

**ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ  
ΓΕΝΙΚΟ ΤΜΗΜΑ  
ΓΕΩΛΟΓΙΚΟ ΚΑΙ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΣΤΟ  
ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ ΕΡΓΩΝ ΥΠΟΔΟΜΗΣ**

**«ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΧΩΡΩΝ  
ΠΡΑΣΙΝΟΥ ΕΝΤΟΣ ΤΟΥ ΑΣΤΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ»**



**ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ  
ΔΗΜΗΤΡΗ Γ. ΡΕΠΠΑ**

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: Ι. Ξ. ΤΣΙΡΟΣ**

**ΑΘΗΝΑ 2011**

ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ  
ΓΕΝΙΚΟ ΤΜΗΜΑ  
ΓΕΩΛΟΓΙΚΟ ΚΑΙ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΣΤΟ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ  
ΕΡΓΩΝ ΥΠΟΔΟΜΗΣ

«ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΧΩΡΩΝ  
ΠΡΑΣΙΝΟΥ ΕΝΤΟΣ ΤΟΥ ΑΣΤΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ»

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ  
ΔΗΜΗΤΡΗ Γ. ΡΕΠΠΑ

ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ  
ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ: κ. Ι. ΤΣΙΡΟΣ, ΑΝ.ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΓΙΑ  
ΜΕΛΗ: κ.α. Α. ΧΡΟΝΟΠΟΥΛΟΥ, ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ ΓΙΑ  
κ. Β. ΨΥΛΟΓΛΟΥ, ΕΡΕΥΝΗΤΗΣ ΕΘΝΙΚΟΥ  
ΑΣΤΕΡΟΣΚΟΠΕΙΟΥ ΑΘΗΝΩΝ

ΑΘΗΝΑ 2011

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ .....	1
ΠΕΡΙΛΗΨΗ .....	3
ABSTRACT.....	4
ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΡΟΣ.....	5
1.Θερμοκρασία .....	6
1.1 Θερμοκρασία αέρος .....	6
1.2 Θερμοκρασία επιφάνειας εδάφους.....	7
1.3 Θερμοκρασία αστικού περιβάλλοντος.....	9
1.4 Θερμοκρασία ακτινοβολίας .....	10
2.Υγρασία .....	12
3. Άνεμος .....	14
3.1 Ανεμομετρικές συνθήκες στη πόλη .....	15
4. Αστικό πράσινο και σχεδιασμός τοπίου .....	17
4.1 Συνθήκες βιοκλίματος αστικού πρασίνου.....	17
4.2 Ο ρόλος των αστικών πάρκων στην πόλη.....	18
4.3 Μορφολογία πόλεων και θερμική συμπεριφορά .....	20
5. Βιομετεωρολογικοί - βιοκλιματικοί δείκτες .....	22
ΕΙΔΙΚΟ ΜΕΡΟΣ.....	28
1.Περιοχή μελέτης .....	29
2.Μεθοδολογία.....	34
2.1 Απαραίτητες εργασίες για την διεξαγωγή των μετρήσεων.....	34
2.2 Κριτήρια επιλογής θέσεων εγκατάστασης οργάνων μέτρησης μετεωρολογικών παραμέτρων.....	34
2.3 Επιλογή μετεωρολογικών οργάνων .....	35
3. Βαθμονόμηση μετεωρολογικών οργάνων .....	37
3.1 Βαθμονόμηση Αισθητήρων Θερμοκρασίας.....	37
3.2 Βαθμονόμηση Υγρομέτρου.....	38
3.3 Βαθμονόμηση Οργάνων Ηλιακής Ακτινοβολίας.....	40
4. Μοντέλο Rayman & SVF για τις θέσεις εγκατάστασης των οργάνων .....	42
5.Αποτελέσματα- Συζήτηση .....	48
5.1 Ανάλυση αποτελεσμάτων .....	48
5.1.1 Σημείο 1 – Λίμνη.....	48
5.1.2 Σημείο 2 – Παιδική χαρά.....	54
5.2 Σύγκριση της Tmrt- Rayman και Tmrt -Tglobe.....	60
6. Σενάρια βιοκλιματικού σχεδιασμού .....	64

6.1 Περιοχή λίμνης – Σημείο 1 .....	64
6.2 Παιδική χαρά – Σημείο 2 .....	66
7. Σύγκριση δείκτη PET και πραγματικής θερμικής αίσθησης .....	68
8. Συμπεράσματα .....	71
Βιβλιογραφία .....	74

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η μεγάλη αύξηση των οικοδομικών όγκων στην περιοχή της Αττικής, καθώς και η εξίσου σημαντική έλλειψη φυτοκαλυμμένων εκτάσεων στις αστικές περιοχές, έχουν επιφέρει την μαζική υποβάθμιση των συνθηκών περιβάλλοντος και διαβίωσης σε αυτές. Οι περιβαλλοντικές συνθήκες που δημιουργούν οι χώροι πρασίνου στο αστικό περιβάλλον διαδραματίζουν ένα πολύ σημαντικό ρόλο για την ποιότητα ζωής, ιδιαίτερα για τους ανθρώπους των μεγάλων αστικών κέντρων. Για τους λόγους αυτούς, κρίνεται αναγκαίο, ο σχεδιασμός του αστικού πρασίνου να πραγματοποιείται με βιοκλιματικά κριτήρια, με σκοπό την θερμική άνεση των πολιτών που χρησιμοποιούν τους χώρους πρασίνου.

Η εργασία αυτή αποτελείται από δύο κύρια μέρη. Το πρώτο μέρος (γενικό μέρος), περιλαμβάνει εκτεταμένη βιβλιογραφική έρευνα, με βάση ξένες και ελληνικές πηγές. Στο δεύτερο μέρος (ειδικό μέρος) πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις μικροκλιματικών παραμέτρων, όπως θερμοκρασία, υγρασία, άνεμος, ακτινοβολία, και θερμοκρασία εδάφους-υλικού, σε δύο διαφορετικές περιοχές του άλσους της Νέας Φιλαδέλφειας. Στόχο της παρούσας εργασίας αποτελεί η μελέτη των μικροκλιματικών συνθηκών, καθώς και της θερμικής αίσθησης του ατόμου. Για τον σκοπό αυτό, χρησιμοποιήθηκε ολοκληρωμένος μικρομετεωρολογικός σταθμός, ο οποίος κατέγραφε σε συνεχή βάση τις προαναφερθείσες μετεωρολογικές παραμέτρους. Οι βαθμονομήσεις όλων των μικρομετεωρολογικών οργάνων έλαβαν χώρα στο Αστεροσκοπείο Αθηνών.

Η ανάθεση και επίβλεψη της παρούσας εργασίας πραγματοποιήθηκε από τον κ. Ιωάννη Τσίρο, καθηγητή του Τομέα Γεωλογικών Επιστημών και Ατμοσφαιρικού Περιβάλλοντος του Γενικού Τμήματος του Γεωπονικού Πανεπιστημίου, τον οποίο ευχαριστώ θερμά για την πολύτιμη βοήθεια και την συνεχή καθοδήγηση για την ολοκλήρωση της παρούσας εργασίας. Τον ευχαριστώ επίσης για την ανάθεση της συγκεκριμένης εργασίας. Η ανάθεση της εργασίας αυτής έγινε με το σκεπτικό ότι το φαινόμενο της αυξημένης θερμοκρασίας αέρα στην πόλη της Αθήνας έχει καταγραφεί πλέον σε πολλές μελέτες ενώ, αντίθετα, πολύ λίγες είναι οι μελέτες με ‘ βιοκλιματικό’ προσανατολισμό και αυτές κυρίως ασχολούνται μόνον με τις μικροκλιματικές συνθήκες, π.χ. βλάστηση σε δρόμους και πάρκα (Zoulia et al. 2009, Tsiros, 2010; Shashua-Bar et al. 2010) ή με τη βελτίωση των συνθηκών αερισμού στην πόλη (Assimakopoulos et al. 2006). Δημοσιευμένες και εμπεριστατωμένες-συστηματικές μελέτες σχετικά με τη θερμική αίσθηση και άνεση σε χώρους αστικούς υπαίθριους χώρους στην Αθήνα δεν υφίστανται (με εξαίρεση την εργασία των Nikolopoulou and Lykoudis, 2007 όπου δίνεται έμφαση στο θέμα της επίδρασης μικροκλιματικών συνθηκών στην επισκεψιμότητα αστικών χώρων) ενώ κάποιες βασίζονται αποκλειστικά στη χρήση δεδομένων μετεωρολογικών σταθμών αναφοράς (π.χ., Pantavou et al. 2010, Moustiris et al 2010).

Επιπλέον, θα ήθελα να απευθύνω τις θερμές μου ευχαριστίες στον Δρ. Β. Ψυλόγλου, Κύριο Ερευνητή του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών, για την παραχώρηση τμήματος του εξοπλισμού και τη βοήθειά του στη σύνθεση του συστήματος των μικρομετεωρολογικών μετρήσεων, καθώς και στον Δρ. Σ. Λυκούδη, Ειδικό Τεχνικό Επιστήμονα του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών, για τη δυνατότητα χρήσης του σχετικού εξοπλισμού και τη βοήθειά του κατά τη βαθμονόμηση των μικρομετεωρολογικών οργάνων. Θα πρέπει παράλληλα να ευχαριστήσω την Καθηγήτρια κ. Αικ. Χρονοπούλου-Σερέλη, Διευθύντρια του Εργαστηρίου Γενικής και Γεωργικής Μετεωρολογίας για την συμμετοχή της στην εξεταστική επιτροπή.

Τέλος, θέλω να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στην υποψήφια διδάκτορα κα. Αρετή Τσέλιου για τη πολύτιμη βοήθεια της στη σύνταξη του ερωτηματολογίου καθώς και στη μεταπτυχιακή φοιτήτρια κα. Ευαγγελία Τσαρτσάλη για την πολύτιμη βοήθεια και υποστήριξη που μου παρείχε καθ' όλη τη διάρκεια της παρούσας μελέτης.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στόχος της εργασίας αυτής είναι η μελέτη των μικροκλιματικών συνθηκών σε διαφορετικές περιοχές του άλσους της Νέας Φιλαδέλφειας, ως και η διερεύνηση της θερμικής αίσθησης του χρήστη του πάρκου, με απώτερο στόχο την πρόταση μιας εναλλακτικής διαμόρφωσης του τοπίου, βασισμένη σε βιοκλιματικά κριτήρια.

Για τον σκοπό αυτό, χρησιμοποιήθηκε ολοκληρωμένος μικρομετεωρολογικός σταθμός, ο οποίος κατέγραφε σε συνεχή βάση τις εξής μετεωρολογικές παραμέτρους: θερμοκρασία, υγρασία, μικρού και μεγάλου μήκους κύματος ακτινοβολία, άνεμο καθώς και θερμοκρασία εδάφους και υλικού, στις δύο ορισθείσες περιοχές του άλσους, ενώ ταυτόχρονα διαμορφώθηκαν ερωτηματολόγια, τα οποία κατέγραψαν την θερμική αίσθηση του ατόμου στις διαφορετικές μικροκλιματικές συνθήκες. Η επεξεργασία των αποτελεσμάτων πραγματοποιήθηκε με το βιομετεωρολογικό λογισμικό Rayman 1.2. Υπολογίστηκε ο συντελεστής θέασης του ουράνιου θόλου για κάθε μια περιοχή, ενώ έγινε παράθεση-σύγκριση αποτελεσμάτων του βιομετεωρολογικού μοντέλου και των ερωτηματολογίων με στόχο την επιβεβαίωση της σωστής λειτουργίας του μοντέλου στην προσομοίωση της θερμικής αίσθησης, ανάλογα με τις θερμικές συνθήκες που επικρατούν.

Μετά την ανάλυση και επεξεργασία των δεδομένων διαπιστώθηκαν μικροκλιματικές διαφοροποιήσεις στις διαφορετικές περιοχές του πάρκου. Οι μεγαλύτερες θερμοκρασίες παρατηρήθηκαν στο χώρο της λίμνης του άλσους, ενώ οι μικρότερες στην περιοχή της παιδικής χαράς. Αυτό αποδίδεται στην έλλειψη σκίασης στην περιοχή γύρω από τη λίμνη, ενώ αξίζει να σημειωθεί η γειτνίαση με την τοπική καφετέρια, η οποία επηρεάζει θερμικά, εξαιτίας του όγκου και των δομικών αυτής υλικών. Αντίθετα, η περιοχή της παιδικής χαράς παρουσιάζει αυξημένη πυκνότητα βλάστησης και συνεπώς μεγαλύτερη σκίαση. Σε αυτή την περιοχή, δεν υπάρχει άμεση πρόσπτωση της ηλιακής ακτινοβολίας στο έδαφος και έτσι οι θερμοκρασίες διατηρούνται σε χαμηλά-φυσιολογικά για την εποχή επίπεδα.

Και στις δύο περιοχές κρίθηκε σκόπιμη η μελέτη εναλλακτικής διαμόρφωσης βασισμένη στην καλύτερη θερμική αίσθηση του ατόμου καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας. Τα σενάρια διαμόρφωσης του άλσους της Νέας Φιλαδέλφειας προκύπτουν από βιοκλιματικά κριτήρια και συμβάλλουν στη βελτίωση της θερμικής άνεσης στο χώρο, ενώ η απόδοσή τους πραγματοποιήθηκε μέσω του λογισμικού Rayman 1.2 .

## **ABSTRACT**

The aim of the present postgraduate study is to examine the microclimatic conditions in different areas of Nea Philadelphieia park as well as the exploration of the park user's thermal sense with the aim of a proposal for an alternative configuration of the space based on bioclimatic criteria.

For this reason a fully equipped microclimatic station was used, which recorded the following meteorological parameters on a continual basis: temperature, humidity, radiation of short and long wavelength, wind as well as temperature of soil and material in the two specified areas of the park, while, at the same time, questionnaires were used, which recorded the thermal sense of the individuals in different microclimatic conditions. The elaboration of the results was realised with the biometeorological software (model) Rayman 1.2. The sky view factor was calculated for each area, while there was a juxtaposition-comparison of the biometeorological model and the questionnaires with the aim of confirming the correct function of the model in the simulation of the thermal sense in relation to the prevailing thermal conditions.

After the analysis and elaboration of the data some microclimatic variations in different areas of the park were noticed. The highest temperatures were observed in the area of the pond of the park, while the lowest ones in the area of the children's playground. This is attributed to the lack of shading around the pond, while it is worth considering the contiguity with the local café, which influences the area thermally because of its size and building materials. On the contrary, the area of the playground presents an increased thickness of vegetation and consequently more extended shading. In this area there is not direct incidence of solar radiation on the ground so the temperatures are kept in low –normal levels.

In both areas the study of the alternative configuration based on a better sense of the individual during the whole day was considered meaningful. The scenarios of the Nea Philadelphieia park configuration which result from bioclimatic criteria and contribute to the improvement of the thermal comfort in space were realised via the Rayman model.



# ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

# 1.Θερμοκρασία

## 1.1 Θερμοκρασία αέρος

Η θερμοκρασία του αέρα αποτελεί ένα από τα σπουδαιότερα μετεωρολογικά και κλιματολογικά στοιχεία και η μεταβολή της έχει μεγάλη σημασία για τη μελέτη του καιρού και του κλίματος (Φλόκας, 1994).Ο ατμοσφαιρικός αέρας απορροφά πολύ μικρά ποσά θερμότητας από την ηλιακή ακτινοβολία, που διέρχεται από αυτόν, επομένως τα επιφανειακά στρώματα του αέρα θερμαίνονται ισχυρότερα από τα ανώτερα. Παρατηρείται λοιπόν ανάμιξη θερμών και ψυχρών αερίων μαζών. Ανάλογες μεταβολές θερμότητας δημιουργούνται και από την ανομοιόμορφη και άνιση θέρμανση της γήινης επιφάνειας, που έχουν ως αποτέλεσμα, να προκαλούνται οριζόντιες και κατακόρυφες κινήσεις του αέρα (Φλόκας, 1994).

Ο ατμοσφαιρικός αέρας θερμαίνεται αφ' ενός μεν από τις ηλιακές ακτίνες που τον διαπερνούν και αφ' ετέρου από την επιφάνεια του εδάφους. Η επιφάνεια του εδάφους θερμαίνεται επίσης από την ηλιακή ακτινοβολία, πολύ όμως ισχυρότερα του αέρος. Γι αυτό το λόγο τα κατώτερα στρώματα της ατμοσφαιράς είναι θερμότερα των υπερκειμένων.

Η θερμοκρασία του αέρα κοντά στο έδαφος μεταβάλλεται με το ύψος και κατά κανόνα ελαττώνεται από 0,3°C έως 1°C κάθε 100 m. Η ελάττωση της θερμοκρασίας συναρτηθεί του ύψους ονομάζεται θερμοβαθμίδα ( $\Gamma$ ) και δίνει το ρυθμό μεταβολής της θερμοκρασίας με το ύψος (Χρυσοχοϊδης, 1980).

Αν δεδομένη μάζα αέρα ανέρχεται μέσα στην ατμόσφαιρα, η πίεση του περιβάλλοντος μειώνεται, άρα ο όγκος της αυξάνει. Αντίστροφα αν η μάζα αέρα κατέρχεται, η πίεση του περιβάλλοντος αυξάνεται, άρα ο όγκος της μειώνεται. Υποθέτοντας αδιαβατική μεταβολή του όγκου, στην πρώτη περίπτωση παρατηρείται ελάττωση της θερμοκρασίας της μάζας ενώ στη δεύτερη αύξηση. Η αντίστοιχη θερμοβαθμίδα καλείται αδιαβατική θερμοβαθμίδα ( $\Gamma_{\alpha\delta}$ ) (Χρυσοχοϊδης, 1980).

Αν  $\Gamma < \Gamma_{\alpha\delta}$ , η ανερχόμενη ποσότητα αέρα θα γίνεται συνεχώς ψυχρότερη από τον περιβάλλοντα ατμοσφαιρικό αέρα, επειδή η ελάττωση της θερμοκρασίας με το ύψος θα είναι μεγαλύτερη από την αντίστοιχη ελάττωση για το περιβάλλον. Λόγω αυτής της διαφοράς θερμοκρασίας η πυκνότητα της ανερχόμενης μάζας θα καθίσταται διαρκώς μεγαλύτερη από την πυκνότητα του περιβάλλοντος, οπότε με την επίδραση της βαρύτητας θα σταματήσει η άνοδος και θα ακολουθηθεί καθοδική πορεία. Στην περίπτωση αυτή η ατμόσφαιρα χαρακτηρίζεται σταθερή. Αν  $\Gamma > \Gamma_{\alpha\delta}$ , η ελάττωση της θερμοκρασίας της ανερχόμενης μάζας θα είναι μικρότερη από την αντίστοιχη του περιβάλλοντος με αποτέλεσμα και η πυκνότητα της ανερχόμενης μάζας να είναι μικρότερη του περιβάλλοντος ατμοσφαιρικού αέρα. Έτσι,

λόγω της άνωσης, η μάζα θα κινείται με αυξανόμενη ταχύτητα προς τα πάνω. Στην περίπτωση αυτή η ατμόσφαιρα χαρακτηρίζεται ως ασταθής (Χρυσοχοϊδης, 1980).

## 1.2 Θερμοκρασία επιφάνειας εδάφους

Η μελέτη της θερμοκρασίας επιφάνειας του εδάφους γίνεται βάση ειδικών προκατασκευασμένων επιφανειών που είναι οριζόντιες και το υλικό τους έχει, κατά το δυνατό, ομοιογενοποιηθεί. Σε μια τέτοια επιφάνεια εδάφους είναι δυνατό να καλλιεργηθεί και «χλόη», που πρέπει να ελέγχεται τόσο στην πυκνότητα όσο και στο ύψος της (ανώτατο επιτρεπτό ύψος 10 cm). Η επιφάνεια αυτή χαρακτηρίζεται σαν επιφάνεια χλοερού εδάφους, σ' αντιδιαστολή με την ακάλυπτη επιφάνεια που αναφέρεται σαν επιφάνεια γυμνού εδάφους (Χρονοπούλου κ.α 2001).

Το στρώμα του ατμοσφαιρικού αέρα, που βρίσκεται σ' επαφή τόσο με το γυμνό όσο και με το χλοερό έδαφος, αποτελεί τον κατ' εξοχή χώρο των έντονων ανταλλαγών θερμότητας ανάμεσα στην επιφάνεια και στην ατμόσφαιρα. Γι' αυτό, η μελέτη της θερμικής συμπεριφοράς του στρώματος αυτού αποκτά ιδιαίτερη σημασία για τη Μετεωρολογία.

Το γυμνό έδαφος είναι θερμότερο από το αντίστοιχο χλοερό, κατά τη διάρκεια του έτους. Αυτό αποδίδεται στο γεγονός ότι το σύνολο της ηλιακής ακτινοβολίας που φτάνει στο έδαφος απορροφάται από το γυμνό έδαφος, με αποτέλεσμα τη σημαντική αύξηση της θερμοκρασίας του. Αντίθετα, η φυτική μάζα του χλοερού εδάφους αφαιρεί ένα ποσοστό από την ηλιακή ακτινοβολία που φθάνει στην επιφάνεια, με τελικό αποτέλεσμα τη διαμόρφωση των θερμοκρασιακών τιμών σε χαμηλότερα επίπεδα. Το φαινόμενο αυτό παρατηρείται, κυρίως, στις μέσες μηνιαίες και στις απόλυτα μέγιστες τιμές. Για τους ίδιους λόγους, ο μέγιστος θερμομετρικός δρόμος στο γυμνό έδαφος διαμορφώνεται σε πολύ υψηλότερα επίπεδα (Χρονοπούλου-Σερέλη, 1996).

Στην ελληνική επικράτεια, λόγω του ανάγλυφου, σημειώνονται σημαντικές μεταβολές στη θερμοκρασία της επιφάνειας, τόσο του γυμνού όσο και του φυτοκαλυμμένου με χλόη εδάφους. Η γνώση αυτών των τιμών θερμοκρασίας παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον, γιατί οι πολύ χαμηλές τιμές της, κατά τη διάρκεια της ψυχρής περιόδου, έχουν σαν αποτέλεσμα την καταστροφή της ποώδους βλάστησης εξαιτίας της πήξεως του νερού των κυττάρων των φυτών. Από την άλλη μεριά, οι πολύ υψηλές θερμοκρασιακές τιμές της επιφάνειας του εδάφους, κατά τη διάρκεια της θερινής περιόδου, έχουν σαν αποτέλεσμα την καταστροφή (αποξήρανση) της βλάστησης (Φλόκας, 1986).

Η θερμοκρασιακή συμπεριφορά σε ύψος 10 cm μόλις πάνω από την επιφάνεια του εδάφους (γυμνό, καλυμμένο με χλόη), παρουσιάζεται εντελώς διαφορετική. Κατά τη διάρκεια του έτους, οι μέσες θερμοκρασιακές τιμές στο ύψος αυτό είναι μικρότερες από τις αντίστοιχες της

επιφάνειας (0 cm), καθώς επίσης και μικρότερες από τις αντίστοιχες τιμές της θερμοκρασίας του αέρα στο ύψος του μετεωρολογικού κλωβού (ύψους περίπου 1,5 m) στη διάρκεια της περιόδου Οκτωβρίου - Απριλίου (Φλόκας,1986).Ανάλογες θερμοκρασιακές διαφορές παρατηρούνται, και στην περίπτωση του καλυμμένου με χλόη εδάφους. Οι τιμές της θερμοκρασίας στο ύψος των 10 cm είναι χαμηλότερες των αντίστοιχων της καλυμμένης με χλόη επιφάνειας. Επίσης αυτές παραμένουν μικρότερες από τις αντίστοιχες του μετεωρολογικού κλωβού, κατά τη διάρκεια της περιόδου Σεπτεμβρίου - Απριλίου. Στο ύψος των 10 cm στο καλυμμένο με χλόη έδαφος είναι δυνατόν να σημειωθεί παγετός κατά δύο μήνες νωρίτερα (Σεπτέμβριος - Οκτώβριος) σε σχέση με την περίπτωση του γυμνού εδάφους (Φλόκας,1986).

Από τη σύγκριση των μέσων ετήσιων τιμών της θερμοκρασίας προκύπτει ότι ο κύριος δέκτης της ακτινοβολίας είναι η επιφάνεια του γυμνού εδάφους και στη συνέχεια ακολουθούν η καλυμμένη με χλόη επιφάνεια, το ύψος των 1,5 m (μετεωρολογικός κλωβός) και το ύψος των 10 cm πρώτα πάνω από το γυμνό και μετά πάνω από το καλυμμένο με χλόη έδαφος. Το καλυμμένο με χλόη έδαφος παρουσιάζει μεγαλύτερη ικανότητα εκπομπής της γήινης νυκτερινής ακτινοβολίας, γι' αυτό και σημειώνεται η χαμηλότερη μέση ετήσια τιμή θερμοκρασίας αέρα κοντά σ' αυτό (Φλόκας, 1986).

### **1.3 Θερμοκρασία αστικού περιβάλλοντος**

Ο ατμοσφαιρικός αέρας στον αστικό χώρο είναι συνήθως θερμότερος από τον αντίστοιχο της γύρω μη δομημένης περιοχής. Το φαινόμενο αυτό έχει μελετηθεί ευρέως και ονομάζεται θερμική νησίδα. Το σχήμα και το μέγεθος της θερμικής νησίδας, η οποία δημιουργείται, ποικίλει και εξαρτάται από τις μετεωρολογικές παραμέτρους, το ανάγλυφο, τα δομικά χαρακτηριστικά, τον κυκλοφοριακό φόρτο και από άλλους παράγοντες οι οποίοι συνυπάρχουν στην πόλη. Έτσι πάνω από μια αστική, προαστιακή ή ελεύθερης δόμησης περιοχή παρατηρείται διαφοροποίηση της θερμοκρασίας (Oke, 1978).

Οι επεμβάσεις στο φυσικό τοπίο με σπίτια, δρόμους, πλατείες, μεγάλα δημόσια κτίρια και βιομηχανικές εγκαταστάσεις έχουν προκαλέσει μεταβολές στις κλιματικές συνθήκες των μεγαλουπόλεων. Στις πυκνοδομημένες περιοχές των πόλεων έχει διαπιστωθεί πρωιμότερη έναρξη και λήξη της βλάστησης συγκριτικά με τις προαστιακές και περιαστικές περιοχές (Geiger, 1975).

Συγκρινόμενα με την αστική περιοχή, τα εδάφη στις μη αστικές περιοχές είναι περισσότερο υγρά και έχουν βλάστηση η οποία μπορεί να μεταφέρει σημαντικά ποσά υγρασίας στην ατμόσφαιρα με το φαινόμενο της εξατμισοδιαπνοής. Αντίθετα οι επιφάνειες μιας σύγχρονης πόλης αποτελούνται σε μεγάλο ποσοστό από δομικά υλικά (τσιμέντο, άσφαλτο και κτίρια) μη

διαπερατά από το νερό, ενώ ένα πολύ μικρό ποσοστό καλύπτεται από αδιατάρακτα εδάφη και βλάστηση (Μουσιόπουλος, 1991).

Η παρατηρούμενη διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ αστικής και μη δομημένης περιοχής παρουσιάζει ημερήσια διακύμανση. Η μέγιστη τιμή της διαφοράς αυτής σημειώνεται λίγες ώρες μετά τη δύση του ηλίου, γεγονός το οποίο αποδίδεται στο βραδύτερο και πιο ομοιόμορφο ρυθμό ψύξης του αστικού χώρου συγκριτικά με την ελεύθερη δόμησης περιοχή. Στη συνέχεια κατά τη διάρκεια της νύχτας η αστική και η μη δομημένη περιοχή ψύχονται με τον ίδιο ρυθμό και συνεπώς η μεταξύ τους διαφορά παραμένει σταθερή ή μειώνεται ελαφρά. Μετά την ανατολή του ηλίου η ελεύθερη δόμησης περιοχή θερμαίνεται ταχύτερα, συγκριτικά με τη δομημένη, με αποτέλεσμα η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ αστικής και μη δομημένης να αμβλύνεται (Hage, 1975).

