

ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΓΕΝΙΚΟ ΤΜΗΜΑ

ΠΜΣ *Θετικές Επιστήμες στη Γεωπονία*

Κλάδος Π: «Γεωλογικό και Ατμοσφαιρικό Περιβάλλον για το Σχεδιασμό Έργων Υποδομής»

**ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΥΠΑΙΘΡΙΩΝ ΑΣΤΙΚΩΝ ΧΩΡΩΝ
ΜΕ ΒΛΑΣΤΗΣΗ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΣΤΟ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ ΤΟΥΣ**

Μεταπτυχιακή εργασία της Ρηγοπούλου Δήμητρας



Επιβλέπων: Τσίρος Ι., Αναπληρωτής Καθηγητής ΓΠΑ

Αθήνα, Φεβρουάριος 2013

ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

ΓΕΝΙΚΟ ΤΜΗΜΑ

ΠΜΣ *Θετικές Επιστήμες στη Γεωπονία*

Κλάδος Π: «Γεωλογικό και Ατμοσφαιρικό Περιβάλλον για το Σχεδιασμό Έργων Υποδομής»

**ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΥΠΑΙΘΡΙΩΝ ΑΣΤΙΚΩΝ ΧΩΡΩΝ
ΜΕ ΒΛΑΣΤΗΣΗ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΣΤΟ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ ΤΟΥΣ**

Μεταπτυχιακή εργασία της Ρηγοπούλου Δήμητρας

Επιβλέπων: Τσίρος Ι., Αναπληρωτής Καθηγητής ΓΠΑ

Μέλη Εξεταστικής Επιτροπής:

Ψυλόγλου Β., Κύριος Ερευνητής Εθνικού Αστεροσκοπείου

Αλβέρτος Ν., Επίκουρος Καθηγητής ΓΠΑ

Αθήνα, Φεβρουάριος 2013

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ	5
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	6
ABSTRACT.....	7
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ	8
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ	8
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ.....	10
ΑΡΚΤΙΚΟΛΕΞΑ.....	13
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	14
2. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ.....	15
2.1 Θερμική άνεση – Παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται η θερμική άνεση	15
2.1.1 Θερμοκρασία αέρος	16
2.1.2 Υγρασία.....	17
2.1.3 Ταχύτητα ανέμου.....	18
2.1.4 Θερμοκρασία ακτινοβολίας.....	18
2.1.5 Ένδυμασία.....	19
2.1.6 Μεταβολισμός.....	19
2.2 Βιομετεωρολογικοί – βιοκλιματικοί δείκτες.....	20
2.2.1 Δείκτης PET.....	21
2.2.2 Δείκτης PMV	24
2.3 Βιοκλιματική συμπεριφορά ελεύθερων κοινόχρηστων χώρων.....	25
2.3.1 Βιοκλιματικές συνθήκες πλατειών.....	
2.3.2 Βιοκλιματικές συνθήκες φυτοκαλυμμένων επιφανειών (Πάρκα, Άλση).....	27
3. ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΕΡΕΥΝΑΣ.....	29
3.1 Το κλίμα της Αθήνας.....	29
3.1.1 Γενικά.....	29
3.1.2 Μικροκλίματα Αθήνας	29
3.1.3 Βιοκλιματικές συνθήκες της Αθήνας κατά τη θερινή περίοδο.....	31
3.1.4 Επεισόδια καύσωνα στην Αθήνα.....	34

3.2 Παρουσίαση περιοχών μελέτης.....	36
3.2.1 Περιοχή Πλατείας Αγ. Δημητρίου Πετρούπολης.....	36
3.2.2 Περιοχή Άλσους Μπαρουτάδικο (Αιγάλεω).....	38
4.ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ.....	41
4.1 Μετρήσεις πεδίου.....	41
4.1.1 Η κινητή μονάδα μικρομετεωρολογικού σταθμού.....	41
4.1.2 Σημεία λήψης δεδομένων με το ΜΣ στην Πλατεία Αγ. Δημητρίου.....	44
4.1.3 Σημεία λήψης δεδομένων με το ΜΣ στο Άλσος Μπαρουτάδικο	
4.2 Το μοντέλο Rayman.....	48
4.3 Ο συντελεστής θέασης ουράνιου θόλου (Sky View Factor – SVF).....	51
5. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	54
5.1 Αποτελέσματα μετρήσεων στην Πλατεία Αγ. Δημητρίου (Πετρούπολη).....	54
5.1.1 - 1 ^η μέτρηση στην Πλατεία Αγ. Δημητρίου (23/6/2012).....	54
5.1.2 - 2 ^η μέτρηση στην Πλατεία Αγ. Δημητρίου (25/6/2012).....	58
5.1.3 - 3 ^η μέτρηση στην Πλατεία Αγ. Δημητρίου (26/6/2012).....	62
5.1.4 - 4 ^η μέτρηση στην Πλατεία Αγ. Δημητρίου (7/9/2012).....	66
5.1.5 - 5 ^η μέτρηση στην Πλατεία Αγ. Δημητρίου (3/10/2012).....	70
5.1.6 - 6 ^η μέτρηση στην Πλατεία Αγ. Δημητρίου (4/10/2012).....	74
5.1.7 - 7 ^η μέτρηση στην Πλατεία Αγ. Δημητρίου (5/10/2012).....	81
5.1.8 Σύγκριση PET στην πλατεία ΑΓ. Δημητρίου.....	87
5.2 Αποτελέσματα μετρήσεων στο Άλσος Μπαρουτάδικο (Αιγάλεω).....	96
5.2.1 - 1 ^η μέτρηση στο Άλσος Μπαρουτάδικο (29/6/2012).....	96
5.2.2 - 2 ^η μέτρηση στο Άλσος Μπαρουτάδικο (02/07/2012).....	100
5.2.3 Σύγκριση PET στο Άλσος Μπαρουτάδικο.....	104
6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	105
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	107

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα μεταπτυχιακή μελέτη ασχολείται με τη διερεύνηση της βιοκλιματικής συμπεριφοράς αστικών υπαίθριων χώρων με βλάστηση σε δύο περιοχές της Δυτικής Αθήνας, την πλατεία Αγ. Δημητρίου στην Πετρούπολη και το Άλσος Μπαρουτάδικο στο Αιγάλεω. Αποτελείται από δύο μέρη: το θεωρητικό υπόβαθρο και το ειδικό μέρος, το οποίο περιλαμβάνει τις μετρήσεις πεδίου και την ανάλυση αυτών.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Επιβλέποντα κ. Τσίρο Ιωάννη, Αναπληρωτή Καθηγητή του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών και Διευθυντή του Εργαστηρίου Γενικής και Γεωργικής Μετεωρολογίας για τον χρόνο που διέθεσε και τις πολύτιμες συμβουλές του καθόλη τη διάρκεια εκπόνησης της μεταπτυχιακής μου εργασίας ως επιβλέπων καθηγητής. Η επιστημονική του υποστήριξη σε θέματα που αφορούν στη θερμική άνεση σε αστικούς υπαίθριους χώρους, αποτέλεσε θεμέλιο λίθο στην προσπάθεια αυτή.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω την κ. Τσέλιου Αρετή, Υποψήφια Διδάκτορα του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών για τη βοήθειά της στις μετρήσεις πεδίου με τη μικρομετεωρολογική μονάδα και τον κ. Χαραλαμπόπουλο Ιωάννη, Διδάκτορα του Εργαστηρίου Γενικής και Γεωργικής Μετεωρολογίας του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών για τη βοήθεια και τις συμβουλές που μου παρείχε σχετικά με το λογισμικό Rayman.

Επιπλέον, θα ήθελα να ευχαριστήσω το Ινστιτούτο Ερευνών Περιβάλλοντος και Βιώσιμης Ανάπτυξης, του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών, μέσω του ερευνητή του Δρ. Β. Ψυλόγλου, για τον δανεισμό μέρους του εξοπλισμού και των αισθητήρων που χρησιμοποιήθηκαν κατά την ανάπτυξη της κινητής μονάδας μικρομετεωρολογικού σταθμού, ο οποίος χρησιμοποιήθηκε για τις μετρήσεις πεδίου. Θα ήθελα ακόμη να εκφράσω θερμές ευχαριστίες στο Δρ. Β. Ψυλόγλου και τον κ. Αλβέρτο Ν., Επίκουρο Καθηγητή του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών, για συμμετοχή τους στην εξεταστική επιτροπή και τις χρήσιμες παρατηρήσεις τους στο κείμενο.

Τέλος, ένα μεγάλο ευχαριστώ στην οικογένειά μου και στους φίλους μου για την υπομονή και τον ενδιαφέρον.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η διερεύνηση των βιοκλιματικών συνθηκών σε υπαίθριους χώρους με βλάστηση έχει διαδοθεί ευρέως τα τελευταία χρόνια στα μεγάλα αστικά κέντρα. Αυτό οφείλεται στην ανάγκη για σχεδιασμό χώρων, εντός των πόλεων, που θα προσφέρουν θερμική άνεση και, γενικά, μια καλύτερη ποιότητα ζωής στους ανθρώπους.

Στην παρούσα μελέτη γίνεται μια προσπάθεια διερεύνησης της θερμικής αίσθησης που δημιουργείται σε δύο αστικούς υπαίθριους χώρους της Δυτικής Αθήνας, στην πλατεία Αγ. Δημητρίου (Πετρούπολη) και στο Άλσος Μπαρουτάδικο (Αιγάλεω), κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού και του φθινοπώρου.

Στο πλαίσιο υλοποίησης της μελέτης χρησιμοποιήθηκε κινητή μονάδα μικρομετεωρολογικού σταθμού που κατέγραφε συνεχώς της θερμοκρασία αέρα, την υγρασία, την ταχύτητα του ανέμου, τις ακτινοβολίες μικρού και μεγάλου κύματος. Με τη χρήση του λογισμικού Rayman 1.2 υπολογίστηκαν οι βιοκλιματικοί δείκτες, με μεγαλύτερο ενδιαφέρον στον υπολογισμό του δείκτη PET (Physiological Equivalent Temperature). Από την ανάλυση των αποτελεσμάτων υπολογίστηκε η θερμική αίσθηση του ανθρώπου. Διαπιστώθηκε ότι οι συνθήκες θερμικής άνεσης εξαρτώνται από την εποχή του έτους και τις επικρατούσες μετεωρολογικές συνθήκες. Με βάση τα αποτελέσματα επαληθεύτηκε επίσης η σημαντική συμβολή του ανέμου και της ακτινοβολίας στη βελτίωση των συνθηκών θερμικής άνεσης.

Τέλος, οι υπαίθριοι χώροι είναι θέσεις όπου ο άνθρωπος περνά αρκετό χρόνο κάνοντας διάφορες δραστηριότητες. Συνεπώς, η διαμόρφωση και ο σχεδιασμός τους πρέπει να πληρεί συγκεκριμένες προδιαγραφές ώστε να επιτυγχάνεται η θερμική άνεση των χρηστών.

Λέξεις κλειδιά: θερμική αίσθηση, θερμική άνεση, βιοκλιματικές συνθήκες, βιοκλιματικοί δείκτες, Δείκτης PET

ABSTRACT

The investigation of bioclimatic conditions in open spaces with vegetation has been widely encouraged in recent years in large urban centers, due to the fact that there is an increasing need for appropriate planning of spaces in cities providing, enhanced thermal comfort and, in general terms, a better quality of life.

The present study focuses on the investigation of the thermal climate and thermal sensation in two urban open spaces of West Athens, St. Demetrios Square (Petrroupoli) and Mparoutadiko Grove (Aigaleo) during summer and autumn.

In the context of the implementation of the study, a mobile unit of micrometeorological station was used to continuously measure inter alia, air temperature, humidity, wind speed, short- and long radiation. Using Rayman 1.2 software, bioclimatic indices were calculated with a greater interest on the calculation of the PET index (Physiological Equivalent Temperature). The analysis of the results showed that human thermal sensation depends on the time of year and the prevailing weather conditions. In addition, results showed that wind and radiation conditions are important parameters to the improvement of thermal comfort conditions.

Last but not least, open areas are places where people spend a lot of time dealing with various activities. Therefore, their development and planning must meet a specific set of specifications and requirements in order for the thermal comfort of users to be achieved.

Keywords: thermal sensation, thermal comfort, bioclimatic conditions, bioclimatic indices, PET index

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1: Πίνακας με τη μεταβολική δραστηριότητα

Εικόνα 2 (α, β): Η μικροκλιματική συμπεριφορά μίας πλατείας με χαμηλό ποσοστό βλάστησης και ενός πάρκου στην πόλη των Αθηνών κατά τη διάρκεια του μεγάλου καύσωνα του 2007 φαίνεται στην εικόνα 2, όπου δίνονται τα boxplots των διαφορών θερμοκρασίας μεταξύ του πάρκου και του σταθμού αναφοράς (εικόνα 2α) και μεταξύ της πλατείας και του σταθμού αναφοράς (εικόνα 2β).

Εικόνα 3: Χάρτης με το Δήμο Πετρούπολης

Εικόνα 4: Περιοχή μελέτης στο Δήμο Πετρούπολης

Εικόνα 5: Χάρτης με το Δήμο Αιγάλεω

Εικόνα 6: Περιοχή μελέτης στο Δήμο Αιγάλεω

Εικόνα 7: Η μικρομετεωρολογική μονάδα του ΓΠΑ και του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών

Εικόνα 8: Σημεία λήψης δεδομένων στην Πλατεία Αγ. Δημητρίου (Πετρούπολη)

Εικόνες 9, 10, 11: Άποψη θέσης σημείου 1

Εικόνες 12, 13: Άποψη θέσης σημείου 2

Εικόνες 14, 15, 16: Άποψη θέσης σημείου 3

Εικόνα 17: Σημείο λήψης δεδομένων στο Άλσος Μπαρουτάδικο (Αιγάλεω)

Εικόνες 18, 19, 20, 21: Άποψη θέσης σημείου 4

Εικόνα 22: Περιβάλλον λογισμικού Rayman

Εικόνα 23: Παράθυρο εισαγωγής δεδομένων στο Rayman

Εικόνα 24: Συντεταγμένες και υψόμετρο περιοχών μελέτης

Εικόνα 25: Παράθυρο εισαγωγής δεδομένων στο Rayman

Εικόνες 26, 27: Παράθυρο εισαγωγής δεδομένων SVF

Εικόνα 28: Παράθυρο με εντολές επιλογής των παραμέτρων εξαγωγής

Εικόνα 29: Φωτογραφία SVF από τη θέση 1

Εικόνα 30: Φωτογραφία SVF από τη θέση 3

Εικόνα 31: Φωτογραφία SVF από τη θέση 4

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1: Κλίμακα δείκτη PET θερμικής αίσθησης του ανθρώπου με εσωτερική παραγωγή θερμότητας 80W και αντίσταση μεταφοράς θερμότητας λόγω ενδυμασίας 0,9 clo (κατά Jendritzky et al 1990, Matzarakis and Mayer 1997, τροποποιημένο),

Πίνακας 2: Πραγματική θερμική αίσθηση και η κλίμακα του δείκτη PET

Πίνακας 3: Κλίμακα δείκτη PMV θερμικής αίσθησης του ανθρώπου με εσωτερική παραγωγή θερμότητας 80W και αντίσταση μεταφοράς θερμότητας λόγω ενδυμασίας 0,9 clo (κατά Jendritzky et al 1990, Matzarakis and Mayer 1997, τροποποιημένο),

Πίνακας 4: Στατιστικά στοιχεία για τα καλοκαίρια 2004 και 2007 (Θερμοκρασία αέρα, κατεύθυνση ανέμου και ατμ. πίεση)

Πίνακας 5: Μικροκλιματικά δεδομένα 1ης μέτρησης στην Πλατεία Αγ. Δημητρίου (23/6/2012)

Πίνακας 6: Αποτελέσματα Rayman από τα δεδομένα της 1ης μέτρησης στην Πλατεία Αγ. Δημητρίου

Πίνακας 7: Μικροκλιματικά δεδομένα 2ης μέτρησης στην Πλατεία Αγ. Δημητρίου (25/6/2012)

Πίνακας 8: Αποτελέσματα Rayman από τα δεδομένα της 2ης μέτρησης στην Πλατεία Αγ. Δημητρίου

Πίνακας 9: Μικροκλιματικά δεδομένα 3ης μέτρησης στην Πλατεία Αγ. Δημητρίου (26/6/2012)

Πίνακας 10: Αποτελέσματα Rayman από τα δεδομένα της 3ης μέτρησης στην Πλατεία Αγ. Δημητρίου

Πίνακας 11: Μικροκλιματικά δεδομένα 4ης μέτρησης στην Πλατεία Αγ. Δημητρίου (7/9/2012)

Πίνακας 12: Αποτελέσματα Rayman από τα δεδομένα της 4ης μέτρησης στην Πλατεία Αγ. Δημητρίου

Πίνακας 13: Μικροκλιματικά δεδομένα 5ης μέτρησης στην Πλατεία Αγ. Δημητρίου (3/10/2012)

Πίνακας 14: Αποτελέσματα Rayman από τα δεδομένα της 5ης μέτρησης στην Πλατεία Αγ. Δημητρίου στο σημείο 1

Πίνακας 15: Αποτελέσματα Rayman από τα δεδομένα της 5ης μέτρησης στην Πλατεία Αγ. Δημητρίου στο σημείο 2

Πίνακας 16: Αποτελέσματα Rayman από τα δεδομένα της 5ης μέτρησης στην Πλατεία Αγ. Δημητρίου στο σημείο 3

Πίνακας 17: Μικροκλιματικά δεδομένα 6ης μέτρησης στην Πλατεία Αγ. Δημητρίου (4/10/2012)

Πίνακας 18: Αποτελέσματα Rayman από τα δεδομένα της 6ης μέτρησης στην Πλατεία Αγ. Δημητρίου στο σημείο 1

Πίνακας 19: Αποτελέσματα Rayman από τα δεδομένα της 6ης μέτρησης στην Πλατεία Αγ. Δημητρίου στο σημείο 2

Πίνακας 20: Αποτελέσματα Rayman από τα δεδομένα της 6ης μέτρησης στην Πλατεία Αγ. Δημητρίου στο σημείο 3

Πίνακας 21: Μικροκλιματικά δεδομένα 7ης μέτρησης στην Πλατεία Αγ. Δημητρίου (5/10/2012)

Πίνακας 22: Αποτελέσματα Rayman από τα δεδομένα της 7ης μέτρησης στην Πλατεία Αγ. Δημητρίου στο σημείο 1

Πίνακας 23: Αποτελέσματα Rayman από τα δεδομένα της 7ης μέτρησης στην Πλατεία Αγ. Δημητρίου στο σημείο 2

Πίνακας 24: Αποτελέσματα Rayman από τα δεδομένα της 7ης μέτρησης στην Πλατεία Αγ. Δημητρίου στο σημείο 3

Πίνακας 25: Μικροκλιματικά δεδομένα σημείου 1 στην Πλατεία Αγ. Δημητρίου (3/10/2012)

Πίνακας 26: Μικροκλιματικά δεδομένα σημείου 2 στην Πλατεία Αγ. Δημητρίου (3/10/2012)

Πίνακας 27: Μικροκλιματικά δεδομένα σημείου 3 στην Πλατεία Αγ. Δημητρίου (3/10/2012)

Πίνακας 28: Μικροκλιματικά δεδομένα σημείου 1 στην Πλατεία Αγ. Δημητρίου (4/10/2012)

Πίνακας 29: Μικροκλιματικά δεδομένα σημείου 2 στην Πλατεία Αγ. Δημητρίου (4/10/2012)

Πίνακας 30: Μικροκλιματικά δεδομένα σημείου 3 στην Πλατεία Αγ. Δημητρίου (4/10/2012)

Πίνακας 31: Μικροκλιματικά δεδομένα σημείου 1 στην Πλατεία Αγ. Δημητρίου (5/10/2012)

Πίνακας 32: Μικροκλιματικά δεδομένα σημείου 2 στην Πλατεία Αγ. Δημητρίου (5/10/2012)

Πίνακας 33: Μικροκλιματικά δεδομένα σημείου 3 στην Πλατεία Αγ. Δημητρίου (5/10/2012)

Πίνακας 34: Μικροκλιματικά δεδομένα 1ης μέτρησης στο Άλσος Μπαρουτάδικο (29/6/2012)

Πίνακας 35: Αποτελέσματα Rayman από τα δεδομένα της 1ης μέτρησης στο Άλσος Μπαρουτάδικο

Πίνακας 36: Μικροκλιματικά δεδομένα 2ης μέτρησης στο Άλσος Μπαρουτάδικο (2/7/2012)

Πίνακας 37: Αποτελέσματα Rayman από τα δεδομένα της 2ης μέτρησης στο Άλσος Μπαρουτάδικο

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

Διάγραμμα 1: Μέσες τιμές θερμοκρασίας αέρα στην Πλατεία Αγ. Δημητρίου (23/6/2012)

Διάγραμμα 2: Μέσες τιμές σχετικής υγρασίας αέρα στην Πλατεία Αγ. Δημητρίου (23/6/2012)

Διάγραμμα 3: Μέσες τιμές προσπίπτουσας ακτινοβολίας στην Πλατεία Αγ. Δημητρίου (23/6/2012)

Διάγραμμα 4: Μέσες τιμές ταχύτητας ανέμου στην Πλατεία Αγ. Δημητρίου (23/6/2012)

Διάγραμμα 5: Πορεία δείκτη PET στην Πλατεία Αγ. Δημητρίου (23/6/2012)

Διάγραμμα 6: Μέσες τιμές θερμοκρασίας αέρα στην Πλατεία Αγ. Δημητρίου (25/6/2012)

Διάγραμμα 7: Μέσες τιμές σχετικής υγρασίας αέρα στην Πλατεία Αγ. Δημητρίου (25/6/2012)

Διάγραμμα 8: Μέσες τιμές προσπίπτουσας ακτινοβολίας στην Πλατεία Αγ. Δημητρίου (25/6/2012)

Διάγραμμα 9: Μέσες τιμές ταχύτητας ανέμου στην Πλατεία Αγ. Δημητρίου (25/6/2012)

Διάγραμμα 10: Πορεία δείκτη PET στην Πλατεία Αγ. Δημητρίου (25/6/2012)

Διάγραμμα 11: Μέσες τιμές θερμοκρασίας αέρα στην Πλατεία Αγ. Δημητρίου (26/6/2012)

Διάγραμμα 12: Μέσες τιμές σχετικής υγρασίας αέρα στην Πλατεία Αγ. Δημητρίου (26/6/2012)

Διάγραμμα 13: Μέσες τιμές προσπίπτουσας ακτινοβολίας στην Πλατεία Αγ. Δημητρίου (26/6/2012)

Διάγραμμα 14: Μέσες τιμές ταχύτητας ανέμου στην Πλατεία Αγ. Δημητρίου (26/6/2012)

Διάγραμμα 15: Πορεία δείκτη PET στην Πλατεία Αγ. Δημητρίου (26/6/2012)

Διάγραμμα 16: Μέσες τιμές θερμοκρασίας αέρα στην Πλατεία Αγ. Δημητρίου (7/9/2012)

Διάγραμμα 17: Μέσες τιμές σχετικής υγρασίας αέρα στην Πλατεία Αγ. Δημητρίου (7/9/2012)

Διάγραμμα 18: Μέσες τιμές προσπίπτουσας ακτινοβολίας στην Πλατεία Αγ. Δημητρίου (7/9/2012)

Διάγραμμα 19: Μέσες τιμές ταχύτητας ανέμου στην Πλατεία Αγ. Δημητρίου (7/9/2012)

Διάγραμμα 20: Πορεία δείκτη PET στην Πλατεία Αγ. Δημητρίου (7/9/2012)

Διάγραμμα 21: Μέσες τιμές θερμοκρασίας αέρα στην Πλατεία Αγ. Δημητρίου (3/10/2012)

Διάγραμμα 22: Μέσες τιμές σχετικής υγρασίας αέρα στην Πλατεία Αγ. Δημητρίου (3/10/2012)

Διάγραμμα 23: Μέσες τιμές προσπίπτουσας ακτινοβολίας στην Πλατεία Αγ. Δημητρίου (3/10/2012)

Διάγραμμα 24: Μέσες τιμές ταχύτητας ανέμου στην Πλατεία Αγ. Δημητρίου (3/10/2012)

Διάγραμμα 25: Πορεία δείκτη PET στην Πλατεία Αγ. Δημητρίου (3/10/2012) – Σημείο 1

Διάγραμμα 26: Πορεία δείκτη PET στην Πλατεία Αγ. Δημητρίου (3/10/2012) – Σημείο 2

Διάγραμμα 27: Πορεία δείκτη PET στην Πλατεία Αγ. Δημητρίου (3/10/2012) – Σημείο 3

Διάγραμμα 28: Μέσες τιμές θερμοκρασίας αέρα στην Πλατεία Αγ. Δημητρίου (4/10/2012)

Διάγραμμα 29: Μέσες τιμές σχετικής υγρασίας αέρα στην Πλατεία Αγ. Δημητρίου (4/10/2012)

Διάγραμμα 30: Μέσες τιμές προσπίπτουσας ακτινοβολίας στην Πλατεία Αγ. Δημητρίου (4/10/2012)

Διάγραμμα 31: Μέσες τιμές ταχύτητας ανέμου στην Πλατεία Αγ. Δημητρίου (4/10/2012)

Διάγραμμα 32: Πορεία δείκτη PET στην Πλατεία Αγ. Δημητρίου (4/10/2012) – Σημείο 1

Διάγραμμα 33: Πορεία δείκτη PET στην Πλατεία Αγ. Δημητρίου (4/10/2012) – Σημείο 2

Διάγραμμα 34: Πορεία δείκτη PET στην Πλατεία Αγ. Δημητρίου (4/10/2012) – Σημείο 3

Διάγραμμα 35: Μέσες τιμές θερμοκρασίας αέρα στην Πλατεία Αγ. Δημητρίου (5/10/2012)

Διάγραμμα 36: Μέσες τιμές σχετικής υγρασίας αέρα στην Πλατεία Αγ. Δημητρίου (5/10/2012)

Διάγραμμα 37: Μέσες τιμές προσπίπτουσας ακτινοβολίας στην Πλατεία Αγ. Δημητρίου (5/10/2012)

Διάγραμμα 38: Μέσες τιμές ταχύτητας ανέμου στην Πλατεία Αγ. Δημητρίου (5/10/2012)

Διάγραμμα 39: Πορεία δείκτη PET στην Πλατεία Αγ. Δημητρίου (5/10/2012) – Σημείο 1

Διάγραμμα 40: Πορεία δείκτη PET στην Πλατεία Αγ. Δημητρίου (5/10/2012) – Σημείο 2

Διάγραμμα 41: Πορεία δείκτη PET στην Πλατεία Αγ. Δημητρίου (5/10/2012) – Σημείο 3

Διάγραμμα 42: Πορεία δείκτη PET στην Πλατεία Αγ. Δημητρίου στο σύνολο των μετρήσεων

Διάγραμμα 43: Πορεία δείκτη PET στην Πλατεία Αγ. Δημητρίου ανά σημείο (3/10/2012)

Διάγραμμα 44: Πορεία δείκτη PET στην Πλατεία Αγ. Δημητρίου ανά σημείο (4/10/2012)

Διάγραμμα 45: Πορεία δείκτη PET στην Πλατεία Αγ. Δημητρίου ανά σημείο (5/10/2012)

Διάγραμμα 46: Πορεία δείκτη PET στην Πλατεία Αγ. Δημητρίου στο σημείο 1

Διάγραμμα 47: Πορεία δείκτη PET στην Πλατεία Αγ. Δημητρίου στο σημείο 2

Διάγραμμα 48: Πορεία δείκτη PET στην Πλατεία Αγ. Δημητρίου στο σημείο 3

Διάγραμμα 49: Σύγκριση τιμών δείκτη PET στην Πλατεία Αγ. Δημητρίου στο σημείο 3

Διάγραμμα 50: Σύγκριση τιμών δείκτη PET στην Πλατεία Αγ. Δημητρίου στο σημείο 3

Διάγραμμα 51: Μέσες τιμές θερμοκρασίας αέρα στο Άλσος Μπαρουτάδικο (29/6/2012)

Διάγραμμα 52: Μέσες τιμές σχετικής υγρασίας αέρα στο Άλσος Μπαρουτάδικο (29/6/2012)

Διάγραμμα 53: Μέσες τιμές προσπίπτουσας ακτινοβολίας στο Άλσος Μπαρουτάδικο (29/6/2012)

Διάγραμμα 54: Μέσες τιμές ταχύτητας ανέμου στο Άλσος Μπαρουτάδικο (29/6/2012)

Διάγραμμα 55: Πορεία δείκτη PET στο Άλσος Μπαρουτάδικο (29/6/2012)

Διάγραμμα 56: Μέσες τιμές θερμοκρασίας αέρα στο Άλσος Μπαρουτάδικο (2/7/2012)

Διάγραμμα 57: Μέσες τιμές σχετικής υγρασίας αέρα στο Άλσος Μπαρουτάδικο (2/7/2012)

Διάγραμμα 58: Μέσες τιμές προσπίπτουσας ακτινοβολίας στο Άλσος Μπαρουτάδικο (2/7/2012)

Διάγραμμα 59: Μέσες τιμές ταχύτητας ανέμου στο Άλσος Μπαρουτάδικο (2/7/2012)

Διάγραμμα 60: Πορεία δείκτη PET στο Άλσος Μπαρουτάδικο (2/7/2012)

Διάγραμμα 61: Πορεία δείκτη PET στο Άλσος Μπαρουτάδικο από το σύνολο των μετρήσεων

ΑΡΚΤΙΚΟΛΕΞΑ

PET: Physiological Equivalent Temperature

PMV: Predicted Mean Vote

THI: Θερμοϋγρομετρικός δείκτης THI

K: Wind Chill Index

SVF: Θέαση του ουράνιου θόλου (Sky View Factor)

Alb-up: Προσπίπτουσα ακτινοβολία

Alb-down: Ανακλώμενη ακτινοβολία

Pyr-up: Ολική προσπίπτουσα ακτινοβολία

Pyr-down: Ολική ανακλώμενη ακτινοβολία

RH: Σχετική υγρασία

T_{air}/T_a: Θερμοκρασία αέρα

T_{globe}: Θερμοκρασία σφαίρας

Wspeed: Ταχύτητα ανέμου

Gact: Πραγματική παγκόσμια ακτινοβολία (Global Radiation Actual)

Sact: Πραγματική ηλιακή ακτινοβολία (Solar Radiation Actual)

Dact: Πραγματική διάχυτη ακτινοβολία (Diffuse Radiation Actual)

T_s: Θερμοκρασία επιφανείας

T_{mrt}: Θερμοκρασία ακτινοβολίας

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το ατμοσφαιρικό περιβάλλον κοντά στην επιφάνεια του εδάφους επηρεάζει καθοριστικά τις συνθήκες διαβίωσης των φυτικών και ζωικών οργανισμών. Οι κλιματικές συνθήκες που διαμορφώνονται εκεί, καθορίζονται από μια σειρά βασικών παραμέτρων, όπως είναι η θερμοκρασία, η ακτινοβολία και η υγρασία. Επίσης, οι παράμετροι αυτές επηρεάζουν τόσο την υγιεινή κατάσταση όσο τις συνθήκες διαβίωσης του ανθρώπινου οργανισμού. Όμως, οι φυτικοί και οι ζωικοί οργανισμοί μέσα από τις φυσιολογικές διεργασίες και δραστηριότητες επηρεάζουν και αυτοί με τη σειρά τους το ατμοσφαιρικό περιβάλλον. Αυτή η αλληλεπίδραση μεταξύ των ατμοσφαιρικών συνθηκών και των έμβιων όντων αποτελεί το αντικείμενο της Βιομετεωρολογίας - Βιοκλιματολογίας.

Η Βιομετεωρολογία και η Βιοκλιματολογία αποτελούν εφαρμοσμένους κλάδους της Μετεωρολογίας και της Κλιματολογίας αντίστοιχα, και μελετούν τις σχέσεις που συνδέουν τις ατμοσφαιρικές συνθήκες με τα βιολογικά φαινόμενα και διεργασίες. Η διαφορά τους εντοπίζεται στη χρονική διάρκεια των απαιτούμενων δεδομένων των παραμέτρων του ατμοσφαιρικού περιβάλλοντος. Με άλλα λόγια, η Βιοκλιματολογία μελετά τα φαινόμενα υπό την επίδραση των κλιματικών συνθηκών μιας περιοχής, ενώ η Βιομετεωρολογία υπό την επίδραση του παρόντος καιρού.

Η επιστήμη της Βιομετεωρολογίας - Βιοκλιματολογίας είναι μια από τις παλαιότερες περιβαλλοντικές επιστήμες. Οι αρχαίοι Έλληνες φιλόσοφοι ήταν από τους πρώτους που διερεύνησαν την επίδραση και το ρόλο των μετεωρολογικών παραμέτρων στην ανθρώπινη υγεία. Ο πρώτος που επεσήμανε το σημαντικό τους ήταν ο Ιπποκράτης, ενώ ακολούθησαν και άλλοι έλληνες φιλόσοφοι μεταξύ των οποίων ο Αριστοτέλης, ο Θεόφραστος και ο Πλίνιος.

Σήμερα, η επιστήμη της Βιομετεωρολογίας – Βιοκλιματολογίας ασχολείται με τις άμεσες και έμμεσες σχέσεις και αλληλεπιδράσεις του γεωφυσικού και γεωχημικού περιβάλλοντος της ατμόσφαιρας και των ζώντων οργανισμών. Η επιστήμη αυτή βρίσκει σημαντικές εφαρμογές στη θερμική αίσθηση του ανθρώπου σε διαφορετικά περιβάλλοντα, στον αστικό σχεδιασμό, στην ανάπτυξη και την παραγωγικότητα φυτών και ζώων και σε άλλα επιστημονικά πεδία.

2. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ

2.1 Θερμική αίσθηση – Παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται η θερμική άνεση

Η θερμοκρασία του ατμοσφαιρικού αέρα παίζει σημαντικό ρόλο στη θερμική αίσθηση του ανθρώπου, αφού καθορίζει σε σημαντικό βαθμό τη ροή θερμότητας από και προς αυτόν. Η θερμική αίσθηση, όμως, επηρεάζεται και από άλλες μετεωρολογικές παραμέτρους, κυρίως από την υγρασία του αέρα, τη θερμοκρασία ακτινοβολίας και την ταχύτητα ανέμου. Εκτός από τα παραπάνω, το θερμικό περιβάλλον του ανθρώπου προσδιορίζεται από την παραγωγή θερμότητας εξαιτίας του μεταβολισμού του, η οποία εξαρτάται από τις δραστηριότητές του και από το είδος της ένδυσης του.

Η διατήρηση της θερμικής ισορροπίας του ανθρώπινου οργανισμού και του περιβάλλοντος του προϋποθέτει την εξισορρόπηση των θερμικών του απωλειών με το άθροισμα των ποσών της θερμότητας που παράγονται από το μεταβολισμό και αυτών που δέχεται ο οργανισμός του από το περιβάλλον. Στην περίπτωση που οι θερμικές απώλειες είναι μεγαλύτερες, η θερμοκρασία του ανθρώπινου σώματος μειώνεται, ενώ όταν είναι μικρότερες αυξάνεται (Χρονοπούλου, 2011).

Οι παραπάνω διαδικασίες θερμικής ανταλλαγής μεταξύ του ανθρώπινου οργανισμού και του περιβάλλοντος, περιγράφονται από τη θεμελιώδη εξίσωση του ισοζυγίου ενέργειας:

$$M-W=E+R+C+C_{res}+E_{res}+S$$

Όπου:

M = ο ρυθμός του μεταβολισμού

W = η απαιτούμενη ενέργεια για την εκτέλεση μηχανικού έργου (W/m^2)

E = η αποβαλλόμενη από την επιφάνεια του δέρματος θερμότητα μέσω της εξάτμισης

R = η αποβαλλόμενη από την επιφάνεια του δέρματος θερμότητα μέσω της ακτινοβολίας

C = η αποβαλλόμενη από την επιφάνεια του δέρματος θερμότητα μέσω της μεταφοράς

C_{res} = η αποβαλλόμενη θερμότητα από την επιφάνεια του δέρματος μέσω της μεταφοράς δια της αναπνοής

E_{res} = η αποβαλλόμενη θερμότητα από την αναπνοή μέσω της εξάτμισης

S = ο ρυθμός αποθήκευσης θερμότητας στο σώμα.

Η σχέση αυτή αποτελεί μια δυναμική κατάσταση, καθώς οι εξωτερικές συνθήκες του περιβάλλοντος μεταβάλλονται διαρκώς και ο ανθρώπινος οργανισμός ανταποκρίνεται ανάλογα, ενεργοποιώντας μηχανισμούς θερμορρύθμισης. Όταν επιτευχθεί η θερμική ισορροπία μεταξύ ανθρώπου και περιβάλλοντος χώρου, το S της εξίσωσης μηδενίζεται, με στόχο τη διατήρηση της σταθερής σώματος θερμοκρασία στους 37°C , ώστε να έχουμε θερμική άνεση.

Με τον όρο θερμική άνεση, όπως είναι γνωστό, ορίζεται η κατάσταση του νου που εκφράζει την ικανοποίησή του ανθρώπου για το θερμικό του περιβάλλον, με απουσία αίσθησης της θερμικής δυσφορίας ή των συνθηκών υπό τις οποίες το 80% ή 90% των ανθρώπων δεν εκφράζουν δυσαρέσκεια (Moustris et al. 2010).

Οι συνθήκες ανθρώπινης θερμικής άνεσης ή δυσφορίας μπορούν να αξιολογούνται μέσα από ένα μεγάλο αριθμό θεωρητικών και εμπειρικών δεικτών που απαιτούν συνήθως ένα μεγαλύτερο ή μικρότερο αριθμό παραμέτρων μικροκλίματος, όπως είναι η θερμοκρασία αέρα, ταχύτητα του ανέμου, την υγρασία του αέρα, κλπ (Chronopoulos et al. 2011, Mayer 1993). Παρά την ύπαρξη των διαφόρων μικροκλιματικών μοντέλων, υπάρχουν κάποια που είναι σε θέση να υπολογίζουν την ανθρώπινη θερμική άνεση, όπως το μοντέλο RayMan και το μοντέλο Envi-Met. Αυτά τα μοντέλα μπορούν να χρησιμοποιηθούν αποτελεσματικά τόσο στην εκτίμηση όσο και στην πρόβλεψη των συνθηκών της ανθρώπινης θερμικής άνεσης στο αστικό περιβάλλον (Moustris et al. 2010, Matzarakis et al. 2007, Emmanuel et al. 2007). Ωστόσο υπάρχουν και εφαρμογές εναλλακτικών τεχνικών μοντελοποίησης για την αξιολόγηση συνθηκών θερμικής άνεσης στο αστικό περιβάλλον, όπως για παράδειγμα η χρήση των μοντέλων τεχνητών νευρωνικών δικτύων, των οποίων η χρήση αυξάνεται συνεχώς τα τελευταία χρόνια σε ατμοσφαιρικές μελέτες. Αποτελέσματα μελετών που έχουν εφαρμόσει αυτά τα μοντέλα έδειξαν ότι ο κίνδυνος θερμικής δυσφορίας μπορεί να προβλεφθεί με επιτυχία από τη χρήση νευρωνικών δικτύων (Chronopoulos et al. 2011, Moustris et al. 2010).

2.1.1 Θερμοκρασία αέρα

Η θερμοκρασία του αέρα αποτελεί το σημαντικότερο κλιματικό στοιχείο και τη βασικότερη παράμετρο σ' όλες τις κλιματικές κατατάξεις. Με τον όρο θερμοκρασία

του αέρα εννοούμε τη θερμοκρασία αυτού «υπό σκιά» μέσα σε ειδικά διαμορφωμένο στέγαστρο (μετεωρολογικό κλωβό) σε ύψος 1.5-2.0μ από το έδαφος.

Η παράμετρος αυτή είναι πολύ σημαντική για την εκτίμηση της θερμικής αίσθησης, αφού η θερμοκρασία του ατμοσφαιρικού αέρα περιβάλλει το ανθρώπινο σώμα και κατ' επέκταση καθορίζει την ανταλλαγή θερμότητας ανάμεσα στο περιβάλλον και τον άνθρωπο.

2.1.2 Υγρασία

Όπως είναι γνωστό ο ατμοσφαιρικός αέρας περιέχει και υδρατμούς που προέρχονται από την εξάτμιση υγρών επιφανειών, κυρίως των θαλασσών. Η παρουσία αυτών των υδρατμών στον ατμοσφαιρικό αέρα καλείται υγρασία και διακρίνεται σε "απόλυτη" και σε "σχετική". Απόλυτη υγρασία ονομάζεται η ποσότητα των υδρατμών (σε γραμμάρια) που περιέχεται σε 1 κυβικό μέτρο (m^3). Σχετική υγρασία είναι ο λόγος της ποσότητας ή του βάρους των υδρατμών, που περιέχει ο αέρας, προς εκείνη την ποσότητα ή το βάρος των υδρατμών τους οποίους μπορεί να συμπεριλάβει (υπό την αυτή θερμοκρασία και πίεση) μέχρι να κορεσθεί. Η σχετική υγρασία εκφράζεται επί τοις %. Ο κεκορεσμένος αέρας έχει *σχετική υγρασία* 100%, ενώ ο τελείως ξηρός αέρας έχει υγρασία 0%.

Αξίζει να αναφερθεί ότι όταν η θερμοκρασία αέρος, που περιέχει ορισμένη ποσότητα υδρατμών ελαττώνεται, η σχετική υγρασία του αυξάνει και αντίστροφα.

Στην αξιολόγηση της θερμικής άνεσης λαμβάνεται υπόψη η υγρασία της ατμόσφαιρας, καθώς έχει άμεση επίδραση στην αποβολή ύδατος από το ανθρώπινο σώμα που συντελείται από την εξάτμιση διαμέσου των πνευμόνων και του δέρματος, ρυθμίζοντας έτσι τη θερμοκρασία του σώματος.

Όταν ο αέρας βρίσκεται πολύ κοντά στο σημείο κορεσμού, λόγω της μεγάλης περιεκτικότητας των υδρατμών, προκαλεί στον άνθρωπο αίσθημα δυσφορίας, δυσκολεύοντας την αναπνοή και την αποβολή του ύδατος από το δέρμα (εφίδρωση). Μάλιστα, όταν αυτό συνδυάζεται και με υψηλή θερμοκρασία τότε υπάρχει κίνδυνος για θερμοπληξία. Η περισσότερο ευχάριστη υγρομετρική κατάσταση του αέρα για τον ανθρώπινο οργανισμό είναι εκείνη που εμπεριέχει μέτρια ποσότητα υδρατμών. Θερμός και ξηρός αέρας είναι περισσότερο ανεκτός όταν δεν είναι πολύ υγρός.

