

**ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ**

**ΓΕΝΙΚΟ ΤΜΗΜΑ**

**Εργαστήριο Γενικής και Γεωργικής Μετεωρολογίας**

**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ ΓΕΝΙΚΟΥ ΤΜΗΜΑΤΟΣ  
ΓΠΑ**

**ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΜΕΛΕΤΗ**

*«Μελέτη βιοκλιματικών συνθηκών στο άλσος Νέας  
Σμύρνης»*



**ΜΠΟΛΛΑΣ ΑΝΤΩΝΗΣ**

**Αθήνα, Ιούλιος 2011**

**ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ**

**ΓΕΝΙΚΟ ΤΜΗΜΑ**

**Εργαστήριο Γενικής και Γεωργικής Μετεωρολογίας**

**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ ΓΕΝΙΚΟΥ ΤΜΗΜΑΤΟΣ  
ΓΠΑ**

**ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΜΕΛΕΤΗ**

*«Μελέτη βιοκλιματικών συνθηκών στο άλσος Νέας  
Σμύρνης»*



**ΜΠΟΛΛΑΣ ΑΝΤΩΝΗΣ**

**Αθήνα, Ιούλιος 2011**

**ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ:**

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

ΜΕΛΗ: ΙΩΑΝΝΗΣ ΤΣΙΡΟΣ, ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ Γ.Π.Α.

ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ ΚΑΜΟΥΤΣΗΣ, ΕΠΙΚΟΥΡΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ Γ.Π.Α.

## **Περιεχόμενα**

### ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Εισαγωγή

### **ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΡΟΣ**

1.	Αστικό μικρόκλιμα.....	9
1.1.	Μετεωρολογικοί παράγοντες που επηρεάζουν το αστικό μικρόκλιμα.....	11
1.1.1.	Θερμοκρασία αέρα.....	12
1.1.1.1.	Θερμοκρασία αστικού περιβάλλοντος.....	13
1.1.2.	Υγρασία ατμόσφαιρας.....	29
1.1.2.1.	Υγρασία αστικού περιβάλλοντος.....	32
1.1.2.2.	Σχετική υγρασία αστικών χώρων και χώρων πρασίνου	33
1.2.	Μη μετεωρολογικοί παράγοντες που επηρεάζουν το αστικό μικρόκλιμα	38
2.	Αστικό πράσινο.....	43
2.1.	Ιστορική εξέλιξη του αστικού πρασίνου.....	43
2.2.	Το αστικό πράσινο στην Αθήνα μετά τη σύσταση του Ελληνικού κράτους.....	44
2.3.	Το νομικό καθεστώς για το αστικό πράσινο στην Ελλάδα.....	46
3.	Θερμική άνεση.....	47
3.1.	Εισαγωγικά στοιχεία.....	47
3.2.	Ολοκληρωμένη θεώρηση θερμικής άνεσης.....	49
3.3.	Δείκτες θερμικής άνεσης.....	50
3.4.	Δείκτης ΤΗΙ.....	51
3.4.1.	Κλάσεις ΤΗΙ.....	51
3.4.2.	Επίδραση του περιβάλλοντος στον δείκτη ΤΗΙ.....	52

### **ΕΙΔΙΚΟ ΜΕΡΟΣ**

4.	Περιοχή μελέτης.....	55
5.	Ειδικός εξοπλισμός μετρήσεων – Περιγραφή οργάνων.....	57
6.	Αποτελέσματα – Συζήτηση.....	59
6.1.	Θερμική συμπεριφορά περιβάλλοντα χώρου σημείων μέτρησης από δεδομένα θερμικής κάμερας.....	59
6.2.	Θερμικό καθεστώς διαφορετικών μορφών εδαφοκάλυψης.....	76
6.3.	Θερμική αίσθηση στις διαφορετικές μορφές φυτοκάλυψης.....	81
7.	Συμπεράσματα.....	85
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	87

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το άλσος Νέας Σμύρνης αποτελεί ένα σημαντικό χώρο αστικού πρασίνου της Αθήνας, ο οποίος καλείται να δημιουργήσει ευνοϊκές συνθήκες περιβάλλοντος για τους γύρω χρήστες του και ταυτόχρονα να βελτιώσει τις βιοκλιματικές συνθήκες της περιβάλλουσας αυτό δομημένης περιοχής.

Στόχος της εργασίας αυτής είναι η διερεύνηση των βιοκλιματικών συνθηκών στο άλσος της Νέας Σμύρνης και η αξιολόγηση τους, με απώτερο σκοπό την αξιοποίηση της γνώσης αυτής για πιθανές βελτιωτικές παρεμβάσεις έτσι ώστε ο χώρος αυτός να αποτελέσει «όαση» για τους κατοίκους της περιοχής και γενικότερα του λεκανοπεδίου της Αθήνας.

Κατά τη διάρκεια του έτους 2008 έγιναν μετρήσεις θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας με αυτόνομα καταγραφικά όργανα τύπου hobo pro v2 σε 10 χαρακτηριστικές θέσεις του άλσους, ενώ παράλληλα ελήφθησαν μετρήσεις και από παρακείμενη αυτό θέση εντός της δομημένης περιοχής. Έγινε ομαδοποίηση των θερμομετρικών δεδομένων σε κατηγορίες μορφών φυτοκάλυψης και υπολογίσθηκαν οι θερμομετρικές τους αποκλίσεις από σημείο αναφοράς (δομημένη περιοχή).

Από τα θερμοϋγρομετρικά δεδομένα των κατηγοριών φυτοκάλυψης υπολογίσθηκε ο θερμοϋγρομετρικός δείκτης THI, ο οποίος χρησιμοποιήθηκε για την εκτίμηση της θερμικής αίσθησης των χώρων του άλσους.

Από τις θερμικές εικόνες, οι οποίες ελήφθησαν κατά το θέρος του έτους 2011 στον περιβάλλοντα χώρο των σημείων μέτρησης, αξιολογήθηκε η θερμική συμπεριφορά τους. Από την ανάλυση και επεξεργασία των δεδομένων διαπιστώθηκε ότι το άλσος Νέας Σμύρνης παρουσιάζει μωσαϊκό θερμικών συνθηκών, ιδιαίτερα κατά τη θερμή περίοδο του έτους. Πιο συγκεκριμένα, διαπιστώθηκαν νησίδες υψηλών θερμοκρασιών στις θέσεις που καλύπτονται με δομικά υλικά (λιθοδομές, πλάκες κ.α.) και η θερμική τους κατάσταση διαφοροποιείται ανάλογα με το είδος των δομικών υλικών, το χρώμα και την τραχύτητα της επιφάνειάς τους. Δροσερές συνθήκες διαμορφώνονται κατά το θέρος στις θέσεις με αρδευόμενη βλάστηση ως και στις επιφάνειες νερού (λίμνη, σιντριβάνι), γεγονός το οποίο αποδίδεται τόσο στην εξάτμιση όσο και στις φυσιολογικές διεργασίες των φυτών. Αντίθετα, θέσεις καλυπτόμενες με ξηροφυτικό πράσινο παρουσιάζουν δυσμενέστερες συνθήκες θερμοκρασίας αέρα, δηλαδή ψυχρότερες κατά τη χειμερινή και θερμότερες κατά τη θερινή περίοδο του έτους.

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η σκίαση ως μέσο δροσισμού κατά το θέρος. Διαπιστώθηκε δηλαδή ότι σκιαζόμενες θέσεις παρουσίασαν ευμενέστερες συνθήκες από αντίστοιχες ηλιαζόμενες, ανεξαρτήτως μορφών εδαφοκάλυψης. Αξίζει να επισημανθεί η θερμική συμπεριφορά των αίθριων, όπου στις θέσεις αυτές οι τιμές της θερμοκρασίας είναι μικρότερες κατά τη χειμερινή και υψηλότερες κατά τη θερινή περίοδο του έτους, συγκρινόμενες με τις άλλες μορφές εδαφοκάλυψης. Η θερμική αυτή συμπεριφορά μπορεί να αποδοθεί στη μορφή της φυτοκάλυψης και ιδιαίτερα στις συνθήκες ηλιασμού του. Η αύξηση δε, της θερμοκρασίας του, κατά τη θερμή περίοδο του έτους υπερβαίνει και την αντίστοιχη της παρακείμενης δομημένης περιοχής, η οποία λόγω σκίασης (αστικά φαράγγια, δενδροστοιχίες κ.α.) εμφανίζεται δροσερότερη. Από άποψη θερμικής αίσθησης των επισκεπτών του άλσους διαπιστώθηκαν ευμενέστερες συνθήκες κατά τις μεσημβρινές ώρες το χειμώνα και κατά τις πρωινές, απογευματινές και βραδινές κατά το θέρος.

## ABSTRACT

The parkland of Nea Smyrni constitutes an essential urban green area of Athens, destined to create favorable environmental conditions for its users and, at the same time, to improve the bioclimatic conditions of the surrounding building area.

The purpose of this study is the exploration of the bioclimatic conditions of the parkland of Nea Smyrni as long as their evaluation, in order to make use of this knowledge for potential ameliorative interventions, so that this space would become an «oasis» for the residents of the area and, generally, for the Athens basin.

During the year of 2008, there were conducted measurements of temperature and of relative humidity by autonomous data loggers, hobo pro v2 type, in 10 characteristic locations of the parkland, while, in parallel, there were taken measurements of an adjacent site inside the building area. The temperature data had been grouped in categories according to the type of vegetation and, consequently, their deviations from the site of reference (building area) were esteemed.

The temperature-humidity index, THI, has been valued from the temperature and humidity data of the above-mentioned categories. This index was used to estimate the thermal comfort of the parkland's spaces.

From the thermal pictures, taken during the 2011 summer in the surrounding space of the measurement sites, their thermal behavior has been assessed. Taking into account the data analysis and processing, it was concluded that the Nea Smyrni's parkland exhibits a mosaic of thermal conditions, especially during the warm period of the year. In particular, heat islands of high temperatures were detected, covered with building materials (masonries, pavement stones). Their thermal condition is differentiated according to the building materials type, the color and the roughness of their surfaces. Cooling conditions are formed during summer from the sites of irrigating vegetation to the water surfaces (lake, fountain), due to the evaporation as long as to the physiological plant process. On the contrary, sites covered by dry vegetation display adverse air temperature conditions, i.e. colder during winter and warmer during summer period.

The shading as a mean of cooling during summer is of particular interest. It has been concluded that the shading sites exhibited more propitious conditions, comparatively to the corresponding sites exposed to sun, regardless of the type of vegetation. It is important to point out the thermal behavior of the atrium, where at these locations the temperature values are cooler during winter and warmer during summer period,

comparing to other types of land cover. This specific thermal behavior may be attributed to the type of vegetation and, specifically, to the sun exposure conditions. This temperature increase, during the warm period of the year, exceeds the corresponding of the adjacent building area, which appears cooler, because of shading (urban canyons, hedgerows). With respect to visitors' thermal comfort, there were noted more favorable conditions at the midday hours during winter and at morning, afternoon and evening hours during summer.



## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

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

Η παρούσα μελέτη έχει σκοπό να ερευνήσει τις βιοκλιματικές συνθήκες του άλσους Νέας Σμύρνης στοχεύοντας στην καλύτερη αξιοποίηση του ως προς τους χρήστες του αλλά και για τη γύρω περιοχή και ευρύτερα στο λεκανοπέδιο της Αθήνας. Στο πρώτο μέρος γίνεται εκτενής ανάλυση για μετεωρολογικούς και μη παράγοντες που επηρεάζουν το αστικό μικρόκλιμα και εν συνεχεία παρουσιάζεται το αστικό πράσινο όπως έχει διαμορφωθεί ιστορικά στην περιοχή των Αθηνών καθώς επίσης και το νομικό καθεστώς του στην Ελλάδα. Ακόμη παρουσιάζονται στοιχεία για τους βιομετεωρολογικούς δείκτες μεταξύ των οποίων είναι και ο θερμοϋγρομετρικός δείκτης THI, που χρησιμοποιήθηκε στη συγκεκριμένη έρευνα. Στο δεύτερο μέρος παρουσιάζονται αρχικά ο ειδικός εξοπλισμός μετρήσεων, η θερμική συμπεριφορά των σημείων μέτρησης, το θερμικό καθεστώς διαφορετικών μορφών φυτοκάλυψης, η θερμική αίσθηση στις διαφορετικές μορφές φυτοκάλυψης και στη συνέχεια τα αποτελέσματα των μετρήσεων με τη συζήτηση και τα συμπεράσματα.

## 1. ΑΣΤΙΚΟ ΜΙΚΡΟΚΛΙΜΑ

Μελετώντας τις παραμέτρους που επιδρούν στη διαμόρφωση του περιβάλλοντος μιας αστικής περιοχής διαπιστώνουμε την επίδραση διαβαθμισμένων κλιματικών χαρακτηρισμών που αποδίδονται με τους όρους μακρόκλιμα, μεσόκλιμα και μικρόκλιμα. Αν και οι κλιματικές συνθήκες ενός τόπου, προσδιορίζονται από μια σειρά φυσικών φαινομένων και παραμέτρων, η παρέμβαση του ανθρώπου είναι δυνατόν να επιφέρει σημαντική τροποποίηση σε αυτές και μάλιστα σε τέτοιο βαθμό ώστε να αποκτούν προσδιοριστικούς χαρακτηρισμούς ανάλογα με το είδος της οικιστικής ανάπτυξης (Πολυχρονόπουλος, 1998).

Το «**αστικό μικροκλίμα**» ή **μικροκλίμα πόλης** αποτελεί μια σαφή περίπτωση των παραπάνω. Ο όρος αυτός είναι συνυφασμένος με τα εξής:

- Την έντονη πολυπλοκότητα που δημιουργεί η αλληλεπίδραση ποικίλων φυσικών και ανθρωπογενών παραγόντων.
- Τη σημαντική αλλοίωση και διαφοροποίηση που έχουν υποστεί βασικά κλιματικά στοιχεία που το καθορίζουν-όπως η διαθεσιμότητα της ηλιακής ακτινοβολίας, η υγρασία, η θερμοκρασία και οι συνθήκες ροής του ανέμου- σε σχέση με τις μέσες και ακραίες τιμές που θα αναμέναμε από τα φυσικά κλιματικά χαρακτηριστικά του τόπου.
- Την ασυνέχεια των γενικών τιμών των παραπάνω μικροκλιματικών στοιχείων και τη μεταβλητότητα στην οποία υπόκεινται κατά την ίδια χρονική στιγμή σε διαφορετικά σημεία της αστικής περιοχής (Givoni, 1993).

Για σαφέστερη κατανόηση των παραπάνω, αναφέρεται ως παράδειγμα, ένα συνηθισμένο φαινόμενο που μπορεί να παρατηρηθεί σε δύο γειτονικές οδούς μιας αστικής περιοχής. Η έντονη διαφοροποίηση της ροής του ανέμου, τόσο ποιοτικά όσο και ποσοτικά, ακόμη και όταν η μέση γενική ταχύτητα και κατεύθυνση του ανέμου σε συγκεκριμένη χρονική στιγμή θεωρείται προσδιορισμένη και ενιαία για όλη την περιοχή. Τόσο μάλιστα, ώστε ενώ αισθανόμαστε στη μία περιοχή ενόχληση από έντονη ροή και στροβιλισμούς του αέρα, σε κοντινή απόσταση είναι πιθανό να βιώνουμε συνθήκες που πλησιάζουν την άπνοια. Ανάλογες διαφορές παρατηρούνται και ως προς την ποικιλότητα της διαθεσιμότητας του ηλιασμού σε κτίρια και ελεύθερους χώρους, αλλά και στα ποσοστά συγκέντρωσης υγρασίας, σκόνης και ρύπων σε διαφορετικές, κοντινές περιοχές εντός του αστικού χώρου, συνθέτοντας μια

μεταβαλλόμενη και πολύπλοκη εικόνα περιβαλλοντικών συνθηκών (Πολυχρονόπουλος, 1998).

Οι μικροκλιματικές συνθήκες γύρω από τα κτίρια, τους δρόμους και τους ελεύθερους χώρους, στις πυκνοδομημένες αστικές περιοχές, προσδιορίζονται σε μεγάλο βαθμό από τη μορφή της πόλης, γι' αυτό μπορούν να τροποποιηθούν με το σχεδιασμό. Η θερμοκρασία του αέρα και των επιφανειών, η ταχύτητα και κατεύθυνση του ανέμου γύρω από τα κτίρια και στους δρόμους, ο ηλιασμός των κτιρίων και των υπαίθριων αστικών χώρων, η συγκέντρωση της σκόνης και των ρύπων κοντά στο έδαφος, μπορούν να τροποποιηθούν ευνοϊκά, με την εφαρμογή κατάλληλων επιλογών κατά το σχεδιασμό ή και τον ανασχεδιασμό του αστικού χώρου, δηλαδή με αποφάσεις που αφορούν :

- την επιλογή ευνοϊκής τοποθεσίας με κατάλληλη τοπογραφική διαμόρφωση για την ανάπτυξη μιας περιοχής,
- τη ρύθμιση πυκνότητας δόμησης,
- τα κατάλληλα μεγέθη και τη χωροθέτηση κτιρίων και υπαίθριων χώρων,
- τον προσανατολισμό και το μέγεθος των οδών,
- το σχεδιασμό και τη διάθρωση των χώρων πρασίνου.

Συνοψίζοντας λοιπόν, διακρίνουμε τη σημασία που έχει η πρόβλεψη του αστικού μικροκλίματος, κατά την εκπόνηση των πολεοδομικών σχεδίων και κανονισμών, που αφορούν στα μοντέλα και στο βαθμό ανάπτυξης των τεχνικών έργων στον αστικό χώρο. Επίσης αντιλαμβανόμαστε και τις μεγάλες δυσκολίες που προκύπτουν, όταν εκ των υστέρων σε ένα ήδη δυσμενές για τον άνθρωπο διαμορφωμένο αστικό περιβάλλον, καλούμαστε μέσα από μια διαδικασία ανάπλασης να προσδιορίσουμε τα ειδικά ποιοτικά και ποσοτικά χαρακτηριστικά του και να το τροποποιήσουμε με τη χρήση μια σειράς σχεδιαστικών εργαλείων και μεθόδων (Πολυχρονόπουλος, 2000-2001). Πέραν από την κατηγοριοποίηση των παραμέτρων που πρέπει να ληφθούν υπόψη, σημαντικό ρόλο έχει η εφαρμογή των στρατηγικών σχεδιασμού στα πλαίσια της περιβαλλοντικής ηθικής, ως ένδειξη πρόνοιας και σεβασμού απέναντι στο περιβάλλον αλλά και στον άνθρωπο, παράλληλα (Μουσιόπουλος, 2003).

### **1.1. Μετεωρολογικοί παράγοντες που επηρεάζουν το αστικό μικρόκλιμα**

Το περιβάλλον των οικισμών και των πόλεων (*οικιστικό ή αστικό περιβάλλον*) είναι σε μεγάλο βαθμό τεχνητό και δομημένο. Το *δομημένο περιβάλλον* δημιουργείται μετά από σειρά επεμβάσεων του ανθρώπου στο *φυσικό περιβάλλον*.

Το υπόβαθρο δηλαδή του δομημένου περιβάλλοντος είναι το φυσικό περιβάλλον, το οποίο όμως έχει υποστεί σημαντικές μεταβολές. Γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά όπως ποτάμια, χείμαρροι, λόφοι, λίμνες, κ.ά., μπορεί να εμπεριέχονται στο οικιστικό περιβάλλον ή και να γειτνιάζουν με αυτό (Blunden, 1988).

Οι κάτοικοι των πόλεων έχουν αναπτύξει επίσης δευτερογενείς ανάγκες σε συνάρτηση με το περιβάλλον που ζουν. Χρειάζονται για παράδειγμα στοιχειώδεις συνθήκες άνεσης, ιδιωτικότητας, κίνησης. Ορισμένες από τις δευτερογενείς ανάγκες είναι περισσότερο πολύπλοκες και αναφέρονται στην αντίληψη του χώρου, την ιστορική μνήμη, την πρόσβαση στα δημόσια αγαθά, την επικοινωνία με τους άλλους. Τα κτίρια και οι υπαίθριοι χώροι, η κίνηση και οι δραστηριότητες των ανθρώπων διαμορφώνουν ένα περιβάλλον και επηρεάζουν σε μεγάλο βαθμό τις συνθήκες διαβίωσης των ανθρώπων (Κοσμάκη, 2009).

Οι *περιβαλλοντικοί παράγοντες*, συσχετιζόμενοι μεταξύ τους αποτελούν το περιβάλλον ενός τόπου και επηρεάζουν την κατάστασή του. Διακρίνονται στους παράγοντες του φυσικού και του οικιστικού περιβάλλοντος

Όταν ο όρος αναφέρεται στους παράγοντες του φυσικού περιβάλλοντος ή της φύσης περιλαμβάνει το σύνολο των παραγόντων (βιοτικών και αβιοτικών), που επιδρούν άμεσα στους ζωντανούς οργανισμούς και στην οικολογική ισορροπία. Οι παράγοντες αυτοί όσον αφορά στα χερσαία οικοσυστήματα διακρίνονται σε (Ντάφης, 1986):

- κλιματικούς (ακτινοβολία, θερμοκρασία αέρα, βροχοπτώσεις, υγρασία, ομίχλη, άνεμος, φωτισμός κ.ά.)
- τοπογραφικούς (γεωγραφική θέση, φυσιογνωμία κ.ά.)
- γεωλογικούς (μητρικό πέτρωμα, στάθμη υπογείων υδάτων κ.ά.)
- βιοτικούς (συννοκούντα φυτά και ζώα)

Όταν ο όρος « περιβαλλοντικοί παράγοντες» αναφέρεται στο οικιστικό περιβάλλον περιλαμβάνει εκτός των παραγόντων της φύσης και τους παράγοντες που επιδρούν στην υγεία, τη συμπεριφορά, την ποιότητα ζωής των ανθρώπων. Η αποσαφήνιση και ομαδοποίηση αυτών των παραγόντων δεν είναι εύκολη γιατί συναρτώνται με παραμέτρους όπως τις αξίες των ανθρώπων, τις οικονομικές συνθήκες, τα πολιτισμικά πρότυπα, που διαφέρουν σημαντικά. Ο αστικός χώρος κατοικείται από

διαφορετικές κοινωνικές ομάδες που ζουν κάτω από διαφορετικές συνθήκες (Mc Hang, 1992).

Οι περιβαλλοντικοί παράγοντες προσεγγίζονται από διαφορετικές επιστημονικές περιοχές. Οι παράγοντες του φυσικού περιβάλλοντος προσεγγίζονται από περιοχές όπως η οικολογία, η βιολογία, η γεωλογία, η υδρολογία και η μετεωρολογία. Οι παράγοντες του οικιστικού περιβάλλοντος, που δεν ανήκουν στην κατηγορία των παραγόντων της φύσης, μελετώνται από περιοχές όπως η ανθρωπογεωγραφία, η αστική γεωγραφία, η περιβαλλοντική ψυχολογία και η αρχιτεκτονική (Lynch and Hack, 1990).

### **1.1.1. Θερμοκρασία αέρα**

Ως *θερμοκρασία ενός υλικού*, χαρακτηρίζεται ο βαθμός της μοριακής δράσης ή της θερμότητας αυτού. Αυτή καθορίζεται από τη ροή θερμότητας από ένα σύστημα ή ένα σώμα σε ένα άλλο και γίνεται αισθητή ή μετριέται με τη βοήθεια οργάνων.

Η θερμοκρασία του αέρα κοντά στο έδαφος μεταβάλλεται με το ύψος και κατά κανόνα ελαττώνεται από 0,3 έως 1 °C κάθε 100 m. Η ελάττωση της θερμοκρασίας συναρτήσει του ύψους ονομάζεται **θερμοβαθμίδα** και δίνει τον ρυθμό μεταβολής της θερμοκρασίας με το ύψος (Zemansky, 1968).

Η μείωση αυτή της θερμοκρασίας με το υψόμετρο βοηθάει στην καλύτερη ανάμιξη του αέρα και στη διασπορά των ρύπων. Οι θερμότερες μάζες αέρα έχοντας μικρότερη πυκνότητα, έχουν την τάση να κινούνται προς μεγαλύτερα υψόμετρα, μέχρι να συναντήσουν αέριες μάζες με περίπου ίδια χαρακτηριστικά θερμοκρασίας και πυκνότητας. Το αντίστροφο συμβαίνει με τις ψυχρότερες μάζες, οι οποίες όντας «βαρύτερες» παραμένουν σταθερές. Οι θερμές μάζες στα υψηλότερα στρώματα ψύχονται και αντικαθίστανται από θερμότερες μάζες από κοντύτερα στην επιφάνεια του εδάφους, εξασφαλίζοντας έτσι «φυσική κυκλοφορία» του αέρα (Wallace and Hobbs, 1977).

Πολλές φορές υπό ορισμένες συνθήκες, η θερμοκρασία πάνω από ένα ορισμένο ύψος αυξάνεται αντί να ελαττώνεται. Το φαινόμενο αυτό καλείται **αναστροφή της θερμοκρασίας** και είναι μείζονος σημασίας για την επιστήμη της Μετεωρολογίας. Συγκεκριμένα, το εν λόγω φαινόμενο μπορεί να λαμβάνει χώρα στα ψηλά στρώματα της τροπόσφαιρας ή ακόμα πολύ πιο συχνά σε χαμηλό ύψος πάνω από την επιφάνεια του εδάφους (Φλόκας, 1997).

Η θερμοκρασιακή αναστροφή έχει ιδιαίτερη σημασία στην ημερήσια εξέλιξη της ατμοσφαιρικής ρύπανσης πάνω από πόλεις και ιδιαίτερα, όταν αυτές βρίσκονται σε λεκανοπέδιο όπως η Αθήνα, το Λος Άντζελες, κ.α. (Prezerakos, 1998).

Η θερμοκρασία του αέρα κοντά στην επιφάνεια του εδάφους επηρεάζεται τόσο από το ανάγλυφο όσο και από τη μορφή εδαφοκάλυψης (Papiel et al., 2001). Διαμορφώνονται δηλαδή διαφορετικές θερμομετρικές συνθήκες αέρα σε φυτοκαλυμμένες περιοχές από περιοχές που καλύπτονται από δομικά ή άλλα υλικά. Επίσης αυτές διαφοροποιούνται στις κοιλάδες, στους ορεινούς όγκους ως και σε θέσεις που επηρεάζονται άμεσα από μεγάλες υδάτινες επιφάνειες (θάλασσα, λίμνες, ποτάμια).

#### **1.1.1.1. Θερμοκρασία αστικού περιβάλλοντος**

Με τον όρο μικροκλίμα νοείται το σύνολο των κλιματικών στοιχείων που χαρακτηρίζουν μικρής έκτασης περιοχές. Οι παράγοντες που κυρίως επιδρούν στη διαμόρφωση των χαρακτηριστικών του αστικού μικροκλίματος (Taha, 1997) είναι:

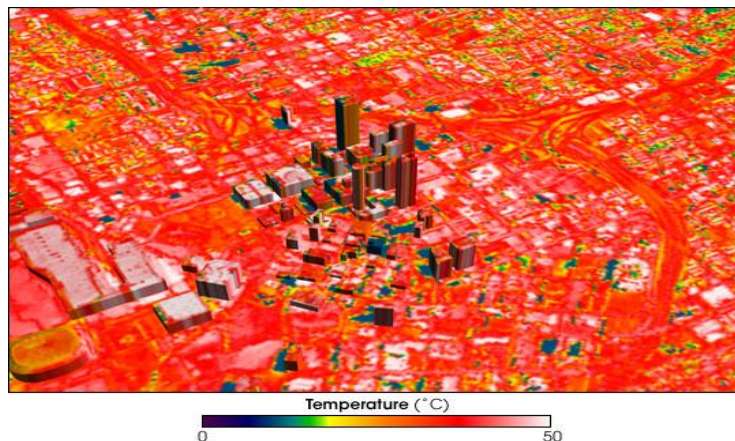
- α) Η τοπογραφία της περιοχής, δηλαδή η ύπαρξη βουνών και λόφων, η γειτνίαση με τη θάλασσα και οι κλίσεις των εδαφών που επιδρούν κυρίως στην ταχύτητα και τη διεύθυνση των ανέμων.
- β) Η εδαφολογική σύσταση της περιοχής στην οποία βρίσκεται η πόλη. Ιδιότητες του εδάφους όπως η υδροπερατότητα και η υδροχωρητικότητα είναι εξαιρετικής σημασίας για το κλίμα.
- γ) Οι πηγές εκπομπής θερμότητας (τα αυτοκίνητα, οι κεντρικές θερμάνσεις κ.α.) οι οποίες επηρεάζουν τη θερμοκρασία στην πόλη και συντελούν στη δημιουργία του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας (Urban Heat Island).
- δ) Η κατανομή του πρασίνου. Τα άλση, τα πάρκα και οι περιοχές με δενδροφύτευση μπορούν να μειώσουν αισθητά τη θερμοκρασία, να αυξήσουν την υγρασία και να ελαττώσουν τις διακυμάνσεις της θερμοκρασίας.
- ε) Η πυκνή δόμηση και η πυκνότητα του πληθυσμού. Τα κτίρια επιδρούν άμεσα στο μικροκλίμα καθώς πρόκειται ως επί το πλείστον για μεγάλες θερμικές επιφάνειες που επιδρούν στο ενεργειακό ισοζύγιο των ακτινοβολιών. Παράλληλα η δημιουργία αστικών φαραγγιών, ανάλογα με τη χωροθέτησή τους, συμβάλλει ουσιαστικά στις συνθήκες αερισμού της πόλης. Ο πληθυσμός έχει έμμεση

επίδραση στο κλίμα καθώς οι ανθρώπινες δραστηριότητες (κυκλοφορία, βιομηχανία κλπ) με πολλούς τρόπους το επηρεάζουν (Escourrou, 1991).

Πρέπει επίσης να αναφερθεί ότι το μικροκλίμα δεν έχει μόνο επιπτώσεις μέσα στην πόλη αλλά και σε μια ζώνη γύρω από αυτήν, επηρεάζοντας έτσι και τις γειτνιαζουσες περιοχές (Kirshen et al., 2008).

Όλοι οι παράγοντες που προαναφέρθηκαν διαμορφώνουν τελικά το αστικό μικροκλίμα επηρεάζοντας τις διάφορες κλιματικές παραμέτρους. Οι πιο βασικές επιδράσεις αφορούν στη θερμοκρασία του αέρα, την ταχύτητα και τη διεύθυνση του ανέμου και δευτερευόντως στην ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας, στη νέφωση, πιθανόν στο ύψος των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων και τέλος στο ποσοστό της ηλιοφάνειας (Detwyler and Melvin, 1972).

Η θερμοκρασία στις πόλεις τείνει να είναι υψηλότερη από αυτήν στις γύρω περιοχές. Το μέγιστο της θερμοκρασίας λαμβάνει χώρα στο κέντρο της πόλης. Το φαινόμενο αυτό είναι γνωστό ως το φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας.



Εικόνα 1: Αναπαράσταση αστικής θερμικής νησίδας με χρωματική διακύμανση της θερμοκρασίας (Earth Observatory, <http://earthobservatory.nasa.gov>, τελευταία επίσκεψη 12/5/11).

Ως αστική θερμική νησίδα ορίζεται ο αστικός χώρος στον οποίο η θερμοκρασία είναι υψηλότερη από αυτή της περιβάλλουσας υπαίθρου και ως ψυχρή νησίδα χώρων πρασίνου ορίζεται ο χώρος του αστικού πάρκου στο οποίο η θερμοκρασία είναι χαμηλότερη από την αντίστοιχη του περιβάλλοντος αστικού ιστού. Τα φαινόμενα αυτά παρουσιάζουν πολυάριθμες περιβαλλοντικές, οικονομικές και κοινωνικές συνέπειες στις αστικές περιοχές (Oke, 1973).

Ειδικότερα, οι επεμβάσεις στο φυσικό τοπίο με σπίτια, δρόμους, πλατείες, μεγάλα δημόσια κτίρια και βιομηχανικές εγκαταστάσεις έχουν προκαλέσει ριζικές 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). Επί παραδείγματι, τα αποτελέσματα μίας έρευνας που διεξήχθη στην πόλη της Βαλένθια της Ισπανίας έδειξαν μία διαφορά της τάξης των  $5^{\circ}\text{C}$  μεταξύ του κέντρου της πόλης και του περιαστικού χώρου. Οι μέγιστες τιμές της θερμοκρασίας καταγράφηκαν σε τμήματα της πόλης στα οποία εντοπίστηκαν ψηλά κτίρια. Με βάση τις μέσες τιμές της θερμοκρασίας για μία δεκαετή περίοδο που αφορούσαν το κέντρο της πόλης και το αεροδρόμιο, το οποίο βρίσκεται στην περιαστική περιοχή, διαπιστώθηκε διαφορά θερμοκρασίας  $1,3^{\circ}\text{C}$  την χειμερινή περίοδο του έτους. Σημαντικοί παράγοντες στην παρούσα έρευνα για τη διαμόρφωση της θερμοκρασίας αποτέλεσαν η θέση του ήλιου και η ώρα της μέρας. Επίσης, παρατηρήθηκε ότι στους χώρους πρασίνου η διαφορά θερμοκρασίας ως προς το κέντρο της πόλης έφτανε έως και τους  $4^{\circ}\text{C}$  (Gomez et al., 1998).