Οι μετεωρολογικές συνθήκες συμβάλλουν αποφασιστικά στη διαμόρφωση της θερμοκρασιακής διαφοράς μεταξύ της αστικής περιοχής και της περιοχής ελεύθερης δόμησης. Η διαφορά αυτή μεταβάλλεται αντιστρόφως ανάλογα με την ταχύτητα του ανέμου και την νεφοκάλυψη και παρουσιάζει τη μέγιστη τιμή της όταν ο ουρανός είναι ανέφελος και επικρατεί σχετική νηνεμία (Oke, 1973). Οι συνθήκες αυτές ενισχύουν τη διαφοροποίηση του ρυθμού με τον οποίο λαμβάνει χώρα η απώλεια θερμότητας στην δομημένη και στην μη δομημένη περιοχή. Η διαφοροποίηση των θερμοκρασιακών συνθηκών σε μια πόλη συγκριτικά με την ελεύθερη δόμησης περιοχή και συνεπώς η ένταση της θερμικής νησίδας, σχετίζεται με το μέγεθος της πόλης (Oke, 1973).

#### **1.4 Θερμοκρασία ακτινοβολίας**

Η θερμική ακτινοβολία έχει την ίδια φύση με την φωτεινή ακτινοβολία, διαφέρουν όμως ως προς το μήκος κύματος. Το μήκος κύματος της θερμικής ακτινοβολίας ανήκει στα μήκη κύματος της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας που περιλαμβάνει τις ακτίνες X (μικρό μήκος κύματος), το φως και τα ραδιοκύματα (μεγάλο μήκος κύματος). Λόγω της κοινής φύσης της θερμικής και φωτεινής ακτινοβολίας, μπορούμε να τις συσχετίσουμε ώστε να γίνει κατανοητή η έννοια της θερμικής ακτινοβολίας (η συσχέτιση είναι δόκιμη αλλά όχι απόλυτα ακριβής). Ισχύουν για τη θερμική ακτινοβολία οι νόμοι της ευθύγραμμης διάδοσης, της ανάκλασης και της διάθλασης, έτσι καθώς ένα άτομο κινείται σε κάποιο δωμάτιο, το φως, όπως και η θερμική ακτινοβολία αλλάζουν. Σε κάθε σημείο του χώρου υπάρχει ένα μοναδικό περιβάλλον ακτινοβολίας. Για την περιγραφή και την ποσοτικοποίηση της θερμικής ακτινοβολίας του περιβάλλοντος, χρησιμοποιείται κυρίως η παράμετρος Μέση Θερμοκρασία Ακτινοβολίας (Mean Radiant Temperature) στις μελέτες Βιοκλιματολογίας-Βιομετεωρολογίας (Parsons, 1993).

Μια σημαντική παράμετρος για τον υπολογισμό του θερμικού ισοζυγίου είναι η μέση θερμοκρασία της ακτινοβολίας όταν αναφερόμαστε σε άκρως δυσμενείς θερμικές συνθήκες (Μαντζαράκης, 1995). Η επίδραση των ροών ακτινοβολίας στο θερμικό ισοζύγιο του ανθρώπινου οργανισμού μπορεί να περιγραφεί με τη μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας  $T_{mrt}$ . Αυτή ορίζεται για έναν άνθρωπο με καθορισμένη θέση και ενδυμασία ως η αντίστοιχη μέση θερμοκρασία εκπομπής μέλανος σώματος, στο οποίο θα είχαμε τις ίδιες απώλειες και οφέλη ακτινοβολίας κάτω από όμοιες πραγματικές συνθήκες (Gonzalez et al., 1974).

Για τον υπολογισμό της μέσης θερμοκρασίας ακτινοβολίας πρέπει να γνωρίζουμε τα χαρακτηριστικά και τις διαστάσεις των ακτινοβολουσών επιφανειών που περιβάλλουν το άτομο καθώς και τον προσανατολισμό του ατόμου σε σχέση με τις πηγές ακτινοβολίας. Επίσης στη διαμόρφωση της  $T_{mrt}$  σημαντικό ρόλο παίζει η λευκαύγεια της ενδυμασίας καθώς και το χρώμα του δέρματος του ανθρώπου.

Κατά τον υπολογισμό της  $T_{mrt}$  θεωρείται ότι γύρω από το άτομο που μελετάται ο χώρος διαχωρίζεται σε έναν αριθμό ισοθερμικών επιφανειών με θερμοκρασίες  $T_i$  και συντελεστή εκπομπής στις οποίες προστίθενται και οι παράγοντες του ορατού μέρους του ουρανού (sky view factors)  $e_i$ , ως συντελεστής βάρους (Μαντζαράκης, 1995). Η εξίσωση υπολογισμού της  $T_{mrt}$  ως προϊόν των εργασιών των Fanger (1972), Hoppe (1984) και Jendritzky (1990) είναι η ακόλουθη:

$$T_{mrt} = \sqrt{\left( T_1^4 * F_1 + \dots + T_i^4 * F_i + \frac{A * F_a}{\sigma} + \frac{\alpha_{ir}}{\sigma * \epsilon_p} * (D * F_a + I * F_p + r_s * F_r) \right) - 273.2}$$

Τα  $T_1, \dots, T_i$  είναι θερμοκρασίες των στερεών επιφανειών εκφρασμένες σε απόλυτους βαθμούς Kelvin  $F_1, \dots, F_i$  είναι οι επιφάνειες που εκφράζουν τους παράγοντες του μη ορατού μέρους του ουρανού (sky view factors),  $F_a$  είναι η τιμή που λαμβάνει ο παράγοντας του ορατού μέρους του ουρανού,  $F_r$  είναι οι παράγοντες του μη ορατού μέρους του ουρανού, απ' όπου προέρχεται η ανακλώμενη ακτινοβολία,  $\epsilon_p$  είναι ο συντελεστής εκπομπής της επιφάνειας του ανθρώπου,  $\alpha_{ir}$  ο βαθμός ανάκλασης της ηλιακής ακτινοβολίας από την επιφάνεια του ανθρώπου,  $I$  είναι η άμεση ηλιακή ακτινοβολία σε  $W/m^2$ ,  $r_s$  η ανακλώμενη ηλιακή ακτινοβολία σε  $W/m^2$ ,  $A$  η γήινη ακτινοβολία σε  $W/m^2$ , και  $\sigma$  η σταθερά Stefan-Boltzman. (Matzarakis and Mayer, 1997).

## 2.Υγρασία

Οι διαφορές υγρασίας ανάμεσα σε αστικές και αγροτικές περιοχές δεν είναι πολύ μεγάλες. Όπως αναφέρεται από τον Oke (1987) ο αέρας του αστικού θόλου είναι συνήθως ξηρότερος κατά την ημέρα, αλλά ελαφρώς πιο υγρός τη νύχτα σε συνθήκες μειωμένης ανταλλαγής αερίων μαζών.

Η σχετική υγρασία αέρος είναι μια παράμετρος που επηρεάζεται από πληθώρα ατμοσφαιρικών διαδικασιών και ανθρώπινων δραστηριοτήτων. Γενικά, η αστικοποίηση επιφέρει ξήρανση της ατμόσφαιρας αφού στερεί από το περιβάλλον μεγάλα ποσά φυτομάζας και ακάλυπτου εδάφους. Η τροποποίηση αυτή οδηγεί σε σημαντική μείωση του επιφανειακού νερού το οποίο γρήγορα διοχετεύεται στο αστικό αποχετευτικό - στραγγιστικό σύστημα με αποτέλεσμα την μείωση του υδατικού περιεχομένου της ατμόσφαιρας. Ταυτόχρονα όμως οι ανθρωπογενείς δραστηριότητες και η αυξημένη κατανάλωση νερού σε περιορισμένη έκταση (όπως συμβαίνει σε όλες τις πόλεις) μπορεί να οδηγήσει σε εποχιακή αύξηση της σχετικής υγρασίας. Κατά την διάρκεια της ημέρας οι περιαστικές περιοχές παρουσιάζουν αυξημένη σχετική υγρασία λόγω της αυξημένης εξατμισοδιαπνοής σε σχέση με τις παρακείμενες αστικές. Αντίστροφα κατά την διάρκεια της νύχτας, η μειωμένη ανταλλαγή αερίων μαζών στις αστικές περιοχές μπορεί να οδηγήσει σε συγκριτική αύξηση της σχετικής του υγρασίας.

Η παραπάνω διαπίστωση δεν απαντάται σε κάθε περιοχή και σε κάθε εποχή του έτους γιατί η σχετική υγρασία επηρεάζεται άμεσα και ισχυρά από την ταχύτητα του ανέμου, από την δυνατότητα δημιουργίας παγετού, δρόσου και πάχνης και από την θερμοκρασία αέρος. Σύμφωνα όμως με τελευταίες μελέτες (Omoto et al, 1994) η σχετική υγρασία αντίθετα με την θερμοκρασία μειώνεται στις αστικές περιοχές σε σχέση με τις γειτνιάζουσες περιαστικές.

Όταν επικρατούν ασθενείς άνεμοι, τα ψηλά κτίρια μέσα στην πόλη μπορούν να αναχαιτίσουν τη ροή του αέρα προς τα χαμηλά στρώματα και να μειώσουν την προς τα πάνω κίνηση του υγρού αέρα που βρίσκεται κοντά στην επιφάνεια του εδάφους. Αυξημένες ταχύτητες ανέμου γενικά τείνουν να εξαλείψουν τις διαφορές υγρασίας (Critchfield, 1983).

Η επίδραση του αστικού περιβάλλοντος στο ύψος των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων είναι καθοριστική. Οι στροβιλισμοί που δημιουργούνται λόγω του ύψους των κτιρίων και του πλάτους των δρόμων διαφοροποιούν τις τιμές των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων από θέση σε θέση (Barry and Chorley, 1982). Ο μεγάλος αριθμός πυρήνων συμπύκνωσης, που περιέχουν οι αέριες μάζες της πόλης, λόγω των ατμοσφαιρικών ρύπων, δημιουργεί νέφωση και κατ' επέκταση μεγαλύτερο ύψος ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων και μεγαλύτερο αριθμό ημερών βροχής και ομίχλης (Critchfield, 1983). Τα αυξημένα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα και η συνήθης ομίχλη που παρατηρείται στο

αστικό περιβάλλον, αποτελούν προϋποθέσεις διαφοροποίησης των συνθηκών ατμοσφαιρικής υγρασίας στην πόλη.

Η υγρασία του αέρα, όπως και πολλοί άλλοι μετεωρολογικοί παράγοντες, παρουσιάζει μεταβολές στη διάρκεια του 24ώρου όσο και του έτους.

Απόλυτη Υγρασία: Διακρίνονται δύο τύποι μεταβολής της απόλυτης υγρασίας. Ο πρώτος τύπος παρουσιάζει απλή κύμανση, με μέγιστη και ελάχιστη τιμή να σημειώνονται αντίστοιχα κοντά στο μέγιστο και ελάχιστο της θερμοκρασίας του αέρα. Απαντάται πάνω από ωκεανούς στη διάρκεια όλων των εποχών του έτους και πάνω από ηπείρους κατά τη διάρκεια της ψυχρής περιόδου του έτους (Μαχαίρας και Μπαλαφούτης, 1984).

Ο δεύτερος τύπος της ημερήσιας πορείας της απόλυτης υγρασίας παρουσιάζει διπλή κύμανση, με μέγιστα τα οποία σημειώνονται κατά τις 9:00-10:00 (δευτερεύον μέγιστο) και 20:00-21:00 (πρωτεύον μέγιστο). Το κύριο ελάχιστο (πρωτεύον) σημειώνεται ταυτόχρονα με το ελάχιστο της θερμοκρασίας του αέρα, δηλαδή, λίγο πριν ή λίγο μετά την ανατολή του ήλιου. Το δε δευτερεύον ελάχιστο σημειώνεται κατά τη διάρκεια της ημέρας ανάμεσα στις ώρες 16:00 και 17:00. Ο τύπος αυτός παρατηρείται με μεγάλη τιμή του ημερησίου θερμοκρασιακού εύρους (Η.Θ.Ε.) και με ισχυρές αναταρακτικές κινήσεις. Σημειώνεται στις τροπικές περιοχές καθόλη τη διάρκεια του έτους και στις ηπείρους κατά τη διάρκεια του θέρους. Το μεταμεσημβρινό ελάχιστο είναι αποτέλεσμα των μεσημβρινών ανοδικών κινήσεων του αέρα και της μεταφοράς των υδρατμών προς τα πάνω. Η διπλή κύμανση εξομαλύνεται, καθώς το ύψος αυξάνεται και πάνω από κάποιο επίπεδο (συνήθως στα 500 m) αυτή γίνεται απλή, μέχρι που η ημερήσια κύμανση εξαλείφεται εντελώς σε μεγαλύτερα ύψη (Φλόκας, 1994).

Η ετήσια πορεία της απόλυτης υγρασίας είναι απλή, με μέγιστο και ελάχιστο που σημειώνεται αντίστοιχα στη διάρκεια του θέρους και του χειμώνα. Το ετήσιο εύρος της εξαρτάται από την τιμή του αντίστοιχου ετήσιου θερμοκρασιακού εύρους (Ε.Θ.Ε.) (Φλόκας, 1994).

Σχετική Υγρασία: Η ημερήσια πορεία της σχετικής υγρασίας παρουσιάζει απλή κύμανση, με μέγιστο και ελάχιστο, αντίστοιχα, γύρω από το ελάχιστο και μέγιστο της θερμοκρασίας του αέρα. Αυτό συμβαίνει γιατί η μέγιστη τάση των υδρατμών αυξάνει πολύ περισσότερο από την τάση των υδρατμών, όταν η θερμοκρασία του αέρα αυξάνει. Γι' αυτό το ημερήσιο εύρος της σχετικής υγρασίας εξαρτάται από την τιμή του εύρους της θερμοκρασίας με μεγαλύτερες τιμές προφανώς πάνω από τις ηπείρους, παρά πάνω από τις θάλασσες. Με επικράτηση της θαλάσσιας αύρας, η ημερήσια πορεία της σχετικής υγρασίας παρουσιάζει διπλή κύμανση (Φλόκας, 1986, Μαχαίρας και Μπαλαφούτης, 1984).



Η ετήσια πορεία της σχετικής υγρασίας παρουσιάζει απλή κύμανση. Το μέγιστο και ελάχιστο της σημειώνεται κατά το χειμώνα και το θέρος αντίστοιχα. Το εύρος της ετήσιας πορείας της σχετικής υγρασίας εξαρτάται από την τιμή του αντίστοιχου θερμοκρασιακού εύρους (Φλόκας, 1986).

### **3. Άνεμος**

Άνεμος είναι η συστηματική κίνηση του αέρα και προσδιορίζεται από την ένταση του (δηλαδή την ταχύτητα του) και την διεύθυνση του. Ο ατμοσφαιρικός αέρας μπορεί να κινηθεί και κατακόρυφα (ανοδικά και καθοδικά ρεύματα), αλλά σαν άνεμος θεωρείται μόνο η οριζόντια συνιστώσα της κίνησης του (Χρονοπούλου κ.α., 2001).

Η ταχύτητα του αέρα μετριέται συνήθως σε μέτρα ανά δευτερόλεπτο (m/s). Όμως, ευρύτερα γνωστή είναι η κλίμακα Beaufort που χρησιμοποιείται για να προσδιορίζεται ποιοτικά η ταχύτητα του ανέμου σύμφωνα με την επίδραση του στον κυματισμό της θάλασσας. Το 4 στην κλίμακα Beaufort αντιστοιχεί σε μέτρια αύρα (περίπου 4.5m/s), το 8 αντιστοιχεί σε θύελλα (περίπου 19m/s). ενώ το 12 αντιστοιχεί σε τυφώνα (περίπου 33m/s). Στη Μετεωρολογία διεύθυνση του ανέμου θεωρείται αυτή από την οποία φυσά ο άνεμος. Έτσι, βόρειος είναι ο άνεμος που φυσά από την διεύθυνση του Βορρά. Η διεύθυνση μετριέται σε μοίρες και οχ 0 ή 360 μοίρες αντιστοιχούν στο βόρειο άνεμο. (Καρράς κ.α., 1988).

Η κινητήρια δύναμη του ανέμου, δηλαδή η δύναμη που προκαλεί την κίνηση του αέρα, είναι η δύναμη της βαροβαθμίδας (χωρική μεταβολή της πίεσης). Στην κίνηση του αέρα αντιτίθεται η δύναμη της τριβής με το έδαφος. Η δύναμη αυτή είναι ανάλογη της ταχύτητας του ανέμου. Επειδή η Γη περιστρέφεται γύρω από τον άξονα της (πλήρης περιστροφή σε μία ημέρα) και κατά δεύτερο λόγο γύρω από τον Ήλιο (σε ένα έτος), πάνω σε οποιοδήποτε σώμα (στην προκειμένη περίπτωση στον αέρα) που κινείται ως προς την επιφάνεια της Γης ασκείται μία δύναμη που ονομάζεται δύναμη Coriolis. (Μπαλαφούτης-Μαχαίρας, 1984).

Η δύναμη της τριβής που είναι σημαντική κοντά στο έδαφος (συνήθως μέχρι το ύψος των 1-1.5km από το έδαφος, δηλαδή μέσα στο ατμοσφαιρικό οριακό στρώμα) έχει σαν αποτέλεσμα να μετατοπίζει τη διεύθυνση του ανέμου προς τις χαμηλότερες πιέσεις. Σε ύψη πάνω από το ατμοσφαιρικό οριακό στρώμα η τριβή είναι αμελητέα και η δύναμη Coriolis εξισορροπεί την δύναμη βαροβαθμίδας σε περιοχές όπου οι ισοβαρείς καμπύλες είναι σχεδόν ευθείες και ο άνεμος είναι παράλληλος στις ισοβαρείς (γεωστροφικός άνεμος). Οι ισοβαρείς καμπύλες συνδέουν σημεία ίδιας βαρομετρικής πίεσης ανηγμένης σε κανονικές συνθήκες. (Φλόκας, 1997).

### 3.1 Ανεμομετρικές συνθήκες στη πόλη

Η απόσταση των οικοδομών μέσα στη πόλη είναι ένας παράγοντας που παίζει καθοριστικό ρόλο, διαφοροποιώντας τις θερμομετρικές συνθήκες των μεταξύ των κτιρίων ακάλυπτων χώρων. Όταν η απόσταση μεταξύ των οικοδομών είναι ίση με το ύψος των κτιρίων, τότε το κάτω μέρος της πρόσοψής τους με νότιο προσανατολισμό σκιάζεται για μεγάλο χρονικό διάστημα με αποτέλεσμα η μετακίνηση των αέριων μαζών, λόγω θερμικής συμπεριφοράς των κτιρίων, να μη φτάνει μέχρι το επίπεδο των δρόμων. Σε μια τέτοια περίπτωση ο επιθυμητός αερισμός π.χ. η απομάκρυνση των ρύπων που παράγονται από τα αυτοκίνητα, είναι δυνατόν να γίνει μόνο με μηχανικά μέσα. Στη περίπτωση όμως που διπλασιαστεί η απόσταση μεταξύ των κτιρίων, τότε η κίνηση των αέριων μαζών φτάνει μέχρι την επιφάνεια του ακάλυπτου χώρου, όπως φαίνεται και στο σχήμα, γιατί η με νότιο προσανατολισμό πρόσοψη των κτιρίων εκτίθεται στην ηλιακή ακτινοβολία (Χρονοπούλου-Σερέλη και Ουζιέλ, 1997).

Ενδιαφέρον για το αστικό μικροκλίμα παρουσιάζει ο θερμικά παραγόμενος αερισμός σε συνθήκες νηνεμίας ή μειωμένης ανταλλαγής αερίων μαζών. Τέτοιες συνθήκες δημιουργούνται συνήθως τη νύχτα, όπου η εκπεμπόμενη από τα κτίρια ακτινοβολία συμβάλλει στη ψύξη των αέριων μαζών και στη καθοδική κίνηση τους προς τους δρόμους και τους ακάλυπτους χώρους.

Ιδιαίτερη σημασία έχουν οι μετακινήσεις αέριων μαζών, μεταξύ φυτοκαλυμμένων επιφανειών και δρόμων ή πλατειών. Οι επιφάνειες αυτές πρέπει να έχουν μέγεθος τουλάχιστον 10 στρέμματα (Horbert,Overdiek,1979), ώστε οι δημιουργούμενες θερμομετρικές διαφορές να είναι τέτοιες που να προκαλούν τη κίνηση του αέρα. Τότε η επίδραση των επιφανειών αυτών μπορεί να φτάσει σε απόσταση 150 m περίπου πέραν των ορίων τους. Όταν πρόκειται να γίνει σύνδεση του πρασίνου της δομημένης περιοχής με φυτοκαλυμμένες επιφάνειες, αυτές πρέπει να έχουν το ίδιο μέγεθος και να βρίσκονται σε διπλάσια απόσταση για να είναι δυνατή η βελτίωση των μικροκλιματικών συνθηκών της δομημένης περιοχής (Schmalz, 1984).

Η ταχύτητα του ανέμου παρουσιάζει σημαντικά μειωμένες τιμές μέσα στη δομημένη περιοχή μιας πόλης και αυτό γιατί αυξάνεται η τραχύτητα της επιφάνειάς της, λόγω της διαφοροποίησης του ύψους των οικοδομών. Η μέγιστη ταχύτητα των 10 m/sec επιτυγχάνεται σε διαφορετικό ύψος και πιο συγκεκριμένα στα 500 m περίπου στο κέντρο της πόλης, στα 400 m στο προάστιο και στα 270 m περίπου σε ελεύθερη δόμησης περιοχή (Χρονοπούλου-Σερέλη, 1997).

Εκτός από τη μείωση της ταχύτητας του ανέμου μέσα σε δομημένο χώρο, παρατηρείται και ένας έντονος στροβιλισμός με αποτέλεσμα τη δημιουργία ζωνών αυξημένης ταχύτητας

ανέμου κοντά στα κτίρια. Ο στροβιλισμός αυτός σχετιζόμενος με το ύψος των κτιρίων και τους ρύπους που αποδίδονται στην ατμόσφαιρα από τη θέρμανση, επιβαρύνει σημαντικά την ατμόσφαιρα των πόλεων κοντά στο έδαφος. Τα ρυπαντικά στοιχεία, όταν η καπνοδόχος του υψηλού κτιρίου είναι χαμηλή, εισέρχονται στο σύστημα στροβιλισμού του ανέμου με αποτέλεσμα την επιβάρυνση του αέρα κοντά στο έδαφος. Αυτό αποφεύγεται με τη κατασκευή υψηλότερης καπνοδόχου. Όταν το σημείο εκπομπής των ρύπων βρίσκεται σε χαμηλότερο ύψος από παρακείμενη οικοδομή, τότε οι ρύποι επιβαρύνουν την ατμόσφαιρα κοντά στο έδαφος, γιατί βρίσκονται στο πεδίο στροβιλισμού του ανέμου του υψηλότερου κτιρίου (Penwarder και Wise, 1975).

Η γνώση των ανεμομετρικών συνθηκών στις πόλεις είναι αναγκαία, εκτός των άλλων και για τη πρόληψη των καταστρεπτικών επιπτώσεων του ανέμου στις κτιριακές εγκαταστάσεις. Οι κατασκευές πρέπει να σχεδιάζονται έτσι ώστε να αντέχουν στα προκαθορισμένα μέγιστα φορτία του ανέμου, τα οποία προσδιορίζονται με βάση τα μέγιστα ταχύτητων ανέμου που επικρατούν στη περιοχή, διαφορετικά τα κτίρια κινδυνεύουν με ολοσχερή καταστροφή (Oke, 1978).

## **4. Αστικό πράσινο και σχεδιασμός τοπίου**

### **4.1 Συνθήκες βιοκλίματος αστικού πρασίνου**

Το αστικό πράσινο μπορεί να συμβάλει στην καλύτερευση του περιβάλλοντος των πόλεων, αλλά το μέγεθος της συμβολής του εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, όπως το μέγεθος του, την πυκνότητα δόμησης της γύρω περιοχής, το πλάτος και τον προσανατολισμό των δρόμων που βρίσκονται στην περιφέρεια του ανοιχτού αυτού χώρου, το είδος και τη μορφή της βλάστησης, την ύπαρξη νερού στο χώρο κ.λ.π.

Το αστικό πράσινο μπορούμε να το κατηγοριοποιήσουμε με βάση το μέγεθος σε τρεις κατηγορίες: α) τις πλατείες (μέχρι 10 στέμματα), β) τα πάρκα (μέχρι 50 στρέμματα), και γ) τα άλση (από 50 στρέμματα). Ο σχεδιασμός ανοικτών χώρων στην πόλη, πρέπει να έχει κύριο χαρακτηριστικό τον πράσινο της άνεσης.

Ο σχεδιασμός πρέπει να στοχεύει στην επίτευξη καλύτερων συνθηκών στο περιβάλλον της σύγχρονης πόλης, εστιάζοντας στις φυσικές ιδιότητες του μικροκλίματος των χώρων αυτών.

Ο σχεδιασμός ενός αστικού τοπίου, αλλά και των ανοιχτών χώρων μέσα και γύρω από αυτό, πρέπει να βασίζεται σε ορισμένες βιοκλιματικές αρχές. Καλό είναι να χρησιμοποιείται μια κοινή βάση για την ανάλυση των ανοιχτών χώρων στο αστικό περιβάλλον, συνδυάζοντας το φυσικό περιβάλλον (π.χ. μικροκλίμα, θερμική, οπτική και ακουστική άνεση, αστική μορφολογία κ.λ.π.) με τις απαιτήσεις και την ικανοποίηση των χρηστών.

Για την ανάλυση των βιοκλιματικών κριτηρίων πρέπει να χρησιμοποιούνται διάφορα μοντέλα και εργαλεία διαφορετικής πολυπλοκότητας, με στόχο την καλύτερη ανάπτυξη των γενικών δεδομένων που απαιτούνται, ώστε η μελέτη στην εφαρμογή της να έχει πράγματι τα προσδοκούμενα και επιθυμητά αποτελέσματα. Τα στοιχεία που αναλύονται στην κάθε περίπτωση είναι τα εξής:

- Μικροκλίμα περιοχής
- Θερμική άνεση
- Άνεμος
- Συνθήκες ακτινοβολίας
- Αστικό ανάγλυφο
- Οπτική άνεση
- Ακουστική άνεση
- Χρήσεις περιοχής-σημείου

Όλα τα στοιχεία είναι αλληλένδετα, επηρεάζοντας άμεσα και κατά μεγάλο ποσοστό το ένα το άλλο, όπως για παράδειγμα η θερμική άνεση ενός σημείου στην ουσία καθορίζεται σε μεγάλο βαθμό από την ένταση και κατεύθυνση του άνεμου ή η οπτική άνεση από το αστικό ανάγλυφο (κτήρια κτλ).

Έχοντας υπόψη τα παραπάνω, αναπτύσσεται σχεδιαστικά το τοπίο, μέσα από τις οδηγίες που δίνει η ίδια η περιοχή. Σκοπός είναι να εκμεταλλευτούν στο έπακρο οι θερμικές και οπτικές ζώνες, ρυθμίζοντας με τις κατάλληλες επιλογές υλικών και όγκων, τις συνθήκες ακτινοβολίας και σκίασης. Επίσης, ανάλογα με την ακουστικότητα που αναπτύσσουν οι επιμέρους χώροι, προσαρμόζονται οι χρήσεις τους. Τέλος, μελετάται η κοινωνική δράση και χρήση της περιοχής μελέτης.

## **4.2 Ο ρόλος των αστικών πάρκων στην πόλη**

Οι διεθνείς προσπάθειες για τη διατήρηση του φυσικού περιβάλλοντος κυρίως επικεντρώνονται στα μεγάλα και σχετικά άθικτα οικοσυστήματα με βιοποικιλότητα ή στα μεμονωμένα ζωικά ή φυτικά είδη, τα οποία, είτε διακυβεύονται, είτε απειλούνται με εξαφάνιση. Λιγότερο προσοχή δίνεται, από την άλλη μεριά, σε εκείνο τον τύπο φύσης, κοντά στον οποίο οι άνθρωποι ζουν και εργάζονται και στα οφέλη που παρέχει αυτός, στους κατοίκους των πόλεων. Οι στρατηγικές βιωσιμότητας και αναγέννησης των πόλεων στρέφονται κυρίως στις επιπτώσεις της ανθρώπινης δραστηριότητας και στα δομημένα συστατικά του αστικού περιβάλλοντος. Η προσοχή που δίνεται στα φυσικά συστατικά καθώς και τους χώρους πρασίνου της αστικής δομής είναι ακόμα ελλιπής (Tyrvainen and Vaananen, 1998).