2.1.3 Ταχύτητα ανέμου

Ένας από τους πιο σημαντικούς παράγοντες που επηρεάζει τις συνθήκες άνεσης των ανθρώπων σε ανοιχτούς υπαίθριους χώρους είναι ο άνεμος. Η ταχύτητα του ατμοσφαιρικού αέρα που περιβάλλει τον άνθρωπο μπορεί να επηρεάσει και αυτή τη ροή θερμότητας από και προς αυτόν, δηλ. τη θερμοκρασία του ανθρώπινου σώματος. Η κίνηση του αέρα συνδέεται με δύο παραμέτρους, την ταχύτητα και τη μορφή της ροής του, δηλ. αν είναι στρωτή ή τυρβώδης. Οι συνθήκες ανέμου (χρονική διάρκεια, διεύθυνση, ταχύτητα), όμως, είναι δύσκολο να προβλεφθούν και να ελεγχθούν, επειδή επηρεάζονται από μεγάλο αριθμό παραγόντων. Η ταχύτητα και η διεύθυνση του ανέμου επηρεάζονται από την τυπολογία του τοπίου σε περιφερειακό και τοπικό επίπεδο. Είναι, συνεπώς, σημαντικό να κατανοήσουμε ότι μπορεί να υπάρχουν μεγάλες διαφορές στις συνθήκες ανέμου από ένα μέρος μιας πόλης σε ένα άλλο, ή ακόμα σε μικροκλίμακα από ένα μέρος ενός χώρου σε ένα άλλο. (web 5)

Γενικά, ως ταχύτητα ανέμου μπορούμε να χαρακτηρίσουμε τη μέση ταχύτητά του για ένα χρονικό διάστημα έκθεσης. Αρκετές μελέτες έχουν καταδείξει ότι η ταχύτητα ανέμου παίζει καθοριστικό ρόλο στη θερμική αίσθηση του ανθρώπου (Χαραλαμπίδης, 2009, Mochida and Lun 2008, Walton et al. 2007, Charalampopoulos and Chronopoulou-Sereli 2005, Tuller 1997, Aynsley and Spruill 1990).

2.1.4 Θερμοκρασία ακτινοβολίας

Τα υλικά του αστικού περιβάλλοντος, συμπεριλαμβανομένων των υλικών των κτιρίων, των συστημάτων σκίασης και του είδους βλάστησης, παίζουν σημαντικό ρόλο στη διαμόρφωση του μικροκλίματος και τις συνθήκες θερμικής άνεσης ενός χώρου. Οι επιφανειακές τους θερμοκρασίες επηρεάζουν τη θερμική ισορροπία και άνεση μέσω των ανταλλαγών ακτινοβολίας. Η Μέση Θερμοκρασία Ακτινοβολίας (Mean Radiant Temperature - T_{mrt}) βοηθάει τους μελετητές να περιγράψουν και να ποσοτικοποιήσουν τη θερμική ακτινοβολία του περιβάλλοντος, ώστε να αξιολογούν τις συνθήκες θερμικής άνεσης.

Η παράμετρος αυτή χαρακτηρίζεται ως η σημαντικότερη στον υπολογισμό του θερμικού ισοζυγίου του ανθρώπου, ιδιαίτερα όταν αναφερόμαστε σε άκρως δυσμενείς

θερμικές συνθήκες (Χαραλαμπίδης, 2009, Ματζαράκης 1995) και ορίζεται για έναν άνθρωπο με καθορισμένη στάση σώματος και ενδυμασία ως η αντίστοιχη μέση θερμοκρασία εκπομπής μέλανος σώματος, στο οποίο θα είχαμε τις ίδιες απώλειες και οφέλη ακτινοβολίας κάτω από όμοιες συνθήκες περιβάλλοντος.

Για να γίνει εφικτός ο υπολογισμός της παραμέτρου T_{mrt} πρέπει να είναι γνωστά τα χαρακτηριστικά και οι διαστάσεις των επιφανειών που ακτινοβολούν, γύρω από το μελετώμενο άτομο, το ορατό μέρος του ουράνιου θόλου και ο προσανατολισμός του ατόμου σε σχέση με τις πηγές ακτινοβολίας. Επιπρόσθετα, σημαντικό ρόλο παίζει ο τρόπος πρόσπτωσης της άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας στον άνθρωπο, η λευκαύγεια (albedo), το πάχος και είδος της ενδυμασίας του και το χρώμα του δέρματός του.

2.1.5 Ένδυμασία

Η ενδυμασία του ανθρώπου προσαρμόζεται σύμφωνα με τις εκάστοτε επικρατούσες κλιματικές συνθήκες του περιβάλλοντος. Τα τελευταία χρόνια μέσα από μελέτες που πραγματοποιούνται έχει γίνει έντονη προσπάθεια ποσοτικοποίησης της ενδυμασίας, με στόχο να υπεισέρχεται ως παράμετρος στον προσδιορισμό των βιοκλιματικών δεικτών. Η θερμική αντίσταση (I_{cl}) λόγω ενδυμασίας ορίζεται ως η εσωτερική αντίσταση από τη επιφάνεια του δέρματος προς την επιφάνεια της ενδυμασίας χωρίς να λαμβάνει υπόψη την αντίσταση που συντηρείται από το στρώμα αέρα γύρω από το ντυμένο σώμα.

Οι μονάδες της παραμέτρου είναι οι clo. Ένα clo είναι η ποσότητα της θερμικής αντίστασης που είναι απαραίτητη για να διατηρηθεί θερμική άνεση σε ένα αεριζόμενο χώρο (αέρα κίνηση 20 ft / min ή 10 cm / sec) σε θερμοκρασία από 21.1 ° C και σχετική υγρασία <50%. Μια μονάδα clo είναι ισοδύναμη με 0,155 m² °C/W. Η χαμηλότερη τιμή της μονάδας clo είναι το 0 και πρόκειται για γυμνό σώμα, ενώ η υψηλότερη πρακτικά παίρνει τιμή 4 και αντιστοιχεί σε ένδυση ενός Εσκιμώου (ρούχα Εσκιμώου, παντελόνια απο γούνα, παλτό, κουκούλα, γάντια κλπ). (web 6)

2.1.6 Μεταβολισμός

Ο μεταβολισμός είναι το σύνολο των χημικών αντιδράσεων που πραγματοποιούνται στο ανθρώπινο σώμα. Επειδή η θερμοκρασία του σώματος είναι

συνήθως υψηλότερη από αυτή του περιβάλλοντα χώρου, οι αντιδράσεις του μεταβολισμού πραγματοποιούνται ώστε να αντισταθμιστούν οι απώλειες προς το περιβάλλον. Σκοπός είναι να διατηρείται το σώμα σε μια εσωτερική θερμοκρασία περί τους $37 \pm 0,5$ °C.

Ο μεταβολισμός διακρίνεται στο βασικό μεταβολισμό κατά τη διάρκεια της ανάπαυσης ενός ανθρώπου και στο μεταβολισμό λόγω δραστηριότητας. Ο βασικός μεταβολισμός αφορά στην ελάχιστη ενέργεια που απαιτείται από τον ανθρώπινο οργανισμό για την εκτέλεση ζωτικών του λειτουργιών. Ο μεταβολισμός έχει άμεση σχέση με την ηλικία, το φύλο και το σωματικό βάρος ενός ανθρώπου. Στο βασικό μεταβολισμό προστίθεται και η ενεργειακή μεταβολή που οφείλεται στη δραστηριότητα του ατόμου και εξαρτάται κάθε φορά από το είδος της.

Εργασία	Μεταβολική δραστηριότητα [W]	Ρουχισμός [clo]	Θερμοκρασία άνεσης $T_a(\text{comf})$ [°C]	Συνθήκες μετρήσεων: θερμοκρασία αέρα = μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας, πίεση ατμών = 10 hPa, ταχύτητα αέρα = 0.1 m/s.
Ηρεμία	0	0,5	31	Πηγή: Peter Höppe, Ivo Martinac, 1998, Biometeorology, Indoor Climate and Air Quality.
	0	1,0	29	
Καθιστική εργασία	43	0,5	27	
	43	1,0	23	
Ελαφριά εργασία	100	0,5	22	
	100	1,0	16	
Έντονη εργασία	20	0,5	12	

Εικόνα 1: Πίνακας με τη μεταβολική δραστηριότητα, Πηγή πίνακα: web 7, σελ. 9

2.2 Βιομετεωρολογικοί – βιοκλιματικοί δείκτες

Από τις αρχές του προηγούμενου αιώνα επιχειρήθηκε να ποσοτικοποιηθεί και να εκφραστεί μέσω δεικτών το ευχάριστο, ουδέτερο ή δυσάρεστο συναίσθημα που βιώνει ο άνθρωπος σε διαφορετικά περιβάλλοντα. Ορισμένοι δείκτες υπολογίζονται από το συνδυασμό βασικών μικρομετεωρολογικών παραμέτρων (θερμοκρασία, υγρασία, ταχύτητα ανέμου, ηλιακή ακτινοβολία) και άλλοι λαμβάνοντας επιπλέον υπόψη τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του χώρου και τα δεδομένα που αναφέρονται στα άτομα

που υφίστανται την επίδραση των περιβαλλοντικών αυτών παραμέτρων. Οι δείκτες αυτοί χαρακτηρίζονται ως βιομετεωρολογικοί- βιοκλιματικοί. (Χρονοπούλου, 2011)

Οι περισσότεροι δείκτες βασίζονται στην εξίσωση του ανθρώπινου ενεργειακού ισοζυγίου και ενσωματώνουν όλες τις απαιτούμενες περιβαλλοντικές μεταβλητές (θερμοκρασία αέρα, υγρασία και ταχύτητα ανέμου) για την εκτίμηση της θερμικής καταπόνησης. Ταυτόχρονα λαμβάνονται υπόψη και παράμετροι συμπεριφοράς του ατόμου (ένδυση, δραστηριότητα), οι οποίες διαμορφώνουν το θερμικό του περιβάλλον και καθορίζουν τη θερμική αίσθηση.

Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι στον υπολογισμό των περισσότερων θερμικών δεικτών λαμβάνει μέρος η μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας (T_{mrt}), η οποία αποτελεί τη σημαντικότερη παράμετρο του ενεργειακού ισοζυγίου για περιοχές που επικρατεί μεγάλος αριθμός ωρών ηλιοφάνειας (Matzarakis et al. 2000, 2007, 2009), όπως συμβαίνει στη χώρα μας (Χρονοπούλου 2011).

2.2.1 Δείκτης PET

Ο δείκτης PET αποτελεί έναν από τους δημοφιλέστερους θερμικούς δείκτες που βασίζεται στο ενεργειακό ισοζύγιο του ανθρώπου. Ο δείκτης αυτός ορίζεται ως η φυσιολογική θερμοκρασία σε οποιοδήποτε χώρο που είναι ισοδύναμη με τη θερμοκρασία του αέρα στην οποία το ενεργειακό φορτίο ενός «τυπικού ανθρώπου» σε ένα «τυπικό» εσωτερικό περιβάλλον, εξισορροπείται με τις θερμοκρασίες του δέρματος και του εσωτερικού του σώματος του και είναι ίσες με αυτές που ισχύουν στο εξωτερικό περιβάλλον. (Χρονοπούλου, 2011)

Αναφορικά με τον «τυπικό» άνθρωπο γίνεται δεκτή η παραδοχή ότι έχει ελαφρά δραστηριότητα και θερμική αντίσταση ενδυμασίας που βρίσκεται στο 0,9 clo. Στο «τυπικό» εσωτερικό περιβάλλον λαμβάνονται υπόψη οι τυπικές συνθήκες δωματίου, όπου είναι η μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας ισούται με τη θερμοκρασία αέρος, η ταχύτητα του ανέμου είναι ίση με 0,1 m/s και η τάση ατμών ίση με 12hPa¹³.

Η σημασία του δείκτη PET στη φυσιολογική απόκριση του ανθρώπου φαίνεται στον πίνακα που ακολουθεί, όπου κατηγοριοποιείται η ανθρώπινη θερμική αίσθηση.

PET (°C)	Θερμική αίσθηση ανθρώπου στο περιβάλλον
PET < 4	Πολύ κρύο
4 ≤ PET < 8	Κρύο
8 ≤ PET < 13	Δροσερό
13 ≤ PET < 18	Ελαφρά δροσερό
18 ≤ PET < 23	Ουδέτερο (άνετο)
23 ≤ PET < 29	Ελαφρά ζεστό
29 ≤ PET < 35	Ζεστό
35 ≤ PET < 41	Πολύ ζεστό
41 ≤ PET	Πάρα πολύ ζεστό

Πίνακας 1: Κλίμακα δείκτη PET θερμικής αίσθησης του ανθρώπου με εσωτερική παραγωγή θερμότητας 80W και αντίσταση μεταφοράς θερμότητας λόγω ενδυμασίας 0,9 clo (κατά Jendritzky et al 1990, Matzarakis and Mayer 1997, τροποποιημένο)

Ωστόσο, έχουν πραγματοποιηθεί πολλές έρευνες πεδίου με βάση ερωτηματολόγια, επιδιώκοντας να επικυρώσουν τα όρια της κλίμακας του δείκτη PET. Οι Monteiro και Alucci βαθμονόμησαν τις κλίμακες διαφόρων βιοκλιματικών δεικτών, έτσι ώστε να γίνει η συσχέτιση μεταξύ των δεικτών και της πραγματικότητας, καταγράφοντας ερωτηματολόγια στο Σάο Πάολο της Βραζιλίας. Οι Lin και Ματζαράκης έχουν προσαρμόσει την κλίμακα του δείκτη PET για την Ταϊβάν. Οι προσεγγίσεις αυτές οδήγησαν σε μια διαφορετική κλίμακα για κάθε τοποθεσία ή ακόμα και κλιματικές περιοχές, γεγονός που θα μπορούσε να δημιουργήσει σύγχυση σε επίπεδο συγκρισιμότητας. Πρόσφατα, οι Tsiros and Hoffman (2013) παρουσίασαν κλίμακα PET για το μεσογειακό χώρο βασισμένοι σε μικροκλιματικά δεδομένα και δεδομένα θερμικής άνεσης στην πόλη των Αθηνών.

Κάθε βιομετεωρολογικός δείκτης θα πρέπει θεωρητικά να είναι σε θέση να περιγράφει τη θερμική κατάσταση ενός ατόμου σε οποιεσδήποτε κλιματικές συνθήκες, και η ίδια κλίμακα θα πρέπει να είναι εφαρμόσιμη παγκοσμίως. Συνεπώς, οι δείκτες θα πρέπει να έχουν μια περισσότερο ή λιγότερο σταθερή τιμή σε κάθε υποσύνολο δεδομένων της πραγματικής θερμικής αίσθησης. Αυτό σημαίνει ότι ανεξάρτητα από την εποχή ή την τοποθεσία, οι τιμές της μέσης θερμοκρασίας του αέρα θα πρέπει να εμπίπτουν στην ίδια κλίμακα. Μια τέτοια προσπάθεια πραγματοποιήθηκε από τους

Tseliou et al. (2010), με βάση έρευνα σε 7 ευρωπαϊκές πόλεις (Αθήνα, Θεσσαλονίκη, Μιλάνο, Freiburg, Cambridge, Sheffield και Kassel) έγινε διόρθωση που θα μπορούσε να αντισταθμίσει την φαινομενική εξάρτηση της κλίμακας του PET (και δύο ακόμα δεικτών: των THI και K) με την μέση κλιματική θερμοκρασία. Η προσπάθεια τροποποίησης του δείκτη έγινε με βάση ένα τοπικό χαρακτηριστικό (τη μέση μακροπρόθεσμη θερμοκρασία αέρα), έτσι ώστε η ίδια κλίμακα να μπορεί να χρησιμοποιηθεί παντού. Ενδεικτικά, οι τροποποιήσεις αυτές είναι οι ακόλουθες:

$$PET_{corr,a} = PET (-8.4 + 0.50T_{clim})$$

$$PET_{corr,b} = 11.4 - 0.33T_{clim} + 0.74PET$$

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της μελέτης των Tseliou et al. (2010) προέκυψε ότι για κάθε τάξη στην κλίμακα της πραγματικής θερμικής αίσθησης, οι αντίστοιχες τιμές θερμικής άνεσης του δείκτη PET, παρουσιάζουν ισχυρή συσχέτιση με τη μέση θερμοκρασία ανά περιοχή έρευνας ως αποτέλεσμα του εγκλιματισμού και της προσαρμογής. Επίσης, τα αποτελέσματα διόρθωσης του δείκτη οδήγησαν σε μικρές βελτιώσεις για τον PET δείκτη.

Πραγματική θερμική αίσθηση		Δείκτης PET
Πολύ κρύο	-2	<4
Κρύο	-1	4 – 15.5
Ούτε κρύο ούτε ζέστη	0	15.5 – 26
Ζέστη	1	26 – 41
Πολύ Ζέστη	2	>41

Πίνακας 2: Πραγματική θερμική αίσθηση και η κλίμακα του δείκτη PET. Tseliou et al. 2010

Σε σύγκριση με άλλους βιομετεωρολογικούς δείκτες, ο PET έχει το πλεονέκτημα ότι αναφέρεται στην ευρέως γνωστή μονάδα θερμοκρασίας, των βαθμών Κελσίου. Επιπλέον, συγκρινόμενος με άλλους δείκτες που υπολογίζονται με βάση το ανθρώπινο ενεργειακό ισοζύγιο, μπορεί να χρησιμοποιηθεί καθ' όλη τη διάρκεια του έτους και σ' ένα ευρύ φάσμα κλιματικών συνθηκών.

Ο δείκτης αυτός, επιπλέον, χρησιμοποιείται ευρέως και σε πολλές άλλες μελέτες και έχει εφαρμογές σε διάφορους τύπους κλίματος και περιβαλλοντικές διαμορφώσεις, όπως στο Μαρόκο (Johansson 2006), στην Πορτογαλία (Andrade and Alcoforado

2008, Oliveira and Andrade 2007), στη Σουηδία (Svensson and Eliasson 2002), στην Ελλάδα (Tsiros et al. 2013; Tsiros et al. 2012, Χαραλαμπίδης et al. 2006), στη Γερμανία και αλλού (π.χ. Matzarakis et al 1999, Gulyás et al. 2006, Lin et al. 2006). Το μόνο μειονέκτημα του PET είναι η απαίτηση πολλών παραμέτρων και η πολυπλοκότητα των αναγκαίων υπολογισμών.

2.2.2 Δείκτης PMV (Predicted Mean Vote)

Ο Fanger (1972) ανέπτυξε το δείκτη PMV με στόχο την αξιολόγηση της θερμικής άνεσης σε εσωτερικούς χώρους σε διάφορες καταστάσεις δραστηριότητας και ένδυσης. Ο δείκτης PMV περιγράφει τη θερμική αίσθηση των ανθρώπων, σύμφωνα με τις μετεωρολογικές συνθήκες του περιβάλλοντος του, το επίπεδο δραστηριότητας του και το είδος της ένδυσης του, χρησιμοποιώντας τις τιμές της κλίμακας ASHRAE. Η κλίμακα αυτή περιέχει επτά σημεία. Στο σημείο 0,0 η θερμική αίσθηση χαρακτηρίζεται ως ουδέτερη, ενώ υπάρχουν θετικές και αρνητικές αποκλίσεις από την τιμή της θερμικής ουδετερότητας. Για τιμές εκτός των ορίων της κλίμακας σημαίνει ότι επικρατούν ακραίες καιρικές συνθήκες, με αντίστοιχες επιρροές στη θερμική αίσθηση και καταπόνηση. Απαραίτητες μετεωρολογικές παράμετροι για τον υπολογισμό του PMV είναι η θερμοκρασία του αέρα, η σχετική υγρασία, η ταχύτητα ανέμου και η θερμική ακτινοβολία. Οι τιμές της κλίμακας ASHRAE, όπως αυτές κατηγοριοποιούνται για τον προσδιορισμό της ανθρώπινης θερμικής αίσθησης παρουσιάζονται στον επόμενο πίνακα.

PMV	Θερμική αίσθηση ανθρώπου στο περιβάλλον
$PMV < -3,5$	Πολύ κρύο
$-3,5 \leq PMV < -2,5$	Κρύο
$-2,5 \leq PMV < -1,5$	Δροσερό
$-1,5 \leq PMV < -0,5$	Ελαφρά δροσερό
$-0,5 \leq PMV < 0,5$	Ουδέτερο (άνετο)
$0,5 \leq PMV < 1,5$	Ελαφρά ζεστό
$1,5 \leq PMV < 2,5$	Ζεστό
$2,5 \leq PMV < 3,5$	Πολύ ζεστό
$3,5 \leq PMV$	Πάρα πολύ ζεστό

Πίνακας 3: Κλίμακα δείκτη PMV θερμικής αίσθησης του ανθρώπου με εσωτερική παραγωγή θερμότητας 80W και αντίσταση μεταφοράς θερμότητας λόγω ενδυμασίας 0,9 clo (κατά Jendritzky et al 1990, Matzarakis and Mayer 1997, τροποποιημένο), Πηγή στοιχείων πίνακα: Χρονοπούλου, 2011

2.3 Βιοκλιματική συμπεριφορά ελεύθερων κοινόχρηστων χώρων

Οι ελεύθεροι κοινόχρηστοι χώροι διακρίνονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες: α) τους δρόμους και τις πλατείες και β) τους κήπους και τα πάρκα. Οι αστικές περιοχές του μεσογειακού χώρου και ιδιαίτερα της χώρας μας στερούνται ελεύθερων επιφανειών που θα βελτίωναν τις μικροκλιματικές συνθήκες της πόλης και θα προσέφεραν, ταυτόχρονα, αναψυχή στους κατοίκους. Έχει γίνει προφανές ότι οι περιβαλλοντικές συνθήκες που επικρατούν στους ανοιχτούς χώρους μπορούν να βελτιώσουν ή όχι την εμπειρία των χρηστών τους. Έτσι, με την ενσωμάτωση κοινωνικών και περιβαλλοντικών στόχων στα πλαίσια του σχεδιασμού, θα είναι δυνατό να αυξηθεί η χρήση των υπαίθριων χώρων με ταυτόχρονη αναζωογόνηση των πόλεων και ενίσχυση της κοινωνικής αλληλεπίδρασης μεταξύ των πολιτών. Αποτελέσματα ερευνών επιβεβαιώνουν ότι υπάρχει ισχυρή συσχέτιση μεταξύ των μικροκλιματικών συνθηκών και της χρήσης των ανοιχτών χώρων, ενώ υπάρχει διαφορά ανάλογα με την ανθρώπινη ευαισθησία προς τους χώρους (Nikolopoulou and Lykoudis, 2006). Συνεπώς, κρίνεται αναγκαίο να προσδιορίζονται οι επικρατούσες βιομετεωρολογικές συνθήκες για σωστό σχεδιασμό των επιφανειών αυτών, μέσα από μελέτες υφιστάμενων αστικών χώρων ασχέτως γέθους και είδους διαμόρφωσης. Σε αυτό θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι τιμές ψύξης από την παρουσία βλάστησης.

Η παρουσία βλάστησης παρέχει ηλιακή προστασία, εξατμισοδιαπνοή και ταυτόχρονα μπορεί να μειώσει τις αστικές θερμοκρασίες (Tsoumarakis et al. 2008). Συγκεκριμένα για την Αθήνα, οι τιμές αυτές βρέθηκαν να είναι πολύ χαμηλότερες σε σύγκριση με παρόμοιες μελέτες στην περιοχή της Μεσογείου (Tsiros, 2010).

2.3.1 Βιοκλιματικές συνθήκες πλατειών

Η μικρότερη κατηγορία των φυτοκαλυμμένων κοινόχρηστων χώρων είναι οι πλατείες. Αυτές καλύπτονται, συνήθως, σε μεγάλο ποσοστό από πλάκες, σκυρόδεμα, κ. α. και μικρά τμήματα τους περιέχουν καλλωπιστική βλάστηση. Η πλειονότητά τους βρίσκεται σε πυκνοδομημένες περιοχές με έντονο κυκλοφοριακό φόρτο για να εξυπηρετούν κυρίως τη ρύθμιση της κυκλοφορίας. Στις περιπτώσεις όπου έχουν ικανό μέγεθος, χρησιμοποιούνται και ως χώροι αναψυχής. Επειδή όμως το μέγεθος των επιφανειών αυτών ποικίλει, με αποτέλεσμα αυτό να έχει επιπτώσεις στη διαμόρφωση των συνθηκών του περιβάλλοντός τους, κρίθηκε αναγκαία η διάκριση των πλατειών ανάλογα με το μέγεθος τους σε τρεις κατηγορίες, δηλαδή στις μικρές, μεσαίες και μεγάλες με έκταση που φτάνει έως 1,5 και 10 στρ. αντίστοιχα (Χρονοπούλου, 2011).

Οι *μικρές πλατείες* έχουν σαν κύριο γνώρισμα ότι το μεγαλύτερο τμήμα τους, πάνω από 70%, αποτελείται δομικά υλικά. Η παρουσία της βλάστησης είναι σχεδόν μηδαμινή, αποτελούμενη από χλοοτάπητα και ορισμένα διάσπαρτα δένδρα ή θάμνους. Ο ρόλος τους στοχεύει στην κυκλοφοριακή ρύθμιση και την ολιγόλεπτη στάση των πεζών, που τις διασχίζουν. Από βιοκλιματικής άποψης, οι χώροι αυτοί υπερθερμαίνονται κατά τη διάρκεια της ημέρας, με αποτέλεσμα η παραμονή των περαστικών να είναι ανεκτή μόνο σε σκιαζόμενες θέσεις. Κατά τις νυκτερινές ώρες η μείωση της θερμοκρασίας είναι πολύ μικρή, συνεπώς δε διαφοροποιούνται από το έμμεσο δομημένο περιβάλλον.

Σε τέτοιου είδους πλατείες έχει διαπιστωθεί ότι αυτές δε διαφοροποιούνται βιοκλιματικά από τον γύρω δομημένο χώρο. Κατά συνέπεια, δεν τον επηρεάζουν ευνοϊκά. Αυτό αποδίδεται στην ισχυρή παρουσία των δομικών υλικών διάστρωσης του εδάφους και στη λειτουργία τους ως συσσωρευτές θερμότητας, επηρεάζοντας αρνητικά την ψυκτική ικανότητα του φυτικού υλικού.

Οι *μεσαίου μεγέθους πλατείες* έχουν ως χαρακτηριστικό την πλακόστρωση, η οποία υπερβαίνει το ήμισυ της συνολικής επιφάνειάς τους. Όσον αφορά στη βλάστηση

που επικρατεί σε αυτές, έχουμε μικρό αριθμό διάσπαρτων δένδρων και θάμνων, και κατά περίπτωση χλοοτάπητα και ανθόφυτα. Οι χώροι αυτοί χρησιμοποιούνται για διέλευση των περαστικών, ολιγόωρη παραμονή των χρηστών και παιδική αναψυχή. Κατά τη διάρκεια της μέρας, λόγω των υλικών διάστρωσης που χρησιμοποιούνται (πλάκες, κυβόλιθοι, κα) δε διαφοροποιούνται από το γύρω δομημένο χώρο. Κατά τη διάρκεια της νύχτας παρατηρείται μείωση της θερμοκρασίας και αντίστοιχη αύξηση της σχετικής υγρασίας στο κεντρικό τμήμα της πλατείας, διαφοροποιώντας τη από το γύρω δομημένο χώρο. Η διαφοροποίηση αυτή των παραμέτρων δεν επηρεάζει ευνοϊκά το άμεσο δομημένο περιβάλλον βελτιώνοντάς το βιοκλιματικά.

Οι πλατείες που έχουν έκταση έως 10 στρέμματα έχουν συνήθως αυξημένο ποσοστό φυτοκάλυψης. Η βλάστηση απαρτίζεται από περισσότερα δένδρα και συμπληρώνεται με εποχιακά φυτά και χλοοτάπητα.

2.3.2 Βιοκλιματικές συνθήκες φυτοκαλυμμένων επιφανειών (Πάρκα, Άλση)

Οι μεγάλες φυτοκαλυμμένες επιφάνειες στις ελληνικές και γενικά στις μεσογειακές πόλεις είναι περιορισμένες. Οι επιφάνειες αυτές διακρίνονται σε πάρκα και άλση. Τα πάρκα διαφοροποιούνται μεταξύ τους σε σχέση με τον τρόπο διαμόρφωσής τους, το ποσοστό φυτοκάλυψης και την ύπαρξη στοιχείων νερού. Τα άλση, με τη σειρά τους, τα συναντάμε είτε στον αστικό είτε στο περιαστικό ιστό και περιλαμβάνουν εκτάσεις διαφόρων μεγεθών και συνήθως αποτελούν εξέλιξη παλαιότερων αναδασωτικών προσπαθειών.

Τα *πάρκα* είναι χώροι του αστικού ιστού σχετικά μεγάλης έκτασης, διαμορφωμένοι με καλλωπιστική δενδρώδη, θαμνώδη και ποώδη αρδευόμενη βλάστηση. Εξυπηρετούν τις ανάγκες αναψυχής των κατοίκων της πόλης και συμβάλουν στη βελτίωση των συνθηκών περιβάλλοντος του άμεσα προς αυτά δομημένου χώρου. Οι βιοκλιματικές συνθήκες που επικρατούν στα πάρκα εξαρτώνται από τη διαμόρφωσή τους. Συγκεκριμένα, αν τα πάρκα έχουν έντονη φυτοκάλυψη και στερούνται δομικών υλικών, παρουσιάζουν ευνοϊκότερες βιοκλιματικές συνθήκες σε σύγκριση με άλλα πάρκα στα οποία η βλάστηση είναι περιορισμένοι και έχουμε έντονη παρουσία από δομικά υλικά.

Τα *άλση* αποτελούν τη δεύτερη κατηγορία φυτοκαλυμμένων επιφανειών στον ελληνικό χώρο. Η διάκρισή τους γίνεται ανάλογα με το μέγεθός τους και έτσι έχουμε

τα μικρά άλση (έως 50 στρέμματα) και τα μεγάλα άλση (άνω των 100 στρεμμάτων). Τα μικρά άλση συνήθως βρίσκονται σε πυκνοδομημένες περιοχές με κυμαινόμενο κυκλοφοριακό φόρτο. Η βλάστηση που επικρατεί σε αυτά είναι ξηροφυτική και αποτελείται από δέντρα, θάμνους και καλλωπιστικά φυτά. Οι χρήσεις τέτοιων χώρων αφορούν περίπατο, αναψυχή, άθληση, παιχνίδι, κα. Τα μεγάλα άλση τα συναντάμε στον αστικό αλλά και στον περιαστικό ιστό. Η επικρατούσα βλάστηση είναι ξηροφυτική με έντονη την παρουσία πεύκων και θάμνων, οι οποίοι προέρχονται από παλιές αναδασώσεις. Τα άλση αστικών περιοχών καταλαμβάνουν συνήθως λόφους και περιβάλλονται από πυκνοδομημένες περιοχές κυμαινόμενου κυκλοφοριακού φόρτου. Σε αντίθεση, στα άλση των περιαστικών περιοχών ο συντελεστής και το ύψος δόμησης είναι χαμηλός και ο κυκλοφοριακός φόρτος περιορισμένος (Χρονοπούλου, 2011).

3. ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

3.1 Το κλίμα της Αθήνας

3.1.1 Γενικά

Στην περιοχή της Αττικής το κλίμα είναι εύκρατο, μεσογειακό και γενικά ήπιο το μεγαλύτερο μέρος του χρόνου με ζεστά και ξηρά καλοκαίρια και ήπιους υγρούς χειμώνες. Παρόλο όμως που είναι μεσογειακό, το κλίμα της Αθήνας έχει αρκετά μεγάλη διαφορά στα εύρη της θερμοκρασίας μεταξύ καλοκαιριού και χειμώνα σε σχέση με άλλες περιοχές της χώρας. Η μέση ετήσια θερμοκρασία είναι οι 18,5 βαθμοί Κελσίου. Η απόλυτη μέγιστη θερμοκρασία είναι οι 42 βαθμοί Κελσίου, ενώ η απόλυτη ελάχιστη οι -3,2 βαθμοί Κελσίου. Θερμότερος μήνας θεωρείται ο Ιούλιος, ενώ ψυχρότερος ο Ιανουάριος. Οι βροχοπτώσεις κυμαίνονται από τα τέλη Σεπτεμβρίου έως και τα μέσα Απριλίου και ο μέσος όρος είναι μόλις άνω των 400 mm ετησίως. Την υπόλοιπη διάρκεια του έτους οι βροχοπτώσεις είναι σπάνιες. Οι χιονοπτώσεις το χειμώνα δεν είναι σπάνιες, αλλά όποτε συμβαίνουν το χιόνι λιώνει συνήθως μετά από μερικές ώρες. Τα καλοκαίρια είναι ιδιαίτερα ζεστά με μέση μέγιστη θερμοκρασία 32,5 °C και 32.6 °C για τους μήνες Ιούλιο και Αύγουστο αντίστοιχα. Οι καύσωνες είναι, επίσης, συνηθισμένοι κατά τη διάρκεια των μηνών Ιουλίου και / ή τον Αύγουστο κατά μήκος με υψηλές συνθήκες θερμικού στρες. (Shashua-Bar et al. 2010, Nikolopoulou and Lykoudis 2007, Matzarakis and Mayer 1997). Η χαμηλότερη θερμοκρασία που έχει ποτέ καταγραφεί στην πόλη της Αθήνας είναι αυτή των -17,1 στις 28 Δεκεμβρίου του 1938, ενώ η υψηλότερη θερμοκρασία που έχει ποτέ καταγραφεί στην Αθήνα αλλά και στην Ευρώπη είναι αυτή των 49,0 βαθμών Κελσίου στις 10 Ιουλίου του 1977.

3.1.2 Μικροκλίματα Αθήνας

Με τον όρο *μικροκλίμα* εννοούμε τις ιδιαίτερες κλιματικές συνθήκες, σε περιορισμένη σχετικά έκταση, μέσα στο γενικότερο τύπο κλίματος που επικρατεί σε μια περιοχή .

Το κλίμα της Αθήνας, σύμφωνα με έρευνες που έχουν πραγματοποιήσει το Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, το Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών και το τμήμα Βιοκλιματολογίας του Πολυτεχνείου του Βερολίνου, έχει διαπιστωθεί ότι παρουσιάζει έντονες διαφοροποιήσεις κατά τις τελευταίες δεκαετίες που οφείλονται στις χρήσεις γης. Στην κεντρική περιοχή της Αθήνας οι έντονες κλιματικές αλλαγές οφείλονται στο

μεγάλο ποσοστό κάλυψης της επιφάνειας και στην πυκνή και με ύψος δόμηση. Επίσης, οι μεγάλες πλατείες, οι κεντρικές οδικές αρτηρίες μεγάλου πλάτους και οι ανοικτές βιομηχανικές περιοχές με χαμηλή δόμηση στις δυτικές περιοχές της Αθήνας έχουν τον ίδιο βαθμό επιβάρυνσης με της πυκνοδομημένες περιοχές του κέντρου. Αντίθετα, οι περιοχές που επηρεάζονται από φυτοκαλυμμένες επιφάνειες είναι θερμικά λιγότερο επιβαρημένες. Οι χώροι με φυσικοί ξηροφυτική βλάστηση έχουν διαφορετική κλιματική συμπεριφορά σε σχέση με πάρκα που έχουν διαμορφωμένο και αρδευόμενο πράσινο.

Ιδιαίτερες μικροκλιματικές συνθήκες παρουσιάζουν τα δύο μεγάλα πάρκα στο κέντρο της πόλης, οι οποίες εξαρτώνται από το μέγεθος τους, το είδος, τη σύνθεση και την πυκνότητα φυτοκάλυψης, τα στοιχεία νερού είτε πρόκειται για λίμνες είτε για αρδευόμενες εκτάσεις και την ύπαρξη διάστρωσης. Έτσι, ο Εθνικός Κήπος παρουσιάζει μεγαλύτερη απόλυτη και σχετική υγρασία και μικρότερη θερμοκρασία συγκριτικά με το Πεδίον του Άρεως, λόγω της πυκνότερης βλάστησης και της έλλειψης δομικών υλικών. Παρόλα αυτά την περιοχή του Ζαπείου εμφανίζεται το φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας στις θέσεις των κτιρίων του μεγάρου και της ασφαλτοστρωμένης επιφάνειας που τα περιβάλλει.

Εκτός από τα παραπάνω, διαφορές στην μικροκλιματικές συνθήκες εντοπίζονται στις πλαγιές του Λυκαβηττού. Την άνοιξη έχουν παρατηρηθεί πολύ χαμηλές θερμοκρασίες, ενώ τον Ιούνιο είναι τόσο υψηλές όσο και στην πυκνοδομημένη περιοχή.

Σημαντική επιρροή στη διαμόρφωση των κλιματικών συνθηκών έχει και η θάλασσα. Στις παραλιακές περιοχές έχουμε πιο εξισορροπημένες θερμικά συνθήκες. Στο κέντρο της Αθήνας η επίδραση της θάλασσας φαίνεται όταν πνέουν νότιοι και νοτιοδυτικοί άνεμοι. Τέλος, η διαμόρφωση του μικροκλίματος της Αθήνας επηρεάζεται και από την αέρια ρύπανση, κυρίως στο κέντρο όπου έχουμε μεγάλη κυκλοφορία οχημάτων.

Συμπερασματικά, η πόλη της Αθήνας αποτελεί θερμική νησίδα. Ο Εθνικός Κήπος, όλοι οι λόφοι στο κέντρο της πόλης και οι πλαγιές των γύρω βουνών είναι σημαντικά δροσερότεροι και διακόπτουν τις υπερθερμασμένες ζώνες. Με την επίδραση του Υμηττού και του διάσπαρτου πράσινου που υπάρχει στην ανατολική πλευρά του λεκανοπεδίου, δημιουργούνται σ' αυτή βελτιωμένες συνθήκες περιβάλλοντος σε σύγκριση με τη δυτική πλευρά (Χρονοπούλου και Φλόκας, 2010).

3.1.3 Βιοκλιματικές συνθήκες της Αθήνας κατά τη θερινή περίοδο

Από βιομετεωρολογική άποψη, η Αθήνα είναι μια πόλη που εμφανίζει συνθήκες υψηλού θερμικού στρες, ειδικά κατά τους καλοκαιρινούς μήνες. Σύμφωνα με τις τελευταίες δημοσιεύσεις, μεγαλύτερη θερμική δυσφορία παρατηρείται μεταξύ του Ιουλίου και του Αυγούστου (Charalampopoulos 2012, Nastos and Zerefos 2009; Nikolopoulou and Lykoudis 2006).

Σύμφωνα με ανάλυση του Φ. Καραπιπέρη, που αναφέρεται από τους Shashua-Bar et al (2012), για τις κλιματικές συνθήκες που επικρατούν στην Αθήνα κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, υπάρχουν δύο περίοδοι κλιματικών συνθηκών που χαρακτηρίζονται σύμφωνα με την κατεύθυνση του ανέμου. Ο πρώτος αφορά στο μεγαλύτερο μέρος του καλοκαιριού, με τους κυρίαρχους ετήσιους ανέμους να είναι από BA-BBA-B προς ΒΔ. Η δεύτερη περίπτωση είναι οι περίοδοι κατά τις οποίες η θαλάσσια αύρα εμφανίζεται από N-NNΔ πριν από το μεσημέρι ή το απόγευμα, και σπάνια συνεχίζεται κατά την επόμενη ημέρα (ή μέρες). Αυτές γενικά χαρακτηρίζονται ως οι «πιο ζεστές και υγρές ημέρες» (Shashua-Bar et al. 2012).

Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται μερικά στατιστικά στοιχεία της θερμοκρασίας του αέρα, της κατεύθυνσης του ανέμου και της ατμοσφαιρικής πίεσης για τα καλοκαίρι των ετών 2004 και 2007.

Μεταβλητές	Ιούνιος		Ιούλιος		Αύγουστος	
	2004	2007	2004	2007	2004	2007
Μέση μέγιστη θ (°C)	31.5	33.0	34.8	36.5	34.3	35.1
Μέση ελάχιστη θ (°C)	21.8	22.7	24.6	25.8	27.4	24.7
Εύρος μηνιαίας πίεσης ατμών (kPa)	2.0-2.4	1.3-2.0	2.3-2.8	1.6-1.7	2.3-2.7	1.7-1.9
Τις ζεστές περιόδους						
Μέγιστη θ (°C), Πίεση Ατμών (kPa)	36.4, 2.9	43.8	39.5, 3.7	42.0	37.2, 3.5	38.0
Ελάχιστη θ (°C), Πίεση Ατμών (kPa)	26.0, 2.0	20.4	27.0, 2.4	27.0	25.0, 2.3	21.5
Διεύθυνση επικρατούντων ανέμων	ABA	BA	BA-BBA Μερικές μέρες NNΔ-ΝΔ	ΝΔ-NNΔ Ελάχιστες μέρες B-BA	Διαφέρει από μέρα σε μέρα (κυρίως B από 4-9π.μ.)	Διαφέρει από μέρα σε μέρα

Πίνακας 4: Στατιστικά στοιχεία για τα καλοκαίρια 2004 και 2007. Θερμοκρασία αέρα, διεύθυνση ανέμου και πίεση ατμών (Shashua-Bar et al. 2012)

Σύμφωνα με την ατμοσφαιρική πίεση και τη θερμοκρασία του αέρα, έχουμε τέσσερις τύπους εναλλαγής κλιματικών περιόδων για την Αθήνα:

- «Όχι σπάνια θερμές και υγρές περιόδους» (με μερική πίεση ατμών περίπου 2.67-2.93 kPa),
- «Μέσες καλοκαιρινές περιόδους» (με μερική πίεση ατμών 1.87-2.0 kPa),
- «Θερμές – ξηρές περιόδους» (με μερική πίεση ατμών 1.33-1.60 kPa),
- «Ασυνήθιστα πολύ ζεστές και υγρές περιόδους» (όπως τον Ιούλιο στις 10, 11, και 12 του 2004) με μερική πίεση ατμών να φθάνει περίπου τα 4,0 kPa. (Shashua-Bar et al. 2012)

Όπως έχει αναφερθεί, ο δείκτης PET έχει μια κλίμακα, η οποία περιγράφει τη θερμική αίσθηση και / ή την άνεση του ανθρώπου. Το εύρος της θερμικής άνεσης είναι συγκεκριμένο για μια περιοχή και δεν μπορεί να εφαρμοστεί σε άλλη λόγω των διαφορών στην προσαρμογή της συμπεριφοράς του ατόμου, στις βραχυπρόθεσμες ή / και μακροπρόθεσμες επιπτώσεις εγκλιματισμού του, καθώς και στις ψυχολογικές επιδράσεις. Για την Αθήνα, έχει καθοριστεί από τους Nikolopoulou και Lykoudis η τιμή 28,5 °C ως η ουδέτερη θερμοκρασία του αέρα («ούτε ζεστή ούτε δροσερή») για το καλοκαίρι, ώστε η θερμική αίσθηση των κατοίκων της πόλης να χαρακτηρίζεται ως άνετη. Ωστόσο, χρησιμοποιώντας την ίδια βάση δεδομένων για την Αθήνα, μια άλλη ανάλυση έδωσε ως ουδέτερη θερμοκρασία αέρα την τιμή των 31 °C, στην οποία βρέθηκε ότι το 50% του πληθυσμού σκεφτόταν να αλλάξει την επιλογή του από το «ουδέτερο» στο «ζεστό». Έτσι, η τιμή αυτή του PET μπορεί να θεωρηθεί ως το ανώτατο όριο για την άνεση των ντόπιων κατοίκων της Αθήνας. Σύμφωνα με έρευνα από τους Tseliou et al. 2013, η θερμική άνεση στην Αθήνα επιτυγχάνεται μεταξύ 25,5°C και 30 °C.