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 μίας σύγχρονης πόλης αποτελούνται σε μεγάλο ποσοστό από δομικά υλικά (τσιμέντο, άσφαλο κ.α.) μη διαπερατά από το νερό, ενώ ένα πολύ μικρό ποσοστό καλύπτεται από αδιάταρακτα εδάφη και βλάστηση ( Μουσιόπουλος, 1991). Στην οριακή ζώνη μετάπτωσης μεταξύ της περιοχής της ελεύθερης δόμησης και του αστικού χώρου εμφανίζεται απότομη μεταβολή της θερμοκρασίας. Ο ρυθμός της μεταβολής μπορεί να φτάσει έως και τους  $4^{\circ}\text{C} / \text{km}$ . Εν συνεχεία, ο ρυθμός αύξησης της θερμοκρασίας προς το κέντρο της πόλης είναι μικρότερος και σταθερός. Παρεμβάλλονται, συν τοις άλλοις, πάρκα, λίμνες, εμπορικές, βιομηχανικές και πυκνοκατοικημένες περιοχές. Εν τέλει, πάνω από το κέντρο της πόλης σχηματίζεται η περί ου ο λόγος θερμική νησίδα, όπου σημειώνεται η μεγαλύτερη θερμοκρασία που ουσιαστικά αντιστοιχεί στο πυκνά δομημένο και με ψηλά κτίρια αστικό κέντρο (Oke, 1976).

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 και της ελεύθερης δόμησης περιοχής. Η διαφορά αυτή μεταβάλλεται αντιστρόφως ανάλογα με την ταχύτητα του ανέμου και τη νεφοκάλυψη και παρουσιάζει τη μέγιστη τιμή της, όταν ο ουρανός είναι ανέφελος και επικρατεί σχετική νηνεμία. Οι συνθήκες αυτές ενισχύουν τη διαφοροποίηση του ρυθμού με τον οποίο λαμβάνει χώρα η απώλεια θερμότητας στη δομημένη και στη μη δομημένη περιοχή. Η διαφοροποίηση των θερμοκρασιακών συνθηκών σε μία πόλη συγκριτικά με την ελεύθερη δόμησης περιοχή και κατ' επέκταση η ένταση της θερμικής νησίδας, σχετίζεται με το μέγεθος της πόλης (Oke, 1978).

Θερμική νησίδα εμφανίζουν ακόμα και μικροί οικισμοί (περίπου 1000 κατοίκων). Αυτό αιτιολογείται από το γεγονός ότι συνήθως τα εμπορικά κέντρα ή τα σχετικά μικρά οικοδομικά τετράγωνα παρουσιάζουν αυξημένη θερμοκρασία συγκριτικά με τον περιβάλλοντα χώρο αυτών. Στην περίπτωση επικράτησης ισχυρών ανέμων η θερμική διαφοροποίηση μεταξύ αστικών και μη δομημένων περιοχών σχεδόν εξαφανίζεται. Ο ακριβής καθορισμός της τιμής της ταχύτητας του ανέμου για την οποία επιτυγχάνεται αυτό εκτιμάται ότι κυμαίνεται περίπου στα 10m/sec (Oke, 1978). Η ύπαρξη αστικής θερμικής νησίδας έχει βιολογικές και οικονομικές συνέπειες. Επιφέρει πρόωμη βλάστηση και άνθηση των φυτών ενώ, παράλληλα, επιμηκύνει τη βλαστική περίοδο. Επίσης η θερμότερη αστική κατοικία αποτελεί πόλο έλξης για μερικά πουλιά. Όταν όμως η πόλη εγκαθίσταται σε θερμή περιοχή η αυξημένη θερμοκρασία, που οφείλεται στην επίδραση της δόμησης, δεν είναι επιθυμητή για τους ανθρώπους και προκαλεί θερμική καταπόνηση. Από οικονομικής άποψης, η θερμική νησίδα είναι επωφελής καθότι περιορίζει την ανάγκη για θέρμανση τον χειμώνα όμως το καλοκαίρι μειονεκτεί λόγω των αυξημένων απαιτήσεων για αερισμό και κλιματισμό (Bernatzky, 1982).

Αυτές οι μεταβολές των θερμοκρασιακών συνθηκών του αστικού μικροκλίματος και κατ' επέκταση η δημιουργία αστικής θερμικής νησίδας είναι αποτέλεσμα του μεγάλου οικοδομικού όγκου, της θερμότητας η οποία συσσωρεύεται στα δομικά

υλικά δρόμων και κτιρίων, της μειωμένης ταχύτητας του ανέμου εξαιτίας της τραχύτητας της επιφάνειας της πόλης, της απορροής του μεγαλύτερου μέρους των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων λόγω της μειωμένης εισροής του νερού στο έδαφος, το οποίο καλύπτεται με αδιαπέραστα υλικά, της ελάττωσης της ενέργειας που καταναλώνεται στις διαδικασίες εξατμισοδιαπνοής εξαιτίας της έλλειψης βλάστησης και τέλος των ανθρωπογενών πηγών θερμότητας και του νέφους της πόλης, το οποίο μειώνει τη μεγάλου μήκους κύματος ακτινοβολία (Bernatzky, 1982). Για το ίδιο θέμα ο Oke (1976) αναφέρει ότι η τροποποίηση της θερμοκρασίας στο αστικό μικρόκλιμα και συνεπώς η διαμόρφωση της αστικής θερμικής νησίδας αποδίδεται σε αιτίες όπως είναι ο αυξημένος αριθμός ρύπων στον ατμοσφαιρικό αέρα των πόλεων, οι οποίοι απορροφούν και επανεκπέμπουν τη μεγάλου μήκους κύματος ακτινοβολία, που εκπέμπεται από το έδαφος, συμβάλλοντας έτσι στην ανύψωση της θερμοκρασίας στον αστικό χώρο. Επίσης, το φαινόμενο αυτό επηρεάζει την αύξηση του ποσού θερμότητας, το οποίο απορροφάται στη δομημένη περιοχή εξαιτίας των δομικών υλικών των οικοδομικών όγκων, τις ανθρωπογενείς πηγές θερμότητας, την περιορισμένη εξάτμιση λόγω της μηδαμινής φυτοκάλυψης και την ελάττωση της απώλειας θερμότητας, η οποία αιτιολογείται από τη μειωμένη ταχύτητα του ανέμου στον αστικό χώρο.

Η συνδυασμένη δράση των παραπάνω λειτουργιών ενισχύει την αποθήκευση θερμότητας στον αστικό χώρο κατά τη διάρκεια της ημέρας ενώ μετά τη δύση του ηλίου παρεμποδίζει την ταχεία θερμική απόδοσή της, διατηρώντας τη θερμοκρασία στη δομημένη περιοχή σε υψηλότερα επίπεδα συγκριτικά με την έκταση που την περιβάλλει. Κατά την περίοδο του χειμώνα η συμβολή των ανθρωπογενών πηγών θερμότητας στον σχηματισμό της αστικής θερμικής νησίδας αποκτά μεγαλύτερη βαρύτητα.

Συνεπάγεται, επομένως, ότι το είδος της δόμησης επιδρά καθοριστικά στη διαφοροποίηση των θερμομετρικών συνθηκών της αστικής περιοχής. Το ύψος των κτιρίων όπως και η μεταξύ τους απόσταση εντός της πόλης περιορίζουν σε διαφορετικό βαθμό την εκπεμπόμενη νυκτερινή ακτινοβολία με αποτέλεσμα τη διαφορετική ψύξη των οικοδομικών όγκων, ενώ παίζουν καθοριστικό ρόλο στις συνθήκες σκίασης των ακάλυπτων χώρων μεταξύ των κτιρίων, με αποτέλεσμα τη διαφοροποίηση των θερμομετρικών συνθηκών (Χρονοπούλου-Σερέλη και Φλόκας, 2010).

Γενικότερα κατά τη διάρκεια της ημέρας, η βλάστηση συμβάλλει θετικά στη διατήρηση της θερμοκρασίας σε σχετικά χαμηλά επίπεδα. Το πράσινο αποκτά ιδιαίτερη σημασία για τις κλιματικές συνθήκες της χώρας μας, ειδικότερα κατά τη θερμή περίοδο. Η επίδραση του πρασίνου στη διαμόρφωση του τοπικού κλίματος συσχετίζεται με τη διεύθυνση και την ένταση του ανέμου, την αγωγιμότητα ή μη του εδάφους και με την εποχή του έτους. Οι προηγμένοι λαοί έχουν κατανοήσει τη σπουδαιότητα του πρασίνου όσον αφορά στη βελτίωση των μικροκλιματικών συνθηκών των αστικών περιοχών και ως εκ τούτου λαμβάνουν διάφορα μέσα προστασίας και επέκτασής του. Τα παραδεκτά όρια επιφάνειας πρασίνου ανά κάτοικο στις πόλεις σήμερα κυμαίνονται από 8 έως 12 m<sup>2</sup> (Χρονοπούλου-Σερέλη και Φλόκας, 2010).

**Η ύπαρξη πρασίνου** στις αστικές περιοχές έχει κοινωνική αξία μέσω της υψηλής αισθητικής αξίας, των δραστηριοτήτων που λαμβάνουν χώρα σε αυτούς και, παράλληλα, δημιουργεί καλύτερες συνθήκες διαβίωσης στους κατοίκους μέσω της ρύθμισης των υψηλών θερμοκρασιών (Givoni, 1989), αλλά και της μείωσης του φαινομένου της θερμικής νησίδας, όπως εκτενώς περιγράφηκε (Gomez et al., 1998). Σύμφωνα με τους Alvarez-Cobelas et al. (2001), η βλάστηση που καλύπτει τους χώρους πρασίνου σε σχέση με τις υπόλοιπες μορφές εδαφοκάλυψης των αστικών χώρων έχει τις εξής διαφορετικές ιδιότητες:

- Τα φυτά έχουν μικρότερη θερμοχωρητικότητα και αγωγιμότητα σε σχέση με αυτές των υλικών δόμησης (κτίρια, ταράτσες, πεζοδρόμια, πλακοστρώσεις, τσιμεντοστρώσεις κ.α.)
- Η ηλιακή ακτινοβολία απορροφάται από τα φύλλα σε μεγάλο βαθμό με αποτέλεσμα να παρατηρείται μικρότερη εκπομπή ακτινοβολίας προς την ατμόσφαιρα.
- Το νερό της βροχής απορροφάται από το έδαφος, στη συνέχεια εξατμίζεται από το έδαφος και το φύλλωμα των δένδρων με αποτέλεσμα ο ρυθμός εξάτμισης του νερού να είναι μεγαλύτερος στις περιοχές με βλάστηση.
- Τα φυτά μειώνουν την ταχύτητα του ανέμου κοντά στο επίπεδο του εδάφους.

Από τα παραπάνω γίνεται εμφανές ότι το μικρόκλιμα των χώρων πρασίνου είναι διαφορετικό από τα αντίστοιχα άλλων μορφών εδαφοκάλυψης του αστικού χώρου. Οι κύριες διαφορές εντοπίζονται στη θερμοκρασία, στην ταχύτητα και στον στροβιλισμό του ανέμου, στην υγρασία αλλά και στην καθαρότητα του αέρα.

Η θερμοκρασία του αστικού περιβάλλοντος διαμορφώνεται από τις γεωμετρικές παραμέτρους της δομημένης περιοχής από τη μορφή, το είδος και το χρώμα των δομικών υλικών ως και το είδος και το μέγεθος των φυτοκαλυμμένων επιφανειών.

### ➤ Γεωμετρία του χώρου

Η γεωμετρία του χώρου είναι ένα από τα βασικά συστατικά της διαμόρφωσης περιβάλλοντος αφού καθορίζει σε μεγάλο βαθμό τη σκίαση και τη ροή του ατμοσφαιρικού αέρα. Στην πράξη, ο σχεδιασμός ενός χώρου, σε όποια κλίμακα διαστάσεων κι αν αναφέρεται, από μία ολόκληρη αστική περιοχή έως την αυλή μίας μεμονωμένης κατοικίας, μπορεί να τροποποιήσει τις ατμοσφαιρικές συνθήκες και τις τιμές των παραμέτρων όπως τη θερμοκρασία και την υγρασία αέρος, την ταχύτητα και τη διεύθυνση του ανέμου και τέλος το ισοζύγιο των ακτινοβολιών. Η σημασία της γεωμετρικής διαμόρφωσης στη μελέτη των ατμοσφαιρικών συνθηκών οδήγησε στην επινόηση δύο βασικών παραμέτρων μέσω των οποίων γίνεται δυνατή η περιγραφή της και η ένταξή της σε μαθηματικά πρότυπα (μοντέλα) που περιγράφουν τη θερμική αίσθηση του ανθρώπου, την εξάπλωση της θερμικής ρύπανσης έως και τη διασπορά των ρύπων (Alcoforado and Andrade 2006; Emmanuel and Erik 2006; Johansson 2006; Tang and Wang 2007; Ali-Toudert and Mayer 2007b; Matzarakis et al., 2009). Προκειμένου να γίνει εφικτή η προσέγγιση των παραπάνω κλιματολογικών φαινομένων ορίστηκαν κάποιοι παράγοντες βάσει των οποίων θα ήταν δυνατόν να μελετηθούν και να εξηγηθούν οι υπάρχουσες δυσμενείς καταστάσεις αλλά και να βρεθούν τρόποι για την εξάλειψή τους. Αυτοί οι παράγοντες είναι γνωστοί ως γεωμετρικοί παράγοντες και είναι οι εξής:

- **Συντελεστής Θέασης του Ουράνιου Θόλου-Sky View Factor(SVF)**

Ο SVF είναι ένας παράγοντας που χρησιμοποιείται για να περιγράψει τη γεωμετρία ενός αστικού περιβάλλοντος, ανάλογα με το είδος και τις διαστάσεις δόμησης και ειδικότερα των αστικών φαραγγιών (Grimmond et al., 2001, Mills, 1997). Η εν λόγω παράμετρος είναι ένα αδιάστατο μέγεθος που μπορεί να πάρει τιμές από 0.0 έως και 1.0, το οποίο υποδηλώνει το ποσοστό του ουράνιου θόλου (ημισφαίριο) που είναι ορατό από τον παρατηρητή από μία συγκεκριμένη θέση στο χώρο. Όταν δεν είναι κανένα τμήμα του ουράνιου θόλου ορατό, τότε ο συντελεστής θέασης λαμβάνει μηδενική τιμή ενώ, στην αντίθετη περίπτωση, λαμβάνει την τιμή 1.0 όταν το σύνολο του ουράνιου θόλου είναι ορατό.

- **Σχέση ύψους/πλάτους κτιρίων (H/W):**

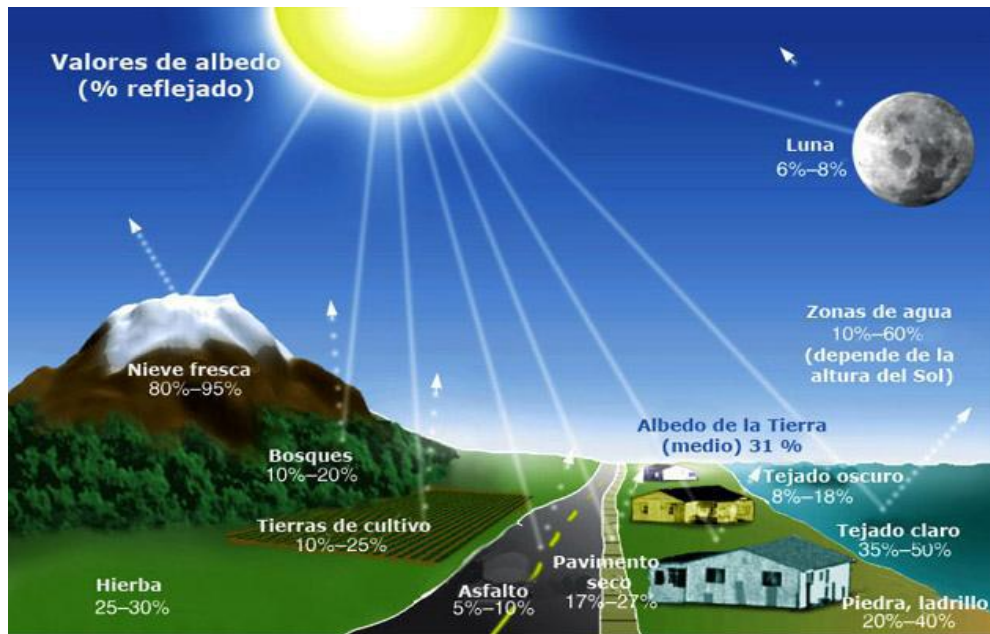
Η σχέση H/W των κτιρίων αναφέρεται στη βιβλιογραφία με τον όρο aspect ratio (Grimmond et al., 2001). Ο γεωμετρικός παράγοντας H/W αναφέρεται στις διαστάσεις των κτιρίων, το σύνολο των οποίων δημιουργεί το αστικό φαράγγι. Πρόκειται ουσιαστικά για την περιοχή που δημιουργείται από τους τοίχους των παρακείμενων κτιρίων, την οριζόντια ισόπεδη περιοχή που εκτείνεται στο ενδιάμεσο αυτών των κτιρίων, όπως οδοστρώματα, κήποι, χώροι στάθμευσης και τον όγκο του αέρα, ο οποίος εσωκλείεται στη συγκεκριμένη περιοχή που δημιουργείται.

Ουσιαστικά, η παράμετρος H/W συμπεριλαμβάνεται στο SVF και χρησιμοποιείται σε πιο εξειδικευμένες μελέτες που εξετάζουν αμιγώς κτιριακές διαμορφώσεις (Yamashita et al., 1986). Πάρα ταύτα, σε κάθε περίπτωση, αποτελούν δύο ευρέως χρησιμοποιούμενες παραμέτρους ποσοτικοποίησης και περιγραφής της γεωμετρικής διαμόρφωσης του χώρου (Shashua-Bar and Hoffman 2003; Emmanuel et al., 2007). Πολλές μελέτες συσχετίζουν μέσω αυτών τη γεωμετρική διαμόρφωση με την ένταση της Αστικής Θερμικής Νησίδας-Urban Heat Island σε πολλές περιοχές του πλανήτη και σε διαφορετικές μορφές του αστικού χώρου (Barring et al., 1985; Johnson 1985; Eliasson 1996; Arnfield 2003). Επίσης ο SVF συνδέεται με τη νυκτερινή ψύξη δια ακτινοβολίας, μία διαδικασία πολύ σημαντική στη διαμόρφωση των βιοκλιματικών συνθηκών και πολύ χρήσιμη κατά την επικράτηση θερμών συνθηκών (Urmanis et al., 1998; Goh and Chang, 1999; Pearlmutter et al., 1999; Unger 2004). Οι τιμές που λαμβάνει ο ρυθμός της νυκτερινής ψύξης (cooling rate) επηρεάζονται άμεσα από τη γεωμετρία του χώρου.

Εκτός των προαναφερθέντων, η γεωμετρική διαμόρφωση του χώρου διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στη θερμοκρασία που αναπτύσσεται στις επιφάνειες των στοιχείων του χώρου (Eliasson 1990; Eliasson 1992; Bourbia and Awbi 2004; Unger 2004). Η επίδραση όμως της γεωμετρικής διαμόρφωσης είναι πιο έντονη και άμεση στην περίπτωση της μέσης θερμοκρασίας ακτινοβολίας ( $T_{\text{mit}}$ , °C) που είναι η πιο καθοριστική παράμετρος της θερμικής άνεσης του ανθρώπου και είναι απαραίτητη στον υπολογισμό των δεικτών Physiological Equivalent Temperature (PET), Predicted Mean Vote (PMV) και Standard Effective Temperature (SET), που τη δεδομένη στιγμή είναι τα σπουδαιότερα εργαλεία αξιολόγησης των βιοκλιματικών συνθηκών (Gulyas et al., 2006; Johansson and Emmanuel 2006; Emmanuel et al., 2007; Alcoforado et al., 2009).

Τέλος, όπως είναι φυσικό, η διάταξη του τεχνητού ή φυσικού περιβάλλοντος και η τοπογραφία της περιοχής καθορίζουν τον τρόπο ροής του ατμοσφαιρικού αέρα με αποτέλεσμα να διαμορφώνουν τόσο την ταχύτητα όσο και τη διεύθυνση του ανέμου (Oke 1981; Uno et al., 1989; Eliasson et al., 2006; Mochida et al., 2008). Η ταχύτητα του ανέμου είναι μία από τις βασικές παραμέτρους που επιδρά στις βιοκλιματικές συνθήκες και κατά συνέπεια επηρεάζει τη θερμική αίσθηση του ανθρώπου σε ένα χώρο (Fanger 1972; Aynsley and Spruill 1990; Parsons 1993; Matzarakis et al., 1999).

Εκτός από τη διάταξη και τον προσανατολισμό των αντικειμένων στο χώρο, πολύ σημαντική στη διαμόρφωση των βιοκλιματικών συνθηκών είναι και η υλική τους σύσταση, δηλαδή η φύση του υλικού, το χρώμα του, η ανακλαστική του ικανότητα και οι θερμικές του ιδιότητες (Chato 1985; Doulos et al., 2004; Small 2006). Ίσως, η πιο μελετημένη παράμετρος ως προς την επίδρασή της στις κλιματικές συνθήκες είναι η λευκαύγεια (albedo) που είναι ο λόγος της ανακλώμενης ως προς την προσπίπτουσα ακτινοβολία σε ένα αντικείμενο και μετράται ποσοστιαία (%) ή σε κάποιες περιπτώσεις ως δεκαδικός αριθμός (Oliver, 2005). Η τιμή του albedo είναι καθοριστική τόσο για τη θερμική συμπεριφορά του υλικού και τη διαμόρφωση του ισοζυγίου ακτινοβολιών όσο και για τη θερμοκρασία επιφάνειας του και του αέρα κοντά σε αυτό. Η σημασία της παραμέτρου αυτής οδήγησε την επιστημονική κοινότητα στο να αναζητήσει λύσεις για τη μείωση της έντασης του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας και της συνεπαγόμενης αυξημένης ζήτησης σε ενέργεια για δροσισμό μέσω του ελέγχου της τιμής του albedo. Αυτό μπορεί να γίνει είτε με αλλαγή χρωματισμών στις άμεσα εκτεθειμένες στην ηλιακή ακτινοβολία επιφάνειες, είτε με τη χρήση βελτιωμένων υλικών (Hoppe 1991; Akbari 1992; Eliasson 1992; Asaeda et al., 1996; Akbari et al., 1997; Huggett and Cheesman 2002; Sailor and Fan 2002; Priyadarsini et al., 2008). Τέλος, σημαντικές είναι και οι άλλες ιδιότητες των υλικών που συνθέτουν το χώρο, όπως η θερμοχωρητικότητα, η ικανότητα εκπομπής και η θερμική αγωγιμότητα, το σύνολο των οποίων καθορίζει τόσο τη θερμική συμπεριφορά αυτού όσο και τις βιοκλιματικές συνθήκες που επικρατούν σε αυτόν.



Εικόνα 2: Τιμές λευκαύγειας επί τοις εκατό(%) στο κλιματικό σύστημα Γης-Ατμόσφαιρας (<http://cmcagustinos.wordpress.com/2011/02/16/cambios-climaticos-en-el-pasado-2/> τελευταία επίσκεψη 18/4/11)

### ➤ Βλάστηση

Συστατικό της διαμόρφωσης του περιβάλλοντος χώρου είναι πολύ συχνά η βλάστηση, είτε πρόκειται για φυσική είτε για αστική περιοχή. Η βλάστηση αποτελεί συχνά μέρος του φυσικού τοπίου, οι καλλωπιστικές της κι οι άλλες ευεργετικές ή επιθυμητές της ιδιότητες οδήγησαν στη χρήση της και σε περιβάλλοντα κάθε είδους, στα οποία κατοικεί και δραστηριοποιείται ο άνθρωπος. Σύμφωνα με αρκετές μελέτες η επίδραση της βλάστησης υπό ορισμένες συνθήκες μπορεί να επιφέρει μείωση της ζήτησης και κατανάλωσης ενέργειας για ψύξη πάνω από 18% (Santamouris et al. 2001; Solecki et al. 2005). Επιπρόσθετα, οι Akbari et al.(1997) σημειώνουν ότι η αύξηση της βλάστησης κατά 30% σε μία περιοχή, εάν συνδυαστεί με αύξηση της λευκαύγειας (albedo) των κτιρίων κατά 20%, οδηγεί σε μείωση της κατανάλωσης ενέργειας για θέρμανση κατά 10-20% και για ψύξη 30-100% και οι Dimoudí and Níkolopoulou (2003) υποστηρίζουν ότι για κάθε φυτοκαλυμμένη επιφάνεια περίπου 100 m<sup>2</sup> σημειώνεται πτώση της θερμοκρασίας αέρος κατά 1 °C στην αστική περιοχή. Η επίδραση της βλάστησης είναι πολυδιάστατη και συγκροτείται κυρίως από τη σκίαση που προσφέρει αλλά και από την εξατμισοδιαπνοή της ως μέρος της φυσιολογικής λειτουργίας των φυτών. Όσον αφορά στην κατανάλωση (ηλιακής) ενέργειας από τα φυτά, τα μεγαλύτερα ποσά καταναλώνονται από τη διεργασία της

εξατμισοδιαπνοής (Bernatzky 1982) και μπορεί να φτάσει στο 75% του συνολικού ποσού ενέργειας που δέχεται η βλάστηση. Κατά τη διάρκεια της ημέρας, η διαδικασία της εξατμισοδιαπνοής είναι πολύ σημαντική και επηρεάζει τη θερμοκρασία του παρακείμενου ατμοσφαιρικού αέρα. Για το συγκεκριμένο χρονικό διάστημα, η επίδραση αυτή είναι εντονότερη ως αποτέλεσμα της δράσης της φυλλικής επιφάνειας των δέντρων παρά της γλός. Αντίθετα, κατά τη διάρκεια της νύχτας, η επίδραση της γλός κάτω από τα δένδρα γίνεται ισχυρότερη όσον αφορά στην ψύξη του αέρα (Bernatzky, 1982).

Η βλάστηση γενικά διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στη διαμόρφωση των βασικότερων βιοκλιματικών παραμέτρων δεδομένου ότι μειώνει τη θερμοκρασία και αυξάνει την υγρασία του αέρα, μειώνει την ταχύτητα του ανέμου και την ακτινοβολία.

Με τη μείωση της θερμοκρασίας του αέρα σχετίζεται το μέγεθος, το είδος και η διάταξη της βλάστησης στο χώρο. Η εμβέλεια της επίδρασης του χώρου πρασίνου συναρτάται από την έκταση, τον σχεδιασμό, τα επιλεγμένα φυτικά είδη και τη διαμόρφωση των χώρων που τον περιβάλλουν (Akbari 1992; Avissar 1996; Chronopoulou-Sereli et al. 2004).

Οι φυτοκαλυμμένες επιφάνειες γενικά αυξάνουν την υγρασία του αέρα, χαρακτηριστικό που μπορεί κατά περίπτωση να έχει θετική ή αρνητική επίδραση στις βιοκλιματικές συνθήκες. Ο ατμοσφαιρικός αέρας εμπλουτίζεται με υγρασία που προέρχεται από τις φυσιολογικές λειτουργίες του φυτού αλλά κι από τη διαδικασία άρδευσης των χώρων αυτών (όταν κι όπου διενεργείται). Η αύξηση της υγρασίας του ατμοσφαιρικού αέρα σε μία τροπική αστική περιοχή έχει διαφορετική επίδραση στις διαμορφούμενες κλιματικές συνθήκες σε σχέση με μία μεσογειακή αστική περιοχή ή άλλη θερμή και ξηρή περιοχή (Fanger et al. 1974; Giles et al. 1990; Ajibola 2001; Emmanuel and Erik 2006; Yu and Hien 2006).

Μείωση της ταχύτητας του ανέμου διαπιστώνεται εντός και γύρω από την περιοχή του φυτοκαλυμμένου χώρου. Η ιδιότητα αυτή μπορεί να είναι επιθυμητή ή όχι ανάλογα με την εποχή του έτους, καθώς, αφενός κατά την ψυχρή περίοδο του έτους αλλά και κατά τη θερμή, η αύξηση της ταχύτητας του ανέμου βελτιώνει τη θερμική αίσθηση των κατοίκων. Όμως, με κατάλληλο σχεδιασμό των χώρων πρασίνου μπορεί να αμβλυνθεί η μείωση της ταχύτητας του αέρα και να ενταθεί η ευεργετική του επίδραση (Aynsley and Spruill 1990; Eliasson 2000; Eliasson and Urmanis 2000; Mochida and Lun 2008).



Η βλάστηση, ανάλογα με το ύψος, τη σύνθεση και την πυκνότητά της, μειώνει την ηλιακή ακτινοβολία που φτάνει στην επιφάνεια του εδάφους. Το αποτέλεσμα αυτής της μείωσης δεν μπορεί να αξιολογηθεί αυτοτελώς αν δεν ληφθούν υπ' όψη όλες οι κλιματικές παράμετροι της περιοχής και της εποχής. Δηλαδή, κατά τη θερμή περίοδο του έτους, σε μία περιοχή με εύκρατο κλίμα, η μείωση της ηλιακής ακτινοβολίας είναι κατά βάση επιθυμητή. Το αντίστροφο συμβαίνει κατά την ψυχρή περίοδο του έτους στην ίδια περιοχή. Γενικά όμως η μείωση της ηλιακής ακτινοβολίας που φθάνει στις επιφάνειες ως συνέπεια της ύπαρξης βλάστησης οδηγεί σε τοπική μείωση της θερμοκρασίας κατά τις ώρες της ημέρας, αποτέλεσμα συχνά επιθυμητό όσον αφορά στη θερμική αίσθηση του ανθρώπου, ιδιαίτερα κατά τη θερμή περίοδο (Bernatzky 1982; Jonsson 2004). Στην ουσία, η βλάστηση μειώνει τη διαθέσιμη ενέργεια που μπορεί να αυξήσει τη θέρμανση του αέρα ή των επιφανειών. Η βλάστηση χρησιμοποιεί μέρος της ενέργειας (κυρίως ηλιακή και δευτερευόντως θερμική) του περιβάλλοντος για να ολοκληρώσει τις λειτουργίες του βιολογικού της κύκλου. Εφόσον η ενέργεια αυτή μετατρέπεται σε άλλες μορφές, τα διαθέσιμα ποσά για θέρμανση είναι πολύ μικρότερα (Terjung and O'Rourke 1981; Jones 1992; Ca et al. 1998; Dimoudi and Nikolopoulou 2003).

Τέλος, όσον αφορά όμως στη θερμική αίσθηση του ανθρώπου, η κατάσταση περιπλέκεται γιατί αυτή επηρεάζεται ταυτόχρονα από την ακτινοβολία, τη θερμοκρασία και την υγρασία του ατμοσφαιρικού αέρα και τέλος την ταχύτητα του ανέμου. Οι έως τώρα μελέτες που εστίασαν στη θερμική αίσθηση του ανθρώπου κάτω από γενικά θερμές συνθήκες συγκλίνουν στη θετική αποτίμηση της βλάστησης στη διαμόρφωση ευνοϊκών ατμοσφαιρικών συνθηκών εντός της πόλης (Streiling and Matzarakis 2003; Thorsson et al. 2004; Χαραλαμπίδης 2006; Emmanuel et al. 2007; Ali-Toudert and Mayer 2007).



