμοκρασιών την ημέρα και έτσι εξηγείται η αυξημένη συχνότητα της κλάσης «Ζεστό» στις περιοχές αραιής φυτοκάλυψης του άλσους Μελισσίων. Ωστόσο τη νύχτα, η βλάστηση του άλσους ευνοεί τη δημιουργία ψυχρών συνθηκών μέσα σε αυτό, όπου παρατηρείται μικρή αύξηση της κλάσης «Ψυχρό» σε σχέση με τις γύρω δομημένες περιοχές.

- Οι περιοχές πυκνής φυτοκάλυψης του άλσους εμφανίζουν μεγαλύτερα ποσοστά της κλάσης «Άνετο» σε όλη τη διάρκεια του 24ώρου σε σχέση με τις περιοχές αραιής φυτοκάλυψης.

- Οι περιοχές με αραιή δόμηση παρουσία βλάστησης, παρουσιάζουν ευνοϊκότερες συνθήκες θερμικής αίσθησης την ημέρα από τις πυκνά φυτοκαλυμμένες περιοχές του άλσους. Το γεγονός αυτό οφείλεται τόσο στην καλύτερη κυκλοφορία του αέρα στις αραιοδομημένες περιοχές όσο και στην αρδευόμενη βλάστηση των κήπων, που συμβάλλει περισσότερο στη βελτίωση των θερμομετρικών συνθηκών από ότι η ξηροφυτική του άλσους. Τη νύχτα ωστόσο και ειδικά τις πρώτες πρωινές ώρες οι διαφορές αυτές εξομαλύνονται, με τις περιοχές πυκνής φυτοκάλυψης του άλσους να παρουσιάζουν ελαφρώς χαμηλότερες τιμές του THI.

- Το όρος της Πεντέλης ενισχύει τις ευνοϊκές συνθήκες που επικρατούν στα χαμηλότερα υψόμετρα και το λόφο του Προφήτη Ηλία, λόγω των αερίων καταβατικών ρευμάτων.

- Η περιοχή της κορυφής του πεντελικού όρους (1086m) εμφανίζει σε πολύ μεγαλύτερο ποσοστό άνετες συνθήκες, σε σχέση με τα 800 m. Η διαφορά αυτή είναι ιδιαίτερα αισθητή την ημέρα καθώς η κλάση «Άνετο» στην κορυφή παρουσιάζει σχετική συχνότητα 70,5% ενώ στα 800 m 25%.

- Η κορυφή του πεντελικού όρους παρουσιάζει σταθερά χαμηλότερες τιμές δείκτη THI και θερμοκρασίας όλο το 24ωρο σε σχέση με τα υπόλοιπα σημεία. Συγκεκριμένα, η κορυφή εμφανίζεται ψυχρότερη κατά μέσο όρο 5,6 °C από το λόφο του Προφήτη Ηλία στην Πεντέλη, 5,8 °C από την πλαγιά του λόφου και 6,5 °C από μια απομακρυσμένη περιοχή της δομημένης ζώνης.

Η εξασφάλιση ευνοϊκών βιομετεωρολογικών συνθηκών το καλοκαίρι για τους δήμους Μελισσίων και Νέας Πεντέλης, είναι ιδιαίτερα σημαντική, ειδικά λόγω της ύπαρξης νοσοκομειακών και θεραπευτικών μονάδων στην περιοχή. Με βάση και τις προηγούμενες παρατηρήσεις, κρίνεται απαραίτητη η κατάλληλη διαμόρφωση των ελεύθερων χώρων, όπως το «Πάρκο Υγείας» που φιλοξενεί το νοσοκομείο Παπαδημητρίου και χαρακτηρίζεται από αυξημένη παρουσία ζεστών συνθηκών τη θερινή περίοδο. Η ανάπτυξη αρδευόμενης βλάστησης σε τμήματα του χώρου αυτού θα βελτιώσει σημαντικά τις συνθήκες θερμικής αίσθησης. Επίσης θα οδηγήσει στην ελάττωση του κινδύνου πυρκαγιάς που προκαλεί η έντονη παρουσία πευκώδους βλάστησης.