Η τιμή αυτή έχει ελεγχθεί με βάση στοιχεία από περιοχές με παρόμοιες κλιματικές συνθήκες σαν της Αθήνας κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, όπως το Ισραήλ, καταλήγοντας στα εξής συμπεράσματα (Shashua-Bar et al. 2012):

- Η υψηλότερη αποδεκτή θερμοκρασία θερμικής άνεσης για ανθρώπους που κάθονται στη σκιά είναι περίπου 29.5-30.7 °C, με ταχύτητα ανέμου περίπου 1 m / s μεταξύ των κτιρίων.
 - Η αποδεκτή θερμική δυσφορία βρέθηκε μεταξύ 31.8-32.5 °C, για ανθρώπους που κάθονται στη σκιά, με ταχύτητα ανέμου 1-2 m / s.
 - Κατά τη διάρκεια των «θερμών και υγρών» περιόδων (με μερική ατμ. πίεση της τάξης των 20-22 mmHg) και τις περιόδους «μέσου καλοκαιριού» (με μερική ατμ. πίεση της τάξης των 14-15 mmHg), η αποδεκτή θερμοκρασία αέρα για ανθρώπους που στέκονται στη σκιά είναι περίπου 30.7-31.5 °C με σχετική ταχύτητα του ανέμου 1-2 m / s.
 - Κατά τη διάρκεια των «ζεστών και ξηρών» περιόδων (με μερική ατμ. πίεση της τάξης των 10-12 mmHg), η «αποδεκτή» τιμή της θερμοκρασίας του αέρα είναι περίπου 31.9-32.5 °C, με σχετική ταχύτητα ανέμου 1-2 m / s.
 - Για τους ανθρώπους που περπατούν αργά στη σκιά, το χαμηλό επίπεδο θερμικής άνεσης ή η «αποδεκτή δυσφορία» επιτυγχάνεται με θερμοκρασία αέρα κάτω από 2 ή 3 K σε σχέση με τις συνθήκες ζεστών και ξηρών περιόδων, και συνήθως επικρατούν σε σκιασμένες θέσεις.
 - Για τις τιμές της θερμοκρασίας του αέρα σε επίπεδο δρόμου που είναι υψηλότερες από τις παραπάνω, είναι απαραίτητη η μείωση της θερμοκρασίας του αέρα, προκειμένου να επιτευχθεί «θερμική άνεση» ή «οριακά αποδεκτή θερμική άνεση».
- (Shashua-Bar et al. 2012)

Με βάση τα ανωτέρω συμπεράσματα, το ανώτερο όριο θερμικής άνεσης σύμφωνα με τον δείκτη PET είναι ίσο με 31 °C και έχει χρησιμοποιηθεί ως σημείο αναφοράς για την αξιολόγηση επιπτώσεων σε επιλογές σχεδιασμού που αφορούν στην παθητική ψύξη εξωτερικών χώρων με σκοπό τη θερμική άνεση των ανθρώπων στους δρόμους της Αθήνας. Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι σύμφωνα με τα μετεωρολογικά δεδομένα που υπάρχουν, δε μπορεί να επιτευχθεί θερμική άνεση στους δρόμους της Αθήνας σε «ηλιόλουστες θέσεις» τις περισσότερες ώρες της μέρας κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού. (Shashua-Bar et al. 2012)

3.1.4 Επεισόδια καύσωνα στην Αθήνα

Θερμή εισβολή ή καύσωνα είναι ένα μετεωρολογικό φαινόμενο που αποτελείται από έναν ασυνήθιστα καυτό και συνήθως υγρό καιρό. Οφείλεται σε ασυνήθιστες για την εποχή υψηλές θερμοκρασίες λόγω των χαμηλών βαρομετρικών και άπνοιας. Το φαινόμενο αυτό είναι εποχιακό και συνηθισμένο κατά τους καλοκαιρινούς μήνες. Η διάρκεια και η θερμοκρασία πάνω από την οποία θεωρείται ότι έχουμε θερμή εισβολή ποικίλει από χώρα σε χώρα ανάλογα με τη γεωγραφική θέση και το κλίμα που επικρατεί.

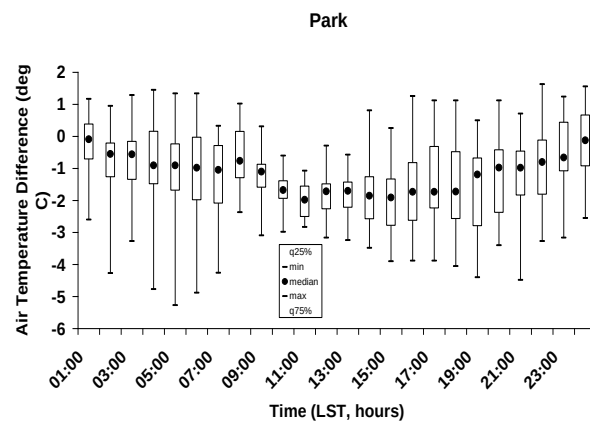
Στη χώρα μας χαρακτηρίζουμε ως "καύσωνα" τα επεισόδια υψηλών θερμοκρασιών, όταν συντρέχουν τα ακόλουθα κριτήρια:

- Μέγιστη θερμοκρασία μεγαλύτερη ή ίση των 39 βαθμών Κελσίου.
- Ελάχιστη θερμοκρασία δεν είναι μικρότερη των 26 βαθμών Κελσίου.
- Επικρατεί άπνοια ή ασθενείς άνεμοι με μικρό θερμοκρασιακό εύρος.
- Η διάρκεια των παραπάνω συνθηκών υπερβαίνει τις τρεις ημέρες.

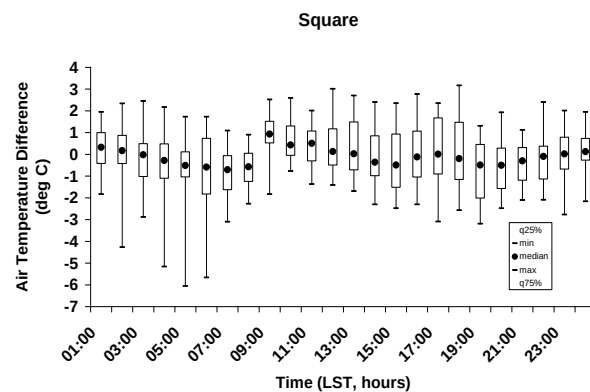
Οι καύσωνες αποτελούν αιτία θανάτου στις περιοχές μέσου γεωγραφικού πλάτους, κυρίως σε άτομα πολύ νέα ή ηλικιωμένα ή σε άτομα με προβλήματα υγείας.

Στην Ελλάδα οι συνθήκες καύσωνα είναι συνηθισμένες κατά τους καλοκαιρινούς μήνες. Σημαντικά επεισόδια καύσωνα σημειώθηκαν το καλοκαίρι του 1987, με μεγάλο μέρος της Ελλάδας να έχει επηρεαστεί αυτά στη διάρκεια των καλοκαιρινών μηνών. Τότε σημειώθηκε μεγάλος αριθμός θανάτων (περισσότερα από 1.000 άτομα). Τον Ιούλιο του 1988, είχαμε πάλι επεισόδια καύσωνα που οδήγησαν σε θανάτους. Το σημαντικότερο επεισόδιο καύσωνα, το οποίο είχε 5 θύματα, καταγράφηκε τον Ιούνιο του 2007. Κατά τη διάρκεια της τρίτης εβδομάδας του Ιουνίου του 2007 (24-28 Ιουνίου) η Αθήνα επλήγη πολύ σοβαρά από ένα κύμα καύσωνα με τη θερμοκρασία αέρα να αυξάνεται σταδιακά πάνω από τις κανονικές τιμές φτάνοντας στους 46.2° C στις 26 Ιουνίου, σύμφωνα με τα μετεωρολογικά δεδομένα από το αεροδρόμιο της Ελευσίνας κοντά στην Αθήνα, ενώ την ίδια ημέρα καταγράφηκε μέγιστη θερμοκρασία αέρα 44,8° C από το Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών (Founda D. & Giannakopoulos C. 2009, Tsiros, 2010). Η θερμοκρασία των 44,8° C είναι η υψηλότερη μέγιστη θερμοκρασία που έχει σημειωθεί από το 1897. Το 2007 ήταν το πιο θερμό καλοκαίρι τουλάχιστον των τελευταίων 50 χρόνων με

συνολικά τρεις καύσωνες. Το δεύτερο κύμα καύσωνα του 2007 διήρκεσε από τις 19 έως τις 27 Ιουλίου και ήταν μεγαλύτερο από το κύμα καύσωνα του Ιουνίου, με μέγιστες θερμοκρασίες πάνω από 40 ° C για 4 συνεχόμενες ημέρες (όπως καταγράφηκε από το Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών), ενώ το τρίτο κύμα καύσωνα μεταξύ 22 - 24 Αύγουστου, το οποίο ήταν συντομότερο και λιγότερο έντονο. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι τη νύχτα οι θερμοκρασίες παραμένουν σε πολύ υψηλά επίπεδα (Founda D. & Giannakopoulos C. 2009). Ο κύριος λόγος για τα κύματα καύσωνα του 2007 στην Ελλάδα ήταν η μεταγωγή των ξηρών και θερμών αερίων μαζών από τη Βόρεια Αφρική προς τη Μεσόγειο και βορειότερα προς τα Βαλκάνια. Η οριζόντια μεταγωγή των αερίων μαζών συνδέθηκε με ισχυρή αντικυκλωνική κυκλοφορία πάνω από τη Μεσόγειο θάλασσα (Founda and Giannakopoulos 2009).



(a)



(b)

Εικόνα 2 (α, β): Η μικροκλιματική συμπεριφορά μίας πλατείας με χαμηλό ποσοστό βλάστησης και ενός πάρκου στην πόλη των Αθηνών κατά τη διάρκεια του μεγάλου καύσωνα του 2007 φαίνεται στην εικόνα 2, όπου δίνονται τα boxplots των διαφορών θερμοκρασίας μεταξύ του πάρκου και του σταθμού αναφοράς (εικόνα 2α) και μεταξύ της πλατείας και του σταθμού αναφοράς (εικόνα 2β). Θετικές τιμές της διαφοράς αυτής υποδηλώνουν την ύπαρξη αστικής θερμίδας νησίδας (heat island), ενώ αρνητικές την ύπαρξη δροσερής νησίδας (cool island). Πηγή: Tsiros et. al 2012

3.2 Παρουσίαση περιοχών μελέτης

3.2.1 Περιοχή Πλατείας Αγ. Δημητρίου Πετρούπολης

Η περιοχή μελέτης βρίσκεται στο Δήμο Πετρούπολης στο βορειοδυτικό τμήμα του λεκανοπεδίου της Αττικής. Βόρεια και νότια της πόλης βρίσκονται οι δύο κορυφές του πανέμορφου Ποικίλου όρους. Γεωγραφικά ο δήμος τοποθετείται Α/ΝΑ της Ελευσίνας, Ν της Αττικής Οδού, Δ της Λεωφόρου Κηφισού και της Αθήνας. Οι βασικές οδοί (25ης Μαρτίου, Ανατολικής Ρωμυλίας και Περικλέους) συνδέουν την πόλη με το Ίλιον και το Περιστέρι. Σύμφωνα με στοιχεία της ΕΛ.ΣΤΑΤ., το 2011 ο πληθυσμός του Δήμου της Πετρούπολης ανέρχεται στους 58.979 χιλιάδες κατοίκους.



Εικόνα 3: Χάρτης με το Δήμο Πετρούπολης (κόκκινο χρώμα)

Παλαιότερα η Πετρούπολη αποτελείτο από δασικές, αγροτικές και κτηνοτροφικές εκτάσεις. Η αστική εξέλιξη της περιοχής αντικατέστησε τις αγροτο-κτηνοτροφικές εκτάσεις τις αρχές της δεκαετίας του 1950 και συνεχίστηκε μέχρι τα τέλη της δεκαετίας του 1990. Σήμερα η δόμηση της περιοχής συνεχίζεται, αλλά είναι πιο περιορισμένη. Η αφορμή της αστικής εξέλιξης της πόλης υπήρξε η διανομή αγροτεμαχίων από την εφημερίδα «Εσπερινή» στους αναγνώστες της μέσω κουπονιών. Σήμερα το ανατολικό και κεντρικό κομμάτι του δήμου είναι πιο αστικοποιημένο.

Το βραχώδες τοπίο του Ποικίλου όρους με λίγους θάμνους και χαμηλά δέντρα βρίσκεται στα δυτικά και στα βόρεια. Η εξόρυξη ήταν συνηθισμένη στο δυτικό τμήμα από τη δεκαετία του 1960 μέχρι μερικές δεκαετίες αργότερα. Ένα από τα εγκαταλελειμμένα ορυχεία που βρίσκεται περίπου 1 χμ. βορειοδυτικά μετατράπηκε σε

πάрко, και αρκετά έγιναν αθλητικές εγκαταστάσεις. Το Φεστιβάλ Πέτρας πραγματοποιείται κάθε χρόνο στο παλιό λατομείου «Αίμος», που μετατράπηκε στο Θέατρο Πέτρας στις αρχές της δεκαετίας του '80. Το Ποικίλον όρος (ή Ζαχαρίτσα) βρίσκεται κατά μήκος όλου του δήμου στη βορειοδυτική πλευρά του και η κορυφή του βρίσκεται βόρεια. (web 2)

Το Ποικίλο Όρος επηρεάζει ποικιλότροπα τις κλιματικές συνθήκες και την κατάσταση ατμοσφαιρικής ρύπανσης της Αθήνας. Η αρνητική του λειτουργία έγκειται στο γεγονός ότι λόγω της έκθεσης των πετρωμάτων του στην ηλιακή ακτινοβολία και σε συνδυασμό με την περιορισμένη εδαφοκάλυψη λειτουργεί ως συσσωρευτής θερμότητας. Για τους ίδιους λόγους λειτουργεί σα σφουγγάρι που έλκει αέριες μάζες μέσω του φαινομένου της οριζόντιας μεταφοράς. Οι υγρές μάζες κατέρχονται με τα καθοδικά ρεύματα προς το δομημένο χώρο όπου συσσωρεύονται αυξάνοντας τη σχετική υγρασία της ατμόσφαιρας, κύρια της θερμής ώρες της ημέρας. Η θετική του λειτουργία έγκειται στον περιορισμό της έντασης των Ν – ΝΔ ανέμων που δημιουργούν βιοκλιματικές συνθήκες και στη δημιουργία φράγματος στη μεταφορά αερορρυπαντών από το Θριάσιο Πεδίο προς το Λεκανοπέδιο.

Το βουνό μέσα από διαδικασίες φυσικής επιλογής και εμπλουτισμού μπορεί να μετατραπεί σε ένα πνεύμονα πρασίνου με πολλές θετικές επιδράσεις όπως:

- Αμβλυνση των θερμοκρασιών του περιβάλλοντος (μείωση το καλοκαίρι με τη διαπνοή και αύξησή τους το χειμώνα λόγω σχετικής υγρασίας).
- Δημιουργία ανακουφιστικών ρευμάτων αέρα προς την πόλη
- Λειτουργεί σαν φυσικό φίλτρο συγκράτησης και αποδόμησης ατμοσφαιρικών ρύπων.

Δυστυχώς, όμως, το μικρό σημερινό ποσοστό φυτοκάλυψης δεν έχει ουσιαστικά καμία θετική επίδραση στις κλιματικές συνθήκες. Το 1994 έγιναν εκτεταμένες αναδασώσεις στη περιοχή. Τα επόμενα χρόνια (1996 – 2000) έγιναν συμπληρωματικές φυτεύσεις και εμπλουτισμός της βλάστησης. Τα αποτελέσματα των παραπάνω παρεμβάσεων ήταν από πάρα πολύ καλά έως εξαιρετικά. (web 11)

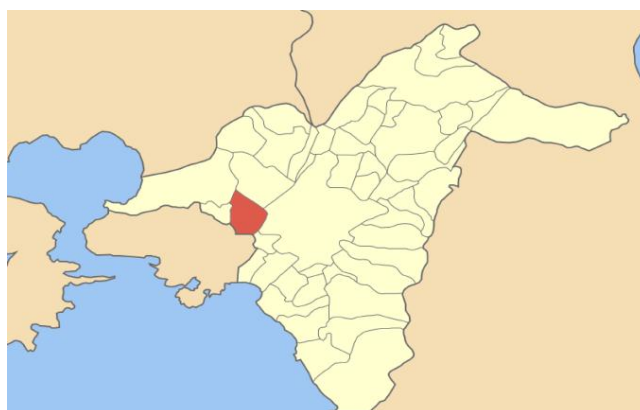
Πιο συγκεκριμένα η περιοχή των μετρήσεων βρίσκεται στην Πλατεία Αγίου Δημητρίου (τμήμα του Άλσους Αγίου Δημητρίου). Περιλαμβάνει χώρους πρασίνου, δρόμους περιπάτου, καθιστικά, κιόσκια, χώρο στάθμευσης, Βοτανικό Κήπο, παιδική χαρά, χώρο αθλητισμού με όργανα ελαφριάς άθλησης, γήπεδα αθλοπαιδιών, κλπ.



Εικόνα 4: Περιοχή μελέτης στο Δήμο Πετρούπολης, Πηγή: Google Earth

3.2.2 Περιοχή Άλσους Μπαρουτάδικο (Αιγάλεω)

Η περιοχή μελέτης βρίσκεται στο Δήμο Αιγάλεω στην Δυτική περιοχή του Πολεοδομικού Συγκροτήματος των Αθηνών και έχει αναπτυχθεί εκατέρωθεν της αρχαίας Ιεράς Οδού. Η πόλη έχει πάρει το όνομά της από το Όρος Αιγάλεω, απ' όπου ο βασιλιάς των Περσών Ξέρξης παρακολούθησε την καταστροφή του στόλου του από τους Έλληνες, στην ιστορική ναυμαχία της Σαλαμίνας. Το Αιγάλεω διασχίζεται από τον ποταμό Κηφισό, ο οποίος στην αρχαιότητα ήταν στολισμένος με αγάλματα, ιερά, μνημεία και ναούς.



Εικόνα 5: Χάρτης με το Δήμο Αιγάλεω (κόκκινο χρώμα)

Η πόλη του Αιγάλεω καταλαμβάνει 650 εκτάρια και κατοικήθηκε μαζικά για πρώτη φορά το 1922 από πρόσφυγες της Μικράς Ασίας. Το 1934 με διάταγμα οι γύρω οικισμοί αποτέλεσαν την κοινότητα των "Νέων Κυδωνιών" μέχρι το 1941 οπότε και έγινε ο Δήμος. Στην περίοδο της Γερμανικής κατοχής οι κάτοικοι συμμετείχαν ενεργά στην αντίσταση με αποκορύφωμα την Μάχη του Κηφισού το 1944. Το ολοκαύτωμα που ακολούθησε έμεινε βαθιά χαραγμένο στις μνήμες όλων.

Το Αιγάλεω είναι δήμος της Δυτικής Αθήνας με πληθυσμό 69.660 κατοίκους σύμφωνα με την απογραφή του 2011. Συνορεύει προς τα ανατολικά με το δήμο Αθηναίων, βόρεια με τους δήμους Περιστερίου και Χαϊδαρίου, δυτικά με τους δήμους Νίκαιας και Αγ. Βαρβάρας και νότια με τους δήμους Ρέντη και Ταύρου. Το ένα τέταρτο του δήμου είναι βιομηχανική περιοχή, ενώ το έδαφος του διασχίζουν πέντε μεγάλες οδικές αρτηρίες και συγκεκριμένα οι Λεωφόροι Κηφισού, Αθηνών, Θηβών, Πέτρου Ράλλη και η Ιερά Οδός. Πριν από μερικά χρόνια ήταν πρωτεύουσα της Δυτικής Αττικής. Η προπολεμική ονομασία της περιοχής του Αιγάλεω ήταν Πυριτιδοποιείο, αναφερόμενη στο γνωστό εργοστάσιο παρασκευής πυρίτιδας ιδιοκτησίας Μποδοσάκη, που έδρευε στο χώρο του σημερινού δημοτικού άλσους της πόλης.

Στο χώρο του σημερινού άλσους Αιγάλεω και για εκατό περίπου χρόνια (από το 1874 έως και το 1965) βρίσκονταν οι εγκαταστάσεις της Εταιρείας Ελληνικού Πυριτιδοποιείου, το οποίο ήταν στην εποχή της ακμής του μια από τις μεγαλύτερες βιομηχανικές μονάδες της χώρας. Πέντε χρόνια μετά το τέλος της λειτουργίας του (1970) η έκταση περιήλθε στην ιδιοκτησία του δημοσίου, με αποτέλεσμα να κατεδαφιστούν τα κτίρια και ο χώρος να μετατραπεί σε άλσος, εντός του οποίου έχουν κατασκευασθεί σχολεία, αθλητικά κέντρα καθώς και το Τεχνολογικό Ίδρυμα Αθηνών. Το Άλσος Αιγάλεω αποτελεί έναν από τους ελάχιστους πνεύμονες πρασίνου στη δυτική Αθήνα. (web 3)

Οι μετρήσεις για τη μελέτη αυτή πραγματοποιήθηκαν στο νότιο τμήμα του Άλσους, επί της Ιεράς Οδού. Ο χώρος αυτός περιλαμβάνει χώρους πρασίνου, δρόμους περιπάτου, καθιστικά, σιντριβάνι, θέατρο, αναψυκτήριο, κλπ.



Εικόνα 6: Περιοχή μελέτης στο Δήμο Αιγάλεω, Πηγή: Google Earth

4. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Η παρούσα εργασία πραγματοποιήθηκε στα εξής στάδια:

A. Διεξαγωγή μετρήσεων: Αρχικά, ορίστηκαν οι υπό μελέτη περιοχές και σύμφωνα με τα χαρακτηριστικά τους προσδιορίστηκαν οι θέσεις ενδιαφέροντος για τις μετρήσεις. Οι θέσεις μετρήσεων επιλέχτηκαν με βάση την επίδραση τους με τις γύρω περιοχές, την επίδρασή της δόμησης του περιβάλλοντος χώρου στη διαμόρφωση της θερμοκρασίας και της θερμικής αίσθησης, καθώς και τη γενικότερη διαμόρφωσή τους. Οι μετρήσεις αυτές έχουν στόχο τη μελέτη των βιοκλιματικών συνθηκών που δημιουργούνται σε τοπική κλίμακα, αλλά και τη θερμική αίσθηση των ανθρώπων είτε βρίσκονται στους χώρους αυτούς είτε είναι απλά περαστικοί. Οι εν λόγω μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν με τη χρήση κινητής μονάδας μικρομετεωρολογικού σταθμού η οποία εφοδιάστηκε με επιπλέον αισθητήρες από το Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών. Κατά τη διάρκεια των μετρήσεων χρησιμοποιήθηκε και κατάλληλη φωτογραφική μηχανή με ειδικό φακό τύπου fish-eye για τον προσδιορισμό της θέασης του ουράνιου θόλου (Sky View Factor – SVF).

B. Επεξεργασία δεδομένων: Στο στάδιο αυτό πραγματοποιήθηκε η επεξεργασία των δεδομένων από τις μετρήσεις, από όπου και προέκυψαν τα μικροκλιματικά χαρακτηριστικά των περιοχών μελέτης. Έπειτα, ακολούθησε η επεξεργασία των δεδομένων αυτών με το μοντέλο – λογισμικό Rayman 1.2 για τον υπολογισμό των βιοκλιματικών δεικτών.

Γ. Ανάλυση αποτελεσμάτων – Συμπεράσματα: Στο στάδιο αυτό έγινε η ανάλυση των αποτελεσμάτων των μετρήσεων και βγήκαν συμπεράσματα αναφορικά με τη θερμική αίσθηση του ανθρώπου στους υπό εξέταση υπαίθριους χώρους για τους μήνες που έγιναν οι μετρήσεις (Ιούνιος, Ιούλιος, Σεπτέμβρης και Οκτώβρης), αλλά και για τα μικροκλιματικά χαρακτηριστικά που μπορούμε να έχουμε στην ίδια περιοχή ανάλογα με το είδος της κάλυψης (Άλσος Αγ. Δημητρίου Πετρούπολης).

4.1 ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΠΕΔΙΟΥ

4.1.1 Η κινητή μονάδα μικρομετεωρολογικού σταθμού

Για τη λήψη των μετρήσεων στις επιλεγμένες θέσεις χρησιμοποιήθηκε ένας κινητός μικρομετεωρολογικός σταθμός, όπως φαίνεται στην εικόνα που ακολουθεί.



Εικόνα 7: Η μικρομετεωρολογική μονάδα

Οι αισθητήρες που περιλαμβάνει η μικρομετεωρολογική μονάδα είναι οι εξής:

- θερμόμετρο-υγρόμετρο RHT2 της εταιρείας Delta-T devices
- κυπελλοφόρο ανεμόμετρο
- αλμπεντόμετρο
- πυραδιόμετρο
- θερμόμετρο μελανής σφαίρας
- αισθητήρες θερμοκρασίας επιφανειών PT100

Τα όργανα που χρησιμοποιήθηκαν περιγράφονται αναλυτικότερα παρακάτω.

Θερμόμετρο- υγρόμετρο: το όργανο που χρησιμοποιήθηκε για τη μέτρηση της υγρασίας και της θερμοκρασίας είναι το RHT2 της εταιρείας Delta - T devices, το οποίο περιέχει ενσωματωμένους δύο αισθητήρες για τη μέτρηση της θερμοκρασίας και της υγρασίας παρέχοντας δύο σήματα εξόδου, ένα για τον κάθε αισθητήρα. Ο αισθητήρας είναι τύπου Thermistor και μπορεί να καταγράφει τιμές από τους -20°C έως τους $+80^{\circ}\text{C}$ με ευαισθησία της τάξης των 10mV. Η ακρίβεια του οργάνου ισούται με $\pm 0,5\%$ της ένδειξης. Ο χρόνος απόκρισης του αισθητήρα είναι $t < 10\text{s}$.

Το *υγρόμετρο* είναι το όργανο που μετράμε τη σχετική υγρασία του περιβάλλοντος αέρα. Το υγρόμετρο ή υγρασιόμετρο κατέχει ένα εύρος μετρήσεων από 0 έως 100 % της υγρασίας περιβάλλοντος. Το υγρόμετρο που χρησιμοποιήθηκε είναι μέρος του παραπάνω ηλεκτρονικού αισθητήρα RHT2 της εταιρείας Delta - T devices. Η απόκλιση του οργάνου μετρημένη στους 23° C ισούται ± 2 % και η ευαισθησία του είναι της τάξης των 10Mv. Ο χρόνος απόκρισης του υγρομέτρου είναι $t < 10s$.

Το *αλμπεντόμετρο* χρησιμοποιείται για τη μέτρηση της ακτινοβολίας, προσπίπτουσας και ανακλώμενης (μικρού μήκους κύματος ακτινοβολία). Το αλμπεντόμετρο περιέχει και ένα ειδικό gel στο εσωτερικό του, που σκοπό έχει να απορροφήσει κάθε υγρασία που ενδεχομένως προκύψει και παρεμποδίζει το θόλωμα της γυάλινης επιφάνειας. Ακόμη, το εύρος λειτουργίας υπολογίζεται από 0 έως 2000 W/m² και η αντίστοιχη μικρού μήκους κύματος ακτινοβολίας από 0,305 έως 2,8μm. Σημαντικός παράγοντας που αποδεικνύει την ακριβή μέτρηση που λαμβάνει το αλμπεντόμετρο είναι η μεγάλη του ευαισθησία που κυμαίνεται από 9 έως 15 μv ή W/m².

Τα *θερμόμετρα επιφανειών* αποτελούν δείκτες της θερμοκρασίας εδάφους και ακολουθούν όλοι τις ίδιες προδιαγραφές. Η αντίσταση που περιλαμβάνουν είναι μετρημένη στα 2000 Ohm σε θερμοκρασία περιβάλλοντος 25°C. Η σταθερότητα των οργάνων υπολογίζεται στους $\pm 0,2^\circ C$ για κάθε οχτώ χρόνια με μια μέση λειτουργία στους 25° C. Η συνολική ακρίβεια με την οποία καταγράφουν τις θερμοκρασίες και τα δύο όργανα έχει υπολογιστεί ως $\pm 0,1^\circ C$ σε θερμοκρασία λειτουργίας από 0-70° C.

Το *ανεμόμετρο* είναι το όργανο με το οποίο μετράμε την ένταση και ταχύτητα του ανέμου. Ο τύπος ανεμόμετρου της κινητής μονάδας είναι το κυπελλοφόρο, το οποίο αποτελείται από τρία ημισφαιρικά περιστρεφόμενα κύπελλα. Το ανεμόμετρο αυτό έχει μεγάλη ακρίβεια ($\pm 0,3$) και το εύρος των μετρήσεων του υπολογίζεται από 0,3 έως 75 m/s.

Όλοι οι αισθητήρες συνδέθηκαν σε ένα ψηφιακό καταγραφέα μετρήσεων (data logger DL2e) της εταιρείας Delta- T devices. Το DL2e είναι συμβατό με κάθε τύπου όργανο, αφού μπορεί και αποδίδει τα δεδομένα, όταν αυτά προέρχονται από ηλεκτρική τάση, από θερμική αντίσταση, από συχνότητα, ή από μια απλή αλλαγή κατάστασης. Το καταγραφικό διαθέτει το απαραίτητο λειτουργικό σύστημα ώστε καταγράφει και

να αποθηκεύει έως και 128 χιλιάδες διαφορετικές μετρήσεις, καθ' όλη τη διάρκεια του εικοσιτετραώρου, κάτω από διάφορες περιβαλλοντικές συνθήκες (Τσαρτσάλη 2011, Ρέππας 2011)

4.1.2 Σημεία λήψης δεδομένων με το ΜΣ στην Πλατεία Αγ. Δημητρίου

Τα σημεία λήψης δεδομένων στην Πλατεία Αγ. Δημητρίου επιλέχθηκαν για τον προσδιορισμό της διακύμανσης της θερμοκρασίας σε διαφορετικές ώρες κατά τη διάρκεια της ημέρας. Επίσης, οι μετρήσεις που έγιναν κατά το τριήμερο που Οκτωβρίου πραγματοποιήθηκαν με αλλαγή θέσης της κινητής μονάδας ανά περίπου 20 λεπτά με σκοπό να προσδιοριστεί η διακύμανση της θερμοκρασίας ανάλογα με τη διαμόρφωση του περιβάλλοντος χώρου.

Τα σημεία λήψης δεδομένων φαίνονται στην εικόνα που ακολουθεί:



Εικόνα 8: Σημεία λήψης δεδομένων στην Πλατεία Αγ. Δημητρίου (Πετρούπολη), Πηγή: Google Earth

Αναλυτικότερα, οι μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν είναι οι ακόλουθες:

1. 23/06/2012 → 11:15 – 14:17
2. 25/06/2012 → 16:53 – 19:30
3. 26/06/2012 → 13:40 – 16:15
4. 07/09/2012 → 15:20 – 18:18

5. 03/10/2012 → 15:00 – 16:14
 6. 04/10/2012 → 11:26 – 12:55
 7. 05/10/2012 → 11:17 – 12:40
- } ΜΕ ΑΛΛΑΓΗ ΘΕΣΗΣ ΑΝΑ 20΄ ΠΕΡΙΠΟΥ

- Οι μετρήσεις 1, 2 και 3 έχουν πραγματοποιηθεί στο σημείο 3 (Σ3), η μέτρηση 4 στο σημείο 1 (Σ1).
- Η μέτρηση 5 έχει ως εξής: Σ1 → 15:00 – 15:22, Σ2 → 15:24 – 15:45, Σ3 → 15:48 – 16:14
- Η μέτρηση 6 έχει ως εξής: Σ1 → 11:26 – 11:51, Σ2 → 11:54 – 12:20, Σ3 → 12:27 – 16:55
- Η μέτρηση 7 έχει ως εξής: Σ1 → 11:17 – 11:40, Σ2 → 11:44 – 12:07, Σ3 → 12:15 – 12:40
- Ο σταθμός στο Σ1 είναι τοποθετημένος σε πλακόστρωτο και υπάρχει γρασίδι ακριβώς δίπλα, ο σταθμός στο Σ2 είναι τοποθετημένος σε χώμα και υπάρχει γρασίδι ακριβώς δίπλα και ο σταθμός στο Σ3 είναι τοποθετημένος σε πλακόστρωτο.



Εικόνα 9: Άποψη θέσης σημείου 1



Εικόνα 10: Άποψη θέσης σημείου 1



Εικόνα 11: Άποψη θέσης σημείου 1



Εικόνα 12: Άποψη θέσης σημείου 2



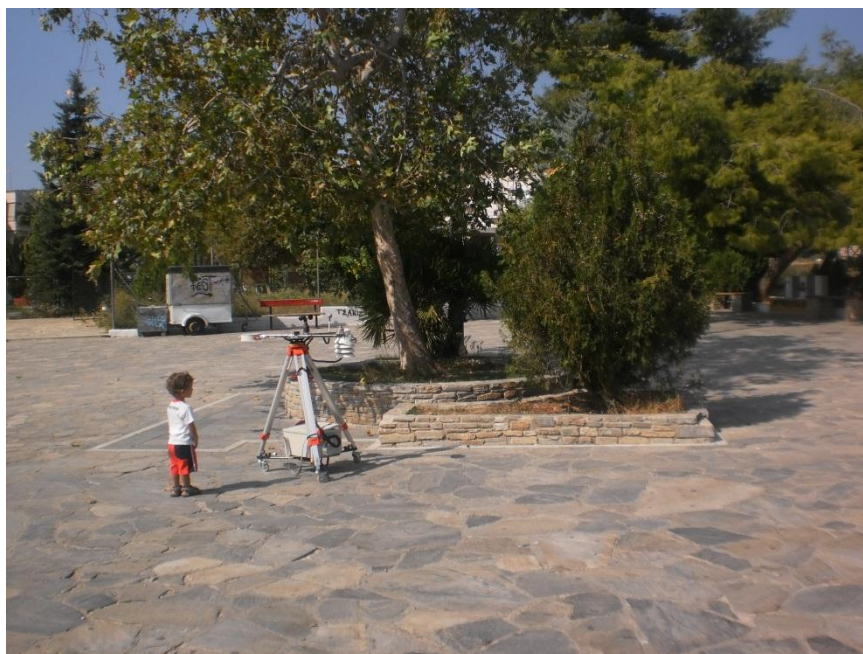
Εικόνα 13: Άποψη θέσης σημείου 2



Εικόνα 14: Άποψη θέσης σημείου 3



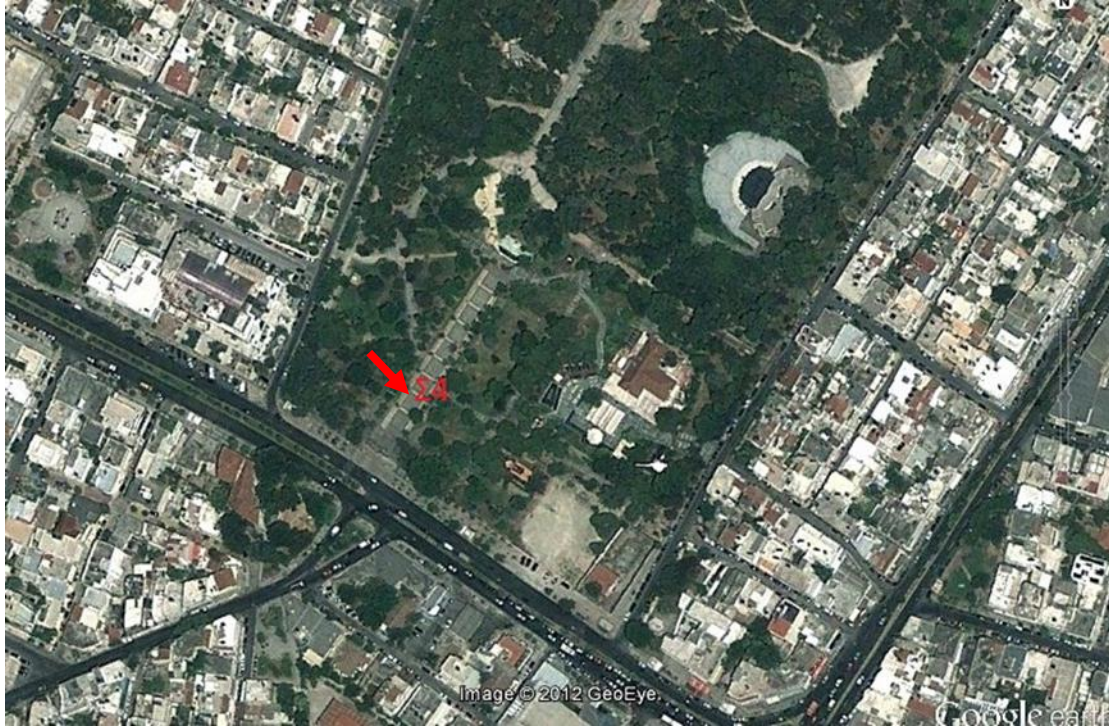
Εικόνα 15: Άποψη θέσης σημείου 3



Εικόνα 16: Άποψη θέσης σημείου 3

4.1.3 Σημεία λήψης δεδομένων με το ΜΣ στο Άλσος Μπαρουτάδικο

Τα σημεία λήψης δεδομένων στο Άλσος Μπαρουτάδικο (Αιγάλεω) επιλέχθηκαν για τον προσδιορισμό της διακύμανσης της θερμοκρασίας σε διαφορετικές ώρες κατά τη διάρκεια της ημέρας στο ίδιο σημείο, όπως φαίνεται παρακάτω.



Εικόνα 17: Σημείο λήψης δεδομένων στο Άλσος Μπαρουτάδικο (Αιγάλεω), Πηγή: Google Earth

Οι μετρήσεις στο Μπαρουτάδικο πραγματοποιήθηκαν σε δύο μέρες από λίγες ώρες την κάθε φορά. Συγκεκριμένα:

1. 29/06/2012 → 15:15 – 19:15
2. 02/07/2012 → 11:30 – 15:15

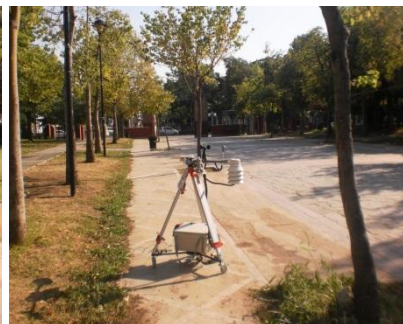
Ο σταθμός τοποθετήθηκε στο σημείο Σ4 πάνω σε πλακόστρωτο. Γύρω από αυτό το σημείο υπάρχει γρασίδι και πολλά δέντρα, όπως φαίνεται στις εικόνες που ακολουθούν.



Εικόνα 18: Άποψη θέσης σημείου 4



Εικόνα 19: Άποψη θέσης σημείου 4



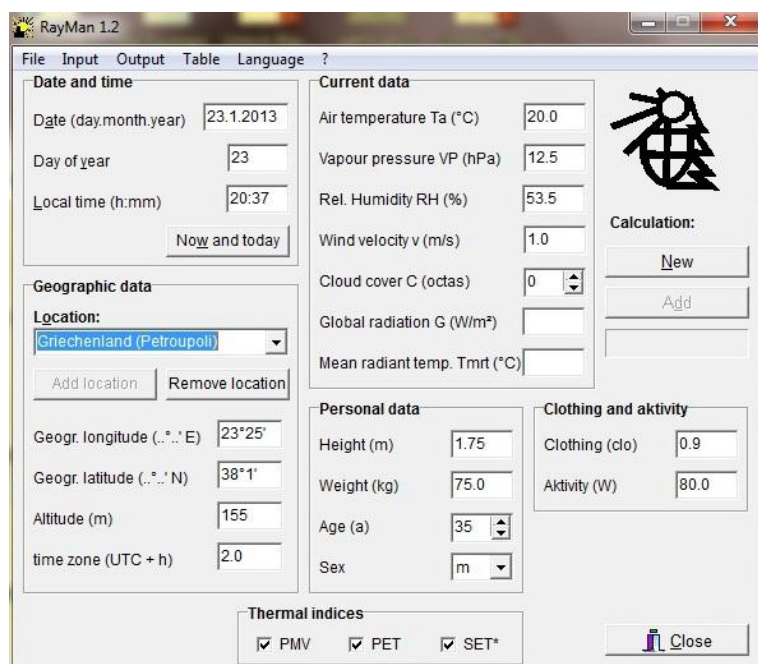
Εικόνα 20: Άποψη θέσης σημείου 4



Εικόνα 21: Άποψη θέσης σημείου 4

4.2 Το λογισμικό RAYMAN

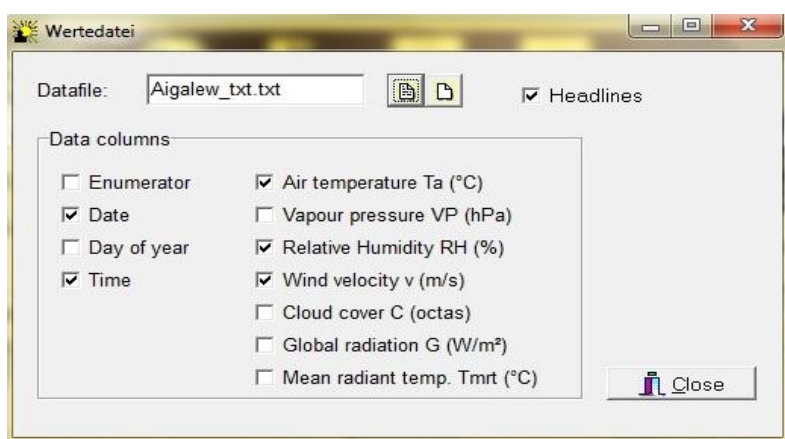
Το λογισμικό RayMan αποτελεί ένα σημαντικό εργαλείο για τον υπολογισμό των βιοκλιματικών δεικτών με υψηλή ακρίβεια στην εξαγωγή αποτελεσμάτων. Το λογισμικό αυτό δημιουργήθηκε στο Μετεωρολογικό Ινστιτούτο του Πανεπιστημίου Freiburg της Γερμανίας από τους F. Rutz, A. Matzarakis και H. Mayer. Το RayMan είναι ένα εύχρηστο λογισμικό που λειτουργεί σε περιβάλλον Microsoft Windows και έχει φιλικό περιβάλλον προς το χρήστη.