Παρόλα ταύτα υποστηρίζεται, ότι τα αστικά πάρκα και οι ανοικτοί χώροι πρασίνου είναι στρατηγικής σημασίας για την ποιότητα ζωής της όλο και περισσότερο αστικοποιημένης κοινωνίας μας. Τα εμπειρικά στοιχεία, στην πραγματικότητα, δείχνουν ότι η παρουσία φυσικών προτερημάτων (δηλ. αστικών πάρκων και δασών, ζωνών πρασίνου) και συστατικών (δηλ. δέντρων, ύδατος) στα αστικά πλαίσια συμβάλλει στην ποιότητα ζωής από πολλές απόψεις. Εκτός από τις σημαντικές περιβαλλοντικές υπηρεσίες όπως είναι ο καθαρισμός του αέρα και του ύδατος, το φιλτράρισμα του αέρα και του θορύβου ή η σταθεροποίηση του μικροκλίματος, οι φυσικές περιοχές παρέχουν κοινωνικές και ψυχολογικές υπηρεσίες, οι οποίες είναι κρίσιμης σημασίας για τη βιωσιμότητα των σύγχρονων πόλεων και την ευημερία των κατοίκων τους. Η ύπαρξη του πάρκου μπορεί να μειώσει την πίεση (Ulrich, 1981), να ενισχύσει την περισυλλογή, να αναζωογονήσει τον κάτοικο της πόλης και να παρέχει μια αίσθηση ηρεμίας. Η υπόθεση για την τονωτική λειτουργία των φυσικών περιβαλλόντων έχει εξεταστεί σε πολλές εμπειρικές μελέτες. Ο Ulrich (1984), παραδείγματος χάριν, ανακάλυψε ότι οι ασθενείς των νοσοκομείων οι οποίοι μπορούσαν να κοιτάζουν από τα παράθυρα τους έξω τα δέντρα και τη φύση ανάρρωσαν γρηγορότερα από εκείνους των οποίων η θέα περιοριζόταν στα κτίρια. Οι πιο πρόσφατες μελέτες έχουν οδηγήσει σε παρόμοια αποτελέσματα, τα οποία ενισχύουν την υπόθεση ότι τα φυσικά περιβάλλοντα έχουν μια θετική επιρροή στην ψυχολογική και διανοητική κατάσταση του ατόμου. Η σύγχρονη έρευνα για τη χρήση των αστικών πάρκων και των δασών, παραδείγματος χάριν, επιβεβαιώνει τις πεποιθήσεις για τα οφέλη από την μείωση της πίεσης και την ανθρώπινη υγεία (Hartig et al., 1991, Copway, 2000). Σε μια έρευνα μεταξύ των επισκεπτών των πάρκων βρέθηκε μια σημαντική σχέση μεταξύ της χρήσης των πάρκων και της αντιλαμβανόμενης κατάστασης της υγείας. Δηλαδή, εκείνοι οι οποίοι χρησιμοποίησαν τα τοπικά πάρκα συχνότερα ήταν πιθανότερο να δηλώσουν καλή υγεία από εκείνους οι οποίοι δεν έπρατταν κάτι τέτοιο (Godbey et al., 1992). Ο Schroeder (1991) έδειξε ότι τα φυσικά περιβάλλοντα με βλάστηση και ύδωρ προκαλούν χαλαρωμένες και λιγότερο αγχωτικές καταστάσεις στους παρατηρητές συγκριτικά με τις αστικές περιοχές χωρίς βλάστηση. Αυτή η δυνατότητα των φυσικών στοιχείων να λειτουργούν ως "φυσικά ηρεμιστικά" μπορεί να είναι ιδιαίτερα ευεργετική στις αστικές περιοχές στις οποίες η πίεση είναι μια επίσης κοινή πτυχή της καθημερινής ζωής (Berg et al., 1998). Εκτός από τα αισθητικά, ψυχολογικά οφέλη και τα οφέλη υγείας, τα φυσικά χαρακτηριστικά γνωρίσματα στις πόλεις μπορούν να έχουν άλλα κοινωνικά οφέλη. Η φύση μπορεί να ενθαρρύνει τη χρήση των υπαίθριων χώρων, αυξάνει την κοινωνική ολοκλήρωση και την αλληλεπίδραση μεταξύ των γειτόνων (Coley et al., 1997). Η παρουσία δέντρων και χλόης στους υπαίθριους κοινόχρηστους χώρους μπορεί να βοηθήσει στην ανάπτυξη κοινωνικών δεσμών (Kuo et al., 1998). Οι Kuo et al. (1998) απεφάνθησαν επίσης ότι η βλάστηση βοηθά τους ανθρώπους να χαλαρώσουν και να ανανεωθούν, μειώνοντας την επιθετικότητα. Τα φυσικά περιβάλλοντα μπορούν επίσης να φανούν ως δικτυακό πεδίο

ενεργού εμπειρίας παρέχοντας μια αίσθηση πρόκλησης, ιδιωτικότητας και οικειότητας, αισθητικής και ιστορικής συνοχής. Εκτός από τα κοινωνικά και ψυχολογικά οφέλη, τα οποία αναφέρθηκαν ανωτέρω, οι λειτουργίες των αστικών πάρκων μπορούν να παρέχουν οικονομικά οφέλη για τους δήμους και για τους πολίτες. Ο καθαρισμός του αέρα από τα δέντρα, παραδείγματος χάριν, μπορεί να οδηγήσει στο μειωμένο κόστος για τη μείωση της ρύπανσης και για την εφαρμογή μέτρων πρόληψης. Επιπλέον, οι αισθητικές, ιστορικές και ψυχαγωγικές αξίες των αστικών πάρκων αυξάνουν την ελκυστικότητα της πόλης και την προάγουν ως προορισμό για τουρίστες (Tagtow, 1990, Luttik, 2000).

### **4.3 Μορφολογία πόλεων και θερμική συμπεριφορά**

Η διαμόρφωση της πόλης μπορεί να διευκολύνει την ταχύτητα του ανέμου και να υποστηρίξει την αύξηση ή τη μείωση της θερμοκρασίας. Εκτός από την ταχύτητα της, η αέρια μετακίνηση μέσα στην πόλη είναι ένας παράγοντας της μορφολογίας της πόλης, του σχεδιασμού και του προσανατολισμού των οδών της και της δομής της. Η μορφή της στέγης των οικοδομών παίζει καθοριστικό ρόλο στην διαμόρφωση των ανεμομετρικών συνθηκών. Σε ένα θερμό-ξηρό κλίμα, οι στέγες είναι επίπεδες με παρόμοια ύψη 2-3 ορόφων, τα οποία μαζί διαμορφώνουν λίγο πολύ μια μεγάλη επίπεδη δομή. Αυτή η δομή υποστηρίζει την ισχυρή μετακίνηση αέρα πάνω από την πόλη με ελάχιστα ή χωρίς εμπόδια. Σε ένα θερμό-υγρό κλίμα, οι κεκλιμένες στέγες επιβραδύνουν τον αέρα ως ένα ορισμένο βαθμό (Golany, 1996).

Η δομή της σκιαγραφίας των σύγχρονων πόλεων είναι η συσσώρευση των κτιρίων με διαφορετικά ύψη τα οποία σπάνε τη ροή του ισχυρού αέρα και την εκτρέπουν, σε μερικές περιπτώσεις, προς τις οδούς.

Το ποσοστό ηλιακής ακτινοβολίας το οποίο επιστρέφει στον αέρα σε μια πόλη είναι λιγότερο από αυτό το οποίο εμφανίζεται στον ανοικτό χώρο εξωτερικά της πόλης, δεδομένου ότι κάποιο ποσοστό της ηλιακής ακτινοβολίας απορροφάται από τους τοίχους των κτιρίων. Επίσης, η βλάστηση μέσα στην πόλη απορροφά μεγάλο μέρος της άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας την οποία μετατρέπει μέσω της φωτοσυνθετικής διαδικασίας σε χημική ενέργεια. Σε μια πόλη με ξηρό κλίμα, η ηλιακή ακτινοβολία, η οποία απορροφάται καθόλη τη διάρκεια της ημέρας από τα κτίρια, αποδίδεται στην ατμόσφαιρα ως θερμική ενέργεια κατά τη διάρκεια της νύχτας. Λόγω της έλλειψης νέφωσης και της χαμηλής σχετικής υγρασίας, η θερμοκρασία πέφτει σημαντικά. Μια πυκνά δομημένη περιοχή θα αποδώσει αυτήν την θερμοκρασία πιο αργά (Χρονοπούλου-Σερέλη και Ουζιέλ, 1997).

Εξαιτίας της θερμότητας που απορροφάται καθόλη τη διάρκεια της ημέρας, η διαδικασία ψύξης μέσα στο κέντρο της πόλης είναι πιο αργή απ' ό,τι στις απομακρυσμένες περιοχές της.

Η διαμόρφωση της πόλης, των οδών και της δομής των σπιτιών επηρεάζουν την ταχύτητα διείσδυσης του αέρα μέσα στην πόλη. Ακόμα, στο κέντρο της πόλης εντοπίζεται μια αύξηση της θερμοκρασίας κατά το μεγαλύτερο μέρος της ημέρας λόγω της έντασης της ανθρώπινης δραστηριότητας και της κυκλοφορίας των αυτοκινήτων. Η μετακίνηση αέρα καθώς και οι αναταρακτικές κινήσεις των αερίων μαζών μπορούν να προκληθούν από το θερμό αέρα, ο οποίος ανυψώνεται στο κέντρο της πόλης, με συνέπεια δροσερός αέρας από την περιφέρεια να μετακινείται μέσω ευθέων και ανοικτών οδών προς το κέντρο της πόλης. Ο θυελλώδης αέρας μπορεί να αποδειχτεί πολύ αποτελεσματικός όταν οι οδοί είναι σχεδιασμένοι κάθετα στις ακτές της θάλασσας (Golany, 1996).

Η διαφοροποίηση των φυσικών μορφών μέσα στην πόλη, του προσανατολισμού, του ύψους, των συστατικών, των συγκροτημάτων των κτιρίων της, της πυκνότητα των κτιρίων, της εγγύτητας των κτιρίων στο κέντρο της πόλης ή στην περιφέρεια της και, το πιο σημαντικό, της έντασης των ανθρώπινων δραστηριοτήτων, δημιουργεί θύλακες αστικού μικροκλίματος μέσα στην πόλη. Συνεπώς, κάθε κομμάτι της πόλης διαφέρει στη θερμική συμπεριφορά του από τα άλλα κομμάτια της (Golany, 1996).

Τα ακόλουθα αποτελούν μερικούς βασικούς κανόνες σχετικά με την αστική θερμική συμπεριφορά:

Κάθε πόλη δημιουργεί το δικό της μικροκλίμα, το οποίο διαφέρει από αυτό του εξωτερικού ανοικτού χώρου της ευρύτερης περιοχής της. Εκτός από τη μικροθερμική συμπεριφορά της πόλης, η κεντρική επιχειρηματική περιοχή της πόλης είναι θερμότερη από τα περίχωρα της, λόγω της έντασης των δραστηριοτήτων της και της εγγύτητας των κτιρίων της. Συνήθως, παρατηρείται ότι το πεσμένο χιόνι στο κέντρο της πόλης λειώνει πιο γρήγορα από αυτό που πέφτει στην απομακρυσμένη ζώνη. Κατά συνέπεια, εκτός από τις γνωστές θερμικές νησίδες του αέριου θόλου επάνω από το κέντρο της πόλης και το βιομηχανικό πάρκο της, υπάρχουν επίσης μικρότερες θερμικές νησίδες μέσα στο χώρο των πόλεων. Αντίθετα, οι απομακρυσμένες περιοχές της πόλης έχουν χαμηλότερη θερμοκρασία από αυτή στο κέντρο της (Golany, 1996).

## **5. Βιομετεωρολογικοί - βιοκλιματικοί δείκτες**

Βασικός σκοπός της βιομετεωρολογίας ήταν και είναι η πρόγνωση της θερμικής άνεσης του ανθρώπου για μια δεδομένη μετεωρολογική κατάσταση. Για την επίτευξη του σκοπού αυτού αναπτύχθηκαν πάρα πολλοί βιομετεωρολογικοί δείκτες προκειμένου να βρεθούν σχέσεις μεταξύ των φυσιολογικών μεταβλητών, του μεταβολισμού, της ενδυμασίας, της τροφής και των μετεωρολογικών παραμέτρων.

Οι πρώτοι βιοκλιματικοί δείκτες οι οποίοι αναπτύχθηκαν ήταν ημιεμπειρικοί και περιορίζονταν στον υπολογισμό του συνδυασμένου αποτελέσματος της θερμοκρασίας

αέρα, της υγρασίας του αέρα και της ταχύτητας του ανέμου στην αίσθηση του ατόμου όταν αυτό βρισκόταν σε ηρεμία. Τα τελευταία χρόνια εισήχθησαν βιοκλιματικοί δείκτες οι οποίοι λαμβάνουν υπόψη τον τύπο της ενδυμασίας, την ανθρώπινη δραστηριότητα, το ρυθμό μεταβολισμού και την ηλιακή ακτινοβολία.

Η πλήρης και ολοκληρωμένη περιγραφή των θερμικών επιδράσεων του περιβάλλοντος στον άνθρωπο δίνεται με τη μελέτη του ενεργειακού ισοζυγίου του ανθρώπινου οργανισμού, όπου συναντώνται όλες οι θερμικές μεταβλητές και αντικατοπτρίζονται κάθε φορά με την μορφή ενεργειακών ροών (Tsiros,2010).

Η περιγραφή του θερμικού περιβάλλοντος έχει μελετηθεί με απλούς ποσοτικούς βιομετεωρολογικούς δείκτες, οι οποίοι σε γενικές γραμμές διακρίνονται ανάλογα με τις θερμοκρασιακές συνθήκες ( Μαντζαράκης, 1995):

A) Σε δείκτες που αναφέρονται στο ψυχρό περιβάλλον, όπου έχουμε το συνδυασμό της θερμοκρασίας του αέρα και της ταχύτητας του ανέμου, όπως π.χ οι δείκτες απόψυξης οι οποίοι χρησιμοποιούνται για την περιγραφή της τυρβώδους μεταφοράς αισθητής θερμότητας.

B) Σε δείκτες οι οποίοι αναφέρονται στο θερμό περιβάλλον, όπου γίνεται ο συνδυασμός της θερμοκρασίας του αέρα με διάφορους δείκτες υγρασίας για τη μελέτη της εξάτμισης, που προκαλείται από το ανθρώπινο σώμα.

Από το πλήθος των βιομετεωρολογικών θερμικών δεικτών σήμερα εφαρμόζονται πολύ λίγοι διότι οι περισσότεροι δημιουργήθηκαν για την εξυπηρέτηση ειδικών σκοπών και η προσπάθεια για την ανάπτυξη και εφαρμογή ενός γενικότερου εκτιμητικού δείκτη δεν επέφερε τα αναμενόμενα αποτελέσματα.

Το 1960 ξεκίνησε η χρήση των μαθηματικών μοντέλων και συνεχίζεται ακόμη και σήμερα, υπολογίζοντας δείκτες που λαμβάνουν υπόψη το θερμικό ισοζύγιο του ανθρώπου. Πρόοδο στην ανάπτυξη των μοντέλων αποτέλεσε η προσθήκη φυσιολογικών στοιχείων, όπως είναι η κυκλοφορία του αίματος, η ανταλλαγή θερμότητας στις αρτηρίες, η απώλεια ενέργειας μέσω της αναπνοής, της εφίδρωσης κλπ. (Wissler 1963; Stolwijk 1970). Μια σύγκριση και αξιολόγηση των σπουδαιότερων μοντέλων έγινε από τους Berglund και Stolwijk (1978) από την οποία συμπεραίνεται ότι το ενεργειακό ισοζύγιο περιγράφει την πλήρη επίδραση του θερμικού περιβάλλοντος του ανθρώπου.

Οι δείκτες που χρησιμοποιούνται ευρέως σήμερα είναι δείκτες με φυσιολογική συσχέτιση που απορρέουν από το θερμικό ισοζύγιο του ανθρώπου. Έγινε προσπάθεια να προσομοιάσει το ισοζύγιο του ανθρώπινου σώματος με μια μαθηματική σχέση. Οι Horpe (1984) και



Hammer (1985) βάση του πρώτου νόμου της θερμοδυναμικής κατέληξαν σε μια μορφή του ενεργειακού ισοζυγίου:

$$M - Q_{SHIV} - W \pm Q^* \pm Q_H - Q_L - Q_{SW} \pm Q_{RE} \pm N \pm S = 0$$

Όπου M: μεταβολισμός,  $Q_{SHI}$ : παραγωγή θερμότητας από ρίγος, W: μηχανικό έργο,  $Q^*$ : ισοζύγιο ακτινοβολίας,  $Q_H$ : ροή αισθητής θερμότητας,  $Q_L$ : ροή λανθάνουσας θερμότητας,  $Q_{SW}$ : ροή λανθάνουσας θερμότητας από εξάτμιση ιδρώτα,  $Q_{RE}$ : αναπνευστική ροή θερμότητας, N: αισθητή ροή θερμότητας για την εξίσωση της θερμοκρασίας της τροφής στο ύψος της θερμοκρασίας του πυρήνα του ανθρώπου, S: συσσωρευτική ροή θερμότητας από μεταβολές της εσωτερικής θερμοκρασίας.

Όλες οι ενεργειακές ροές είναι εκφρασμένες σε Watts και θεωρούνται ως θετικές όταν κατευθύνονται προς την επιφάνεια του οργανισμού και ως αρνητικές όταν απομακρύνονται από την επιφάνεια του.

Δείκτες που προσομοιάζουν το θερμικό ισοζύγιο του ανθρώπινου σώματος σε μια μαθηματική σχέση έχουν αναπτυχθεί και χρησιμοποιούνται ευρύτατα τα τελευταία χρόνια. (Fanger 1972, Jendrizky 1979, Hoppe 1984, Hammer 1985). Κάποιοι από αυτούς τους δείκτες είναι ο PMV ο PET και ο SET\*.

**Predicted Mean Vote (PMV):** Ο δείκτης PMV ορίζεται ως ο προβλεπόμενος θερμικός δείκτης ενός συνόλου ατόμων οι οποίοι εκτίθενται σε ένα καθορισμένο περιβάλλον. Βασίζεται σε ένα στατιστικής κατάστασης μοντέλο θερμικής μεταφοράς μεταξύ του ανθρώπινου σώματος και του περιβάλλοντος. Ο δείκτης PPD ορίζεται ως ο δείκτης προβλεπόμενου ποσοστού δυσφορούντων ανθρώπων για κάθε τιμή του δείκτη PMV. Καθώς ο PMV απομακρύνεται από το μηδέν είτε κατά τη θετική είτε κατά την αρνητική κατεύθυνση ο δείκτης PPD αυξάνεται.

Ο Fanger το 1972 εισήγαγε το Μέσο Προβλεπόμενο Θερμικό Δείκτη (PMV) στηριζόμενος σε μια εμπειρική εξίσωση θερμικής άνεσης ενός συνόλου ατόμων. Η εξίσωση αυτή βασίζεται σε ένα στατικής κατάστασης μοντέλο θερμικής ισορροπίας για το ανθρώπινο σώμα και ορίζει μια σχέση μεταξύ των αποκλίσεων των μηχανισμών θερμικής ισορροπίας, όπως η έκκριση ιδρώτα, η αγγειοδιαστολή και αγγειοσυστολή, με ένα δείκτη θερμικής άνεσης. Οι τιμές του δείκτη PMV ταξινομούνται σύμφωνα με την επταβάθμια κλίμακα της ASHRAE (Fanger, 1972) όπως δίνονται από τον Πίνακα 1.

Πίνακας 1. Ταξινόμηση των τιμών του δείκτη PMV σύμφωνα με την επταβάθμια κλίμακα της ASHRAE

Τιμές PMV	Ανθρώπινη θερμική αίσθηση
+3	Πολύ ζεστό
+2	Ζεστό
+1	Ελαφρά ζεστό
0	Θερμικά ουδέτερο (άνεση)
-1	Ελαφρά δροσερό
-2	Δροσερό
-3	Κρύο

Τα δεδομένα του παραπάνω πίνακα στη συνέχεια χρησιμοποιήθηκαν για να ταξινομηθεί η θερμική επιβάρυνση του ανθρώπου σε σχέση με τις τιμές του μέσου αναμενόμενου θερμικού δείκτη PMV, οι οποίες δίνονται στον Πίνακα 2.

Πίνακας 2. Ταξινόμηση της θερμικής επιβάρυνσης του ανθρώπινου οργανισμού που αναλογεί στις διάφορες τιμές του PMV.

PMV (απόλυτες τιμές)	Βαθμός επιβάρυνσης
0.0-0.5	Καμμία επιβάρυνση
0.6-1.2	Ελαφριά επιβάρυνση
1.3-2.0	Μέτρια επιβάρυνση
2.1-3.0	Μεγάλη επιβάρυνση
>3.0	Πολύ μεγάλη επιβάρυνση

**Physiological Equivalent Temperature (PET):** Φυσιολογική Ισοδύναμη Θερμοκρασία ορίζεται ως η θερμοκρασία του αέρα σε ένα τυπικό εσωτερικό περιβάλλον (χωρίς την επίδραση του αέρα και της ηλιακής ακτινοβολίας), όπου η ανθρώπινη θερμική ενέργεια του ανθρώπινου σώματος είναι ισορροπημένη με την ίδια επιδερμική θερμοκρασία και ρυθμό εφίδρωσης όπως στις υπολογισμένες εξωτερικές συνθήκες.

Στην ουσία ο δείκτης αυτός μεταφράζει τη θερμική αίσθηση ενός ανθρώπου με τα χαρακτηριστικά που προαναφέρθηκαν, ο οποίος βρίσκεται σε εξωτερικό περιβάλλον και δέχεται την επίδραση των θερμοϋγρομετρικών συνθηκών, των ακτινοβολιών και της πνοής του ανέμου στη θερμοκρασία εσωτερικού χώρου ελλείψει ακτινοβολιών, με ταχύτητα ανέμου 0.1 m/s και σταθερή τάση ατμών 12 hPa. Στον πίνακα 3 δίνεται η κατηγοριοποίηση του δείκτη PET. Ας σημειωθεί ότι έγινε απόδοση του αγγλικού όρου hot ως 'πολύ ζεστό' και του όρου very hot ως 'παρα πολύ ζεστό' αντί των μεταφραστικά ακριβέστερων 'καυτό' και 'πολύ καυτό' λόγω του ότι οι τελευταίοι δεν χρησιμοποιούνται συνήθως στην κοινή ελληνική γλώσσα, ενώ αντίθετα οι όροι hot και very hot είναι συνήθεις στην αγγλοσαξωνική καθημερινότητα

Πίνακας 3. Σχέση δείκτη PET (°C) - Θερμικής αίσθησης (Matzarakis and Mayer, 1999).

PET (°C)	Θερμική αίσθηση	Βαθμός θερμο-φυσιολογικής επιβάρυνσης
4	Πολύ κρύο	Ακραία ψυχρή επιβάρυνση
8	Κρύο	Ισχυρή ψυχρή επιβάρυνση
13	Δροσερό	Μέτρια ψυχρή επιβάρυνση
18	Ελαφρά δροσερό	Ελαφρά ψυχρή επιβάρυνση
23	Θερμικά ουδέτερο (Ανεση)	Δεν υπάρχει θερμική επιβάρυνση
29	Ελαφρά θερμό	Ελαφρά θερμική επιβάρυνση
35	Θερμό	Μέτρια θερμική επιβάρυνση
41	Πολύ ζεστό	Ισχυρή θερμική επιβάρυνση
	Πάρα πολύ ζεστό	Ακραία θερμική επιβάρυνση

**Standard Effective Temperature (SET\*):** Παρουσιάζει αριθμητικά την αίσθηση θερμικής καταπόνησης για συγκεκριμένα άτομα κάτω από διάφορες συνθήκες. Έχει το πλεονέκτημα οποιαδήποτε σύγκρισης μεταξύ περιβαλλόντων και οποιοδήποτε συνδυασμού με εισαγόμενες φυσικές μεταβλητές, αλλά και το μειονέκτημα του σταθερού ατόμου. Ο υπολογισμός του δείκτη SET είναι πιο σύνθετος και δύσκολος από τον PMV, γιατί προηγουμένως πρέπει να επεξεργαστούν οι φυσιολογικές παράμετροι του ανθρώπινου σώματος που χρησιμοποιούνται στο μοντέλο (πίν. 4).

Πίνακας 4. Συσχέτιση τιμών SET (°C) - Θερμικής αίσθησης (ASHRAE 55, 1992).

SET	Θερμική αίσθηση
40	Πολύ ζεστά (περιορισμένη αντοχή)
35	Ζεστά (ελαφρά δυσαρέσκεια)
30	Ελαφρά ζεστά
25	Ουδέτερα (Θερμική άνεση)
20	Ελαφρά δροσερά
20	Δροσερά (ελαφρά δυσαρέσκεια)
15	Κρύο
10	Πολύ κρύο (δυσαρέσκεια)

# **ΕΙΔΙΚΟ ΜΕΡΟΣ**

## 1.Περιοχή μελέτης

Η Ν. Φιλαδέλφεια βρίσκεται στο λεκανοπέδιο των Αθηνών, και συγκεκριμένα στο κεντρικό προς βόρειο τμήμα αυτού. Ο οικισμός της Ν. Φιλαδέλφειας δημιουργήθηκε γύρω στο 1927, όπου πρόσφυγες της Μικράς Ασίας, διωγμένοι αυτή τη φορά από την πυρκαγιά στις προσφυγικές παράγκες των Αμπελοκήπων, βρέθηκαν ιδιοκτήτες διαμερισμάτων στον πρόσφατα ανεγερθέντα συνοικισμό. Σε λίγο χρονικό διάστημα, η Ν. Φιλαδέλφεια και η γειτονική Ν. Ιωνία κατάφεραν να γίνουν αυτόνομες κοινότητες, αποτελούμενες κυρίως από μονοκατοικίες.

Στη σημερινή εποχή η Ν. Φιλαδέλφεια, μετά τους σεισμούς που έπληξαν την Αθήνα, έχασε μέρος της χαμηλής δόμησης που είχε από την εποχή δημιουργίας του συνοικισμού, καθώς οι ακατάλληλες για κατοίκηση μονοκατοικίες έδωσαν τη θέση τους σε πολυκατοικίες. Παρόλα αυτά, η Ν. Φιλαδέλφεια δεν αποτελείται από πολύ πυκνή και ψηλή δόμηση, καθώς πολλές μονοκατοικίες διατηρούνται ακόμα και σήμερα μαζί με τις μικρές αυλές, που συνήθως τις περιβάλλουν. Το πράσινο στους δρόμους δεν είναι σπάνιο, καθώς σχεδόν πάντα υπάρχουν αραιές δενδροστοιχίες κατά μήκος των πεζοδρομίων και μικρές πλατείες σε αρκετές περιοχές του δήμου.

Μεγάλο μέρος της Ν. Φιλαδέλφειας αποτελεί το άλσος της, που σήμερα καταλαμβάνει έκταση 470 περίπου στρεμμάτων και αποτελεί την περιοχή μελέτης για την παρούσα εργασία. Η ιστορία του φθάνει σχεδόν 100 χρόνια πριν. Σύμφωνα με στοιχεία που συλλέχθηκαν από το αρχαιακό υλικό του Δήμου Ν. Φιλαδέλφειας, για πρώτη φορά το 1899 ιδρύθηκε η Φιλοδοσική Ένωση. Η Ένωση αυτή, που είχε σαν πρώτο πρόεδρο της τον Φ. Νέγρη, φύτεψε μέσα σε 10 χρόνια 300.000 πεύκα σ' ολόκληρη την Αττική. Στην περιοχή της Ν. Φιλαδέλφειας δενδροφυτεύτηκαν τμήματα μεταξύ του ποταμού Κηφισού και του ποταμού Ποδονίφτη. Σκοπός της τότε Φιλοδοσικής Ένωσης ήταν η δημιουργία ενός τεράστιου δάσους, στη μέση του οποίου ήταν ο καρόδρομος που οδηγούσε στα ανάκτορα Δεκέλειας. Όμως ο φιλόδοξος στόχος της Φιλοδοσικής Ένωσης ουδέποτε υλοποιήθηκε, αφού οι διάφοροι ιδιοκτήτες και καταπατητές της εποχής αντέδρασαν, φυτεύοντας ελιές και αμπέλια και δημιουργώντας λαχανόκηπους. Σύμφωνα με ιστορικές μαρτυρίες, η οριοθέτηση του άλσους, που ξεπερνούσε τα 1000 στρέμματα, έγινε από την Βασίλισσα Σοφία το 1914. Από το πάθος της για το πράσινο, έδωσε και το χαρακτηρισμό ως χώρο πρασίνου ανατολικά του καρόδρομου της Δεκέλειας, που εκτεινόταν μέχρι τον Ποδονίφτη, και νότια μέχρι το σημείο όπου σήμερα είναι τα όρια με τη Ν. Χαλκηδόνα.