Ιδιαίτερα επιτακτική είναι η ανάγκη για βελτίωση των θερμο-υγρομετρικών συνθηκών σε περιοχές πυκνής και υψηλής δόμησης. Η φυτοκάλυψη των ελεύθερων επιφανειών καθώς και η ανάπτυξη ταρασόκηπου μπορεί να συντελέσει στη μείωση των τιμών του δείκτη THI τους καλοκαιρινούς μήνες. Επίσης χρειάζεται επιπλέον διαμόρφωση κάποιων ελεύθερων χώρων

μέσα στις γειτονιές, όπως το πάρκο με τις κούνιες κοντά στη περιοχή μεταβατικής ζώνης δόμησης βλάστησης (σταθμός Ρ6). Όπως φαίνεται και από τις εικόνες της θερμοκάμερας, η αραιή ξηροφυτική βλάστηση του χώρου και το μεγάλο ποσοστό γυμνού εδάφους δε συμβάλλει στην εξασφάλιση καλής θερμικής αίσθησης. Κρίνεται απαραίτητη η παρουσία μεγαλύτερου ποσοστού δενδρώδους βλάστησης, που θα συμβάλλει στη σκίαση του χώρου, καθώς και η ανάπτυξη γρασιδιού και αρδευόμενων θάμνων.

Επίσης είναι πολύ σημαντικό να διατηρηθεί η κατάλληλη αναλογία ύψους κτιρίων-πλάτους δρόμων για την καλή κυκλοφορία του αέρα στη δομημένη ζώνη. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με τη διατήρηση χαμηλού συντελεστή δόμησης στις περιοχές που οικοδομούνται τώρα.

Τέλος απαραίτητη είναι η προφύλαξη και περαιτέρω ανάπτυξη του ήδη υπάρχοντος πρασίνου. Οι δήμοι Μελισσίων και Ν. Πεντέλης χαρακτηρίζονται από την έντονη παρουσία πευκόφυτης βλάστησης. Οι πυρκαγιές που σε μεγαλύτερη ή μικρότερη έκταση, την αλλοιώνουν κάθε χρόνο, πρέπει να αποτελέσουν κίνητρο για την αποτελεσματικότερη φύλαξη των πευκόφυτων χώρων και παράλληλα την ανάπτυξη αρδευόμενης βλάστησης.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ξένη Βιβλιογραφία

Ali-Toudert, F. and Mayer, H. (2007). Thermal comfort in an east–west oriented street canyon in Freiburg (Germany) under hot summer conditions. *Theoretical and Applied Climatology*, 87:223-237

Balafoutis, Ch., Ivanova, D. and Makrogiannis, T.(2004). Estimation and comparison hourly thermal discomfort along the Mediterranean basin for tourism planning. *Advances in Tourism Climatology*, Freiburg, November 2004, p27-30

Barradas, V. L. (1991). Air temperature and humidity and human comfort index of some city parks of Mexico City. *International Journal of Biometeorology*, 35: 24-28

Barry, L.G. (2001) *Mountain weather and climate*. 2nd edition, Routledge, Taylor and Francis Group, New York, USA.

Besancenot, JP (1990). *Climate and tourism*. Paris, Masson

Bridgman, A. Howard and Oliver, E. John (2006). *The global climate system : patterns, processes and teleconnections*. Cambridge University Press

Bründl, W. and Höppe, P. (1984). Advantages and disadvantages of the urban heat island. An evaluation according to the hygrothermic effects. *Arch Meteorol Geophys Bioklimatol Ser B* 35:55–66

Conti, S *et al*, (2007). General and specific mortality among the elderly during the 2003 heat wave in Genoa (Italy). *Environmental Research* 103: 267–274

Giles, B.D., Balafoutis, Ch. and Maheras, P. (1990) To hot for comfort: The heatwaves in Greece in 1987 and 1988. *International Journal of Biometeorology* 34: 98-104.