Εικόνα 22: Περιβάλλον λογισμικού Rayman 1.2

Το λογισμικό RayMan υπολογίζει τις ενεργειακές ροές στο ανθρώπινο σώμα, που προκαλούνται από τη δράση της ηλιακής και της γήινης ακτινοβολίας. Πεδία εφαρμογής του αποτελούν κυρίως οι αστικοί υπαίθριοι χώροι. Το άμεσο αποτέλεσμα της εφαρμογής του λογισμικού αυτού είναι η μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας (T_{mrt}), η οποία ορίζεται ως η μέση θερμοκρασία του μέλανος σώματος, που έχει καθορισμένη στάση και ενδυμασία, με τις ίδιες απώλειες και οφέλη ακτινοβολίας αντίστοιχες πραγματικών συνθηκών.

Οι παράμετροι που μπορούν να εισαχθούν από το χρήστη αφορούν μικροκλιματικά δεδομένα (θερμοκρασία αέρος, υγρασία αέρος και ταχύτητα ανέμου) της υπό εξέταση περιοχής, τα οποία εισάγονται σε μορφή .txt, αλλά και δεδομένα που αφορούν τον άνθρωπο που κάνει χρήση των χώρων που εξετάζονται. Τα δεδομένα αυτά περιλαμβάνουν στοιχεία ένδυσης, δραστηριότητας, σωματικής διάπλασης, ηλικίας, στάσης του σώματος και φύλου.



Εικόνα 23: Παράθυρο εισαγωγής δεδομένων στο Rayman

Πολύ βασικό για να υπολογιστούν σωστά οι δείκτες στο Rayman, είναι να εισαχθούν το υψόμετρο και οι γεωγραφικές συντεταγμένες της περιοχής μελέτης. Επίσης, αν το σημείο των μετρήσεων δεν βρίσκεται σε χώρο απαλλαγμένο από εμπόδια (βλάστηση, κτίρια, κα) είναι απαραίτητο να περιγραφεί η γεωμετρία και η διαμόρφωση του περιβάλλοντα χώρου. Αυτό επιτυγχάνεται με την εισαγωγή φωτογραφιών στο λογισμικό, οι οποίες αντιπροσωπεύουν τη θέαση του ουράνιου θόλου και έχουν ληφθεί με ειδικό φακό τύπου Fish-Eye.

4.00	43.60	1.0	0	Frankreich (Montpellier)
7.20	43.60	1.0	5	Frankreich (Nizza)
2.33	48.87	1.0	52	Frankreich (Paris)
23.73	38.00	2.0	107	Griechenland (Athen)
23.40	37.59	2.0	45	Griechenland (Aigaleo)
23.41	38.02	2.0	155	Griechenland (Petrupoli)
37.58	55.75	3.0	156	GUS (Moskau)
30.42	59.92	3.0	4	GUS (St. Petersburg)
114.18	22.25	8.0	33	Hongkong

Εικόνα 24: Συντεταγμένες και υψόμετρο περιοχών μελέτης

RayMan 1.2

File Input Output Table Language ?

Current data

Air temperature Ta (°C) 20.0

Vapour pressure VP (hPa) 12.5

Rel. Humidity RH (%) 53.5

Wind velocity v (m/s) 1.0

Cloud cover C (octas) 0

Global radiation G (W/m²)

Mean radiant temp. Tmrt (°C)

Calculation: New Add

Geographic data

Location: Griechenland (Petrupoli)

Add location Remove location

Geogr. longitude (..°.. E) 23°25'

Geogr. latitude (..°.. N) 38°1'

Altitude (m) 155

time zone (UTC + h) 2.0

Personal data

Height (m) 1.75

Weight (kg) 75.0

Age (a) 35

Sex m

Clothing and activity

Clothing (clo) 0.9

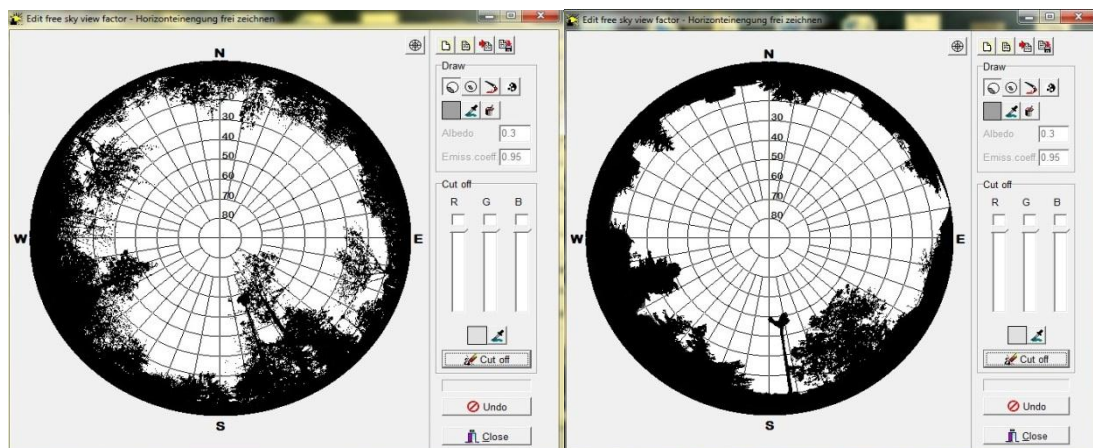
Activity (W) 80.0

Thermal indices

☒ PMV ☒ PET ☒ SET*

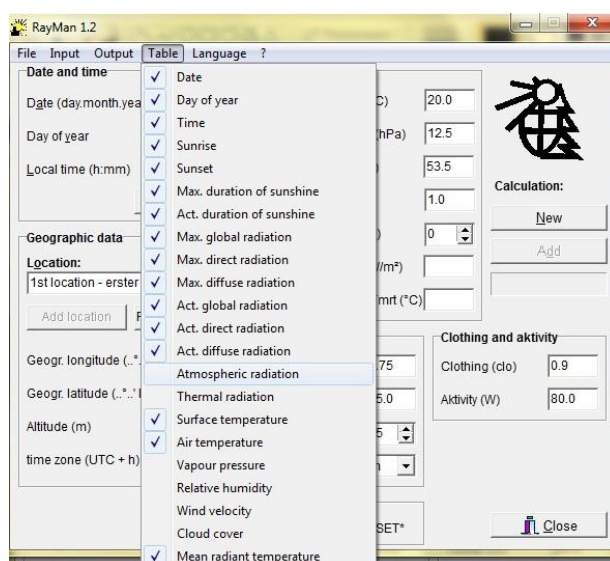
Close

Εικόνα 25: Παράθυρο εισαγωγής δεδομένων



Εικόνα 26: Παράθυρο εισαγωγής δεδομένων SVF Εικόνα 27: Παράθυρο εισαγωγής δεδομένων SVF

Οι παράμετροι και οι θερμικοί δείκτες που μπορεί να υπολογιστούν από το λογισμικό RayMan παρουσιάζονται στην εικόνα που ακολουθεί. Όπως παρατηρούμε υπάρχει δυνατότητα επιλογής των παραμέτρων που θέλουμε να εξάγουμε.



Εικόνα 28: Παράθυρο με εντολές επιλογής των παραμέτρων εξαγωγής

Στην παρούσα μελέτη, οι τιμές που αφορούν τον άνθρωπο (ένδυση, δραστηριότητα, σωματικής διάπλαση, ηλικία, στάση σώματος και φύλο) ορίστηκαν αυτόματα από το λογισμικό, όπως φαίνονται και στην αντίστοιχη εικόνα.

4.3 Ο συντελεστής θέασης ουράνιου θόλου (SKY VIEW FACTOR - SVF)

Ο συντελεστής θέασης του ουράνιου θόλου (SVF) ορίζεται ως η αναλογία μεταξύ του συνολικού ποσού ακτινοβολίας που λαμβάνεται από μια επιφάνεια και αυτής που είναι διαθέσιμη από ολόκληρο το ακτινοβόλο περιβάλλον. Ο SVF αντιπροσωπεύει μια εκτίμηση της ορατής περιοχής του ουρανού, που φαίνεται από ένα σημείο πάνω στην επιφάνεια της γης.

Ο συντελεστής SVF είναι μια παράμετρος αδιάστατου μεγέθους και παίρνει τιμές από 0 έως 1. Η τιμή 0 υποδηλώνει ότι η θέα του ουρανού εμποδίζεται και ο παρατηρητής δεν έχει καθόλου ορατότητα, με αποτέλεσμα οι θερμοκρασίες να επηρεάζονται σημαντικά από το αστικό περιβάλλον. Αντίθετα, η τιμή 1 υποδηλώνει ότι η θέα είναι ανεμπόδιστη προς τον ουρανό.

Για τον προσδιορισμό της τιμής του SVF έχουν προταθεί και χρησιμοποιούνται διάφορες μεθοδολογίες είτε με τη χρήση οργάνων είτε με τη χρήση μαθηματικών σχέσεων. Μια πολύ αξιόπιστη και εύκολη μέθοδος για την εκτίμηση του SVF γίνεται

με τη χρήση φωτογραφικών μηχανών με ειδικό φακό τύπου fish-eye. Στη συνέχεια, η ψηφιακή αυτή φωτογραφία επεξεργάζεται κατάλληλα με ειδικά προγράμματα για να γίνει η περαιτέρω ανάλυση του δείκτη.

Στους φυτοκαλυμμένους χώρους, όπως είναι τα πάρκα, η διάταξη και η πυκνότητα της βλάστησης παίζουν καθοριστικό ρόλο στην τιμή του SVF. Έτσι, σε φυσικά αίθρια πάρκων τα οποία θα μπορούσε κανείς να αντιστοιχήσει με πλατείες δομημένου χώρου, η τιμή του SVF πλησιάζει, ενίοτε, τη μονάδα. Αντίθετα, σε θέσεις με πυκνή και υψηλή βλάστηση, όπου ο ουράνιος θόλος καλύπτεται σε μεγάλο ποσοστό από αυτήν η τιμή του SVF είναι πολύ μικρή και ορισμένες φορές πλησιάζει το μηδέν. (Χρονοπούλου, 2011)

Στην παρούσα εργασία οι φωτογραφίες αυτές επεξεργάστηκαν με το πρόγραμμα PAINT.NET ώστε να γίνουν ασπρόμαυρες και συγκεκριμένων διαστάσεων και να μπορούν να εισαχθούν στο λογισμικό Rayman 1.2.

Έτσι, υπολογίστηκε ο συντελεστής θέασης SVF για τις διαφορές θέσεις εγκατάστασης της μικρομετεωρολογικής μονάδας. Συγκεκριμένα, η τιμή του SVF για τα σημεία είναι τα ακόλουθα:

- Σημείο 1 (Πλατεία Αγ. Δημητρίου): 0.68
- Σημείο 2 (Πλατεία Αγ. Δημητρίου): 0.68
- Σημείο 3 (Πλατεία Αγ. Δημητρίου): 0.68
- Σημείο 4 (Μπαρουτάδικο): 0.63



Εικόνα 29: Φωτογραφία SVF από τη θέση 1



Εικόνα 30: Φωτογραφία SVF από τη θέση 3



Εικόνα 31: Φωτογραφία SVF από τη θέση 4

5. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Στο κεφάλαιο αυτό θα γίνει η ανάλυση των μετρήσεων στις περιοχές μελέτης τόσο για τα μικροκλιματικά δεδομένα, όσο και για τα αποτελέσματα που προκύπτουν για τη θερμική άνεση από τους δείκτες PET, PMV και SET.

5.1 Αποτελέσματα μετρήσεων στην Πλατεία Αγ. Δημητρίου (Πετρούπολη)

5.1.1 - 1^η μέτρηση στην Πλατεία Αγ. Δημητρίου (23/6/2012)

Ο καιρός την πρώτη μέρα των μετρήσεων ήταν αίθριος με πολύ υψηλές θερμοκρασίες. Τα αποτελέσματα που προέκυψαν από το σύνολο των μετρήσεων τη μέρα αυτή, διαμορφώθηκαν όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα:

Time	Alb-up (W/m ²)	Alb-down (W/m ²)	Pyr-up (W/m ²)	Pyr-down (W/m ²)	RH (%)	T air (°C)	T globe (°C)	W speed (m/s)
11:45	795,5	434,4	-137,9	1042,7	26,1	35,5	39,4	1,7
12:15	826,3	447,6	-204,2	1019,6	24,6	36,1	39,6	1,8
12:45	854,0	441,0	-213,7	1085,7	23,8	36,5	40,4	1,6
13:15	873,6	414,2	-252,8	1096,3	22,8	36,9	40,4	1,7
13:45	878,3	362,9	-256,2	1184,8	21,0	37,0	40,7	1,8
14:15	487,3	209,7	108,7	1062,4	21,2	37,6	41,3	1,2

Πίνακας 5: Μικροκλιματικά δεδομένα 1^{ης} μέτρησης στην Πλατεία Αγ. Δημητρίου (29/6/2012)

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα των μετρήσεων, πρόκειται για μία πάρα πολύ ζεστή μέρα με μέσες τιμές θερμοκρασίας μισαώρου να κυμαίνονται μεταξύ 35,5°C και 37,6°C. Οι ριπές ανέμου ήταν αισθητές με τη μεγαλύτερη μέση τιμή ταχύτητας ανέμου να αγγίζει τα 1,8 m/s. Οι μέσες τιμές υγρασίας μισαώρου κυμάνθηκαν από 21% μέχρι 26,1%. Η άμεση προσπίπτουσα ακτινοβολία παρουσίασε ιδιαίτερα υψηλές τιμές, με τη μέγιστη τιμή 878,3 W/m², ενώ η ανακλώμενη ακτινοβολία για την ίδια χρονική στιγμή υπολογίστηκε σε 362,9 W/m².

Από το διάγραμμα της θερμοκρασίας αέρα παρατηρούμε πως η θερμοκρασία αυξάνεται καθώς μεταβαίνουμε προς τις μεσημεριανές ώρες. Η σχετική υγρασία έχει αντίθετη πορεία από αυτή της θερμοκρασίας, με αποτέλεσμα να μειώνεται όσο η θερμοκρασία αυξάνεται.



Διάγραμμα 1: Μέσες τιμές θερμοκρασίας αέρα στην Πλατεία Αγ. Δημητρίου (23/6/2012)



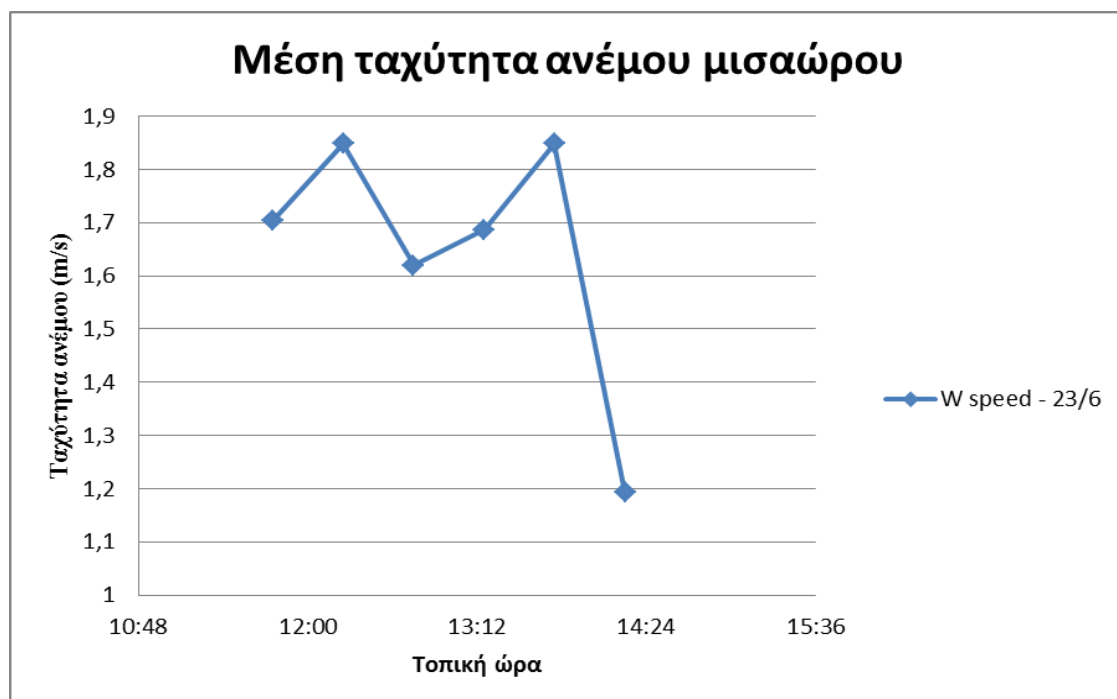
Διάγραμμα 2: Μέσες τιμές σχετικής υγρασίας αέρα στην Πλατεία Αγ. Δημητρίου (23/6/2012)

Από το διάγραμμα της προσπίπτουσας ακτινοβολίας παρατηρούμε με ραγδαία μείωση, η οποία προέρχεται από ξαφνική νέφωση στην περιοχή μελέτης.



Διάγραμμα 3: Μέσες τιμές προσπίπτουσας ακτινοβολίας στην Πλατεία Αγ. Δημητρίου (23/6/2012)

Από το διάγραμμα της ταχύτητας του ανέμου παρατηρούμε ότι τη συγκεκριμένη μέρα ο άνεμος ήταν αισθητός με ταχύτητα που παρουσίαζε αυξομειώσεις.



Διάγραμμα 4: Μέσες τιμές ταχύτητας ανέμου στην Πλατεία Αγ. Δημητρίου (23/6/2012)

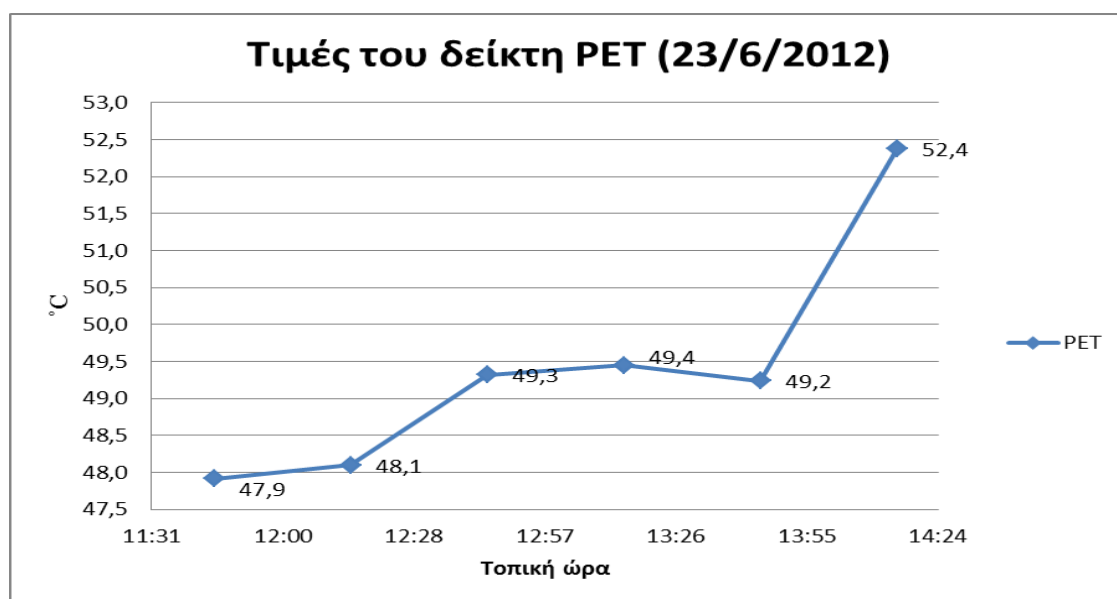
Λαμβάνοντας υπόψη τις παραπάνω τιμές των μικροκλιματικών παραμέτρων, τις εισάγαμε μετά από σωστή επεξεργασία στο λογισμικό Rayman 1.2 για να υπολογίσουμε τους βιομετεωρολογικούς δείκτες PMV και PET. Οι δείκτες αυτοί μας δείχνουν τα επίπεδα θερμικής άνεσης που αναμένεται να έχουν οι χρήστες της πλατείας στην περιοχή μετρήσεων. Τα αποτελέσματα από το λογισμικό Rayman φαίνονται στον πίνακα που ακολουθεί:

Time	Gact	Sact	Dact	Ts	Ta	Tmrt	PMV	PET
h:mm	W/m2	W/m2	W/m2	°C	°C	°C		°C
11:45	861,2	676,4	185,0	53,3	35,5	64,4	4,6	47,9
12:15	868,7	683,7	185,0	53,3	36,1	64,4	4,6	48,1
12:45	861,5	676,8	185,0	54,7	36,5	65,3	4,8	49,3
13:15	840,8	656,0	184,8	54,0	36,9	65,5	4,9	49,4
13:45	806,6	622,6	184,0	52,7	37,0	65,3	4,8	49,2
14:15	759,7	577,2	182,6	55,5	37,7	66,9	5,4	52,4

Πίνακας 6: Αποτελέσματα Rayman από τα δεδομένα της 1ης μέτρησης στην Πλατεία Αγ. Δημητρίου

Από την ταξινόμηση των τιμών του δείκτη PMV, προκύπτει ότι η θερμική άνεση του ανθρώπου για τη μέρα αυτή χαρακτηρίζεται ως πολύ ζεστή με τιμές που ξεπερνούν το 4,6. Ο θερμικός δείκτης PET λαμβάνει τιμές από 47,9°C έως 52,4°C με σταδιακή αύξηση όσο μεταβαίνουμε στις μεσημεριανές ώρες.

Στο παρακάτω διάγραμμα φαίνεται η πορεία του δείκτη PET. Σύμφωνα με τις τιμές που έχει λάβει, η θερμική αίσθηση χαρακτηρίζεται ως «πάρα πολύ ζεστή».



Διάγραμμα 5: Πορεία δείκτη PET στην Πλατεία Αγ. Δημητρίου (23/6/2012)

5.1.2 - 2^η μέτρηση στην Πλατεία Αγ. Δημητρίου (25/6/2012)

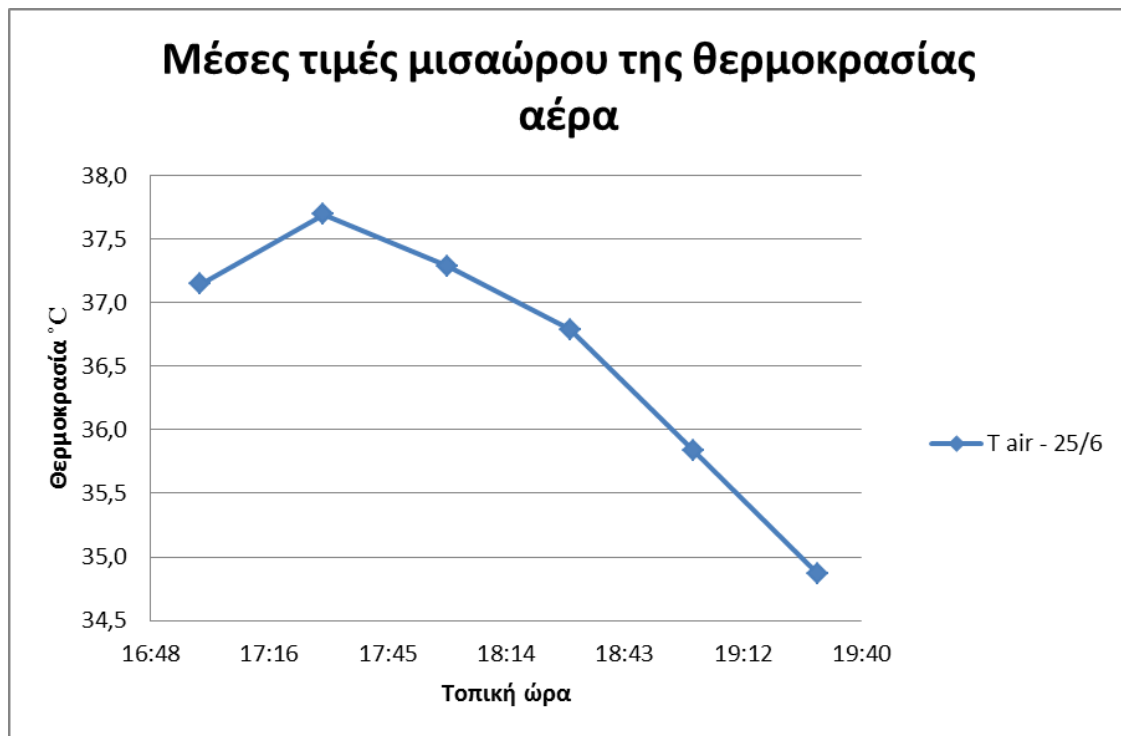
Η δεύτερη μέρα των μετρήσεων πραγματοποιήθηκε απογευματινές ώρες. Ο καιρός ήταν αίθριος με πολύ υψηλές θερμοκρασίες. Τα αποτελέσματα που προέκυψαν από το σύνολο των μετρήσεων φαίνονται αναλυτικά στον παρακάτω πίνακα:

Time	Alb-up (W/m ²)	Alb-down (W/m ²)	Pyr-up (W/m ²)	Pyr-down (W/m ²)	RH (%)	T air (°C)	T globe (°C)	W speed (m/s)
17:00	476,7	222,4	253,1	966,5	28,6	37,1	40,7	1,2
17:30	480,5	231,0	178,6	894,1	27,8	37,7	41,0	1,2
18:00	412,8	197,0	201,0	796,7	28,2	37,3	39,6	1,1
18:30	309,7	154,6	281,6	674,1	28,3	36,8	38,5	1,2
19:00	226,4	101,4	335,9	588,9	29,1	35,8	37,4	1,3
19:30	82,2	46,7	447,7	442,0	30,1	34,9	34,3	0,9

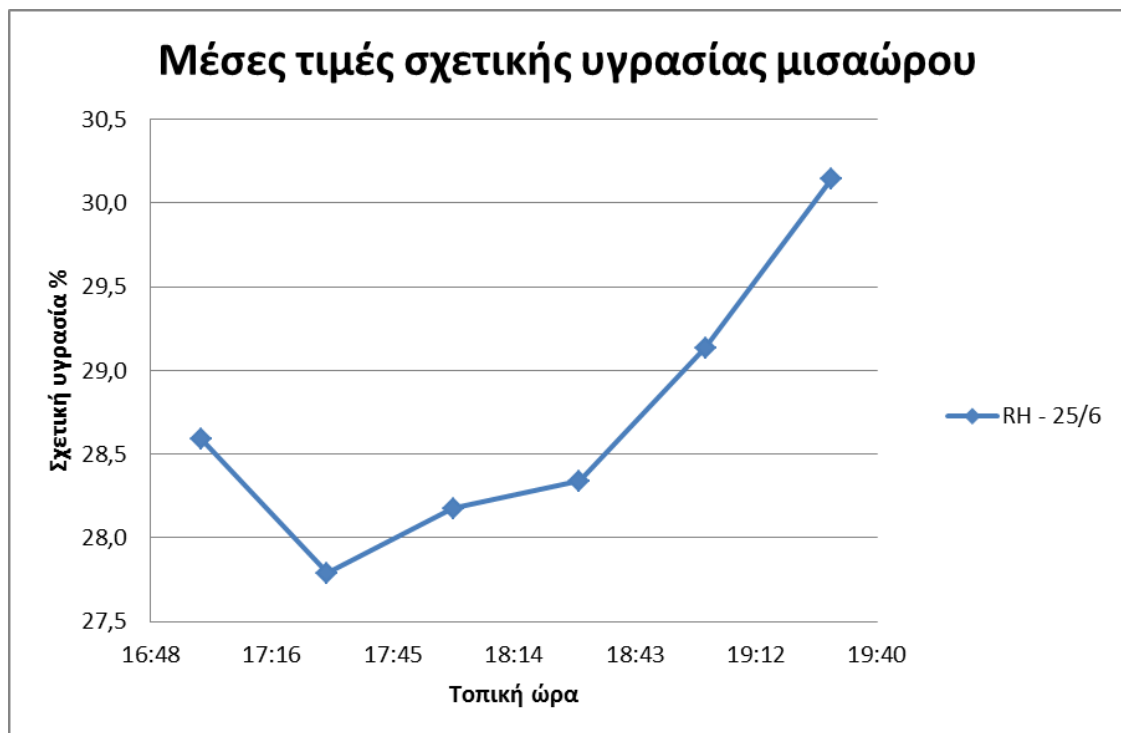
Πίνακας 7: Μικροκλιματικά δεδομένα 2^{ης} μέτρησης στην Πλατεία Αγ. Δημητρίου (25/6/2012)

Όπως φαίνεται και στον πίνακα, οι μέσες τιμές μισαώρου της θερμοκρασίας του αέρα κυμαίνονται μεταξύ 34,9°C και 37,7°C. Ο άνεμος ήταν αισθητός με τη μεγαλύτερη μέση τιμή ταχύτητας τα 1,2 m/s. Οι μέσες τιμές υγρασίας μισαώρου κυμάνθηκαν από 27,8% μέχρι 30,1%. Η άμεση προσπίπτουσα ακτινοβολία παρουσίασε τιμές μεσαίας τάξης, με τη μέγιστη τιμή 480,5 W/m², ενώ η ανακλώμενη ακτινοβολία για την ίδια χρονική στιγμή έλαβε την τιμή 231 W/m². Τα επίπεδα ακτινοβολίας είναι φυσιολογικά δεδομένης της ώρας των μετρήσεων.

Από το διάγραμμα της θερμοκρασίας αέρα παρατηρούμε πως η θερμοκρασία μέχρι και τις 17:30 το απόγευμα αυξάνεται, ενώ στη συνέχεια έχουμε σταδιακή μείωση. Παρόλα αυτά, ακόμα και μετά τις 19:00 εξακολουθεί να βρίσκεται σε αρκετά υψηλά επίπεδα (<35°C). Η σχετική υγρασία έχει αντίθετη πορεία από αυτή της θερμοκρασίας, με αποτέλεσμα να μειώνεται όσο η θερμοκρασία αυξάνεται και το αντίθετο.

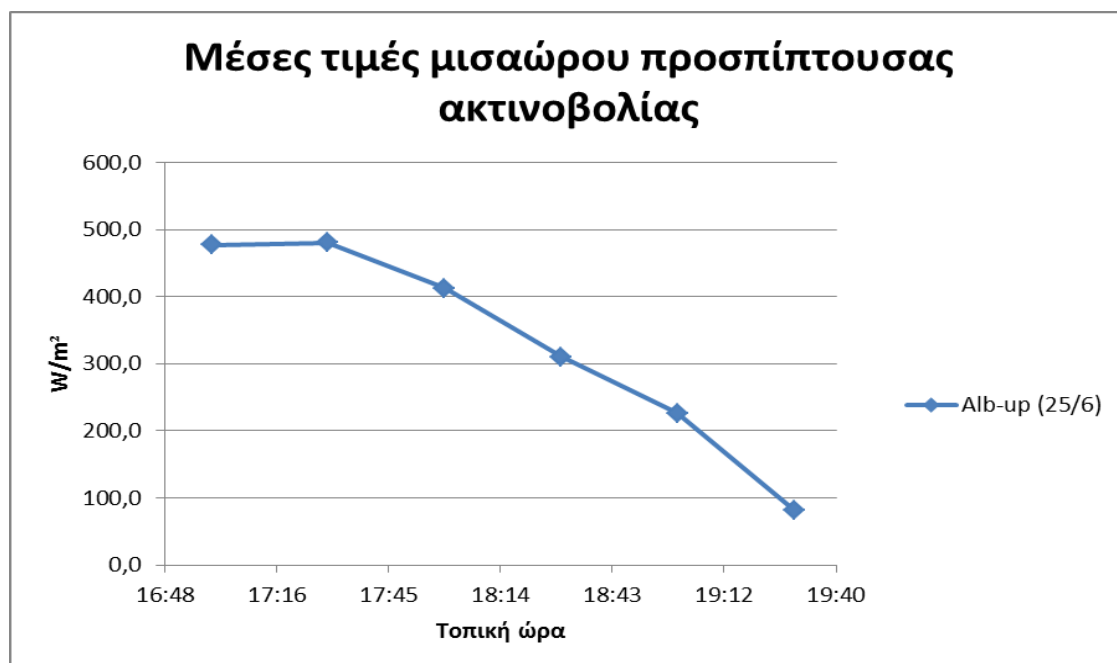


Διάγραμμα 6: Μέσες τιμές θερμοκρασίας αέρα στην Πλατεία Αγ. Δημητρίου (25/6/2012)



Διάγραμμα 7: Μέσες τιμές σχετικής υγρασίας αέρα στην Πλατεία Αγ. Δημητρίου (25/6/2012)

Από το διάγραμμα της προσπίπτουσας ακτινοβολίας παρατηρούμε μια σταδιακή μείωση, η οποία οφείλεται στο γεγονός ότι ο ήλιος δύει.



Διάγραμμα 8: Μέσες τιμές προσπίπτουσας ακτινοβολίας στην Πλατεία Αγ. Δημητρίου (25/6/2012)

Από το διάγραμμα της ταχύτητας του ανέμου παρατηρούμε ότι τη συγκεκριμένη μέρα ο άνεμος ήταν αισθητός με ταχύτητα που παρουσίαζε αυξομειώσεις.



Διάγραμμα 9: Μέσες τιμές ταχύτητας ανέμου στην Πλατεία Αγ. Δημητρίου (25/6/2012)

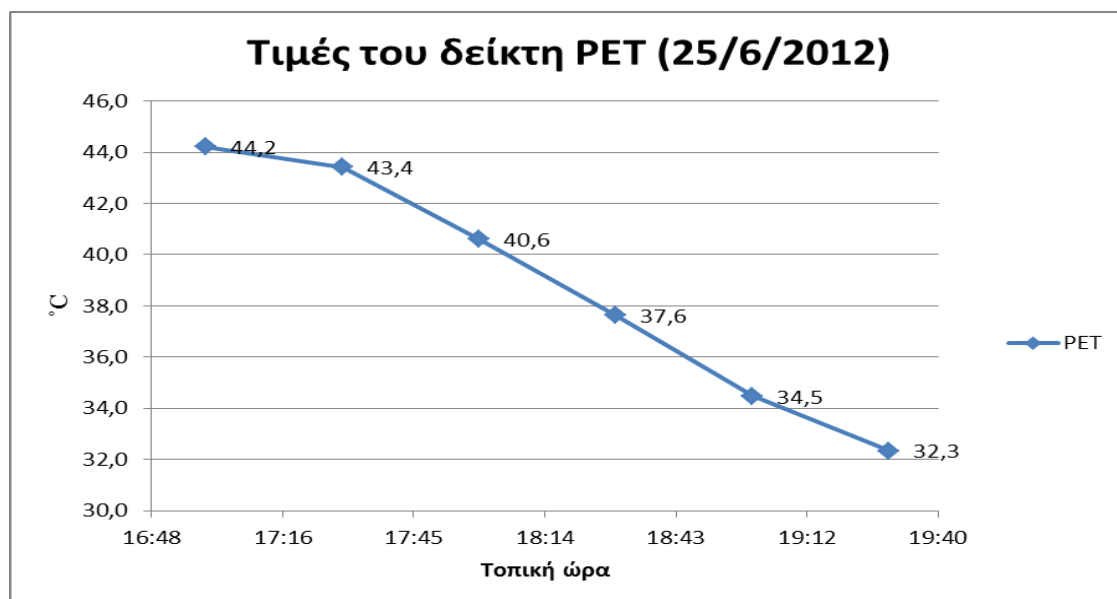
Με βάση τις παραπάνω τιμές των μικροκλιματικών παραμέτρων, έγινε υπολογισμός τους βιομετεωρολογικούς δείκτες PMV και PET με το λογισμικό Rayman 1.2. Τα αποτελέσματα από το λογισμικό Rayman φαίνονται στον πίνακα που ακολουθεί:

time	Gact	Sact	Dact	Ts	Ta	Tmrt	PMV	PET
h:mm	W/m2	W/m2	W/m2	°C	°C	°C		°C
17:00	297,5	169,9	127,8	42,8	37,1	52,1	4,2	44,2
17:30	239,6	127,3	112,1	41,8	37,7	49,4	4,1	43,4
18:00	150,1	67,4	82,7	39,1	37,3	43,6	3,7	40,6
18:30	60,1	2,9	57,1	36,4	36,8	37,5	3,2	37,6
19:00	16,1	0,0	16,1	34,4	35,8	31,5	2,7	34,5
19:30	0,1	0,0	0,1	32,9	34,9	28,5	2,3	32,3

Πίνακας 8: Αποτελέσματα Rayman από τα δεδομένα της 2ης μέτρησης στην Πλατεία Αγ. Δημητρίου

Από την ταξινόμηση των τιμών του δείκτη PMV, προκύπτει ότι η θερμική άνεση του ανθρώπου για τη μέρα αυτή χαρακτηρίζεται ως ζεστή και πολύ ζεστή με τιμές που ξεπερνούν το 2,3. Ο θερμικός δείκτης PET λαμβάνει τιμές από 32,3°C έως 44,2°C με σταδιακή αύξηση όσο γίνεται μετάβαση από τις μεσημεριανές στις απογευματινές ώρες.

Στο παρακάτω διάγραμμα φαίνεται η πορεία του δείκτη PET. Σύμφωνα με τις τιμές που έχει λάβει, η θερμική αίσθηση χαρακτηρίζεται ως «πολύ ζεστή» και «πέρα πολύ ζεστή».



Διάγραμμα 10: Πορεία δείκτη PET στην Πλατεία Αγ. Δημητρίου (25/6/2012)

5.1.3 - 3^η μέτρηση στην Πλατεία Αγ. Δημητρίου (26/6/2012)

Η τρίτη ημέρα των μετρήσεων πραγματοποιήθηκε μεσημεριανές ώρες. Ο καιρός ήταν αίθριος με πολύ υψηλές θερμοκρασίες. Πιο αναλυτικά, τα αποτελέσματα των μετρήσεων φαίνονται στον παρακάτω που ακολουθεί:

Time	Alb-up (W/m ²)	Alb-down (W/m ²)	Pyr-up (W/m ²)	Pyr-down (W/m ²)	RH (%)	T air (°C)	T globe (°C)	W speed (m/s)
13:45	820,5	374,3	-23,4	1379,1	31,2	36,7	42,4	0,6
14:15	811,3	364,7	-136,2	1238,5	28,4	38,4	42,9	0,7
14:45	772,0	319,4	-182,6	1137,9	28,4	37,6	41,8	0,9
15:15	728,7	310,7	-81,1	1136,2	27,0	37,6	42,2	0,8
15:45	439,5	221,2	146,1	782,8	26,1	37,8	40,7	0,8
16:15	612,0	311,5	57,9	1031,1	26,6	38,1	39,3	0,7

Πίνακας 9: Μικροκλιματικά δεδομένα 3^{ης} μέτρησης στην Πλατεία Αγ. Δημητρίου (26/6/2012)

Σύμφωνα με τα στοιχεία του πίνακα, οι μέσες τιμές μισαώρου της θερμοκρασίας του αέρα κυμαίνονται μεταξύ 36,7°C και 38,4°C. Η ταχύτητα του ανέμου ήταν αισθητή με τιμές μεταξύ 0,7 - 1,2 m/s. Οι μέσες τιμές υγρασίας μισαώρου κυμάνθηκαν από 26,1% μέχρι 31,2%. Η άμεση προσπίπτουσα ακτινοβολία παρουσίασε τιμές υψηλές, με τη μεγαλύτερη να ανέρχεται στα 820,5 W/m², ενώ η ανακλώμενη ακτινοβολία για την ίδια χρονική στιγμή υπολογίστηκε σε 374,3 W/m².

Από το διάγραμμα της θερμοκρασίας αέρα παρατηρούμε πως η θερμοκρασία μέχρι και τις 14:30 είχε σταδιακή αύξηση, στη συνέχεια παρουσίασε σταδιακή μείωση μέχρι τις 15:00 περίπου ενός βαθμού και μετά παρουσίασε πάλι άνοδο. Η σχετική υγρασία έχει αντίθετη πορεία από αυτή της θερμοκρασίας, με αποτέλεσμα να μειώνεται όσο η θερμοκρασία αυξάνεται και το αντίθετο.



Διάγραμμα 11: Μέσες τιμές θερμοκρασίας αέρα στην Πλατεία Αγ. Δημητρίου (26/6/2012)



Διάγραμμα 12: Μέσες τιμές σχετικής υγρασίας στην Πλατεία Αγ. Δημητρίου (26/6/2012)

Από το διάγραμμα της προσπίπτουσας ακτινοβολίας παρατηρούμε μια σταδιακή μείωση μέχρι τις 15:30 περίπου και στη συνέχεια απότομη μείωση μέχρι τις 15:45, γεγονός που οφείλεται σε παροδική νέφωση.



Διάγραμμα 13: Μέσες τιμές προσπίπτουσας ακτινοβολίας στην Πλατεία Αγ. Δημητρίου (26/6/2012)

Από το διάγραμμα της ταχύτητας του ανέμου παρατηρούμε ότι τη συγκεκριμένη μέρα ο άνεμος ήταν αισθητός με ταχύτητα που παρουσίαζε αυξομειώσεις μεταξύ 0,6 και 0,95 m/s.