Τον Φεβρουάριο του 1925 μεγάλο τμήμα του αναδασωτέου χώρου, νότια του σημερινού άλσους, με υπουργική απόφαση χαρακτηρίζεται σαν τμήμα του προσφυγικού συνοικισμού και το 1927 - 1928 αποψιλώνεται ο χώρος του γηπέδου της ΑΕΚ, μετά από χαρακτηρισμό του ως χώρου αθλοπαιδιών.

Το 1928 αρχίζει η ανέγερση της υδατοδεξαμενής. Στις 24 Ιουνίου του 1928 ξεκίνησε πυρκαγιά, η οποία όμως έγκαιρα κατασβέστηκε, αποτεφρώνοντας 400 περίπου πεύκα.

Το 1931 με πρωτοβουλία της «Επιτροπής κυριών περιθάλψεως των τέκνων Ρώσων προσφύγων εν Ελλάδι» παραχωρήθηκε δημόσια έκταση 3 στρεμμάτων με ειδικό νόμο.

Το 1939 αρχίζει ουσιαστική αναδάσωση του άλσους. Μάλιστα στις 12 Φεβρουαρίου το πρώτο δέντρο αυτής της αναδάσωσης φυτεύεται από τον Βασιλέα Γεώργιο Β'.

Κατά την κατοχή και το βαρύ χειμώνα του 1940 και 1941 το άλσος ουσιαστικά αποψιλώνεται. Καθημερινά, όχι μόνο κάτοικοι της περιοχής αλλά και κάτοικοι των γύρω δήμων και της Αθήνας, υλοτομούν το δάσος, αφού το ξύλο δεν ήταν απαραίτητο μόνο για ζέστη, αλλά και για το μαγείρεμα.

Τον Φεβρουάριο του 1948 μια νέα αναδάσωση αποφασίζεται από τη δημοτική αρχή. Προσκεκλημένη στην εξόρμηση αυτή, που φυτεύτηκαν πάνω από 7000 δέντρα, ήταν η Βασίλισσα Φρειδερίκη, που φύτεψε συμβολικά το πρώτο δέντρο.

Το 1950 με δημοτική απόφαση παραχωρείται χώρος 2-3 στρεμμάτων και εγκαθίσταται στο βόρειο τμήμα του άλσους ο μετεωρολογικός σταθμός. Ο σταθμός αυτός λειτουργούσε προπολεμικά στη Δεκέλεια και από το 1941 στο προαύλιο του Ι. Ν. Αγίας Τριάδος της Ν. Φιλαδέλφειας. Στις 10 Απριλίου του 1952 ανακοινώθηκε η υπουργική απόφαση παραχώρησης του άλσους «κατά χρήση» στο δήμο Ν. Φιλαδέλφειας και στις 27 Ιανουαρίου 1958 εγκρίνεται η μελέτη για την ανέγερση δημοτικού κινηματογράφου στο άλσος. Η θεμελίωση του έγινε στις 26 Μαρτίου 1959.

Στις 24 Ιουλίου 1959 για πρώτη φορά παρουσιάζονται σε μακέτα τα σχέδια της δημοτικής αρχής για την κατασκευή μιας λίμνης, αλλά και ενός κοσμικού κέντρου χωρητικότητας 2000 ατόμων.

Τον Αύγουστο του 1963 ανακαλείται από το Υπουργείο Γεωργίας η παραχώρηση του άλσους προς το Δήμο. Κύριος λόγος αυτής της απόφασης ήταν η σκέψη να γίνει Ζωολογικός Κήπος. Στο Δήμο παραμένουν μόνο 70 στρέμματα.

Στις 21 Δεκεμβρίου 1971 εγκαινιάζεται το κοσμικό κέντρο «Κένταυρος» και τον Μάιο του 1972 γίνεται η οριοθέτηση των 28 περίπου στρεμμάτων του άλσους που παραχωρήθηκαν το 1971 από το Υπουργείο Γεωργίας στην ΑΕΚ.

Στις 16 Νοεμβρίου 1975 θεμελιώνεται το εκκλησάκι της Ζωοδόχου Πηγής στο άλσος.

Στις 4 Αυγούστου 1981 ξεσπάει φωτιά που αποτεφρώνει 6 περίπου στρέμματα πευκοδάσους.

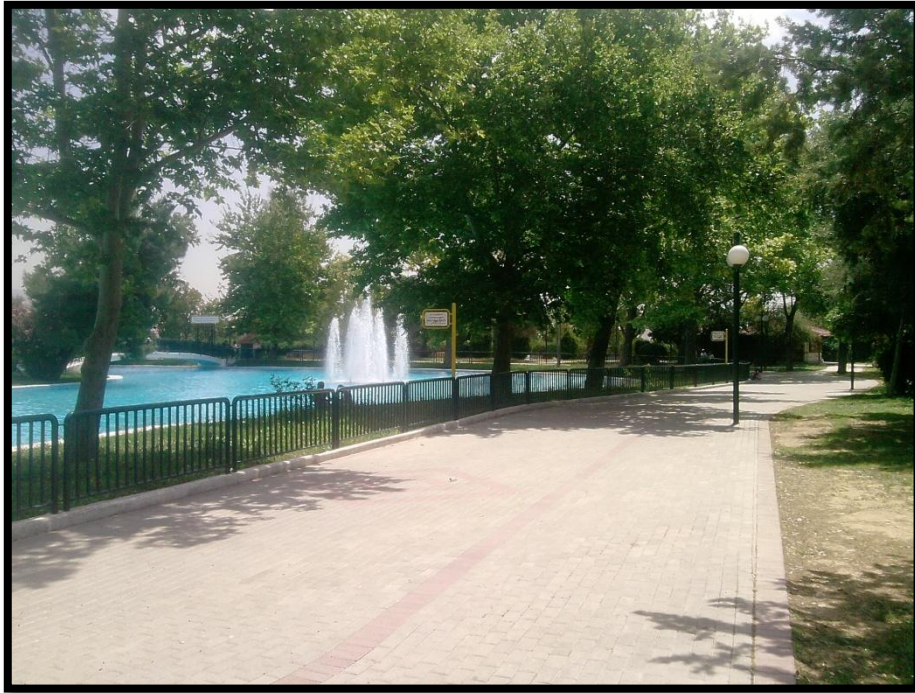
Το 1984 κατασκευάζεται το γήπεδο τένις, ενώ στις 25 Μαΐου 1986 έγιναν τα εγκαίνια του ζωολογικού κήπου και το 1988 δημιουργείται το δημοτικό γκαράζ.

Σήμερα, στις κτιριακές εγκαταστάσεις του άλσους έχει προστεθεί το Ίδρυμα Ελληνισμού της Διασποράς «Ανδρέας Παπανδρέου» που κτίστηκε σε συνεργασία με το Υπουργείο Πολιτισμού.

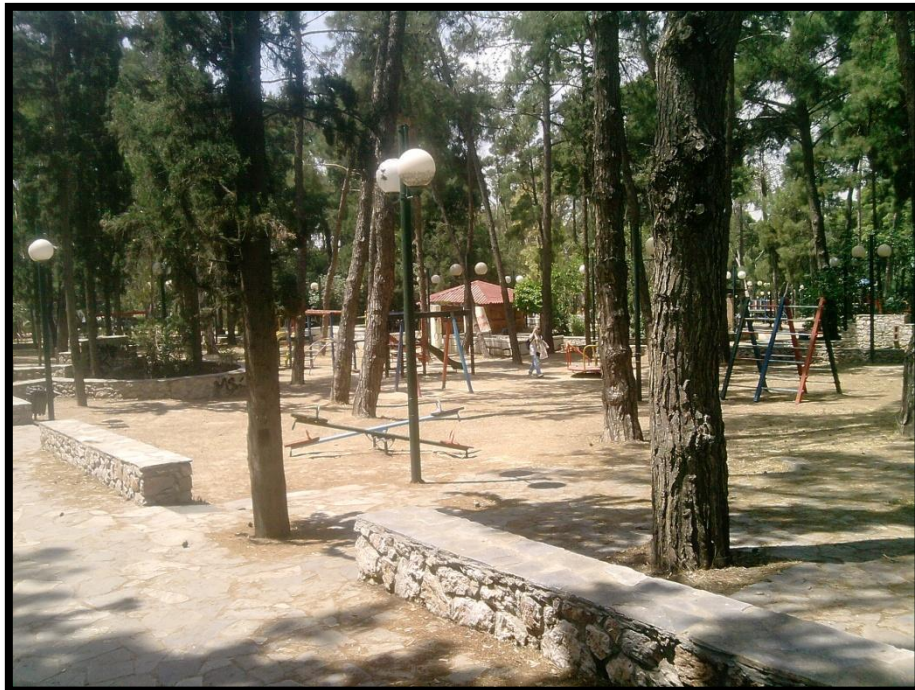


Το άλσος ανήκει χωροταξικά εξολοκλήρου στο δήμο Νέας Φιλαδέλφειας, συνορεύει όμως στην βορειοανατολική πλευρά του με τον δήμο Νέας Ιωνίας. Όσον αφορά την βλάστηση του σήμερα, αυτή αποτελείται κατά το μεγαλύτερο μέρος της από πεύκα (*Pinus halepensis*), με λίγα διάσπαρτα κυπαρίσσια (*Cupressus sempervirens*) και ευκαλύπτους (*Eucalyptus rostrata*) στο κέντρο και στην περιφέρεια αυτού (Ποντίκης,1996). Μόνο η περιοχή της λίμνης, που βρίσκεται δίπλα στο κοσμικό κέντρο «Κένταυρος», αποτελείται από μεγαλύτερη ποικιλία φυτικών ειδών, τα οποία καταγράφονται εν συνεχεία (πίν.5) και είναι ο μοναδικός αρδευόμενος χώρος μέσα στο άλσος, η έκταση του οποίου όμως δεν υπερβαίνει το 1,5-2% της συνολικής έκτασης του άλσους.

Η παρούσα εργασία διεξήχθη σε δύο διαφορετικά τμήματα του άλσους της Ν.φιλαδέλφειας. Το πρώτο βρίσκεται στην περιοχή της λίμνης στο βορειοανατολικό τμήμα του άλσους (εικ.1) , ενώ το δεύτερο, στην παιδική χαρά στο νοτιοδυτικό τμήμα (είκ.2)



Εικόνα 1. Άποψη λίμνης του άλσους της Ν.Φιλαδέλφειας



Εικόνα 2. Άποψη παιδικής χαράς του άλσους της Ν.Φιλαδέλφειας

Πίνακας 5.Είδη βλάστησης στο Άλσος της Ν. Φιλαδέλφειας.

ΔΕΝΔΡΑ		
ΚΟΙΝΗ ΟΝΟΜΑΣΙΑ	ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗ ΟΝΟΜΑΣΙΑ	ΟΙΚΟΓΕΝΕΙΑ
Βραχυχίτων ο σφενδαμόφυλλος	<i>Brachychiton acerifolium</i>	<i>Sterculiaceae</i>
Ελιά	<i>Olea europea</i>	<i>Oleaceae</i>
Ευκάλυπτος	<i>Eucalyptus rostrata</i>	<i>Myrtaceae</i>
Κυπαρίσσι	<i>Cupressus sempervirens</i>	<i>Cupressaceae</i>
Λεύκη η αργυρόφυλλη	<i>Populus alba</i>	<i>Salicaceae</i>
Πεύκη η χαλέπιος	<i>Pinus halepensis</i>	<i>Pinaceae</i>
Πλάτανος	<i>Platanus orientalis</i>	<i>Platanaceae</i>
Πορτοκαλιά	<i>Citrus sinensis</i>	<i>Rutaceae</i>
Φοίνικας ο Κανάριος	<i>Phoenix canariensis</i>	<i>Phoenicaceae</i>
Χαμαίρωψ	<i>Chamaerops excelsa</i>	<i>Palmaceae</i>
ΘΑΜΝΟΙ		
ΚΟΙΝΗ ΟΝΟΜΑΣΙΑ	ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗ ΟΝΟΜΑΣΙΑ	ΟΙΚΟΓΕΝΕΙΑ
Αγγελική	<i>Pittosporum tobira</i>	<i>Pittosporaceae</i>
Βερβερίς	<i>Berberis thunbergii</i>	<i>Berberidaceae</i>
Βιβούρνο	<i>Viburnum tinus</i>	<i>Caprifoliaceae</i>
Κάλλιστη μονάζ	<i>Callistemon lanceolatus</i>	<i>Myrtaceae</i>
Κορδυλίνη	<i>Cordyline austral is</i>	<i>Agavaceae</i>
Λαντάνα	<i>Lantana camara</i>	<i>Verberaceae</i>
Λιγούστρο	<i>Ligustrum japonicum</i>	<i>Oleaceae</i>
Πικροδάφνη	<i>Nerium oleander</i>	<i>Apocynaceae</i>
Τούγια	<i>Thuja occidentalis</i>	<i>Cupressaceae</i>

## **2.Μεθοδολογία**

### **2.1 Απαραίτητες εργασίες για την διεξαγωγή των μετρήσεων**

Σε πρώτο στάδιο, πραγματοποιήθηκε η συγκέντρωση των απαραίτητων πληροφοριών, όπως τοπογραφικοί, χάρτες χρήσεων γης , καθώς και το οδικό δίκτυο της ευρύτερης περιοχής του άλσους της Νέας Φιλαδέλφειας, με σκοπό τον προσδιορισμό των θέσεων για την διεξαγωγή των μετρήσεων. Στη συνέχεια, επιλέχθηκαν τα επιστημονικά όργανα τα οποία θα χρησιμοποιούνται για τη λήψη δεδομένων, από τα οποία και πρόεκυψε ο τελικός χαρακτηρισμός του μικροκλίματος των επιλεγμένων θέσεων μέτρησης.

### **2.2 Κριτήρια επιλογής θέσεων εγκατάστασης οργάνων μέτρησης μετεωρολογικών παραμέτρων**

Οι θέσεις εγκατάστασης οργάνων μέτρησης μετεωρολογικών παραμέτρων (είκ.3) επιλέχθηκαν, με σκοπό την πλήρη κάλυψη της περιοχής, την μελέτη των βιοκλιματικών συνθηκών που δημιουργούνται τοπικά, καθώς και την καταγραφή της δυσφορίας που προκαλείται στους περαστικούς και στους θαμώνες του πάρκου. Βάση των προαναφερθέντων κριτηρίων το πρώτο σημείο εγκατάστασης των μετεωρολογικών οργάνων που επιλέχθηκε ήταν αυτό της λίμνης (σημείο 1), όπου και συγκεντρώνεται μεγάλος αριθμός επισκεπτών. Το δεύτερο σημείο που επιλέχθηκε για την εγκατάσταση των μετεωρολογικών οργάνων ήταν αυτό της παιδικής χαράς (σημείο 2), το οποίο παρουσιάζει αυξημένη επισκεψιμότητα κυρίως τα σαββατοκύριακα.



Εικόνα 3. Απόψη άλσους Ν.Φιλαδέφειας και σημείων εγκατάστασης μετεωρολογικών οργάνων

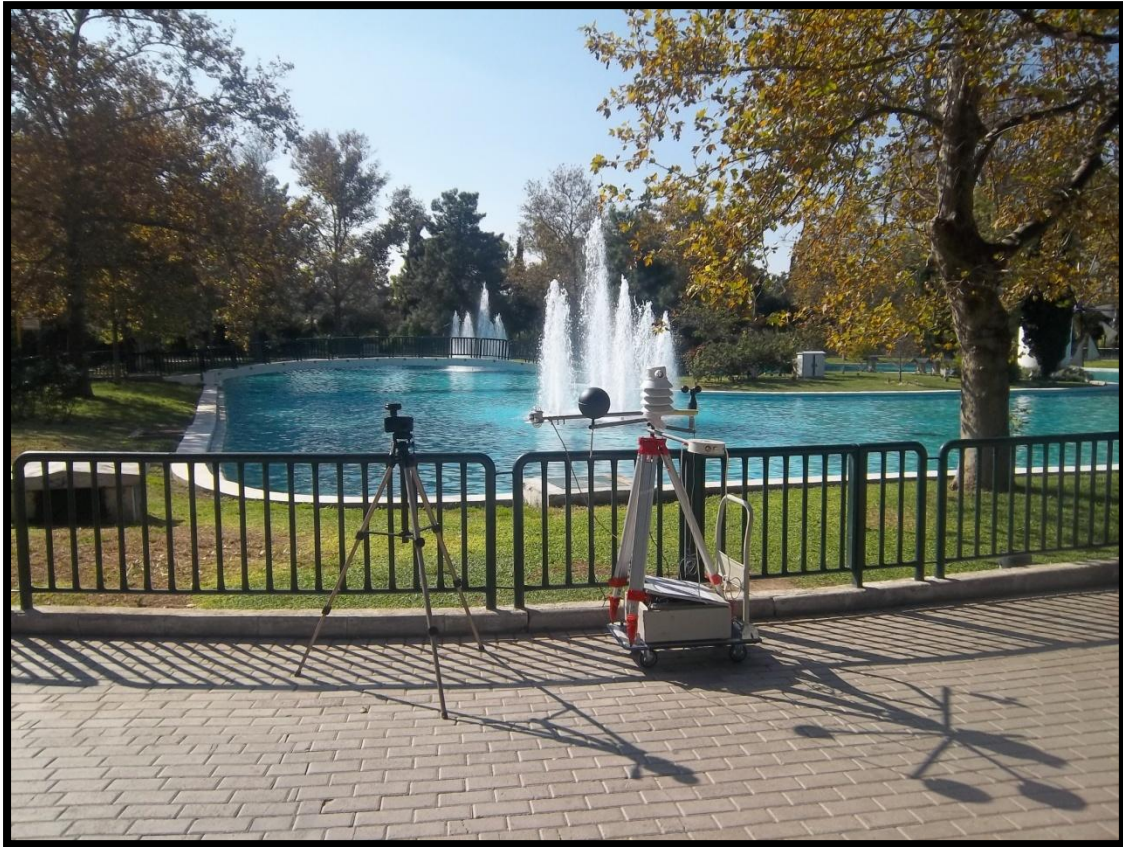
## 2.3 Επιλογή μετεωρολογικών οργάνων

Τα όργανα που επιλέχτηκαν, με στόχο τη σωστή απεικόνιση του μικροκλίματος του πάρκου ήταν κατά σειρά τα εξής:

1. Θερμόμετρο
2. Υγρασιόμετρο
3. Πυραδιόμετρο
4. Ανεμόμετρο
5. Αλμπεντόμετρο
6. Δέκτης θερμοκρασίας εδάφους
7. Δέκτης θερμοκρασίας επιφανείας

Όλα τα όργανα συνδέθηκαν σε ένα ολοκληρωμένο σύστημα φορητού μικρομετεωρολογικού σταθμού μέσω ενός ψηφιακού καταγραφέα μετρήσεων (data logger- DL2e) της εταιρείας Delta-T devices. Το DL2e είναι συμβατό με κάθε τύπου όργανο, αφού μπορεί και αποδίδει τα

*Ο Μικρομετεωρολογικός Σταθμός*



δεδομένα, όταν αυτά προέρχονται από ηλεκτρική τάση, από θερμική αντίσταση, από συχνότητα, ή από μία απλή αλλαγή κατάστασης. Το καταγραφικό αυτό σύστημα μπορεί και αποθηκεύει έως και 128 χιλιάδες διαφορετικές μετρήσεις, καθ'όλη τη διάρκεια του εικοσιτετραώρου.

Πιο αναλυτικά, το θερμομέτρο, με το οποίο επιτυγχάνεται ο προσδιορισμός της θερμοκρασίας περιβάλλοντος, μπορεί και καταγράφει τιμές, οι οποίες κυμαίνονται από  $-20^{\circ}\text{C}$  έως  $80^{\circ}\text{C}$  και η ευαισθησία του είναι της τάξης των 10 mV. Το γεγονός αυτό μας καταδεικνύει τη μεγάλη ακρίβεια του οργάνου που ισούται με  $\pm 0,5\%$  της ένδειξης. Στο σημείο αυτό πρέπει να σημειωθεί πως η όποια απόκλιση των οργάνων είναι δικαιολογημένη και έως ένα βαθμό επιθυμητή, καθώς αυτή εξαλείφεται με την βαθμονόμηση που ακολούθησε της διαδικασίας και θα αναλυθεί στο επόμενο κεφάλαιο. Το υγρόμετρο είναι το όργανο με το οποίο μετράμε τη σχετική υγρασία του περιβάλλοντος αέρα. Αυτό μπορεί να γίνει και με το ξηρό-υγρό θερμομέτρο αλλά η διαδικασία γίνεται πολύ πιο εύκολα με τα υγρόμετρα τα οποία μας παρέχουν απευθείας την τιμή της σχετικής υγρασίας. Στο εσωτερικό του οργάνου συνήθως υπάρχουν τρίχες οι οποίες ανάλογα με τα ποσοστά της σχετικής υγρασίας συστέλλονται (χαμηλή υγρασία) ή διαστέλλονται (υψηλή υγρασία). Μέσω κατάλληλης διάταξης μοχλών η κίνηση αυτή μεταδίδεται σε ένα δείκτη ο οποίος πάνω σε μία βαθμονομημένη κλίμακα μας δείχνει τα ακριβή ποσοστά της σχετικής υγρασίας. Έτσι, το υγρόμετρο ή υγρασιόμετρο κατέχει ένα εύρος μετρήσεων από 0 έως 100% της υγρασίας περιβάλλοντος. Η απόκλιση του οργάνου μετρημένη στους  $23^{\circ}\text{C}$ , ισούται με  $\pm 2\%$  RH και η ευαισθησία του είναι της τάξης των 10 mV. Τέλος, ο χρόνος απόκρισης τόσο στο θερμομέτρο, όσο και στο υγρόμετρο είναι  $t < 10\text{s}$ . Για τη μέτρηση της ακτινοβολίας χρησιμοποιήσαμε το αλμπεντόμετρο, το οποίο μετρά τόσο την προσπίπτουσα ακτινοβολία, όσο και την ανακλώμενη (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 επιφανείας. Ακόμα το εύρος λειτουργίας υπολογίζεται από 0 έως  $2000\text{ W/m}^2$  και η αντίστοιχη μικρού μήκους κύματος ακτινοβολίας από 0,305 έως 2,8  $\mu\text{m}$ . Σημαντικό παράγοντα που αποδεικνύει την ακριβή μέτρηση που λαμβάνει το αλμπεντόμετρο είναι η μεγάλη του ευαισθησία που κυμαίνεται από 9 έως 15  $\mu\text{V}$  ή  $\text{W/m}^2$ . Ο δέκτης της θερμοκρασίας εδάφους και ο αντίστοιχος δέκτης της θερμοκρασίας επιφανείας ακολουθούν τις ίδιες προδιαγραφές. Η αντίσταση που περιλαμβάνουν είναι μετρημένη στα 2000 Ohm σε θερμοκρασία περιβάλλοντος  $25^{\circ}\text{C}$ . Η σταθερότητα των οργάνων υπολογίζεται στους  $\pm 0,2^{\circ}\text{C}$  για κάθε οχτώ χρόνια με μια μέση λειτουργία στους  $25^{\circ}\text{C}$ . Η συνολική ακρίβεια με την οποία καταγράφουν τις θερμοκρασίες και τα δύο όργανα έχει υπολογιστεί ως  $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$  σε θερμοκρασία λειτουργίας από  $0-70^{\circ}\text{C}$ . Το ανεμόμετρο είναι το όργανο με το οποίο μετράμε την ένταση του ανέμου. Ο πιο

διαδεδομένος τύπος ανεμομέτρου είναι το κυπελλοφόρο ανεμόμετρο το οποίο αποτελείται από τρία ημισφαιρικά κύπελλα τα οποία περιστρέφονται λόγω του ανέμου. Η περιστροφή αυτή μέσω ενός κατακόρυφου άξονα μεταδίδεται στη συσκευή με τη βοήθεια της οποίας διαβάζουμε την ένταση του ανέμου σε μποφόρ, κόμβους, km/h ή m/s. Το ανεμόμετρο που χρησιμοποιήθηκε ήταν κυπελλοφόρο με μεγάλη ακρίβεια (+/- 0,3) και το εύρος των μετρήσεων του υπολογίζεται από 0.3 έως 75 m/s.

### 3. Βαθμονόμηση μετεωρολογικών οργάνων

#### 3.1 Βαθμονόμηση Αισθητήρων Θερμοκρασίας

Για την βαθμονόμηση των αισθητήρων θερμοκρασίας χρησιμοποιήθηκε υδρόψυκτος θάλαμος βαθμονόμησης τριπλού σημείου ύδατος. Ο θάλαμος αυτός διαθέτει ειδική υποδοχή στον οποίο τοποθετούνται οι προς βαθμονόμηση αισθητήρες μαζί με πρότυπο θερμόμετρο το οποίο υπακούει στην Διεθνή Κλίμακα Θερμοκρασίας 1990 (ITS-90). Στη συνέχεια ρυθμίζεται η θερμοκρασία του θαλάμου και λαμβάνονται μετρήσεις σε διάφορα σημεία σύγκρισης που καλύπτουν την ζητούμενη περιοχή τιμών. Σε κάθε σημείο καταγράφονται οι ενδείξεις όλων των αισθητήρων έτσι ώστε να προσδιοριστεί η σχέση των αισθητήρων με την Διεθνή Κλίμακα Θερμοκρασίας 1990 (πίν.6). Για τους σκοπούς της παρούσας εργασίας και τις συνθήκες κάτω από τις οποίες θα λαμβάνονταν οι μετρήσεις πεδίου, επιλέχθηκαν πέντε σημεία σύγκρισης και καταγράφηκαν οι αντίστοιχες τιμές, ως ακολούθως:

Πίνακας 6. Σημεία σύγκρισης

Αισθητήρας	Σημείο 1 1,5 °C	Σημείο 2 5 °C	Σημείο 3 15 °C	Σημείο 4 24 °C	Σημείο 5 25 °C	Σημείο 6 40 °C
Πρότυπο	-0,83	5,14	14,80	23,68	24,59	39,20
Thermistor	-0,31	5,27	14,28	23,31	23,89	38,12
Tglobe	0,68	6,77	16,22	24,94	25,85	40,32
IRT	-0,22	5,7	15,15	23,95	24,69	39,08
TG2				23,76	24,65	39,37
TSS				23,69	24,54	39,09

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

Η διαδικασία ανάλυσης είναι η ακόλουθη:

- Στρογγυλοποιούνται οι ενδείξεις στο όριο ακρίβειας των οργάνων.



- Υπολογίζονται οι διορθώσεις σύμφωνα με τη σχέση :  $\Delta T = T_{\text{πρωτ}} - T_{\text{θερμ}}$ , για κάθε θερμόμετρο.
- Πραγματοποιείται ανάλυση πολλαπλής παλινδρόμησης, προσαρμόζοντας πολωνομική συνάρτηση 1<sup>ου</sup> βαθμού στις διορθώσεις  $\Delta T$ , με ανεξάρτητη μεταβλητή τις ενδείξεις του προς βαθμονόμηση θερμομέτρου.

Αφού ολοκληρώθηκε η επεξεργασία των αποτελεσμάτων, προέκυψαν οι ακόλουθοι διορθωτικοί συντελεστές για κάθε αισθητήρα:

Thermistor:  $\Delta T = -0,34647 + 0,039194 * T_{\text{air}}$

Tglobe:  $\Delta T = -1,47 + 0,000006 * T_{\text{globe}}$

IRT:  $\Delta T = -0,64 + 0,019 * IRT$

όπου  $T_{\text{air}}$  η έξοδος του αισθητήρα θερμοκρασίας αέρα,  $T_{\text{globe}}$  η έξοδος του θερμομέτρου μελανής σφαίρας και  $IRT$  η έξοδος του θερμομέτρου του πυραδιομέτρου. Οι αισθητήρες θερμοκρασίας εδάφους TG2 και θερμοκρασίας επιφάνειας TSS, συμφωνούσαν με τις τιμές του πρότυπου θερμομέτρου και δεν απαιτούν συντελεστή διόρθωσης.