Kamoutsis, A., Matsoukis, A., Charalampopoulos, I., and Chronopoulou-Sereli, A., (2007). Biometeorological conditions in mountainous communitie and adjacent urban center in

Greece by the use of indices: the case study of mountainous Nafpaktia district. *Developments in Tourism Climatology* – A. Matzarakis, C. R. de Freitas, D. Scott. p144-149

Kamoutsis, A., Matsoukis, A., Chronopoulos, K., Manoli, E., (2010). A comparative study of human thermal comfort conditions in two mountainous regions in Greece during summer. *Global NEST Journal* v10, 10:1-9

Kassomenos, P.A. and Katsoulis, B.D., (2006). Mesoscale and macroscale aspects of the morning Urban Heat Island around Athens, Greece. *Meteorology and Atmospheric Physics*, 94, 209-218

Koppe, Ch. Kovats, S., Jendritzky, G. and Menne, B. (2004). Health and Global Environmental Change-Heat-waves: risks and responses. *Health and Global Environmental Change series*, No. 2, p17-26

Kovats, S., Wolf, T. and Menne B (2004). Heatwave of August 2003 in Europe: Provisional estimates of the impact on mortality. *Eurosurveillance Weekly*, forthcoming.

Masterton, J.M., Richardson, F.A. (1979). Humidex, a Method of Quantifying Human Discomfort Due to Excessive Heat and Humidity. CLI 1–79. Environment Canada, Atmospheric Environment Service, Downsview, Ont.

Matsoukis, A., Kamoutsis, A., Chronopoulos, K.I. and Fotos D.N. (2010). Role of burned and unburned pine (*Pinus halepensis* Mill) areas to air temperature and thermal comfort conditions. *Fresenius Environmental Bulletin*, vol.19, 6:1125-1131

Matzarakis, A. and Mayer, H. (1997). Heat stress in Greece. *International Journal of Biometeorology* 41:34–39

Mayer, H. and Höppe, P. (1987) .Thermal comfort of man in different urban environments. *Theoretical and Applied Climatology* 38:43–49

National Observatory of Athens: Climatological Bulletin (Annual) Athens, Greece

Renaud, V. and Rebetez, M. (2009). Comparison between open-site and below canopy climatic conditions in Switzerland during the exceptionally hot summer of 2003. *Agricultural and Forest Meteorology* Vol.149, 873-880

Thom, EC (1959). The discomfort index. *Weatherwise* 20:57-60

Toy, S., Yilmaz, S. and Yilmaz, H. (2007). Determination of bioclimatic comfort in three different land uses in the city of Erzurum, Turkey. *Building and Environment*, 42, 1315-1318

Tselepidaki, I.G., Asimakopoulos, D.N, Katsouyanni, K., Moustris, C., Touloumi, G. and Pantazopoulou A. (1995). The use of a complex thermohygrometric index in predicting adverse health effects in Athens. *International Journal of Biometeorology* 38:194-198

Unger, J. (1999). Comparisons of urban and rural bioclimatological conditions in the case of a Central-European city. *International Journal of Biometeorology* 43:139–144

United Kingdom, Air Ministry Meteorological Office (1962) *Weather in the Mediterranean*, vol 1. General meteorology. London, UK

Whitmann et al. (1997). Mortality in Chicago attributed to the July 1995 heat wave. *American Journal of Public Health*, 87(9):1515–1518.

Yilmaz, S., Toy, S. and Yilmaz, H. (2007). Human Thermal comfort over three different land surfaces during summer in the city of Erzurum, Turkey. *Atmosfera* 20 (3):289-297

Ελληνική Βιβλιογραφία

Απατσίδης Λ. και Μαυρομάτης Κ. (1983). Μελέτη αποκατάστασης του τοπίου και δημιουργίας δάσους αναμυχής στο Πεντελικό. Υπουργείο Γεωργίας.