Διάγραμμα 14: Μέσες τιμές ταχύτητας ανέμου στην Πλατεία Αγ. Δημητρίου (26/6/2012)

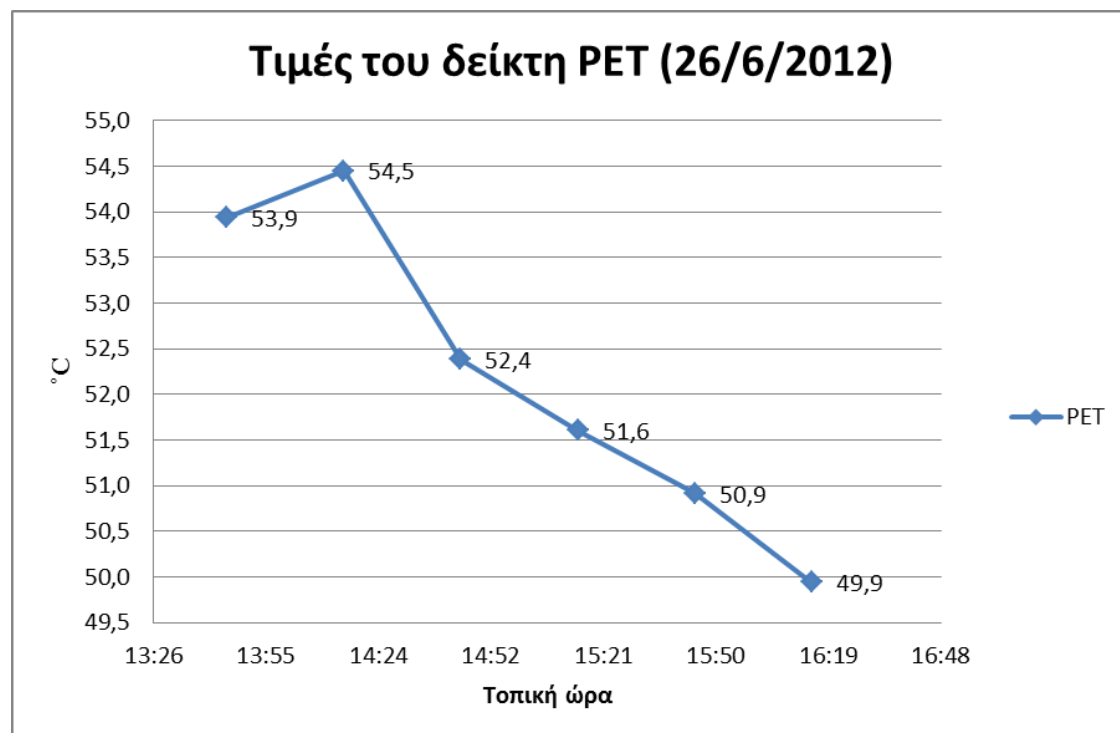
Με βάση τα παραπάνω μικροκλιματικά δεδομένα, έγινε υπολογισμός τους βιομετεωρολογικούς δείκτες PMV και PET στο λογισμικό Rayman 1.2. Τα αποτελέσματα από το λογισμικό Rayman φαίνονται στον πίνακα που ακολουθεί:

time	Gact	Sact	Dact	Ts	Ta	Tmrt	PMV	PET
h:mm	W/m2	W/m2	W/m2	°C	°C	°C		°C
13:45	789,5	606,5	183,0	58,8	37,8	68,5	5,8	53,9
14:15	759,4	577,1	182,3	58,6	38,4	68,7	5,9	54,5
14:45	700,9	520,9	179,8	55,2	37,6	66,7	5,5	52,4
15:15	631,7	456,1	175,7	53,3	37,6	65,3	5,3	51,6
15:45	553,5	384,7	169,0	51,5	37,8	63,4	5,3	50,9
16:15	468,1	309,1	158,9	49,7	38,1	60,9	5,1	49,9

Πίνακας 10: Αποτελέσματα Rayman από τα δεδομένα της 3ης μέτρησης στην Πλατεία Αγ. Δημητρίου

Από την ταξινόμηση των τιμών του δείκτη PMV, προκύπτει ότι η θερμική άνεση του ανθρώπου για τη μέρα αυτή χαρακτηρίζεται ως πολύ ζεστή με τιμές που ξεπερνούν το 5,1. Ο θερμικός δείκτης PET λαμβάνει υψηλές τιμές από 49,9°C έως 54,5°C με σταδιακή μείωση μετά τις 14:45.

Στο παρακάτω διάγραμμα φαίνεται η πορεία του δείκτη PET. Σύμφωνα με τις τιμές που έχει λάβει, η θερμική αίσθηση χαρακτηρίζεται ως «πάρα πολύ ζεστή».



Διάγραμμα 15: Πορεία δείκτη PET στην Πλατεία Αγ. Δημητρίου (26/6/2012)

5.1.4 - 4^η μέτρηση στην Πλατεία Αγ. Δημητρίου (7/9/2012)

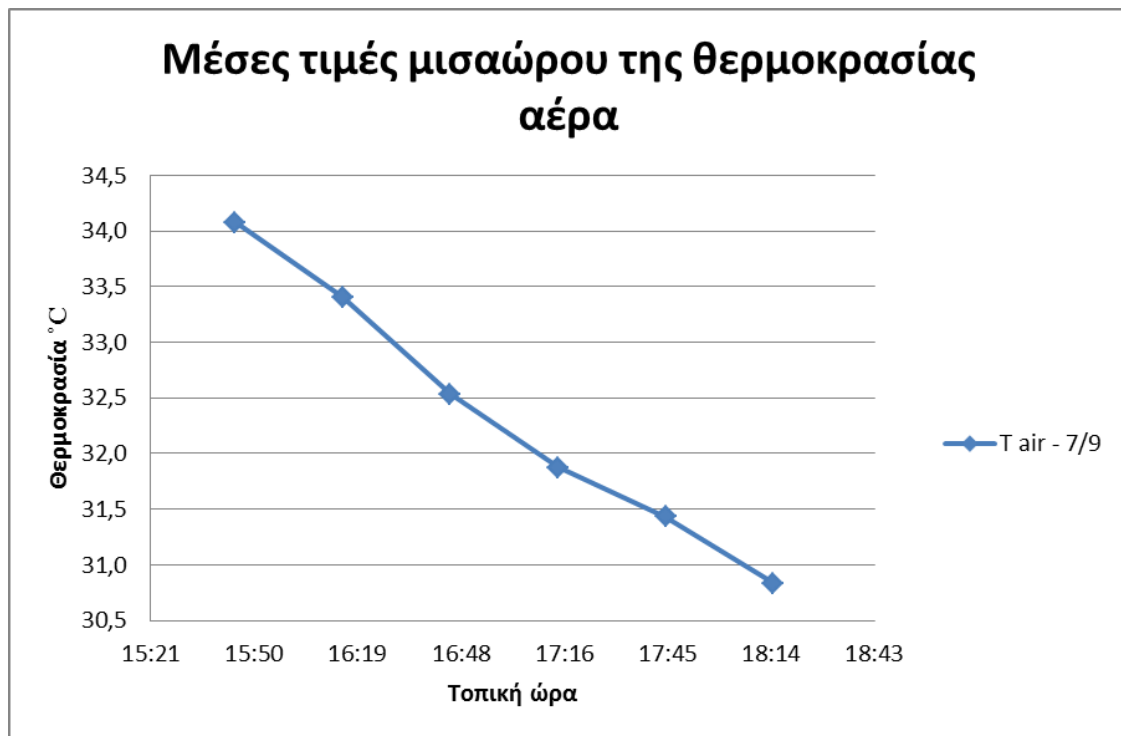
Η 4^η μέτρηση στην πλατεία του Αγ. Δημητρίου πραγματοποιήθηκε μία φθινοπωρινή μέρα κατά τις μεσημεριανές ώρες. Τα αποτελέσματα που προέκυψαν από το σύνολο των μετρήσεων τη μέρα αυτή, διαμορφώθηκαν όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα:

Time	Alb-up (W/m ²)	Alb-down (W/m ²)	Pyr-up (W/m ²)	Pyr-down (W/m ²)	RH (%)	T air (°C)	T globe (°C)	W speed (m/s)
15:45	601,7	351,7	-19,0	853,7	28,6	34,1	38,6	1,1
16:15	536,9	309,6	23,4	770,2	29,6	33,4	37,9	1,2
16:45	460,6	249,3	70,1	713,0	30,8	32,5	36,9	1,3
17:15	381,1	160,7	102,2	679,8	30,5	31,9	36,1	1,2
17:45	282,5	171,8	241,0	467,6	30,3	31,4	34,9	1,3
18:15	167,4	94,4	341,6	489,0	31,5	30,8	33,8	1,1

Πίνακας 11: Μικροκλιματικά δεδομένα 4^{ης} μέτρησης στην Πλατεία Αγ. Δημητρίου (7/9/2012)

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα των μετρήσεων, πρόκειται για μία ζεστή μέρα με μέσες τιμές θερμοκρασίας μισαώρου να κυμαίνονται μεταξύ 30,8°C και 34,1°C. Ο άνεμος ήταν αισθητός με ταχύτητα μεταξύ 1,1 και 1,3 m/s. Οι μέσες τιμές υγρασίας μισαώρου κυμάνθηκαν από 28,6% μέχρι 31,5%. Η άμεση προσπίπτουσα ακτινοβολία παρουσίασε διακυμάνσεις στις τιμές της λόγω νέφωσης, κυρίως κατά τις απογευματινές ώρες. Η μέγιστη τιμή της ήταν 601,7 W/m², ενώ η ανακλώμενη ακτινοβολία για την ίδια χρονική στιγμή υπολογίστηκε σε 351,7 W/m².

Από το διάγραμμα της θερμοκρασίας αέρα που ακολουθεί, παρατηρούμε πως η θερμοκρασία μειώνεται καθώς μεταβαίνουμε από τις μεσημεριανές ώρες προς τις απογευματινές. Η σχετική υγρασία έχει αντίθετη πορεία από αυτή της θερμοκρασίας, με αποτέλεσμα να αυξάνεται όσο η θερμοκρασία μειώνεται.



Διάγραμμα 16: Μέσες τιμές θερμοκρασίας αέρα στην Πλατεία Αγ. Δημητρίου (7/9/2012)



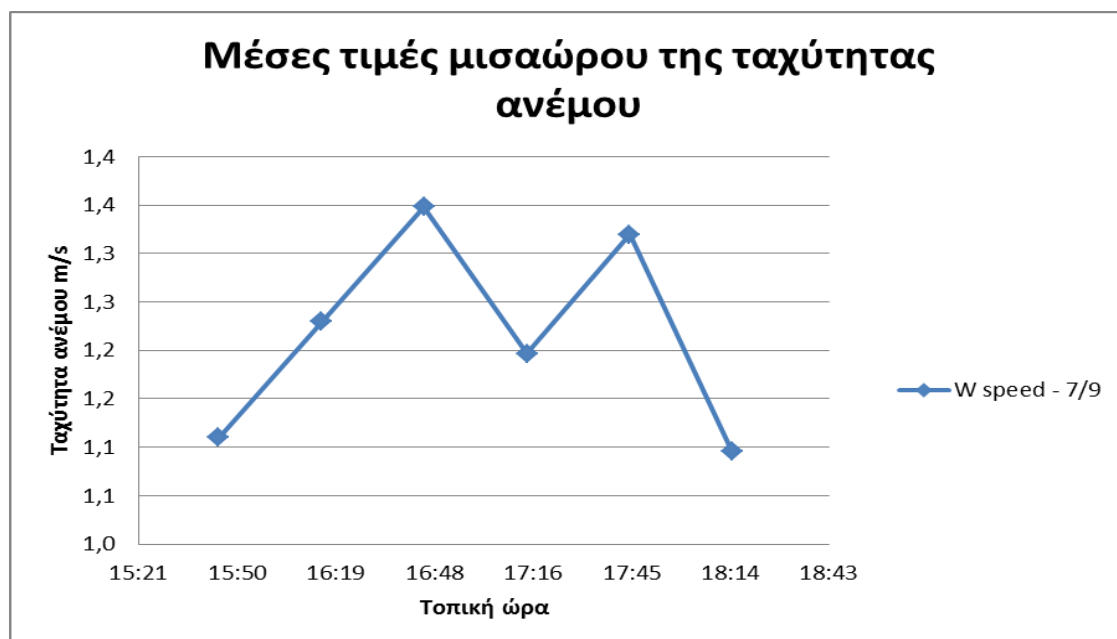
Διάγραμμα 17: Μέσες τιμές σχετικής υγρασίας αέρα στην Πλατεία Αγ. Δημητρίου (7/9/2012)

Από το διάγραμμα της προσπίπτουσας ακτινοβολίας παρατηρούμε μείωση, η οποία προέρχεται από νέφωση στην περιοχή μελέτης.



Διάγραμμα 18: Μέσες τιμές προσπίπτουσας ακτινοβολίας στην Πλατεία Αγ. Δημητρίου (7/9/2012)

Από το διάγραμμα της ταχύτητας του ανέμου παρατηρούμε ότι τη συγκεκριμένη μέρα ο άνεμος ήταν ιδιαίτερα αισθητός με ταχύτητα που παρουσίαζε αυξομειώσεις. Η μέση ταχύτητά του κατά τη διάρκεια των μετρήσεων ήταν από 1,1 έως 1,4 m/s.



Διάγραμμα 19: Μέσες τιμές ταχύτητας ανέμου στην Πλατεία Αγ. Δημητρίου (7/9/2012)

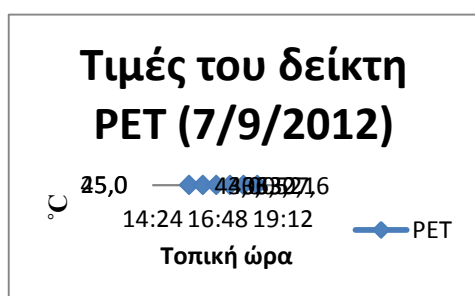
Λαμβάνοντας υπόψη τις παραπάνω τιμές των μικροκλιματικών παραμέτρων, τις εισάγαμε μετά από σωστή επεξεργασία στο λογισμικό Rayman 1.2 για να υπολογίσουμε τους βιομετεωρολογικούς δείκτες PMV και PET. Τα αποτελέσματα από το λογισμικό Rayman φαίνονται στον πίνακα που ακολουθεί:

Time	Gact	Sact	Dact	Ts	Ta	Tmrt	PMV	PET
h:mm	W/m2	W/m2	W/m2	°C	°C	°C		°C
15:45	412,5	273,8	139,0	43,1	34,1	54,3	3,8	43,0
16:15	326,1	201,8	124,3	39,8	33,4	49,8	3,4	40,0
16:45	230,2	128,2	102,1	36,3	32,5	43,9	2,8	36,5
17:15	127,7	53,0	74,8	33,1	31,9	37,1	2,3	33,2
17:45	41,6	0,0	41,6	30,6	31,4	30,3	1,9	30,1
18:15	4,4	0,0	4,4	29,0	30,8	25,0	1,5	27,6

Πίνακας 12: Αποτελέσματα Rayman από τα δεδομένα της 4ης μέτρησης στην Πλατεία Αγ. Δημητρίου

Σύμφωνα με τις τιμές που παίρνει ο δείκτης PMV, η θερμική άνεση του ανθρώπου για τη μέρα αυτή χαρακτηρίζεται ως ζεστή και πολύ ζεστή με τιμές που ξεπερνούν το 1,5. Ο θερμικός δείκτης PET λαμβάνει τιμές από 22,7°C έως 34,2°C με σταδιακή μείωση όσο μεταβαίνουμε από τις μεσημεριανές στις απογευματινές ώρες.

Στο διάγραμμα που ακολουθεί φαίνεται η πορεία του δείκτη PET. Σύμφωνα με τις τιμές που έχει λάβει, η θερμική αίσθηση χαρακτηρίζεται ως «θερμή», «πολύ ζεστή» και «πάρα πολύ ζεστή».



Διάγραμμα 20: Πορεία δείκτη PET στην Πλατεία Αγ. Δημητρίου (7/9/2012)

5.1.5 - 5^η μέτρηση στην Πλατεία Αγ. Δημητρίου (3/10/2012)

Οι μετρήσεις τη μέρα αυτή πραγματοποιήθηκαν με αλλαγή θέσης της κινητής μονάδας ανά 20 λεπτά περίπου. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν οι τιμές της θερμοκρασίας, οι οποίες είναι υψηλές για την εποχή. Τα αποτελέσματα που προέκυψαν από το σύνολο των μετρήσεων τη μέρα αυτή, διαμορφώθηκαν όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα:

Time	Alb-up (W/m ²)	Alb-down (W/m ²)	Pyr-up (W/m ²)	Pyr-down (W/m ²)	RH (%)	T air (°C)	T globe (°C)	W speed (m/s)
15:00	302,6	217,4	329,0	895,8	34,0	31,2	36,4	0,8
15:15	560,0	335,5	81,7	873,4	31,7	32,5	38,4	0,7
15:30	521,8	350,4	90,8	720,1	30,9	32,7	37,6	0,9
15:45	493,5	371,1	150,5	705,0	29,0	33,9	39,0	0,6
16:00	491,0	284,4	90,8	731,8	28,8	33,2	36,6	1,1
16:15	438,4	262,6	141,3	683,3	29,3	33,0	36,6	1,0

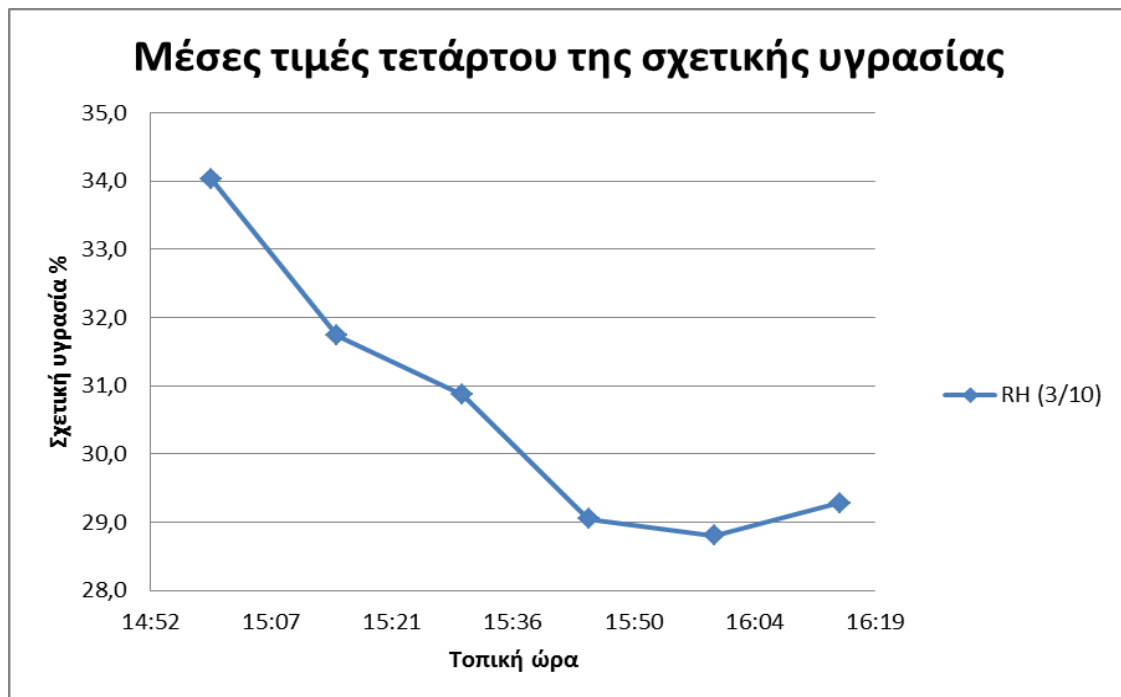
Πίνακας 13: Μικροκλιματικά δεδομένα 5^{ης} μέτρησης στην Πλατεία Αγ. Δημητρίου (3/10/2012)

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα των μετρήσεων, πρόκειται για μία πολύ ζεστή μέρα με μέσες τιμές θερμοκρασίας τετάρτου να κυμαίνονται μεταξύ 31,2°C και 33,7°C. Οι τιμές της ταχύτητας του ανέμου ήταν αισθητές και κυμάνθηκαν μεταξύ 0,6 - 1,1 m/s. Οι μέσες τιμές υγρασίας τετάρτου κυμάνθηκαν από 28,8% μέχρι 34%. Οι τιμές της άμεσης προσπίπτουσας ακτινοβολίας κυμάνθηκε μεταξύ 302,6 – 560 W/m² εξαιτίας τοπικών αραιών νεφώσεων. Η μέγιστη τιμή της μετρήθηκε σε 878,3 W/m² στις 15:15, ενώ η ανακλώμενη ακτινοβολία για την ίδια χρονική στιγμή υπολογίστηκε σε 335,5 W/m².



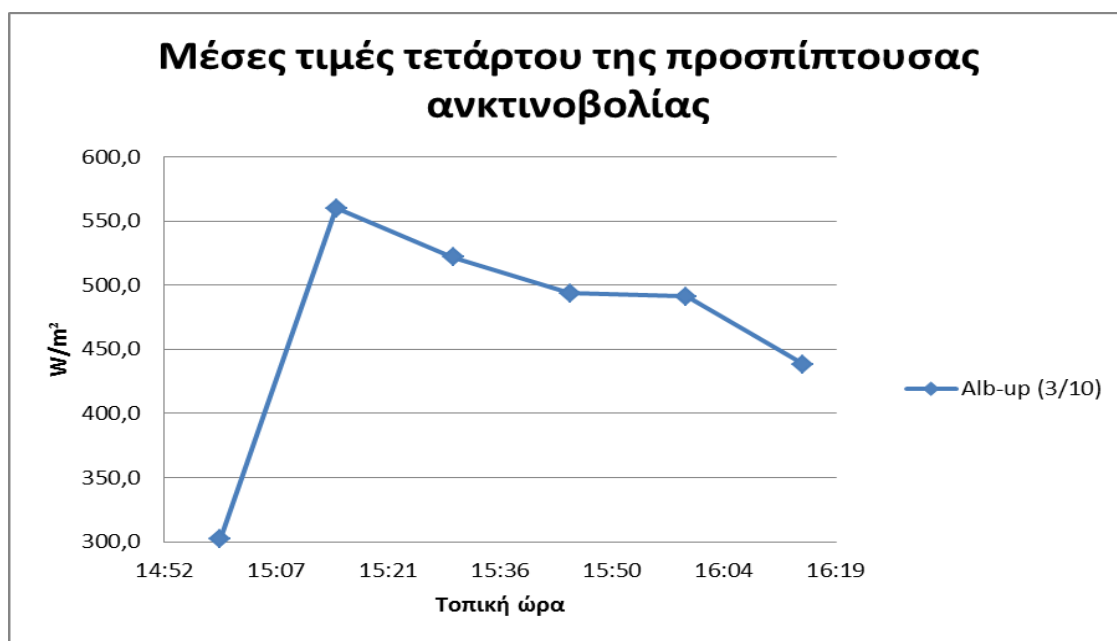
Διάγραμμα 21: Μέσες τιμές θερμοκρασίας αέρα στην Πλατεία Αγ. Δημητρίου (3/10/2012)

Από το διάγραμμα της θερμοκρασίας αέρα παρατηρούμε πως η θερμοκρασία αυξάνεται καθώς μεταβαίνουμε προς τις μεσημεριανές ώρες. Μετά τις 15:45 παρατηρούμε μείωση της θερμοκρασίας. Η σχετική υγρασία έχει αντίθετη πορεία από αυτή της θερμοκρασίας, όπως φαίνεται παρακάτω.



Διάγραμμα 22: Μέσες τιμές σχετικής υγρασίας αέρα στην Πλατεία Αγ. Δημητρίου (3/10/2012)

Από το παραπάνω διάγραμμα της προσπίπτουσας ακτινοβολίας παρατηρούμε με ραγδαία αύξηση της μέχρι τις 15:15, η οποία οφείλεται στη νεφοδιάλυση στην περιοχή μελέτης κατά το προηγούμενο διάστημα. Στη συνέχεια παρατηρούμε σταδιακή μείωση της καθώς μεταβαίνουμε προς τις απογευματινές ώρες και η θέση του ηλίου αλλάζει, αλλά ταυτόχρονα αναπτύσσονται και αραιές νεφώσεις τοπικά.



Διάγραμμα 23: Μέσες τιμές προσπίπτουσας ακτινοβολίας στην Πλατεία Αγ. Δημητρίου (3/10/2012)

Από το διάγραμμα της ταχύτητας του ανέμου παρατηρούμε ότι τη συγκεκριμένη μέρα ο άνεμος ήταν αισθητός με ταχύτητα που παρουσίαζε αυξομειώσεις.



Διάγραμμα 24: Μέσες τιμές ταχύτητας ανέμου στην Πλατεία Αγ. Δημητρίου (3/10/2012)

Λαμβάνοντας υπόψη τις παραπάνω τιμές των μικροκλιματικών παραμέτρων, τις εισάγαμε μετά από κατάλληλη επεξεργασία στο λογισμικό Rayman 1.2 για να υπολογίσουμε τους βιομετεωρολογικούς δείκτες PMV και PET. Οι δείκτες αυτοί μας δείχνουν τα επίπεδα θερμικής άνεσης που έχουν οι χρήστες της πλατείας στην περιοχή μετρήσεων.

Όπως έχει αναφερθεί, κατά τις μετρήσεις αυτές είχαμε αλλαγή της θέσης της κινητής μικρομετεωρολογικής μονάδας, συνεπώς υπολογίσαμε τους βιοκλιματικούς δείκτες ανά θέσεις στην πλατεία. Τα αποτελέσματα από το λογισμικό Rayman φαίνονται στον πίνακα που ακολουθεί:

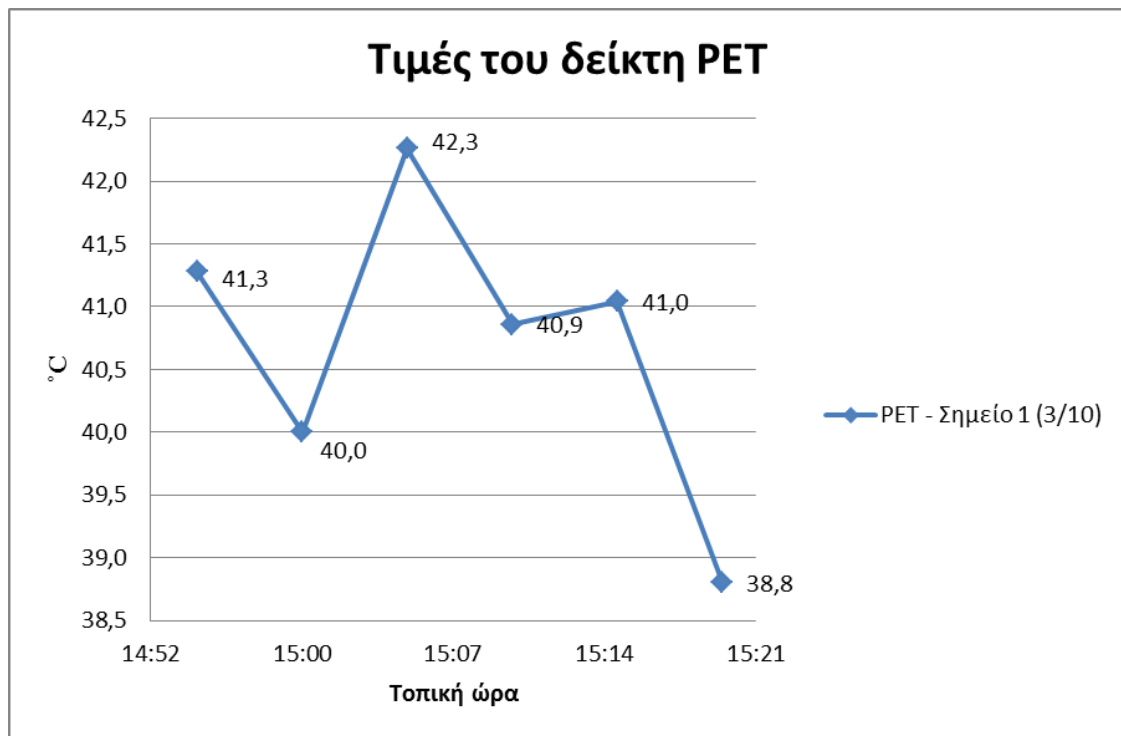
➤ Σημείο 1

time	Gact	Sact	Dact	Ts	Ta	Tmrt	PMV	PET
h:mm	W/m2	W/m2	W/m2	°C	°C	°C		°C
14:55	435,0	311,4	123,6	42,4	30,9	52,4	3,5	41,3
15:00	421,6	299,2	122,4	41,1	31,5	51,7	3,3	40,0
15:05	408,2	287,2	121,0	43,2	32,2	52,5	3,7	42,3
15:10	394,0	274,8	119,4	41,7	32,6	51,6	3,5	40,9
15:15	380,0	262,2	117,6	41,7	32,8	51,2	3,5	41,0
15:20	365,6	249,8	115,8	39,5	32,5	49,7	3,1	38,8

Πίνακας 14: Αποτελέσματα Rayman από τα δεδομένα της 5ης μέτρησης στην Πλατεία Αγ. Δημητρίου στο σημείο 1

Από την ταξινόμηση των τιμών του δείκτη PMV, προκύπτει ότι η θερμική άνεση του ανθρώπου για τη μέρα αυτή χαρακτηρίζεται ως πολύ ζεστή και πάρα πολύ ζεστή με τιμές που ξεπερνούν το 3,1. Ο θερμικός δείκτης PET λαμβάνει τιμές από 38,8°C έως 42,3°C.

Στο παρακάτω διάγραμμα φαίνεται η πορεία του δείκτη PET. Σύμφωνα με τις τιμές που έχει λάβει, η θερμική αίσθηση χαρακτηρίζεται ως «πολύ ζεστή» και «πάρα πολύ ζεστή».



Διάγραμμα 25: Πορεία δείκτη PET στην Πλατεία Αγ. Δημητρίου (3/10/2012) – Σημείο 1

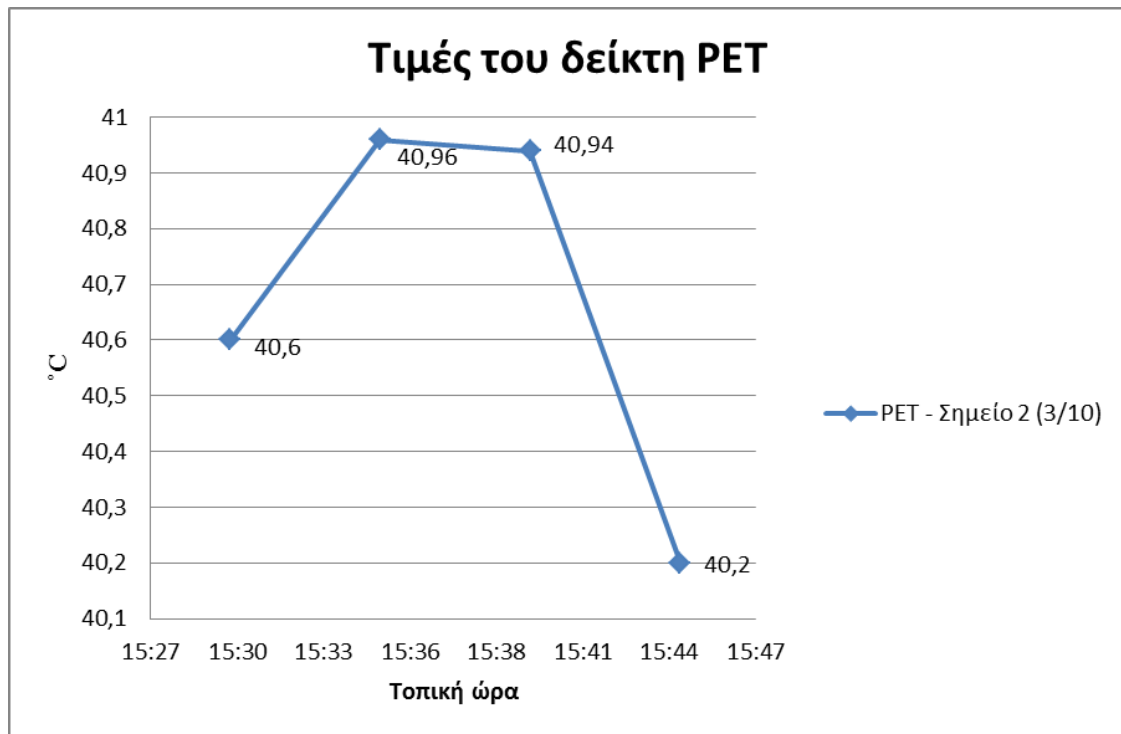
➤ Σημείο 2

time	Gact	Sact	Dact	Ts	Ta	Tmrt	PMV	PET
h:mm	W/m2	W/m2	W/m2	°C	°C	°C		°C
15:30	336,0	224,4	111,8	40,9	33,1	49,6	3,5	40,6
15:35	321,0	211,8	109,2	41,1	33,6	49,4	3,5	41,0
15:40	269,6	159,4	110,2	40,4	33,9	47,9	3,6	40,9
15:45	256,0	148,4	107,6	39,5	34,1	47,0	3,5	40,2

Πίνακας 15: Αποτελέσματα Rayman από τα δεδομένα της 5ης μέτρησης στην Πλατεία Αγ. Δημητρίου στο σημείο 2

Από την ταξινόμηση των τιμών του δείκτη PMV, προκύπτει ότι η θερμική άνεση του ανθρώπου για τη μέρα αυτή χαρακτηρίζεται ως πάρα πολύ ζεστή με τιμές που ξεπερνούν το 3,5. Ο θερμικός δείκτης PET λαμβάνει τιμές από 40,2°C έως 41°C.

Στο παρακάτω διάγραμμα φαίνεται η πορεία του δείκτη PET. Σύμφωνα με τις τιμές που έχει λάβει, η θερμική αίσθηση χαρακτηρίζεται ως «πολύ ζεστή».



Διάγραμμα 26: Πορεία δείκτη PET στην Πλατεία Αγ. Δημητρίου (3/10/2012) – Σημείο 2

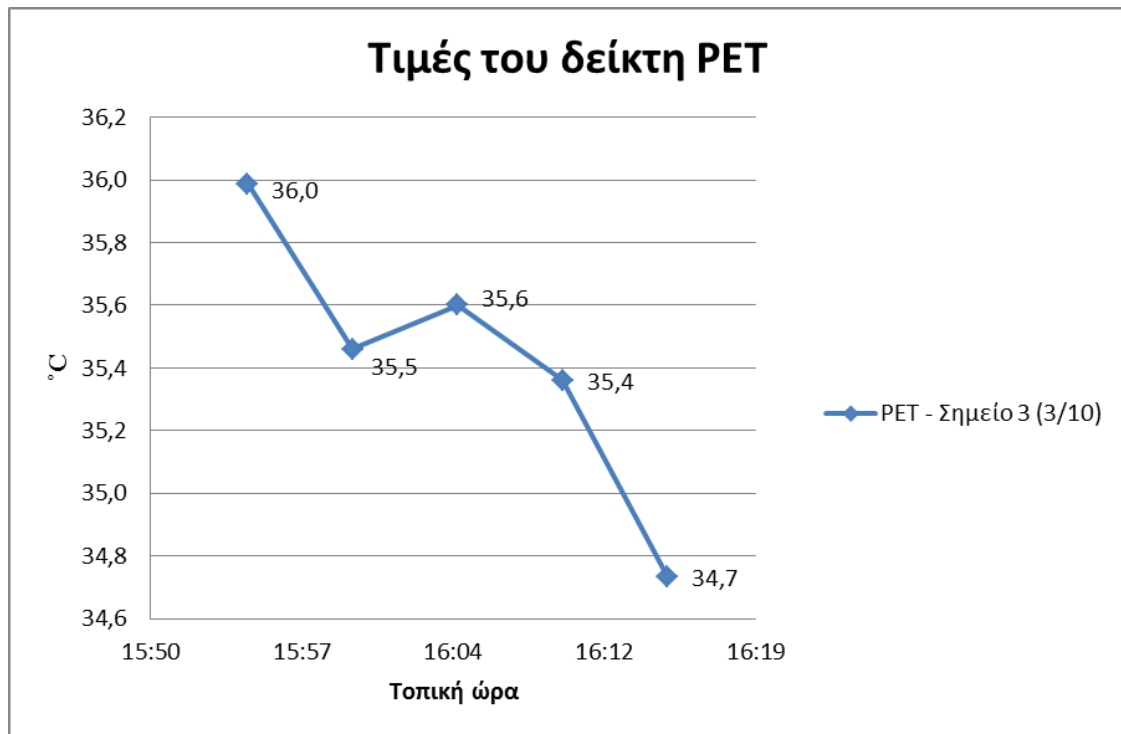
➤ Σημείο 3

Time	Gact	Sact	Dact	Ts	Ta	Tmrt	PMV	PET
h:mm	W/m2	W/m2	W/m2	°C	°C	°C		°C
15:55	115,0	0,0	115,0	34,2	33,2	40,8	2,8	36,0
16:00	110,0	0,0	110,0	33,9	33,0	40,0	2,7	35,5
16:05	106,0	0,0	106,0	33,9	33,1	39,6	2,7	35,6
16:10	101,8	0,0	101,8	33,8	33,2	39,2	2,7	35,4
16:15	97,5	0,0	98,4	33,5	32,9	38,6	2,6	34,7

Πίνακας 16: Αποτελέσματα Rayman από τα δεδομένα της 5ης μέτρησης στην Πλατεία Αγ. Δημητρίου στο σημείο 3

Από την ταξινόμηση των τιμών του δείκτη PMV, προκύπτει ότι η θερμική άνεση του ανθρώπου για τη μέρα αυτή χαρακτηρίζεται ως πολύ ζεστή με τιμές 2,6 – 2,8. Ο θερμικός δείκτης PET λαμβάνει τιμές από 34,7°C έως 36°C.

Στο παρακάτω διάγραμμα φαίνεται η πορεία του δείκτη PET. Σύμφωνα με τις τιμές που έχει λάβει, η θερμική αίσθηση χαρακτηρίζεται ως «ζεστή» και «πολύ ζεστή».



Διάγραμμα 27: Πορεία δείκτη PET στην Πλατεία Αγ. Δημητρίου (3/10/2012) – Σημείο 3

5.1.6 - 6^η μέτρηση στην Πλατεία Αγ. Δημητρίου (4/10/2012)

Οι μετρήσεις και τη μέρα αυτή πραγματοποιήθηκαν με αλλαγή της θέσης της κινητής μονάδας ανά 20 λεπτά περίπου. Η θερμοκρασία είχε πέσει αισθητά σε σχέση με τις 3/10 και χαρακτηριστικό της μέρας ήταν οι νεφώσεις. Τα αποτελέσματα που προέκυψαν από το σύνολο των μετρήσεων τη μέρα αυτή, φαίνονται στον πίνακα που ακολουθεί:

Time	Alb-up (W/m ²)	Alb-down (W/m ²)	Pyr-up (W/m ²)	Pyr-down (W/m ²)	RH (%)	T air (°C)	T globe (°C)	W speed (m/s)
11:45	159,7	86,3	292,4	518,7	49,1	25,2	27,6	0,06
12:00	140,4	77,2	325,0	508,4	48,9	25,0	27,7	0,04
12:15	126,7	72,3	340,0	493,8	48,2	25,2	28,3	0,02
12:30	150,1	84,9	331,8	533,4	46,8	25,4	31,8	0,08
12:45	152,7	83,8	338,8	557,9	45,3	25,9	36,5	0,03
13:00	162,6	89,7	320,3	547,8	43,3	26,2	36,5	0,24

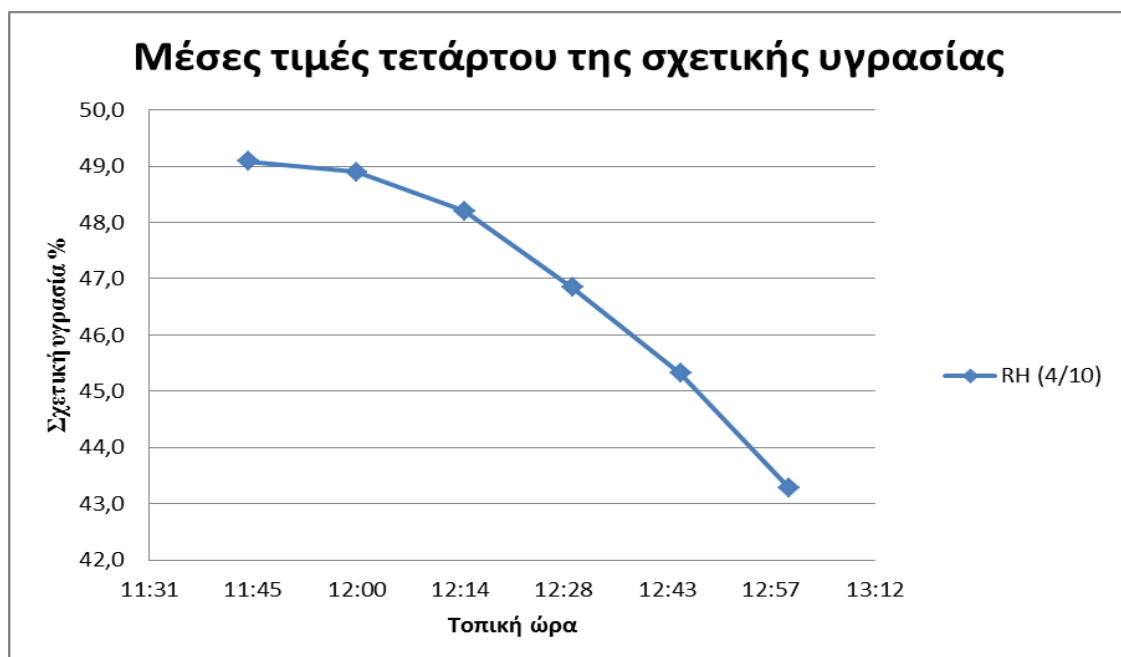
Πίνακας 17: Μικροκλιματικά δεδομένα 6^{ης} μέτρησης στην Πλατεία Αγ. Δημητρίου (4/10/2012)

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα των μετρήσεων, οι μέσες τιμές θερμοκρασίας τετάρτου κυμαίνονται μεταξύ 25°C και 26,2°C. Ο άνεμος διατηρήθηκε σε πάρα πολύ

χαμηλά επίπεδα με τιμές που κυμάνθηκαν μεταξύ 0,02 – 0,24 m/s. Τα επίπεδα της υγρασίας κυμάνθηκαν από 43,3% μέχρι 49,1%. Οι τιμές της άμεσης προσπίπτουσας ακτινοβολίας ήταν σε πολύ χαμηλά επίπεδα λόγω της νέφωσης και κυμάνθηκαν μεταξύ 126,7– 162,6 W/m². Η μέγιστη τιμή της μετρήθηκε σε 162,6 W/m² στις 13:00, ενώ η ανακλώμενη ακτινοβολία για την ίδια χρονική στιγμή υπολογίστηκε σε 89,7 W/m².



Διάγραμμα 28: Μέσες τιμές θερμοκρασίας αέρα στην Πλατεία Αγ. Δημητρίου (4/10/2012)



Διάγραμμα 29: Μέσες τιμές σχετικής υγρασίας αέρα στην Πλατεία Αγ. Δημητρίου (4/10/2012)

Από το διάγραμμα της θερμοκρασίας αέρα παρατηρούμε πως η θερμοκρασία μειωνόταν σταδιακά μέχρι της 12:00 λόγω των τοπικών νεφώσεων, ενώ μετά παρουσίασε ανοδική πορεία. Αντίθετη πορεία είχαν οι τιμές της υγρασίας, όπως φαίνεται στο σχετικό διάγραμμα.



Διάγραμμα 30: Μέσες τιμές προσπίπτουσας ακτινοβολίας στην Πλατεία Αγ. Δημητρίου (4/10/2012)

Από το διάγραμμα της προσπίπτουσας ακτινοβολίας παρατηρούμε μείωση μέχρι τις 12:00 περίπου, η οποία οφείλεται στην ύπαρξη τοπικών νεφώσεων. Εν συνεχεία, παρατηρούμε αύξηση της τιμής της, αν και εξακολουθεί να παραμένει σε χαμηλά επίπεδα λόγω αραιής πλέον νέφωσης.