### 3.2 Βαθμονόμηση Υγρομέτρου

Για την ρύθμιση του υγρομέτρου χρησιμοποιήθηκαν κεκορεσμένα διαλύματα εργασίας, των οποίων οι τάσεις των υδρατμών είναι ιχνηλάσιμες. Ο αισθητήρας τοποθετείται διαδοχικά στα διαλύματα υψηλής και χαμηλής σχετικής υγρασίας και καταγράφονται οι αποκλίσεις μεταξύ της ένδειξης του αισθητήρα και της τυπικής τιμής της σχετικής υγρασίας πάνω από το διάλυμα, για την συγκεκριμένη θερμοκρασία.

Τα διαλύματα που χρησιμοποιούνται είναι τα εξής:

- Κεκορεσμένο διάλυμα θειικού καλίου ( $K_2SO_4$ ).  
Καθαρότητα άλατος: >99% (ACS,ISO)  
Εύρος σχετικής υγρασίας: 98,2% έως 96,1% (10 °C έως 45 °C)  
Χρόνος αποκατάστασης ισορροπίας: 8 hours
- Κεκορεσμένο διάλυμα χλωριούχου νατρίου (NaCl).  
Καθαρότητα άλατος: >99,5% (ACS,ISO)  
Εύρος σχετικής υγρασίας: 75,7% έως 74,5% (10 °C έως 45 °C)  
Χρόνος αποκατάστασης ισορροπίας: 5 min

- Κεκορεσμένο διάλυμα χλωριούχου λιθίου (LiCl).

Καθαρότητα άλατος: >98%

Εύρος σχετικής υγρασίας: 11,3% έως 11,2% (10 °C έως 45 °C)

Χρόνος αποκατάστασης ισορροπίας: 5 min

Η ενδείξεις του υγρομέτρου και οι τυπικές τιμές τις σχετικής υγρασίας των διαλυμάτων, φαίνονται στον Πίνακα 7:

Πίνακας 7. Χαρακτηριστικά υγρόμετρου

Διάλυμα	Θερμοκρασία	Τιμή αναφοράς	Ένδειξη Υγρομέτρου
NaCl	24 °C	75,4%	68,9%
LiCl	24 °C	11,3%	13,75%
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	24 °C	97,3%	95,7%

Στη συνέχεια υπολογίστηκαν οι αποκλίσεις και με τη μέθοδο της παλινδρόμησης υπολογίστηκε ο διορθωτικός συντελεστής:  $x = -2,114 + 0,067x$ , όπου x η έξοδος του υγρομέτρου.

### 3.3 Βαθμονόμηση Οργάνων Ηλιακής Ακτινοβολίας

Σκοπός της βαθμονόμησης των οργάνων μέτρησης της ηλιακής ακτινοβολίας, είναι ο προσδιορισμός της σχέσης τους ως προς την ισχύουσα Διεθνή Πρακτική Κλίμακα Θερμοκρασίας (IPTS) ή την Παγκόσμια Ραδιομετρική Κλίμακα (WRR). Ο αριθμός των σημείων σύγκρισης, καθορίζεται από τα αντίστοιχα διεθνή πρότυπα. Τα, προς βαθμονόμηση, όργανα τοποθετούνται σε οριζόντια επιφάνεια κοντά στο πρότυπο όργανο και σε κατά το δυνατόν οριζόντια θέση. Για σταθερά ανέφελο ουρανό λαμβάνονται στιγμιαίες μετρήσεις της ηλεκτρικής τάσεις στην έξοδο των οργάνων. Για την βαθμονόμηση του αλμπεντόμετρου και του πυραδιόμετρου, ελήφθησαν 30 ομάδες των 21 σημείων για κάθε έξοδο του οργάνου (albur, albdown, pirup, pirdown) σε διάστημα δύο ημερών. Με την συμπλήρωση της συλλογής των στοιχείων, έγινε η ανάλυση των αποτελεσμάτων, έτσι ώστε να εξαχθεί η σχέση μεταξύ του πρότυπου οργάνου και των υπό βαθμονόμηση οργάνων. Για τον σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκαν οι στατιστικές αναλύσεις του λογισμικού EXCEL.

Η διαδικασία ανάλυσης και για τα δύο όργανα, είναι η ακόλουθη:

Για την μέτρηση  $i$  κάθε ομάδας μετρήσεων  $j$ , υπολογίστηκαν οι λόγοι:

$$F(ij) = \frac{V_R(ij)}{V_F(ij)} \cdot F_R$$

όπου  $V_R(ij)$  και  $V_F(ij)$  οι τάσεις εξόδου του πρότυπου και του υπό βαθμονόμηση οργάνου αντίστοιχα και  $F_R$  ο συντελεστής βαθμονόμησης του πρότυπου οργάνου σε  $W/m^2/\mu V$ .

Για κάθε  $n$  ομάδα μετρήσεων,  $j$ , υπολογίστηκαν οι συντελεστές βαθμονόμησης του οργάνου :

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

Μετρήσεις για τις οποίες ο συντελεστής  $F(ij)$  διέφερε από τον αντίστοιχο  $F(j)$  περισσότερο από  $\pm 2\%$  απορρίφθηκαν και η διαδικασία υπολογισμού των  $F(j)$ , επαναλήφθηκε.

Ο τελικός συντελεστής βαθμονόμησης προέκυψε από την μέση τιμή των συντελεστών  $F(j)$ , ως ακολούθως:

#### Αλμπεντόμετρο

- Προσπίπτουσα (Albup): 26,46  
Η τελική τιμή του οργάνου προκύπτει από τη σχέση:  $x1000/26,46$
- Ανακλώμενη (Albdown): 11,02  
Η τελική τιμή του οργάνου προκύπτει από τη σχέση:  $x1000/11,02$

όπου  $x$  η έξοδος του οργάνου.

#### Πυραδιόμετρο

- Ανακλώμενη (IRUP): 57,5763  
Η τελική τιμή του οργάνου προκύπτει από τη σχέση:  
 $IRUP = (x1000/57,5763) + \sigma T_{IR}^4 - Albup$
- Εκπεμπόμενη (IRDN): 47,76  
Η τελική τιμή του οργάνου προκύπτει από τη σχέση:  
 $IRDN = (x1000/47,76) + \sigma T^4 - Albdown$

όπου

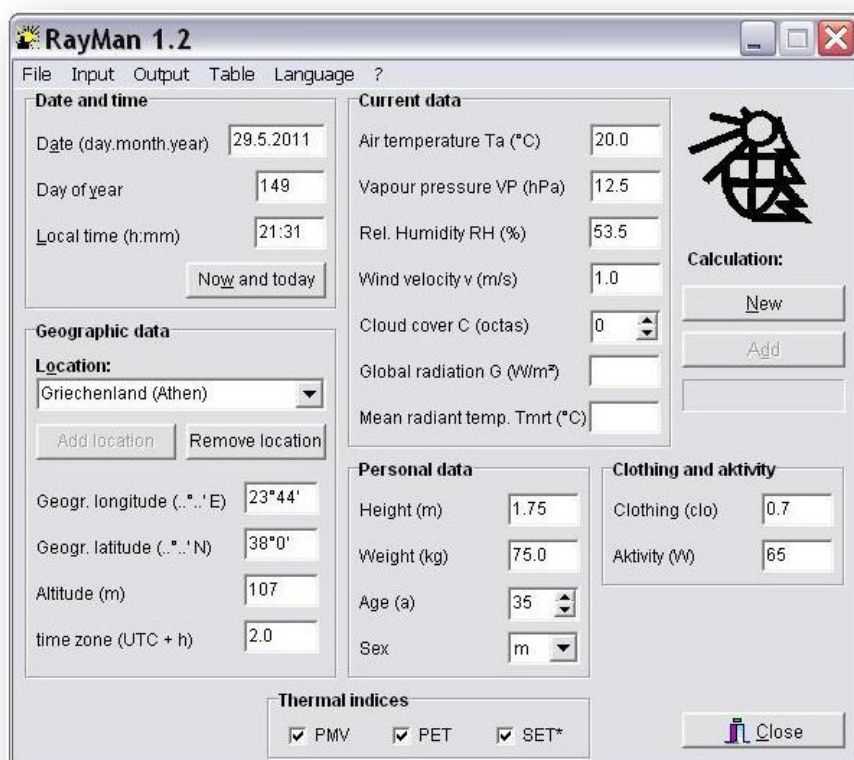
$x$ : η έξοδος του οργάνου

$\sigma$ :  $5,58 \cdot 10^{-8}$ , σταθερά

$T_{IR}$ : η θερμοκρασία του οργάνου, σε βαθμούς Kelvin.

#### 4. Μοντέλο Rayman & SVF για τις θέσεις εγκατάστασης των οργάνων μέτρησης

Το μοντέλο RayMan (είκ.4) υπολογίζει τις ατμοσφαιρικές ενεργειακές ροές στο ανθρώπινο σώμα, που προκαλούνται από τη δράση της ηλιακής και της γήινης ακτινοβολίας. Το μοντέλο αυτό, είναι κατάλληλο για εφαρμογές τόσο στις αστικές περιοχές, οι οποίες χαρακτηρίζονται από μια πολυπλοκότητα στους αστικούς σχεδιασμούς, όσο και σε άλλα περιβάλλοντα μικρής κλίμακας. Το άμεσο αποτέλεσμα της εφαρμογής του μοντέλου RayMan εκφράζεται με τη μέση θερμοκρασία της ακτινοβολίας, ενός μεγέθους που είναι απαραίτητο για την εκτίμηση του θερμικού ισοζυγίου του ανθρώπου και η οποία ορίζεται, για έναν άνθρωπο με καθορισμένη σωματική στάση και ενδυμασία, ως η αντίστοιχη μέση θερμοκρασία μέλανος σώματος, στο οποίο θα είχαμε τις ίδιες απώλειες και οφέλη ακτινοβολίας κάτω από όμοιες πραγματικές συνθήκες. Στο λογισμικό του μοντέλου λαμβάνεται υπόψη και το γεωγραφικό μήκος και πλάτος της περιοχής μελέτης. Στην παρούσα μελέτη, η δραστηριότητα του ατόμου ορίστηκε στα 65 W, ενώ ο συντελεστής ένδυσης σε 0,7 clo. Οι τιμές αυτές επιλέχθηκαν, έτσι ώστε να καλύπτουν το μεγαλύτερο ποσοστό των χρηστών του άλσους της Νέας Φιλαδέλφειας.



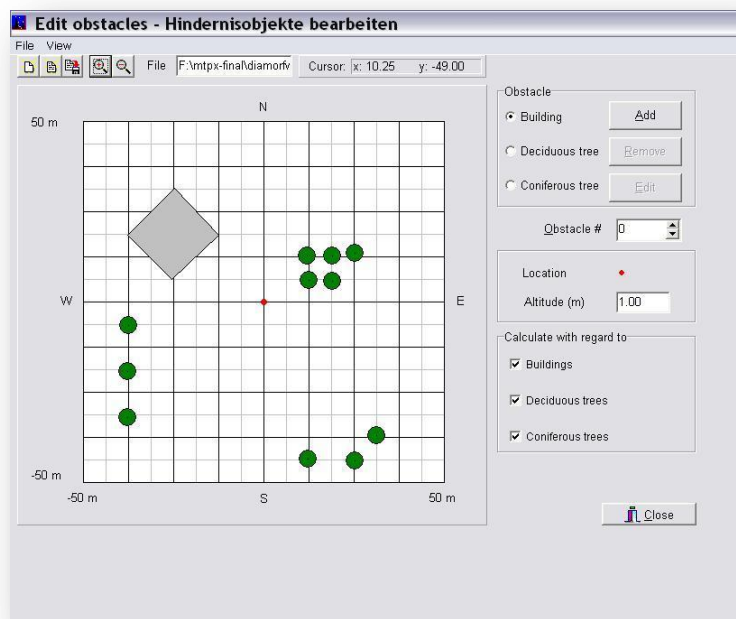
The screenshot shows the RayMan 1.2 software interface with the following data:

Category	Parameter	Value	
Date and time	Date (day.month.year)	29.5.2011	
	Day of year	149	
	Local time (h:mm)	21:31	
Geographic data	Location	Griechenland (Athen)	
	Geogr. longitude (°.''' E)	23°44'	
	Geogr. latitude (°.''' N)	38°0'	
	Altitude (m)	107	
	time zone (UTC + h)	2.0	
	Current data	Air temperature Ta (°C)	20.0
		Vapour pressure VP (hPa)	12.5
Rel. Humidity RH (%)		53.5	
Wind velocity v (m/s)		1.0	
Cloud cover C (octas)		0	
Global radiation G (W/m²)			
Personal data	Height (m)	1.75	
	Weight (kg)	75.0	
	Age (a)	35	
	Sex	m	
	Clothing and activity	Clothing (clo)	0.7
Activity (W)		65	
Thermal indices	PMV	<input checked="" type="checkbox"/>	
	PET	<input checked="" type="checkbox"/>	
	SET*	<input checked="" type="checkbox"/>	

Εικόνα 4. Περιβάλλον βιομετεωρολογικού λογισμικού Rayman1.2

Το ισοζύγιο ακτινοβολίας, με τη σειρά του, αποτελεί το βασικό στοιχείο για την εκτίμηση του θερμικού άνθρωποβιοκλίματος, το οποίο, ως γνωστό, μπορεί να εκφραστεί στη συνέχεια, μέσα από σειρά θερμικών δεικτών, όπως η Predicted Mean Vote (PMV), η Physiological Equivalent Temperature (PET) και η Standard Effective Temperature (SET\*). Το μοντέλο υπολογίζει και τα δομικά στοιχεία της υπό μελέτης περιοχής, καθώς και τις θερμοκρασίες που αναπτύσσονται τοπικά. Για τον λόγο αυτό, συνυπολογίζεται η διαμόρφωση του περιβάλλοντα χώρου μέσω του βιομετεωρολογικού λογισμικού, Rayman 1.2 καθώς και ο συντελεστής θέασης του ουράνιου θόλου (Sky View Factor). Έτσι λοιπόν η διαμόρφωση, αποτελεί σημαντικό παράγοντα για τα αποτελέσματα που προκύπτουν.

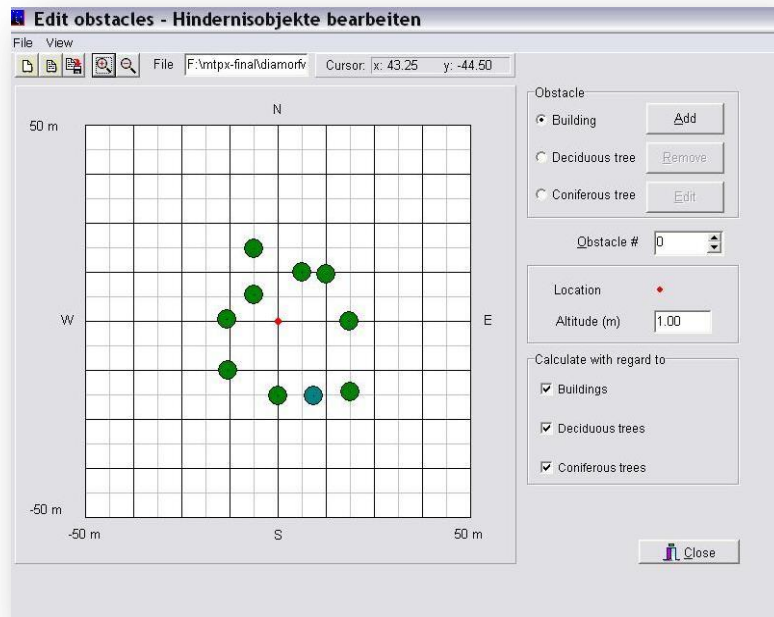
Στην εικόνα 5. αποτυπώνεται η διαμόρφωση του περιβάλλοντα χώρου στο σημείο1 (περιοχή λίμνης). Στην περίπτωση αυτή, το μοντέλο συνυπολογίζει και την αλληλεπίδραση των δομικών στοιχείων του κτιρίου της καφετέριας που υφίσταται στο χώρο διεξαγωγής των μετρήσεων.



Εικόνα 5. Απεικόνιση διαμόρφωσης σημείου 1, μέσω του λογισμικού Rayman 1.2

Η διαμόρφωση στο σημείο 2 (παιδική χαρά) αλλάζει αισθητά, αφού δεν επηρεάζεται από κάποια κτιριακή εγκατάσταση, παρά μόνο από την ύπαρξη πλήθους δέντρων, τα οποία βρίσκονται σε μικρή απόσταση μεταξύ τους (είκ.6). Αξίζει να σημειωθεί πως η περιοχή γύρω από την παιδική χαρά, είναι στο σύνολό της απαλλαγμένη από το πλακόστρωτο που κοσμεί την υπόλοιπη περιοχή του άλσους. Το έδαφος σε αυτή την περιοχή αποτελείται κυρίως από

χώμα και χαμηλής βλάστησης φυτά. Το γεγονός αυτό αναμένεται να επιδρά θετικά, όσο αφορά την ανάκλαση του ηλιακού φωτός στο σημείο 2.



Εικόνα 6. Απεικόνιση διαμόρφωσης σημείου 2, μέσω του λογισμικού Rayman 1.2

Ο συντελεστής 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. Είναι έτσι ένα μέσο υπολογισμού του ποσοστού του ουρανού, που είναι ορατός από μια θέση μέσα στο αστικό τοπίο. Αυτό πετυχαίνεται με τη μέτρηση της στερεάς γωνίας της θέασης του ουρανού από μια θέση του αστικού χώρου. Επίσης, αντιπροσωπεύει μια εκτίμηση της ορατής περιοχής του ουρανού, που φαίνεται από ένα σημείο πάνω στην επιφάνεια της γης. Σύμφωνα με τον Oke (2001), ο SVF θεωρείται ως το σύνολο του ορατού ουράνιου θόλου από τη θέση του παρατηρητή. Για τον υπολογισμό της παραμέτρου αυτής χρησιμοποιήθηκε κατάλληλος φωτογραφικός φακός τύπου Fish-eye (υπερευρυγώνιος 180°) (είκ.7).



Εικόνα 7. Ευρυγώνιος φακός τύπου fish-eye

Η φωτογραφία που αποτυπώνεται με το συγκεκριμένο φακό είναι ημισφαιρικής μορφής. Κατόπιν επεξεργασίας, η εικόνα μετατρέπεται σε ασπρόμαυρη συγκεκριμένων διαστάσεων. Ακολούθως, η εικόνα αυτή εισέρχεται στο βιομετεωρολογικό λογισμικό Rayman 1.2, με το οποίο υπολογίζεται η τιμή του συντελεστή SVF για το κάθε σημείο μέτρησης (Matzarakis and Mayer, 2000; Gulyas *et al*, 2003; Andrade, 2003). Με τη βοήθεια του συντελεστή SVF μπορεί να βγει ένα αρχικό συμπέρασμα για τις βιοκλιματικές συνθήκες, που αναμένεται να επικρατούν στο κάθε σημείο εγκατάστασης οργάνων. Οι βιοκλιματικές συνθήκες των διαφόρων θέσεων επηρεάζονται κυρίως από τα φυσικά χαρακτηριστικά και τις χωρικές σχέσεις των στοιχείων, που συνθέτουν το αστικό περιβάλλον των συγκεκριμένων θέσεων. Ο συντελεστής SVF παίρνει τιμές από 0 έως 1. Όταν ο SVF παίρνει την τιμή 1, τότε υπάρχει ανεμπόδιστη θέα προς τον ουρανό και, συνεπώς, οι θερμοκρασίες θα ακολουθούν στενά τις μετεωρολογικές τιμές. Όταν ο SVF παίρνει την τιμή 0, σημαίνει ότι η θέα του ουρανού εμποδίζεται καθολικά και έτσι οι θερμοκρασίες θα επηρεαστούν σημαντικά από την παρατηρούμενη σκίαση και τους παράγοντες που την προκαλούν μέσα στο αστικό περιβάλλον.

Με αυτόν τον τρόπο, υπολογίζεται ο συντελεστής θέασης για τις διάφορες θέσεις εγκατάστασης. Στο Σημείο 1 (είκ.8) η τιμή του SVF ανέρχεται σε 0,423, ενώ στο Σημείο 2 (είκ.9) η τιμή είναι μόλις 0,262. Τα αποτελέσματα αυτά είναι άκρως λογικά αφού στην παιδική χαρά η θέαση του ουράνιου θόλου εμποδίζεται σχεδόν καθολικά από την πληθώρα των πεύκων της περιοχής.



Εικόνα 8. Θέαση ουράνιου θόλου - Σημείο 1



Εικόνα 9. Θέαση ουράνιου θόλου - Σημείο 2



## **5.Αποτελέσματα- Συζήτηση**

### **5.1 Ανάλυση αποτελεσμάτων**

Στο κεφάλαιο αυτό, αναλύονται οι ημέρες μετρήσεων ξεχωριστά για κάθε σημείο εγκατάστασης των μετεωρολογικών οργάνων. Αναλύονται τόσο τα πρωτογενή δεδομένα που προκύπτουν από τα καταγραφικά όργανα, όσο και τα αποτελέσματα που προκύπτουν για τους θερμικούς δείκτες PMV, PET και SET, μέσω του βιομετεωρολογικού μοντέλου Rayman 1.2.

#### **5.1.1 Σημείο 1 – Λίμνη**

Οι μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν γύρω από την περιοχή της λίμνης διακρίνονται σε τρεις ημέρες μετρήσεων, με σκοπό να εξεταστεί η θερμική συμπεριφορά του αστικού χώρου σε διαφορετικές μικροκλιματικές συνθήκες, έτσι όπως διαμορφώνεται κατά τη διάρκεια αυτών. Τα αποτελέσματα που προέκυψαν από το σύνολο των μετρήσεων, ανά ημέρα διαμορφώνονται ως εξής:

##### **Ημέρα 1 – 08/10/2010**

Στον Πίνακα 8 παρουσιάζονται οι μικροκλιματικές συνθήκες, στην περιοχή της λίμνης για την πρώτη ημέρα μετρήσεων. Αξίζει να σημειωθεί πως η νέφωση για αυτή τη μέρα ανέρχεται στα 7/8(octas). Πρόκειται λοιπόν, για μια νεφοσκεπή ημέρα, οπού οι μέσες ωριαίες τιμές θερμοκρασίας κυμάνθηκαν από 15,9°C έως 17,7°C. Οι ριπές ανέμου γίνονταν όλο και πιο έντονες ,κατά τη διάρκεια της ημέρας, με αποκορύφωμα τη μεγαλύτερη τιμή ταχύτητας ανέμου, η οποία άγγιξε τα 1,8 m/s στις 12:00.Οι μέσες ωριαίες τιμές της υγρασίας κυμάνθηκαν από 30% έως 40,1%. Η άμεση προσπίπτουσα ακτινοβολία παρουσίασε ιδιαίτερα υψηλή τιμή, 732,8 W/m<sup>2</sup>, στις 12:00, ενώ και η ανακλώμενη ηλιακή ακτινοβολία υπολογίστηκε κατά την ίδια χρονική περίοδο στα 123,7 W/m<sup>2</sup>. Τέλος, η θερμοκρασία εδάφους είχε σαφώς μικρότερες τιμές καθ όλη τη διάρκεια της ημέρας από την αντίστοιχη της επιφάνειας του πλακόστρωτου υλικού που κοσμεί την περιοχή γύρω από τη λίμνη. Στο Παράρτημα δίνονται αποτελέσματα των ηλιακών τροχιών σε πολικά διαγράμματα για χαρακτηριστικές ημέρες των μετρήσεων. Τα διαγράμματα αυτά συγκρίθηκαν και με αντίστοιχα διάγραμματα που κατασκευάστηκαν εξ αρχής με βάση αποτελέσματα αζιμούθιου και ύψους ήλιου που έδωσε η εφαρμογή ειδικού λογισμικού (SUNAE) και με κατάλληλη επίθεση τους σε χάρτη πολικών συντεταγμένων. Τα διαγράμματα αυτά χρησιμοποιήθηκαν για την εξήγηση των μικροκλιματικών και βιοκλιματικών συνθηκών και στη συζήτηση των αντιστοίχων αποτελεσμάτων όπως αυτά παρουσιάζονται και αναλύονται στις επόμενες σελίδες.

Πίνακας 8. Μικροκλιματικές συνθήκες λίμνης-08/10/2010

8/10/2010	Tair (°C)	Rh(%)	Tglobe (°C)	Wind Speed (m/s)	Alb-up (W/m <sup>2</sup> )	Alb-down (W/m <sup>2</sup> )	IR-Up (W/m <sup>2</sup> )	IR-Down (W/m <sup>2</sup> )	Tss (°C)	Tground (°C)
09:00	15,9	32,8	19,2	0,7	187,8	34,8	317,4	387,0	16,8	16,8
10:00	16,0	30,0	22,4	1,4	401,4	71,8	365,6	399,6	19,0	17,4
11:00	17,4	36,0	28,5	1,8	732,8	123,7	350,7	372,4	25,0	19,9
12:00	17,4	40,1	28,7	1,6	712,8	109,0	326,4	371,1	26,3	21,7
13:00	17,7	39,2	29,0	1,3	641,1	93,9	287,5	366,9	26,9	23,3
14:00	16,4	37,3	21,1	1,0	232,0	34,8	288,8	364,1	20,0	19,4

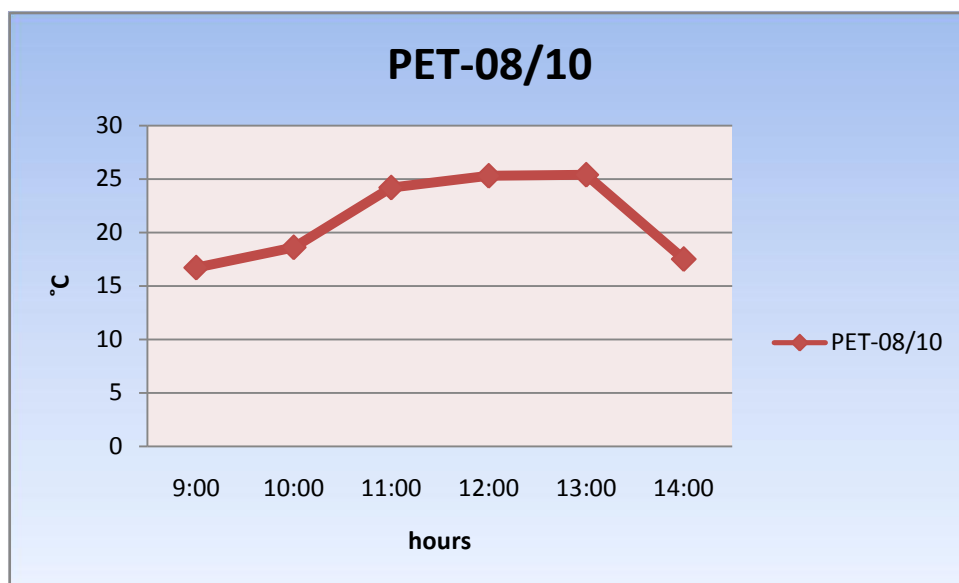
Λαμβάνοντας υπόψη τις καταγεγραμμένες τιμές όλων των προαναφερθέντων παραμέτρων, και μετά από σωστή εισαγωγή αυτών στο βιομετεωρολογικό λογισμικό Rayman 1.2, προέκυψε ο υπολογισμός των θερμικών δεικτών PMV, PET και SET (πίν.9), που αποδίδουν τα επίπεδα θερμικής άνεσης των χρηστών του πάρκου, γύρω από την περιοχή της λίμνης. Όπως προαναφέρθηκε, το μοντέλο συνυπολογίζει και την διαμόρφωση αλλά και το συντελεστή θέασης για το κάθε σημείο εγκατάστασης ξεχωριστά

Πίνακας 9. Αποτελέσματα μοντέλου Rayman 1.2 - 08/10/2010

date	time	Gact (W/m <sup>2</sup> )	Sact(W /m <sup>2</sup> )	Dact(W/ m <sup>2</sup> )	Ts (°C)	Ta (°C)	Tmrt (°C)	PMV	PET (°C)	SET* (°C)
08.10.2010	9:00	188	150	38	20.7	15.9	25.2	-1.8	16.7	14.2
08.10.2010	10:00	401	321	80	25.1	16.0	36.4	-1.6	18.6	15.9
08.10.2010	11:00	733	586	147	33.0	17.4	52.5	-0.3	24.2	22.0
08.10.2010	12:00	713	570	143	33.8	17.4	51.9	-0.1	25.3	22.7
08.10.2010	13:00	641	513	128	33.3	17.7	49.6	-0.1	25.4	22.8
08.10.2010	14:00	232	186	46	22.2	16.4	28.1	-1.7	17.5	14.8

Από την ταξινόμηση των τιμών του δείκτη PMV(πίν.9) προκύπτει πως η ανθρώπινη θερμική αίσθηση για την πρώτη ημέρα χαρακτηρίζεται ως ελαφρά δροσερή κατά τη διάρκεια της ημέρας με τιμές που κυμαίνονται από -1,8 έως -0,1. Ο δείκτης SET λαμβάνει τιμές από 14,2°C έως 22,8°C. Βάση της συσχέτισης τιμών του SET (πίν.4) , ο χαρακτηρισμός της θερμικής αίσθησης του ατόμου μεταβάλλεται από ελαφρά δροσερή έως κρύα. Ο θερμικός

δείκτης που φαίνεται να λειτουργεί καλύτερα και πιο περιγραφικά είναι ο δείκτης PET. Στο διάγραμμα 1. απεικονίζεται η ημερήσια πορεία του δείκτη



Διάγραμμα 1. Ημερήσια πορεία δείκτη PET για 08/10/2010

Οι τιμές που λαμβάνει ο δείκτης είναι από 16,7°C έως 25,4, °C ενώ παρατηρείται μια συνεχής αύξηση των τιμών, καθώς μεταβαίνουμε από τις πρωινές προς τις μεσημεριανές ώρες. Έτσι η θερμική αίσθηση διαμορφώνεται σε 3 στάδια από ελαφρά δροσερή, άνετη μέχρι και ελαφρά θερμή.