Ματσούκης Α. Σ. (2001). Φωτοσυνθετικά ενεργός ακτινοβολία και ρυθμιστές ανάπτυξης στην αύξηση και άνθηση της *Lantana camara* L. subsp. *camara*. Διδακτορική Διατριβή Γ.Π.Α, Αθήνα, 105 σελ.

Μάχαιρας Π. και Μπαλαφούτης Χρ. (1997). Γενική κλιματολογία με στοιχεία μετεωρολογίας. Αθήνα Β εκδοση

Μερτζάνης Α., Σκοτίδου Α., Ευθυμίου Γ. και Ζακυνθινός Γ., (2004). Διαχρονική εξέλιξη της κατάστασης περιβάλλοντος (γεωλογία- γεωμορφές) και των χρήσεων γης, σε αργούντα λατομεία του Πεντελικού όρους (Αττική). Δελτίο της Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρίας τομ. 36, Πρακτικά 10ου Διεθνούς Συνεδρίου, Θεσ/νίκη.

Ρήγα Μ., Καμούτσης Α., Χαραλαμπίδης Ι., Χρονοπούλου-Σερέλη Α. και Ματσούκης Α., (2010). Εκτίμηση της θερμικής αίσθησης του ανθρώπου σε σχέση με τη διαμόρφωση και τον προσανατολισμό του περιβάλλοντος χώρου στο Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών. 10^ο Συνέδριο Μετεωρολογίας, Κλιματολογίας και Φυσικής της ατμόσφαιρας, Πάτρα, σ353-360

Φλόκας Α. Αθ. (1997). Μαθήματα μετεωρολογίας και κλιματολογίας. Β' Έκδοση, Θεσσαλονίκη.

Χρονοπούλου -Σερέλη Α. (1996). Μαθήματα γεωργικές μετεωρολογίας. Αθήνα

Χρονοπούλου -Σερέλη Α. και Ουζιέλ Μπ. (1997). Μαθήματα βιοκλιματολογίας. Αθήνα

Χρονοπούλου-Σερέλη Α, Τσίρος Ι. και Ματσούκης Α. (2002). Χωρική κατανομή της θερμοκρασίας αέρος στην ευρύτερη περιοχή εγκατάστασης εργοστασίου μηχανικής ανακύκλωσης απορριμμάτων στα Άνω Λιόσια Αττικής. 6^ο Πανελλήνιο συνέδριο Μετεωρολογίας, Κλιματολογίας και Φυσικής της ατμόσφαιρας, Ιωάννινα, σ539-543

Διαδίκτυο

<http://www.onsetcomp.com/products/data-loggers/u23-004> (7-7-2010)

[www. google. com](http://www.google.com) (16-5-2010)

2009GoogleEarth (20-1-2008)