*Εικόνα 3: Χώρος πρασίνου εντός του κέντρου της πόλης-νησίδα Γεώργιου Παπανδρέου, Αθήνα (<http://www.attiko-prasino.gr/Default.aspx?tabid=1196&language=el-GR>, τελευταία επίσκεψη 23/6/11)*

Όπως είναι γνωστό, το φύλλωμα των δένδρων μειώνει τη θερμοκρασία του περιβάλλοντα χώρου και απελευθερώνει υγρασία υπό τη μορφή υδρατμών. Η διαδικασία αυτή απαιτεί πολλή ενέργεια με αποτέλεσμα να μειώνεται η επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας στην αύξηση της θερμοκρασίας του αέρα. Μπορεί να θεωρηθεί ότι η μέση θερμοκρασία του φύλλου είναι πολύ κοντά στη θερμοκρασία του περιβάλλοντος. Η θερμογραφία των δένδρων δείχνει ότι η μέση θερμοκρασία του δένδρου είναι  $28^{\circ}\text{C}$ , ίδια με αυτή του αέρα που κυμαίνεται από  $27^{\circ}\text{C}$ , στα σκιαζόμενα μέρη, έως και  $29^{\circ}\text{C}$ , στα σημεία που προσπίπτει μεγάλο ποσοστό ηλιακής ακτινοβολίας. Από τα παραπάνω φαίνεται ότι τα δένδρα έχουν την ικανότητα δροσισμού στο περιβάλλον. Στις θερμές και ξηρές περιοχές η έμμεση επίδραση του δροσισμού μπορεί να φτάσει στους 3 έως  $6^{\circ}\text{C}$  κατά τη διάρκεια της ημέρας σε περιοχές με «ώριμα» δένδρα σε σύγκριση με περιοχές στις οποίες απουσιάζει η βλάστηση.

Επιπρόσθετα, ο σημαντικός ρόλος της παρουσίας της βλάστησης έχει παρατηρηθεί ακόμη και σε κήπους ταρατσών (Spiller, 1993). Η βλάστηση παίζει πρωταρχικό ρόλο στη μείωση της φωτεινότητας (αντηλιά) και στον περιορισμό της ηλιακής

ακτινοβολίας ως προς το να εισχωρήσει σε μεγάλες δομημένες κατασκευές (πλακόστρωτα πεζοδρομίων, πλατείες, προσόψεις κτιρίων κ.α.) που έχουν την ιδιότητα συσσώρευσης μεγάλων ποσοτήτων ηλιακής ακτινοβολίας (Gomez et al., 2001).

Στην περίπτωση των μεγάλων χώρων πρασίνου (μεγάλα πάρκα και άλση), η βλάστηση συμβάλλει σημαντικά στη βελτίωση της θερμοκρασίας της ατμόσφαιρας. Ο Jauregui (1990) αναφέρει ότι σε πάρκο του Μεξικό, έκτασης 500 ha, η ακτίνα επίδρασης της βλάστησης στο τοπικό κλίμα έφτανε τα 2 km. Ο Givoni (1974) διαπίστωσε ότι η δροσιστική επίδραση (cooling effect) ενός πάρκου έκτασης 0,5 ha στο Ισραήλ έφτανε σε ακτίνα 20-150m στον περιβάλλοντα χώρο του πάρκου. Στην Ιαπωνία οι Honjo and Takamura (1990) βρήκαν ακτίνα επηρεασμού 200m ανάλογα με την ένταση του ανέμου, αλλά πρότειναν βάσει ενός μοντέλου προσομοίωσης ότι οι χώροι πρασίνου που διακόπτονται από διάκενα δημιουργούν καλύτερες συνθήκες ανάπτυξης του φαινομένου της δροσιστικής επίδρασης. Οι Ca et al. (1998) διαπίστωσαν ότι σε πάρκο της Ιαπωνίας έκτασης 35ha η ακτίνα επίδρασής του έφτανε το 1 km, ιδιαίτερα στη βορειοδυτική πλευρά του πάρκου που εντοπιζόνταν και ισχυρότεροι ψυχροί άνεμοι.



Εικόνα 4: Το άλσος της Νέας Σμύρνης

(<http://www.attiko-prasino.gr/Default.aspx?tabid=161&language=el-GR>, τελευταία επίσκεψη 5/6/11)

Η επίδραση του μεγέθους των φυτοκαλυμμένων επιφανειών είναι συνάρτηση του γεωγραφικού πλάτους και του γενικότερου κλίματος όπου βρίσκεται η αστική περιοχή. Αποτελέσματα ερευνών σε πόλεις του Μεξικό, του Καναδά, της Γερμανίας, της Σουηδίας και της Ιαπωνίας δείχνουν ότι μειώνεται η θερμοκρασία καθώς αυξάνεται το μέγεθος του χώρου πρασίνου (Jauregui, 1973; Oke, 1989; Saito et al., 1990).

Εκτός από το μέγεθος της φυτοκαλυμμένης έκτασης, ιδιαίτερο ρόλο παίζει κι η σκίαση που προκαλεί η σύνθεση της βλάστησης. Η επίδραση της σκίασης στη βλάστηση (βαθμός συγκόμωσης) επηρεάζει έως και 80% την ανάπτυξή του (cooling effect) όπως επίσης κι η παρουσία δένδρων κατά μήκος των οδικών αρτηριών μιας πόλης (Shashua-Bar and Hoffman, 2000). Από την άλλη πλευρά, ο μεγάλος κυκλοφοριακός φόρτος των αρτηριών ασκεί αρνητική επίδραση με την αύξηση της θερμοκρασίας κατά 2° C (Swaid, 1993). Το παραπάνω φαινόμενο επηρεάζεται από τη συγκόμωση (προβολή της κόμης-φυλλώματος των δένδρων στο έδαφος) αλλά και από τον τύπο του εδάφους, τον κυκλοφοριακό φόρτο, την έκθεση των κτιριακών εγκαταστάσεων, την τοπογραφική διαμόρφωση του εδάφους και άλλες ανθρωπογενείς πηγές θερμότητας. Επίσης, σύμφωνα με τους Shashua-Bar and Hoffman (2000), παράγοντες που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη είναι η απόσταση των σημείων αναφοράς (λήψη δεδομένων) από τους χώρους πρασίνου αλλά κι αν τα σημεία αναφοράς βρίσκονται σε μέρη που απουσιάζει ή επικρατεί βλάστηση κατά τη διάρκεια της ημέρας.

Εκτός των άλλων, ο τύπος δόμησης μίας αστικής περιοχής επιδρά καθοριστικά στη διαμόρφωση της αστικής θερμικής νησίδας. Οι Svensson and Eliasson (2003), διαπίστωσαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των διαφορετικών τύπων δόμησης της αστικής περιοχής. Έτσι, κατά τη διάρκεια της νύχτας, παρατηρήθηκε ότι πυκνά δομημένες αστικές περιοχές ήταν θερμότερες σε σχέση με τις λιγότερο δομημένες αστικές και περιαστικές περιοχές που είχαν αρκετό ποσοστό πρασίνου. Αυτά βέβαια ήταν συνάρτηση των επικρατούσων καιρικών συνθηκών. Η σύγκριση των περιοχών με μικρότερο συντελεστή δόμησης και των περιαστικών με σημαντικό ποσοστό πρασίνου, δεν έδωσε σημαντικές διαφορές στις τιμές της θερμοκρασίας, σε όλη τη διάρκεια της ημέρας αλλά και της νύχτας. Έρευνα που πραγματοποιήθηκε στο Γκέτεμποργκ της Σουηδίας έδειξε ότι κατά τη διάρκεια της ημέρας παρατηρήθηκαν διακυμάνσεις θερμοκρασίας ανάμεσα σε τρεις κατηγορίες δομημένου αστικού χώρου (κεντρικές αστικές περιοχές, λιγότερο αστικές και περιαστικές περιοχές με αρκετό πράσινο). Μεταξύ των κεντρικών αστικών περιοχών και των λιγότερο αστικών

περιοχών καταγράφηκε διαφορά 3 ° C κατά τη διάρκεια της νύχτας, ενώ μεταξύ των αστικών και των πράσινων περιαστικών περιοχών η διαφορά εντοπίζεται στους 7 ° C (Svensson and Eliasson, 2003). Τα αποτελέσματα της έρευνας αυτής έδειξαν την ύπαρξη της ψυχρής νησίδας στο εσωτερικό του αστικού χώρου κατά τη διάρκεια της ημέρας στην οποία επικρατούσαν ήπιες καιρικές συνθήκες (νηνεμία, αίθριος καιρός). Αυτό αποδίδεται στο μεγάλο ποσοστό σκίασης που παρατηρείται στο πυκνοδομημένο κέντρο της πόλης και στην μειωμένη ανταλλαγή των αέριων μαζών. Η απόκλιση στις νυχτερινές θερμοκρασίες ήταν μεγαλύτερη για την κατηγορία της πυκνής δόμησης. Οι ίδιοι βρήκαν ότι η πρόσληψη ενέργειας σε ένα κτίριο στο κέντρο της πόλης είναι κατά 15% μικρότερη σε σχέση με ένα που βρίσκεται στην περιαστική περιοχή. Επίσης, ένα σπίτι που βρίσκεται στη κορυφογραμμή ενός λόφου εκτός πόλης, ενώ προσλαμβάνει μεγαλύτερη ποσότητα ηλιακής ακτινοβολίας (θερμαίνεται ταχύτερα), είναι εκτεθειμένο σε ανέμους.

Εκτός από τις δομημένες και φυτοκαλυμμένες περιοχές ενός αστικού χώρου, σημαντική επίδραση στο μικρόκλιμά του ασκούν οι επιφάνειες νερού που ενδεχομένως περιέχονται σε αυτόν. Η ύπαρξη λιμνών, ποταμών, ή η γειτνίαση με τη θάλασσα επιδρούν καταλυτικά στη διαμόρφωση της θερμοκρασίας του αέρα, ιδιαίτερα στις παρακείμενες σε αυτά περιοχές.

Ο Mukarawa (1988) (in Alvarez et al. 2004) μέτρησε την κατανομή της θερμοκρασίας κοντά σε ένα ποτάμι και μελέτησε την επίδρασή του στον περιβάλλοντα χώρο και φάνηκε ότι η επίδραση του ποταμού στο μικρόκλιμα επηρεαζόταν από το πλάτος της υδάτινης επιφάνειας, την πυκνότητα του οδικού δικτύου καθώς και την πυκνότητα της δόμησης των κτιριακών εγκαταστάσεων. Επίσης, εξέτασε την επίδραση της ταχύτητας των ανέμων στη μείωση της θερμοκρασίας. Η διαφορά της θερμοκρασίας ανάμεσα στην περιοχή του ποταμού και του κέντρου της πόλης κυμαινόταν από 3-5 ° C σε ημέρες με αίθριο καιρό και ταχύτητα ανέμου 1-5m/sec. Οι Katayama et al. (1998) (in Alvarez et al. 2004) εξέτασαν τη δροσιστική επίδραση ενός ποταμού και της θαλάσσιας αύρας σχετικά με το βαθμό επηρεασμού του αστικού κλίματος και βρήκαν ότι η θερμοκρασία πάνω από το ποτάμι ήταν πολύ χαμηλότερη σε σχέση με αυτή μίας κεντρικής λεωφόρου. Η επιπλέον σημαντική συνεισφορά του ποταμού στη διαμόρφωση του αστικού κλίματος ήταν η φυσική δίοδος που επέτρεπε την εισροή της θαλάσσιας αύρας στο αστικό περιβάλλον.

Οι μεγάλες όμως επιφάνειες νερού ως και οι μεγάλες φυτοκαλυμμένες εκτάσεις με την έντονη εξάτμισή τους, σε ορισμένες περιπτώσεις μπορούν να εμπλουτίσουν την ατμόσφαιρα με αυξημένα ποσά υδρατμών και σε συνδυασμό με τις αυξημένες τιμές θερμοκρασίας του αέρα να δημιουργήσουν ιδιαίτερα στις αστικές περιοχές συνθήκες δυσφορίας (αυξημένες τιμές θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας αέρα).

Η ανάγκη αξιολόγησης των δεικτών αστικής άνεσης (urban comfort) βασίζεται στο ενεργειακό ισοζύγιο σε τοπικό επίπεδο, στην προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία, στην παρουσία των ανέμων ως και στις θερμοϋγρομετρικές συνθήκες των αστικών χώρων (Terjung and O' Rourke, 1981; Horbert and Kirchgeorg 1982). Η κατηγοριοποίηση των δεικτών αστικής άνεσης των διαφορετικών μορφών εδαφοκάλυψης του αστικού χώρου οδηγεί στην εξαγωγή χρήσιμων συμπερασμάτων για τους αρχιτέκτονες τοπίου.

Αρκετές έρευνες έχουν δείξει ότι ο τύπος χρήσης γης και το επίπεδο των πληροφοριών που παρέχει η γεωγραφική βάση δεδομένων που χρησιμοποιείται είναι ιδιαίτερα σημαντικά στην ανάλυση της επίδρασης των περιβαλλοντικών παραμέτρων. Σύμφωνα με το παραπάνω, οι Burian et al.(2002) αναφέρουν ότι τα αποτελέσματα της έρευνάς τους επηρεάστηκαν σε ποσοστό 8-40% ανάλογα με το επίπεδο των πληροφοριών που τους παρείχε η γεωγραφική βάση δεδομένων των χρήσεων γης. Ένα από τα προβλήματα που συναντάται είναι ότι μία πλήρης γεωγραφική βάση δεδομένων συχνά ταξινομείται σε περιορισμένο αριθμό κλάσεων, καθιστώντας την ευκολότερα επεξεργάσιμη. Οι Shudo et al. (1997), επί παραδείγματι, συνέπτυξαν τις χρήσεις γης σε μεγαλύτερες κλάσεις, όπως ανθρώπινες κατασκευές, δασικές εκτάσεις και αγροτικό περιβάλλον σε έρευνα ανάλυσης της θερμοκρασίας σε διαφορετικό τύπο χρήσεων γης. Σημαντικοί παράγοντες, εν κατακλείδι, είναι τόσο η περιοχή όσο και η θέση των κτιρίων σε σχέση με τη θερμοκρασία.

### **1.1.2. Υγρασία ατμόσφαιρας**

Το νερό υπάρχει στην ατμόσφαιρα και στις τρεις φάσεις του: υδρατμοί (αέρια φάση), σταγόνες (υγρή φάση) και χιόνι (πάγος, στερεά φάση). Η ενέργεια που απαιτείται ή εκλύεται κατά τη μετατροπή του νερού από τη μία φάση στην επόμενη είναι αρκετά σημαντική και ονομάζεται λανθάνουσα θερμότητα του αντίστοιχου φαινομένου. Επί παραδείγματι, η ενέργεια που απαιτείται για μετατροπή του νερού από υγρό σε αέριο (εξάτμιση) είναι έξι φορές μεγαλύτερη από την ενέργεια που απαιτείται για να

θερμάνουμε το νερό από τους  $0^{\circ}\text{C}$  στους  $100^{\circ}\text{C}$ . Το μέγεθος των ενεργειακών ποσών που εκλύονται ή απορροφώνται στις αλλαγές φάσης του νερού είναι ένας από τους κύριους λόγους που το νερό είναι το σημαντικότερο στοιχείο της σύστασης της ατμόσφαιρας, έστω κι αν αποτελεί ελάχιστο μέρος της μάζας της (μόνο το 0.3-0.4% της μάζας της τροπόσφαιρας). Το συνολικό νερό που περιέχεται κάθε στιγμή στην ατμόσφαιρα αρκεί για να καλύψει την επιφάνεια της Γης με ένα στρώμα νερού πάχους 2.5 cm περίπου (Niemeyer, 2008).

Το νερό στην ατμόσφαιρα βρίσκεται σε μία διαρκή κατάσταση ανακύκλωσης. Το νερό προστίθεται συνεχώς στην ατμόσφαιρα με την εξάτμιση από τη θάλασσα, τις λίμνες και τα ποτάμια ή με τη λειτουργία της διαπνοής των φυτών (εξατμισοδιαπνοή). Οι υδρατμοί δημιουργούν τα σύννεφα που μεταφέρονται από τον άνεμο και τελικά πέφτουν στο έδαφος σαν βροχή ή χιόνι (ένα μέρος του νερού που επιστρέφει στην επιφάνεια της Γης αποθηκεύεται στο χώμα). Αυτός ο κύκλος του νερού ονομάζεται υδρολογικός κύκλος. Αξίζει να σημειωθεί ότι το συνολικό νερό που συμμετέχει σε αυτόν τον κύκλο στη διάρκεια του έτους είναι περίπου 40 φορές περισσότερο από αυτό που περιέχεται κατά μέσο όρο κάθε στιγμή στην ατμόσφαιρα (Ball, 2000).

Η υγρασία του αέρα (περιεκτικότητα σε υδρατμούς) εκφράζεται με διάφορους τρόπους. Πρέπει να σημειώσουμε πρώτα ότι μία δεδομένη μάζα αέρα μπορεί να περιέχει μέχρι ένα ορισμένο ποσό μάζας υδρατμών το πολύ, χωρίς να αρχίζει η επιπρόσθετη μάζα υδρατμών να συμπυκνώνεται σε σταγόνες. Το όριο αυτό εξαρτάται από τη θερμοκρασία και την πίεση του αέρα (αυξάνεται όταν αυξάνεται η θερμοκρασία ή μειώνεται με την πίεση του αέρα) ονομάζεται σημείο κόρου και το φαινόμενο κορεσμός (Ahrens, 1993). Οι πιο σημαντικές εκφράσεις της υγρασίας του αέρα είναι οι εξής:

- **Η απόλυτη υγρασία ( $f$ )**, που είναι η μάζα των υδρατμών που περιέχεται σε έναν δεδομένο όγκο αέρα (δηλαδή η πυκνότητα των υδρατμών). Ουσιαστικά πρόκειται για την ποσότητα υδρατμών σε γραμμάρια η οποία περιέχεται σε ένα κυβικό μέτρο αέρα σε μία δεδομένη στιγμή και θερμοκρασία (μονάδες  $\text{g/m}^3$ ).
- **Η αναλογία μίγματος των υδρατμών**, που είναι η μάζα των υδρατμών σε γραμμάρια που περιέχεται σε 1 kg μάζας (μονάδες  $\text{g/kg}$ ).
- **Η σχετική υγρασία ( $e$ )**, που είναι ο λόγος της μάζας των υδρατμών που περιέχονται σε έναν δεδομένο όγκο αέρα προς τη μάζα που θα έπρεπε να περιείχε ο ίδιος όγκος αέρα ώστε να ήταν κορεσμένος από υδρατμούς. Αναφέρεται σε μία

ορισμένη χρονική στιγμή και εκφράζεται με τον λόγο της απόλυτης υγρασίας (f) προς τη μέγιστη δυνατή υγρασία (F), δηλαδή την υγρασία κορεσμού σε μία δεδομένη θερμοκρασία.

$$e = f/F, \text{ εκφράζεται πάντα σε ποσοστό \%}.$$

- **Η θερμοκρασία δρόσου**, που είναι η θερμοκρασία που πρέπει να ψυχθεί ο αέρας υπό σταθερή ατμοσφαιρική πίεση ώστε να καταστεί κορεσμένος χωρίς την προσθήκη άλλων υδρατμών.
- **Το κοροπλήρωμα (S)**, που αποτελεί τη διαφορά μεταξύ της μέγιστης δυνατής υγρασίας (F) και της απόλυτης (f) μιας ορισμένης στιγμής και θερμοκρασίας και εκφράζεται είτε σε γραμμάρια υδρατμών ανά κυβικό μέτρο, είτε σε χιλιοστά υδραργυρικής στήλης.

$$S = F - f$$

Από αυτές τις εκφράσεις υγρασίας, η πιο γνωστή είναι η σχετική υγρασία καθότι επηρεάζει περισσότερο τους ανθρώπους. Όμως, η πιο αντιπροσωπευτική έκφραση είναι η αναλογία μίγματος διότι εκφράζει επακριβώς τη μάζα των υδρατμών που περιέχει ορισμένη μάζα αέρα και δεν εξαρτάται από άλλες παραμέτρους, όπως η ατμοσφαιρική πίεση κι η θερμοκρασία.

Η υγρασία του αέρα μπορεί να μετρηθεί με ένα ψυχρόμετρο. Το όργανο αυτό συνδυάζει δύο απλά θερμόμετρα (για παράδειγμα, υδραργυρικά), το ένα εκ των οποίων είναι ένα απλό θερμόμετρο (ξηρό θερμόμετρο) ενώ το άλλο έχει καλυμμένο το αισθητήριο τμήμα του, δηλαδή το δοχείο του υδραργύρου, με ένα υγρό ύφασμα ώστε να ψύχεται λόγω της εξάτμισης του νερού πάνω του (υγρό θερμόμετρο). Η θερμοκρασία που δείχνει αυτό το δεύτερο θερμόμετρο λέγεται θερμοκρασία υγρού θερμομέτρου. Αυτή η θερμοκρασία εξαρτάται από την υγρασία του αέρα. Για τον υπολογισμό της υγρασίας χρησιμοποιείται επιπλέον η θερμοκρασία που δίνεται από το κανονικό θερμόμετρο και η πίεση του αέρα που, αν δεν υπάρχει όργανο μέτρησης, μπορεί να θεωρηθεί περίπου ίση με 1000hPa εισάγοντας μικρό σφάλμα στον υπολογισμό της. Στη θέση των υδραργυρικών θερμομέτρων μπορεί να χρησιμοποιηθούν σύγχρονα ηλεκτρικά θερμόμετρα. Άλλα σύγχρονα όργανα επιτόπιας μέτρησης της υγρασίας χρησιμοποιούν την ιδιότητα ορισμένων υλικών, που λέγονται υγροσκοπικά (δηλαδή απορροφούν το νερό, όπως το χλωριούχο λίθιο), να μεταβάλλουν τις ηλεκτρικές ιδιότητές τους, όπως είναι η αντίσταση στη ροή του ηλεκτρικού ρεύματος ή η διηλεκτρική τους σταθερά (δηλαδή η ικανότητα πόλωσης



όταν βρεθούν σε ηλεκτρικό πεδίο, όπως στο εσωτερικό ενός πυκνωτή) (Pragnell, 1990).

Η υγρασία του αέρα είναι ένα ευμετάβλητο μέγεθος τόσο χρονικά όσο και χωρικά σύμφωνα με το ισοζύγιο υγρασίας των διαφόρων συνιστωσών του υδρολογικού κύκλου. Οι κυριότεροι παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται η υγρασία του αέρα κοντά στην επιφάνεια της Γης (δηλαδή στο τυπικό ύψος μέτρησης των 2m) είναι:

- Το γεωγραφικό πλάτος
- Η προσέγγιση στη θάλασσα
- Το υψόμετρο
- Η εποχή, η ώρα της ημέρας (μεταφορά της υγρασίας με τον άνεμο, συμπύκνωση λόγω χαμηλής θερμοκρασίας, εξάτμιση λόγω θέρμανσης υγρών επιφανειών από την ηλιακή ακτινοβολία).
- Η αστικοποίηση της περιοχής, ως συνέπεια της μεταβολής της μέσης θερμοκρασίας του τόπου ή της δυνατότητας προσθήκης υγρασίας που συνεπάγεται κάθε ένας από τους προαναφερθέντες παράγοντες (Hillel D., 1998)
- Εν γένει, η υγρασία μειώνεται γρήγορα με το ύψος καθώς μειώνεται η θερμοκρασία του αέρα και περιορίζεται η ικανότητα κατακόρυφης ανάμειξης της ατμόσφαιρας.

#### **1.1.2.1. Υγρασία αστικού περιβάλλοντος**

Οι υγρομετρικές συνθήκες σε μία αστική περιοχή είναι διαφορετικές σε σχέση με εκείνες που επικρατούν σε μία ελεύθερη έκταση. Η διαφορά αυτή είναι μάλλον μικρή. Συνήθως η υγρασία εμφανίζεται ελαφρώς μικρότερη στην πόλη συγκριτικά με τη γύρω μη δομημένη περιοχή, κατά τη διάρκεια της ημέρας, ενώ το αντίθετο παρατηρείται κατά τη διάρκεια της νύχτας. Εξαιτίας των υψηλότερων θερμοκρασιών, οι τιμές της σχετικής υγρασίας είναι δυνατόν να φτάσουν μέχρι και 30% χαμηλότερα μέσα στην πόλη κατά τη διάρκεια της νύχτας (Hage, 1975).

Οι αστικές περιοχές χαρακτηρίζονται από συχνότερη εμφάνιση βροχοπτώσεων, ενώ η βλάστηση και το γυμνό έδαφος στις γύρω αγροτικές περιοχές διατηρούν την υγρασία για μεγαλύτερη χρονική περίοδο, η οποία εξατμίζεται με βραδύ ρυθμό. Από την άλλη πλευρά, η διαφορά στη διαθεσιμότητα του νερού, το οποίο εξατμίζεται,

αντισταθμίζεται κατά κάποιο μέρος από την προσφορά υδρατμών λόγω των πολλαπλών πηγών καύσης, που παρατηρούνται στην πόλη (Critchfield, 1983).

Σε ψυχρά κλίματα, κατά τη διάρκεια του χειμώνα, η πόλη μπορεί να εμφανίζει μεγαλύτερη σχετική υγρασία την ημέρα συγκριτικά με τη γύρω περιοχή ελεύθερη δόμησης. Κάτω από αυτές τις συνθήκες, η βλάστηση στις γύρω αγροτικές περιοχές, ως πηγή υδρατμών, πρακτικά εξαλείφεται διότι το έδαφος καλύπτεται από χιόνι ή είναι παγωμένο και η βλάστηση είναι "αδρανής". Αντιθέτως, στην πόλη, λόγω των καύσεων (ιδιαίτερα κατά τη θέρμανση), εξασφαλίζεται σημαντική ποσότητα υδρατμών (Oke, 1978).

Κατά τη διάρκεια περιόδων με ασθενείς ανέμους, τα υψηλά κτίρια μπορούν να αναχαιτίσουν τη ροή του αέρα στα χαμηλά στρώματα και να μειώσουν την προς τα πάνω κίνηση του υγρού αέρα. Αυξημένες ταχύτητες ανέμου γενικά τείνουν να εξαλείψουν τις διαφορές υγρασίας. Οι αέριες μάζες της πόλης, οι οποίες περιέχουν μεγάλο αριθμό πυρήνων συμπύκνωσης, προκαλούν νέφωση, μεγάλο αριθμό ημερών βροχής και ομίχλης και κατ' επέκταση μεγάλο ύψος ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων (Critchfield, 1983).



Εικόνα 5 : Πυκνή δόμηση και ψηλά κτίρια στο κέντρο της Αθήνας

(<http://www.skyscrapercity.com/showthread.php?t=419213>, τελευταία επίσκεψη 22/4/11)

#### 1.1.2.2. Σχετική υγρασία αστικών χώρων και χώρων πρασίνου

Η αστικοποίηση και η συνεχιζόμενη ανάπτυξη της βιομηχανίας έχουν αποδεδειγμένα τροποποιήσει το κλίμα ευρύτερων περιοχών. Η τροποποίηση αυτή έχει επιφέρει

αλλαγές στην τοπική ατμοσφαιρική υγρασία. Οι παράγοντες που επηρεάζουν την κατανομή της σχετικής υγρασίας των αστικών περιοχών είναι πολλοί, ένας εκ των οποίων είναι η επίδραση των μεγάλων μη διαπερατών στο νερό επιφανειών, όσο και των υψηλών τιμών της θερμοκρασίας που επικρατούν. Σε αυτά συγκαταλέγονται οι οροφές κτιρίων, τα πεζοδρόμια, κι άλλες τεχνικές κατασκευές. Επίσης, στο εσωτερικό των πόλεων, αν υπάρχει βλάστηση είναι πολύ λίγη κι έτσι η εξατμισοδιαπνοή είναι μειωμένη αισθητά. Από την άλλη, γίνονται πολλές καύσεις, ιδιαίτερα αυτές που χρησιμοποιούν υδατάνθρακες, ένα από τα τελικά προϊόντα των οποίων είναι οι υδρατμοί, ενώ πολλές βιομηχανίες απελευθερώνουν υδρατμούς από την εξάτμιση τεράστιων ποσοτήτων νερού. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι τα μεγάλα εργοστάσια των οποίων η εξαγωγή υδρατμών από υδρογονάνθρακες προέρχεται από τη χρήση πολλών μηχανών. Για όλα τα παραπάνω είδη εξάτμισης δεν υπάρχουν επαρκείς καταγραφές των επιπτώσεών τους στο περιβάλλον. Εκείνο όμως που δείχνουν εμφανώς όσα στοιχεία έχουν καταγραφεί μέχρι σήμερα, είναι ότι η σχετική υγρασία σε ύψος 2m πάνω από την επιφάνεια του εδάφους είναι πιο χαμηλή στον αστικό ιστό από την εκτός πόλης περιοχή (Landsberg, 1981).

Η υγρασία έχει σημαντική επίδραση στη θερμική ροή μιας αστικής επιφάνειας όσο και στην ένταση του αστικού αέρα. Επιπλέον, η υγρασία είναι ένας σημαντικός παράγοντας που επηρεάζει το ανθρώπινο ενεργειακό ισοζύγιο με αποτέλεσμα να επηρεάζει και τις θερμικές συνθήκες των κατοίκων της πόλης (Berglund 1997).

Ο Chandler (1967) βρήκε ότι η απόλυτη υγρασία ήταν αρκετές φορές υψηλότερη στις αστικές περιοχές κατά τη διάρκεια της νύχτας σε σχέση με τις αγροτικές, ενώ οι μέσες τιμές της απόλυτης υγρασίας ήταν χαμηλότερες για τις αστικές περιοχές. Σύμφωνα με τον Korec (1973) κατά τη διάρκεια του αίθριου καιρού και με μέτριους σταθερούς ανέμους, η ατμοσφαιρική πίεση στις αστικές περιοχές κατά τη διάρκεια της νύχτας ήταν υψηλότερη ενώ χαμηλότερες τιμές καταγράφηκαν τις πρωινές και απογευματινές ώρες σε σχέση με την ατμοσφαιρική πίεση στις περιαστικές και αγροτικές περιοχές. Ο Hage (1975) εξέτασε την σχετική υγρασία μεταξύ αστικών και αγροτικών περιοχών και βρήκε διαφορές στη μέγιστη ετήσια σχετική υγρασία της πόλης το μήνα Μάρτιο και τον Αύγουστο κατά τη διάρκεια της νύχτας και τον μήνα Ιούλιο κατά τη διάρκεια της μέρας. Επίσης, βρήκε ότι την χειμερινή περίοδο του έτους, η σχετική και απόλυτη υγρασία ήταν υψηλότερες στις αστικές περιοχές αποδίδοντάς το στην ατμοσφαιρική ρύπανση και στα αέρια προϊόντα καύσης (θέρμανση).

Από έρευνα που πραγματοποιήθηκε στο Σικάγο των Η.Π.Α, βρέθηκε ότι η τάση ατμών στις αστικές περιοχές κυμαινόταν σε χαμηλότερα επίπεδα από τις περιαστικές και αγροτικές περιοχές την περίοδο της άνοιξης στις μεσημεριανές ώρες της ημέρας. Επίσης, ανέφερε ότι οι διαφορές επηρεάζονται από τις τοπικές κλιματικές συνθήκες (Ackerman, 1987).

Οι Brazel and Balling (1986), τονίζουν ότι η υγρασία σχετίζεται με την αλλαγή των χρήσεων γης και την αύξηση του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας. Οι Kawamura (1985) και ο Lee (1991) κατέληξαν στο ότι η φυσική διαδικασία σχετίζεται με την ύπαρξη ισχυρών αστικών θερμικών νησίδων και μπορεί να εξηγηθεί από τις διαφορετικές τιμές στην υγρασία (ημερήσια και εποχιακά) που παρατηρούνται ανάμεσα στις αστικές και στις αγροτικές περιοχές. Επίσης, υπάρχει σχέση ανάμεσα στο φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας και στις διαφορετικές τιμές της σχετικής υγρασίας των αστικών και αγροτικών περιοχών (Unkasevic, 1996). Σύμφωνα με την έρευνα που αφορούσε στην εύρεση διαφορών στην τάση ατμών και στην σχετική υγρασία ανάμεσα σε αστικές, περιαστικές και αγροτικές περιοχές στο Βελιγράδι, βρέθηκε ότι υπάρχουν σημαντικές διαφορές ημερησίως και ανά εποχή. Η μέση μηνιαία τάση ατμών κυμάνθηκε από -1.1 έως +0.9 hPa και η μέση μηνιαία σχετική υγρασία κυμάνθηκε από -11% έως +5% (Unkasevic et al. 2001). Γενικά, η ατμόσφαιρα στις πόλεις είναι ξηρότερη από τις περιαστικές και τις αγροτικές περιοχές. Βρέθηκε όμως ότι η ατμόσφαιρα του αστικού περιβάλλοντος περιέχει περισσότερη υγρασία σε σχέση με τις περιαστικές και αγροτικές περιοχές ιδιαίτερα τους μήνες Σεπτέμβριο, Φεβρουάριο και Μάιο, κατά τις ώρες 7:00 έως 9:00 πμ, ενώ παράλληλα διαπιστώθηκε ισχυρή συσχέτιση ανάμεσα στο φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας και της τάσης ατμών στη διαμόρφωση του κλίματος των αστικών περιοχών (Unkasevic, et al., 2001).