## Ημέρα 2 – 17/10/2010

Η δεύτερη μέρα των μετρήσεων στην περιοχή της λίμνης χαρακτηρίζεται ως μέρα ηλιοφάνειας με αρκετά διαστήματα νέφωσης. Οι μικροκλιματικές συνθήκες που αναπτύχθηκαν (πίν.10), παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον, παρουσιάζοντας υψηλές, για την εποχή, θερμοκρασίες (23,4°C -26,1°C), ενώ τα επίπεδα υγρασίας διατηρήθηκαν από 34% έως 47,5%. Ο άνεμος διατηρήθηκε σε χαμηλά επίπεδα με μέγιστη τιμή τα 1,2 m/s στις 13:00. Την ίδια χρονική στιγμή παρατηρήθηκαν οι υψηλότερες τιμές τόσο για την προσπίπτουσα ακτινοβολία (635,5 W/m<sup>2</sup>) όσο και για την ανακλώμενη (106,3 W/m<sup>2</sup>). Όπως είναι φυσικό, η θερμοκρασία επιφανείας παρουσίασε υψηλότερες από την αντίστοιχη του εδάφους, η οποία με τη σειρά της παρουσίασε ιδιαίτερα υψηλή τιμή 30,7°C στις 12:00.

Πίνακας 10. Μικροκλιματικές συνθήκες λίμνης-17/10/2010

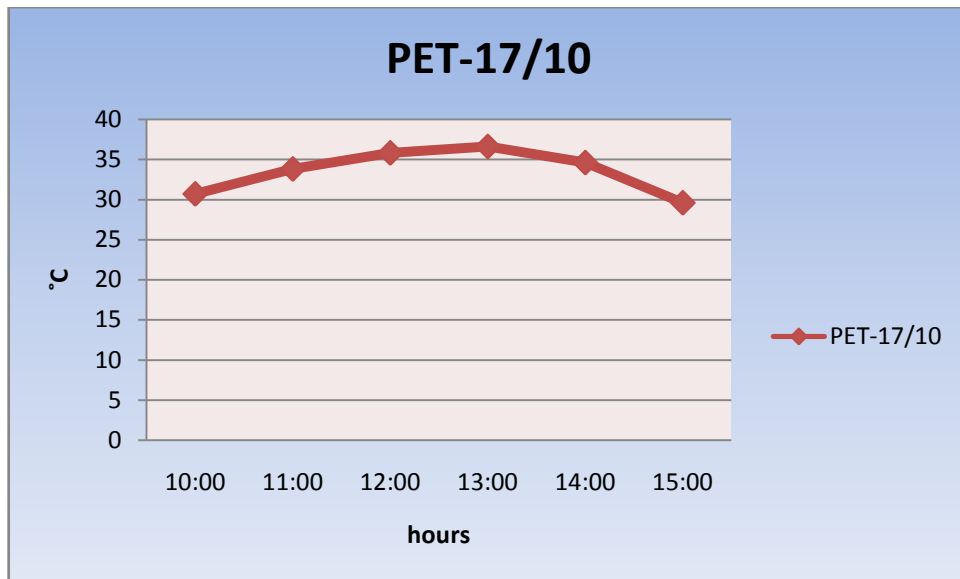
17/10/2010	Tair (°C)	Rh(%)	Tglobe (°C)	Wind Speed (m/s)	Alb-up (W/m <sup>2</sup> )	Alb-down (W/m <sup>2</sup> )	IR-Up (W/m <sup>2</sup> )	IR-Down (W/m <sup>2</sup> )	Tss (°C)	Tground (°C)
10:00	23,4	47,5	36,6	0,7	395,0	79,8	466,3	527,1	27,7	24,4
11:00	24,7	42,6	37,8	0,9	511,3	100,9	414,1	521,9	32,7	28,8

12:00	25,4	40,8	38,7	1,0	583,0	105,7	408,7	508,1	34,4	30,7
13:00	25,8	41,5	38,4	1,2	635,5	106,3	408,8	464,1	34,5	28,6
14:00	25,8	41,3	37,2	1,0	498,6	71,9	411,9	420,2	32,4	25,8
15:00	26,1	34,0	34,4	0,7	239,1	38,5	408,1	416,9	29,4	25,4

Πίνακας 11.Αποτελέσματα μοντέλου Rayman 1.2 - 17/10/2010

date	time	Gact (W/m2)	Sact(W /m2)	Dact(W/ m2)	Ts (°C)	Ta (°C)	Tmrt (°C)	PMV	PET (°C)	SET* (°C)
17.10.2010	10:00	395	316	79	34.7	23.5	44.0	1.4	30.7	26.7
17.10.2010	11:00	511	409	102	38.4	24.8	50.1	2.0	33.8	29.0
17.10.2010	12:00	583	466	117	40.7	25.5	53.7	2.4	35.8	30.6
17.10.2010	13:00	636	508	127	41.4	25.8	56.2	2.5	36.6	31.1
17.10.2010	14:00	499	399	100	38.6	25.8	50.7	2.2	34.6	29.5
17.10.2010	15:00	239	191	48	32.4	26.1	37.9	1.3	29.6	25.3

Στον πίνακα 11 παρουσιάζονται οι τιμές των θερμικών δεικτών για τη δεύτερη ημέρα μετρήσεων στην περιοχή της λίμνης, με τους PMV,PET και SET να παρουσιάζουν ιδιαίτερα υψηλές για την εποχή τιμές. Ο δείκτης PMV κυμάνθηκε από 1,3 έως 2,5 κατά τις μεσημβρινές ώρες. Σύμφωνα με την επταβάθμια κλίμακα της ASHRAE (πίν.1), η ανθρώπινη θερμική αίσθηση διαμορφώνεται από ελαφρά ζεστή έως ζεστή. Ο δείκτης SET έλαβε τιμές από 25,3°C έως 31,1°C, οι οποίες παραπέμπουν σε ελαφρά ζεστή έως ουδέτερη θερμική αίσθηση. Στο σημείο αυτό, αξίζει να σημειωθεί, πως κατά το διάστημα 14:00-15:00 η νέφωση γινόταν σταδιακά πιο έντονη, γεγονός που είχε ως αποτέλεσμα την επίτευξη θερμικής άνεσης στις 15:00 (25,3°C). Ο θερμικός δείκτης PET, φαίνεται να αποδίδει καλύτερα, και κατά τη διάρκεια της δεύτερης μέρας τις διαφοροποιήσεις της θερμικής αίσθησης του ατόμου. Η θερμική αίσθηση διέρχεται από τρία στάδια, ελαφρά θερμό, θερμό και πολύ ζεστό (πίν.3). Οι τιμές του δείκτη κυμαίνονται από 29,6°C έως 36,6°C.



Διάγραμμα 2. Ημερήσια πορεία δείκτη PET για 17/10/2010

### Ημέρα 3 – 24/10/2010

Πρόκειται για μία ημέρα με ηλιοφάνεια, όπου η νέφωση παρουσιάζει τις μικρότερες τιμές από όλες τις υπόλοιπες μέρες μετρήσεων με τιμή μόλις 1/8 (octas). Η θερμοκρασία κυμαίνεται από 16,8°C έως 21,4°C, καθώς μεταβαίνουμε από τις πρωινές στις μεσημβρινές ώρες (πίν.12). Επιπλέον, η υγρασία κυμαίνεται σε φυσιολογικά επίπεδα με τιμές που διαμορφώνονται από 31,4% έως 43,6%, ενώ ο άνεμος δεν παρουσιάζει ιδιαίτερη μεταβολή καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας. Η μεγαλύτερη τιμή της προσπίπτουσας ακτινοβολίας παρατηρείται στις 13:00 (592,1 W/m<sup>2</sup>), ενώ της ανακλώμενης στις 12:00 (105,3 W/m<sup>2</sup>). Η θερμοκρασία εδάφους είναι σαφώς μικρότερη από αυτή της επιφανείας, όπου στην τελευταία παρατηρείται μέγιστη τιμή (33,9°C) στις 14:00.

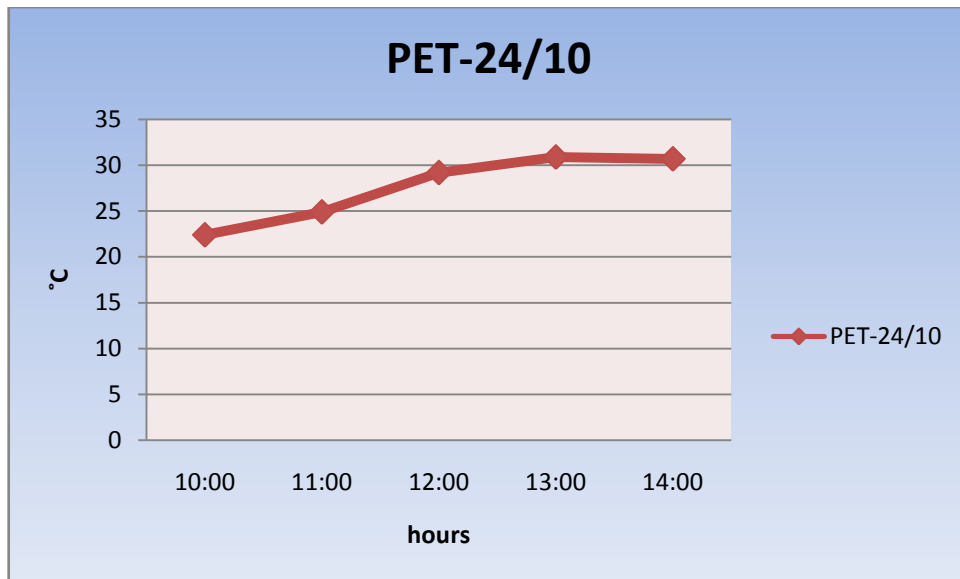
Πίνακας 12. Μικροκλιματικές συνθήκες λίμνης-24/10/2010

24/10/2010	Tair (°C)	Rh(%)	Tglobe (°C)	Wind Speed (m/s)	Alb-up (W/m <sup>2</sup> )	Alb-down (W/m <sup>2</sup> )	IR-Up (W/m <sup>2</sup> )	IR-Down (W/m <sup>2</sup> )	Tss (°C)	Tground (°C)
10:00	16,8	41,8	30,9	0,6	376,5	87,3	425,3	492,4	21,2	18,4
11:00	18,3	43,6	31,7	0,9	493,0	104,5	377,7	443,8	27,0	22,4
12:00	19,8	37,0	34,8	0,8	571,5	105,3	398,8	464,9	31,2	23,9
13:00	20,8	31,4	36,1	0,8	592,1	100,2	376,9	424,0	33,0	25,5
14:00	21,4	30,8	36,3	0,8	545,0	87,7	378,9	375,7	33,9	26,5

Πίνακας 13. Αποτελέσματα μοντέλου Rayman 1.2 - 24/10/2010

date	time	Gact (W/m2)	Sact(W /m2)	Dact(W/ m2)	Ts (°C)	Ta (°C)	Tmrt (°C)	PMV	PET (°C)	SET* (°C)
24.10.2010	10:00	376	301	75	27.5	16.8	36.5	-0.6	22.4	20.5
24.10.2010	11:00	493	394	99	31.3	18.3	43.2	-0.1	24.9	22.4
24.10.2010	12:00	571	457	114	35.4	19.8	48.2	0.8	29.2	25.8
24.10.2010	13:00	592	474	118	36.9	20.8	50.2	1.2	30.9	27.1
24.10.2010	14:00	545	436	109	36.1	21.4	48.9	1.2	30.7	26.9

Στον πίνακα 13 εμφανίζονται αναλυτικά τα αποτελέσματα του μοντέλου Rayman για την τρίτη ημέρα μετρήσεων. Ο θερμικός δείκτης PMV παίρνει τιμές από -0,6 έως 1,2. Αυτό μεταφράζεται από ελαφρά δροσερό έως ελαφρά ζεστό, με τη θερμική άνεση να παρουσιάζεται στις 11:00. Αντίστοιχα τα αποτελέσματα για τον δείκτη SET κυμαίνονται από 20,5°C έως 27,1°C . Ο χρήστης του πάρκου αντιλαμβάνεται θερμικά το περιβάλλον από ελαφρά δροσερό έως ουδέτερο (θερμική άνεση). Τέλος ο δείκτης PET διαχωρίζει και πάλι την θερμική αίσθηση σε τρεις κατηγορίες, δίνοντας έτσι μια πιο ολοκληρωμένη εικόνα για τη θερμική μεταβολή, όπως την αντιλαμβάνεται το ανθρώπινο σώμα. Οι τιμές του δείκτη κυμαίνονται από 22,4°C έως 30,9°C ,έτσι όπως παρουσιάζονται στο διάγραμμα 3 και οι τρεις θερμικές καταστάσεις χωρίζονται σε άνετο, ελαφρά θερμό και θερμό (πίν.3)



Διάγραμμα 3. Ημερήσια πορεία δείκτη PET για 24/10/2010

### 5.1.2 Σημείο 2 – Παιδική χαρά

Το δεύτερο σημείο μετρήσεων βρίσκεται στο νοτιοδυτικό τμήμα του άλσους της Νέας Φιλαδέλφειας και χαρακτηρίζεται κυρίως από την έντονη βλάστηση, η οποία αποτελείται κυρίως από πεύκα. Στο σημείο αυτό, αναμένεται η θερμική αίσθηση του ατόμου να είναι σαφώς καλύτερη σε σύγκριση με την περιοχή της λίμνης, κυρίως λόγω της μεγάλης σκίασης, αλλά και της απουσίας του πλακόστρωτου υλικού.

#### Ημέρα 1 – 09/10/2010

Στον πίνακα 14 παρουσιάζονται οι καταγεγραμμένες τιμές των μετεωρολογικών παραμέτρων που αφορούν την περιοχή της παιδικής χαράς του πάρκου. Πρόκειται για μία νεφοσκεπή ημέρα όπου η νέφωση ανέρχεται στα 5/8 (octas). Η θερμοκρασία κυμαίνεται από 15,9°C έως 19,8°C, ενώ η υγρασία από 34,6% έως 40,5%. Η μεγαλύτερη τιμή της προσπίπτουσας ακτινοβολίας σημειώνεται στις 10:00πμ (450,4 W/m<sup>2</sup>), ενώ η μεγαλύτερη τιμή της ανακλώμενης σημειώνεται στις 13:00μμ (93 W/m<sup>2</sup>). Η θερμοκρασία επιφανείας είναι σαφώς υψηλότερη από την αντίστοιχη της θερμοκρασίας εδάφους καθ' όλη τη διάρκεια της μέρας.

Πίνακας 14. Μικροκλιματικές συνθήκες παιδικής χαράς-09/10/2010

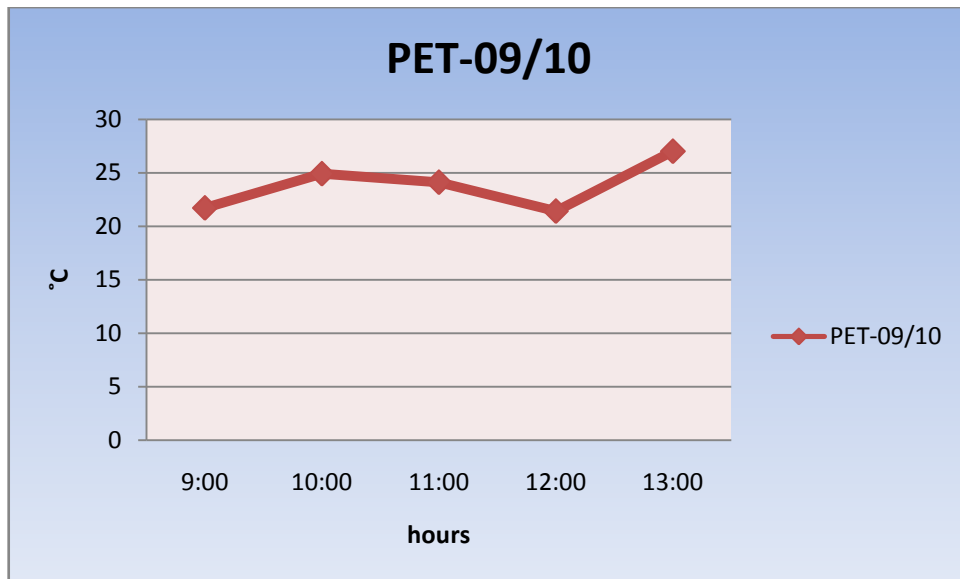
9/10/2010	Tair (°C)	Rh(%)	Tglobe (°C)	Wind Speed (m/s)	Alb-up (W/m <sup>2</sup> )	Alb- down (W/m <sup>2</sup> )	IR-Up (W/m <sup>2</sup> )	IR- Down (W/m <sup>2</sup> )	Tss (°C)	Tground(°C)
09:00	15,9	40,5	26,8	0,6	360,5	79,7	463,2	441,9	21,7	19,8
10:00	17,7	39,8	30,1	0,7	450,4	87,1	321,0	380,3	27,5	22,4
11:00	18,7	37,8	29,9	0,7	382,6	77,8	370,6	365,0	29,2	22,3
12:00	18,3	37,4	25,7	0,7	288,9	64,4	497,5	401,4	25,4	20,0
13:00	19,8	34,6	32,2	0,7	445,7	93,0	399,6	435,2	28,6	20,0

Πίνακας 15. Αποτελέσματα μοντέλου Rayman 1.2 - 09/10/2010

date	time	Gact (W/m <sup>2</sup> )	Sact(W /m <sup>2</sup> )	Dact(W/ m <sup>2</sup> )	Ts (°C)	Ta (°C)	Tmrt (°C)	PMV	PET (°C)	SET* (°C)
09.10.2010	9:00	360	288	72	26.6	15.9	36.4	-0.8	21.7	20.0
09.10.2010	10:00	450	360	90	30.7	17.6	42.0	-0.1	24.9	22.6
09.10.2010	11:00	383	306	77	29.7	18.7	38.6	-0.2	24.1	21.7
09.10.2010	12:00	289	231	58	26.4	18.3	32.9	-0.7	21.4	19.2
09.10.2010	13:00	446	357	89	32.6	19.8	42.8	0.4	27.0	24.0

Τα αποτελέσματα του βιομετεωρολογικού λογισμικού Rayman 1.2 για την πρώτη ημέρα μετρήσεων στην υπό μελέτη περιοχή, καταδεικνύουν τα επίπεδα της θερμικής αίσθησης του ατόμου, εκφραζόμενα από τους θερμικούς δείκτες. Ο δείκτης PMV χαρακτηρίζει την θερμική αίσθηση σε ελαφρά δροσερή, και την θερμική άνεση να επιτυγχάνεται στο διάστημα 10:00-11:00 (πίν.1). Αντίστοιχα, ο δείκτης SET χαρακτηρίζει την ημέρα ως ελαφρά δροσερή με την θερμική άνεση να επιτυγχάνεται στις 13:00. Τέλος ο δείκτης PET χαρακτηρίζει το σύνολο της ημέρας από άνετο έως ελαφρά θερμό. Η ημέρα αυτή αποτελεί χαρακτηριστικό παράδειγμα της ευστοχίας του δείκτη PET, σε σύγκριση με τους άλλους θερμικούς δείκτες. Συγκεκριμένα ο χαρακτηρισμός «ελαφρά θερμό», φαίνεται να συμφωνεί με το σύνολο των ερωτηθέντων για τη συγκεκριμένη μέρα.





Διάγραμμα 4. Ημερήσια πορεία δείκτη PET για 09/10/2010

### Ημέρα 2 – 31/10/2010

Τη δεύτερη ημέρα μετρήσεων παρατηρήθηκαν ιδιαίτερα χαμηλές θερμοκρασίες στην περιοχή της παιδικής χαράς. Η θερμοκρασία κυμάνθηκε από 12,9°C έως 19,1°C, ενώ η υγρασία από 32,2% έως 52,9%. Τα επίπεδα της προσπίπτουσας ακτινοβολίας κυμάνθηκαν σε χαμηλά επίπεδα, ενώ η θερμοκρασία της επιφάνειας σημείωσε χαμηλότερες τιμές θερμοκρασίας από την αντίστοιχη του εδάφους, κυρίως τις πρώτες πρωινές ώρες.

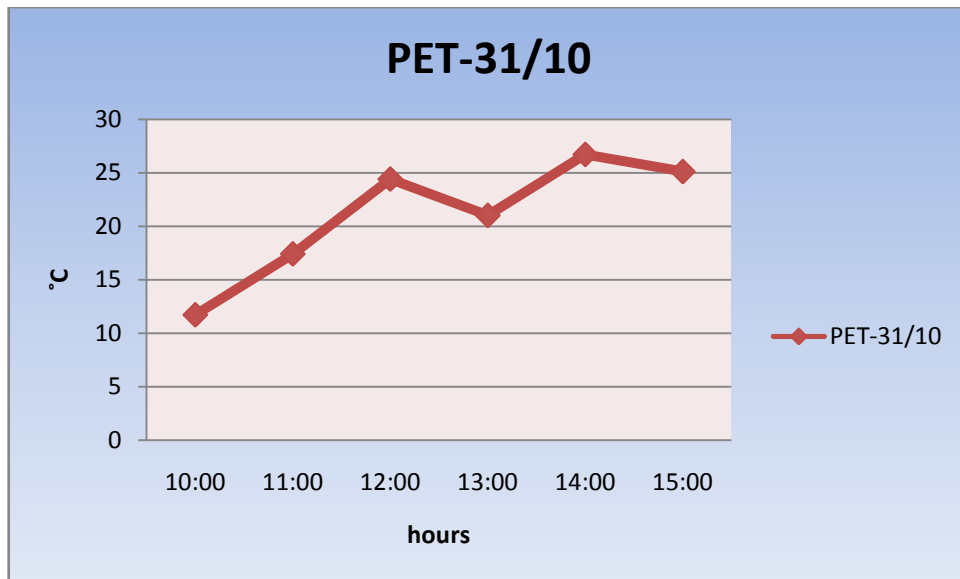
Πίνακας 16. Μικροκλιματικές συνθήκες παιδικής χαράς-31/10/2010

31/10/2010	Tair (°C)	Rh(%)	Tglobe (°C)	Wind Speed (m/s)	Alb-up (W/m <sup>2</sup> )	Alb-down (W/m <sup>2</sup> )	IR-Up (W/m <sup>2</sup> )	IR-Down (W/m <sup>2</sup> )	Tss (°C)	Tground(°C)
10:00	12,9	52,9	16,9	0,5	76,5	21,6	435,7	431,3	11,3	12,4
11:00	14,1	47,5	19,3	0,5	249,8	31,5	320,5	388,8	12,7	13,0
12:00	16,6	39,8	29,1	0,6	453,9	77,4	310,2	371,2	18,1	17,8
13:00	17,8	32,2	28,5	0,6	267,1	93,5	442,9	416,0	22,9	23,3
14:00	19,1	32,9	33,8	0,6	422,4	94,6	423,1	362,5	24,9	21,7
	18,9	34,8	30,9	0,6	363,4	66,5	264,0	369,7	21,6	19,0

Πίνακας 17. Αποτελέσματα μοντέλου Rayman 1.2 - 31/10/2010

date	time	Gact (W/m <sup>2</sup> )	Sact(W /m <sup>2</sup> )	Dact(W/ m <sup>2</sup> )	Ts (°C)	Ta (°C)	Tmrt (°C)	PMV	PET (°C)	SET* (°C)
31.10.2010	10:00	76	61	15	14.5	12.9	15.5	-2.9	11.7	9.1
31.10.2010	11:00	250	200	50	21.6	14.1	27.8	-1.7	17.4	16.0
31.10.2010	12:00	454	363	91	30.2	16.6	41.3	-0.2	24.4	22.4
31.10.2010	13:00	267	214	53	25.4	17.8	31.7	-0.8	21.0	19.0
31.10.2010	14:00	422	338	84	31.6	19.1	42.2	0.4	26.7	23.9
31.10.2010	15:00	363	291	73	29.6	18.9	39.3	0.1	25.1	22.6

Στον πίνακα 17 αποτυπώνεται η θερμική αίσθηση του χρήστη του πάρκου εκφραζόμενη, μέσω των θερμικών δεικτών. Ο δείκτης PMV ορίζει την θερμική αίσθηση για το διάστημα 10:00-11:00 ως κρύο, ενώ τις υπόλοιπες ώρες φαίνεται να επιτυγχάνεται θερμική άνεση. Αντίστοιχα ο δείκτης SET αγγίζει τα επίπεδα της θερμικής δυσαρέσκειας (πολύ κρύο, πίν.4) στις 10:00, ενώ την υπόλοιπη ημέρα η θερμική αίσθηση διαχωρίζεται από κρύο έως ελαφρά δροσερά, με την θερμική άνεση να μην επιτυγχάνεται σε κανένα διάστημα μετρήσεων καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας. Ο δείκτης PET περιγράφει με μεγαλύτερη λεπτομέρεια τις μεταβάσεις της θερμικής αίσθησης στο σύνολο της ημέρας από τους υπόλοιπους δείκτες. Το διάστημα 10:00-11:00 χαρακτηρίζεται από δροσερό έως ελαφρά δροσερό, ενώ την υπόλοιπη ημέρα επιτυγχάνεται η θερμική άνεση του ατόμου και κατά τις μεσημβρινές ώρες η θερμική αίσθηση τείνει στο ελαφρά θερμό.



Διάγραμμα 5. Ημερήσια πορεία δείκτη PET για 31/10/2010

### Ημέρα 3 – 26/11/2011

Η τελευταία ημέρα μετρήσεων, χαρακτηρίζεται από την σταθερή θερμοκρασία με τιμές που κυμαίνονται από 19°C έως 20,9°C. Αντίστοιχα η υγρασία κυμαίνεται από 51,7 % έως 61,9%. Ο άνεμος παρουσίασε ιδιαίτερη μεταβολή από τις 12:00 μέχρι το τέλος της ημέρας με την υψηλότερη τιμή να σημειώνεται στις 13:00 (1,8 m/s). Η ημέρα αυτή αποτελεί χαρακτηριστικό παράδειγμα για το πώς μεταβάλλεται η θερμική άνεση κατά τη διάρκεια της ημέρας, όταν η θερμοκρασία παραμένει σε σταθερά επίπεδα, ενώ οι άλλες μετεωρολογικοί παράμετροι διαφοροποιούνται συνεχώς.