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΕΙΚΟΝΩΝ ΚΑΙ ΠΙΝΑΚΩΝ

A. ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

- Εικ. 1: Διάγραμμα ημερήσιων τιμών του θερμο-υγρομετρικού δείκτη (THI) και του αριθμού θανάτων τον Ιούλιο του 1987 στην Αθήνα. (Tselepidaki I.G. et al., 1995)
- Εικ.2: Θέση των δήμων Μελισσίων και Νέας Πεντέλης (περιοχή εντός διακεκομμένης γραμμής) στο Νομό Αττικής ([www. google. com](http://www.google.com))
- Εικ. 3: Πανοραμική άποψη Νέας Πεντέλης
- Εικ. 4: Αυτόματο καταγραφικό Hobo Pro U23-001 ([www. onsetcomp. com](http://www.onsetcomp.com))
- Εικ. 5: Καταγραφικό Hobo Pro U23-001 μέσα σε προστατευτικό κάλυμμα για την προστασία από τη βροχή και την ηλιακή ακτινοβολία
- Εικ. 6: Σημείο αναφοράς στο λόφο του Πρ. Ηλία (P5)
- Εικ. 7: Σημείο P4 στην Αγία Παρασκευή (δομημένη πλαγιά λόφου), από αέρος άποψη (GoogleEarth)
- Εικ. 8: Σημείο P1 στην οδό Ηφαίστου (Δομημένη Περιοχή), από αέρος άποψη (GoogleEarth)
- Εικ. 9: Σημείο P2 στην οδό Άρεως (Δομημένη Περιοχή)
- Εικ. 10: Σημείο P12 στην οδό Τροίας (Δομημένη Περιοχή)
- Εικ. 11 : Σημείο P6 στην Αγ. Σίλα (Μεταβατική ζώνη), από αέρος άποψη (GoogleEarth)
- Εικ. 12: Σημείο P10 στο δυτικό όριο του «Πάρκου Υγείας» Μελισσίων (Μεταβατική ζώνη), από αέρος άποψη (GoogleEarth)
- Εικ. 13 : Άλσος Μελισσίων, από αέρος άποψη (GoogleEarth)
- Εικ. 14: Σημείο P3 στο άλσος Μελισσίων
- Εικ. 15: Σημείο P8. (Άλσος Μελισσίων): από αέρος άποψη (GoogleEarth)
- Εικ. 16: Σημείο P9 σε κορμό πεύκου. (Πάρκο Μελισσίων)
- Εικ. 17 : Σημείο P11 (Άλσος Μελισσίων)
- Εικ. 18: Σημείο P7, (Κορυφή Πεντελικού όρους)
- Εικ. 19: Περιοχή σταθμού P7 μετά την πυρκαγιά
- Εικ. 20: Σημείο P13 (Πεντελικό όρος)
- Εικ. 21: Διάγραμμα αποκλίσεων μέσης θερμοκρασίας αέρος (°C) των σταθμών P1, P2, P3, P4, P6, P8, P9, P10, P11 και P12 από το σταθμό αναφοράς (P5)