Διάγραμμα 31: Μέσες τιμές ταχύτητας ανέμου στην Πλατεία Αγ. Δημητρίου (4/10/2012)

Από το παραπάνω διάγραμμα παρατηρούμε ότι τη συγκεκριμένη μέρα η ταχύτητα του ανέμου ήταν σε πολύ χαμηλά επίπεδα.

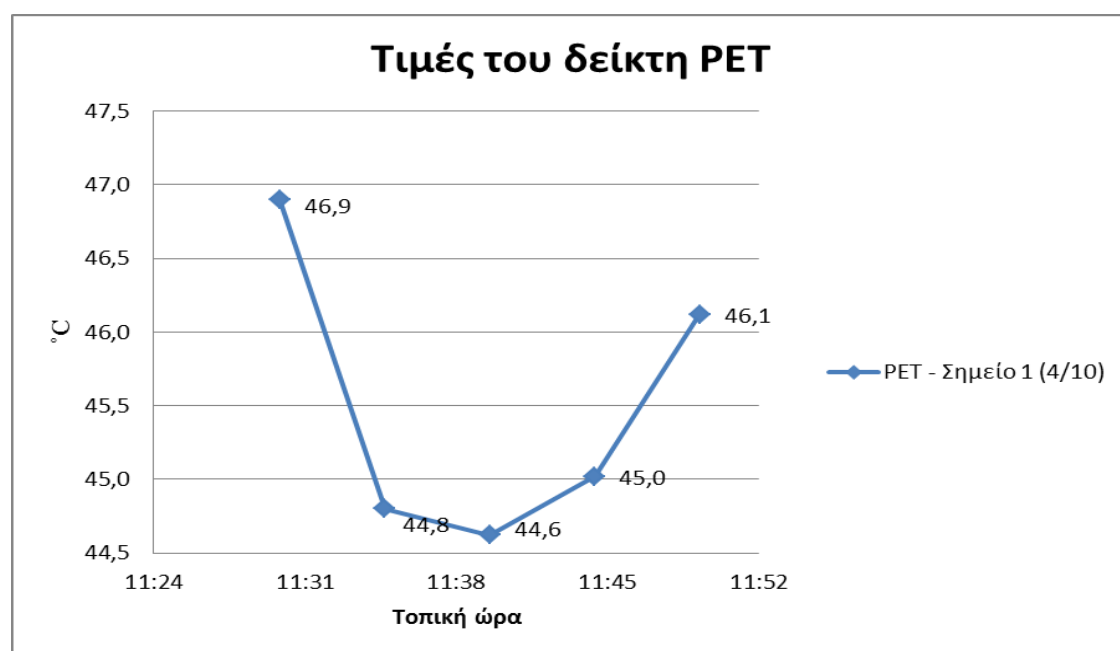
Στη συνέχεια, έγινε εισαγωγή τα παραπάνω μικροκλιματικά δεδομένα στο λογισμικό Rayman 1.2 για να υπολογίσουμε τους βιομετεωρολογικούς δείκτες PMV και PET. Τα αποτελέσματα από το λογισμικό Rayman φαίνονται στον πίνακα που ακολουθεί:

➤ Σημείο 1

time	Gact	Sact	Dact	Ts	Ta	Tmrt	PMV	PET
h:mm	W/m2	W/m2	W/m2	°C	°C	°C		°C
11:30	666,8	532,8	134,0	49,4	25,5	57,7	4,0	46,9
11:35	669,2	535,2	134,0	48,6	25,4	57,3	4,0	44,8
11:40	671,4	537,4	134,0	48,5	25,1	57,2	3,9	44,6
11:45	673,0	539,0	134,0	48,6	25,0	57,3	3,9	45,0
11:50	674,2	540,2	134,0	49,0	25,0	57,5	3,9	46,1

Πίνακας 18: Αποτελέσματα Rayman από τα δεδομένα της 6ης μέτρησης στην Πλατεία Αγ. Δημητρίου στο σημείο 1

Ο δείκτης PMV ορίζει τη θερμική αίσθηση του ανθρώπου ως πάρα πολύ ζεστή με τιμές που ξεπερνούν το 3,9. Ο θερμικός δείκτης PET λαμβάνει τιμές από 44,6°C έως 46,9°C. Στο παρακάτω διάγραμμα φαίνεται η πορεία του δείκτη PET. Σύμφωνα με τις τιμές που έχει λάβει, η θερμική αίσθηση χαρακτηρίζεται ως «πάρα πολύ ζεστή».



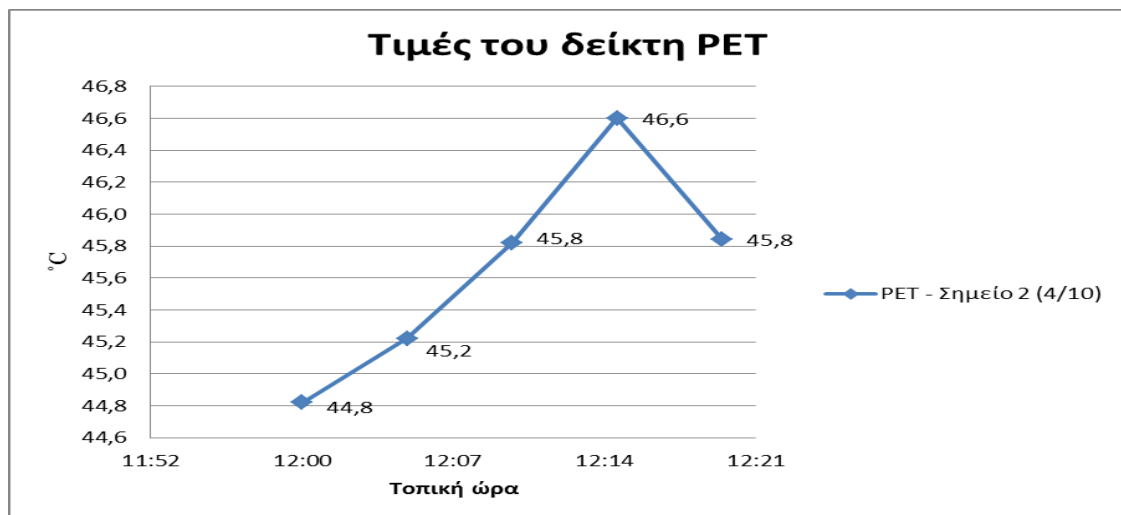
Διάγραμμα 32: Πορεία δείκτη PET στην Πλατεία Αγ. Δημητρίου (4/10/2012) – Σημείο 1

➤ Σημείο 2

time	Gact	Sact	Dact	Ts	Ta	Tmrt	PMV	PET
h:mm	W/m2	W/m2	W/m2	°C	°C	°C		°C
12:00	675,0	541,0	134,0	48,5	25,1	57,3	3,9	44,8
12:05	675,0	541,0	134,0	48,8	25,1	57,4	3,9	45,2
12:10	675,0	541,0	134,0	49,2	25,2	57,6	4,0	45,8
12:15	674,0	540,0	134,0	49,3	25,2	57,7	4,0	46,6
12:20	672,6	538,6	134,0	48,9	25,3	57,6	4,0	45,8

Πίνακας 19: Αποτελέσματα Rayman της 6ης μέτρησης στην Πλατεία Αγ. Δημητρίου στο σημείο 2

Ο δείκτης PMV στο σημείο 2 ορίζει τη θερμική αίσθηση του ανθρώπου ως πάρα πολύ ζεστή με τιμές που ξεπερνούν το 3,9. Ο θερμικός δείκτης PET λαμβάνει τιμές από 44,8°C έως 46,6°C. Στο παρακάτω διάγραμμα φαίνεται η πορεία του δείκτη PET. Σύμφωνα με τις τιμές που έχει λάβει, η θερμική αίσθηση χαρακτηρίζεται ως «πάρα πολύ ζεστή».



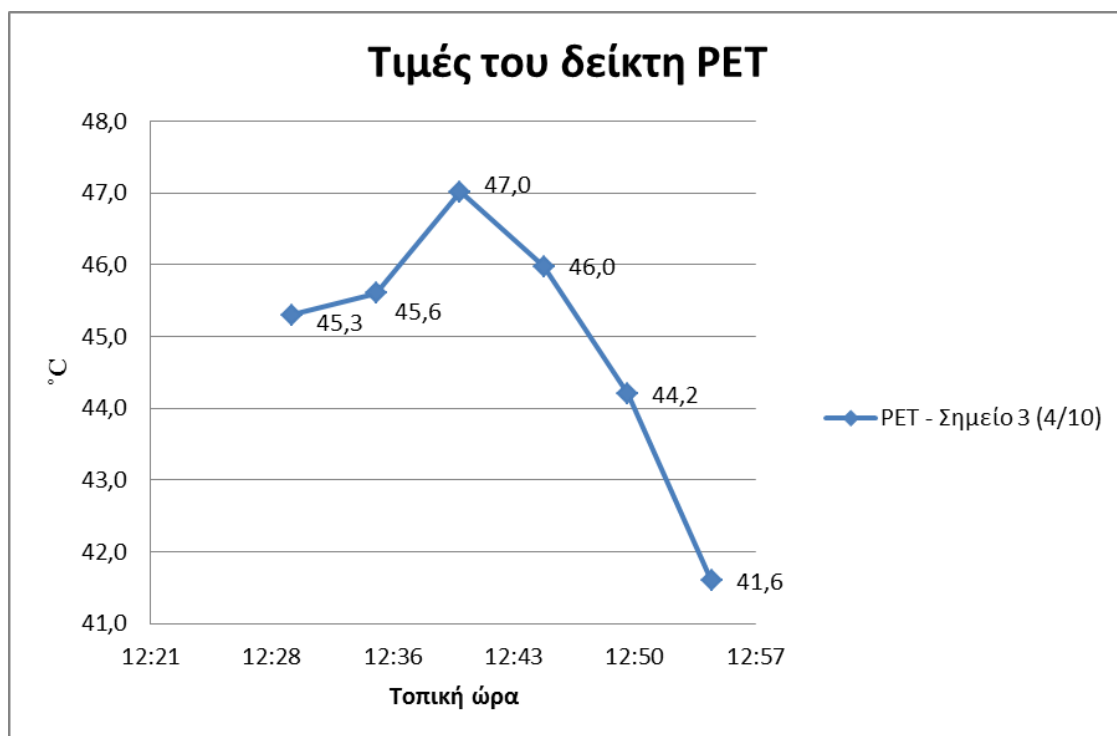
Διάγραμμα 33: Πορεία δείκτη PET στην Πλατεία Αγ. Δημητρίου (4/10/2012) – Σημείο 2

➤ Σημείο 3

Time	Gact	Sact	Dact	Ts	Ta	Tmrt	PMV	PET
h:mm	W/m2	W/m2	W/m2	°C	°C	°C		°C
12:30	668,5	534,5	134,0	48,9	25,6	57,5	4,0	45,3
12:35	666,2	532,2	134,0	48,9	25,7	57,6	4,0	45,6
12:40	663,0	529,2	134,0	49,5	25,8	57,8	4,0	47,0
12:45	659,6	525,6	134,0	49,2	26,1	57,7	4,1	46,0
12:50	655,8	521,8	134,0	48,1	26,1	57,2	3,9	44,2
12:55	651,2	517,8	134,0	46,4	26,2	56,4	3,6	41,6

Πίνακας 20: Αποτελέσματα Rayman της 6ης μέτρησης στην Πλατεία Αγ. Δημητρίου στο σημείο 3

Σύμφωνα με τον δείκτη PMV, η θερμική αίσθηση του ανθρώπου για τη μέρα αυτή χαρακτηρίζεται ως πάρα πολύ ζεστή με τιμές 3,6 – 4. Ο θερμικός δείκτης PET λαμβάνει τιμές από 41,6°C έως 47°C, με τη θερμική αίσθηση να χαρακτηρίζεται ως «πάρα πολύ ζεστή». Η πορεία του δείκτη PET φαίνεται στο διάγραμμα που ακολουθεί.



Διάγραμμα 34: Πορεία δείκτη PET στην Πλατεία Αγ. Δημητρίου (4/10/2012) – Σημείο 3

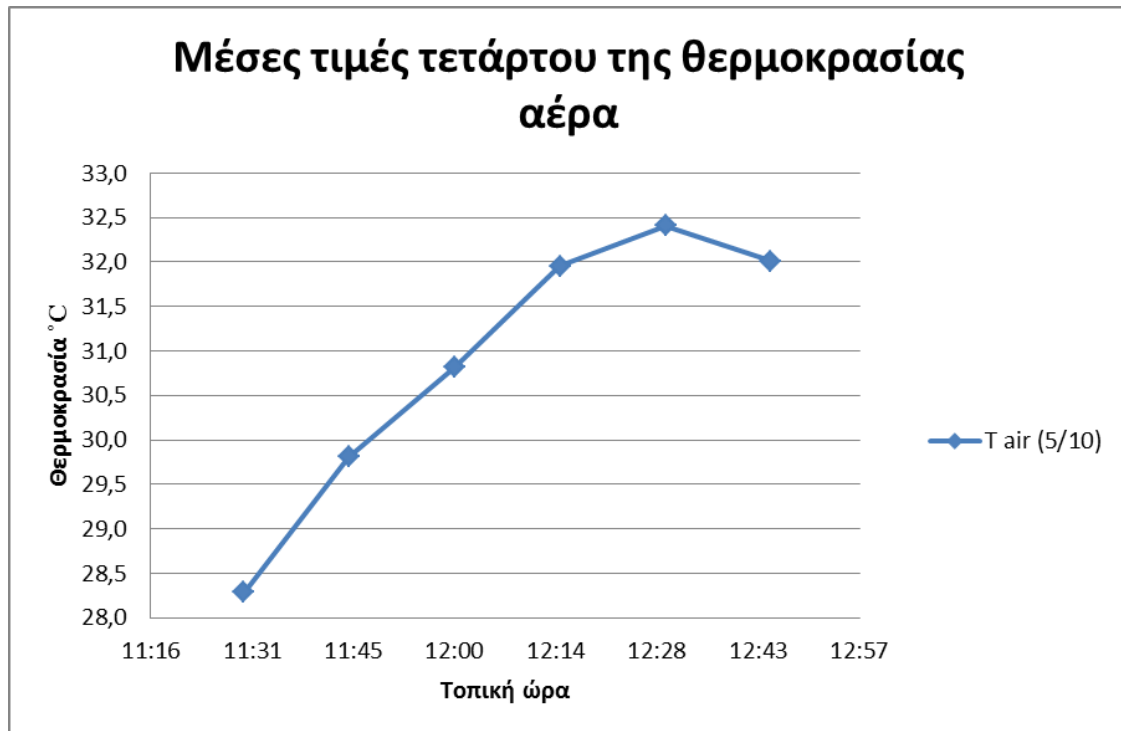
5.1.7 - 7^η μέτρηση στην Πλατεία Αγ. Δημητρίου (5/10/2012)

Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν με αλλαγή θέσης της κινητής μονάδας ανά 20 λεπτά περίπου. Ο καιρός τη μέρα αυτή ήταν αίθριος. Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που προέκυψαν από το σύνολο των μετρήσεων.

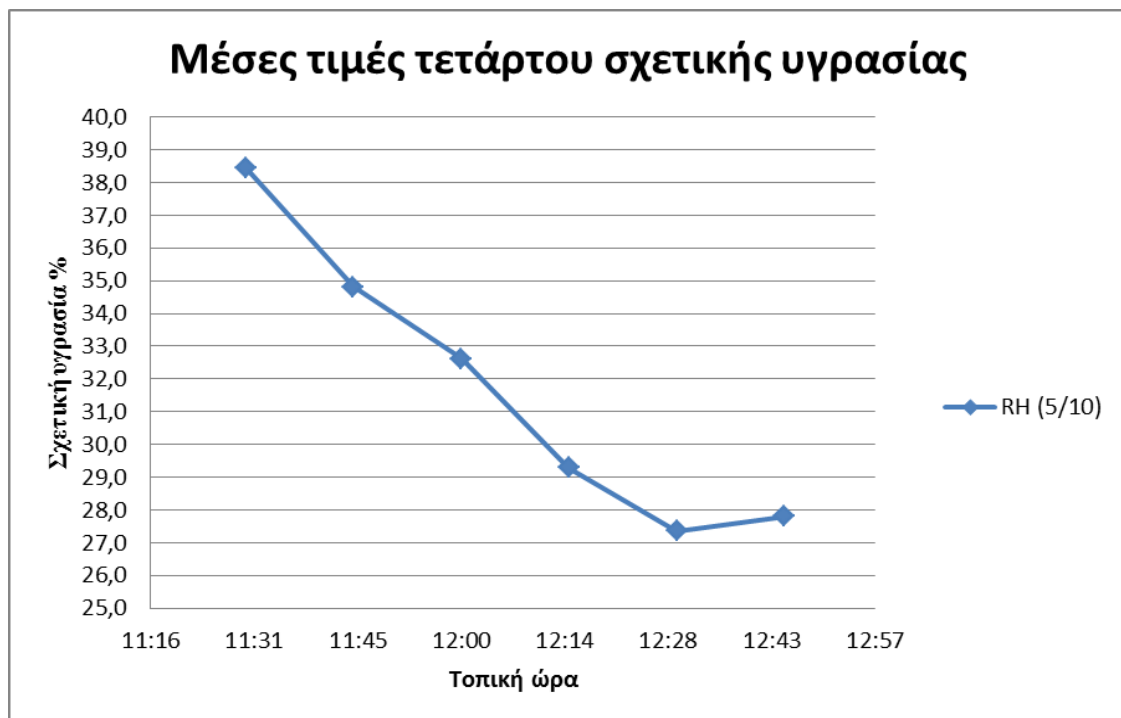
Time	Alb-up (W/m ²)	Alb-down (W/m ²)	Pyr-up (W/m ²)	Pyr-down (W/m ²)	RH (%)	T air (°C)	T globe (°C)	W speed (m/s)
11:30	537,6	306,1	61,1	874,6	38,5	28,3	34,3	0,33
11:45	557,1	313,8	31,1	873,3	34,8	29,8	35,4	0,39
12:00	589,5	360,3	64,7	891,9	32,6	30,8	36,6	0,29
12:15	609,3	355,0	7,9	872,1	29,3	32,0	37,2	0,34
12:30	653,3	337,9	-47,9	973,1	27,4	32,4	37,7	0,54
12:45	671,8	345,0	-71,6	972,3	27,8	32,0	35,7	0,54

Πίνακας 21: Μικροκλιματικά δεδομένα 7^{ης} μέτρησης στην Πλατεία Αγ. Δημητρίου (5/10/2012)

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα των μετρήσεων, πρόκειται για μία ζεστή μέρα με μέσες τιμές θερμοκρασίας τετάρτου να κυμαίνονται μεταξύ 28,3°C και 32,4°C. Η ταχύτητα του ανέμου ήταν αισθητή με τιμές που κυμάνθηκαν μεταξύ 0,39 – 0,54 m/s. Οι μέσες τιμές υγρασίας τετάρτου κυμάνθηκαν από 27,8% μέχρι 38,5%. Οι τιμές της άμεσης προσπίπτουσας ακτινοβολίας ήταν υψηλές δεδομένης της ώρας και κυμάνθηκαν μεταξύ 537,6 – 671,8 W/m². Η μέγιστη τιμή της μετρήθηκε σε 671,8 W/m², ενώ η ανακλώμενη ακτινοβολία για την ίδια χρονική στιγμή ήταν 345 W/m².

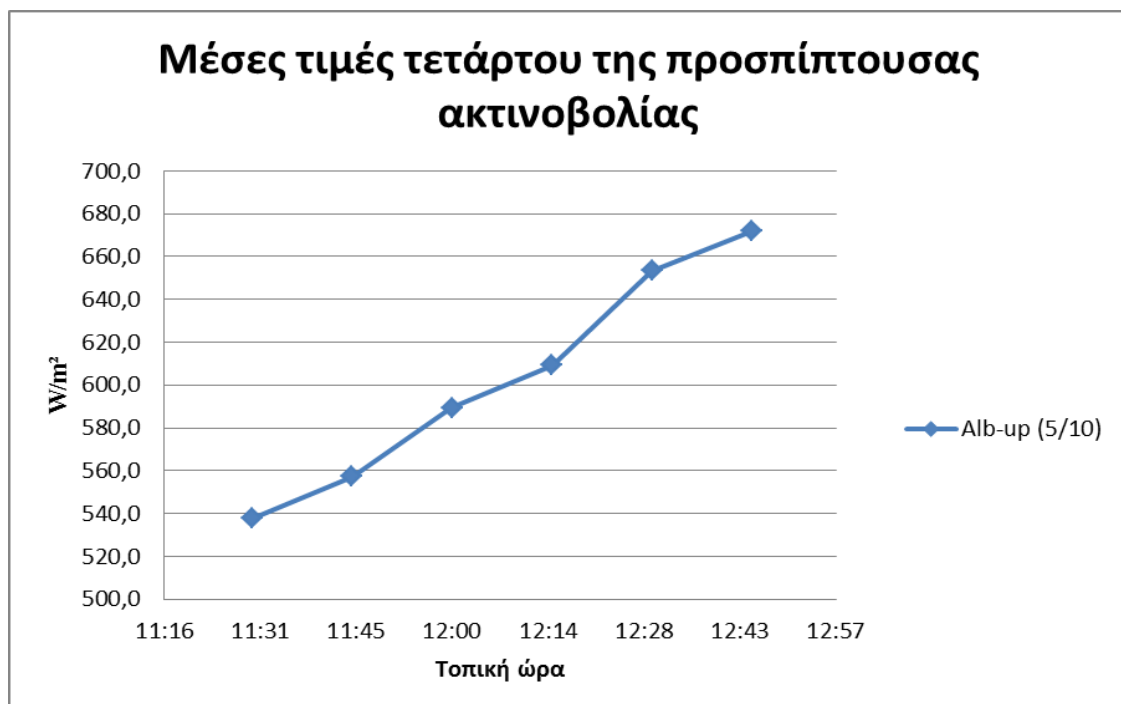


Διάγραμμα 35: Μέσες τιμές θερμοκρασίας αέρα στην Πλατεία Αγ. Δημητρίου (5/10/2012)



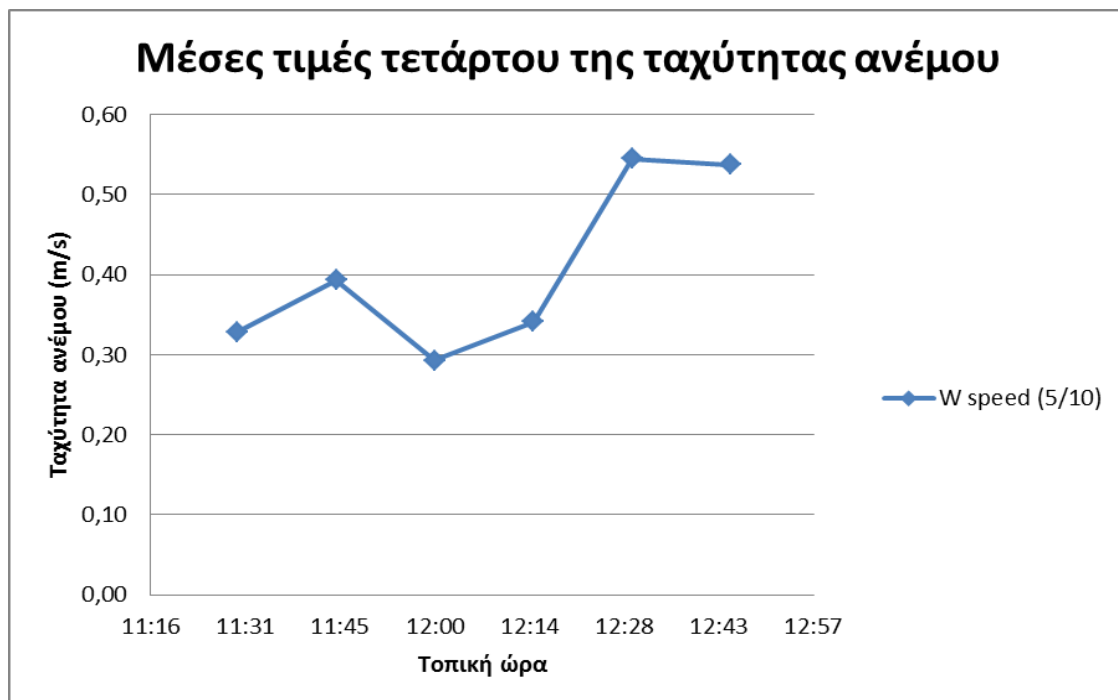
Διάγραμμα 36: Μέσες τιμές σχετικής υγρασίας αέρα στην Πλατεία Αγ. Δημητρίου (5/10/2012)

Από το διάγραμμα της θερμοκρασίας αέρα παρατηρούμε πως η θερμοκρασία αυξάνεται καθώς μεταβαίνουμε προς τις μεσημεριανές ώρες, όμως μετά τις 12:30 παρατηρούμε μικρή μείωση. Η σχετική υγρασία έχει αντίθετη πορεία από αυτή της θερμοκρασίας.



Διάγραμμα 37: Μέσες τιμές προσπίπτουσας ακτινοβολίας στην Πλατεία Αγ. Δημητρίου (5/10/2012)

Από το παραπάνω διάγραμμα της προσπίπτουσας ακτινοβολίας παρατηρούμε τη σταδιακή αύξησή της, όπως μεταβαίνουμε στις μεσημεριανές ώρες, αφού πρόκειται για μέρα με ηλιοφάνεια.



Διάγραμμα 38: Μέσες τιμές ταχύτητας ανέμου στην Πλατεία Αγ. Δημητρίου (5/10/2012)

Από το διάγραμμα της ταχύτητας του ανέμου παρατηρούμε ότι τη συγκεκριμένη μέρα ο άνεμος ήταν αισθητός με ταχύτητα που παρουσίαζε αυξομειώσεις.

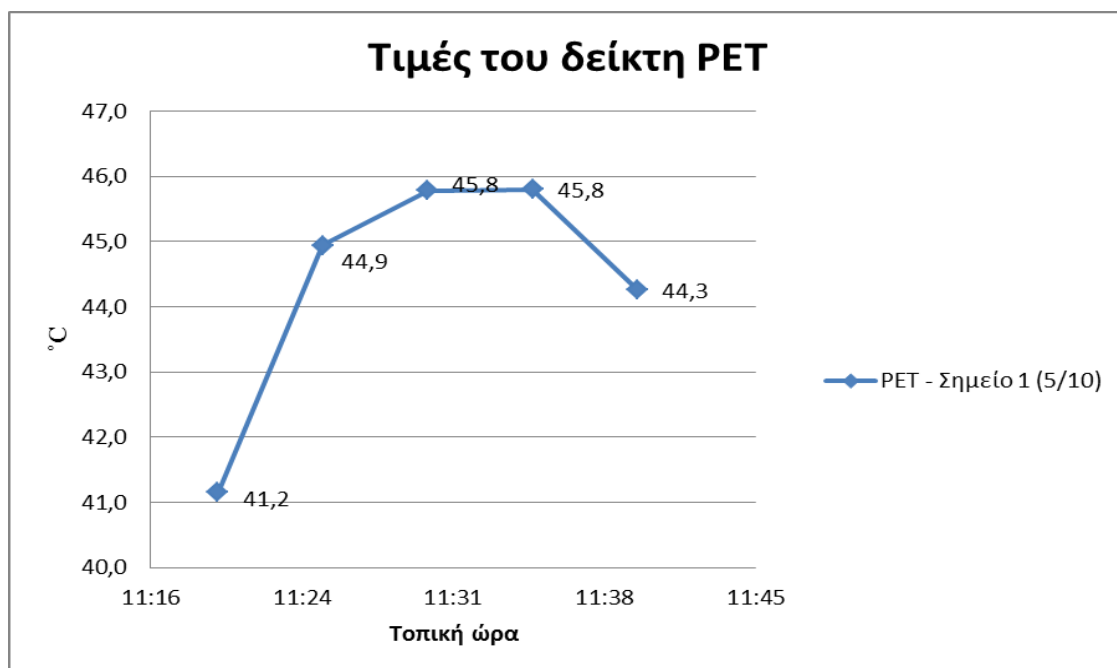
Λαμβάνοντας υπόψη τις παραπάνω τιμές των μικροκλιματικών παραμέτρων, τις εισάγαμε στο λογισμικό Rayman 1.2 για να υπολογίσουμε τους βιομετεωρολογικούς δείκτες PMV και PET. Τα αποτελέσματα από το λογισμικό Rayman φαίνονται στον πίνακα που ακολουθεί:

➤ Σημείο 1

time	Gact	Sact	Dact	Ts	Ta	Tmrt	PMV	PET
h:mm	W/m2	W/m2	W/m2	°C	°C	°C		°C
11:20	657,0	524,3	133,0	46,2	27,8	56,9	3,4	41,2
11:25	660,0	527,4	133,0	49,3	28,3	58,5	4,1	44,9
11:30	663,0	530,2	133,0	50,4	29,0	59,2	4,3	45,8
11:35	665,6	532,8	133,0	50,3	29,6	59,4	4,2	45,8
11:40	667,6	535,0	133,0	49,2	29,8	59,0	4,0	44,3

Πίνακας 22: Αποτελέσματα Rayman από τα δεδομένα της 7ης μέτρησης στην Πλατεία Αγ. Δημητρίου στο σημείο 1

Από την ταξινόμηση των τιμών του δείκτη PMV, προκύπτει ότι η θερμική άνεση του ανθρώπου για τη μέρα αυτή χαρακτηρίζεται ως πολύ ζεστή και πάρα πολύ ζεστή με τιμές που ξεπερνούν το 3,4. Ο θερμικός δείκτης PET λαμβάνει τιμές από 41,2°C έως 45,8°C, με τη θερμική αίσθηση να χαρακτηρίζεται ως «πάρα πολύ ζεστή».



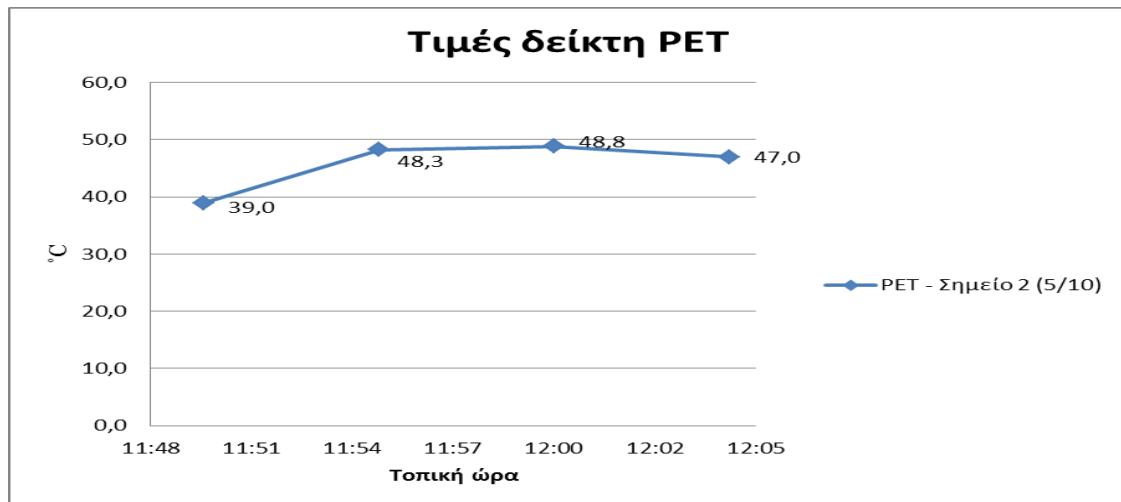
Διάγραμμα 39: Πορεία δείκτη PET στην Πλατεία Αγ. Δημητρίου (5/10/2012) – Σημείο 1

➤ Σημείο 2

time	Gact	Sact	Dact	Ts	Ta	Tmrt	PMV	PET
h:mm	W/m2	W/m2	W/m2	°C	°C	°C		°C
11:50	283,0	107,6	175,4	36,9	30,2	49,0	3,1	39,0
11:55	671,4	538,8	133,0	52,5	30,8	60,8	4,6	48,3
12:00	672,0	539,0	133,0	53,2	31,5	61,4	4,7	48,8
12:05	672,0	539,0	133,0	51,6	31,6	60,7	4,5	47,0

Πίνακας 23: Αποτελέσματα Rayman από τα δεδομένα της 7ης μέτρησης στην Πλατεία Αγ. Δημητρίου στο σημείο 2

Από την ταξινόμηση των τιμών του δείκτη PMV, όπως φαίνεται στον παραπάνω πίνακα, η θερμική άνεση του ανθρώπου για τη μέρα αυτή χαρακτηρίζεται ως πολύ ζεστή και πάρα πολύ ζεστή με τιμές που ξεπερνούν το 3,1 και φτάνουν μέχρι το 4,7. Ο θερμικός δείκτης PET λαμβάνει τιμές από 39°C έως 48,8°C, με τη θερμική αίσθηση να χαρακτηρίζεται ως πολύ και πάρα πολύ ζεστή.



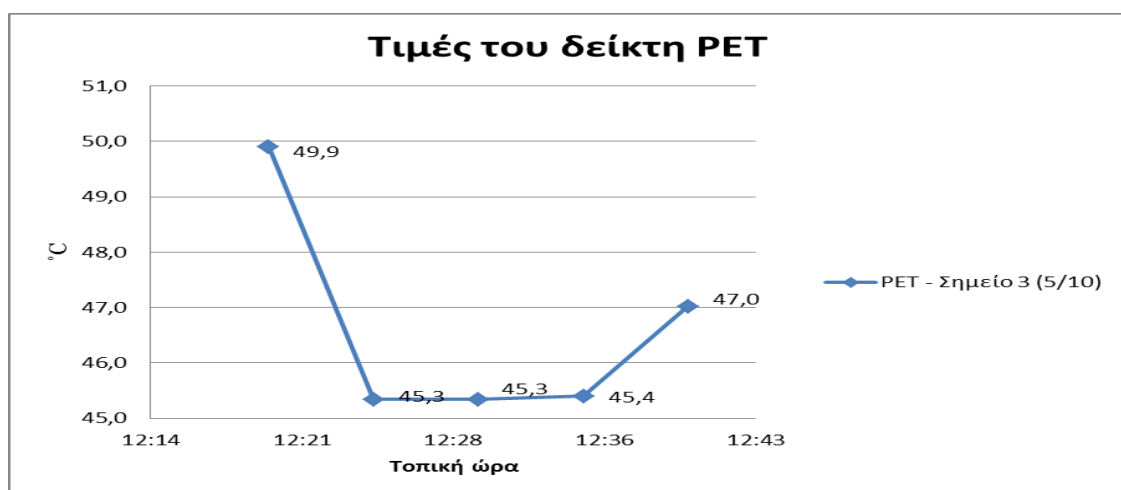
Διάγραμμα 40: Πορεία δείκτη PET στην Πλατεία Αγ. Δημητρίου (5/10/2012) – Σημείο 2

➤ Σημείο 3

Time	Gact	Sact	Dact	Ts	Ta	Tmrt	PMV	PET
h:mm	W/m2	W/m2	W/m2	°C	°C	°C		°C
12:20	669,0	536,4	133,0	54,2	32,6	62,1	5,0	49,9
12:25	667,2	534,6	133,0	49,9	32,4	60,1	4,1	45,3
12:30	665,2	532,2	133,0	49,8	32,2	60,0	4,1	45,3
12:35	662,4	529,8	133,0	49,8	31,7	59,8	4,1	45,4
12:40	659,4	526,6	133,0	51,5	32,3	60,7	4,5	47,0

Πίνακας 24: Αποτελέσματα Rayman από την 7η μέτρηση στην Πλατεία Αγ. Δημητρίου στο σημείο 3

Από την ταξινόμηση των τιμών του δείκτη PMV, προκύπτει ότι η θερμική αίσθηση του ανθρώπου για τη μέρα αυτή χαρακτηρίζεται ως πάρα πολύ ζεστή με τιμές 4,1 – 4,5. Ο θερμικός δείκτης PET λαμβάνει τιμές από 45,3°C έως 49,9°C. Σύμφωνα με τον PET, η θερμική αίσθηση χαρακτηρίζεται ως «πάρα πολύ ζεστή».

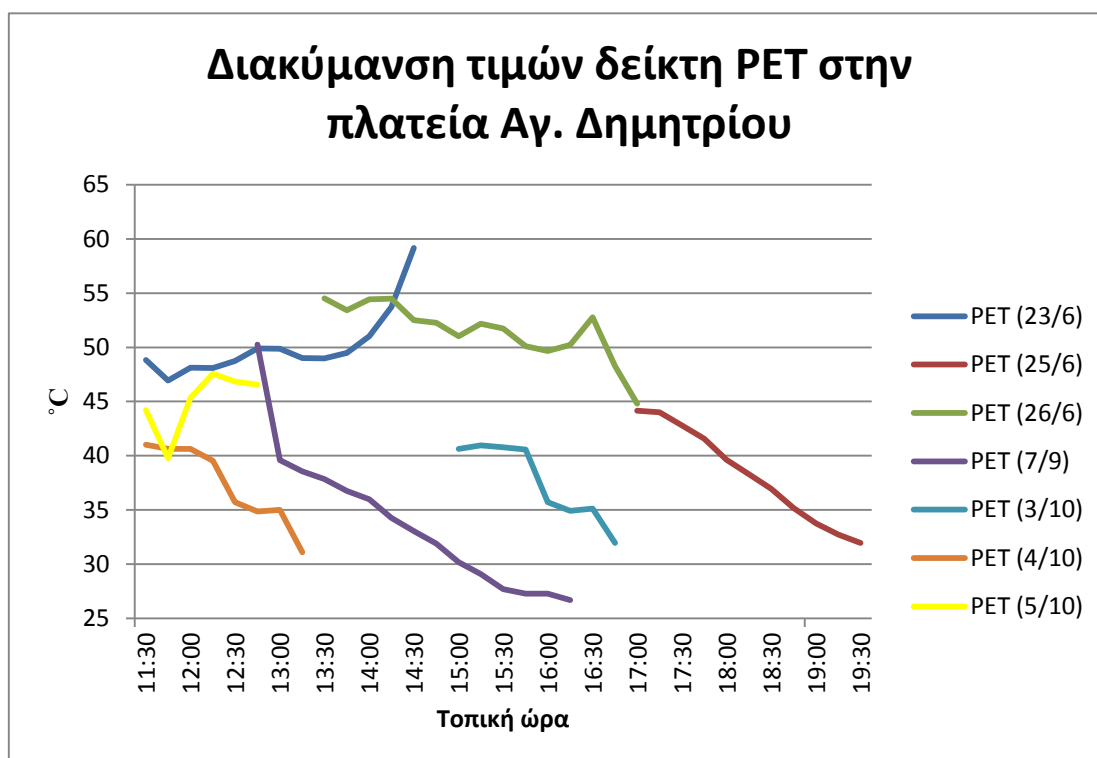


Διάγραμμα 41: Πορεία δείκτη PET στην Πλατεία Αγ. Δημητρίου (5/10/2012) – Σημείο 3

5.1.8 Σύγκριση PET στην πλατεία Αγ. Δημητρίου

Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται παρουσίαση και σύγκριση των τιμών του δείκτη PET σύμφωνα με τα δεδομένα που διαθέτουμε από τις μετρήσεις του πεδίου ανά διαφορετικές ημερομηνίες και κοινό σημείο μέτρησης.

Στο διάγραμμα που ακολουθεί παρουσιάζονται οι τιμές του PET στην πλατεία Αγ. Δημητρίου από το σύνολο των μετρήσεων που πραγματοποιήθηκαν.



Διάγραμμα 42: Πορεία δείκτη PET στην Πλατεία Αγ. Δημητρίου στο σύνολο των μετρήσεων

Όπως φαίνεται στο διάγραμμα, λαμβάνοντας υπόψη τις διαφορετικές εποχές και ώρες μετρήσεων, συμπεραίνουμε τα εξής:

- Οι τιμές του PET είναι μεγαλύτερες κατά τους καλοκαιρινούς μήνες σε σύγκριση με τους φθινοπωρινούς, καθώς η θερμοκρασία αέρος και η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας είναι μεγαλύτερες.
- Οι τιμές του PET μειώνονται από τις μεσημεριανές προς τις απογευματινές ώρες, καθώς οι θερμοκρασία αέρος μειώνεται και η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας λόγω της αλλαγής θέσης του ήλιου.

- Οι τιμές του PET στις 5/10 είναι ιδιαίτερα υψηλές λόγω των υψηλών για την εποχή θερμοκρασιών.

Στη συνέχεια θα συγκρίνουμε τις τιμές του PET ανά σημείο, όπως αυτές υπολογίστηκαν από τις μετρήσεις του Οκτωβρίου. Στη σύγκριση αυτή κρίνεται απαραίτητο να συνδυάσουμε τις μικροκλιματικές παραμέτρους. Έτσι, παραθέτουμε τα μικροκλιματικά στοιχεία ανά σημείο από τις μετρήσεις.