Το φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας (UHI) είναι το πιο γνωστό φαινόμενο του αστικού κλίματος (Arnfield, 2003). Η υγρασία στους αστικούς χώρους έχει κυμαινόμενες επιδράσεις στο αστικό κλίμα. Επί παραδείγματι, στον κορεσμένο ατμοσφαιρικό αέρα θα δημιουργηθούν αυξημένες τιμές θερμικής ακτινοβολίας που θα επηρεάσουν την ανάπτυξη του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας (Eliasson and Holmer, 1990).

Σύμφωνα με τον Adebayo (1991), θα ήταν αναμενόμενο η υγρασία στην πόλη να βρίσκεται σε χαμηλότερα επίπεδα λόγω της έντονης αστικοποίησης σε σχέση με τα αγροτικά περιβάλλοντα. Πάραυτα, από έρευνα που πραγματοποιήθηκε στο Μόναχο

της Γερμανίας, σε συσχέτιση που έγινε με τον παράγοντα «τάση ατμών», τα αποτελέσματα έδειξαν μία διαφορετική συμπεριφορά. Η βάση για την κατανόηση των συνθηκών υγρασίας που επικρατούν στον αστικό ιστό και στον περιαστικό χώρο είναι το ισοζύγιο των υδρατμών στην ατμόσφαιρα. Το παραπάνω συνδυάζει όλες τις ρευστές μάζες που καθορίζουν τόσο την χωρική όσο και την χρονική ποικιλότητα της τάσης ατμών στον αστικό ουράνιο θόλο (Urban Canopy Layer). Οι παράγοντες που επηρεάζουν την κατανομή της τάσης ατμών στον αστικό ουράνιο θόλο είναι ένα σύμπλεγμα επιδράσεων της δομής των επιφανειών και των θερμικών πεδίων που μειώνουν την εξατμισοδιαπνοή λόγω του μικρού ποσοστού βλάστησης, των εκτεταμένων "αδιάβροχων" επιφανειών, της εκπομπής υδρατμών λόγω ανθρώπινων δραστηριοτήτων, της κατακόρυφης μεταφοράς αερίων μαζών, των προϊόντων που περιέχουν αεροζόλ, του τύπου των υλικών δόμησης των κτιριακών επιφανειών καθώς επίσης και των χημικών αντιδράσεων στην ατμόσφαιρα (Mayer et al., 2003).

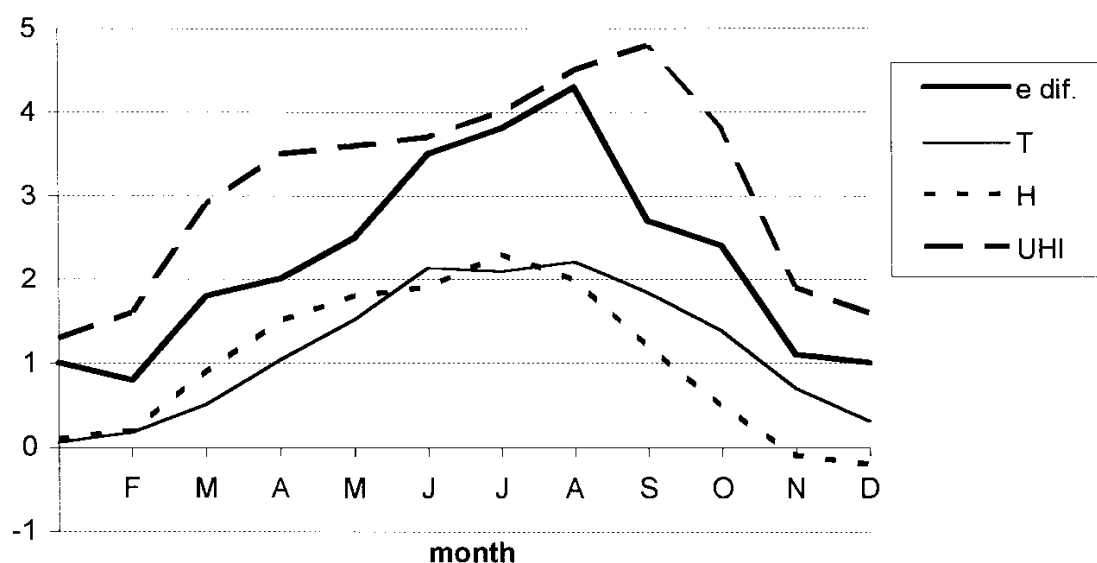
Σύμφωνα με τον Kratzer (1956), η ατμόσφαιρα του αστικού χώρου είναι συχνά πιο υγρή σε σχέση με αυτή του αγροτικού περιβάλλοντος, ιδιαίτερα κατά τη διάρκεια της νύχτας. Αρκετές έρευνες για την ανάλυση αυτού του φαινομένου δείχνουν ότι θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατάλληλες μεταβλητές όπως η εποχή του έτους, οι υφιστάμενες καιρικές συνθήκες, η κλιματική ζώνη στην οποία υπάγεται η περιοχή έρευνας και το μοντέλο των αστικών χρήσεων γης (Unger 1999; Unkasevic et al. 2001).

Πρόσφατα, όλες οι έρευνες καταλήγουν στο συμπέρασμα ότι η υγρασία στις αστικές περιοχές είναι υψηλότερη σε σχέση με αυτή των αγροτικών περιοχών κατά τη διάρκεια της νύχτας σε ετήσια βάση και κατά τη διάρκεια της ημέρας τη χειμερινή και εαρινή περίοδο του έτους, ενώ την καλοκαιρινή περίοδο η υγρασία στις αστικές περιοχές βρίσκεται σε χαμηλότερα επίπεδα. Ο κορεσμός της ατμοσφαιρικής υγρασίας των πόλεων εξαρτάται από πολλές παραμέτρους και επηρεάζεται τόσο από τις γενικότερες κλιματικές συνθήκες όσο και από το πρότυπο της δόμησης, με αποτέλεσμα να διαφοροποιείται έντονα στις διαφορετικές θέσεις του αστικού χώρου. Με βάση τους παράγοντες που επηρεάζουν τον κορεσμό της ατμοσφαιρικής υγρασίας, δεν είναι περίεργο ότι τα αποτελέσματα διαφέρουν ανάμεσα στις ημερήσιες και εποχικές περιόδους. Οι Henry et al. (1985) βρήκαν ότι η αστική ατμόσφαιρα είναι συνήθως πιο ξηρή από αυτή των αγροτικών περιοχών κατά τις απογευματινές ώρες και τις πρώτες βραδινές αλλά πιο υγρή την διάρκεια της νύχτας. Ο Unger (1999), βρήκε ότι το κέντρο της πόλης έχει περισσότερη υγρασία από τις αγροτικές περιοχές

τόσο την ημέρα όσο και τη νύχτα, κατά τη διάρκεια όλου του έτους. Οι Unkasevic et al. (2001) όμως παρατήρησαν ότι η ατμόσφαιρα της πόλης είναι πιο ξηρή σε σχέση με τις περιαστικές και αγροτικές περιοχές στις 14:00 κατά τη διάρκεια όλου του έτους, ενώ περιέχει περισσότερη υγρασία στις 7:00 και στις 21:00 από τον Σεπτέμβριο έως και τον Φεβρουάριο.

Κατά τον Unger (1999), σε τριετή έρευνα που πραγματοποιήθηκε στην πόλη Szeged της Ουγγαρίας για την ανάλυση των βιοκλιματικών συνθηκών μεταξύ αστικών και αγροτικών περιοχών εξετάστηκαν κάποιοι δείκτες όπως ο θερμοϋγρομετρικός δείκτης (θερμοκρασία και σχετική υγρασία) και ο δείκτης σχετικής πίεσης (θερμοκρασία και τάση ατμών).

Στο παρακάτω διάγραμμα είναι πρόδηλη η διαφορά των βιοκλιματικών συνθηκών μεταξύ του κέντρου της πόλης και των γύρω περιοχών.



Εικόνα 7: Διακύμανση των μηνιαίων τιμών της καθημερινής τάσης υδρατμών της πόλης ( $e$ —unit 1 hPa), της θερμοκρασίας του ύδατος του ποταμού Tisza ( $T$ —unit 10°C), του δείκτη ξηρότητας- aridity index ( $H$ —unit 1, dimensionless) και της μέγιστης έντασης της αστικής θερμικής νησίδας ( $UHI$ —unit 1°C) στην πόλη Szeged. (Unger, 1999)

Εν κατακλείδι, σύμφωνα με τους Mayer et al.(2003), η υγρασία ανήκει στις παραμέτρους του αστικού κλίματος που δεν έχουν ιδιαίτερη σημασία. Όμως, υπάρχουν αρκετές διαδικασίες του αστικού κλίματος που δύνανται να γίνουν εύκολα κατανοητές όταν ληφθεί υπόψη και η υγρασία. Συμπερασματικά, τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν μία σαφή εξάρτηση σε τρεις ομάδες παραγόντων που εμπλέκονταν στην ισορροπία εξάτμισης του νερού. Πιο συγκεκριμένα, η πρώτη ομάδα αναφερόταν στις ειδικές συνθήκες που επικρατούσαν στον αστικό ουράνιο

θόλο, η δεύτερη περιλάμβανε τις υπάρχουσες κλιματικές συνθήκες και την κλιματική ζώνη της περιοχής έρευνας και τέλος η τρίτη ομάδα περιλάμβανε μεταβλητές όπως η ώρα της ημέρας κι η εποχή λόγω του ότι επηρεάζουν τη διαδικασία εξάτμισης του νερού.

## **1.2. Μη μετεωρολογικοί παράγοντες που επηρεάζουν το αστικό μικρόκλιμα**

Η αντίδραση μεταξύ φυσικού και τεχνητού περιβάλλοντος διαμορφώνει κάθε φορά τις τοπικές κλιματικές συνθήκες και γενικότερα το μικροπεριβάλλον κάθε περιοχής. Από την άλλη πλευρά, είναι σαφές ότι η κλιματική αιτιοκρατία παραμένει μία σημαντική συνιστώσα των δυνάμεων της μορφογένεσης και έχει μεγάλες επιπτώσεις στις μορφές που ο άνθρωπος θα ήθελε να δημιουργήσει. Αυτό συνέβαινε σε μεγάλο βαθμό στην ανώνυμη αρχιτεκτονική και στις περιπτώσεις όπου υπήρχαν συνθήκες περιορισμένης τεχνολογίας και συστήματα περιορισμένου ελέγχου του περιβάλλοντος, εκεί όπου ο άνθρωπος δεν μπορεί να κυριαρχήσει στη φύση αλλά πρέπει να προσαρμοστεί σε αυτή. Έτσι, το κλίμα της περιοχής επιδρούσε καθοριστικά όχι μόνο στον κτιριακό τομέα αλλά και στη διαμόρφωση του περιβάλλοντος, καθώς ο καθένας αναζητούσε λύσεις με φυσικά κυρίως μέσα που θα τον προστάτευαν από τα δυσμενή στοιχεία του κλίματος, ενώ παράλληλα θα δέσμευε αποτελεσματικά τα θετικά για να εξυπηρετήσει θεμελιώδεις ανάγκες άνεσης και ποιότητας ζωής. Στις μέρες μας, η ανάπτυξη των τεχνολογικών μέσων, καθώς και η ραγδαία ανάπτυξη των αστικών κέντρων, η οποία δημιούργησε προβλήματα στέγασης μεγάλου αριθμού ανθρώπων που μετακινήθηκαν από την υποβαθμισμένη συγκριτικά ύπαιθρο, περιόρισαν σε μεγάλο βαθμό τους ελεύθερους αστικούς χώρους αντικαθιστώντας τους με μπετόν και άσφαλτο, προκειμένου να ικανοποιηθεί η συνεχώς αυξανόμενη ζήτηση σε στέγαση λειτουργιών τόσο του οικιστικού όσο και του τριτογενούς τομέα.

Έτσι, τα σύγχρονα αστικά κέντρα χαρακτηρίζονται πλέον από το πυκνά δομημένο περιβάλλον, την εκτενή χρήση υλικών που μόνο προβλήματα μπορούν να δημιουργήσουν στο περιβάλλον, τη μεγάλη κυκλοφοριακή συμφόρηση και την επακόλουθη ατμοσφαιρική ρύπανση και κλιματική μεταβολή. Οι χώροι πρασίνου, οι πλατείες, τα πάρκα και γενικότερα οι δημόσιοι ανοικτοί χώροι συνάθροισης, καταλαμβάνουν συνήθως περιορισμένη έκταση σε πολεοδομική κλίμακα μειώνοντας με τον τρόπο αυτό τις θετικές επιρροές τους στο μικρόκλιμα και στην ευημερία των

κατοίκων και των χρηστών τους. Όλα τα παραπάνω δεν μπορεί παρά να ασκούν ισχυρή επίδραση στη διαμόρφωση των τοπικών μικροκλιματικών συνθηκών και κατ' επέκταση στην άνεση και στο επίπεδο της ποιότητας ζωής στις πόλεις. Λαμβάνοντας υπόψη ότι ο επανασχεδιασμός του αστικού ιστού δεν είναι πλέον εφικτός, γίνεται επιτακτική η ανάγκη της προστασίας, αποκατάστασης, αναβάθμισης και επαναχρησιμοποίησης των ελεύθερων χώρων στις πόλεις μας. Πρώτο βήμα προς την κατεύθυνση αυτή αποτελεί η ανάλυση κι η αξιολόγηση της συνεισφοράς των ελεύθερων χώρων στη διαμόρφωση του μικροκλίματος και της θερμικής αίσθησης του ανθρώπου (Smith and Wilson, 1977).

Είναι ιδιαίτερα δύσκολο να απομονώσει κανείς μεμονωμένες μεταβλητές του αστικού περιβάλλοντος ή να απομονώσει τους ελεύθερους αστικούς χώρους από το ευρύτερο περιβάλλον στο οποίο αυτοί εντάσσονται. Δομημένο περιβάλλον με τις συνεπαγόμενες λειτουργικές χωροθετήσεις, διάταξη οδικού δικτύου και διασπορά ελεύθερων χώρων, αποτελούν το βασικό σύμπλεγμα που εν τέλει χαρακτηρίζει τις πόλεις και ταυτόχρονα τις επηρεάζει ως προς την ποιότητα ζωής που αυτές προσφέρουν στην καθημερινή ζωή του απλού πολίτη. Πόλεις άναρχα δομημένες, που σε αυτές έντονα αποτυπώνεται η αγωνία υπερεκμετάλλευσης της συνήθως «ακριβής» γης, λίγα θα είχαν να προσφέρουν σε ποιότητα ζωής και βέβαια λίγα συγκεκριμένα πράγματα θα είχε να προτείνει κανείς για την βελτίωση των περιβαλλοντολογικών συνθηκών τους. Και δεν είναι μόνον ότι οι ελεύθεροι χώροι τους δεν είναι συχνά καλά μελετημένοι, είναι ότι το σύνολο δεν ανταποκρίνεται σε μία αειφόρο ανάπτυξη. Το θέμα είναι πράγματι σύνθετο και πρέπει να αντιμετωπιστεί από τα πρώτα στάδια του σχεδιασμού σε πολεοδομική κλίμακα, παίρνοντας υπόψη τις αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού, που αναμφίβολα οδηγεί σε ανάπτυξη ενός αστικού ιστού που σέβεται διαχρονικά το περιβάλλον. Σε νέα οικιστικά σύνολα, ο μελετητής θα έπρεπε να λάβει υπόψη του εκτός των άλλων παραμέτρων και μία ολόκληρη σειρά βιοκλιματικών στοιχείων, ώστε να δημιουργηθεί ένα σύνολο λειτουργικά άρτιο και περιβαλλοντικά αειφόρο (Nikolopoulou and Steemers, 2003).

Σε πρώτο επίπεδο, **η τοπογραφία ή η μορφολογία του εδάφους**, παίζουν καθοριστικό ρόλο, τόσο στην ροή του ανέμου, γύρω ή διαμέσου των κτιρίων και των ελεύθερων χώρων, όπως επίσης και στη σκίαση ή την έκθεση στον ήλιο των επιφανειών. Σε περιοχές ψυχρές, η απρόσκοπτη έκθεση στην ηλιακή ακτινοβολία τόσο των κτιρίων όσο και των ελεύθερων επιφανειών θεωρείται επιβεβλημένη, ιδίως κατά τη διάρκεια της χειμερινής περιόδου. Επί παραδείγματι, οικισμοί κτισμένοι στη βορεινή πλευρά



λόφου παρουσιάζουν πρόβλημα έκθεσης στον ήλιο, καθώς το μήκος της σκιάς μεμονωμένων κτιρίων εκτείνεται σε μεγάλη επιφάνεια ενώ στις νότιες κλίσεις αντίστοιχα το σκιασμένο έδαφος παρουσιάζεται περιορισμένο. Σε επίπεδα εδάφη, το πρόβλημα βρίσκεται κάπου ενδιάμεσα και εξαρτάται καθαρά από τη σχέση ύψους και απόστασης μεταξύ των κτιρίων (Asaeda et al., 1996). Σύμφωνα με τα παραπάνω, σε νότιες κλίσεις θα μπορούσε να προταθεί μία πιο πυκνή δόμηση με κτίρια στη σειρά, ενώ αντίθετα σε βορεινές, η χωροθέτηση των κτιρίων σε σχήμα σκακίερας θα αύξανε την απόσταση και συνεπώς το ρίσκο σκιασμού των κτιρίων. Γενικά η κλίση του εδάφους σε σχέση και με τον προσανατολισμό προδιαγράφει για κάθε μήνα του έτους και ανάλογα με τη γεωγραφική θέση, το μήκος της σκιάς ενός κτιρίου και κατά συνέπεια τη θέαση στον ήλιο των παρακειμένων. Η απόφαση να καταδικάσει κανείς ανθρώπους να ζουν στη σκιά των λίγων μπορεί να θεωρηθεί και άδικη και ανεπίτρεπτη περιβαλλοντολογικά, αν και αυτό αποτελεί κοινά μη αποδεκτή πρακτική των μεγάλων πόλεων.

Δεύτερο σημείο που θα έπρεπε να διερευνηθεί, έχει σχέση με τον άνεμο και την αναγκαιότητα προστασίας ή μη του δομημένου περιβάλλοντος και των ελεύθερων χώρων τη χειμερινή περίοδο, ή ακόμη χρησιμοποίησής τους για φυσικό δροσισμό την θερινή περίοδο. Στην καλύτερη περίπτωση, θα έπρεπε να διερευνηθούν οι ανάγκες και τις δύο περιόδους, να διαπιστωθεί η ένταση κι η διεύθυνση του ανέμου και εν τέλει, να παρθούν τα κατάλληλα μέτρα (Brown and DeKay, 2001). Ανεμοφράκτες για την πρώτη περίοδο και εξαναγκασμένη κίνηση του αέρα προς συγκεκριμένη κατεύθυνση, την δεύτερη. Κλασικό παράδειγμα αγνόησης των ευνοϊκών επιπτώσεων της θαλάσσιας αύρας κατά τη θερινή περίοδο αποτελεί η περίπτωση της Θεσσαλονίκης. Σειρές από τείχη υψηλών κτιρίων σε μικρή απόσταση μεταξύ τους, αποτρέπουν και μπλοκάρουν την είσοδο και την κυκλοφορία του αέρα στο επιβαρυνμένο με ρύπους και υπερθερμασμένο κέντρο της πόλης και μόνο σε καθορισμένα σημεία (κάθετοι προς τα κτιριακά τείχη δρόμοι, που έχουν απρόσκοπτη θέαση στο ύψωμα της Πάνω Πόλης) γίνεται αισθητή η παραπάνω επίδραση, προκαλώντας αίσθημα ευεξίας.

Από περιβαλλοντικής πλευράς, μεγάλο ρόλο παίζει κι **η χωροθέτηση του οδικού δικτύου**. Κατά μία άποψη, οι βασικοί άξονες κυκλοφορίας θα έπρεπε να προσανατολίζονται κατά τη διεύθυνση ανατολής δύσης, έτσι ώστε να διευκολυνθεί η χωροθέτηση των κτιρίων και να προκύψουν νότια προσανατολισμένα κτίρια, στα οποία και θα μπορούσαν να εφαρμοστούν οι αρχές της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής

(Ratti, 2001). Από την άλλη όμως πλευρά, σε θερμές και υγρές περιοχές, όπως είναι κι η περίπτωση της Θεσσαλονίκης, ή και γενικότερα μία πρόβλεψη προσανατολισμού των κύριων δρόμων κυκλοφορίας, προς την διεύθυνση των επικρατούντων ανέμων, θα διευκόλυνε τον δροσισμό και την ταχύτερη απαγωγή των ρύπων και των θερμικών αποβλήτων από ανθρωπογενείς παράγοντες (οχήματα, συστήματα κλιματισμού κ.α.). Στην τελευταία επιλογή, η ικανοποίηση της απαίτησης και για νότια χωροθέτηση των παρόδιων κτιρίων, θα μπορούσε να επιτευχθεί με την κατάλληλη στροφή τους, σε επίπεδο βέβαια οικοδομικών τετραγώνων και όχι αποσπασματικά μεμονωμένων κτιρίων.

Σε σχέση με την χωροθέτηση των διαφόρων λειτουργιών στον αστικό ιστό, βασικής σημασίας θεωρείται *η θέση της βιομηχανικής ζώνης* σε σχέση με τις υπόλοιπες κατηγορίες κτιρίων και βέβαια σε σχέση με την κύρια διεύθυνση του ανέμου. Έτσι, κατά σειρά και από την πλευρά των επικρατούντων ανέμων, θα πρέπει να προηγείται η περιοχή κατοικίας κι ο τριτογενής τομέας με ενδιάμεσες ζώνες ελεύθερων χώρων (πάρκα, πλατείες, ζώνες πρασίνου), ενώ σε έσχατη θέση θα έπρεπε να προβλέπεται η βιομηχανική ζώνη, έτσι ώστε οι ρύποι από την τελευταία να μην επηρεάζουν τον αστικό ιστό (Χρυσομαλλίδου, 1994).

Παρά το γεγονός ότι το κόστος της γης, όπως ήδη αναφέρθηκε, διαμορφώνεται σε υψηλά επίπεδα στα μεγάλα αστικά κέντρα, εντούτοις *η πρόβλεψη πολλών ελεύθερων χώρων διάσπαρτων στον αστικό ιστό*, παρά ελάχιστων και μεγαλύτερων, πιστεύεται ότι τελικά αποτελεί την κυρίαρχη ίσως λύση για τη βελτίωση των μικροκλιματικών περιβαλλοντικών συνθηκών, καθώς μακροπρόθεσμα αποδεικνύεται η οικονομικότερη προς την αποφυγή προγραμμάτων και στρατηγικών διάσωσης του επιβαρυσμένου αστικού περιβάλλοντος.

Ένα ακόμη θεμελιώδους σημασίας θέμα και συγχρόνως ερώτημα από πλευράς βιοκλιματικού σχεδιασμού σε επίπεδο πόλης, είναι αυτό *της σχέσης ύψους και απόστασης μεταξύ των κτιρίων*, η οποία και καθορίζεται από το πλάτος των δρόμων. Η μελέτη της γωνίας ύψους του ήλιου τον δυσμενέστερο μήνα Δεκέμβριο, θα μπορούσε να δώσει μία σαφή απάντηση, αν πράγματι στόχος είναι ο σχεδιασμός πόλεων και οικισμών παρέχοντας σε όλους το δικαίωμα της έκθεσης στον ήλιο. Γενικά, για να διασφαλιστεί η απρόσκοπτη θέαση στον ήλιο των κτιρίων, θα πρέπει η γωνία ύψους του εμποδίου να είναι ίση ή μικρότερη της γωνίας ύψους του ηλίου. Στα αστικά κέντρα, στην καλύτερη των περιπτώσεων, θέαση στο ηλιακό φως παρέχεται

στους τελευταίους συνήθως ορόφους, νότια προσανατολισμένων κτιρίων, που όπως ήδη αναφέρθηκε, είναι και περιορισμένα σε αριθμό (Lozano, 1974).

Σε επόμενο στάδιο πιο περιορισμένης κλίμακας, θα μπορούσε κανείς να αντιμετωπίσει ζητήματα πρόβλεψης διαφόρων στοιχείων στη στενότερη περιοχή των κτιρίων, για την **τροποποίηση, βελτίωση των μικροκλιματικών παραμέτρων**, με στόχο την επάρκεια έκθεσης στον ήλιο, αερισμού αλλά και την προστασία από τον ήλιο, τον άνεμο ή τον θόρυβο όπου και όταν χρειάζεται (Χρυσομαλλίδου, 1994).

Μετά την αντιμετώπιση όλων των παραπάνω, μόνο τότε θα μπορούσε κανείς να αναφερθεί με ασφάλεια και σιγουριά σε περιβαλλοντικές, βιοκλιματικές επιλογές σε επίπεδο κτιρίου και μάλιστα στο αστικό περιβάλλον, που αποτελεί ίσως και το πιο δύσκολο θέμα προς επίλυση. Παρακάτω γίνεται αναφορά σε διακριτούς παράγοντες που έχουν καταλυτική επίδραση στη διαμόρφωση του αστικού μικροκλίματος.



Εικόνα 8: Hong-Kong, χαρακτηριστικό παράδειγμα πόλης με υψηλά κτίρια και πυκνή δόμηση  
(<http://weblog.sinteur.com/index.php/2006/03/27/15-best-skylines-in-the-world>, τελευταία επίσκεψη 18/5/11)



Εικόνα 9: Φιλαδέλφεια στις Η.Π.Α.  
(<http://phindingphilly.blogspot.com/>, τελευταία επίσκεψη 18/5/11)

## **2. Αστικό πράσινο**

### **2.1. Ιστορική εξέλιξη του αστικού πρασίνου**

Η ύπαρξη πρασίνου μέσα στις πόλεις είναι ιδιαίτερα σημαντική. Το αστικό πράσινο, ως στοιχείο του αστικού τοπίου, προσδιορίζει την εικόνα που εμφανίζει κάθε πόλη, μαζί με τα κτίρια, τους δρόμους, τα πάρκα, τους ελεύθερους χώρους καθώς και με τις περιβαλλοντικές συνθήκες που επικρατούν σε αυτήν ως απόρροια του μικροκλίματος (Γεωργιάδου, 1995).

Η χρήση δέντρων μέσα στις πόλεις και η σημασία των ευεργετικών επιδράσεων που ασκούν αυτά και όλη η βλάστηση μέσα ή κοντά στην πόλη έχουν αναγνωρισθεί από πολύ παλιά. Οι Αιγύπτιοι, οι Βαβυλώνιοι, οι Ασσύριοι, οι Πέρσες, οι Αρχαίοι Έλληνες και οι Ρωμαίοι χρησιμοποιούσαν τα δένδρα για αισθητικούς και άλλους σκοπούς στις πόλεις, είτε με τη μορφή δενδροστοιχιών ή ιερών άλσών ή στους κήπους των σπιτιών και επαύλεων. Έτσι, τα δέντρα ανήκουν στα αρχέτυπα των πανάρχαιων συμβόλων της ανθρωπότητας και αποτέλεσαν αντικείμενο λατρείας, θρησκευτικών ιδεών, περιεχόμενα μύθων και έπαιξαν σημαντικό ρόλο στη θρησκευτική και κοινωνική ζωή όλων των λαών. Ιερά δέντρα σκίαζαν τους τάφους ιερέων κι αρχόντων και τα ιερά άλση ήταν οι πρόδρομοι των ναών και θυσιαστηρίων (Ντάφης, 2001).

Ήδη από τους αρχαίους χρόνους οι άνθρωποι γνώριζαν τον τρόπο ανάπτυξης των δέντρων και διατήρησής τους για ένα διάστημα ακόμα και κάτω από ακραίες συνθήκες. Έτσι, για παράδειγμα, γύρω από τον τάφο της βασίλισσας της Αιγύπτου Hatshepsut (1490 – 1468 π.Χ.) στην ξηρή πετρώδη κοιλάδα του Dair Al Bahri βρέθηκαν λάκκοι λαξευμένοι στους βράχους, στους οποίους είχαν φυτευτεί δένδρα και ποτίζονταν με ειδικό σύστημα καναλιών. Επίσης, ο Ασσύριος βασιλιάς Sanberib (705 – 681 π.Χ.) σε έναν ναό που έκτισε στην πρωτεύουσά του προς τιμήν του Θεού Assur δημιούργησε ένα είδος πάρκου έκτασης 16.000 τ.μ. που περιέβαλε το ναό. Τον 3<sup>ο</sup> π.Χ. αιώνα βρίσκονται στην Αθήνα πολλοί τόποι λατρείας, των οποίων οι φυτείες ποτίζονται τεχνητά, όπως για παράδειγμα τα άλση με δάφνες και ελιές γύρω από το βωμό των δώδεκα θεών στα βόρεια της αγοράς και το άλσος που χώριζε το Ηφαίστειο από το Θησείο. Η δενδροφυτεία στην Αγορά των Αθηνών όπως αναφέρεται από τον Πλούταρχο και περιγράφεται από τον Κίμωνα (510-450 π.Χ.), περιλάμβανε δύο σειρές πλατάνων και πολλά μεμονωμένα δένδρα. Σε ένα από αυτά συγκεντρώνονταν για συζητήσεις ή δημιουργία γνωριμιών και σε μια λεύκα συνήθιζαν να συγκεντρώνονται οι φοροεισπράκτορες. Το παραδειγμάτων Αθηναίων

ακολούθησαν και άλλες πόλεις και μέχρι σήμερα σχεδόν όλα τα χωριά μας έχουν το πλατάνι τους στην κεντρική τους πλατεία.

Στη Ρώμη επικρατούσε, επίσης, η ίδια εικόνα με τις ελληνικές πόλεις, δηλαδή φυτείες για λόγους λατρείας γύρω από ναούς και κατά μήκος δρόμων ιερών πομπών και μόνο στις βίλες των πλουσίων, που βρίσκονταν συνήθως έξω από την πόλη, υπήρχαν κήποι που χρησίμευαν για την αναψυχή των ενοίκων τους. Η πρώτη φυτεία με μορφή πάρκου ιδρύθηκε από τον Πομπηίο το 55 π.Χ. σε μια έκταση 13 στρεμμάτων, που συνδυάστηκε με σιντριβάνια και χώρους παιδιών, γνωστό ως Porticus (Ντάφης 2001).

Κατά το Μεσαίωνα εξακολούθησε να χρησιμοποιείται η δενδροφύτευση γύρω από εκκλησίες, στις πλατείες των δημαρχείων και στους κήπους των παλατιών των αρχόντων και ευγενών. Δενδροστοιχίες με τη σημερινή τους έννοια δεν υπήρχαν, γιατί οι πόλεις τότε κτιζόνταν, όπως και στην αρχαιότητα, με στενούς δρόμους και πυκνή δόμηση. Μόλις τον 15<sup>ο</sup> αιώνα αρχίζει, με την αναγέννηση, κυρίως στην Ιταλία, η δημιουργία πάρκων, η οποία βρίσκει τη μέγιστη χρήση το 17<sup>ο</sup> αιώνα (μεσουράνηση του Μπαρόκ). Από την Ιταλία μεταφέρθηκε στη Γαλλία και από εκεί στην Αγγλία και έτσι δημιουργήθηκαν διάφορες σχολές παρκοτεχνίας (Ντάφης 2001).

Σήμερα που οι πόλεις αποκτούν ολοένα και μεγαλύτερη σημασία ως χώροι κατοικίας και εργασίας, γιατί προσφέρουν πολλές ευκαιρίες διαβίωσης και πνευματικής καλλιέργειας, το αστικό πράσινο αποκτά μεγάλη σημασία (Hertmann and Osinski, 1999). Πράγματι, τα δένδρα μέσα στην πόλη συνεισφέρουν σημαντικά στην ανύψωση της ποιότητας ζωής των κατοίκων καθώς επηρεάζουν θετικά την ψυχική και φυσική κατάστασή τους. Δίνουν ένα αίσθημα ασφάλειας και προσεγγίζουν τον άνθρωπο με τη φύση.