- Εικ. 22: Διάγραμμα αποκλίσεων μέσης θερμοκρασίας αέρος (°C) των σταθμών P1, P2, P3, P4, P6, P8, P9, P10, P11 και P12 από το σταθμό αναφοράς (P5) κατά τη διάρκεια της ημέρα (9.00-20.00)
- Εικ. 23: Διάγραμμα αποκλίσεων μέσης θερμοκρασίας αέρος (°C) των σταθμών P1, P2, P3, P4, P6, P8, P9, P10, P11 και P12 από το σημείο αναφοράς (P5) κατά τη διάρκεια της νύχτας (21.00-8.00)
- Εικ. 24. Διάγραμμα σχετικής συχνότητας των κλάσεων του δείκτη TH1 σε ωριαία βάση για την κορυφή του λόφου του Προφήτη Ηλία (σημείο αναφοράς) στη Νέα Πεντέλη, από 18/7 έως 15/11 του 2009
- Εικ. 25: Διάγραμμα σχετικής συχνότητας των κλάσεων του δείκτη TH1 για την κορυφή του λόφου του Προφήτη Ηλία (σημείο αναφοράς) στη Νέα Πεντέλη, από 18/7 έως 15/11 του 2009
- Εικ. 26. Διάγραμμα σχετικής συχνότητας των κλάσεων του δείκτη TH1 σε ωριαία βάση για την περιοχή υψηλής και πυκνής δόμησης στα Μελίσσια, από 18/7 έως 15/11 του 2009
- Εικ. 27: Διάγραμμα σχετικής συχνότητας των κλάσεων του δείκτη TH1 για την περιοχή υψηλής και πυκνής δόμησης στα Μελίσσια, από 18/7 έως 15/11 του 2009
- Εικ. 28: Διάγραμμα σχετικής συχνότητας των κλάσεων του δείκτη TH1 σε ωριαία βάση για την περιοχή υψηλής και πυκνής δόμησης παρουσία βλάστησης στα Μελίσσια, από 18/7 έως 15/11 του 2009
- Εικ. 29: Διαγράμματα σχετικής συχνότητας των κλάσεων του δείκτη TH1 για την περιοχή υψηλής κ πυκνής δόμησης παρουσία βλάστησης στα Μελίσσια, από 18/7 έως 15/11 του 2009
- Εικ. 30: Διάγραμμα σχετικής συχνότητας των κλάσεων του δείκτη TH1 σε ωριαία βάση για την περιοχή αραιής δόμησης παρουσία βλάστησης (P2) στα Μελίσσια, από 18/7 έως 15/11 του 2009
- Εικ. 31: Διαγράμματα σχετικής συχνότητας των κλάσεων του δείκτη TH1 για την περιοχή αραιής δόμησης παρουσία βλάστησης (P2) στα Μελίσσια, από 18/7 έως 15/11 του 2009
- Εικ. 32: Διάγραμμα σχετικής συχνότητας των κλάσεων του δείκτη TH1 σε ωριαία βάση για την περιοχή αραιής δόμησης παρουσία βλάστησης (P4) στα Μελίσσια, από 18/7 έως 15/11 του 2009
- Εικ. 33: Διαγράμματα σχετικής συχνότητας των κλάσεων του δείκτη TH1 για την περιοχή αραιής δόμησης παρουσία βλάστησης (P4) στα Μελίσσια, από 18/7 έως 15/11 του 2009
- Εικ. 34: Διαγράμματα σχετικής συχνότητας των κλάσεων του δείκτη TH1 για τις περιοχές του τύπου III, από 18/7 έως 15/11 του 2009
- Εικ. 35: Διάγραμμα σχετικής συχνότητας των κλάσεων του δείκτη TH1 σε ωριαία βάση για την περιοχή μεταβατικής ζώνης δόμησης-βλάστησης (P6) στα Μελίσσια, από 18/7 έως 15/11 του 2009

- Εικ. 36: Διαγράμματα σχετικής συχνότητας των κλάσεων του δείκτη TH1 για την περιοχή μεταβατικής ζώνης δόμησης βλάστησης (P6) στα Μελίσσια, από 18/7 έως 15/11 του 2009
- Εικ. 37: Διάγραμμα σχετικής συχνότητας των κλάσεων του δείκτη TH1 σε ωριαία βάση για την περιοχή μεταβατικής ζώνης δόμησης-βλάστησης (P10) στα Μελίσσια, από 18/7 έως 15/11 του 2009
- Εικ. 38: Διαγράμματα σχετικής συχνότητας των κλάσεων του δείκτη TH1 για την περιοχή μεταβατικής ζώνης δόμησης βλάστησης (P10) στα Μελίσσια, από 18/7 έως 15/11 του 2009
- Εικ. 39: Διαγράμματα σχετικής συχνότητας των κλάσεων του δείκτη TH1 για τις περιοχές του τύπου IV, από 18/7 έως 15/11 του 2009
- Εικ. 40: Διάγραμμα σχετικής συχνότητας των κλάσεων του δείκτη TH1 σε ωριαία βάση για την αραιή φυτοκαλυμμένη περιοχή του άλσους (P8) στα Μελίσσια, από 18/7 έως 15/11 του 2009
- Εικ. 41: Διαγράμματα σχετικής συχνότητας των κλάσεων του δείκτη TH1 για την για την αραιή φυτοκαλυμμένη περιοχή του άλσους (P8) στα Μελίσσια, από 18/7 έως 15/11 του 2009
- Εικ. 42: Διάγραμμα σχετικής συχνότητας των κλάσεων του δείκτη TH1 σε ωριαία βάση για την αραιή φυτοκαλυμμένη περιοχή του άλσους (P11) στα Μελίσσια, από 18/7 έως 15/11 του 2009
- Εικ. 43: Διαγράμματα σχετικής συχνότητας των κλάσεων του δείκτη TH1 για την αραιή φυτοκαλυμμένη περιοχή του άλσους (P11) στα Μελίσσια, από 18/7 έως 15/11 του 2009
- Εικ. 44: Διαγράμματα σχετικής συχνότητας των κλάσεων του δείκτη TH1 για τις περιοχές του τύπου V, από 18/7 έως 15/11 του 2009
- Εικ. 45: Διάγραμμα σχετικής συχνότητας των κλάσεων του δείκτη TH1 σε ωριαία βάση για την πυκνή φυτοκαλυμμένη περιοχή (P3) του άλσους στα Μελίσσια, από 18/7 έως 15/11 του 2009
- Εικ. 46: Διαγράμματα σχετικής συχνότητας των κλάσεων του δείκτη TH1 για την πυκνή φυτοκαλυμμένη περιοχή του άλσους (P3) στα Μελίσσια, από 18/7 έως 15/11 του 2009
- Εικ. 47: Διάγραμμα σχετικής συχνότητας των κλάσεων του δείκτη TH1 σε ωριαία βάση για την πυκνή φυτοκαλυμμένη περιοχή (P9) του άλσους στα Μελίσσια, από 18/7 έως 15/11 του 2009
- Εικ. 48: Διαγράμματα σχετικής συχνότητας των κλάσεων του δείκτη TH1 για την πυκνή φυτοκαλυμμένη περιοχή του άλσους (P9) στα Μελίσσια, από 18/7 έως 15/11 του 2009
- Εικ. 49: Διαγράμματα σχετικής συχνότητας των κλάσεων του δείκτη TH1 για τις περιοχές του τύπου VI, από 18/7 έως 15/11 του 2009
- Εικ. 50: Διαγράμματα μέσω ωριαίων τιμών Θερμοκρασίας για τα σημεία του άλσους Μελισσιών