A. Μέτρηση 3/10

Σημείο 1

Time	Alb-up (W/m ²)	Alb-down (W/m ²)	Pyr-up (W/m ²)	Pyr-down (W/m ²)	RH (%)	T air (°C)	T globe (°C)	W speed (m/s)
15:05	572,2	339,5	106,2	928,2	33,2	32,2	38,8	0,4
15:10	555,7	332,3	76,8	849,0	31,4	32,6	37,9	0,9
15:15	551,1	329,6	64,6	842,2	31,1	32,7	38,4	0,8
15:20	542,7	328,7	10,1	717,8	30,4	32,5	36,7	1,5

Πίνακας 25: Μικροκλιματικά δεδομένα σημείου 1 στην Πλατεία Αγ. Δημητρίου (3/10/2012)

Σημείο 2

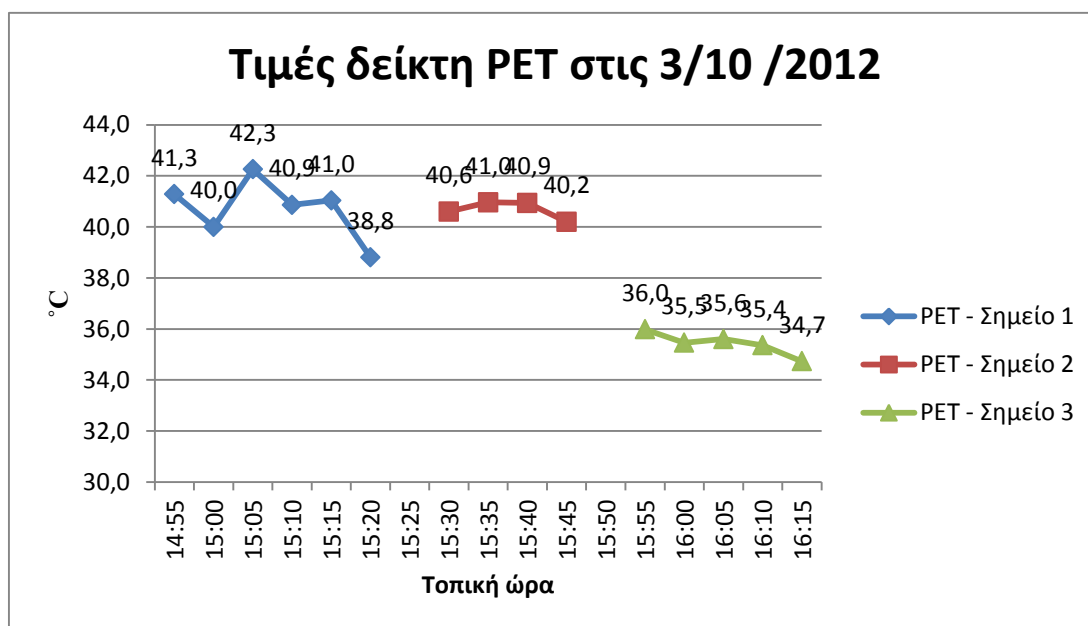
Time	Alb-up (W/m ²)	Alb-down (W/m ²)	Pyr-up (W/m ²)	Pyr-down (W/m ²)	RH (%)	T air (°C)	T globe (°C)	W speed (m/s)
15:30	520,9	382,4	137,0	715,7	31,0	33,1	38,5	0,7
15:35	515,1	386,2	141,2	714,6	29,7	33,7	39,0	0,6
15:40	502,5	377,0	146,2	719,6	29,1	33,9	39,1	0,4
15:45	462,8	350,1	164,1	680,7	28,4	34,1	38,9	0,6

Πίνακας 26: Μικροκλιματικά δεδομένα σημείου 2 στην Πλατεία Αγ. Δημητρίου (3/10/2012)

Σημείο 3

Time	Alb-up (W/m ²)	Alb-down (W/m ²)	Pyr-up (W/m ²)	Pyr-down (W/m ²)	RH (%)	T air (°C)	T globe (°C)	W speed (m/s)
15:55	493,9	287,6	97,5	735,9	28,9	33,2	36,6	1,0
16:00	487,9	286,9	100,2	734,0	28,8	33,0	36,6	1,1
16:05	474,4	279,8	130,9	770,4	29,0	33,1	37,3	0,9
16:10	441,6	264,8	152,7	670,1	29,6	33,2	36,8	1,0
16:15	399,2	243,4	140,3	609,3	29,2	32,8	35,6	1,3

Πίνακας 27: Μικροκλιματικά δεδομένα σημείου 3 στην Πλατεία Αγ. Δημητρίου (3/10/2012)



Διάγραμμα 43: Πορεία δείκτη PET στην Πλατεία Αγ. Δημητρίου ανά σημείο (3/10/2012)

Από το διάγραμμα προκύπτει ότι τη συγκεκριμένη μέρα το σημείο 3 ήταν θερμικά πιο άνετο σε σύγκριση με τα σημεία 1 και 2. Αυτό οφείλεται κυρίως στη μεταβολή των μικροκλιματικών συνθηκών κατά το συγκεκριμένο διάστημα μετρήσεων και κυρίως της ταχύτητας του ανέμου. Στα σημεία 1 και 2 παρατηρούμε μικρές διαφορές στις τιμές του PET. Αυτό συμβαίνει διότι τα σημεία αυτά βρίσκονται σε πολύ μικρή απόσταση μεταξύ τους (15 μέτρα) και ο περιβάλλων χώρος που τους επηρεάζει δε διαφέρει σημαντικά. Οι μικρές διαφορές, επομένως, οφείλονται στη μεταβολή των μικροκλιματικών συνθηκών. Μεταξύ των σημείων 1 και 3 οι τιμές του PET διαφοροποιούνται αρκετά (4-5 μονάδες) και έχουμε, επίσης, σημαντική διαφοροποίηση στα μικροκλιματικά μεγέθη.

B. Μέτρηση 4/10

Σημείο 1

Time	Alb-up (W/m ²)	Alb-down (W/m ²)	Pyr-up (W/m ²)	Pyr-down (W/m ²)	RH (%)	T air (°C)	T globe (°C)	W speed (m/s)
11:30	167,7	93,2	292,2	535,9	49,3	25,5	27,9	0,0
11:35	180,4	97,3	273,5	540,8	48,1	25,4	27,8	0,1
11:40	160,8	86,9	290,3	515,9	49,2	25,1	27,5	0,1
11:45	134,3	72,5	315,4	493,0	49,6	25,0	27,3	0,1
11:50	135,2	73,7	320,6	497,1	48,9	24,9	27,3	0,0

Πίνακας 28: Μικροκλιματικά δεδομένα σημείου 1 στην Πλατεία Αγ. Δημητρίου (4/10/2012)

Σημείο 2

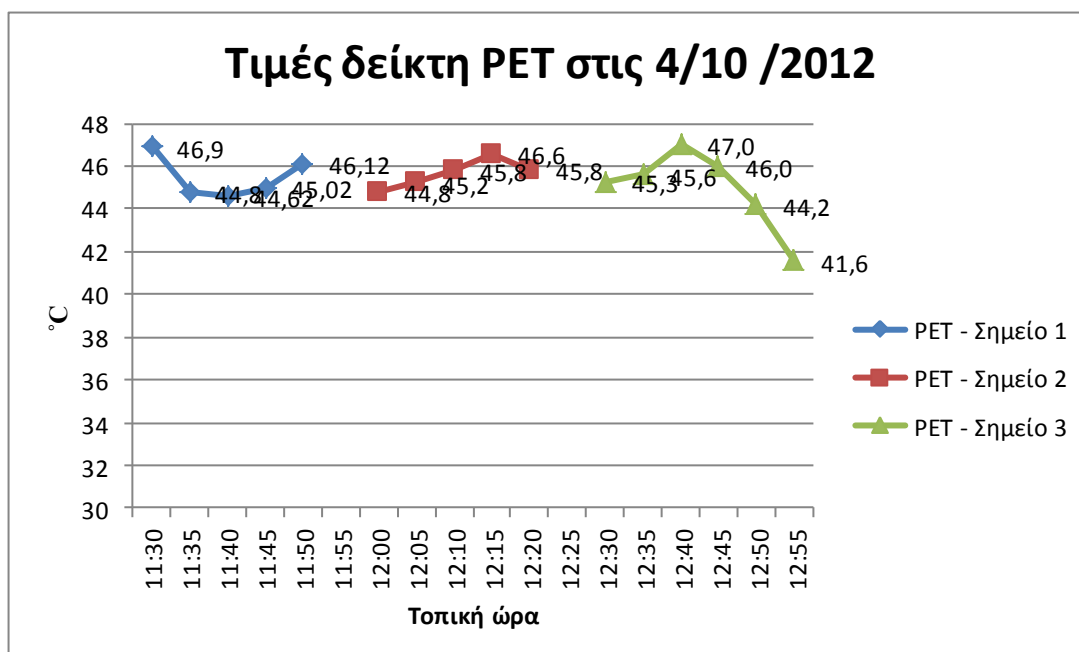
Time	Alb-up (W/m ²)	Alb-down (W/m ²)	Pyr-up (W/m ²)	Pyr-down (W/m ²)	RH (%)	T air (°C)	T globe (°C)	W speed (m/s)
12:00	146,0	81,5	328,2	519,7	48,7	25,0	28,4	0,0
12:05	129,6	73,7	333,4	490,3	47,9	25,1	28,1	0,1
12:10	125,1	71,2	341,8	494,7	48,7	25,2	28,4	0,0
12:15	127,4	72,9	342,6	497,1	48,0	25,2	28,4	0,0
12:20	136,7	77,7	336,8	512,9	48,6	25,4	28,7	0,0

Πίνακας 29: Μικροκλιματικά δεδομένα σημείου 2 στην Πλατεία Αγ. Δημητρίου (4/10/2012)

Σημείο 3

Time	Alb-up (W/m ²)	Alb-down (W/m ²)	Pyr-up (W/m ²)	Pyr-down (W/m ²)	RH (%)	T air (°C)	T globe (°C)	W speed (m/s)
12:30	158,0	88,0	337,3	563,1	45,9	25,5	36,0	0,05
12:35	155,8	87,4	334,0	557,3	45,3	25,7	36,3	0,06
12:40	143,3	78,4	349,3	547,3	45,6	25,8	36,3	0,00
12:45	159,1	85,8	332,9	568,9	45,1	26,1	36,8	0,03
12:50	163,5	89,5	321,3	557,7	44,4	26,1	36,6	0,15
12:55	161,6	89,8	319,3	538,0	42,2	26,2	36,4	0,33

Πίνακας 30: Μικροκλιματικά δεδομένα σημείου 3 στην Πλατεία Αγ. Δημητρίου (4/10/2012)



Διάγραμμα 44: Πορεία δείκτη PET στην Πλατεία Αγ. Δημητρίου ανα σημείο (4/10/2012)

Σύμφωνα με το διάγραμμα, οι τιμές του PET και στα τρία σημεία είναι παραπλήσιες, συνεπώς δεν διαφέρουν πολύ από βιοκλιματικής άποψης. Οι μικρές διαφορές τους οφείλονται περισσότερο στα μικροκλιματικά δεδομένα που έχουμε από τις μετρήσεις πεδίου, οι οποίες δεν διαφέρουν όμως σημαντικά όπως βλέπουμε στους πίνακες που προηγούνται. Ωστόσο, στο σημείο 3 παρατηρούμε μια μείωση στις τιμές του PET που οφείλεται στην αύξηση της ταχύτητας του ανέμου.

Γ. Μέτρηση 5/10

Σημείο 1

Time	Alb-up (W/m ²)	Alb-down (W/m ²)	Pyr-up (W/m ²)	Pyr-down (W/m ²)	RH (%)	T air (°C)	T globe (°C)	W speed (m/s)
11:20	540,5	311,3	47,9	852,0	39,3	27,7	33,4	0,49
11:25	534,4	304,3	65,7	875,2	37,6	28,3	34,3	0,26
11:30	537,3	301,6	72,4	901,2	38,4	29,0	35,4	0,21
11:35	545,0	303,8	43,1	898,8	36,0	29,6	35,6	0,31
11:40	552,0	307,4	10,8	857,8	34,8	29,8	34,9	0,47

Πίνακας 31: Μικροκλιματικά δεδομένα σημείου 1 στην Πλατεία Αγ. Δημητρίου (5/10/2012)

Σημείο 2

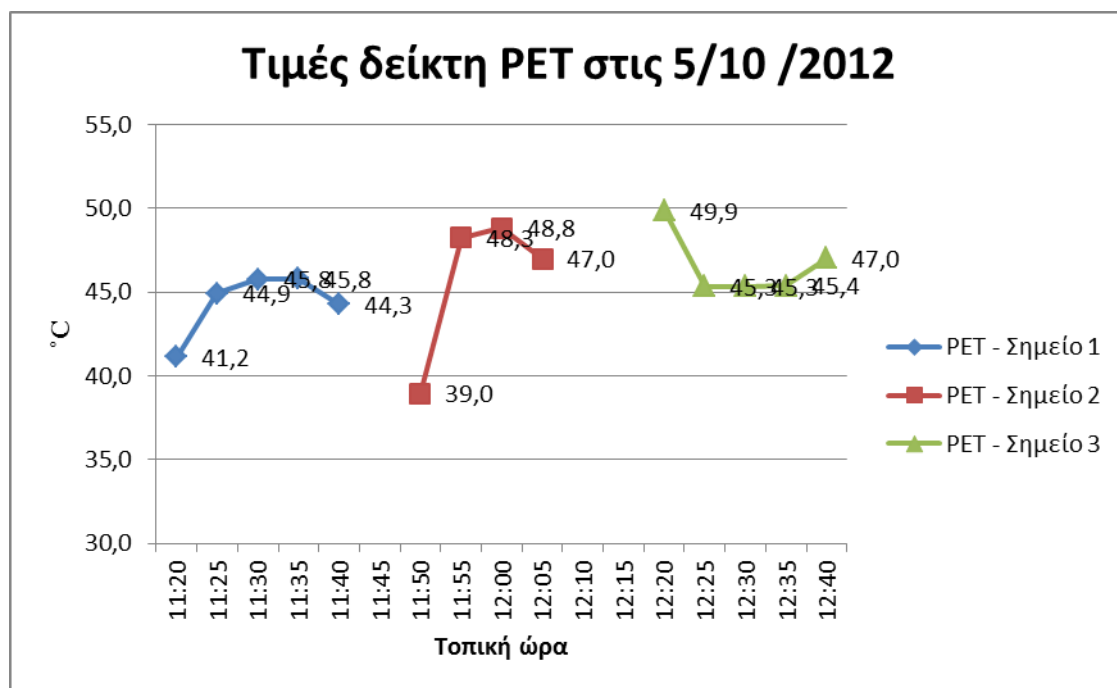
Time	Alb-up (W/m ²)	Alb-down (W/m ²)	Pyr-up (W/m ²)	Pyr-down (W/m ²)	RH (%)	T air (°C)	T globe (°C)	W speed (m/s)
11:50	581,5	356,3	48,6	843,3	33,5	30,2	35,5	0,50
11:55	588,6	359,3	67,4	914,6	32,3	30,7	36,6	0,18
12:00	598,4	364,3	77,8	918,1	32,0	31,5	37,7	0,18
12:05	616,7	378,0	22,1	890,8	30,3	31,5	36,7	0,39

Πίνακας 32: Μικροκλιματικά δεδομένα σημείου 2 στην Πλατεία Αγ. Δημητρίου (5/10/2012)

Σημείο 3

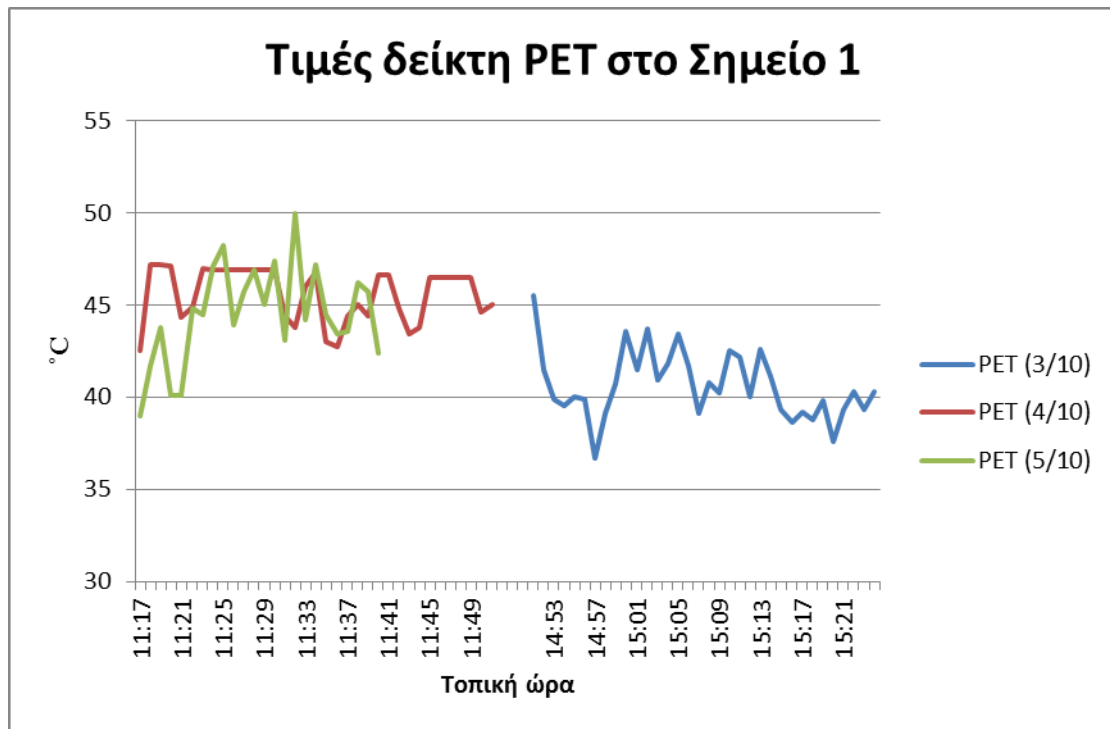
Time	Alb-up (W/m ²)	Alb-down (W/m ²)	Pyr-up (W/m ²)	Pyr-down (W/m ²)	RH (%)	T air (°C)	T globe (°C)	W speed (m/s)
12:20	642,4	329,8	-8,0	1070,1	27,3	32,6	38,8	0,17
12:25	658,2	341,7	-68,0	930,3	27,3	32,4	37,2	0,73
12:30	658,8	342,3	-71,5	905,8	27,5	32,2	37,0	0,74
12:35	684,6	356,1	-79,7	948,0	28,2	31,7	37,0	0,65
12:40	659,1	333,8	-63,5	996,7	27,4	32,3	34,3	0,42

Πίνακας 33: Μικροκλιματικά δεδομένα σημείου 3 στην Πλατεία Αγ. Δημητρίου (5/10/2012)

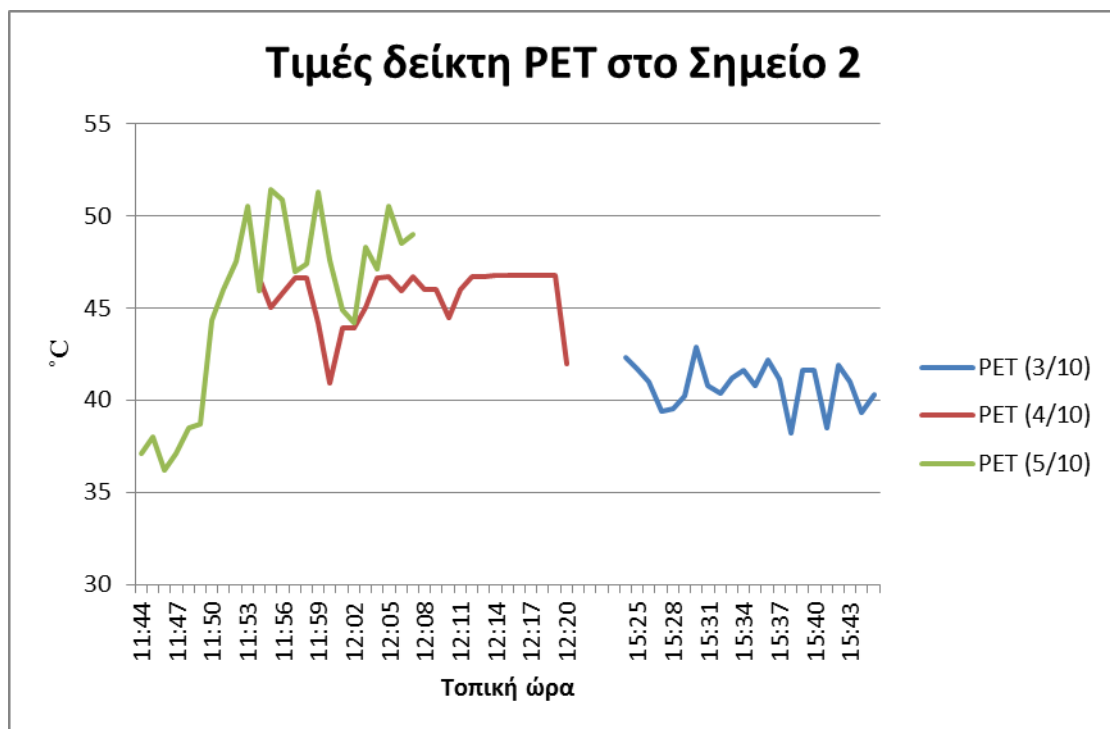


Διάγραμμα 45: Πορεία δείκτη PET στην Πλατεία Αγ. Δημητρίου ανά σημείο (5/10/2012)

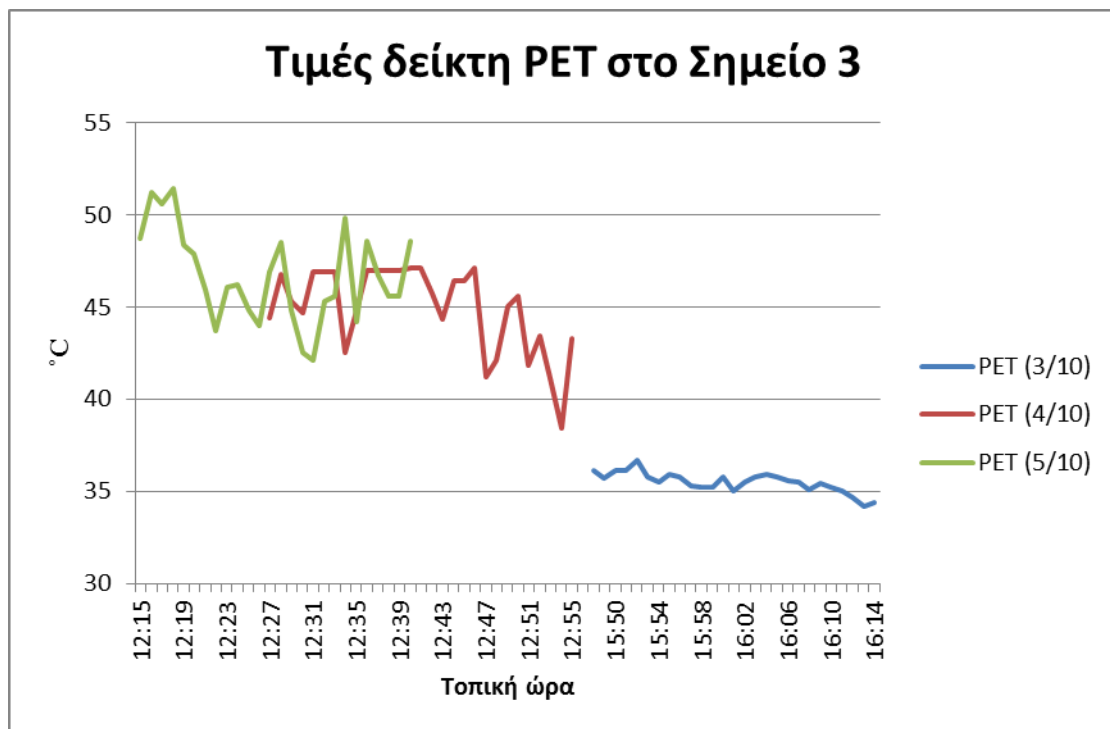
Στο διάγραμμα αυτό παρατηρούμε πως οι τιμές του PET κυμαίνονται και σε αυτή την περίπτωση στα ίδια περίπου επίπεδα, και στα τρία σημεία, με ορισμένες ακραίες τιμές σε κάθε σημείο. Οι ακραίες τιμές που παρατηρούμε οφείλονται στην ταχύτητα του ανέμου, η οποία αυξάνεται στις περιπτώσεις που ο PET μειώνεται και το αντίστροφο. Με την πάροδο του χρόνου των μετρήσεων παρατηρούμε μεγάλη αύξηση της θερμοκρασίας και της ακτινοβολίας, και ταυτόχρονη μείωση της σχετικής υγρασίας. Παρόλα αυτά, το σημείο 3 παρουσιάζει μικρότερες τιμές του PET που οφείλονται στο ρόλο του ανέμου, ο οποίος κατά τη διάρκεια των συγκεκριμένων μετρήσεων είχε μεγαλύτερη ταχύτητα από αυτή που καταγράφηκε στα προηγούμενα σημεία. Επίσης, η θερμοκρασία αέρος είχε μεγάλες διαφορές, πχ από το σημείο 1 στο 3 η διαφορά ήταν 2 - 4 μονάδες περίπου, ενώ από το σημείο 2 στο 3 κυμαινόταν από 1,5 - 2,5 μονάδες. Συγκρίνοντας, λοιπόν, τις τιμές του PET και τις τιμές των μικροκλιματικών δεδομένων στα σημεία 2 και 3 παρατηρούμε τα εξής: η θερμοκρασία, η ακτινοβολία και η ταχύτητα του ανέμου παρουσιάζουν μεγαλύτερες τιμές στο σημείο 3 από το σημείο 2, ενώ το μεγαλύτερο φάσμα των τιμών του PET στο σημείο 2 είναι υψηλότερό από αυτές στο σημείο 3 (εξαιρούμε τις ακραίες τιμές για τις οποίες αναφερθήκαμε προηγουμένως).



Διάγραμμα 46: Πορεία δείκτη PET στην Πλατεία Αγ. Δημητρίου στο σημείο 1



Διάγραμμα 47: Πορεία δείκτη PET στην Πλατεία Αγ. Δημητρίου στο σημείο 2

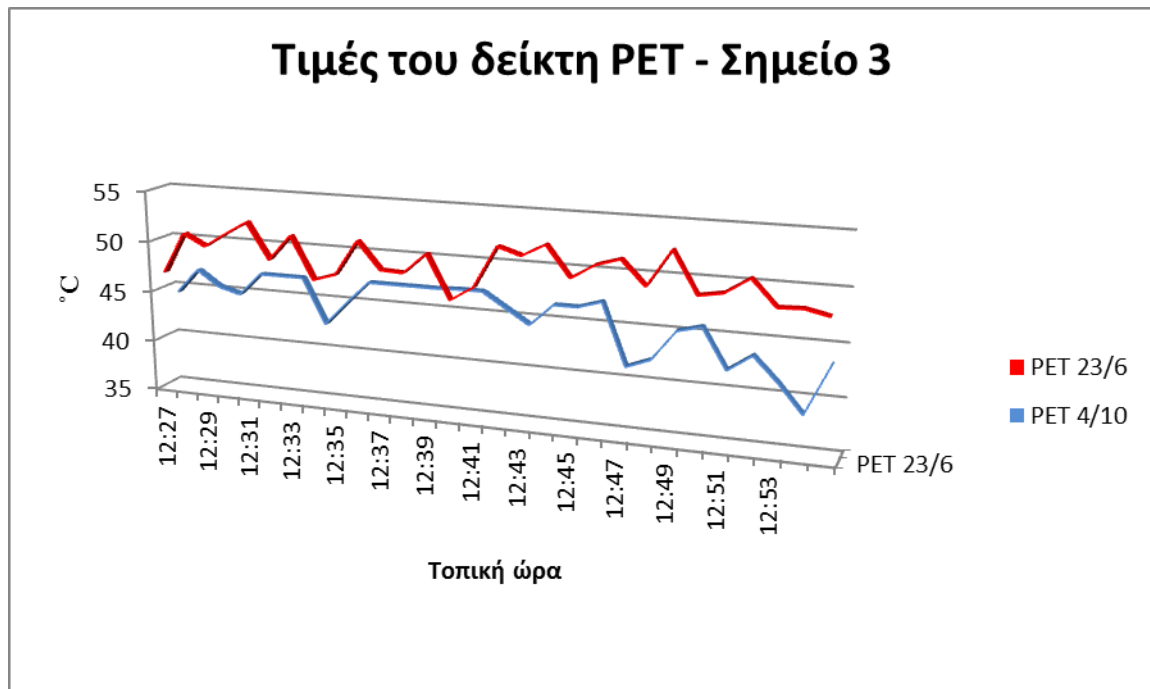


Διάγραμμα 48: Πορεία δείκτη PET στην Πλατεία Αγ. Δημητρίου στο σημείο 3

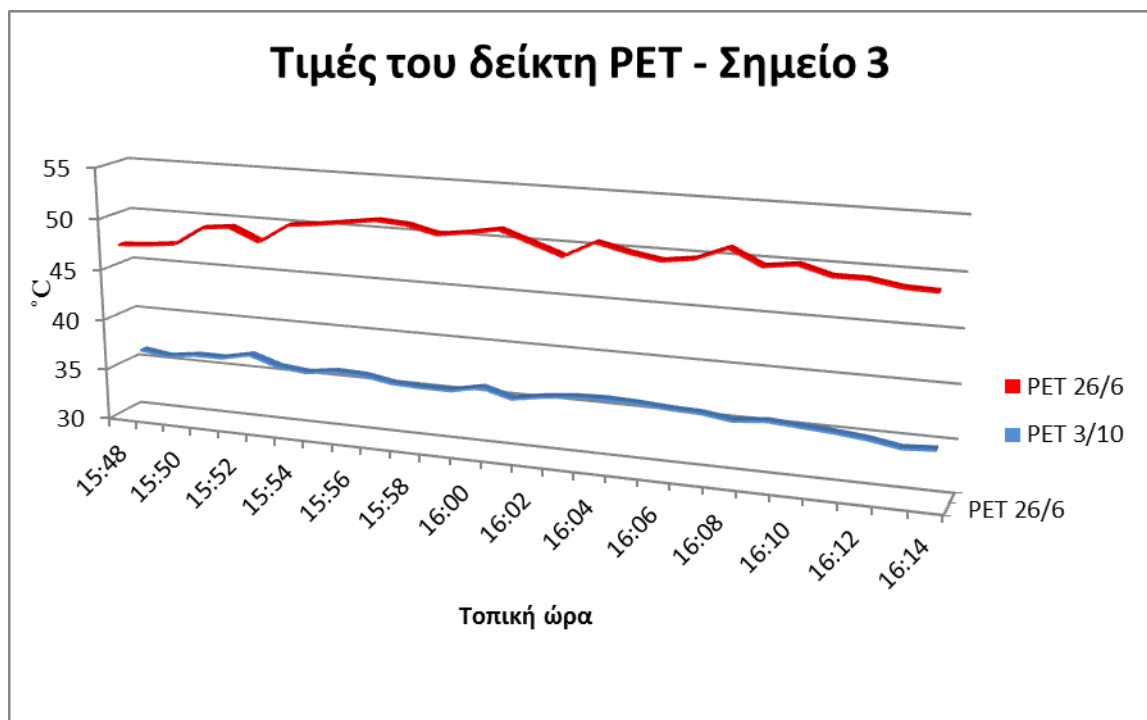
Συγκρίνοντας τις τιμές του δείκτη PET από τα παραπάνω διαγράμματα ανάλογα με το σημείο όπου πήραμε τις μετρήσεις παρατηρούμε ότι:

- Οι διαφορές που παρατηρούμε στον PET μεταξύ των μετρήσεων στις 3/10 και των μετρήσεων στις 4/10 και 5/10 έχουν σχέση με την ώρα που πραγματοποιήθηκαν. Οι μετρήσεις στις 4/10 και στις 5/10 έχουν πραγματοποιηθεί σχεδόν το ίδιο χρονικό διάστημα μεταξύ 11:20 και 12:45, ενώ στις 3/10 μεταξύ 15:00 και 16:15. Επομένως, η θερμική αίσθηση αλλάζει κατά τη διάρκεια του 24ώρου.
- Οι τιμές του δείκτη PET στα σημεία 1, 2 και 3 που έγιναν στις 4/10 και 5/10 παρουσιάζουν αυξομειώσεις με μικρές διαφορές. Αυτό σημαίνει πως τα σημεία αυτά δε διαφέρουν κατά πολύ από βιοκλιματικής άποψης. Συνεπώς, οι μικρές διαφορές τους μπορούν να αιτιολογηθούν με βάση τη διαφορά των μικροκλιματικών παραμέτρων, αλλά και τη διαμόρφωση του περιβάλλοντα χώρου του κάθε σημείου.

Τέλος, παρουσιάζει ενδιαφέρον η σύγκριση των τιμών του δείκτη PET ανά κοινό σημείο μέτρησης και κοινές ώρες σε διαφορετικές ημερομηνίες (αυτό ήταν εφικτό μόνο στο σημείο 3 με τα δεδομένα που διαθέτουμε).



Διάγραμμα 49: Σύγκριση τιμών δείκτη PET στην Πλατεία Αγ. Δημητρίου στο σημείο 3



Διάγραμμα 50: Σύγκριση τιμών δείκτη PET στην Πλατεία Αγ. Δημητρίου στο σημείο 3

Σύμφωνα με τα διαγράμματα που ακολουθούν επαληθεύουμε κάποια από τα συμπεράσματα που έχουμε ήδη αναφέρει, δηλαδή:

- Οι τιμές του δείκτη PET είναι υψηλότερες το καλοκαίρι σε σχέση με το φθινόπωρο.
- Στις 4/10 οι τιμές του PET ήταν μεγαλύτερες από αυτές στις 23/6 για ένα μικρό διάστημα. Αυτό οφείλεται στις υψηλές για την εποχή θερμοκρασίες που σημειώθηκαν κατά τη μέτρηση αυτή του Οκτώβρη.

5.2 Αποτελέσματα μετρήσεων στο Άλσος Μπαρουτάδικο (Αιγάλεω)

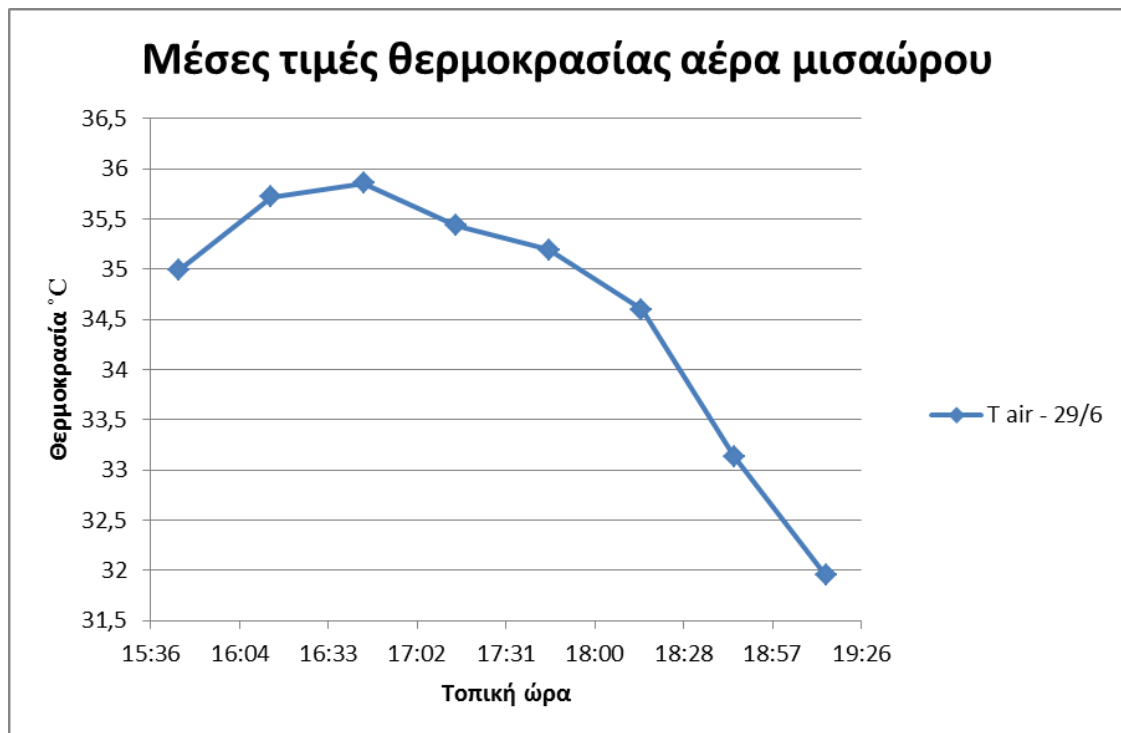
5.2.1 - 1^η μέτρηση στο Άλσος Μπαρουτάδικο (29/6/2012)

Τα αποτελέσματα που προέκυψαν από το σύνολο των μετρήσεων τη μέρα αυτή, διαμορφώθηκαν όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα:

Time	Alb-up (W/m ²)	Alb-down (W/m ²)	Pyr-up (W/m ²)	Pyr-down (W/m ²)	RH (%)	T air (°C)	T globe (°C)	W speed (m/s)
15:45	770,9	454,8	-10,0	1063,8	24,6	35,0	39,7	1,2
16:15	713,7	438,0	-23,0	958,7	23,7	35,7	40,2	1,1
16:45	647,9	409,8	24,0	874,6	23,4	35,9	40,1	1,0
17:15	571,3	373,4	84,6	798,8	24,0	35,4	39,5	1,0
17:45	492,3	331,4	150,1	725,5	24,4	35,2	39,3	0,9
18:15	400,9	271,8	211,7	626,7	24,9	34,6	38,1	0,8
18:45	278,7	136,4	279,3	646,8	26,6	33,1	35,8	0,8
19:15	90,3	53,5	407,4	503,0	27,8	32,0	33,4	0,6

Πίνακας 34: Μικροκλιματικά δεδομένα 1ης μέτρησης στο Άλσος Μπαρουτάδικο (29/6/2012)

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα των μετρήσεων, πρόκειται για μία πάρα πολύ ζεστή μέρα με μέσες τιμές θερμοκρασίας μισαώρου να κυμαίνονται μεταξύ 32°C και 35,7°C. Η ταχύτητα του ανέμου ήταν αισθητή κατά τη διάρκεια του μεσημεριού με τη μεγαλύτερη μέση τιμή να αγγίζει τα 1,2 m/s. Οι μέσες τιμές υγρασίας μισαώρου κυμάνθηκαν από 23,4% μέχρι 27,8%. Η άμεση προσπίπτουσα ακτινοβολία παρουσίασε ιδιαίτερα υψηλή τιμή, 770,9 W/m², ενώ η ανακλώμενη ακτινοβολία για την ίδια χρονική στιγμή υπολογίστηκε σε 454,8 W/m².



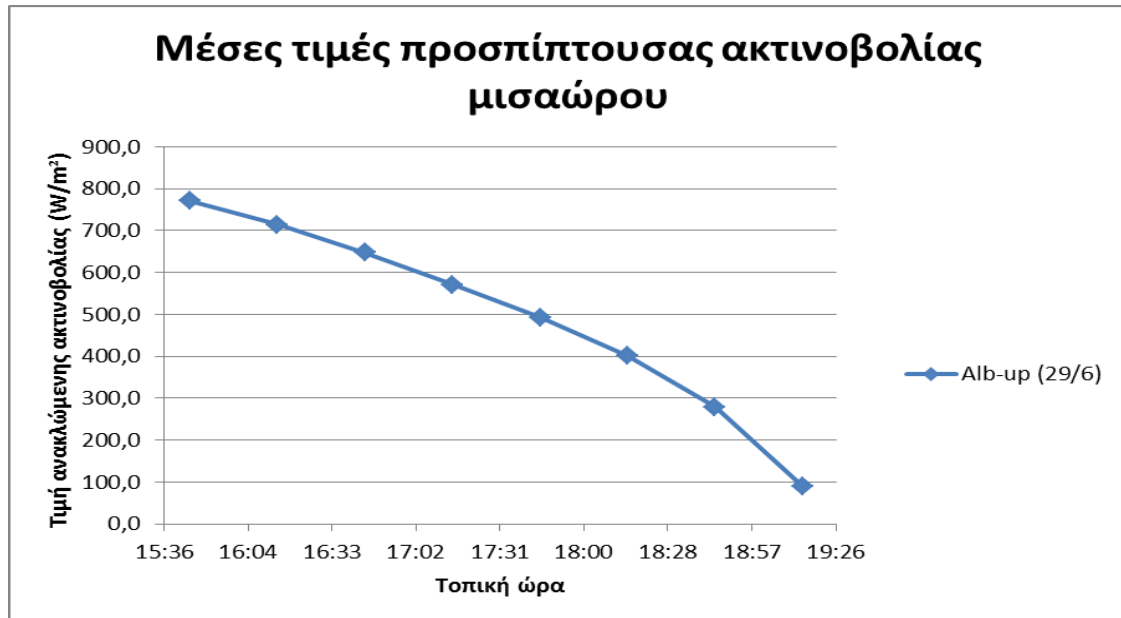
Διάγραμμα 51: Μέσες τιμές θερμοκρασίας αέρα στο Άλσος Μπαρουτάδικο (29/6/2012)



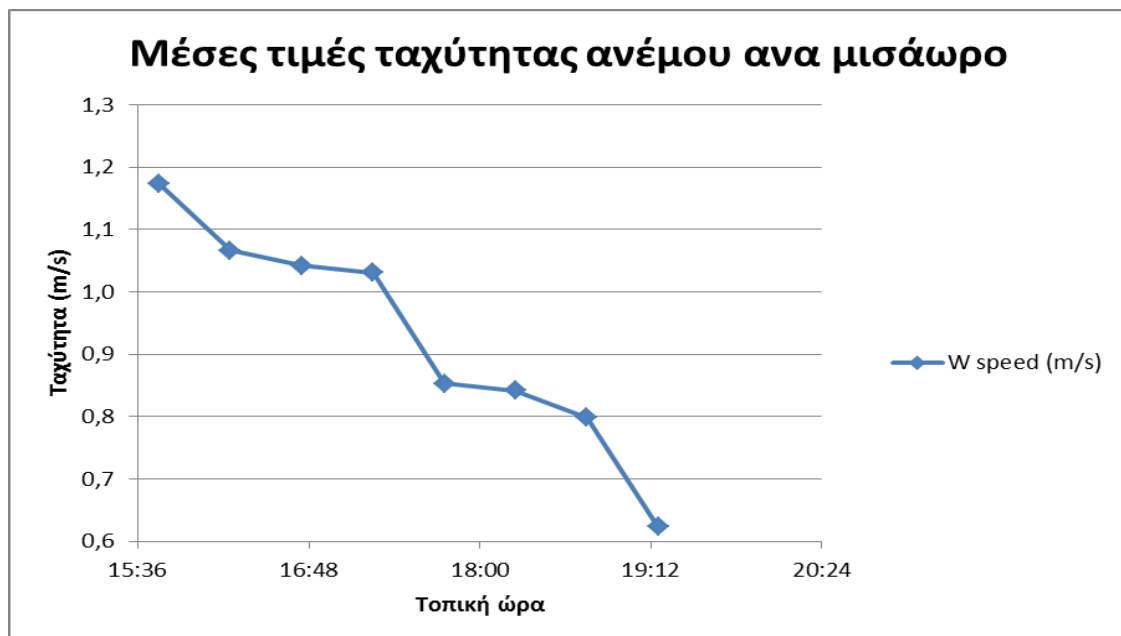
Διάγραμμα 52: Μέσες τιμές σχετικής υγρασίας στο Άλσος Μπαρουτάδικο (29/6/2012)

Από το διάγραμμα της θερμοκρασίας παρατηρούμε ότι κατά τη διάρκεια των μετρήσεων οι μεγαλύτερες τιμές της θερμοκρασίας αέρα παρατηρήθηκαν κατά το

χρονικό διάστημα 16:00 με 16:30. Μετά τις 16:30 ξεκίνησε η σταδιακή μείωσή της. Η σχετική υγρασία έχει αντίθετη πορεία από αυτή της θερμοκρασίας. Έτσι, όσο η θερμοκρασία αέρα μειώνεται, η σχετική υγρασία αυξάνεται.