## **2.2. Το αστικό πράσινο στην Αθήνα μετά τη σύσταση του Ελληνικού κράτους**

Ξένοι περιηγητές που επισκέφτηκαν την Αθήνα κατά την Τουρκοκρατία και λίγο πριν την Επανάσταση του 1821, συνάντησαν μία μικρή πόλη ανάμεσα σε γυμνούς και άδενδρους λόφους. Η κατάσταση αυτή παρέμεινε κατά τη σύσταση του Ελληνικού Κράτους τη δεκαετία του 1830, η οποία δεν αλλοιώθηκε για τέσσερις δεκαετίες, ακόμη. Ο πρώτος πράσινος χώρος που δημιουργήθηκε κατά την περίοδο του Όθωνα ήταν ο Βασιλικός Κήπος (σήμερα Εθνικός Κήπος). Για την διαμόρφωση της επιφάνειάς του μεταφέρθηκε χώμα από τα Μεσόγεια. Για τις ανάγκες του κήπου σε

νερό κατασκευάστηκε ένα υδραγωγείο, το οποίο συγκέντρωνε νερά κατά μήκος του Ιλισού και κατέληγε στο χώρο του κήπου, το οποίο μέχρι και σήμερα τροφοδοτεί με 1.200m<sup>3</sup> ημερησίως. Τα φυτά μεταφέρθηκαν ατμοπλοϊκώς από την Ιταλία και την Αίγυπτο. Τα είδη των φυτών που εισήχθησαν ήταν κυρίως υποτροπικά είδη αλλά χρησιμοποιήθηκαν και είδη της αυτοφυούς ελληνικής χλωρίδας. Βαυαροί κηποτέχνες σχεδίασαν την υποδομή και τη ρυμοτομία του κήπου (Ντάφης, 2001).

Το 1877 το Τμήμα Δασών του Υπουργείου Οικονομικών επιχείρησε με επιτυχία την πρώτη αναδάσωση στο λόφο του Αρδηττού, γύρω από το Στάδιο, με χαλέπιο πεύκη (*Pinus halepensis* Mill.). Κοντά στο Ζάππειο λειτούργησε το πρώτο δασικό φυτώριο το οποίο αρδεύεται με νερό του Ιλισού. Αμέσως μετά ακολούθησε η αναδάσωση του Λυκαβηττού από την βορεινή πλευρά, πάνω από τον Άγιο Νικόλαο. Η θέση αυτή πήρε το όνομα «πευκάκια» από τις πρώτες αναδασώσεις. Η αναδάσωση συνεχίστηκε στο λόφο του Φιλοπάππου και στην Ακρόπολη, στο Άλσος Παγκρατίου, στο Δαφνί, στη Σχολή Ευελπίδων και σε άλλους λόφους. Το πρόγραμμα αναδάσωσης των λόφων της Αθήνας συνάντησε δυσκολίες σε σχέση με το ιδιοκτησιακό καθεστώς και τις καταπατήσεις. Μεγάλα τμήματα των λόφων είχαν αγοραστεί από τους αποχωρήσαντες Οθωμανούς. Μέχρι και ο λόφος της Πνύκας είχε αγοραστεί από τον Αυστριακό πρόξενο, Προκές Οστέν. Στα 1900 ο δασολόγος Σάμιος ίδρυσε την Φιλοδασική Ένωση Αθηνών, σε μία προσπάθεια να συσπειρώσει τους Αθηναίους που θα υποστήριζαν το αναδασωτέο έργο στους λόφους της Αθήνας. Στις αρχές του 20<sup>ου</sup> αιώνα καθιερώθηκε ο θεσμός των αναδασωτέων εκτάσεων και πολλές διαθέσιμες εκτάσεις κηρύχθηκαν αναδασωτέες. Η αναδάσωση συνεχίστηκε στις δυτικές απολήξεις του Υμηττού. Ολόκληρη η περιοχή μεταξύ Ιλισού και Υμηττού είχε κηρυχθεί αναδασωτέα και είχε φυτευτεί. Στα βόρεια της Αθήνας, η μεταξύ Πύργου Βασιλίσσης και Άλσους Φιλαδέλφειας περιοχή 3000 στρεμμάτων κηρύχθηκε αναδασωτέα με την προοπτική να αποτελέσει το μεγάλο πάρκο της πρωτεύουσας. Δυστυχώς, όμως, μετά τη Μικρασιατική Καταστροφή και την έλευση των προσφύγων, τα σχέδια αυτά ανατράπηκαν. Οι προσφυγικοί οικισμοί της Καισαριανής, του Βύρωνα, της Νέας Ελβετίας και της Νέας Φιλαδέλφειας δημιουργήθηκαν σε αναδασωτέες και εν πολλοίς φυτεμένες εκτάσεις. Το Άλσος της Φιλαδέλφειας είναι κατάλοιπο αυτής της έκτασης.

Το αστικό πράσινο της Αθήνας δοκιμάστηκε επίσης κατά την περίοδο της Γερμανικής Κατοχής. Πολλά δένδρα υλοτομήθηκαν για τις ανάγκες θέρμανσης αλλά αμέσως μετά αντικαταστάθηκαν με νέες φυτεύσεις. Τα είδη φυτών που

χρησιμοποιήθηκαν στις αναδασώσεις των αθηναϊκών λόφων ήταν κυρίως η χαλέπιος πεύκη (*Pinus halepensis* Mill.) και λιγότερο το κυπαρίσσι (*Cupressus semprevirens* L.). Αρχικά οι χώροι αυτοί αποτέλεσαν ένα είδος περιαστικού πρασίνου. Αργότερα, με την επέκταση της πόλης απομονώθηκαν από τον αστικό ιστό.

Το αστικό πράσινο δεν υπήρχε ως πολεοδομική ή χωροταξική έννοια. Ούτε μετά το 1950 που η επέκταση της Αθήνας κατέλαβε όλο το λεκανοπέδιο, έγινε αντιληπτή η έννοια του αστικού πρασίνου ως λειτουργικό συστατικό της πόλης, ούτε από τους δημόσιους φορείς, ούτε από τους ιδιώτες που είχαν την πρωτοβουλία της τμηματικής επέκτασης των οικισμών. Ούτε η αντίληψη του κηποτεχνικώς διαμορφωμένου πάρκου υπήρχε, με μόνη εξαίρεση το Πεδίον του Άρεως, που διαμορφώθηκε κηποτεχνικά ως δημόσιο πάρκο. Μετά το 1936 κανένας άλλος χώρος πρασίνου δεν είχε εξαρχής σχεδιαστεί έτσι. Ο Εθνικός Κήπος σχεδιάστηκε ως περιβάλλον χώρος των ανακτόρων. Οι διαμορφώσεις του Άλσους της Φιλαδέλφειας έγιναν πάνω σε ένα ήδη ανεπτυγμένο πευκοδάσος. Ανάλογη περίπτωση είναι ο Πύργος της Βασιλίσσης Αμαλίας στους Αγ. Αναργύρους, ενώ το Άλσος Συγγρού στα Ανάβρυτα ήταν ένας ιδιωτικός κήπος. Κηποτεχνικές διαμορφώσεις με ποικιλία καλλωπιστικών ειδών, αρδεύσεις και ρυθμίσεις στην κυκλοφορία των επισκεπτών άρχισαν να γίνονται τις τελευταίες δεκαετίες πάνω στους αμιγείς πευκώνες της αναδάσωσης, όχι πάντα με επιτυχία και σε ορισμένες περιπτώσεις με αντιδράσεις των περιοίκων που είχαν εθιστεί στην εικόνα του πευκόφυτου δάσους (Σπιτάλας, 2000).

### **2.3. Το νομικό καθεστώς για το αστικό πράσινο στην Ελλάδα**

Η ελληνική νομοθεσία θεωρεί τους ελεύθερους αστικούς χώρους πρασίνου ως είδος σε ανεπάρκεια και ως πολύτιμο αγαθό που χρήζουν απολύτου προστασίας από κάθε αλλαγή χρήσης και από κάθε εκμετάλλευση που αντίκειται στον κοινωφελή τους χαρακτήρα. Κυριότερα θεσμικά εργαλεία προστασίας των ελεύθερων χώρων πρασίνου είναι η δασική και η πολεοδομική νομοθεσία.

Συγκεκριμένα, ο Νόμος 998/1979 «Προστασία δασών και δασικών εκτάσεων» κατατάσσει τους ελεύθερους αστικούς χώρους στα πάρκα (εκτάσεις εντός πόλεων ή οικιστικών περιοχών που καλύπτονται από βλάστηση που έχει δημιουργηθεί τεχνητά) και στα άλση (εκτάσεις εντός πόλεων ή οικιστικών περιοχών που καλύπτονται από φυσική δασική βλάστηση) και απαγορεύεται οποιαδήποτε αλλαγή προορισμού ή χρήσης αυτών (Λιαρίκος 2004). Επιπλέον, στα πάρκα και στα άλση «η περιποίηση

και η εν γένει εκμετάλλευση γίνονται κατά τρόπο μη παραβλάπτοντα τον κύριο σκοπό για τον οποίο προορίζονται» (άρθρο 62 παρ.2 του ΝΔ 86/1969). Για τα πάρκα και τα άλση έχουν, επίσης, εφαρμογή οι διατάξεις των άρθρων 3 παρ. 4, 4 παρ. 2α, 5, 48 παρ. 1 του νόμου 998/1979, καθώς και οι διατάξεις του άρθρου 18 του νόμου 1734/1987, σύμφωνα με τις οποίες η μέριμνα για την ανάπτυξη, βελτίωση, αναδάσωση και προστασία των πάρκων, αλσών και των εντός των πόλεων ή οικιστικών περιοχών δενδροστοιχιών ανήκει εις τους οικείους οργανισμούς τοπικής αυτοδιοικήσεως ή τους επί τη βάσει σχετικής πολεοδομικής μελέτης αναλαμβάνοντας τη δημιουργία αυτών οικιστικούς φορείς ή εις ίδια νομικά πρόσωπα επί τη βάσει ειδικών διατάξεων και τέλος, δεν υπάρχει δυνατότητα δημιουργίας αθλητικών εγκαταστάσεων, που προέβλεπε αρχικά το άρθρο 52 του Ν. 998/1979. Πρέπει, επίσης, να τονιστεί πως οι ελεύθεροι κοινόχρηστοι χώροι προστατεύονται και από τη συνταγματικά κατοχυρωμένη αρχή του ισοζυγίου των κοινόχρηστων χώρων που έχουν ενταχθεί σε σχέδιο πόλης, γεγονός που σημαίνει ότι επιτρέπεται η αναδιάρθρωσή τους μόνο όταν η συνολική επιφάνεια παραμένει η ίδια ή αυξάνεται. Συνταγματικά κατοχυρωμένη είναι και η αρχή του πολεοδομικού κεκτημένου, δηλαδή της μη χειροτέρευσης του οικιστικού περιβάλλοντος, όπως οι αρχές αυτές έχουν διαπλασθεί και ερμηνευθεί από το Συμβούλιο της Επικρατείας (WWF Ελλάς 2004).

### **3. Θερμική άνεση**

#### **3.1. Εισαγωγικά στοιχεία**

Ο ολοκληρωμένος σχεδιασμός ενός κτιρίου θα πρέπει να έχει ως στόχο τη βελτιστοποίηση των περιβαλλοντολογικών παραμέτρων, που οριοθετούν τη θερμική άνεση στο εσωτερικό του. Η θερμική άνεση αποτελεί κριτήριο του μικροκλίματος ενός εσωτερικού ή εξωτερικού χώρου. Το μικρόκλιμα γίνεται αντιληπτό ως η καθολική έκφραση της αλληλεπίδρασης φυσικών παραμέτρων, οι οποίες επηρεάζουν τον άνθρωπο δια μέσου των θερμικών απωλειών της αναπνοής του. Αυτή η προσέγγιση περιλαμβάνει επίσης μη θερμικούς παράγοντες, όπως τη σύνθεση του αέρα, την περιεκτικότητα σε σωματίδια, τις οσμές, τους μικροοργανισμούς κ.α., οι οποίοι ειδικότερα για τους εσωτερικούς χώρους αναφέρονται ως εσωτερική ποιότητα του αέρα (Mayer, 1993).



Η σημασία του μικροκλίματος για τη διαβίωση του ανθρώπου είναι προφανής. Σε έναν εργασιακό χώρο, επί παραδείγματι, πρέπει την κάθε μέρα να αισθάνεται κανείς άνετα και ικανοποιημένος πρωτίστως με το θερμικό περιβάλλον. Διαφορετικά, η εργασιακή επίδοση μειώνεται. Έτσι, η θερμική άνεση έχει επίδραση στην αποτελεσματικότητα της εργασίας.

Γενικά ο άνθρωπος ανέκαθεν προσπαθούσε να διαμορφώσει ένα θερμικά άνετο περιβάλλον. Αυτό αντανakλάται στις παραδόσεις της δόμησης κτιρίων σε όλον τον κόσμο, από τα αρχαία χρόνια μέχρι σήμερα. Έτσι, η διαμόρφωση ενός θερμικά άνετου περιβάλλοντος είναι μία από τις πλέον σημαντικές παραμέτρους στο σχεδιασμό κτιρίων και εν γένει στο σχεδιασμό πόλεων. Η επίτευξη, ωστόσο, της θερμικής άνεσης είναι η μία μόνο πλευρά του ζητήματος. Η άλλη πλευρά είναι το ενεργειακό και το περιβαλλοντικό τίμημα αυτής της προσπάθειας. Είναι γνωστή, τουλάχιστον στον κύκλο των ανθρώπων που ασχολούνται με το σχεδιασμό, η επιτακτική ανάγκη για τον περιορισμό των ενεργειακών απωλειών. Αυτό υποδηλώνεται εμμέσως κι από την διεθνή κατανόηση (σύμφωνο του Κιότο) για τη μείωση των εκπομπών των αερίων που συμβάλλουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου. Οι στατιστικές δείχνουν ότι το κτίριο, εν γένει, είναι από τους πλέον ενεργοβόρους καταναλωτές και η ενέργεια που δαπανά για θέρμανση, ψύξη και αερισμό έχει μεγάλο μερίδιο στις απώλειες ενέργειας. Υπολογίζεται πως ο κτιριακός τομέας της Ευρωπαϊκής Ένωσης ευθύνεται για το 40% της πρωτογενούς ενεργειακής κατανάλωσης και για το 50% των εκπομπών. Ο στόχος, επομένως, είναι η επίτευξη της θερμικής άνεσης μέσα από τον βιοκλιματικό σχεδιασμό των κτιρίων και των ανοιχτών χώρων, έτσι ώστε μαζί με την εφαρμογή συστημάτων Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας θα αντικαθιστά όλο και περισσότερο τον μηχανικό κλιματισμό και την κατανάλωση ενέργειας από συμβατικές, μη ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (Mayer and Hoppe, 1987).

Ο άνθρωπος από την αρχή της πορείας του τείνει να δημιουργήσει ένα θερμικά ουδέτερο περιβάλλον, μέσα στο οποίο αισθάνεται άνετα και διανύει τις περισσότερες και δημιουργικότερες ώρες της ζωής του. Μια από τις μεγαλύτερες προκλήσεις των σύγχρονων μελετητών είναι η δημιουργία ενός θερμικά άνετου περιβάλλοντος μέσα στα κτίρια, μελετώντας αναλυτικά όλες τις παραμέτρους που συντελούν σε αυτό.

Για τον ορισμό της έννοιας της θερμικής άνεσης υπάρχουν τρεις διαφορετικές προσεγγίσεις, μία φυσιολογική, μία θερμοφυσιολογική και μία βασισμένη στο ενεργειακό ισοζύγιο του ανθρώπινου σώματος (Κοτσίρης, 2007).

Σύμφωνα με την πρώτη προσέγγιση κι όπως καθορίζεται από τα πρότυπα της ISO και της ASHRAE, θερμική άνεση για ένα άτομο ορίζεται αυτή η κατάσταση του εγκεφάλου που εκδηλώνει ικανοποίηση σε σχέση με το θερμικό περιβάλλον. Ο ορισμός αυτός προφανώς είναι υποκειμενικός και αντανακλά μία ευρύτερη διακύμανση της ατομικής θερμικής αίσθησης. Έτσι, στον ίδιο χώρο είναι δυνατόν κάποιο άτομο να εκφράζει την ικανοποίησή του για τις θερμικές συνθήκες ενώ κάποιο άλλο άτομο τη δυσaráσκειά του.

Η θερμοφυσιολογική προσέγγιση της άνεσης βασίζεται στην ενεργοποίηση των θερμικών αισθητήρων στο δέρμα και στον υποθάλαμο και ορίζεται ως ο ελάχιστος θερμικός ρυθμός των νευρικών σημάτων από αυτούς.

Τέλος, σύμφωνα με τον ενεργειακό ορισμό, η κατάσταση της θερμικής άνεσης επιτυγχάνεται όταν η θερμότητα που ρέει από και προς το ανθρώπινο σώμα είναι ισοσταθμισμένη και η θερμοκρασία του δέρματος και ο ρυθμός εφίδρωσης κυμαίνονται μέσα σε μία κλίμακα άνεσης που εξαρτάται από το μεταβολισμό (Jendritzky and Nübler, 1981).

Η μέση θερμοκρασία του δέρματος παίζει καθοριστικό ρόλο και στους δύο τελευταίους ορισμούς. Οι τιμές για την θερμοκρασία του δέρματος μπορούν να προκύψουν από μοντέλα ενεργειακού ισοζυγίου και μοντέλα εμπειρικών σχέσεων.

Τα μοντέλα που στηρίζονται σε εμπειρικές σχέσεις έχουν το μειονέκτημα ότι καθορίζονται για συγκεκριμένες κλιματικές μεταβολές ενώ αυτά του ενεργειακού ισοζυγίου εφαρμόζονται καθολικά σε οποιοδήποτε σενάριο.

### **3.2. Ολοκληρωτική θεώρηση θερμικής άνεσης**

Πρέπει να ξεφύγει η έννοια της θερμικής άνεσης από την εφαρμογή προτύπων τα οποία ορίζουν παραμέτρους ανεξάρτητα από τις ειδικές συνθήκες του εκάστοτε σχεδιασμού. Λέγοντας ειδικές συνθήκες εννοούνται όλες οι παράμετροι που έχουν να κάνουν με την ακριβή τοποθεσία του υπό μελέτη χώρου, τις ιδιαίτερες κλιματολογικές συνθήκες της περιοχής αλλά και το μικροκλίμα γύρω από τον χώρο και τις απαιτήσεις και ανάγκες των τελικών χρηστών. Όλα τα παραπάνω διαμορφώνουν ένα σύνολο συνθηκών προς απαίτηση, οι οποίες διαφοροποιούνται αρκετά μεταξύ τους και είναι ξεκάθαρο ότι δεν μπορούν να γίνουν μέρος ενός μεγαλύτερου συνόλου. Ακόμα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη ότι όλα όσα έχουν προαναφερθεί έχουν τελικό αποδέκτη τον άνθρωπο, ο οποίος πρέπει να

συμπεριλαμβάνεται μέσα στην φάση του σχεδιασμού και όχι απλά να είναι αποδέκτης της υλοποίησης. Η ψυχολογία του ανθρώπου και ιδιαίτερα η περιβαλλοντική ψυχολογία είναι εκείνη που σε πολύ μεγάλο βαθμό καθορίζει τις συνεχώς μεταβαλλόμενες του ανάγκες, έτσι θα πρέπει πρώτιστα να αξιολογηθούν αυτές μέσα από τον ίδιο τον άνθρωπο και στην συνέχεια να υπεισέλθουν στην φάση του σχεδιασμού. Άλλωστε άλλη μια παράμετρος που έχει να κάνει με τον άνθρωπο είναι ο χρόνος, ο οποίος περιστρέφεται γύρω από αυτόν και τον αναγκάζει να επαναπροσδιορίζει τις απαιτήσεις του, ειδικότερα όσον αφορά στην ανάγκη άνεσης. Αλλιώς αντιλαμβάνονταν την θερμική άνεση οι πρόγονοι μας σε σχέση με την τωρινή εποχή και ενδεχομένως αλλιώς θα την αντιλαμβάνονταν οι μελλοντικές γενεές. Αντίστοιχα το ίδιο φαινόμενο ισχύει και για τις ηλικίες, όπου ο ενήλικας διαφέρει σημαντικά σε απαιτήσεις, αλλά και ανοχές από τον ανήλικο ή τον υπερήλικα (Nikolopoulou et al, 2001).

### **3.3. Δείκτες θερμικής άνεσης**

Οι δείκτες θερμικής άνεσης διακρίνονται σε δύο γενικές κατηγορίες: τους εμπειρικούς (empirical indices) και τους λογικούς (rational indices).

Οι εμπειρικοί δείκτες αναπτύχθηκαν ιδιαίτερα στο πρώτο μισό του 20<sup>ου</sup> αιώνα και περιορίζονται στον υπολογισμό του συνδυαζόμενου αποτελέσματος της θερμοκρασίας και της υγρασίας του αέρα ως και της ταχύτητας του ανέμου στη θερμική αίσθηση του ατόμου, κυρίως για καθιστική δραστηριότητα.

#### Παραδείγματα εμπειρικών δεικτών:

- Discomfort Index (DI, αδιάστατο): δίνεται ως συνάρτηση της θερμοκρασίας του ξηρού και υγρού θερμομέτρου και ταξινομείται βάσει του ποσοστού δυσφορίας του πληθυσμού (Thom, 1959).
- Humidex (HU, ° C): εκφράζει τη θερμοκρασία που αισθάνεται ο άνθρωπος στο εξωτερικό περιβάλλον, ως συνάρτηση της θερμοκρασίας και της υγρασίας του αέρα (Masterton and Richardson, 1979).

Οι λογικοί δείκτες στηρίζονται στη θερμική ισορροπία του ανθρώπινου σώματος έχοντας φυσικό και θερμοφυσιολογικό υπόβαθρο.

### Παραδείγματα λογικών δεικτών:

- Predicted Mean Vote (PMV, αδιάστατο): δίνεται ως συνάρτηση της δραστηριότητας, της ενδυμασίας, της θερμοκρασίας και της υγρασίας του αέρα, της σχετικής ταχύτητας του ανέμου και της μέσης θερμοκρασίας ακτινοβολίας (Fanger, 1972).
- Physiological Equivalent Temperature (PET, ° C): εκφράζει την ισοδύναμη θερμοκρασία σε ένα ιδεατό εσωτερικό περιβάλλον όπου η θερμική ισορροπία στο ανθρώπινο σώμα διατηρείται με τις ίδιες θερμοκρασίες δέρματος και εσωτερικής μάζας του σώματος με εκείνες του υπό εξέταση περιβάλλοντος (Mayer and Hoppe 1987).

### **3.4. Δείκτης THI**

Ο θερμοϋγρομετρικός δείκτης THI είναι ένας εναλλακτικός τρόπος για τη μέτρηση της δυσφορίας που προτάθηκε από τον Thom (Besancenot, 1990). Ουσιαστικά αποτελεί μία μετεξέλιξη του εμπειρικού δείκτη DI που προαναφέραμε. Για τον υπολογισμό του THI χρησιμοποιείται ο τύπος:

$$\text{THI (}^{\circ}\text{C)} = t - (0,55 - 0,0055f) (t - 14,5)$$

Με  $t$  : θερμοκρασία αέρα σε βαθμούς Κελσίου ( $^{\circ}\text{C}$ )

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

#### **3.4.1. Κλάσεις THI**

Ο THI υπολογίζεται σε βαθμούς Κελσίου και δείχνει ότι οι ιδανικές συνθήκες διαβίωσης για τους ανθρώπους είναι μεταξύ των 15-20 ° C. Οι ανεκτές τιμές φτάνουν έως τους 26,5° C ενώ για επίπεδα μεγαλύτερα από 28,5 ° C παρατηρείται εξαιρετική δυσφορία, η οποία πιστεύεται ότι οδηγεί σε καταστάσεις νοσηρότητας (Besancenot, 1990).

Ο δείκτης THI χρησιμοποιήθηκε αρχικά για να προσδιοριστεί η δυσφορία εξαιτίας της καταπόνησης λόγω ζέστης, αλλά από εκεί και έπειτα έχουν διευρυνθεί τα όρια των κλιματικών συνθηκών για τα οποία χρησιμοποιείται (Kyle, 1994). Σε τιμές του THI χαμηλότερες από 15 ° C η εξάτμιση που γίνεται στην επιφάνεια του δέρματος

και με απουσία του ιδρώτα απομακρύνει θερμότητα από το σώμα, έτσι ώστε να απαιτείται μηχανισμός άμυνας απέναντι στο κρύο. Άρα, κάτω από τους 15 ° C υπάρχει μία σειρά κατηγοριών όπου απαιτούνται αυξανόμενοι θερμογενετικοί μηχανισμοί για να αντιμετωπίσουν την καταπόνηση λόγω κρύου. Η αντίθετη διαδικασία συμβαίνει στην περίπτωση που οι τιμές του THI είναι μεγαλύτερες από 20 °C, καθώς ενεργοποιείται το σύστημα εφίδρωσης για την πρόληψη της υπερθέρμανσης του σώματος. Όσο υψηλότερες τιμές παίρνει ο THI, τόσο πιο αναποτελεσματικός γίνεται αυτός ο μηχανισμός και έτσι έχει εισαχθεί μία σειρά κατηγοριών πάνω από τη «ζώνη του άνετου», όπου η καταπόνηση λόγω θερμότητας αυξάνεται (Unger, 1999). Στον ακόλουθο πίνακα φαίνονται οι κλάσεις του δείκτη THI.

*Πίνακας 1: Οι κατηγορίες του θερμοϋγρομετρικού δείκτη THI ( Kyle, 1994)*

Κατηγορίες THI	Θερμοκρασία (° C)
Υπερπαγερό	< - 40
Παγερό	-39.9 to -20
Υπερβολικά ψυχρό	-19.9 to -10
Πολύ ψυχρό	-9.9 to -1.8
Ψυχρό	+1.7 to +12.9
Δροσερό	+13 to +14.5
Άνετο	+15 to +19.9
Ζεστό	+20 to +26,4
Πολύ ζεστό	+26.5 to +29.9
Υπέρθερμο	> +30

### **3.4.2. Επίδραση του περιβάλλοντος στον δείκτη THI**

Η θερμοκρασία του αέρα κοντά στο έδαφος, η οποία επηρεάζεται απευθείας από τους ανθρώπους, οφείλεται στην πρόσληψη της ηλιακής ακτινοβολίας από την επιφάνεια του εδάφους (Gedzelman, 1980). Ο λόγος είναι η βασική θέρμανση της ατμόσφαιρας, ότι δηλαδή ο αέρας θερμαίνεται από τη βάση της επιφάνειας του εδάφους προς την κορυφή. Γι' αυτό και ο ρυθμός θέρμανσης εξαρτάται από τις ιδιότητες του εδάφους. Από αυτή την άποψη, η ανάκλαση της επιφάνειας παίζει σημαντικό ρόλο σε αυτό το φαινόμενο. Γενικά, οι σκούρες και υγρές επιφάνειες

έχουν μικρότερη ικανότητα ανάκλασης σε σχέση με τις ανοιχτόχρωμες και ξηρές (Yilmaz et al., 2007).

- **Θερμική άνεση σε διαφορετικές εδαφικές επιφάνειες**

Η μορφή της εδαφοκάλυψης επηρεάζει σημαντικά τη θερμοκρασία του αέρα κοντά στο έδαφος (Χρονοπούλου-Σερέλη και Φλόκας, 2010). Σύμφωνα με αποτελέσματα μελέτης σύγκρισης του δείκτη THI σε γυμνό έδαφος, γρασίδι και άσφαλτο, στην περίπτωση γυμνού εδάφους η κλάση «άνετο» εμφανίζεται συχνότερα. Ωστόσο, η κλάση «ζεστό» εμφανίζεται συχνότερα απ' ό,τι στο γρασίδι. Η κλάση «ζεστό» στην άσφαλτο υπερτερεί ποσοτικά σε σχέση με τις άλλες επιφάνειες, ενώ η αντίστοιχη του εδάφους υπερτερεί σε σχέση με το γρασίδι. Η διασπορά των «άνετων» ωρών πάνω από το έδαφος δεν θεωρείται πλεονεκτική καθώς περιλαμβάνει εκείνες τις ώρες που η ανθρώπινη δραστηριότητα εμφανίζεται μειωμένη. Επίσης, στο γρασίδι η αναλογία των «ζεστών» ωρών είναι μικρότερη από τις υπόλοιπες επιφάνειες. Η δροσερότερη περιοχή βρέθηκε να είναι πάνω από την επιφάνεια του γρασιδιού, με τιμή δείκτη  $17^{\circ}$  C, ακολουθεί το έδαφος με  $18^{\circ}$  C και η άσφαλτος με  $22^{\circ}$  C (Yilmaz et al., 2007).

Επίσης, σε εδαφικές θέσεις που αποκαλύπτεται το μητρικό πέτρωμα, η θερμοκρασία του αέρα αυξάνεται καθώς αυτό συσσωρεύει θερμότητα δεσμεύοντας την ηλιακή ακτινοβολία κατά τη διάρκεια της ημέρας και αποδίδοντάς την ως θερμική κατά τη διάρκεια της νύχτας (Χρονοπούλου-Σερέλη και Φλόκας, 2010).

- **Θερμική άνεση και βλάστηση**

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

Γενικά, καλύτερες συνθήκες θερμικής αίσθησης έχουν παρατηρηθεί σε διαμορφώσεις όπου συμμετέχει δενδρώδης βλάστηση σε σχέση με κτιριακές εγκαταστάσεις. Αυτό αποδίδεται στη σκίαση που δημιουργεί το φύλλωμα των δένδρων και έχει ως

συνέπεια τη μείωση της εισερχόμενης ακτινοβολίας στο χώρο (Ντάφης, 2001). Στην περίπτωση μίας πευκώδους φυτοκαλυμμένης περιοχής (*Pinus halepensis*, Mill), τα κλαδιά και οι πευκοβελόνες αντανακλούν και απορροφούν μέρος της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας κατά τη διάρκεια της ημέρας, επιτρέποντας μικρότερο ποσοστό ηλιακής ακτινοβολίας να φτάσει στο έδαφος, κάτω από αυτά (Matsoukis et al., 2010). Ένα μέρος της ακτινοβολίας μετατρέπεται σε ενέργεια μεταβολισμού, αντί θερμικής ενέργειας, εξαιτίας της άφθονης βιομάζας, με αποτέλεσμα να εμποδίζεται η άνοδος της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος αέρα την ημέρα. Ωστόσο, κατά τη διάρκεια των νυχτερινών ωρών η αποδιδόμενη μεγάλου μήκους κύματος ακτινοβολία από το έδαφος εγκλωβίζεται κάτω από τη στέγη του φυλλώματος και ένα μεγάλο μέρος αυτής επιστρέφει στο έδαφος (Matsoukis et al., 2010; Renaud and Rebetez, 2009).

## ΕΙΔΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

### 4. Περιοχή μελέτης

Το Άλσος της Νέας Σμύρνης έχει έκταση 50 στρεμμάτων και ο χώρος ορίζεται από τις οδούς Ελευθερίου Βενιζέλου, Εφέσου, Κορδελιού και Πατριάρχου Ιωακείμ Γ'.



Εικόνα 10: Το άλσος της Νέας Σμύρνης (google earth, 2011)

Ο χώρος που βρίσκεται σήμερα το Άλσος είχε προβλεφθεί γι' αυτήν τη χρήση ήδη από το πρώτο σχέδιο της πόλης, που συντάχθηκε το 1924 από την επιτροπή Καλλιγιά. Αποτέλεσε το πρώτο έργο στον οικισμό το 1924, όταν ο Υπουργός Γεωργίας ήταν ο Α. Παπαναστασίου. Ο χώρος πριν από την εγκατάσταση των προσφύγων ανήκε σε Πλακιώτες κτηματίες, και σύμφωνα με μαρτυρίες, ήταν φυτεμένος με αμυγδαλιές και ευκαλύπτους. Τη βόρεια και τη νότια πλευρά του διέσχιζαν δύο μεγάλα ρέματα. Το 1926, χάρη στις ενέργειες του Α. Αθηνογένη, προέδρου του Ταμείου Κοινοφελών Έργων, ο χώρος χωρίστηκε με συρματοπλέγμα και άρχισε η φύτευσή του βάσει σχεδίου που είχε συνταχθεί από το Υπουργείο Συγκοινωνιών.

Το Άλσος της Νέας Σμύρνης αποτελείται από δένδρα, δασικά κυρίως, (πεύκα, κουκουναριά, κυπαρίσσια κλπ) σε ποσοστό περίπου 20% και δένδρα καλλωπιστικά σε ποσοστό σχεδόν 20%. Επίσης, το μεγαλύτερο μέρος του συγκεκριμένου χώρου



πρασίνου καλύπτεται από θάμνους (βιβούρνο, αβούτιλο, πυράκανθος). Σήμερα, τα κωνοφόρα αποτελούν το 60% περίπου του φυτικού δυναμικού.



Εικόνα 11: Βιβούρνο (*Viburnum tinus*)



Εικόνα 12: Πυράκανθος (*Pyracantha coccinea*)

Το φυτικό υλικό του Άλσους χαρακτηρίζεται ως ξηρόφυτο πράσινο φυτεμένο σε πολύ μεγάλη πυκνότητα. Αν και τα τελευταία χρόνια ο ξηροφυτικός χαρακτήρας έχει αλλοιωθεί λόγω αρδεύσεως με αυλάκια.