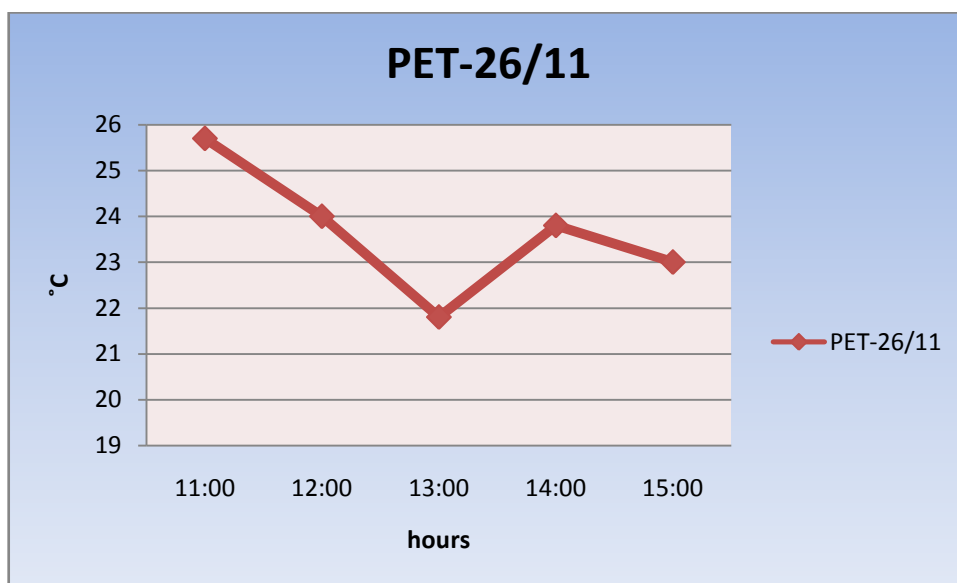
Πίνακας 18. Μικροκλιματικές συνθήκες παιδικής χαράς-26/11/2010

26/11/2010	Tair (°C)	Rh(%)	Tglobe (°C)	Wind Speed (m/s)	Alb-up (W/m <sup>2</sup> )	Alb-down (W/m <sup>2</sup> )	IR-Up (W/m <sup>2</sup> )	IR-Down (W/m <sup>2</sup> )	Tss (°C)	Tground(°C)
11:00	19,0	59,2	21,3	0,9	140,0	31,3	409,8	440,7	18,5	17,2
12:00	20,9	51,7	22,3	1,7	149,4	42,2	374,1	422,5	22,1	19,1
13:00	19,4	61,9	20,1	1,8	71,4	12,4	375,1	395,0	19,7	19,1
14:00	20,0	57,9	22,3	1,6	139,8	24,7	415,1	435,8	20,7	19,1
15:00	19,9	58,1	20,5	1,7	66,7	12,1	378,6	402,7	20,0	19,3

Ο θερμικός δείκτης PMV παρουσιάζει την θερμική άνεση να εμφανίζεται στο σύνολο της ημέρας. Αντίστοιχα και ο δείκτης SET θέτει το σύνολο της ημέρας στο θερμικά ουδέτερο, με εξαίρεση την τιμή 19,4°C, που παραπέμπει στο ελαφρά δροσερό. Τέλος, ο δείκτης PET περιγράφει την θερμική αίσθηση από ελαφρά θερμή έως θερμικά ουδέτερη (θερμική άνεση).

Πίνακας 19. Αποτελέσματα μοντέλου Rayman 1.2 - 26/11/2010

date	time	Gact (W/m <sup>2</sup> )	Sact(W /m <sup>2</sup> )	Dact(W/ m <sup>2</sup> )	Ts (°C)	Ta (°C)	Tmrt (°C)	PMV	PET (°C)	SET* (°C)
26.11.2010	11:00	441	353	88	31.0	19.0	43.2	0.2	25.7	23.0
26.11.2010	12:00	422	338	84	29.9	20.9	42.6	-0.0	24.0	21.4
26.11.2010	13:00	395	316	79	27.6	19.4	40.1	-0.6	21.8	19.4
26.11.2010	14:00	436	349	87	29.6	20.0	43.2	-0.1	23.8	21.3
26.11.2010	15:00	403	322	81	28.5	19.9	41.7	-0.3	23.0	20.5



Διάγραμμα 6. Ημερήσια πορεία δείκτη PET για 26/11/2010

## 5.2 Σύγκριση της $T_{mrt}$ - Rayman και $T_{mrt}$ -Tglobe

Το βιομετεωρολογικό λογισμικό Rayman 1.2 αποτελεί ένα χρήσιμο εργαλείο για τον υπολογισμό όχι μόνο των βιομετεωρολογικών δεικτών, αλλά και της μέσης θερμοκρασίας ακτινοβολίας  $T_{mrt}$  στο αστικό μικρόκλιμα. Για την σύγκριση και αξιολόγηση της  $T_{mrt}$  που προκύπτει από το μοντέλο-λογισμικό Rayman, χρησιμοποιήθηκε η  $T_{mrt}$  που προκύπτει από τις ενδείξεις του θερμομέτρου σφαίρας (Tglobe) κατά τη διάρκεια των μετρήσεων, σύμφωνα με την εξίσωση:

$$T_{mrt} = [(Tg + 273,15)^4 + \frac{1,1 \times 10^8 V_a^{0,6}}{\varepsilon D^{0,4}} \times (Tg - T_a)]^{\frac{1}{4}} - 273,15 \quad (1)$$

Όπου:

Tg: Η θερμοκρασία σφαίρας (°C)

Va: Η ταχύτητα του ανέμου ( m/s)

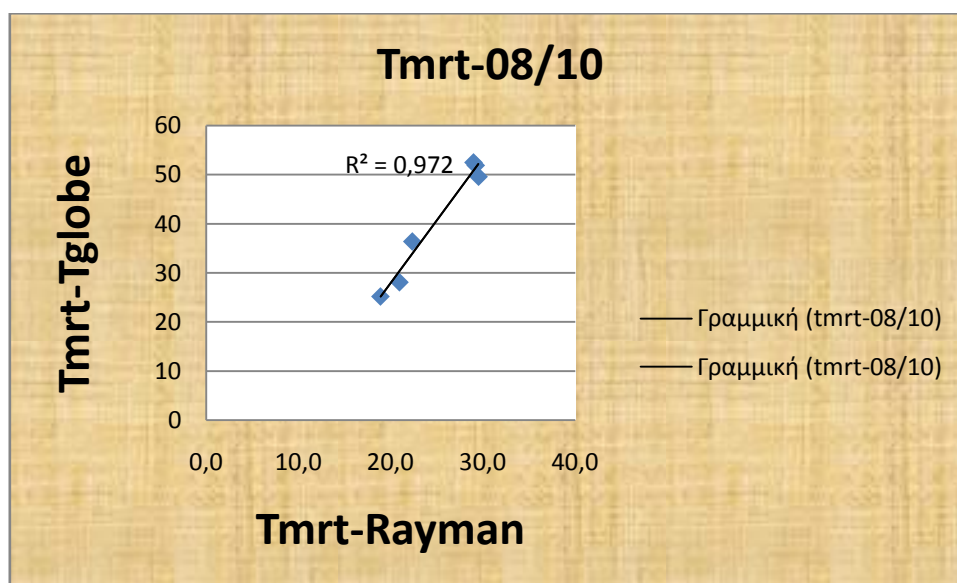
Ta: Η θερμοκρασία αέρα (°C)

D: Η διάμετρος της σφαίρας (mm)

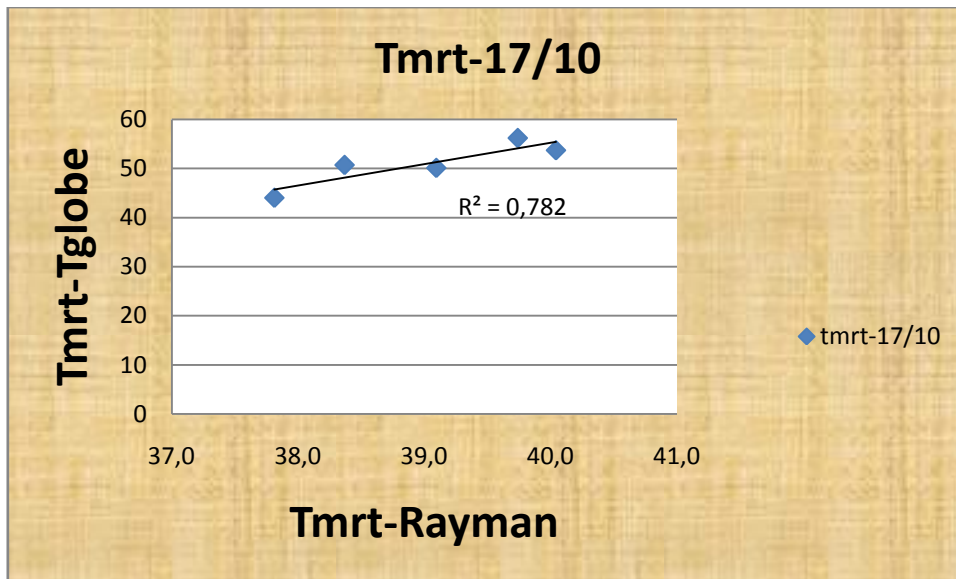
ε: Η εκπεσιμότητα της σφαίρας

Η σύγκριση των δύο μεθόδων υπολογισμού της  $T_{mrt}$ , έδωσε τα παρακάτω αποτελέσματα:

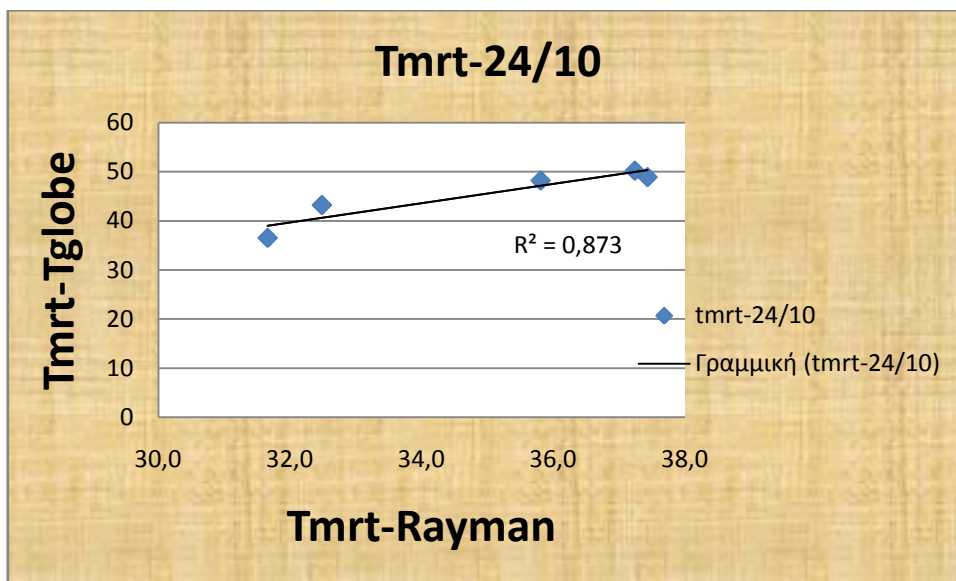
### Σημείο 1



Διάγραμμα 7. Σύγκριση  $T_{mrt}$  rayman –  $T_{mrt}$  Tglobe για 08/10/2010

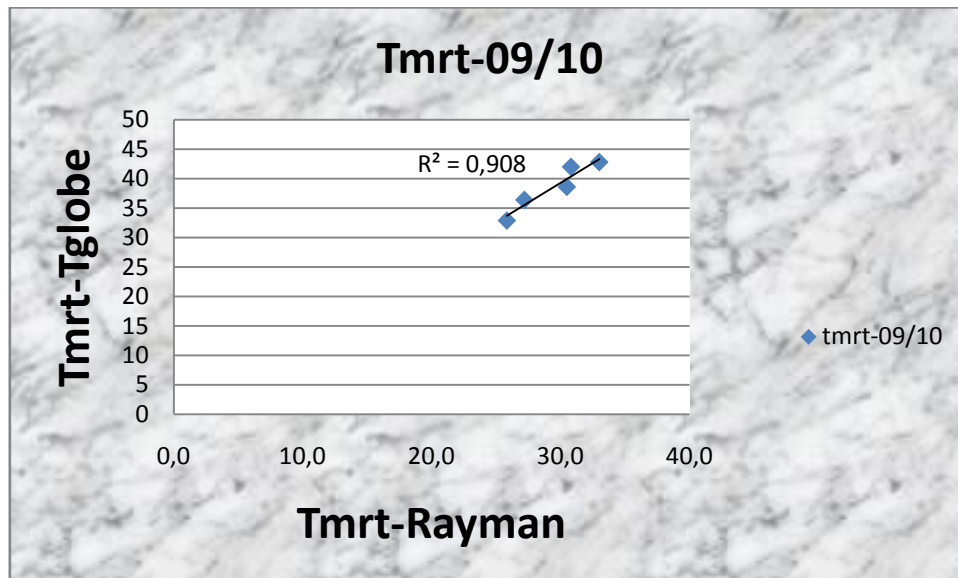


Διάγραμμα 8. Σύγκριση Tmrt rayman – Tmrt Tglobe για 17/10/2010

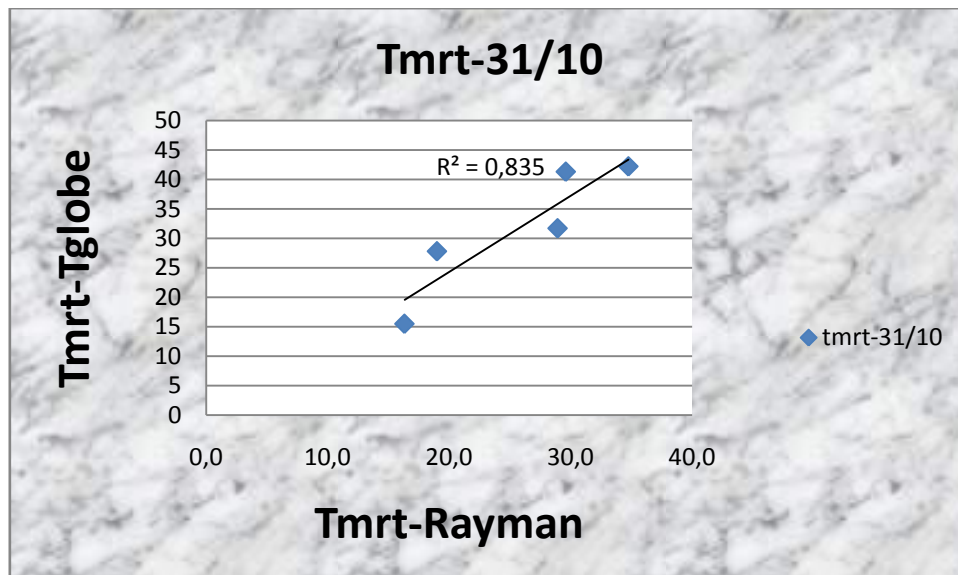


Διάγραμμα 9. Σύγκριση Tmrt rayman – Tmrt Tglobe για 24/10/2010

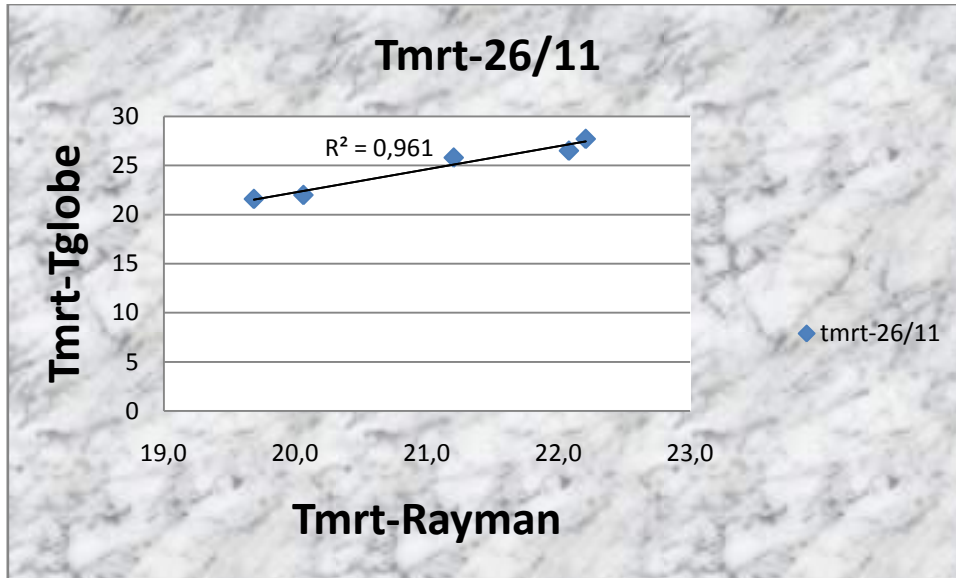
## Σημείο 2



Διάγραμμα 10. Σύγκριση Tmrt rayman – Tmrt Tglobe για 09/10/2010



Διάγραμμα 11. Σύγκριση Tmrt rayman – Tmrt Tglobe για 31/10/2010



Διάγραμμα 12. Σύγκριση Tmrt rayman – Tmrt Tglobe για 26/11/2010

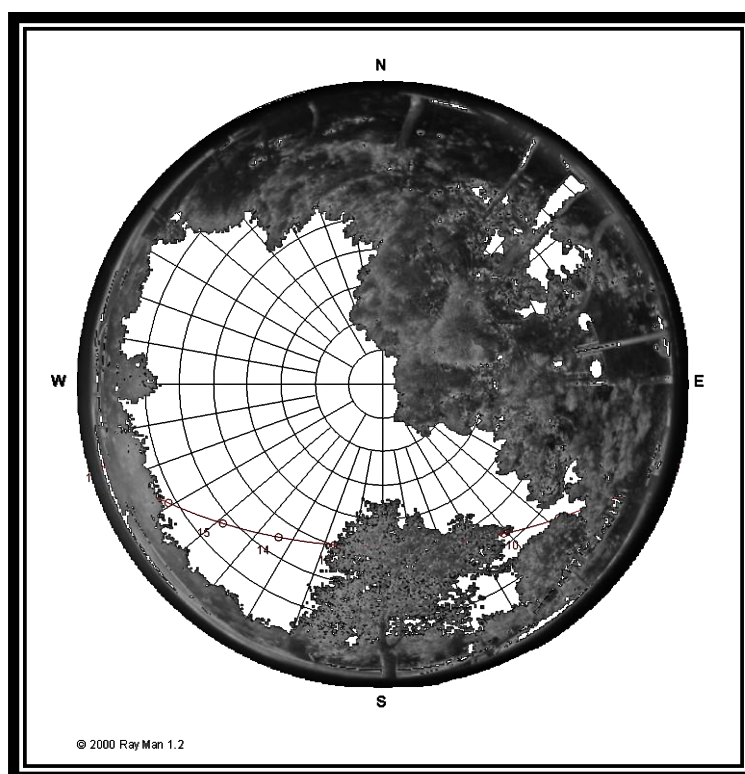
Από τα διαγράμματα σύγκρισης προκύπτει ότι η συσχέτιση μεταξύ της υπολογιζόμενης μέσης θερμοκρασίας ακτινοβολίας Tmrt- t globe και της αντίστοιχης εκτιμώμενης Tmrt- rayman είναι πολύ καλή για το όλο το σύνολο των μετρήσεων.



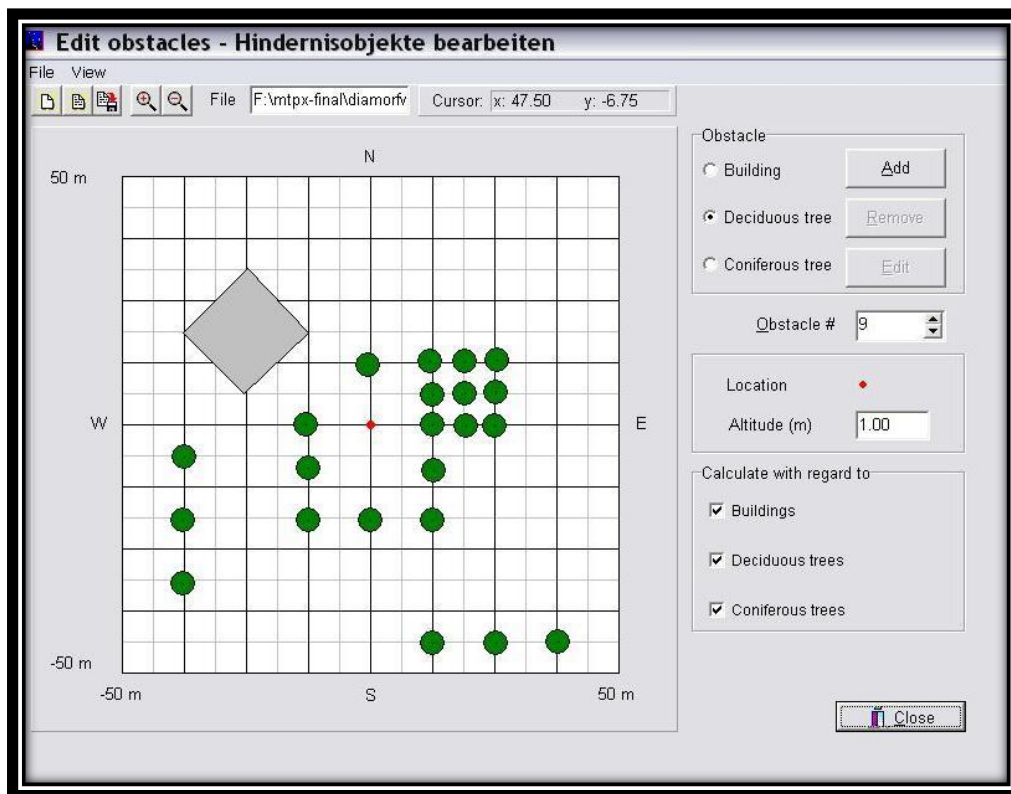
## 6. Σενάρια βιοκλιματικού σχεδιασμού

### 6.1 Περιοχή λίμνης – Σημείο 1

Το πρώτο σενάριο διαμόρφωσης αφορά την περιοχή της λίμνης του άλσους της Ν.Φιλαδέλφειας. Μέσω του βιομετεωρολογικού λογισμικού Rayman1.2, πραγματοποιήθηκε η απεικόνιση της προτεινόμενης, νέας άποψης του χώρου και υπολογίστηκαν οι θερμικοί δείκτες, με σημείο αναφοράς την 17/10/2010 (πίν.11), όπου παρατηρήθηκαν οι μεγαλύτερες τιμές θερμοκρασίας, για το συγκεκριμένο σημείο μετρήσεων. Πιο αναλυτικά, κατά τη διάρκεια του νέου σχεδιασμού, λήφθηκε υπόψη η ημερήσια πορεία του ήλιου (είκ.10 ) και τοποθετήθηκε συστοιχία δέντρων ,με σκοπό την μεγαλύτερη διάρκεια σκίασης στο χώρο όπου αναπαύονται οι χρήστες του άλσους, με απώτερο στόχο τη βελτίωση της θερμικής αίσθησης του ατόμου. Επιπλέον, κρίθηκε σκόπιμη, η φύτευση πευκόφυτης βλάστησης, περιμετρικά του χώρου, που βρίσκεται το σιντριβάνι, παρέχοντας έτσι μια κυκλική μορφή σκίασης, η οποία βελτιώνει κατά πολύ τη θερμική αίσθηση, μέσω της μείωσης της προσπίπτουσας αλλά και της ανακλώμενης ακτινοβολίας (είκ.11).



Εικόνα 10. Πολικό διάγραμμα - Σημείο1



Εικόνα 11. Προτεινόμενη σχεδίαση για την περιοχή της λίμνης, με χρήση του Rayman 1.2

Στον Πίνακα 20 παρατηρεί κανείς τη μεγάλη βελτίωση της θερμικής αίσθησης, μέσω του δείκτη PET, όπως αυτή διαμορφώνεται με τον προτεινόμενο βιοκλιματικό σχεδιασμό. Επισημαίνεται ότι, η προσομοίωση του μοντέλου αφορά τις θερμοκρασιακές συνθήκες, που έλαβαν χώρα κατά την 17/10/2010.

Πίνακας 20. Σύγκριση τιμών PET& PET' – Σημείο 1

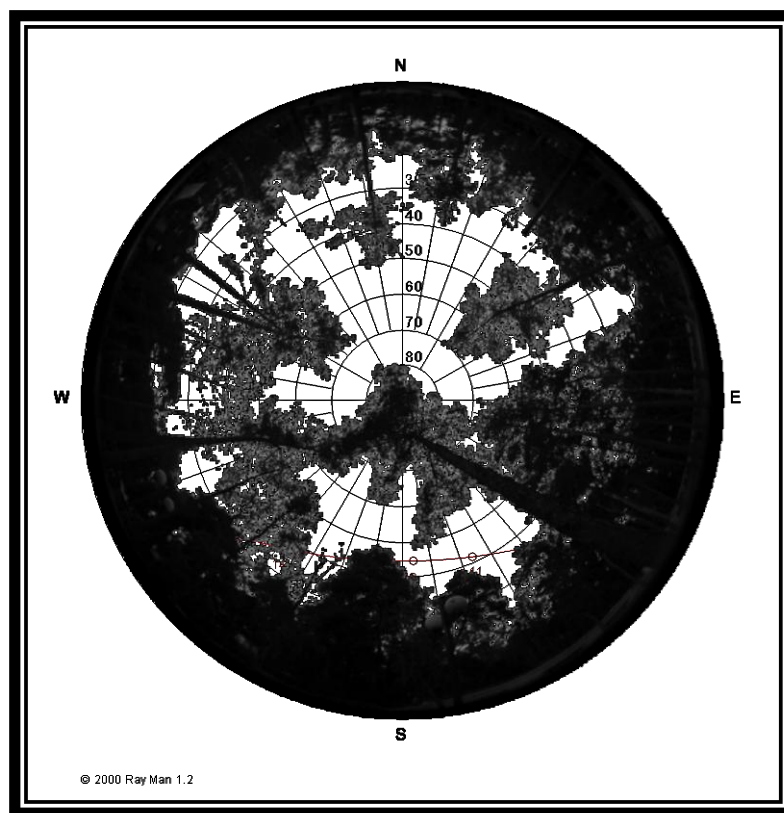
	time	PET	PET'
date	h:mm	°C	°C
17.10.2010	10:00	30.7	27.1
17.10.2010	11:00	33.8	26.5
17.10.2010	12:00	35.8	27.3
17.10.2010	13:00	36.6	28.8
17.10.2010	14:00	34.6	28.7
17.10.2010	15:00	29.6	28.3

Παρατηρείται μεγάλη αλλαγή των τιμών του θερμικού δείκτη. Η θερμική αίσθηση μεταβάλλεται από θερμή σε ελαφρά θερμή, ενώ κατά τις μεσημβρινές ώρες η μεταβολή του θερμικού δείκτη είναι παραπάνω από εμφανής, αφού παρατηρείται μείωση της θερμικής

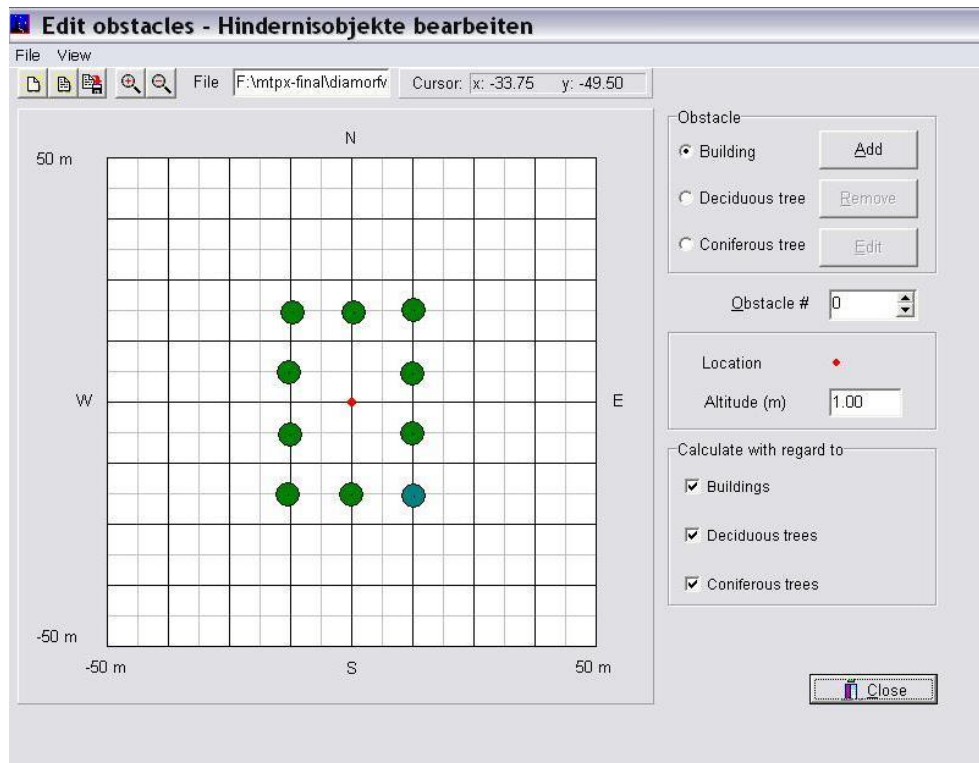
δυσaréσκειας κατά δύο κλάσεις στην κλίμακα της ASHRAE (πίν.3), μεταβαίνοντας από την πολύ ζεστή στην ελαφρά θερμή αίσθηση.