Διάγραμμα 53: Μέσες τιμές προσπίπτουσας ακτινοβολίας στο Άλσος Μπαρουτάδικο (29/6/2012)



Διάγραμμα 54: Μέσες τιμές ταχύτητας ανέμου στο Άλσος Μπαρουτάδικο (29/6/2012)

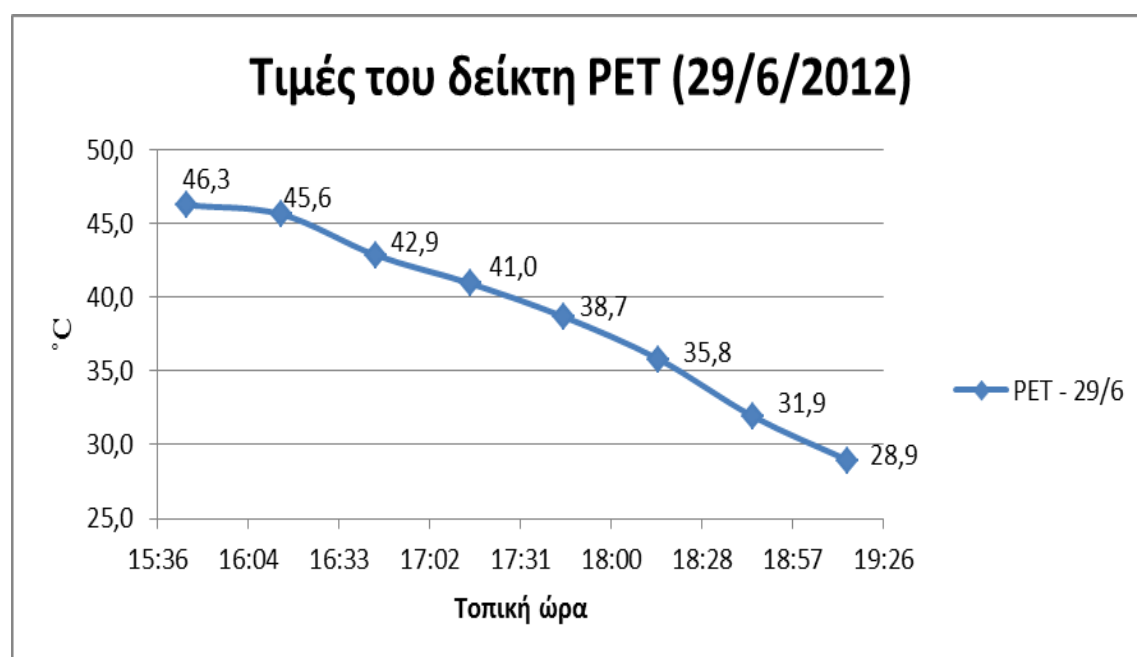
Από το διάγραμμα της ταχύτητας του ανέμου παρατηρούμε ότι τη συγκεκριμένη μέρα η ταχύτητα μειωνόταν σταδιακά όσο μεταβαίναμε από τις μεσημεριανές στις απογευματινές ώρες.

Λαμβάνοντας υπόψη τις παραπάνω τιμές των μικροκλιματικών παραμέτρων, τις εισάγαμε μετά από σωστή επεξεργασία στο λογισμικό Rayman 1.2 για να υπολογίσουμε τους βιομετεωρολογικούς δείκτες PMV και PET. Οι δείκτες αυτοί μας δείχνουν τα επίπεδα θερμικής άνεσης που έχουν οι χρήστες του Άλσους στην περιοχή μετρήσεων. Τα αποτελέσματα από το λογισμικό Rayman φαίνονται στον πίνακα που ακολουθεί:

Time	Gact	Sact	Dact	Ts	Ta	Tmrt	PMV	PET
h:mm	W/m2	W/m2	W/m2	°C	°C	°C		°C
15:45	544,7	381,2	163,5	47,3	35,0	60,2	4,3	46,3
16:15	440,9	286,4	154,4	45,5	35,7	57,5	4,3	45,6
16:45	264,3	114,9	149,3	40,9	35,9	51,4	3,9	42,9
17:15	217,8	91,6	126,3	39,3	35,4	47,9	3,6	41,0
17:45	139,9	38,0	101,9	37,0	35,2	43,0	3,2	38,7
18:15	76,2	3,9	72,3	34,6	34,6	37,5	2,8	35,8
18:45	31,5	0,0	31,5	32,0	33,1	31,0	2,2	31,9
19:15	2,7	0,0	2,7	30,0	32,0	26,1	1,7	28,9

Πίνακας 35: Αποτελέσματα Rayman από τα δεδομένα της 1ης μέτρησης στο Άλσος Μπαρουτάδικο

Από την ταξινόμηση των τιμών του δείκτη PMV, προκύπτει ότι η θερμική άνεση του ανθρώπου για τη μέρα αυτή χαρακτηρίζεται ως θερμή, ζεστή και πολύ ζεστή με τιμές που κυμαίνονται μεταξύ 1,7 και 4,3. Ο θερμικός δείκτης PET λαμβάνει τιμές από 28,9°C έως 46,3°C με σταδιακή μείωση όσο περνούν οι μεσημεριανές ώρες.



Διάγραμμα 55: Πορεία δείκτη PET στο Άλσος Μπαρουτάδικο (29/6/2012)

Στο παραπάνω διάγραμμα φαίνεται η πορεία του δείκτη PET. Σύμφωνα με τις τιμές που έχει λάβει, η θερμική αίσθηση διαμορφώνεται σε 3 στάδια: «πολύ ζεστό», «ζεστό» και «θερμό» όσο μεταβαίνουμε από τις μεσημεριανές στις απογευματινές ώρες.

5.2.2 - 2^η μέτρηση στο Άλσος Μπαρουτάδικο (02/07/2012)

Τα αποτελέσματα που προέκυψαν από το σύνολο των μετρήσεων τη μέρα αυτή, διαμορφώθηκαν όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα:

Time	Alb-up (W/m ²)	Alb-down (W/m ²)	Pyr-up (W/m ²)	Pyr-down (W/m ²)	RH (%)	T air (°C)	T globe (°C)	W speed (m/s)
12:00	796,7	484,3	-162,4	986,6	25,4	32,9	36,9	1,3
12:30	834,7	483,5	-212,4	1000,6	23,7	33,5	37,3	1,4
13:00	870,9	478,6	-266,3	977,3	22,2	33,1	36,7	2,0
13:30	885,9	513,1	-256,1	988,0	22,3	33,2	37,1	1,8
14:00	886,4	565,4	-254,5	914,2	24,4	32,8	36,6	2,1
14:30	873,2	599,5	-214,0	895,5	24,3	33,6	37,5	1,7
15:00	722,8	526,2	-96,8	908,0	26,2	33,8	37,2	1,4
15:15	100,5	102,8	430,6	852,0	26,9	32,7	35,4	1,1

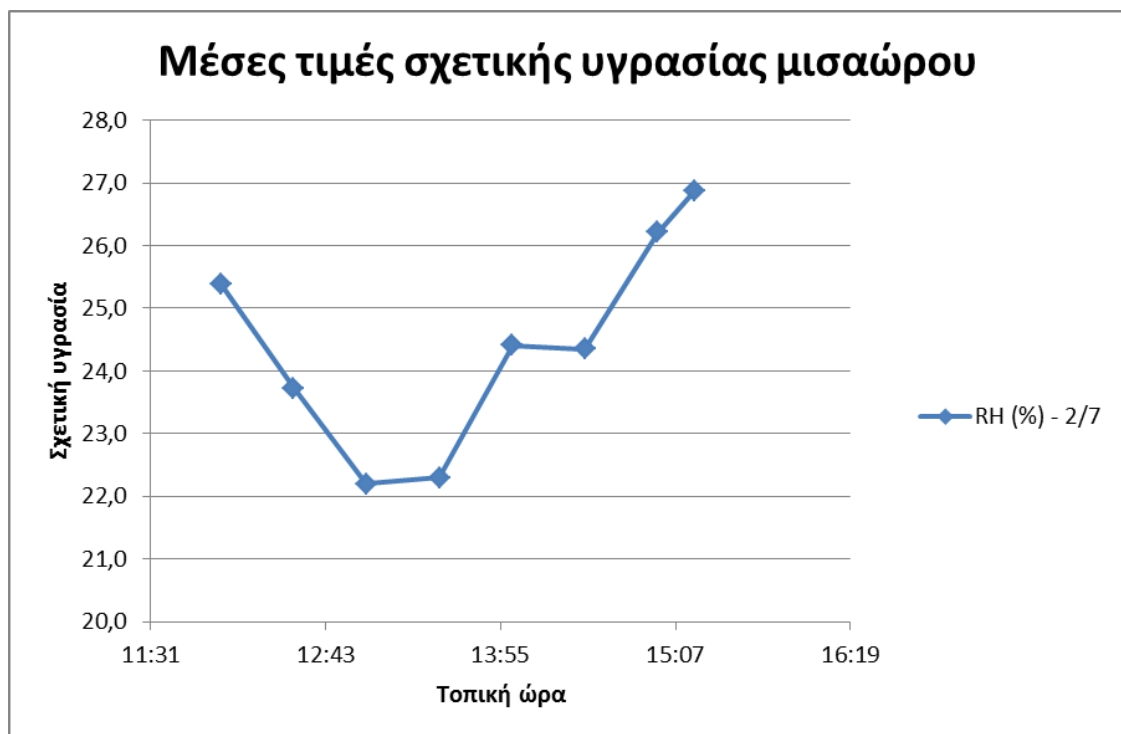
Πίνακας 36: Μικροκλιματικά δεδομένα 2ης μέτρησης στο Άλσος Μπαρουτάδικο (2/7/2012)

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα που προκύπτουν, η μέρα αυτή ήταν μία πολύ ζεστή μέρα με μέσες τιμές θερμοκρασίας μισαώρου να κυμαίνονται μεταξύ 32,7°C και 33,8°C. Η ταχύτητα του ανέμου ήταν έντονη καθόλη τη διάρκεια του μεσημεριού με τη μεγαλύτερη μέση τιμή ταχύτητας ανέμου να αγγίζει τα 2,1 m/s στις 14:00 το μεσημέρι. Οι μέσες τιμές υγρασίας μισαώρου κυμάνθηκαν από 22,2% μέχρι 26,9%. Η άμεση προσπίπτουσα ακτινοβολία παρουσίασε ιδιαίτερα υψηλή τιμή, 886,4 W/m², ενώ η ανακλώμενη ακτινοβολία για την ίδια χρονική στιγμή υπολογίστηκε σε 565,4 W/m².



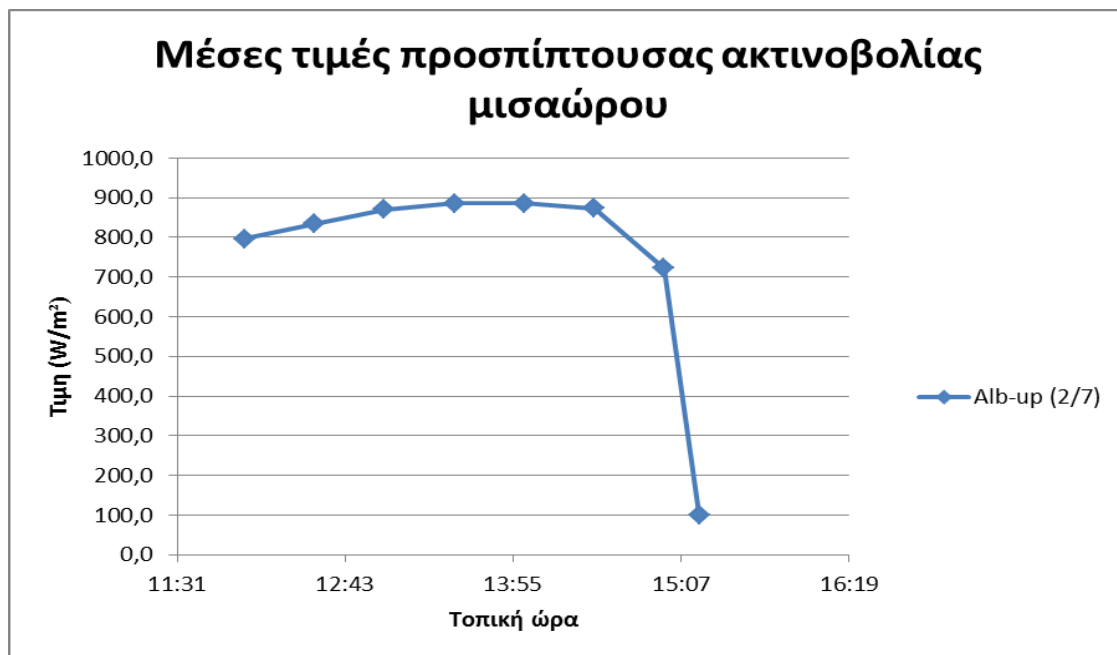
Διάγραμμα 56: Μέσες τιμές θερμοκρασίας αέρα στο Άλσος Μπαρουτάδικο (2/7/2012)

Από το διάγραμμα της θερμοκρασίας παρατηρούμε ότι κατά τη διάρκεια των μετρήσεων η θερμοκρασία αέρα παρουσιάζει διακυμάνσεις. Η μεγαλύτερη τιμή της παρατηρήθηκε λίγο πριν τις 15:00 αγγίζοντας του 34 °C.

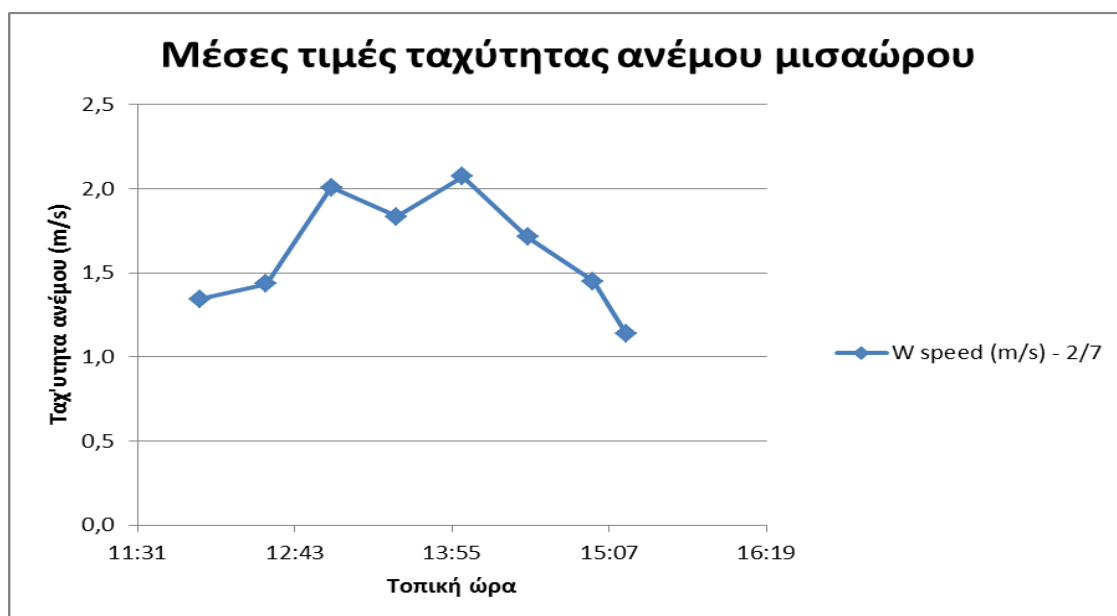


Διάγραμμα 57: Μέσες τιμές σχετικής υγρασίας στο Άλσος Μπαρουτάδικο (2/7/2012)

Η σχετική υγρασία είναι αντίθετη της θερμοκρασίας. Έτσι, παρατηρούμε πως όσο η θερμοκρασία αέρα μειώνεται, η σχετική υγρασία αυξάνεται και το αντίθετο.



Διάγραμμα 58: Μέσες τιμές προσπίπτουσας ακτινοβολίας στο Άλσος Μπαρουτάδικο (2/7/2012)



Διάγραμμα 59: Μέσες τιμές ταχύτητας ανέμου στο Άλσος Μπαρουτάδικο (2/7/2012)

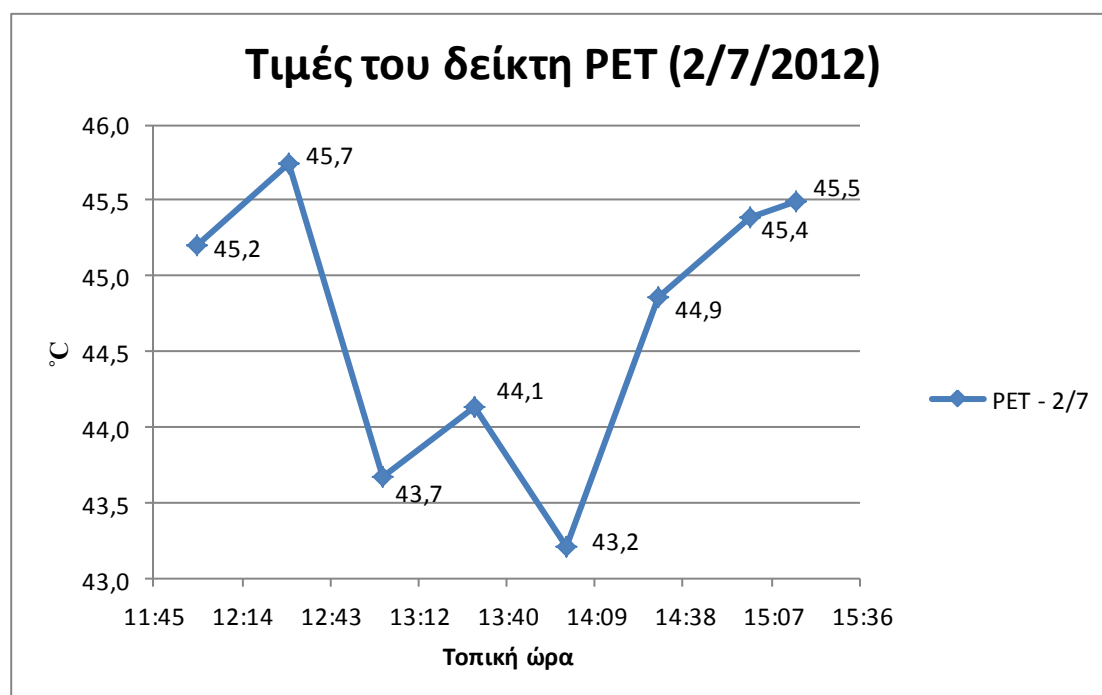
Από το διάγραμμα της ταχύτητας του ανέμου παρατηρούμε ότι τη συγκεκριμένη μέρα η ταχύτητα του ανέμου ήταν μεγάλη παρουσιάζοντας αυξομειώσεις κατά τη διάρκεια του μεσημεριού.

Λαμβάνοντας υπόψη τις παραπάνω τιμές των μικροκλιματικών παραμέτρων, υπολογίσαμε και σε αυτή την περίπτωση τους βιομετεωρολογικούς δείκτες PMV και PET στο λογισμικό Rayman 1.2. Τα αποτελέσματα από το λογισμικό Rayman φαίνονται στον πίνακα που ακολουθεί:

Time	Gact	Sact	Dact	Ts	Ta	Tmrt	PMV	PET
h:mm	W/m2	W/m2	W/m2	°C	°C	°C		°C
12:00	838,9	656,2	182,7	51,8	32,9	62,4	4,1	45,2
12:30	858,5	677,9	180,5	52,4	33,5	62,9	4,1	45,7
13:00	844,2	663,9	180,0	49,2	33,1	61,6	3,8	43,7
13:30	816,3	636,6	179,8	49,2	33,1	62,0	3,9	44,1
14:00	775,3	596,8	178,5	47,3	32,8	61,4	3,7	43,2
14:30	720,8	544,7	176,3	48,1	33,6	62,1	4,0	44,9
15:00	657,2	484,4	172,7	47,8	33,8	61,7	4,1	45,4
15:15	601,3	432,6	168,6	47,4	32,8	60,4	4,1	45,5

Πίνακας 37: Αποτελέσματα Rayman από τα δεδομένα της 2ης μέτρησης στο Άλσος Μπαρουτάδικο

Από την ταξινόμηση των τιμών του δείκτη PMV, προκύπτει ότι η θερμική αίσθηση του ανθρώπου κατά τις ώρες διεξαγωγής των μετρήσεων χαρακτηρίζεται ως πολύ ζεστή με τιμές που κυμαίνονται μεταξύ 3,7 και 4,1. Τέλος, ο θερμικός δείκτης PET λαμβάνει τιμές από 43,2°C έως 45,7°C παρουσιάζοντας μικρές αυξομειώσεις κατά τη διάρκεια του μεσημεριού.



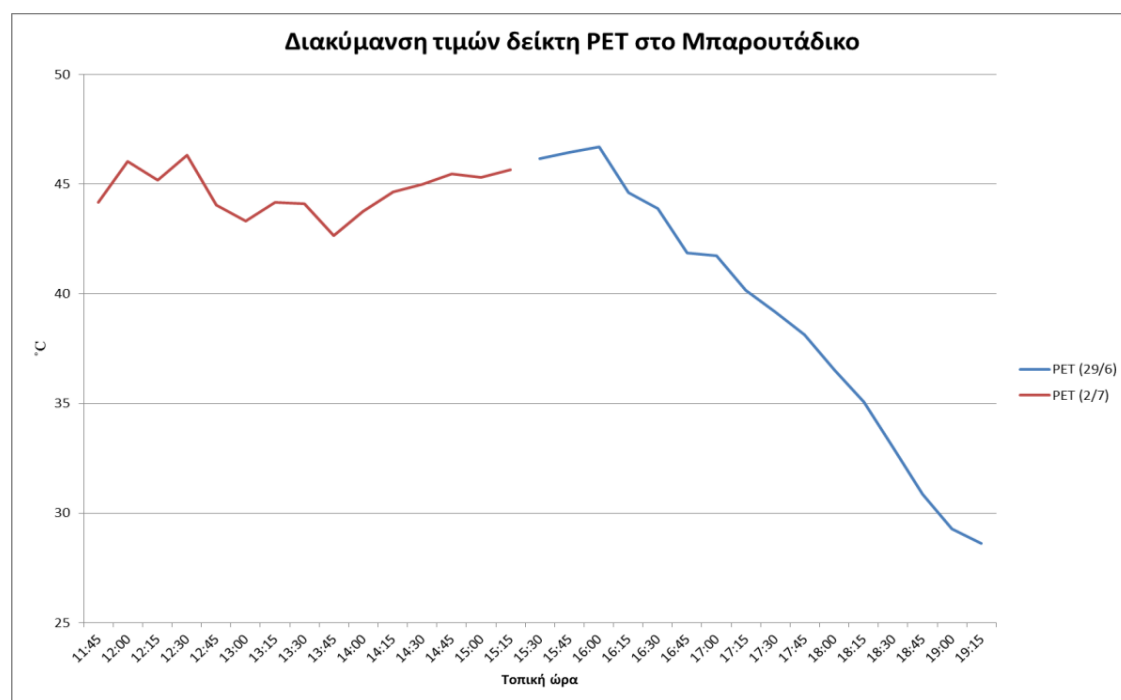
Διάγραμμα 60: Πορεία δείκτη PET στο Άλσος Μπαρουτάδικο (2/7/2012)

Στο παραπάνω διάγραμμα φαίνεται η πορεία του δείκτη PET κατά τη διάρκεια του μεσημεριού στις 2/7/2012. Σύμφωνα με τις τιμές που έχει λάβει, η θερμική αίσθηση χαρακτηρίζεται ως «πολύ ζεστή», αφού οι τιμές που έχει πάρει είναι άνω των 40°C.

5.2.3 Σύγκριση PET στο Άλσος Μπαρουτάδικο

Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται παρουσίαση και σύγκριση των τιμών του δείκτη PET σύμφωνα με τα δεδομένα που διαθέτουμε από τις μετρήσεις του πεδίου σε δύο διαφορετικές ημερομηνίες ανά κοινό σημείο μέτρησης.

Στο διάγραμμα που ακολουθεί παρουσιάζονται οι τιμές του PET για το Μπαρουτάδικο από το σύνολο των μετρήσεων που πραγματοποιήθηκαν.



Διάγραμμα 61: Πορεία δείκτη PET στο Άλσος Μπαρουτάδικο από το σύνολο των μετρήσεων

Συμφώνα με το διάγραμμα, οι τιμές του PET κατά τη διάρκεια των μεσημεριανών ωρών βρίσκονται στα ίδια περίπου επίπεδα παρουσιάζοντας μικρές αυξομειώσεις που οφείλονται στις επικρατούσες μικροκλιματικές συνθήκες. Κατά τις απογευματινές ώρες οι τιμές του PET παρουσιάζουν αισθητή μείωση (μείωση θερμοκρασίας, αλλαγή θέσης ήλιου). Κατά συνέπεια, οι αστικοί υπαίθριοι χώροι πρασίνου είναι θερμικά πιο άνετοι κατά τις απογευματινές ώρες. Τέλος, το διάγραμμα αυτό αντιπροσωπεύει την πορεία του PET μια τυπική καλοκαιρινή μέρα στην Ελλάδα.

6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η έρευνα αυτή, που πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια υλοποίησης Μεταπτυχιακής Εργασίας, έδωσε ενθαρρυντικά αποτελέσματα και οδήγησε σε χρήσιμα συμπεράσματα. Μελετήθηκε η βιοκλιματική συμπεριφορά αστικών υπαίθριων χώρων με βλάστηση και υπολογίστηκε η θερμική αίσθηση με το λογισμικό Rayman.

Από την ανάλυση των αποτελεσμάτων για τις συνθήκες θερμικής άνεσης που παρουσιάζουν οι αστικοί υπαίθριοι χώροι, προκύπτουν τα ακόλουθα συμπεράσματα:

- Οι βασικοί παράγοντες που καθορίζουν την αίσθηση της θερμικής άνεσης είναι η θερμοκρασία αέρα, η ταχύτητα του ανέμου, η σχετική υγρασία και η μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας. Σημαντικοί, επίσης, παράγοντες αποτελούν το επίπεδο της δραστηριότητας, ο ρουχισμός και ο χρόνος παραμονής στους εκάστοτε χώρους.
- Εκτός από τα παραπάνω, η θερμική αίσθηση που αφορά στο ισοζύγιο της ακτινοβολίας επηρεάζεται από το συντελεστή θέασης ουράνιου θόλου, τις διάφορες επιφάνειες (κτίρια, βλάστηση) και τα δομικά, και μη, υλικά από τα οποία αποτελούνται αυτές οι επιφάνειες.
- Ένας από του πιο αξιόπιστους και δημοφιλείς δείκτες, με τον οποίο μπορούμε να υπολογίσουμε τη θερμική αίσθηση του ανθρώπου, είναι ο δείκτης PET (Physiological Equivalent Temperature).
- Από τις ετρήσεις στην παρούσα μελέτη επαληθεύτηκε ότι οι τιμές του PET είναι μεγαλύτερες κατά τους καλοκαιρινούς μήνες σε σύγκριση με τους φθινοπωρινούς, καθώς η θερμοκρασία αέρα και η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας είναι μεγαλύτερες.
- Επιπλέον, οι τιμές του PET μειώνονται από τις μεσημεριανές προς τις απογευματινές ώρες, καθώς μειώνονται σταδιακά η θερμοκρασία του αέρα και η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας λόγω της αλλαγής θέσης του ήλιου. Συνεπώς, οι αστικοί υπαίθριοι χώροι είναι θερμικά πιο άνετοι τις απογευματινές ώρες των θερινών μηνών.
- Οι τιμές του PET που προέκυψαν για τις υπό εξέταση περιοχές, κυμάνθηκαν τους καλοκαιρινούς μήνες μεταξύ 28,9 – 46,3 °C στο Μπαρουτάδικο και 32,3 – 54, 5 °C στην πλατεία Αγ. Δημητρίου. Έτσι, η θερμική αίσθηση χαρακτηρίζεται ως «ελαφρά ζεστή», «ζεστή», «πολύ

ζεστή» και «πάρα πολύ ζεστή» στο Μπαρουτάδικο και ως «ζεστή», «πολύ ζεστή» και «πάρα πολύ ζεστή» στην πλατεία Αγ. Δημητρίου.

- Οι τιμές του PET που προέκυψαν για την πλατεία Αγ. Δημητρίου κατά τους φθινοπωρινούς μήνες κυμάνθηκαν μεταξύ 27,6 – 49,9 °C διαμορφώνοντας τις συνθήκες θερμικής αίσθησης σε «ελαφρά ζεστή», «ζεστή», «πολύ ζεστή» και «πάρα πολύ ζεστή».
- Στη δεύτερη φάση των μετρήσεων, όπου πραγματοποιήθηκε αλλαγή θέσεων του μικρομετεωρολογικού σταθμού, παρατηρήθηκε ότι τα σημεία δε διαφέρουν βιοκλιματικά λόγω της μικρής απόστασης μεταξύ τους.
- Καθοριστικό ρόλο στη διαμόρφωση της θερμικής αίσθησης στις περιοχές που μελετήσαμε παίζουν οι μικροκλιματικές συνθήκες, και ιδιαίτερα η ταχύτητα του ανέμου, για τα σημεία με παραπλήσιες τις τιμές των θερμοϋγρομετρικών παραμέτρων και της ακτινοβολίας.
- Ο ρόλος των υλικών διάστρωσης και η βλάστηση και η ποσοτική συμβολή τους στη θερμική αίσθηση των ατόμων δεν κατέστη δυνατόν να αξιολογηθεί επαρκώς κυρίως λόγω του μικρού σχετικά χρονικού εύρους των μετρήσεων στην παρούσα μελέτη.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ελληνική:

Ματζαράκης Α. (1995). *Ανθρωποβιομετεωρολογική εκτίμηση του κλίματος της Ελλάδος*. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο, Θεσ/νικη

Νικολοπούλου, Μ. (2004). *Σχεδιασμός Υπαίθριων Αστικών Χώρων με Βιοκλιματικά Κριτήρια*. Design Guidelines, RUROS: Rediscovering the Urban Realm and Open Spaces, Κ.Α.Π.Ε

Ρέππας, Δ. (2011). *Διερεύνηση της Βιοκλιματικής Συμπεριφοράς Χώρων Πρασίνου εντός του Αστικού Περιβάλλοντος*. Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία. Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, σελ. 37-40.

Τσαρτσάλη, Ε. (2011). *Συμβολή στο σχεδιασμό αστικών υπαίθριων χώρων με βιοκλιματικά κριτήρια*. Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία. Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, σελ.29-31.

Τσίρος, Ι. 2008. Σημειώσεις Μεταπτυχιακού Μαθήματος 'Βιοκλιματικό Περιβάλλον και Πολεοδομικός Σχεδιασμός'. ΓΠΑ.

Φλόκας, Απ. (1997). *Μαθήματα μετεωρολογίας και κλιματολογίας*. Β Έκδοση, Εκδόσεις Ζήτη, Θεσ/νικη, σελ. 113 – 120, 170 – 171, 189 – 194

Χαραλαμπίδης Ι. (2006). *Εκτίμηση Βιομετεωρολογικών δεικτών σε φυτοκαλυμμένους και μη χώρους*. Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία. Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών.

Χαραλαμπίδης Ι. (2009). *Ανάπτυξη μεθοδολογίας και εφαρμογές για την αξιολόγηση των βιοκλιματικών συνθηκών υπαίθριων χώρων με διαφορετική διαμόρφωση*. Διδακτορική Διατριβή. Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών.

Χρονοπούλου-Σερέλη Α., Χαραλαμπίδης Ι., Τσίρος, Ι. (2005). *Ο ρόλος της διαμόρφωσης των αστικών πάρκων στη βιοκλιματική τους απόδοση*. 7ο Πανελλήνιο (Διεθνές) Συνέδριο Μετεωρολογίας, Κλιματολογίας και Φυσικής της Ατμόσφαιρας. Λευκωσία, Κύπρος: 937-942.

Χρονοπούλου - Σερέλη, Α. και Φλόκας, Απ. (2010). *Μαθήματα γεωργικής μετεωρολογίας και κλιματολογίας*. Εκδόσεις Ζήτη, Θεσ/νικη, σελ.131 – 155, 209 – 210, 242 – 256, 510 – 515, 534 – 538

Χρονοπούλου - Σερέλη, Α. και Χρονόπουλος, Ι. Κ. (2011). *Βιομετεωρολογία – Βιοκλιματολογία*. Εκδόσεις Ζήτη, Θεσ/νικη

Ξενόγλωσση:

ASHRAE Standard 55 (1981). *Thermal environmental conditions for human occupancy* (American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers, Atlanta, USA)

Assimakopoulos, V.D., Tsiros, I.X., Shashua-Bar, L., Hoffman, M.E., Efthimiadou, A.P. (2010). *Microclimatic conditions in the Athens urban clusters*. The 3d International Conference on Passive and Low Energy Cooling for the Built Environment, Rhodes, Greece. Proceedings, USB Flash Drive, ISBN: 978-960-6746-08-6.

Assimakopoulos, V., Tsiros, I., Shashua-Bar, L. (2010). *Microclimatic and bioclimatic conditions in varied urban morphology in the city of Athens during an extremely hot weather period in 2007*. Proceedings 10th Panhellenic (international) conference of meteorology, climatology and atmospheric physics. Patras, Greece: 818-824.

Bruse, M. (2009). *Analyzing human outdoor Thermal Comfort and Open Space Usage with the Multi-Agent System BOT-world*. Johannes Gutenberg Universität, Mainz, Germany.

Charalampopoulos, I., Tsiros, I., Chronopoulou-Sereli, A., Matzarakis, A. (2012). *Analysis of thermal bioclimate in various urban configurations in Athens, Greece*. Urban Ecosystems. DOI: 10.1007/s11252-012-0252-5

Chronopoulos, K., Tsiros, I., Alvertos, N. (2011). *Assessment of bioclimatic comfort using artificial neural network models-A preliminary study in a remote mountainous area of southern Greece*. Acta Climatologica et Chorologica 44-45: 65-71.

Chronopoulos, K., Tsiros, I., Alvertos, N., Shashua-Bar, L., Dimopoulos, I. (2010). *An application of artificial neural network models for estimating values of meteorological and biometeorological parameters in the urban canopy layer*. Proceedings 10th Panhellenic (international) conference of meteorology, climatology and atmospheric physics. Patras, Greece: 495-500.

Gulyas, A., Ungera, J., Matzarakis, A. (2005). *Assessment of the microclimatic and human comfort conditions in a complex urban environment: Modelling and measurements*, Building and Environment 41: 1713–1722

Lenzholzer, S. (2010). *Engrained experience - a comparison of microclimate perception schemata and microclimate measurements in Dutch urban squares*. International Journal of Biometeorology 54:141–150

Matzarakis A. and Mayer H. (1991). *The extreme heat wave in Athens in July 1987 from the point of view of human biometeorology*. Atmospheric Environment. Part B. Urban Atmosphere 25(2): 203-211.

Matzarakis A. and Mayer H. (1997). *Heat stress in Greece*. International Journal of Biometeorology 41(1): 34-39.

- Matzarakis A., Mayer H., Iziomon M. G. (1999). *Applications of a universal thermal index: physiological equivalent temperature*. International Journal of Biometeorology 43(2): 76-84.
- Matzarakis A. and Mayer H. (2000). *Atmospheric conditions and human thermal comfort in urban areas*. 11th Seminar on Environmental Protection „Environment and Health“. Thessaloniki, Greece: 155-166.
- Matzarakis A., Rutz F., Mayer H. (2006). *Modelling the thermal bioclimate in urban areas with the RayMan Model*. The 23rd Conference on Passive and Low Energy Architecture. Geneva, Switzerland.
- Matzarakis A., Rutz F., Mayer H. (2007). *Modelling radiation fluxes in simple and complex environments—application of the RayMan model*. International Journal of Biometeorology 51(4): 323-334.
- Moustris, K., Tsiros, I., Ziomas, I., Paliatsos, A. (2010). *Artificial neural network models as a useful tool to forecast human thermal comfort using microclimatic and bioclimatic data in the great Athens area (Greece)*. Journal of Environmental Science and Health 45 (A):447-453.
- Moustris, K., Tsiros, I., Larissi, I.K., Paliatsos, A. *Bioclimatic conditions in the greater Athens area: trends, Variability and persistence*. Proceedings 10th Panhellenic (international) conference of meteorology, climatology and atmospheric physics. Patras, Greece: 478-485.
- Nastos P. and Matzarakis A. (2008a). *Human-Biometeorological Effects on Sleep Disturbances in Athens, Greece: A Preliminary Evaluation*. Indoor and Built Environment 17(6): 535-542.
- Nikolopoulou, M., Lykoundis, S. (2006). *Thermal comfort in outdoor urban spaces: analysis across different European countries*. Building and Environment 41: 1455-1470.
- Papadopoulou N., Tountas Y., Sypsa V., Katsouyanni K., Analitis A., Kassomenos P. (2009). *Effect of south winds on daily mortality in Athens*. Climate Research 38(3): 193-198.
- Potchter O., Cohen P., Bitan A. (2006). *Climatic behavior of various urban parks during hot and humid summer in the mediterranean city of Tel Aviv, Israel*. International Journal of Climatology 26(12): 1695-1711.
- Rizzo G., Beccali M., Nucara A., Cutler J. C. (2004). *Thermal Comfort. Encyclopedia of Energy*. New York. Elsevier: 55-64.

Santamouris M., Pavlou C., Doukas P., Mihalakakou G., Synnefa A., Hatzibiros A., Patargias P., (2007). *Investigating and analyzing the energy and environmental performance of an experimental green roof system installed in a nursery school building in Athens, Greece*. Energy 32: p. 1781-1788

Shashua-Bar, L., Tsiros, I. and Hoffman, M.E. (2012). *Passive cooling design options to ameliorate thermal comfort in urban streets of a Mediterranean climate (Athens) under hot summer conditions*. Building and Environment, 57: 110-119.

Shashua-Bar, L., Tsiros, I. and Hoffman, M.E., (2010). *A modeling study for evaluating passive cooling scenarios in urban streets with trees. Case study: Athens, Greece*. Building and Environment 45(11): 2798-2807.

Shashua-Bar, L., Hoffman, M., Chronopoulos, K., Sebba, R., Tzamir, Y., Tsiros, I. (2008). *Sensitivity Tests of an Urban Canopy Layer Microclimate Model for the Evaluation of the Tree Thermal Effects in Street Canyons*. Πρακτικά 9ου Διεθνούς Συνεδρίου Μετεωρολογίας-Κλιματολογίας-Φυσικής της Ατμόσφαιρας, Θεσσαλονίκη 2008. :961-968.

Tseliou, A., Tsiros, I., Lykoudis, S., Nikolopoulou, M. (2010). *An evaluation of three biometeorological indices for human thermal comfort in urban outdoor areas under real climatic conditions*. Building and Environment 45, 1346-1352.

Tseliou, A., Tsiros, I., Nikolopoulou, M., Lykoudis, S., 2013. *Thermal comfort conditions and evaluation of the biometeorological index PET in European cities*. Advances in Meteorology, Climatology and Atmospheric Physics Springer Atmospheric Sciences 2013: 779-786

Tseliou, A., Tsiros, I., Lykoudis, S., Nikolopoulou, M. 2010. *Application and evaluation of typical biometeorological indices for the estimation of thermal comfort during the warm period of the year*. Proceedings 10th Panhellenic (international) conference of meteorology, climatology and atmospheric physics. Patras, Greece: 345-352

Tsiros, I. (2010). *Assessment and energy implications of street air temperature cooling by shade trees in Athens (Greece) under extremely hot weather conditions*. Renewable Energy 35: 1866-1869.

Tsiros, I.X, and Hoffman, M.E. 2013. "Thermal and comfort conditions in a rear wooded garden and its adjacent semi-open spaces in a Mediterranean climate (Athens) during summer". Architectural Science Review (in print).

Tsiros, I., Efthimiadou A., Hoffman, M.E., Tseliou, A. (2012). *Summer thermal environment and human comfort in public outdoor urban spaces in a Mediterranean climate (Athens)*. PLEA2012, 28th Conference,

Opportunities, Limits & Needs Towards an environmentally responsible architecture. Lima, Perú , November 2012. (In print).

Tsiros, I., Dimopoulos, I., Chronopoulos, K., Chronopoulos, G. (2009). *Estimating airborne pollutant concentrations in vegetated urban sites using statistical models with microclimate and urban geometry parameters as predictor variables: a case study in the city of Athens*. Journal of Environmental Science and Health 44(A):1496-1502

Tsoumarakis, C., Assimakopoulos, V.D., Tsiros, I., Hoffman, M., Chronopoulou, A., (2008). *Thermal Performance of a Vegetated Wall During Hot and Cold Weather Conditions*. Proceedings of the 25th Conference on the Passive and Low Energy Architecture (PLEA), Dublin, Ireland. P. Kenny, V. Brophy, J.O. Lewis (Eds). Paper No 635, 5 pp. University College Dublin.

Ιστοτόποι:

http://www.hnms.gr/hnms/greek/index_html (web1) Εύρεση στις 15/12/2012

<http://www.petroupoli.gov.gr/> (web 2) Εύρεση στις 15/12/2012

<http://el.wikipedia.org/wiki/Αιγάλεω> (web 3) Εύρεση στις 15/12/2012

<http://www.scribd.com/doc/38209143/27/Standard-effective-temperature-SET>(web 4)
Εύρεση στις 19/1/2013

http://www.cres.gr/kape/education/design_guidelines_el.pdf (web 5) Εύρεση στις 8/2/2013

<http://ergo.human.cornell.edu/studentdownloads/dea3500pdfs/thermcomfort.pdf> (web 6) Εύρεση στις 19/1/2013

http://reader.ekt.gr/bookReader/show/index.php?lib=EDULLL&item=1497&bitstream=1497_01#page/1/mode/2up (web 7) - Παπαδόπουλος, Α. (2006). Θερμική άνεση στα κτίρια. Νέα Πρότυπα και βελτίωση θερμικής άνεσης στα κτίρια. Εύρεση στις 19/1/2013

http://www.wmo.int/pages/index_en.html (web 8) Εύρεση στις 15/12/2012

<http://www.ejournal.unam.mx/atm/Vol23-4/ATM002300406.pdf> (web 9) - Toy, S. and Yilmaz, S. (2010). *Evaluation of urban-rural bioclimatic comfort differences over a ten-year period in the sample of Erzincan city reconstructed after a heavy earthquake*. *Atmósfera* 23(4), 387-402 Εύρεση στις 19/1/2013

<http://www.globalbioclimatics.org/book/claves.htm> (web 10) Εύρεση στις 15/12/2012

http://home.asda.gr/PdfFiles/Publications/PoikiloAigaleo/poikilo_oros.pdf (web 11) Εύρεση στις 7/2/2013

<http://www.aigaleo.gr/Default.aspx?tabid=231&language=el-GR> (web 12) Εύρεση στις 15/12/2012

http://el.wikipedia.org/wiki/Ελληνική_Εταιρεία_Ποριτιδοποιείου_και_Καλυκοποιείου (web 13) Εύρεση στις 15/12/2012

http://www.researchgate.net/publication/228521038_Thermal_Comfort_in_Outdoor_Environment Tsuyoshi HONJO. *Thermal Comfort in Outdoor Environment*. (web 14) Εύρεση στις 19/1/2013