Δύο σιντριβάνια συμπληρώνουν την αρχιτεκτονική του άλσους προσθέτοντας και το στοιχείο του νερού. Ολόκληρη η έκταση του Άλσους περικλείεται από περίφραξη με σιδηρά κιγκλιδώματα.



Εικόνα 12: Σιντριβάνι

Παλαιότερα, το άλσος φιλοξενούσε σε ειδικούς χώρους ένα ζευγάρι παγώνια, μία αλεπού και άλλα ζώα. Σήμερα, εντός του χώρου βρίσκονται περιστέρωνες που καλύπτουν επιφάνεια 60τ.μ. περίπου και στους οποίους φιλοξενούνται εκατοντάδες περιστέρια. Τα πτηνά (κότσυφες, δεκαοχτούρες, σπουργίτια κλπ.) αποτελούν το βασικό τμήμα της πανίδας του Άλσους.

Στο χώρο του Άλσους δεν υπάρχουν αθλητικές εγκαταστάσεις. Σε καθημερινή βάση όμως λειτουργεί η παιδική χαρά. Οι περιμετρικοί διάδρομοι χρησιμοποιούνται για

άθληση, ασκήσεις και τζόκιν από μεμονωμένα άτομα και από αθλητές σωματείων της πόλης. Εντός του άλσους υπάρχει ένα κυλικείο καθώς και ένα ανοιχτό θέατρο με σκηνή χωρητικότητας 2.500 ατόμων περίπου, παρασκήνια, αποδυτήρια, υπαίθριο σκάκι και εγκατάσταση κέντρου περιβαλλοντολογικής ενημέρωσης, το οποίο βρίσκεται υπό ανάπτυξη.



Εικόνα 13: Παιδική χαρά.:



Εικόνα 14: Διακοσμητική σκακιέρα

Κατά το χρονικό διάστημα 16/03/2006-24/06/2007 πραγματοποιήθηκε με χρηματοδότηση ΠΕΠ Αττικής 2000-2006 του Δήμου Νέας Σμύρνης η τελευταία ανάπλαση του χώρου.



Εικόνα 15: Χώρος εντός του πάρκου

## 5. Ειδικός εξοπλισμός μετρήσεων – Περιγραφή οργάνων

Για την διεξαγωγή της παρούσας εργασίας παραχωρήθηκαν δεδομένα από το Εργαστήριο Γενικής και Γεωργικής Μετεωρολογίας. Τα δεδομένα αυτά ελήφθησαν από 11 διαφορετικές θέσεις του άλσους της Νέας Σμύρνης έτσι ώστε να καλυφθούν όλες οι μορφές εδαφοκάλυψης. Πιο συγκεκριμένα, είχαν τοποθετηθεί τέσσερα όργανα σε σημεία όπου η βλάστηση είναι ψηλή αρδευόμενη δενδρώδης (s3, s5, s6,

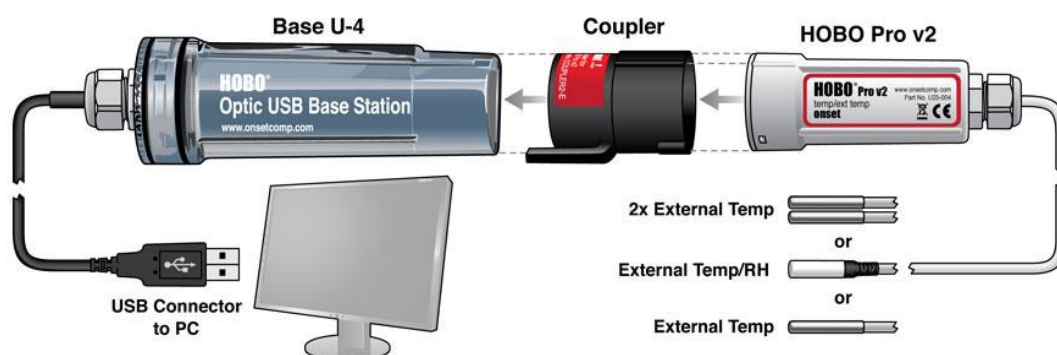
s10), τρία σε χαμηλή αρδευόμενη θαμνώδη βλάστηση (s1, s2, s8), δύο σε ξηροφυτική δενδρώδη βλάστηση (s4, s9), ένα σε αίθριο χώρο και τέλος ένα όργανο στη γειτνιάζουσα δομημένη περιοχή όπου το συγκεκριμένο σημείο το λαμβάνουμε και ως σημείο αναφοράς. Για το κάθε σημείο μέτρησης έγινε επιπλέον έρευνα της θερμικής του κατάστασης με τη χρήση κάμερας υπέρυθρης ακτινοβολίας (τύπου NEC 9100WR). Μέσω της θερμικής απεικόνισης ήταν δυνατή η οπτική παρουσίαση της διαφοροποίησης των θερμομετρικών των διαφορετικών μορφών εδαφοκάλυψης. Η καταγραφή με θερμοκάμερα έλαβε χώρα τον Ιούλιο, 2011. Στην συνέχεια έγινε επεξεργασία (εξαγωγή μέσων τιμών ανά ώρα, ανά εποχή, ανά σημείο, κατηγοριοποίηση των σημείων ανά είδος βλάστησης ή μη) των δεδομένων της θερμοκρασίας και της σχετικής υγρασίας που είχαν ληφθεί επί ένα έτος (2008), ανά 15 min της ώρας. Ακολούθησε συγκριτική και επιμέρους ανάλυση των τιμών της θερμοκρασίας και της θερμικής αίσθησης. Απώτερος στόχος ήταν η εξαγωγή συμπερασμάτων αναφορικά με τις συνθήκες θερμικής αίσθησης των επισκεπτών του άλσους σε συνδυασμό με τη λειτουργικότητα του και την πρόταση στρατηγικών για την περαιτέρω βελτίωσή της.

Αξίζει να σημειωθεί ότι ο εν λόγω χώρος πρασίνου καθότι περιφραγμένος και υπό επιτήρηση, είναι διαθέσιμος στο ευρύ κοινό συγκεκριμένες ώρες της ημέρας, από τις 07:00 έως και τις 20:00, συνεπώς η αξιολόγηση των δεδομένων όπως αυτά προκύπτουν από την παρούσα διατριβή δυνητικά αποτελεί σημαντικό κριτήριο για τον επανακαθορισμό των στόχων και δραστηριοτήτων της περιοχής και των δυνατοτήτων που προσφέρει το πάρκο.

Για τον υπολογισμό των βιομετεωρολογικών συνθηκών του άλσους χρησιμοποιήθηκε ο θερμοϋγρομετρικός δείκτης, THI. Ο THI είναι ένας εύχρηστος δείκτης που έχει χρησιμοποιηθεί αποτελεσματικά για την εκτίμηση των βιοκλιματικών συνθηκών σε αρκετές αστικές περιοχές (Barradas, 1991; Toy et al., 2007). Επίσης, ο THI έχει χρησιμοποιηθεί και στον προσδιορισμό συνθηκών θερμικής αίσθησης σε πευκόφυτες περιοχές (Matsoukis et al., 2010). Επισημαίνεται ότι η επικρατούσα δενδρώδης βλάστηση στη μελετώμενη περιοχή απαρτίζεται από πεύκα.

Οι απαιτούμενες παράμετροι υπολογισμού του δείκτη THI είναι η θερμοκρασία και η σχετική υγρασία. Για το λόγο αυτό στην παρούσα μελέτη χρησιμοποιήθηκαν αυτόνομα καταγραφικά όργανα, τα HOBO Pro v2 (U23-00X) της εταιρείας Onset Computing Corporation (USA), τα οποία, μέσω ενσωματωμένων αισθητήρων,

μετρούν θερμοκρασία και σχετική υγρασία. Για την ανάκτηση των δεδομένων χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα HOBOWare pro version 2.2.1. Για την επεξεργασία των μετρήσεων και τον υπολογισμό του δείκτη THI χρησιμοποιήθηκαν τα λογιστικά φύλλα του Excel του λογισμικού της Microsoft.



Εικόνα 16: Αυτόνομο καταγραφικό Hobo Pro U23-001 (<http://www.onsetcomp.com>, τελευταία επίσκεψη 22/5/11)

Τα αυτόνομα καταγραφικά τοποθετήθηκαν σε κορμούς δέντρων σε ύψος περίπου 1,5 m πάνω από την επιφάνεια του εδάφους. Για την προστασία τους από τη βροχή, την άμεση ηλιακή ακτινοβολία και τα ρεύματα αέρος τοποθετήθηκαν προστατευτικά καλύμματα (shelters), τα οποία παράλληλα με την προστασία επέτρεπαν την επαρκή κυκλοφορία του αέρα, προκειμένου να επιτυγχάνεται η μέγιστη αντιπροσωπευτικότητα των μετρήσεων.

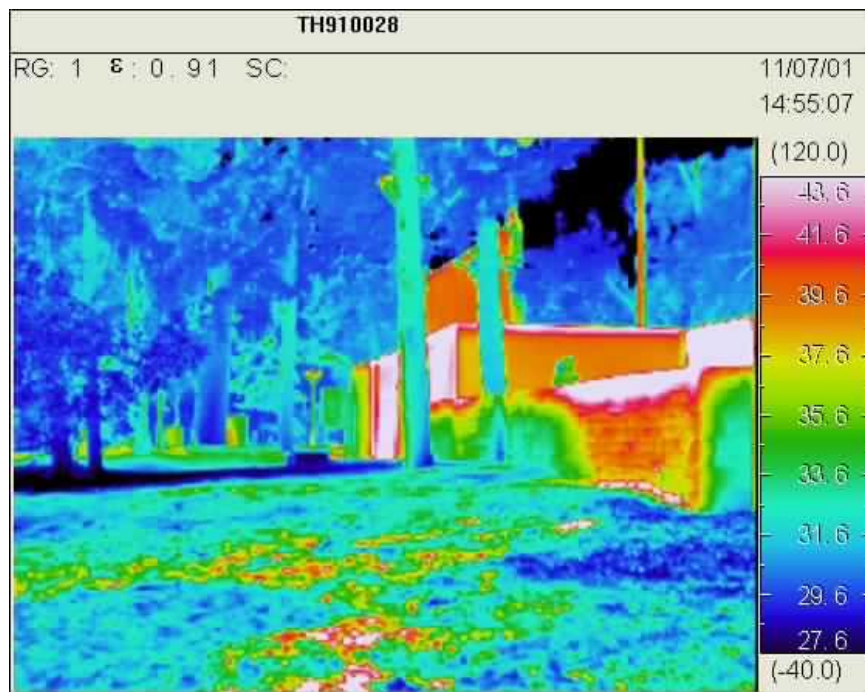
## 6. Αποτελέσματα – Συζήτηση

### 6.1. Θερμική συμπεριφορά περιβάλλοντα χώρου σημείων μέτρησης από δεδομένα θερμικής κάμερας

Από τις ληφθείσες θερμικές εικόνες σε συνδυασμό με την οπτική τους απεικόνιση εξάγονται συμπεράσματα της σχέσης φυτικών και δομικών υλικών σχετικά με όλα τα σημεία μέτρησης. Για το λόγο αυτό παρουσιάζεται η χωρική απεικόνιση της θερμικής κατάστασης κάθε σημείου μέτρησης με την αντίστοιχη περιβάλλουσα αυτό περιοχή.



Εικόνα 17: Οπτική απεικόνιση του περιβάλλοντα χώρου του σημείου μέτρησης 1



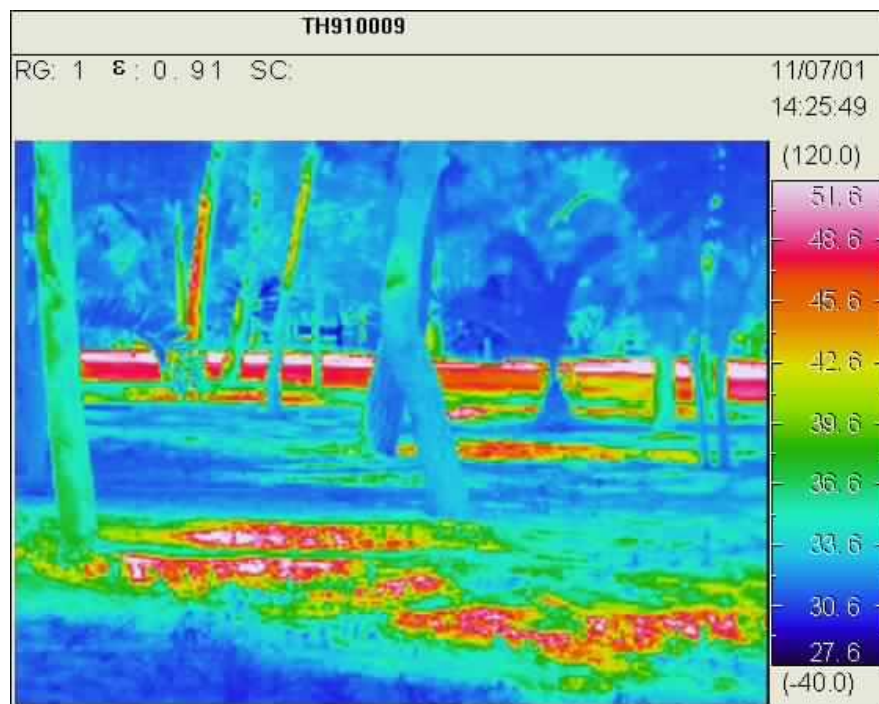
Εικόνα 18: Θερμική απεικόνιση του περιβάλλοντα χώρου του σημείου μέτρησης 1

Από τη σύγκριση της οπτικής απεικόνισης και της αντίστοιχης θερμικής (εικόνες 17, 18) του περιβάλλοντα χώρου του σημείου 1 διαπιστώνεται ότι στις θέσεις όπου επικρατεί δενδρώδης βλάστηση η θερμοκρασία λαμβάνει τις χαμηλότερες τιμές της που φτάνουν έως και τους 27,6 ° C ενώ στο μέρος που βρίσκονται δομικά υλικά (κτίσμα) η θερμοκρασία προσεγγίζει την μέγιστη τιμή της στους 43,6 ° C.

Επιπρόσθετα, παρατηρούνται χαμηλές θερμοκρασίες στα σημεία σκίασης, εν αντιθέσει με κατά τόπους περιοχές του χλοοτάπητα που όντας εκτεθειμένες στην ηλιακή ακτινοβολία παρουσιάζουν τιμές θερμοκρασίας από 35,6 έως 41,6 °C.



Εικόνα 19: Οπτική απεικόνιση του περιβάλλοντα χώρου του σημείου μέτρησης 2

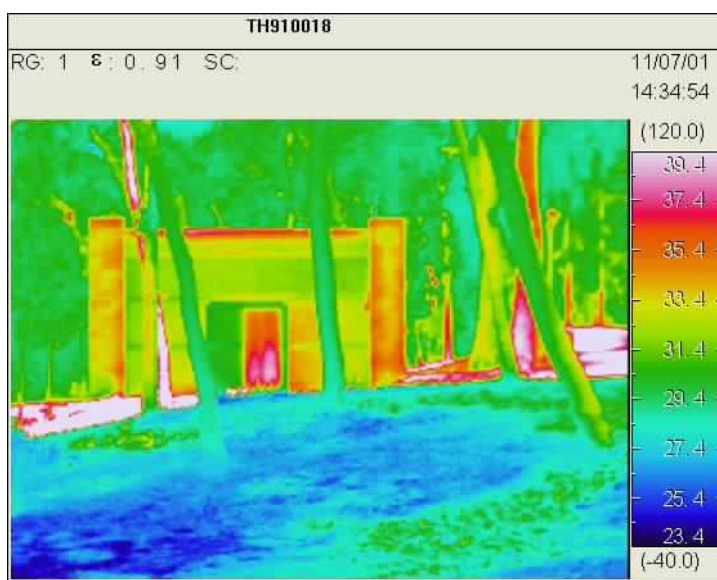


Εικόνα 20: Θερμική απεικόνιση του περιβάλλοντα χώρου του σημείου μέτρησης 2

Με βάση τις εικόνες 19 και 20, όπου στο περιβάλλοντα χώρο του σημείου μέτρησης δεν υπάρχουν κτίσματα, διαπιστώθηκε θερμική διαφοροποίηση, η οποία αποδίδεται στις συνθήκες άρδευσης και σκίασης των διαφορετικών θέσεων. Ειδικότερα, οι εκτεθειμένες στην ηλιακή ακτινοβολία θέσεις, που πρόδηλα δεν αρδεύονται, παρουσιάζουν πολύ υψηλές θερμοκρασίες, με μέγιστη τιμή αυτή των 51,6 °C. Εξ' ολοκλήρου διαφορετική θερμική κατάσταση χαρακτηρίζει τη δενδρώδη βλάστηση και τα τμήματα του χλοοτάπητα που σκιάζονται από αυτή, με αποτέλεσμα να χαρακτηρίζονται από χαμηλές θερμοκρασίες, με την ελάχιστη τιμή να οριοθετείται στους 27,6 °C.



Εικόνα 21: Οπτική απεικόνιση του περιβάλλοντα χώρου του σημείου μέτρησης 3



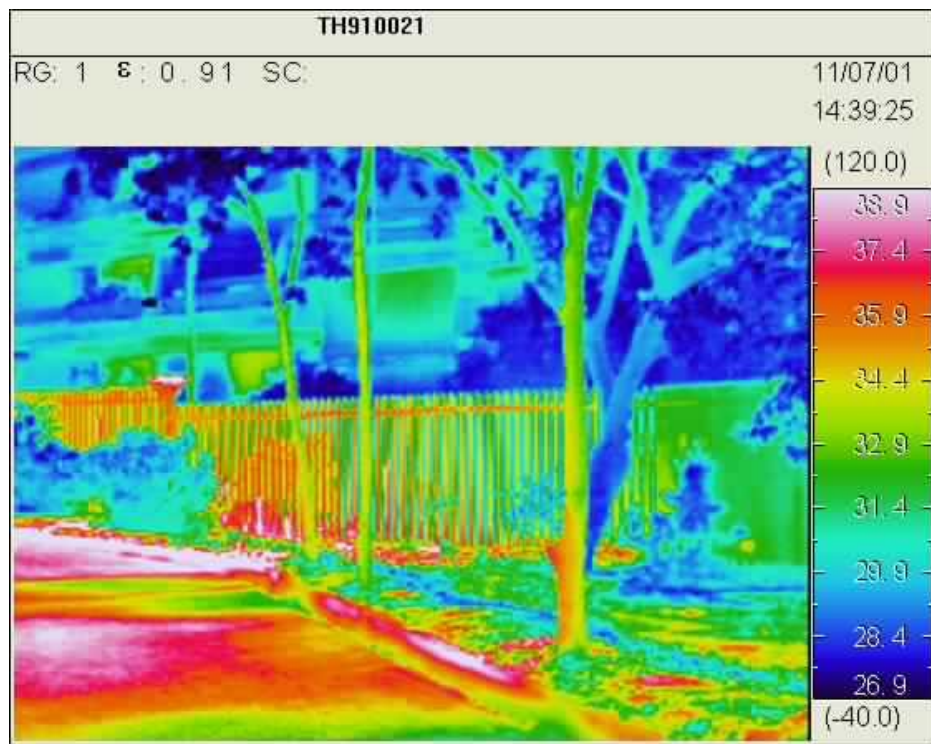
Εικόνα 22 :Θερμική απεικόνιση του περιβάλλοντα χώρου του σημείου μέτρησης 3

Στη περίπτωση του σημείου 3, απεικονίζεται οπτικά και θερμικά (εικόνες 21, 22) η δενδρώδης βλάστηση που το περιβάλλει, διακοπτόμενη από δομικά στοιχεία (μία κατασκευή από πέτρες, τούβλα και ένα διάδρομο πλακόστρωτο). Όπως είναι λογικό και επόμενο, οι περιοχές με τα δομικά υλικά χαρακτηρίζονται από υψηλότερες τιμές θερμοκρασίας, εν συγκρίσει με τη δενδρώδη βλάστηση και το γκαζόν, που στην προκειμένη περίπτωση του παρέχεται σχεδόν πλήρη σκίαση, με αποτέλεσμα χαμηλές τιμές θερμοκρασίας. Η κατάσταση όντως επαληθεύεται από τη χωρική απεικόνιση της θερμικής κατάστασης, με τις περιοχές του πλακόστρωτου διαδρόμου να φέρουν θερμοκρασίες κοντά στους  $39,4^{\circ}\text{C}$ . Το τμήμα του κτιρίου με λιθοδομή παρουσιάζει υψηλότερες τιμές θερμοκρασίας ( $35,4^{\circ}\text{C}$ ) σε αντίθεση με το υπόλοιπο, το οποίο έχει επίστρωση λευκού χρώματος ( $33,4^{\circ}\text{C}$ ). Αξίζει να επισημανθούν οι υψηλές τιμές θερμοκρασίας ( $39,4^{\circ}\text{C}$ ) που διαμορφώνονται στον εσωτερικό χώρο του κτίσματος και εντοπίζονται στη θέση της ανοικτής πόρτας του κτιρίου (οπτική απεικόνιση). Ακολούθως, η δενδρώδης βλάστηση φέρει θερμοκρασίες από  $29,4$  έως  $33,4^{\circ}\text{C}$  με επικρατούσα τιμή αυτή των  $30,4^{\circ}\text{C}$ . Τέλος, στα σημεία σκίασης, η θερμοκρασία κυμαίνεται μεταξύ  $23,4^{\circ}\text{C}$ , που αποτελεί την ελάχιστη τιμή, και  $33,4^{\circ}\text{C}$ , που αποτελεί τη μέγιστη τιμή της, αν και η πλειονότητα των θέσεων έχει θερμοκρασία σε χαμηλά επίπεδα, μεταξύ  $25,4^{\circ}\text{C}$  και  $27,4^{\circ}\text{C}$ , οφειλόμενη, προφανώς, στην επαρκή σκίαση που παρέχεται από τα δένδρα.





Εικόνα 23 : Οπτική απεικόνιση του περιβάλλοντα χώρου του σημείου μέτρησης 4



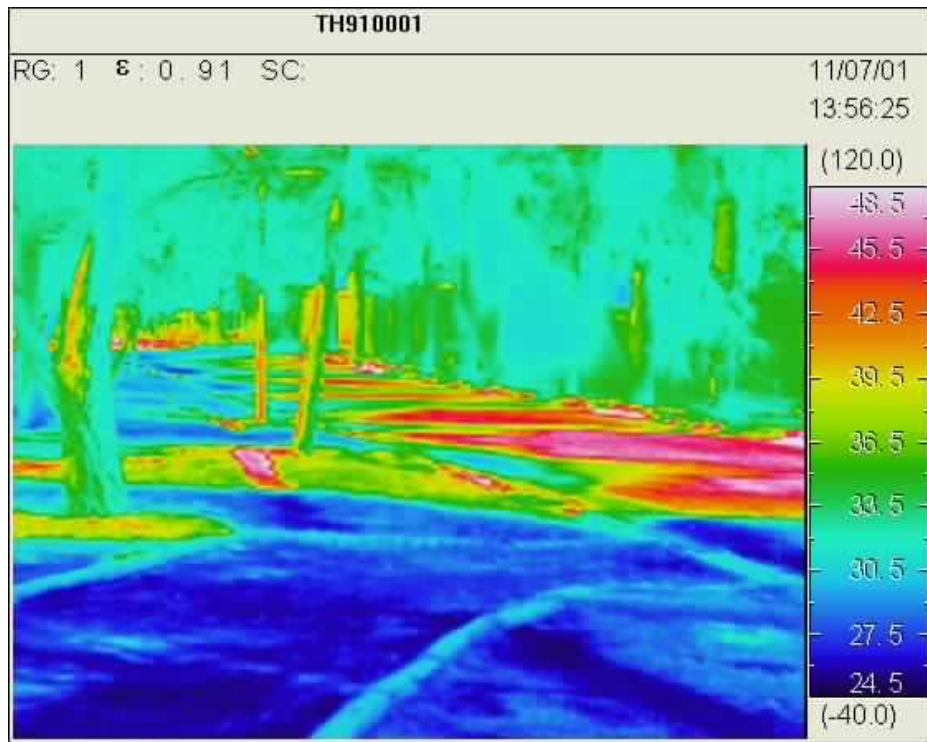
Εικόνα 24 : Θερμική απεικόνιση του περιβάλλοντα χώρου του σημείου μέτρησης 4

Στην περίπτωση της περιοχής που περιβάλλει το σημείο 4, διαπιστώνεται από την οπτική απεικόνιση (εικόνα 23) η ύπαρξη δύο διακριτών τμημάτων, εκ διαμέτρου

αντίθετων και από θερμοκρασιακής άποψης. Συγκεκριμένα, υπάρχει μία λωρίδα βλάστησης, στα δεξιά της εικόνας, αποτελούμενη από δένδρα, θάμνους και χλοοτάπητα αλλά σε αραιή διάταξη και ακριβώς δίπλα υφίσταται ένας διάδρομος – πεζόδρομος- του οποίου τα υλικά εύλογα επιβαρύνουν το θερμοκρασιακό του καθεστώς. Η θερμική αυτή επιβάρυνση αποδίδεται στη δέσμευση μεγάλου ποσοστού ηλιακής ακτινοβολίας σε συνδυασμό με την έλλειψη υποστηρικτικών μέσων, όπως σκίαση -η οποία είναι μη ικανοποιητική- από τα υπάρχοντα δέντρα, και σύστημα παροχής νερού, για τη διατήρηση της θερμοκρασίας σε ανεκτά επίπεδα. Όντως, η μέγιστη τιμή της θερμοκρασίας αυτού του σημείου προσεγγίζει τους 38,9 ° C σε αντίθεση με τις μικρές περιοχές του πεζόδρομου που σκιάζονται και των οποίων η θερμοκρασία φτάνει στην ελάχιστη, για το συγκεκριμένο τμήμα, τιμή των 30,4 ° C. Αντίθετα, η ζώνη με βλάστηση χαρακτηρίζεται από διαφορετικό θερμοκρασιακό καθεστώς. Η δεινρώδης βλάστηση και οι θάμνοι φέρουν τιμές θερμοκρασίας από 26,9 ° C έως 29,9 ° C ενώ ο χλοοτάπητας έχει θερμοκρασία μεταξύ 30,4 και 37,4 ° C, αναλόγως με το ποσοστό σκίασης που του παρέχεται. Ο σιδερένιος φράχτης χαρακτηρίζεται από υψηλές σχετικά θερμοκρασίες, που κυμαίνονται από 32,9 έως 36,9 ° C. Αξίζει να ληφθεί υπόψη το γεγονός ότι το εν λόγω σημείο, όπως φαίνεται και στην εικόνα, βρίσκεται δίπλα ακριβώς από δομημένη περιοχή, γεγονός που επεξηγεί τη διακύμανση στη θερμοκρασία, αν και δεν επηρεάζεται σε πολύ μεγάλο βαθμό, καθότι η μέγιστη θερμοκρασία δεν ξεπερνά τους 38,9 ° C.



Εικόνα 25 : Οπτική απεικόνιση του περιβάλλοντα χώρου του σημείου μέτρησης 5

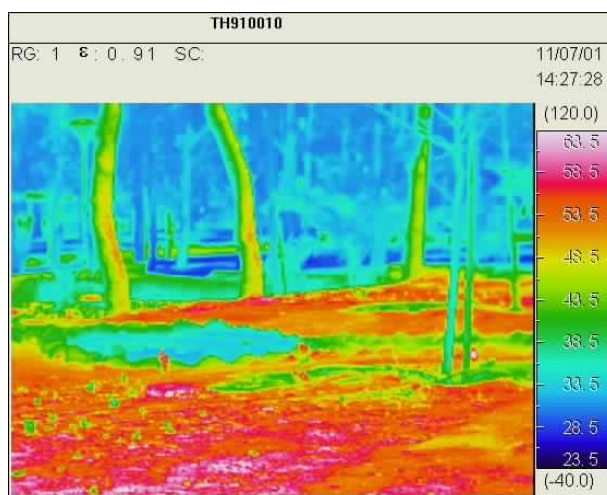


Εικόνα 26 : Θερμική απεικόνιση του περιβάλλοντα χώρου του σημείου μέτρησης 5

Το τμήμα του πάρκου εντός του οποίου εντοπίζεται το σημείο 5 καλύπτεται από δενδρώδη βλάστηση και χαρακτηρίζεται από την ύπαρξη χλοοτάπητα. Η χωρική κατανομή της θερμικής κατάστασης μας επιτρέπει να προσδιορίσουμε τη θερμοκρασία των δένδρων, η οποία κυμαίνεται μεταξύ 32,5 και 36,5 ° C, με επικρατούσα τιμή την ελάχιστη (32,5 ° C) ενώ ο χλοοτάπητας εμφανίζει έντονη διαφοροποίηση, καθότι τα σημεία στα οποία ασκείται η ευεργετική επίδραση της σκίασης των δένδρων χαρακτηρίζονται από θερμοκρασίες αρκετά χαμηλές, της τάξεως των 24,5 ° C, με μέγιστη τιμή εκείνη των 30,5 ° C, ενώ ο χλοοτάπητας στο βάθος της εικόνας δεν σκιάζεται, ως εκ τούτου φέρει θερμοκρασίες ιδιαίτερα υψηλές, από 39,5 έως και 43,5 ° C. Είναι επιβεβλημένο να ληφθεί υπόψη ότι για αυτή την κατάσταση υπεύθυνη είναι η έλλειψη σκίασης από τα δένδρα, συνεπώς η ηλιακή ακτινοβολία προσπίπτει ανεμπόδιστα στο σημείο αυτό του πάρκου και το επιβαρύνει θερμοκρασιακά.



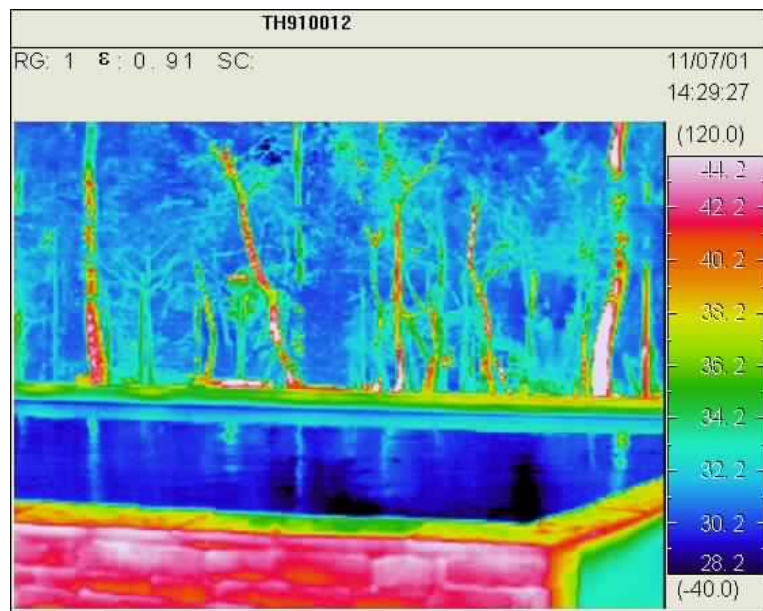
Εικόνα 27: Οπτική απεικόνιση του περιβάλλοντα χώρου του σημείου μέτρησης 6



Εικόνα 28: Θερμική απεικόνιση του περιβάλλοντα χώρου του σημείου μέτρησης 6



Εικόνα 29 : Οπτική απεικόνιση του περιβάλλοντα χώρου του σημείου μέτρησης 6



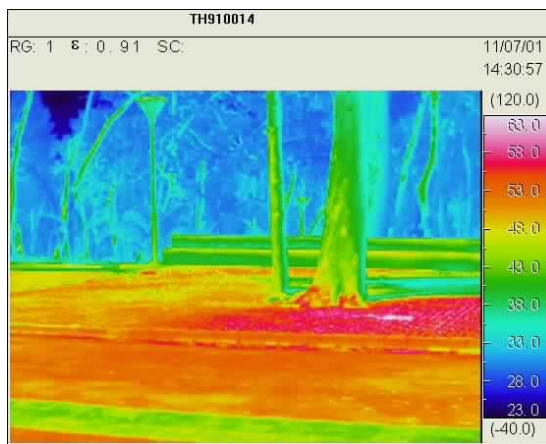
Εικόνα 30: Θερμική απεικόνιση του περιβάλλοντα χώρου του σημείου μέτρησης 6

Στην περίπτωση του σημείου 6 παρουσιάζονται δύο οπτικές απεικονίσεις (εικόνες 27, 29) με τις αντίστοιχες θερμικές (εικόνες 28, 30), γεγονός που επιτρέπει την εξαγωγή πιο ολοκληρωμένων συμπερασμάτων αναφορικά με το προκείμενο σημείο. Στην εικόνα 27 παρατηρείται μία περιοχή με δενδρώδη βλάστηση και χλοοτάπητα, ενώ κατά τόπους διάσπαρτες υπάρχουν πέτρες σε σχηματισμούς, στα πλαίσια της αισθητικής του άλσους. Τα δένδρα φέρουν θερμοκρασίες από 29,5 έως 35,5 ° C, ενώ ο χλοοτάπητας, καθότι ακάλυπτος (μπροστινό μέρος της εικόνας), φέρει

θερμοκρασίες 48,5 έως 63,5 ° C. Στην εικόνα 29 παρουσιάζεται ένα άλλο τμήμα της δεδομένης περιοχής, που φέρει μία τεχνητή λίμνη περιβαλλόμενη από δενδρώδη βλάστηση, της οποίας η θερμοκρασία είναι σε λίγο χαμηλότερα επίπεδα (30,2 έως 32,2 ° C), καθότι επηρεάζεται από την ύπαρξη του νερού. Το περιμετρικό τοίχιο της λίμνης (λιθοδομή) παρουσιάζει τιμές της τάξεως των 42,2 έως 44,2 ° C, ενώ, όπως είναι αναμενόμενο, η υδάτινη μάζα έχει χαμηλές τιμές θερμοκρασίας, στους 28,2 ° C.