- Εικ. 51: Άλσος Μελισσίων (Σημείο μέτρησης P3) : α) οπτική απεικόνιση της περιοχής, β) χωρική απεικόνιση της θερμικής κατάστασης της περιοχής (στις 4/9/2009, ώρα 14:42, από αρχείο εικόνων Καμούτση Α.)
- Εικ.52 : Άλσος Μελισσίων (Σημείο μέτρησης P8): α) οπτική απεικόνιση της περιοχής, β) χωρική απεικόνιση της θερμικής κατάστασης της περιοχής (στις 4/9/2009, ώρα 14:25, από αρχείο εικόνων Καμούτση Α.), γ) οπτική απεικόνιση αμμώδους έκτασης πλησίον του σταθμού, δ) χωρική απεικόνιση της θερμικής κατάστασης της αμμώδους έκτασης πλησίον του σταθμού (στις 4/9/2009, ώρα 14:13, από αρχείο εικόνων Καμούτση Α.)
- Εικ. 53 : Άλσος Μελισσίων (Σημείο μέτρησης P9): α) οπτική απεικόνιση της περιοχής, β) χωρική απεικόνιση της θερμικής κατάστασης της περιοχής (στις 4/9/2009, ώρα 14:07, από αρχείο εικόνων Καμούτση Α.)
- Εικ. 54: Άλσος Μελισσίων (Σημείο μέτρησης P11): α) οπτική απεικόνιση της περιοχής , β) χωρική απεικόνιση της θερμικής κατάστασης της περιοχής (στις 4/9/2009, ώρα 13:14, από αρχείο εικόνων Καμούτση Α.), γ) οπτική απεικόνιση κτιριακών εγκαταστάσεων πλησίον του σταθμού, δ) χωρική απεικόνιση της θερμικής κατάστασης των κτιριακών εγκαταστάσεων (στις 4/9/2009, ώρα 13:42, από αρχείο εικόνων Καμούτση Α.). ε) οπτική απεικόνιση του δυτικού τμήματος κτιριακών εγκαταστάσεων πλησίον του σταθμού, στ) χωρική απεικόνιση της θερμικής κατάστασης του δυτικού τμήματος κτιριακών εγκαταστάσεων (στις 4/9/2009, ώρα 13:40, από αρχείο εικόνων Καμούτση Α.)
- Εικ. 55: Περιοχή μεταβατικής ζώνης δόμησης-βλάστησης (Δήμος Μελισσίων): α) οπτική απεικόνιση της περιοχής του σταθμού, β) χωρική απεικόνιση της θερμικής κατάστασης της περιοχής του σταθμού (στις 4/9/2009, ώρα 15:44, από αρχείο εικόνων Καμούτση Α.)
- Εικ. 56: Σύγκριση της πορείας του δείκτη θερμικής άνεσης THI μέσα στο 24ωρο, για τους τύπους I, II, III, IV, V και VI
- Εικ. 57: Σύγκριση μέσης θερμοκρασίας, T, για τους τύπους I, II, III, IV, V και VI
- Εικ. 58: Διάγραμμα σχετικής συχνότητας των κλάσεων του δείκτη THI σε ωριαία βάση για την κορυφή του Πεντελικού όρους (P7) από 18/7 έως 15/11 του 2009
- Εικ. 59: Διαγράμματα σχετικής συχνότητας των κλάσεων του δείκτη THI για την κορυφή του Πεντελικού όρους (P7) από 18/7 έως 15/11 του 2009
- Εικ. 60: Διάγραμμα σχετικής συχνότητας των κλάσεων του δείκτη THI σε ωριαία βάση για την πλαγιά του Πεντελικού όρους (P13) από 18/7 έως 4/9 του 2009
- Εικ. 61: Διαγράμματα σχετικής συχνότητας των κλάσεων του δείκτη THI για την πλαγιά του Πεντελικού όρους (P13) από 18/7 έως 4/9 του 2009
- Εικ. 62:Γράφημα συχνότητας κλάσεων THI για το P7 από 18/7 έως 4/9 του 2009
- Εικ. 63: Διαγράμματα συχνότητας κλάσεων THI για το P7 από 18/7 έως 4/9 του 2009
- Εικ. 64: Πανοραμική άποψη Νέας Πεντέλης