## 6.2 Παιδική χαρά – Σημείο 2

Στην πρόταση διαμόρφωσης του δεύτερου σημείου μελέτης έχει συνυπολογιστεί, όχι μόνο η ημερήσια πορεία του ήλιου (είκ.12), αλλά και η απομάκρυνση των άρρωστων δέντρων και εγκαταλελειμμένων κομμένων κορμών που υπάρχουν στην παιδική χαρά στην παρούσα φάση. Αντί αυτού, προτείνεται η φύτευση πεύκων περιμετρικά της περιοχής, χαρίζοντας στους χρήστες του πάρκου έναν φυσικό φράχτη, ο οποίος με τη σειρά του, θα παρέχει σκίαση τις περισσότερες ώρες της ημέρας και θα προστατεύει από τις έντονες ριπές ανέμου (είκ.13).



Εικόνα 12. Πολικό διάγραμμα - Σημείο 2



Εικόνα 13. Προτεινόμενη σχεδίαση για την περιοχή της παιδικής χαράς , με χρήση του Rayman 1.2

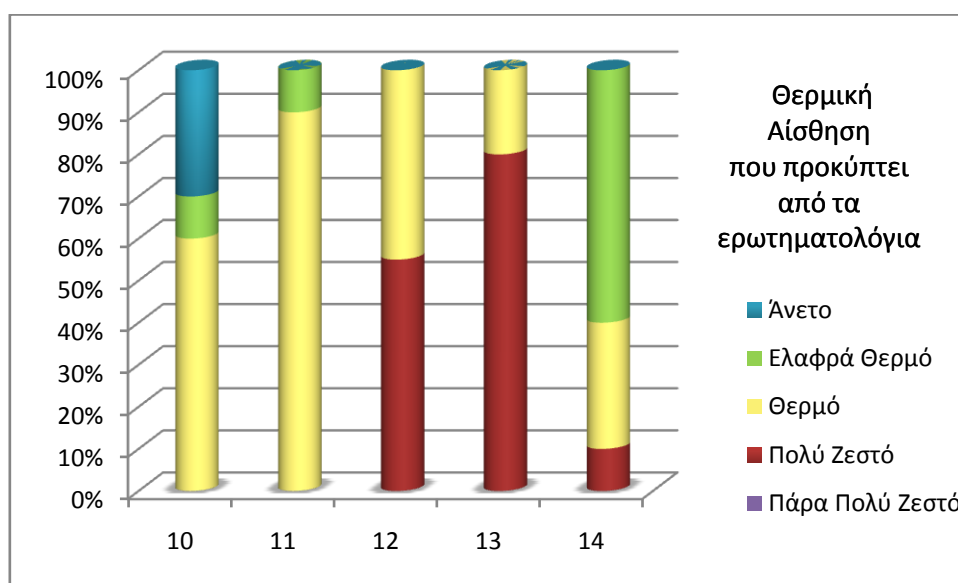
Πίνακας 21. Σύγκριση τιμών PET& PET'-Σημείο 2

	time	PET	PET'
date	h:mm	°C	°C
09.10.2010	9:00	21.7	21.7
09.10.2010	10:00	24.9	23.1
09.10.2010	11:00	24.1	23.6
09.10.2010	12:00	21.4	21.9
09.10.2010	13:00	27.0	25.6

Στον πίνακα 21, παρατηρείται η επίτευξη της θερμικής άνεσης σε όλη τη διάρκεια των μετρήσεων, με μοναδική εξαίρεση την τιμή 25,6°C, η οποία παραπέμπει σε ελαφρά θερμή αίσθηση, μειωμένη όμως κατά 1,4°C από την αρχική διαμόρφωση.

## 7. Σύγκριση δείκτη PET και πραγματικής θερμικής αίσθησης

Σε όλη τη διάρκεια των μετρήσεων, κρίθηκε σκόπιμο, οι χρήστες του πάρκου να απαντούν σε ένα ειδικά διαμορφωμένο ερωτηματολόγιο, το οποίο αφορά την θερμική αίσθηση, όπως αυτή γινόταν αντιληπτή την εκάστοτε ώρα. Η σύγκριση μεταξύ του θερμικού δείκτη PET, όπως αυτός προκύπτει από το βιομετεωρολογικό λογισμικό Rayman 1.2 (πίν.22) και της πραγματικής θερμικής αίσθησης των ερωτηθέντων (διάγραμ.13) αποτελεί το τεκμήριο της σωστής λειτουργίας του μοντέλου στην προσομοίωση της θερμικής αίσθησης, ανάλογα με τις θερμικές συνθήκες που επικρατούν.



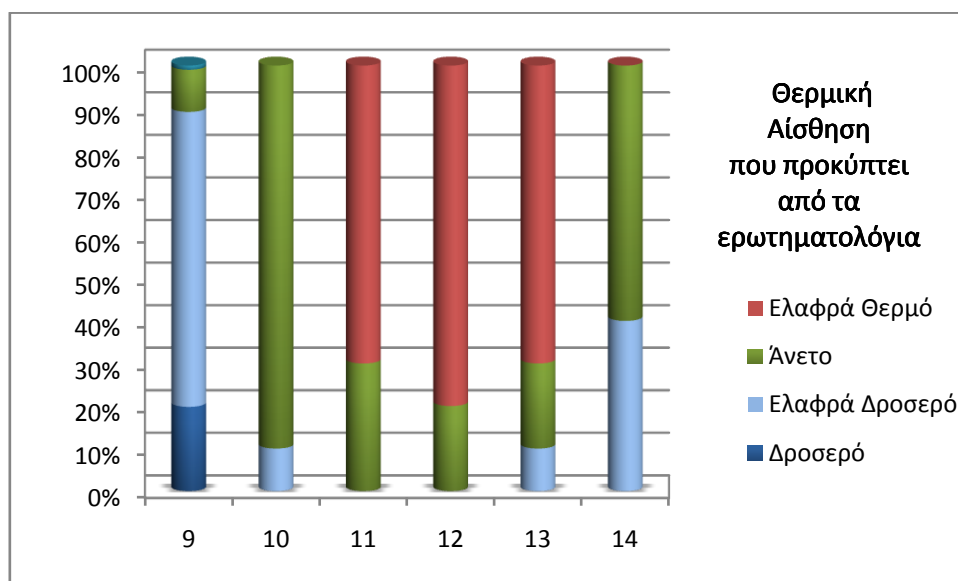
Διάγραμμα 13. Θερμική αίσθηση που προκύπτει από το σύνολο των ερωτηθέντων κατά την 17-10-2010

Πίνακας 22. Απεικόνιση δείκτη PET και θερμικής αίσθησης, όπως προκύπτουν από το λογισμικό Rayman για τις 17/10/2010.

	Time	PET	Θερμική αίσθηση
date	h:mm	°C	
17.10.2010	10:00	30.7	θερμό
17.10.2010	11:00	33.8	θερμό
17.10.2010	12:00	35.8	πολύ ζεστό
17.10.2010	13:00	36.6	πολύ ζεστό
17.10.2010	14:00	34.6	πολύ ζεστό
17.10.2010	15:00	29.6	θερμό

Στον Πίνακα 23 παρουσιάζονται οι κλάσεις της θερμικής αίσθησης σύμφωνα με τις αντίστοιχες τιμές του δείκτη PET όπως αυτές υπολογίστηκαν μέσω του μοντέλου λογισμικού Rayman, για την 08/10/2010. Συγκρίνοντας την θερμική αίσθηση που προκύπτει από το

Rayman (πίν.23) με την θερμική αίσθηση που προκύπτει από τα ερωτηματολόγια (διάγραμ.14) διαπιστώνει κανείς, την ικανότητα του μοντέλου να υπολογίζει, μέσω του PET, με σχετικά μεγάλη λεπτομέρεια τις μεταβολές της θερμικής αίσθησης.



Διάγραμμα 14.Θερμική αίσθηση που προκύπτει από το σύνολο των ερωτηθέντων κατά την 08-10-2010

Πίνακας 23. Απεικόνιση δείκτη PET και θερμικής αίσθησης , όπως προκύπτουν από το λογισμικό Rayman για τις 08/10/2010.

	time	PET	θερμική αίσθηση
date	h:mm	°C	
08.10.2010	09:00	16.7	Ελαφρά δροσερό
08.10.2010	10:00	18.6	Ουδέτερο(άνετο)
08.10.2010	11:00	24.2	Ελαφρά θερμό
08.10.2010	12:00	25.3	Ελαφρα θερμό
08.10.2010	13:00	25.4	Ελαφρά θερμό
08.10.2010	14:00	17.5	Ελαφρά δροσερό

Έχοντας υπόψη τα παραπάνω και δεδομένου ότι:

- α) το πλήθος των δεδομένων πραγματικής αίσθησης είναι σχετικά μικρό
- β) οι διορθωτικές εξισώσεις των τιμών του δείκτη PET όπως αυτές αναπτύχθηκαν από τους Tseliou et al. (2010) επιτυγχάνουν στατιστικά σημαντική αλλά σχετικά μικρή βελτίωση της συμφωνίας πραγματικών και εκτιμηθέντων κλάσεων
- γ) δεδομένα διορθώσεων της κλίμακας του PET για την προσαρμογή της στις συνθήκες της Αθήνας δεν έχουν προκύψει από προηγούμενες μελέτες ή βρίσκονται σε πρώιμο στάδιο (Tsiros and Hoffman, 2011)
- δ) η έμφαση στην παρούσα μελέτη είναι η σύγκριση βιοκλιματικών συνθηκών διαφορετικών σεναρίων
- ε) για να είναι δυνατή σύγκριση των συνθηκών με αυτές άλλων πόλεων στον ευρωπαϊκό χώρο

Κρίθηκε σκόπιμο στα πλαίσια της παρούσας μελέτης, να υιοθετηθεί η ήδη υφιστάμενη κλίμακα βιοκλιματικών κλάσεων θερμικής αίσθησης της PET (Matzarakis, 1999).

## 8. Συμπεράσματα

Από την ανάλυση των αποτελεσμάτων (κεφ.5.1), προέκυψαν τα ακόλουθα συμπεράσματα

- Διαπιστώθηκε θερμομετρική διαφοροποίηση στις διαφορετικές περιοχές του άλσους της Νέας Φιλαδέλφειας. Ο χώρος της λίμνης παρουσιάζει μεγαλύτερες θερμοκρασίες από τον αντίστοιχο της παιδικής χαράς, γεγονός που αποδίδεται τόσο στην έλλειψη σκίασης, όσο και στην γειννίαση με την τοπική καφετέρια, που εξαιτίας του όγκου και των δομικών της υλικών, συμβάλει με τη σειρά της στην αύξηση της θερμοκρασίας. Η πρόσπτωση της ηλιακής ακτινοβολίας στην περιοχή της λίμνης είναι άμεση, σε αντίθεση με την περιοχή της παιδικής χαράς, όπου παρεμποδίζεται εξαιτίας της πυκνής βλάστησης.
- Ο θερμικός δείκτης που καταφέρνει να αποδώσει καλύτερα την θερμική αίσθηση του χρήστη του πάρκου, μεταξύ των PMV,PET,SET είναι ο δείκτης PET. Ο δείκτης PET περιγράφει με μεγαλύτερη λεπτομέρεια τις μεταβάσεις της θερμικής αίσθησης στο σύνολο της ημέρας ακόμη κι όταν η θερμοκρασία παραμένει σταθερή ή υφίσταται μικρές μεταβολές, ενώ οι άλλες μετεωρολογικές παράμετροι (όπως πχ ακτινοβολία και άνεμος) διαφοροποιούνται συνεχώς.
- Οι κλάσεις του PET που προέκυψαν για τις δύο υπό μελέτη περιοχές, κυμάνθηκαν από ουδέτερο σε πολύ ζεστό, με αποτέλεσμα ο παρατηρητής να μεταπίπτει αντίστοιχα από θερμική άνεση σε έντονο θερμικό στρες.
- Ως προς την αξιολόγηση του μοντέλου-λογισμικού Rayman, οι συγκρίσεις που έγιναν μεταξύ των τιμών της Tmrt που προέκυψαν από το μοντέλο και των τιμών που υπολογίστηκαν από τις ενδείξεις του θερμομέτρου σφαίρας, παρουσιάζουν πολύ καλή συσχέτιση.
- Στην περιοχή της λίμνης το σενάριο διαμόρφωσης βελτιώνει θεαματικά την θερμική αίσθηση του ατόμου, η οποία μεταβάλλεται από θερμή σε ελαφρά θερμή, ενώ κατά τις μεσημβρινές ώρες παρατηρείται μείωση της θερμικής δυσφορίας, κατά δύο ολόκληρες κλάσεις στην κλίμακα της



ASHRAE, μεταβαίνοντας από την πολύ ζεστή στην ελαφρά θερμή θερμική αίσθηση.

- Στην περιοχή της παιδικής χαράς, το σενάριο διαμόρφωσης τείνει να διατηρεί την θερμική αίσθηση στα ίδια επίπεδα, προσδίδοντας μεγαλύτερη έκταση προς εκμετάλλευση από τον χρήστη του πάρκου καθώς επίσης και βελτιωμένη αισθητική εικόνα του περιβάλλοντος χώρου, κριτήρια που πρέπει να συνυπολογίζονται στο σχεδιασμό αστικών χώρων πρασίνου με βιοκλιματικά κριτήρια.
- Η σύγκριση των τιμών του δείκτη PET που υπολογίσθηκαν μέσω του βιομετεωρολογικού λογισμικού Rayman 1.2 καθώς και των κλάσεων του δείκτη που προέκυψαν από τα ερωτηματολόγια, καταδεικνύει την σωστή προσομοίωση του μοντέλου για την εποχή που διεξήχθη η παρούσα μελέτη.

## Παράρτημα

Ακολουθεί απόσπασμα από το ερωτηματολόγιο που χρησιμοποιήθηκε για τη σύνταξη της παρούσας μελέτης.

Σημειώστε με κύκλο:

- Ηλικιακή ομάδα: παιδιά, έφηβος, 18-24, 25-34, 35-44, 45-54, 55-64, >65
- Φύλο: Άνδρας Γυναίκα
- Ρουχισμός:.....

T-shirt, Πουκάμισο ( χωρίς/κοντό/μακρύ μανίκι), Φούτερ, Πουλόβερ ( βαμβάκι/μαλλί)

Γιλέκο, ζακέτα, σακάκι (denim / βαμβάκι, μαλλί), αδιάβροχο, πανωφόρι, γραβάτα

Σορτς, παντελόνι, τζιν, φούστα (κοντή/ μεσαία/μακριά)

Φόρεμα (κοντό/μακρύ, χωρίς/κοντά/μακριά μανίκια)

Ομπρέλα, καπέλο, γυαλιά ηλίου,

Ακουστικά

- Κατανάλωση τροφίμων / ποτών:

1) Κρύα ποτά 2) Ζεστά ποτά 3) Τρόφιμα

- Ο ερωτώμενος καπνίζει : 1) ΝΑΙ 2) ΟΧΙ
- Ο ερωτώμενος είναι εκτεθειμένος στο ηλιακό φως : 1) ΝΑΙ 2) ΟΧΙ
- Ο ερωτώμενος κάνει κινήσεις για να προστατεύσει τα μάτια του/της από το υπερβολικό φως (π.χ. μετακίνηση χεριών πάνω από τα μάτια, περιστροφή ή κάμψη της κεφαλής, ανοιγόκλειμα ματιών): 1) ΝΑΙ 2) ΟΧΙ

- Άλλα χαρακτηριστικά:

1) χλωμό δέρμα, 2) σκούρο δέρμα,

3) υπέρβαρος, 4) αδύνατος

- Προς ποια κατεύθυνση κοιτά: 1) Β 2) Ν 3) Α 4) Δ

- Δραστηριότητα:

1) Ανάπαυση

2) Ανάγνωση / γραφή

3) συζήτηση

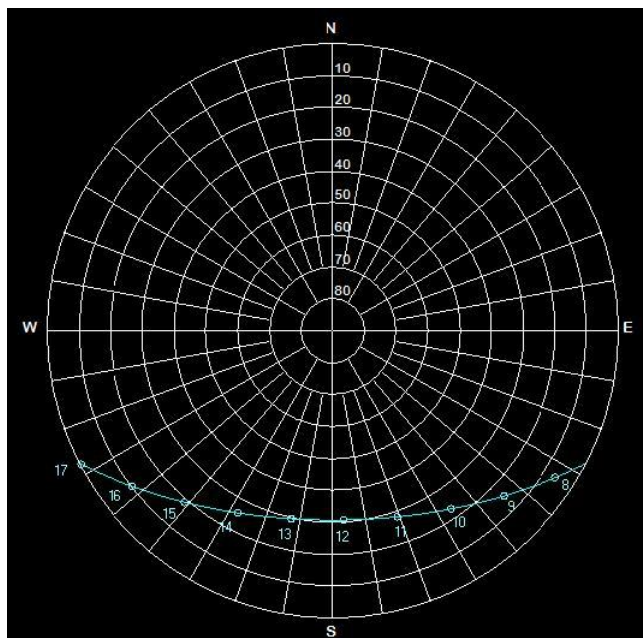
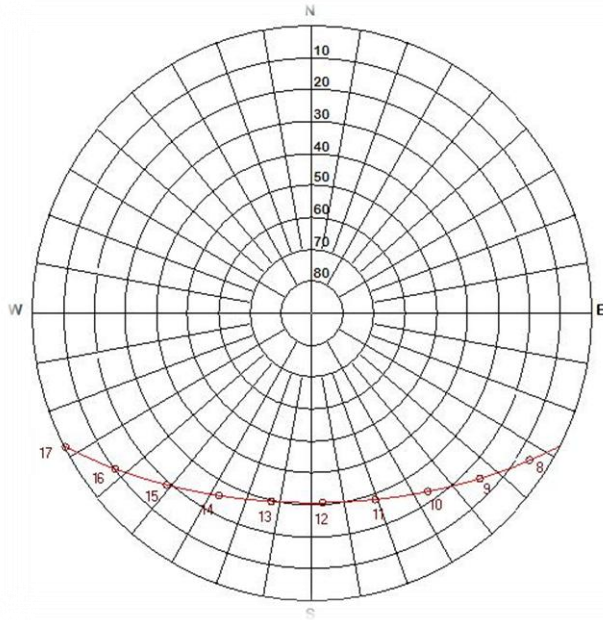
4) βάδισμα αργό

5) βάδισμα γρήγορο

6) άλλο

## Παράρτημα

Ακολουθούν τα αποτελέσματα των ηλιακών τροχιών σε πολικά διαγράμματα.



## Βιβλιογραφία

### Ξένη βιβλιογραφία

- ASHRAE,(1992).Standard 55.Thermal environment condition for human occupancy. Atlanta.  
*American society of heating, refrigeration and air-conditioning engineers*
- Bary, G.R and Chorley, J.R., (1982). Atmosphere, Weather and Climate. London
- Berg, A., van den Top, I.M. and Kranendonk, R.B., 1998. Natuur wensen van stadsmensen (The Demands on Nature of Urban Citizens) (in Dutch). IBN-DLO Rapport, Wageningen, The Netherlands.
- Berglund, L.G. and Stolwijk, J A. J. (1978), The use of simulation models of human thermoregulation in assessing acceptability of complex dynamic thermal environments. In: J.A.J. Stolwijk (Ed.), *Energy Conservation Strategies in Buildings*, New Haven, CT: John B. Pierce Foundation Laboratory, pp. 157-191.
- Coley, R., Kuo, F. and Sullivan, W., 1997. Where does community grow? The social context created by nature in urban public housing. *Environ.behav.*29, pp. 468-494
- Conway, H., 2000. Parks and people: the social functions. In: Woudstra, J., Fieldhouse, K. (Eds.), *The Regeneration of Public Parks*.
- Crietchfield H.J. (1983). *General Climatology*. Prentice hall, Inc. Englewood Cliffs. New Jersey.
- Fanger P, (1972) *Thermal comfort*, McGraw-Hill, New York
- Geiger, R., 1975. *The climate near the ground*. Friedr. Vieweg & Sohn. Braunschweig.
- Godbey, G., Gräfe, A. and James, W., 1992. *The Benefits of Local Recreation and Park Services . A Nationwide Study of the Perceptions of the American Public*. College of Health and Human development, Pennsylvania State University, Pennsylvania.
- Golany, G.S., 1996. Urban design morphology and thermal performance. *Atmosph. Environ.* 30, pp. 455-465.
- Gonzalez R, Nishi Y, Gagge A (1974) Experimental evaluation of standard effective temperature. A new biometeorological index of man's thermal discomfort. *International Journal of Biometeorology* 18:1-15
- Hage, K.D., 1975. Urban - rural humidity differences. *J. Appl. Meteorol.*, 14, pg. 277-283.
- Hammer N., (1985) Ein Energiebilanzmodell des Menschen. *Die Energiebilanz in einem Schneebiwak wetter und Leben* 37, 73-87
- Hartig, T., Mang, M. and Evans, G., 1991. Restorative effects of natural environments experiences. *Environ. Behav.*23.
- Hoppe P (1984) *Die Energiebilanz des Menschen*. Wiss. Mitt. Meteor. Inst. Univ. Munchen Nr. 49
- Horbert, M. and Overdiek, D., 1979. *Ökologische Gesichtspunkte bei der Planung innerstädtische Bereich unter besonderer berücksichtigung der südlichen Friedrichstadt*. Gutachten. Berlin.
- Jedritzky G, Sonning W, Swantes H (1979) Ein objectives Bewertungsverfahren zur Beschreibung des thermischen Milieus in der Stadt- und Landschaftsplanung. *ARL Beitrage* Nr. 28
- Jedritzky G (1990) Bioklimatische bewertungsgrundlge der raume am beispiel von mesoskaligen Bioklimakarten. *ARL Beitrage* Nr. 114,7-69
- Kuo, F.E., Bacaioca, M. and Sullivan, W.C., 1998. Transforming inner city landscapes : trees, sense of safety and preferences. *Environ. Behav.* 30.

- Luttik, J., 2000. The values of trees, water and open spaces as reflected by house prices in the Netherlands. *Landsc. And Urban Plan.* 48.
- Matzarakis, A., Mayer H., (1996): Another kind of environmental stress: Thermal stress. - WHO Newsletter No. 18, 7-10.
- Matzarakis, A., Mayer H., (1997): Heat stress in Greece. *Int. J. Biometeor.* 41, 34-39
- Matzarakis A, Mayer H and Iziomon MG, 1999: Applications of a universal thermal index: physiological equivalent temperature. *International Journal of Biometeorology*, 43, 76-84.
- 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.
- Nikolopoulou, M., Lykoudis, S., 2007. "Use of outdoor spaces and microclimate in a Mediterranean urban area". *Building and Environment* 42: 3691-3707
- Oke, T.R., 1973. City size and the urban heat island. *Atmos. Environ.* 7, pp. 769-779.
- Oke, T.R., 1978. *Boundary Layer Climates* Methuen, London.
- Oke, T.R., 1987. *Boundary Layer Climates*. Routledge, London.
- Omoto, Y., Hamotani, K and Um, H., (1994). «Recent Changes in Trends of Humidity of Japanese Cities» *J. Japan Soc. Hydrol. & Water Resour.*7(2), pp 106-113.
- Pantavou, A., Theoharatos, G., Mavrakakis, A., Santamouris, M, 2011. "Evaluating thermal comfort conditions and health responses during an extremely hot summer in Athens". *Building and Environment* 46(2):339-344.
- Parsons K (1993) *Human thermal environments*. Taylor & Francis, London
- Penwarden A, Wise A., 1975: *Wind environment around buildings*. BRE. Garston.
- Schmalz J., 1984: *Das Stadtklima*. Muller Verlag, Karlsruhe.
- Schroeder, H.W., 1991. Preferences and meaning of arboretum landscapes: combining quantitative and qualitative data. *J. Environ. Psychol.* 11, pp. 231-248.
- Stolwijk J. A. J, (1970) Mathematical model of thermoregulation, in physiological and behavioral temperature regulation, J.D. Hardy, A.P. Gagge, and J.A.J Stolwijk, ed Charles C Thomas, Springfield, Ill, pp. 703-721
- Tagtow, R., 1990. The need for urban forests. *Am. City County* 105, pp. 74-75.
- 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.
- Tsiros, I. 2010. Assessment and energy implications of street air temperature cooling by shade stress in Athens (Greece) under extremely hot weather conditions. *Renewable Energy* 35, 1886-1869
- Tsiros, I.X, and Hoffman, M.A, 2011. "Microclimate and Thermal Comfort in Semi-Outdoor and Outdoor Urban Spaces during a Hot Summer Period of a Mediterranean Climate (Athens). Σε στάδιο συγγραφής
- Tyrvaenen, L. and Vaananen, H., 1998. The economic value of urban forest amenities: an application of the contingent valuation methods. *Landsc. and Urban Plan.* 43, pp. 105-118
- Ulrich, R.S., 1981. Natural versus urban sciences: some psycho-physiological effects. *Environ. Behav.* 13, pp. 523-556.
- Ulrich, R.S., 1984. View through a window may influence recovery from surgery. *Science* 224, pp. 420-421.

Wissler E.H, (1963) An analysis of factors affecting temperature levels in the nude human, in temperature-Its measurement and control in science and industry. Part 3, J.D. Hardy, ed. Reinhold, New York, pp. 603-612

## **Ελληνική βιβλιογραφία**

- Καρράς, Γ., Πισιμάνης, Δ και Νοταρίδου, Β., (1988). «Φυσική Της Ατμόσφαιρας» Αθήνα
- Μαντζαράκης, Α., (1995). Ανθρωποβιομετεωρολογική εκτίμηση του κλίματος της Ελλάδος. Διδακτορική διατριβή. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης
- Μαχαίρας, Π. και Μπαλαφούτης, Χ., 1984. Γενική Κλιματολογία με στοιχεία Μετεωρολογίας. Θεσσαλονίκη.
- Μπαλαφούτης, ΙΧ και Μαχαίρας, Χ.Π., (1984). «Μαθήματα Γενικής Κλιματολογίας με Στοιχεία Βιοκλιματολογίας». Θεσσαλονίκη, σελ: 17-20,80-93,150-160
- Μουσιόπουλος Νικόλαος, 1991. Μαθηματικά μοντέλα ατμοσφαιρικής ρύπανσης
- Ποντικής Κωνσταντίνος, 1996, Ειδική Δεντροκομία, Ακρόδρυα - Πυρηνόκαρπα. Νικολάου ΗΡ. Αθανασιάδη, 1986, Δασική Βοτανική, Δέντρα και θάμνοι των δασών της Ελλάδος, μέρος Π.
- Τσίρος, Ι.Ξ. Πρόχειρες Σημειώσεις στο μεταπτυχιακό μάθημα 'Βιοκλιματικό Περιβάλλον και Πολεοδομικός Σχεδιασμός'. Αθήνα, 2011. 88 σελ. και παραρτήματα.
- Φλόκας, Α.Α., 1986. Μαθήματα Μετεωρολογίας και Κλιματολογίας, Θεσσαλονίκη.
- Φλόκας, Α.Α., 1994. Μαθήματα Μετεωρολογίας και Κλιματολογίας. Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη.
- Φλόκας, Αθ. Απόστολος., (1997). «Μαθήματα Μετεωρολογίας και Κλιματολογίας». Θεσσαλονίκη. σελ:72-94,114,121
- Χρονοπούλου-Σερέλη, Α., 1996. «Μαθήματα Γεωργικής Μετεωρολογίας» Αθήνα, σελ: 141-160
- Χρονοπούλου-Σερέλη, Α. και Ουζιελ. Μ., 1997. Μαθήματα Βιοκλιματολογίας. Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών.
- Χρονοπούλου Αικ., Ι. Τσίρος και Α. Καμούτσης 2001. Εργαστηριακές Ασκήσεις Μετεωρολογίας Γ.Π.Α
- Χρυσοχοϊδης, Ν.Γ., 1980. Θερμότητα. Γ.Γ.Α. Αθήνα.

## **Διευθύνσεις στο διαδίκτυο**

[www.actionbioscience.org](http://www.actionbioscience.org)

[www.google-earth.com](http://www.google-earth.com)

[www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)

[www.urbanclimate.net](http://www.urbanclimate.net)

[www.minenv.gr](http://www.minenv.gr)

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