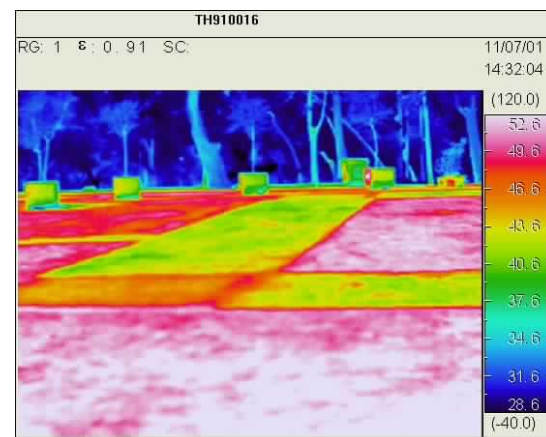
Εικόνα 31 : Οπτική απεικόνιση του περιβάλλοντα χώρου του σημείου μέτρησης 7



Εικόνα 32 : Θερμική απεικόνιση του περιβάλλοντα χώρου του σημείου μέτρησης 7



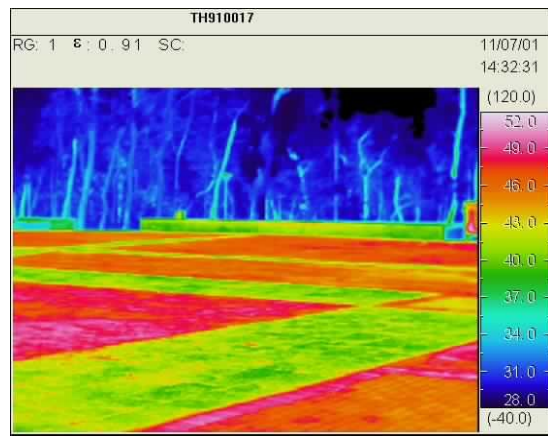
Εικόνα 33 : Οπτική απεικόνιση του περιβάλλοντα χώρου του σημείου μέτρησης 7



Εικόνα 34: Θερμική απεικόνιση του περιβάλλοντα χώρου του σημείου μέτρησης 7



Εικόνα 35: Οπτική απεικόνιση του περιβάλλοντα χώρου του σημείου μέτρησης 7

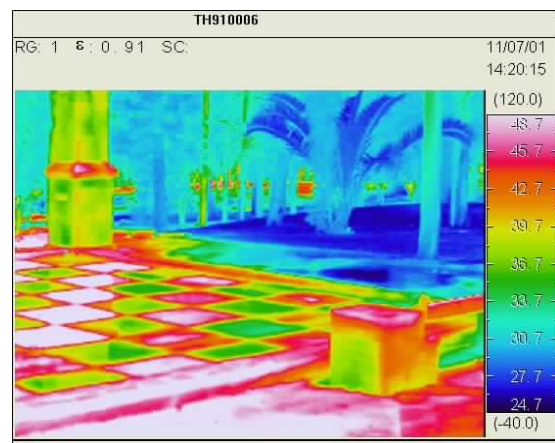


Εικόνα 36: Θερμική απεικόνιση του περιβάλλοντα χώρου του σημείου μέτρησης 7

Στην περίπτωση του σημείου 7 εμφανίζονται τρεις οπτικές (εικόνες 31, 33, 35) με τις αντίστοιχες θερμικές απεικονίσεις ( 32, 34, 36). Το εν λόγω σημείο βρίσκεται σε μία περιοχή εντός του άλσους πλακοστρωμένη, με απώτερο σκοπό, λογικά, την διεξαγωγή διαφόρων δραστηριοτήτων στο μέσον του άλσους, όπως εκδηλώσεων, παιχνιδιών, άθλησης και άλλα. Η ύπαρξη πλακόστρωτου προκαλεί αύξηση των τιμών θερμοκρασίας στα διάφορα σημεία, και όπως καθίσταται προφανές και από τις τρεις απεικονίσεις, ανάλογα με το υλικό και το χρωματισμό του υλικού κάλυψης διαφοροποιούνται οι τιμές θερμοκρασίας. Συγκεκριμένα, όταν η επιφάνεια του υλικού έχει σκοτεινό χρωματισμό και δεν είναι λεία παρουσιάζει μεγαλύτερη θερμοκρασία από την επιφάνεια που καλύπτεται με υλικά ανοιχτότερου (λευκού) χρωματισμού. Επί παραδείγματι, στην εικόνα 34 φαίνεται η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ της σκουρόχρωμης καστανής πλακόστρωτης περιοχής και της παρακείμενης της λευκής, που φτάνει τους  $10^{\circ}\text{C}$  ( $53,6^{\circ}\text{C}$  και  $43,6^{\circ}\text{C}$ ). Εκ διαμέτρου διαφορετική θερμοκρασιακή κατάσταση υφίσταται στην δενδρώδη βλάστηση, όπως διακρίνεται και στις τρεις εικόνες ( 32, 34, 36), με θερμοκρασίες που κυμαίνονται από  $28,6^{\circ}\text{C}$  έως  $34,6^{\circ}\text{C}$ . Σε αυτή την διακύμανση καθοριστικό ρόλο διαδραματίζει και η χωροθέτηση της δενδρώδους βλάστησης εκτός από το είδος της. Συγκεκριμένα, οι τιμές της θερμοκρασίας των δένδρων στις εικόνες 34 και 36 παρουσιάζουν αυξητική τάση συγκριτικά με την εικόνα 32.



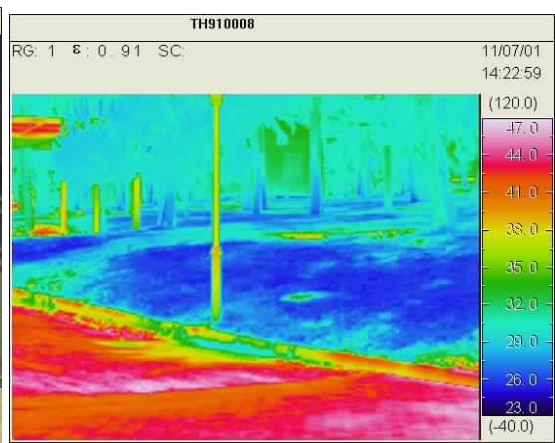
Εικόνα 37: Οπτική απεικόνιση του περιβάλλοντα χώρου του σημείου μέτρησης 8



Εικόνα 38: Θερμική απεικόνιση του περιβάλλοντα χώρου του σημείου μέτρησης 8



Εικόνα 39 : Οπτική απεικόνιση του περιβάλλοντα χώρου του σημείου μέτρησης 8



Εικόνα 40: Θερμική απεικόνιση του περιβάλλοντα χώρου του σημείου μέτρησης 8

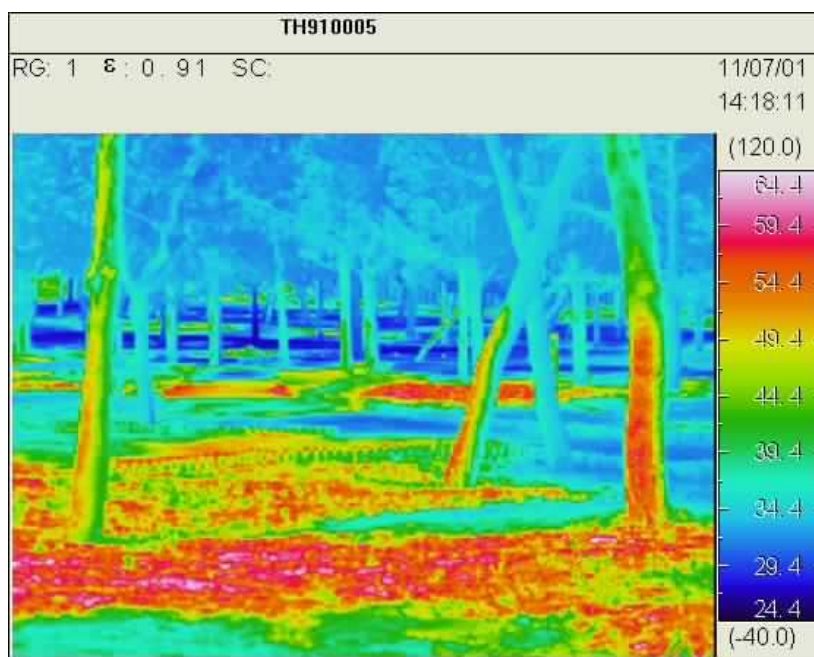
Το σημείο 8 (εικόνες 37, 39) χαρακτηρίζεται από την ύπαρξη μίας περιοχής πρασίνου με δενδρώδη βλάστηση και χλοοτάπητα, η οποία διακόπτεται από έναν πλακόστρωτο διάδρομο και μία κατασκευή σχηματισμού σκακιέρας με ένα παγκάκι παρακείμενά της, στα πλαίσια της αισθητικής αναβάθμισης του άλσους και της εξυπηρέτησης των επισκεπτών του. Η περιοχή με τη δενδρώδη βλάστηση, όπως φαίνεται από αμφότερες τις θερμικές απεικονίσεις, χαρακτηρίζεται από χαμηλές θερμοκρασίες, της τάξεως των 23,0 έως 28,0 °C (εικόνα 40) και πιο αυξημένες στους 24,7 έως 33,7 °C (εικόνα 38), λόγω του είδους της βλάστησης αλλά και της μεγαλύτερης επίδρασης που ασκεί στη θερμοκρασιακή της κατάσταση η ύπαρξη κατασκευών (σκακιέρα και παγκάκι) εν συγκρίσει με τον πλακόστρωτο διάδρομο. Όντως, οι κατασκευές αυτές παρουσιάζουν διαφορές μεταξύ τους ως προς τις τιμές θερμοκρασίας, με βάσει τα υλικά κατασκευής



τους, το είδος τους, την επιφάνειά τους και τον χρωματισμό τους. Πιο συγκεκριμένα, τα τετράγωνα της σκακιάρας μαύρου χρωματισμού έχουν τιμές που φτάνουν τους 48,7 °C σε αντίθεση με τα άσπρα τετράγωνα (33,7 °C) που έχουν τιμές μικρότερες έως και 15 °C. Το παγκάκι ενδεικτικά αναφέρεται ότι εμφανίζει τιμές κοντά στους 45 °C ενώ το πλακόστρωτο (εικόνα 40) εμφανίζει και αυτό υψηλές τιμές, με μέγιστη τιμή αυτή των 47 °C, αλλά με επικρατούσα τιμή κοντά στους 44 °C.



Εικόνα 41: Οπτική απεικόνιση του περιβάλλοντα χώρου του σημείου μέτρησης 9

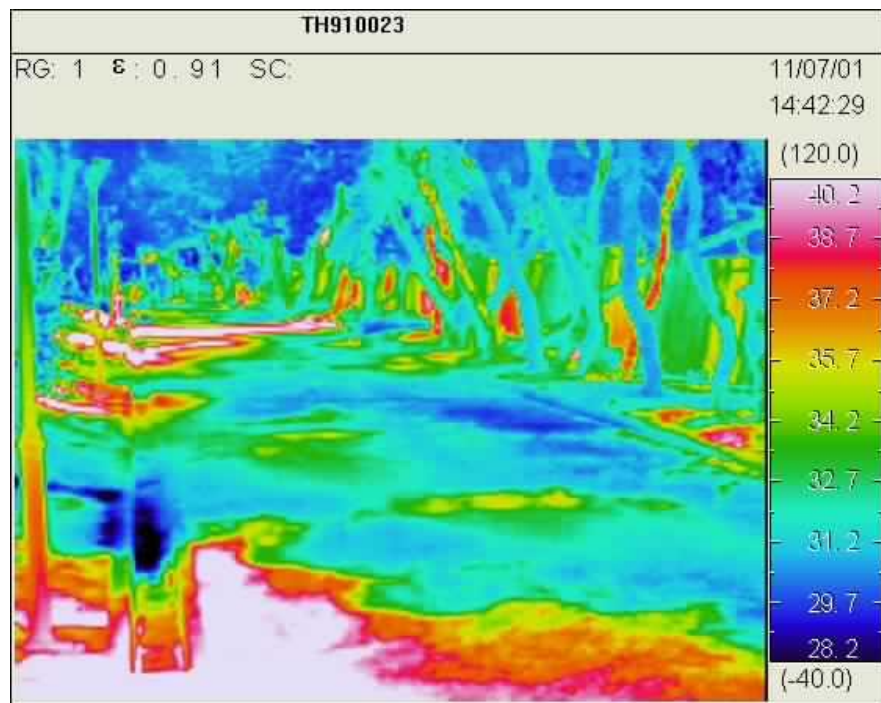


Εικόνα 42: Θερμική απεικόνιση του περιβάλλοντα χώρου του σημείου μέτρησης 9

Το σημείο 9 χαρακτηρίζεται σαφώς από την ύπαρξη δενδρώδους βλάστησης και χλοοτάπητα (εικόνα 41), το οποίο εν μέρει δέχεται κατά τόπους ικανοποιητικό ποσοστό σκίασης, με το εμπρόσθιο τμήμα της απεικόνισης να παρουσιάζεται ακάλυπτο. Έτσι η θερμοκρασία εμφανίζεται χαμηλή στο φύλλωμα των δένδρων και στα σκιαζόμενα μέρη τους στο βάθος της εικόνας, η οποία κυμαίνεται από 24,4 ° C (ελάχιστη θερμοκρασία) έως τους 37,4 ° C (μέγιστη θερμοκρασία). Αντίθετα, η διακύμανση στη θερμοκρασία του εδάφους είναι εμφανώς μεγαλύτερη, καθότι εξαιτίας των προαναφερόμενων λόγων, οι τιμές κυμαίνονται από τους 24,4 ° C και προσεγγίζουν τους 59,4 ° C, και σε πολύ περιορισμένες θέσεις έως και τους 64,4 ° C. Η εν λόγω τιμή αποτελεί και το μέγιστο της θερμοκρασίας στην έως τώρα ανάλυση της μελέτης. Θα μπορούσε να αποφευχθεί η θερμική αυτή επιβάρυνση με τη χρήση μηχανισμών παροχής νερού για τη διατήρηση ενός ικανοποιητικού επιπέδου θερμοκρασίας στην ατμόσφαιρα και την εξισορρόπηση των δυσμενών παραγόντων που προκύπτουν από την ελλιπή σκίαση.



Εικόνα 43: Οπτική απεικόνιση του περιβάλλοντα χώρου του σημείου μέτρησης 10



Εικόνα 44: Θερμική απεικόνιση του περιβάλλοντα χώρου του σημείου μέτρησης 10

Από την απεικόνιση της περιοχής εντός της οποίας βρίσκεται το σημείο 10 ανακύπτει το συμπέρασμα ότι πρόκειται για ένα τμήμα του άλσους με δασοκομική βλάστηση, η οποία διακόπτεται από μία μεγάλη λωρίδα πλακόστρωτου διαδρόμου. Υπάρχει αρδευτική υποστήριξη, ωστόσο και σε αυτή την περίπτωση παρατηρείται ευρεία διακύμανση της θερμοκρασίας μεταξύ των διαφόρων σημείων της περιοχής

αυτής. Ειδικότερα, η βλάστηση, δηλαδή το φύλλωμα των δένδρων και ο χλοοτάπητας που σκιάζεται, εμφανίζουν χαμηλές θερμοκρασίες, από 28,2 έως 31,2 ° C, ενώ κορμοί των δένδρων και τα σημεία που είναι ακάλυπτα εμφανίζουν τιμές κοντά στους 34,2 έως 38,7 ° C. Το έδαφος που είναι παραπλεύρως του διαδρόμου έχει χαμηλή θερμοκρασία ενώ ο διάδρομος, επειδή στο μεγαλύτερό του μέρος σκιάζεται από τα παρακείμενα δένδρα, εμφανίζει τιμές 31,2 έως 35,7 ° C. Τα μη σκιαζόμενα τμήματά του παρουσιάζουν ασυγκρίτως μεγαλύτερες τιμές, καταλαμβάνοντας τη μέγιστη τιμή των 40,2 ° C.



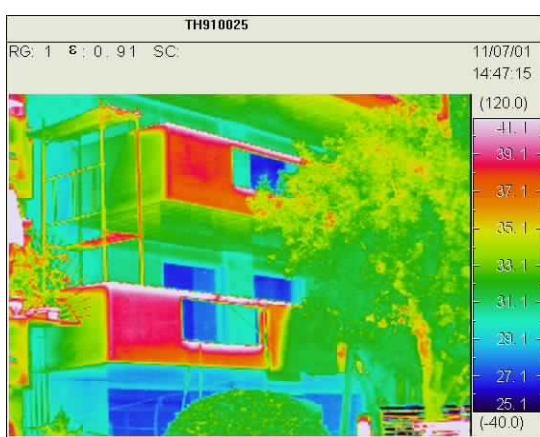
Εικόνα 45: Οπτική απεικόνιση του περιβάλλοντα χώρου του σημείου μέτρησης 11



Εικόνα 46 : Θερμική απεικόνιση του περιβάλλοντα χώρου του σημείου μέτρησης 11



Εικόνα 47 : Οπτική απεικόνιση του περιβάλλοντα χώρου του σημείου μέτρησης 11



Εικόνα 48 : Θερμική απεικόνιση του περιβάλλοντα χώρου του σημείου μέτρησης 11

Το σημείο 11 διαφοροποιείται από τα προαναφερόμενα σημεία, καθότι βρίσκεται εκτός του άλσους, εντός της γειτνιαζουσας δομημένης περιοχής. Συνεπώς, εύλογα θεωρείται αναμενόμενο το υψηλό θερμοκρασιακό του καθεστώ, σε σχέση με τα

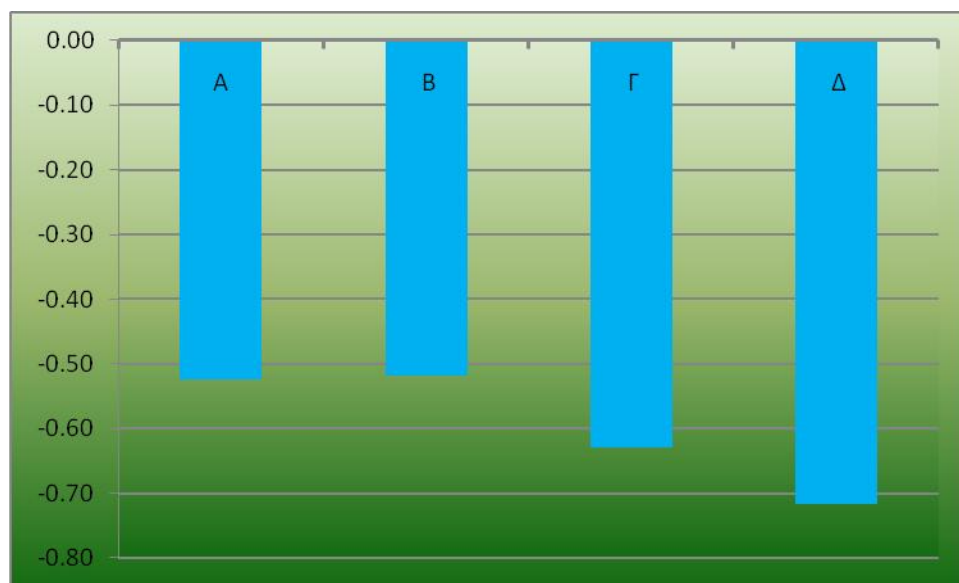
ευρισκόμενα σημεία εντός του άλσους. Στις εικόνες 45 και 47 εμφανίζονται χαμηλές τιμές θερμοκρασίας στα δένδρα και στους θάμνους που αποτελούν το συγκεκριμένο περιβάλλον, με τιμές από 30,4 έως 36,4 ° C. Εν αντιθέσει, τα παρκαρισμένα αυτοκίνητα που δεν σκιάζονται καθώς και ο ασφαλτοστρωμένος δρόμος προσεγγίζουν τιμές μεταξύ 51,4 έως 54,4 ° C, με τους 54,4 ° C να αποτελούν και τη μέγιστη θερμοκρασία. Αντιθέτως, τα σκιαζόμενα αυτοκίνητα παρουσιάζουν αρκετά χαμηλότερες τιμές, οι οποίες σταδιακά μεγαλώνουν όσο αυξάνεται η έκθεση της επιφάνειας τους στην ηλιακή ακτινοβολία, με αποτέλεσμα να εμφανίζεται μία τεράστια διακύμανση από 25,1 έως 51,4 ° C. Σε αυτό συνεπικουρεί και ο παράγοντας «υλικό κατασκευής» καθώς τα διάφορα τμήματα του αυτοκινήτου είναι κατασκευασμένα από διαφορετικής φύσεως υλικά, π.χ. λάστιχα, γυαλί, μέταλλα κ.α. Στην εικόνα 47 απεικονίζεται πολυκατοικία στο εμπρόσθιο τμήμα της οποίας υπάρχει ελλιπής βλάστηση (ένα δένδρο και ένας θάμνος). Οι τιμές της θερμοκρασίας στη βλάστηση είναι στα επίπεδα των 31,0 έως 35,1 ° C ενώ, παράλληλα, παρατηρείται εμφανής θερμοκρασιακή διαφοροποίηση μεταξύ των τμημάτων της πρόσοψης της πολυκατοικίας, ως συνάρτηση του υλικού κατασκευής και της έκθεσης τους στην ηλιακή ακτινοβολία. Συγκεκριμένα, τα εμπρόσθια τμήματα των μπαλκονιών έχουν τιμές θερμοκρασίας κοντά στους 39,0 ° C, εν αντιθέσει με το σκιαζόμενο τους μέρος, που οι τιμές διαμορφώνονται στο επίπεδο των 28,0 ° C . Μεγαλύτερη μείωση της θερμοκρασίας παρατηρείται στο εσωτερικό του κτιρίου (25,1 ° C).

## **6.2. Θερμικό καθεστώς διαφορετικών μορφών εδαφοκάλυψης**

Μετά από επεξεργασία των δεδομένων της θερμοκρασίας του αέρα που ελήφθησαν από τους σταθμούς μέτρησης των σημείων 1 έως και 11 και την ομαδοποίηση τους ανά κατηγορία εδαφοκάλυψης (πίνακας 2) υπολογίστηκαν οι μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες αέρος. Λαμβάνοντας ως σημείο αναφοράς το σημείο 11, που αναφέρεται στη γειτνιάζουσα – περιβάλλουσα το πάρκο δομημένη περιοχή υπολογίστηκαν οι θερμομετρικές αποκλίσεις ανά κατηγορία φυτοκάλυψης κατά το ψυχρότερο ( Φεβρουάριο) και θερμότερο (Ιούλιο) μήνα του έτους.

Πίνακας 2 : κατηγοριοποίηση φυτοκαλυμμένης επιφάνειας άλσους Νέας Σμύρνης

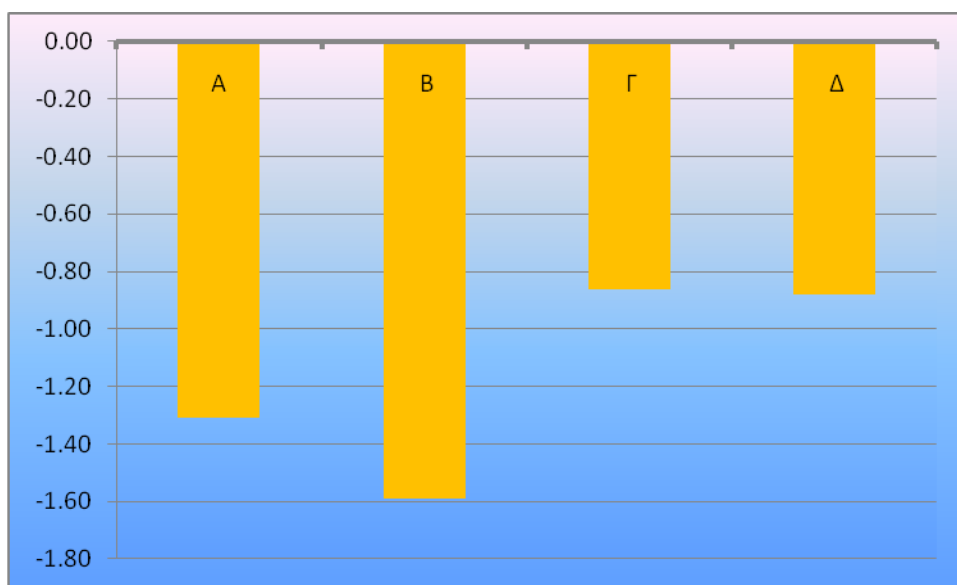
Κατηγορία	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΣΗΜΕΙΑ
A	Ψηλή αρδευόμενη δενδρώδης βλάστηση	3, 5, 6, 10
B	Χαμηλή αρδευόμενη θαμνώδης βλάστηση	1, 2, 8
Γ	Ξηροφυτική δενδρώδης βλάστηση	4, 9
Δ	Αίθριο	7
E	Δομημένη περιοχή	11



Εικόνα 49: Απόκλισεις ( $^{\circ}$  C) των μέσων ελαχίστων θερμοκρασιών των διαφορετικών μορφών φυτοκάλυψης του πάρκου της Νέας Σμύρνης από το σημείο αναφοράς στη γειτνιάζουσα δομημένη περιοχή κατά το μήνα Φεβρουάριο (2008). A= Ψηλή αρδευόμενη δενδρώδης βλάστηση, B= Χαμηλή αρδευόμενη θαμνώδης βλάστηση, Γ= Ξηροφυτική δενδρώδης βλάστηση, Δ= Αίθριο

Από την παρουσίαση της θερμικής κατάστασης των μορφών φυτοκάλυψης διαπιστώνεται ότι αυτές κατά τον ψυχρότερο μήνα του έτους παρουσιάζουν αρνητική απόκλιση σε σχέση με το σημείο αναφοράς, που βρίσκεται εντός της δομημένης περιοχής. Αυτό οφείλεται στα μεγαλύτερα ποσά θερμικής ενέργειας που αποδίδονται από τα δομικά υλικά, γεγονός που διαμορφώνει υψηλότερες τιμές θερμοκρασίας στο σημείο αναφοράς απ' ό,τι εντός του άλσους. Ειδικότερα, οι μορφές φυτοκάλυψης A και B, δηλαδή υψηλή και χαμηλή αρδευόμενη μορφή βλάστησης παρουσιάζουν παραπλήσια απόκλιση από το σημείο αναφοράς, ως προς τη μέση θερμοκρασία αέρος τον μήνα Φεβρουάριο. Ακολουθεί η κατηγορία των σημείων με ξηροφυτική

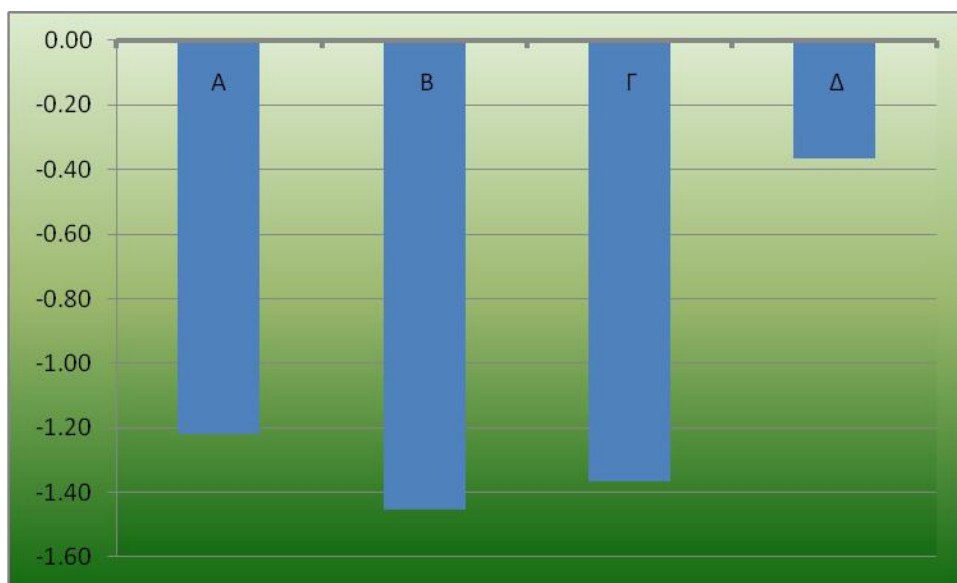
βλάστηση. Αυτή, λόγω του είδους των φυτών που την αποτελούν και συνακόλουθα των ιδιαίτερων μορφολογικών, ανατομικών και φυσιολογικών τους χαρακτηριστικών, σε συνδυασμό με την έλλειψη άρδευσης, καθιστούν τα σημεία που υπάγονται σε αυτή την κατηγορία ευεπηρέαστα στην πτώση της θερμοκρασίας και στα εποχιακά καιρικά φαινόμενα. Τέλος, μεγαλύτερη αρνητική απόκλιση, της τάξεως των  $-0,88^{\circ}\text{C}$  από το σημείο αναφοράς, εμφανίζει το αίθριο. Η εξήγηση για αυτή τη διαφοροποίηση πρέπει να αναζητηθεί στα χαρακτηριστικά της περιοχής του αίθριου, δηλαδή στην έλλειψη βλάστησης και στα υλικά που το αποτελούν. Προφανώς, σε αυτή την περίπτωση, η μη ύπαρξη βλάστησης επέδρασε αποφασιστικά προς αυτή την κατεύθυνση, δεδομένου ότι διευκόλυνε την εκπομπή της μεγάλου μήκους κύματος ακτινοβολίας με αποτέλεσμα τη ταχύτερη ψύξη της θέσης αυτής.



Εικόνα 50: Αποκλίσεις ( $^{\circ}\text{C}$ ) των μέσων ελαχίστων θερμοκρασιών των διαφορετικών μορφών φυτοκάλυψης του πάρκου της Νέας Σμύρνης από το σημείο αναφοράς στη γειτνιάζουσα δομημένη περιοχή κατά το μήνα Ιούλιο (2008). A= Ψηλή αρδευόμενη δενδρώδης βλάστηση, B= Χαμηλή αρδευόμενη θαμνώδης βλάστηση, Γ= Ξηροφυτική δενδρώδης βλάστηση, Δ= Αίθριο

Η κατάσταση δεν διαφοροποιείται ως προς το είδος της απόκλισης όλων των κατηγοριών φυτοκάλυψης σε σχέση με το σημείο αναφοράς κατά τη θερινή περίοδο. Δηλαδή καταγράφονται και στην περίπτωση αυτή αρνητικές αποκλίσεις σχετικά με την μέση ελάχιστη θερμοκρασία όλων των θέσεων συγκρινόμενες με το σημείο εντός της δομημένης περιοχής, το οποίο εξακολουθεί να διατηρεί τη μεγαλύτερη ελάχιστη θερμοκρασία, τόσο τον ψυχρότερο, όσο και τον θερμότερο μήνα του έτους.