- Εικ. 65: Πορεία δείκτη θερμικής άνεσης (THI) για την κορυφή (P7) και το ενδιάμεσο υψόμετρο (P14) του Πεντελικού όρους
- Εικ. 66: Πορεία δείκτη θερμικής άνεσης (THI) για την κορυφή, το λόφο, την πλαγιά του λόφου και για σημείο που δεν επηρεάζεται από το όρος της Πεντέλης
- Εικ. 67: Πορεία μέσης ωριαίας θερμοκρασίας (°C) για την κορυφή, το λόφο, την πλαγιά του λόφου και για σημείο που δεν επηρεάζεται από το όρος της Πεντέλης

B. ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

- Πίνακας 1: Περιβαλλοντικοί παράγοντες και η επίδρασή τους στη ρύθμιση της θερμοκρασίας του ανθρώπινου σώματος (Korpe et al., 2004)
- Πίνακας 2: Κατηγοριοποίηση της ανθρώπινης θερμικής άνεσης σε σχέση με τον θερμο-υγρομετρικό δείκτη (THI) (Conti et al., 2005, Toy et al., 2007; Kamoutsis et al. 2007)
- Πίνακας 3. Πίνακας τιμών του Δείκτη Σχετικής Κόπωσης (RSI) που αντιπροσωπεύουν τα όρια των κλάσεων αίσθησης για το μέσο, εγκλιματισμένο και ηλικιωμένο άνθρωπο. (Balafoutis et al. 2004; Giles et al, 1990)
- Πίνακας 4. Θέσεις καταγραφικών θερμοκρασίας και υγρασίας στους δήμους Μελισσίων και Ν.Πεντέλης και στο Πεντελικό όρος