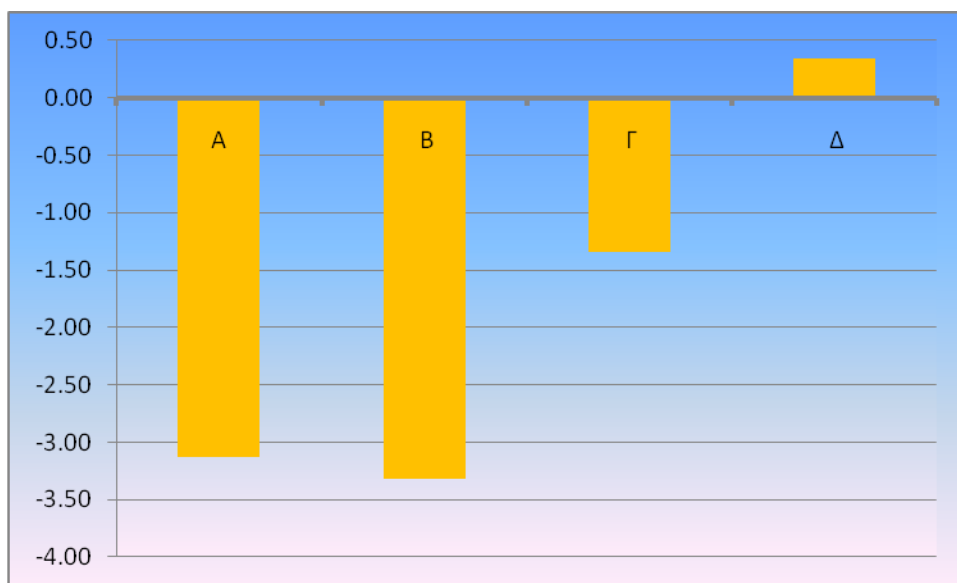
Εντούτοις, αυτό που μεταβάλλεται κατά το θέρος είναι η σειρά των κατηγοριών ως προς την απόκλιση τους από το σημείο αναφοράς καθώς και το μέγεθος της θερμικής διαφοροποίησης, δεδομένα που έχουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον. Ειδικότερα, τις μικρότερες αποκλίσεις εμφανίζουν οι κατηγορίες της ξηροφυτικής βλάστησης και του αιθρίου. Συνεπώς, εξακολουθούν, όπως είναι και φυσιολογικό λόγω έλλειψης άρδευσης (κατηγορία Γ) και είδους βλάστησης (κατηγορία Δ) να διατηρούν υψηλές θερμοκρασίες σε σχέση με τις άλλες κατηγορίες φυτοκάλυψης. Ήταν αναμενόμενο τις αμέσως επόμενες θέσεις να καταλαμβάνουν οι κατηγορίες Α και Β, καθώς εν προκειμένω, η παροχή νερού διαδραματίζει ουσιαστικό ρόλο στην διαμόρφωση του θερμοκρασιακού καθεστώτος και του ισοζυγίου ενέργειας, λόγω των αυξημένων θερμοκρασιών κατά το θέρος που καθιστούν απαραίτητη την τροφοδοσία με νερό των φυτικών συστημάτων για να ανταπεξέλθουν ικανοποιητικά στις επικρατούσες συνθήκες. Ωστόσο, η κατηγορία Α έχει μικρότερη απόκλιση ( $-1,31^{\circ}\text{C}$ ) σε σχέση με την κατηγορία Β ( $-1,59^{\circ}\text{C}$ ), στοιχείο που υποδηλώνει ότι παίζει σημαντικό ρόλο η μορφή της βλάστησης. Δηλαδή στη δενδροκαλυμμένη περιοχή (κατηγορία Α) η μεγάλου μήκους κύματος ακτινοβολία, η οποία αποδίδεται από το έδαφος, μερικώς εγκλωβίζεται στο χώρο που βρίσκεται κάτω από την κόμη των δένδρων με αποτέλεσμα η μείωση της θερμοκρασίας να είναι μικρότερη.



Εικόνα 51: Αποκλίσεις ( $^{\circ}\text{C}$ ) των μέσων μεγίστων θερμοκρασιών των διαφορετικών μορφών φυτοκάλυψης του πάρκου της Νέας Σμύρνης από το σημείο αναφοράς στη γειτνιάζουσα δομημένη περιοχή κατά το μήνα Φεβρουάριο (2008). Α= Ψηλή αρδευόμενη δενδρώδη βλάστηση, Β= Χαμηλή αρδευόμενη θαμνώδη βλάστηση, Γ= Ξηροφυτική δενδρώδη βλάστηση, Δ= Αίθριο



Από την εικόνα 51 γίνεται αντιληπτό ότι και στην περίπτωση των μέσων μέγιστων θερμοκρασιών το Φεβρουάριο παρατηρούνται αρνητικές αποκλίσεις σε όλες τις κατηγορίες φυτοκάλυψης σε σύγκριση με τη δομημένη περιοχή, γεγονός αναμενόμενο καθότι η δομημένη περιοχή (σημείο αναφοράς) δεσμεύει μεγαλύτερα ποσά ηλιακής ακτινοβολίας με αποτέλεσμα να αυξάνεται η θερμοκρασία του περιβάλλοντα χώρου. Πιο συγκεκριμένα, τη μεγαλύτερη αρνητική απόκλιση έχει η χαμηλή αρδευόμενη βλάστηση ( $-1,45^{\circ}\text{C}$ ) και ακολουθεί η ξηροφυτική ( $-1,37^{\circ}\text{C}$ ) και τέλος η ψηλή αρδευόμενη βλάστηση ( $-1,22^{\circ}\text{C}$ ). Η διαφορετική συμπεριφορά των φυτοκαλυμμένων αυτών επιφανειών αποδίδεται στη μορφή της βλάστησης τους, δεδομένου ότι βρίσκονται στο ίδιο υδρολογικό καθεστώς, δηλαδή κατά τη χειμερινή περίοδο δεν αρδεύονται. Η πυκνότητα βλάστησης είναι η κύρια παράμετρος διαμόρφωσης της θερμοκρασίας του αέρος δεδομένου ότι αυτή επιτρέπει ή εμποδίζει την είσοδο της ηλιακής ακτινοβολίας και κατ' επέκταση τη θέρμανση ή μη των θέσεων αυτών. Αυτό γίνεται ιδιαίτερα αντιληπτό από τη θερμική συμπεριφορά του αίθριου ( $-0,37^{\circ}\text{C}$ ), το οποίο λόγω μεγαλύτερου ηλιασμού παρουσιάζει τις υψηλότερες θερμοκρασίες δηλαδή τη μικρότερη απόκλιση από το σημείο αναφοράς.



Εικόνα 52: Αποκλίσεις ( $^{\circ}\text{C}$ ) των μέσων μέγιστων θερμοκρασιών των διαφορετικών μορφών φυτοκάλυψης του πάρκου της Νέας Σμύρνης από το σημείο αναφοράς στη γειτνιάζουσα δομημένη περιοχή κατά το μήνα Ιούλιο (2008). A= Ψηλή αρδευόμενη δενδρώδης βλάστηση, B= Χαμηλή αρδευόμενη θαμνώδης βλάστηση, Γ= Ξηροφυτική δενδρώδης βλάστηση, Δ= Αίθριο

Το μήνα Ιούλιο παρουσιάζονται οι μεγαλύτερες αρνητικές αποκλίσεις των διαφορετικών μορφών φυτοκάλυψης του άλσους από το σημείο αναφοράς (δομημένη περιοχή), με εξαίρεση το αίθριο, το οποίο εμφανίζει θετική απόκλιση, δηλαδή είναι θερμότερο κατά  $0,34^{\circ}\text{C}$ . Αυτό εξηγείται εν μέρει από το γεγονός ότι εντός της δομημένης περιοχής μπορεί να υφίσταται και σκίαση ανά διαστήματα και ανάλογα με την τοποθεσία της δομημένης περιοχής ενδεχομένως να υπεισέρχονται και άλλοι παράγοντες, που στο αίθριο να μην υπάρχουν (διαβροχή κ.α., δηλαδή ανθρωπογενής παρέμβαση). Βέβαια, θα αναμενόταν και πάλι η μεγαλύτερη μέση μέγιστη θερμοκρασία να εντοπίζεται στο σημείο αναφοράς λόγω υλικών δόμησης και μειωμένης επίδρασης της περιβάλλουσας βλάστησης στον χώρο, σε σχέση με το αίθριο. Όμως, όπως φάνηκε, η ανεμπόδιστη έκθεση του αίθριου στην ηλιακή ακτινοβολία, ειδικά τον Ιούλιο επιφέρει μεγάλη αύξηση στις τιμές θερμοκρασίας του. Τη μικρότερη θερμική απόκλιση παρουσιάζει η ξηροφυτική βλάστηση, που οι τιμές της απέχουν μόλις  $-1,35^{\circ}\text{C}$  από την αντίστοιχη μέση θερμοκρασία του σημείου που βρίσκεται στη δομημένη περιοχή. Τέλος, παρουσιάζεται η ίδια κατάσταση όπως και με τις μέσες ελάχιστες θερμοκρασίες αναφορικά με τις κατηγορίες της υψηλής και χαμηλής αρδευόμενης βλάστησης. Η άρδευση επηρεάζει μεν τη θερμοκρασία, κρατώντας τις τιμές σε χαμηλότερα επίπεδα, η έντασή της όμως και η συχνότητά της υποσκελίζονται και σε αυτή την περίπτωση από το είδος της βλάστησης, δηλαδή τις απαιτήσεις της, που τους θερινούς μήνες γίνονται πιο έντονες. Έτσι, την πιο χαμηλή θερμοκρασία παρουσιάζει η κατηγορία Β, με απόκλιση  $-3,32^{\circ}\text{C}$  και ακολουθεί με απόκλιση  $-3,13^{\circ}\text{C}$  η κατηγορία Α.

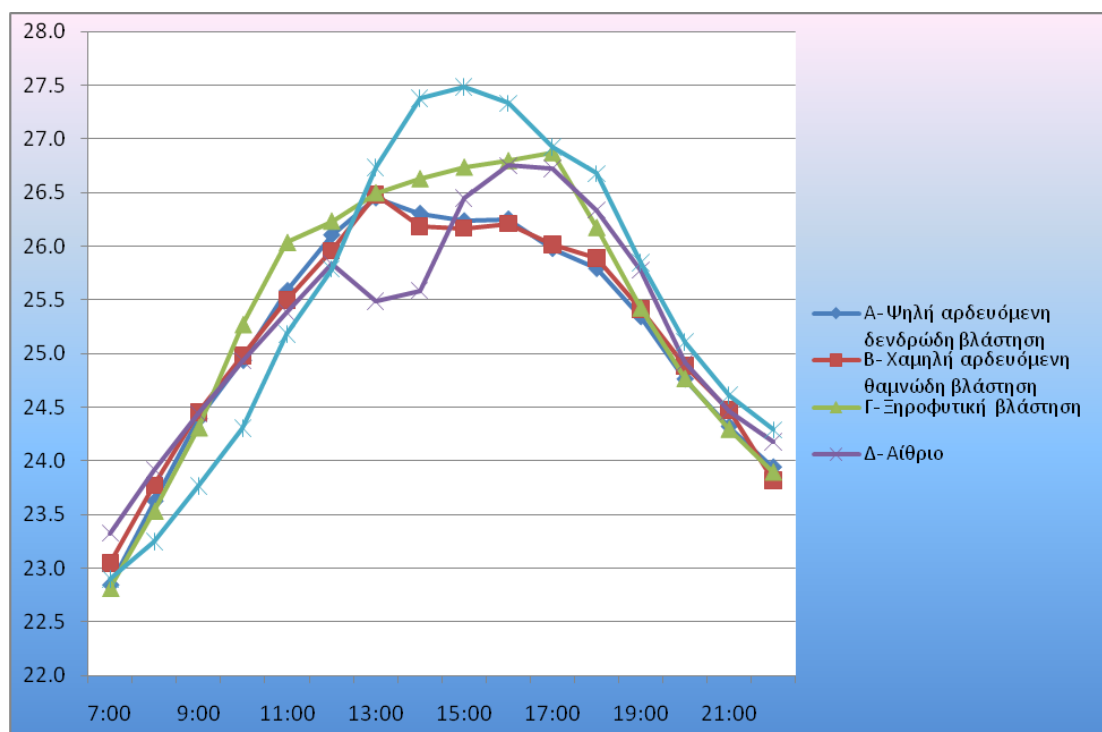
### **6.3. Θερμική αίσθηση στις διαφορετικές μορφές φυτοκάλυψης**

Η θερμική αίσθηση/άνεση, που αφορά άμεσα τη ψυχική και σωματική ικανοποίηση που παρέχει στον άνθρωπο η ύπαρξη του άλσους, και πολύ περισσότερο, η παραμονή του σε αυτό σε καθορισμένα χρονικά διαστήματα εκτιμήθηκε με την εφαρμογή του θερμοϋγρομετρικού δείκτη THI. Δηλαδή, μετά τον υπολογισμό του και την κατηγοριοποίηση σε κλάσεις θερμικής αίσθησης για τις ώρες που είναι επισκέψιμο το άλσος της Νέας Σμύρνης και για τους μήνες Ιούλιο και Φεβρουάριο (τον θερμότερο και τον ψυχρότερο, αντίστοιχα, μήνα του έτους) προέκυψαν τα ακόλουθα αποτελέσματα:

Σχετικά με τον θερμότερο μήνα του έτους, δηλαδή τον **Ιούλιο**, διαπιστώθηκαν τα ακόλουθα:

- Οι μέσες τιμές του θερμοϋγρομετρικού δείκτη (THI) με βάση τον πίνακα 1 (σελ.52) και την εικόνα 53, για όλες τις μορφές εδαφοκάλυψης εντάσσονται στην κλάση **ζεστό (hot)** για τα χρονικά διαστήματα από 7:00 έως 13:00 και από 17:00 έως 21:00.
- Για το ενδιάμεσο χρονικό διάστημα 13:00 έως 19:00 όπου παρατηρούνται και οι μέγιστες τιμές της θερμοκρασίας του αέρα με τις αντίστοιχες ελάχιστες τιμές της σχετικής υγρασίας, ο δείκτης THI κατατάσσεται στη κλάση **πολύ ζεστό (very hot)** για την περίπτωση της δομημένης περιοχής, της ξηροφυτικής βλάστησης και του αίθριου για το χρονικό διάστημα από 15:00 έως 21:00.

Διαπιστώνεται δηλαδή ότι κατά το θερμικά κρίσιμο διάστημα της ημέρας (μεταμεσημβρινές ώρες) το αρδευόμενο πράσινο παρουσιάζει καλύτερες συνθήκες θερμικής αίσθησης στον επισκέπτη του άλσους απ' ότι το ξηροφυτικό.

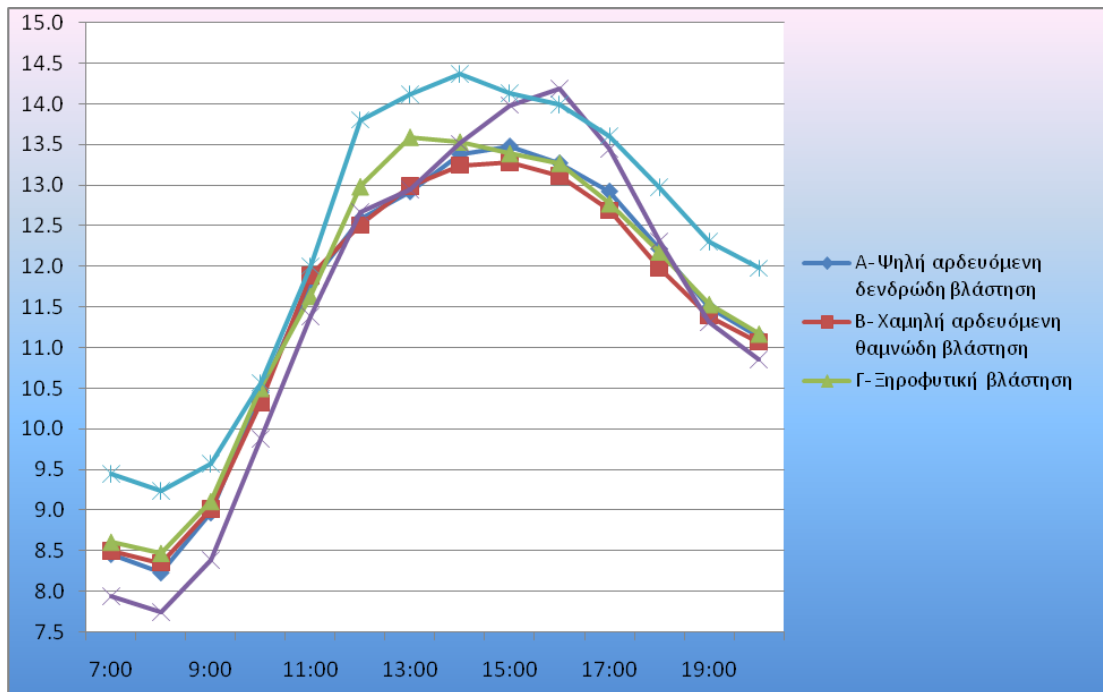


Εικόνα 53: Κατανομή τιμών THI ανά ώρα και ανά κατηγορία εδαφοκάλυψης τον μήνα Ιούλιο.

A= Ψηλή αρδευόμενη δενδρώδης βλάστηση, B= Χαμηλή αρδευόμενη θαμνώδης βλάστηση,  
Γ= Ξηροφυτική δενδρώδης βλάστηση, Δ= Αίθριο

Σχετικά με τον μήνα **Φεβρουάριο**, που κατά γενική ομολογία και με βάση εμπειριστατωμένες μελέτες συνιστά τον ψυχρότερο μήνα του έτους, τα αποτελέσματα είναι τα ακόλουθα:

- Αναφορικά με την χαμηλή και υψηλή αρδευόμενη βλάστηση, οι τιμές του THI είναι παραπλήσιες για ακόμη μία φορά. Ειδικότερα, για το χρονικό διάστημα από 07: 00 έως 13: 00 και μετά την 17: 00 ώρα, οι τιμές υπάγονται στην κατηγορία του **ψυχρού (cold)** με μικρές διαφοροποιήσεις μεταξύ των διαφορετικών σημείων. Στο μεσοδιάστημα, οι τιμές του THI αυξάνονται και υπάγονται στην κατηγορία του **δροσερού (cool)**. Αυτό το αποτέλεσμα ήταν αναμενόμενο, καθότι σε αυτό το χρονικό διάστημα η ηλιακή ακτινοβολία έχει μεγαλύτερη ένταση και, κατ' επέκταση, προκαλεί τη θέρμανση του άλσους, καθιστώντας το προσιτό και πιο ευχάριστο.
- Σχετικά με τα σημεία εντός της ξηροφυτικής δενδρώδους βλάστησης, οι τιμές του THI ανήκουν στην κατηγορία του **ψυχρού (cold)** πριν από τις 12: 00, δηλαδή μία ώρα νωρίτερα συγκριτικά με τα προαναφερθέντα σημεία, και μετά τις 17: 00. Και πάλι, στο μεσοδιάστημα αυξάνεται η τιμή του THI και καθίσταται το άλσος σε αυτά τα σημεία **δροσερό (cool)**.
- Ως προς το αίθριο, η κατάσταση είναι παραπλήσια, με τη διαφορά ότι από τις 14: 00 έως τις 17:00 οι τιμές του THI εντάσσονται στην κατηγορία του **δροσερού (cool)**, ενώ πριν και μετά υπάγονται στην κατηγορία του **ψυχρού (cold)**.
- Τέλος, αναφορικά με τη δομημένη περιοχή, όλες οι τιμές και σε αυτή την περίπτωση εμφανίζουν αυξητική τάση, λόγω και πάλι της προϊούσης κατάστασης, με αποτέλεσμα από τις 12: 00 έως τις 18: 00 να ανήκουν στην κατηγορία του **δροσερού (cool)** ενώ πριν και μετά αυτού του διαστήματος υπάγονται στο **ψυχρό (cold)**.



Εικόνα 54: Κατανομή τιμών THI ανά ώρα και ανά κατηγορία εδαφοκάλυψης τον μήνα Φεβρουάριο.

A= Ψηλή αρδευόμενη δενδρώδης βλάστηση, B= Χαμηλή αρδευόμενη θαμνώδης βλάστηση,

Γ= Ξηροφυτική δενδρώδης βλάστηση, Δ= Αίθριο

Συνεπώς, αναφορικά με το μήνα Φεβρουάριο, το πάρκο μπορεί να καταστεί πιο λειτουργικό και ευχάριστο τις ώρες μετά από τις 12:00 έως τις 17: 00, λόγω αυξημένης θερμοκρασίας σε σχέση με τις υπόλοιπες ώρες της ημέρας.

## 7. Συμπεράσματα

Από τα αποτελέσματα των μετρήσεων των βιομετεωρολογικών συνθηκών σε επιλεγμένες θέσεις του άλσους της Νέας Σμύρνης ως και τη μεταβατική ζώνη μεταξύ της βλάστησης και της δόμησης προέκυψαν τα ακόλουθα συμπεράσματα:

- Το άλσος Νέας Σμύρνης παρουσιάζει μωσαϊκό θερμικών συνθηκών, ιδιαίτερα κατά τη θερμή περίοδο του έτους. Πιο συγκεκριμένα διαπιστώθηκαν νησίδες υψηλών θερμοκρασιών στις θέσεις που καλύπτονται με δομικά υλικά (λιθοδομές, πλάκες κ.α.). Η θερμική τους κατάσταση διαφοροποιείται ανάλογα με το είδος των δομικών υλικών, το χρώμα και την τραχύτητα της επιφάνειάς τους. Δροσερές συνθήκες διαμορφώνονται κατά το θέρος στις θέσεις με αρδευόμενη βλάστηση ως και στις επιφάνειες νερού (λίμνη, σιντριβάνι), γεγονός το οποίο αποδίδεται τόσο στην εξάτμιση όσο και στις φυσιολογικές διεργασίες των φυτών. Αντίθετα, θέσεις καλυπτόμενες με ξηροφυτικό πράσινο παρουσιάζουν δυσμενέστερες συνθήκες θερμοκρασίας αέρα, δηλαδή ψυχρότερες κατά τη χειμερινή και θερμότερες κατά τη θερινή περίοδο του έτους.
- Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η σκίαση ως μέσο δροσισμού κατά το θέρος. Διαπιστώθηκε δηλαδή, ότι σκιαζόμενες θέσεις παρουσίασαν ευμενέστερες συνθήκες από αντίστοιχες ηλιαζόμενες, ανεξαρτήτως μορφών εδαφοκάλυψης. Αξίζει να επισημανθεί η θερμική συμπεριφορά των αίθριων όπου στις θέσεις αυτές οι τιμές της θερμοκρασίας είναι μικρότερες κατά τη χειμερινή και υψηλότερες κατά τη θερινή περίοδο του έτους, συγκρινόμενες με τις άλλες μορφές εδαφοκάλυψης. Η θερμική αυτή συμπεριφορά μπορεί να αποδοθεί στη μορφή της φυτοκάλυψης και ιδιαίτερα στις συνθήκες ηλιασμού της. Η αύξηση δε, της θερμοκρασίας του αίθριου, κατά τη θερμή περίοδο του έτους υπερβαίνει και την αντίστοιχη της παρακείμενης δομημένης περιοχής, η οποία λόγω σκίασης (αστικά φαράγγια, δενδροστοιχίες κ.α.) εμφανίζεται δροσερότερη.
- Στην περιμετρική ζώνη του άλσους και πιο συγκεκριμένα στις θέσεις που βρίσκονται παραπλήσια της δομημένης περιοχής παρατηρούνται κατά τη θερμή περίοδο του έτους αυξημένες τιμές θερμοκρασίας αέρα σε σύγκριση με το φυτοκαλυμμένο εσωτερικό του τμήμα, ιδιαίτερα κατά το χρονικό διάστημα 13:00 έως 17:00. Αυτό αποδίδεται τόσο στην αραιή βλάστηση όσο και στην ελλιπή άρδευσή του. Αντίθετα, κατά τη χειμερινή περίοδο παρατηρείται σχετική ομοιομορφία των τιμών θερμοκρασίας στο άλσος, ανεξαρτήτως μορφής

φυτοκάλυψης, λόγω της μειωμένης ηλιακής ακτινοβολίας και της μεγαλύτερου ύψους, συγκριτικά με τις άλλες εποχές, βροχόπτωσης που δημιουργεί ομοιογενέστερες συνθήκες σε σύγκριση με το θέρος, που η άρδευση των φυτών αποκτά τοπικό χαρακτήρα.

- Η παρουσία φυτοκάλυψης και ειδικότερα οι διαφορετικές μορφές σύνθεσης της βλάστησης συντελούν σημαντικά στη διατήρηση της ισορροπίας των θερμοϋγρομετρικών συνθηκών τόσο στους ζεστούς όσο και στους ψυχρούς μήνες του έτους. Απλά διαφοροποιούνται οι ώρες κατά τις οποίες το πάρκο δύναται να προσφέρει την καλύτερη θερμική αίσθηση στους επισκέπτες. Ουσιαστικά κατά τη χειμερινή περίοδο, και ιδιαίτερα κατά τον ψυχρότερο μήνα του έτους (Φεβρουάριο), λόγω της αυξημένης θερμοκρασίας στο χρονικό διάστημα που παρεμβάλλεται από τις 12: 00 μέχρι και τις 17: 00 η θερμική αίσθηση είναι καλύτερη, συνεπώς εκείνες τις ώρες μπορεί να προάγεται η επισκεψιμότητα του Άλσους. Αντιθέτως, το καλοκαίρι η κατάσταση αντιστρέφεται διότι οι κυριαρχούσες βιοκλιματικές συνθήκες καθιστούν το χώρο λιγότερο ευχάριστο στον επισκέπτη σε σχέση με τις πρώτες πρωινές και τις απογευματινές ώρες μετά τις 18: 00.

## ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Ackerman, B., 1987, *Climatology of Chicago area urban-rural differences in humidity*, J. Clim. Appl. Meteorol., 26: 427-430.
- Adebayo, Y., 1991, *Heat island in a humid tropical city and its relationships with potential evaporation*, Theor. Appl. Climatol., 43:137-147
- Ahrens, C.D., 1993, *Essentials of Meteorology, An Invitation to the Atmosphere*, Wet Publishing Company, New York
- Ajibola, K., 2001, *Design for comfort in Nigeria-a bioclimatic approach*, Renewable Energy, 23(1): 57-76
- Akbari, H., 1992, *Cooling our communities: A Guidebook on Tree Planting and Light-Colored Surfacing*, Series L.B.Laboratory
- Akbari, H., Kurn, D.M., Bretz, S.E. and Hanford, J.W., 1997, *Peak power and cooling energy savings of shade trees*, Energy and Buildings, 25(2): 139-148
- Alcoforado M.J. and Andrade H, 2006, *Nocturnal urban heat island in Lisbon (Portugal): main features and modeling attempts*, Theoretical and Applied Climatology, 84(1): 151-159
- Alcoforado, M.J., Andrade H., Lopes A. and Vasconcelos J., 2009, *Application of Climatic Guidelines to Urban Planning. The Example of Lisbon (Portugal)*, Landscape and Urban Planning, 90:56-65
- Ali-Toudert, F. and Mayer, H., 2007, *Effects of asymmetry, galleries, overhanging facades and vegetation on thermal comfort in urban street canyons*, Solar Energy, 81(6): 742-754
- Alvarez-Cobelas, M., Cirujano, S. and Sánchez Carrillo S., 2001, *Hydrological and botanical man-made changes in the Spanish wetland of Las Tablas de Daimiel*, Biological Conservation, 97:89-97
- Alvarez, D.A., Petty, J.D., Huckins, J.N., Jones-Lepp, T.L., Getting, D.T. and Manahan S.E., 2004, *Development of a passive, in situ, integrative sampler for hydrophilic organic contaminants in aquatic environments*, Environ. Toxicol. Chem., 23 (7)
- Arnfield, A.J., 2003, *Two decades of urban climate research: a review of turbulence, exchanges of energy and water, and the urban heat island*, International Journal of Climatology, 23(1): 1-26
- Asaeda, T., Ca, V.T. and Wake, A., 1996, *Heat storage of pavement and its effect on the lower atmosphere*, Atmospheric Environment, 30(3): 413-427



- Avissar, R., 1996, *Potential effects of vegetation on the urban thermal environment*, Atmospheric Environment, 30(3): 437-448
- Aynsley, R. and Spruill, M., 1990, *Thermal comfort models for outdoor thermal comfort in warm humid climates and probabilities of low wind speeds*, Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, 36(1-3): 481-488
- Ball, P., 2000, *A Biography of Water*, Phoenix, London
- Barradas, V.L., 1991, *Radiation regime in a tropical dry deciduous forest in western Mexico*. Theoret. Appl. Climatol., 44:57-64
- Barring, L., Mattsson, J.O. and Lindqvist S., 1985, *Canyon geometry, street temperatures and urban heat island in Malmo, Sweden*, International Journal of Climatology, 5(4): 433-444
- Berglund, O., 1997, *Costs of antifungal agents should be reduced*, Lakartidningen, 94(4): 214-219
- Bernatzky, A., 1982, *The contribution of trees and green spaces to a town climate*, Energy and Buildings, 5(1): 1-10
- Besancenot, JP., 1990, *Climate and tourism*, Paris, Masson
- Blunden, J., 1988, «*Η επίδραση του ανθρώπου στο περιβάλλον*», στο «*Άνθρωπος και Περιβάλλον*», The Open University, Π. Κουτσουμπός Α.Ε., Αθήνα
- Bourbia, F. and Awbi, H.B., 2004, *Building cluster and shading in urban canyon for hot dry climate: Part 1: Air and surface temperature measurements*, Renewable Energy, 29(2): 249-262
- Brazel, S. W., and Balling, R.C.Jr., 1986, *Temporal analysis of long-term atmospheric moisture levels in Phoenix, Arizona*, J. Climate Appl. Meteor., 25: 112-117
- Brown, G.Z. and DeKay, M., 2001, *Sun, Wind & Light: Architectural Design Strategies*, John Wiley and Sons, New York
- Burian, S.J., Velugubantla, S.P and Brown, M.J., 2002, *Morphological analysis using 3D building database: Phoenix, Arizona*, LA-UR-02-6726, Los Alamos National Laboratory
- Ca, V., Asaeda, T. and Abu, E., 1998, *Reductions in air conditioning energy caused by a nearby park*, Energy and Buildings, 29(1): 83-92
- Chandler, T.J., 1967, *Absolute and relative humidities in towns*, Bull. Ann. Meteorol. Sc., 48:394-399

- Chato, J., 1985, *Measurement of thermal properties of biological materials*, in A Shitzer and R Eberhart, *Heat Transfer in Medicine and Biology-Analysis and Applications*, New York Plenum Press
- Chronopoulou-Sereli A., Charalampopoulos I., Tsiros I., 2004, *The role of urban park configuration in their bioclimatic behavior*, 7<sup>th</sup> Panhellenic (international) conference of meteorology, climatology and atmospheric physics, Nicosia, Cyprus
- Critchfield, H.J., 1983, *General Climatology*, Prentice-Hall, U.S.A.
- Detwyler, R. and Melvin, M., 1972, *Urbanization and environment*, Belmont California Duxbury Press
- Dimoudi, A. and Nikolopoulou, M., 2003, *Vegetation in the urban environment: microclimatic analysis and benefits*, *Energy and Buildings*, 35(1): 69-76
- Doulos L., Santamouris M., Livada I., 2004, *Passive cooling of outdoor urban spaces, The role of materials*, *Solar Energy*, 77(2):231-249
- Eliasson, I., 1990, *Urban Geometry, surface temperature and air temperature*, *Energy and Buildings*, 15:141-145
- Eliasson, I., 1992, *Infrared thermography and urban temperature patterns*, *International Journal of Remote Sensing*, 13(5): 869-879
- Eliasson, I., 1996, *Urban nocturnal temperatures, street geometry and land use*, *Atmospheric Environment*, 30(3): 379-392
- Eliasson, I., 2000, *The use of climate knowledge in urban planning*, *Landscape and Urban Planning*, 48(1-2):31-44
- Eliasson, I. and Holmer, B., 1990, *Urban heat island circulation in Göteborg, Sweeden*. *Theor. Appl. Climatol.*, 42:187-196
- Eliasson, I. and Upmanis, H., 2000, *Nocturnal Airflow from Urban Parks- Implications for City Ventilation*, *Theoretical and Applied Climatology*, 66(1): 95-107
- Eliasson, I., Offerle, B., Grimmond, C.S.B. and Lindqvist S., 2006, *Wind field and turbulence statistics in an urban street canyon*, *Atmospheric Environment*, 40(1):1-16
- Emmanuel, R. and Erik, J., 2006, *Influence of urban morphology and sea breeze on hot humid microclimate: the case of Colombo, Sri Lanka*, *Climate Research*, 30(3): 189-200

- Emmanuel, R., Rosenlund, H. and Johansson, E., 2007, *Urban shading- a design option for the tropics? A study in Colombo, Sri Lanka*, International Journal of Climatology, 27(14): 1995-2004
- Escourrou, G., 1991, *Le Climat et la Ville*, Nathan Editions, Paris
- Fanger, P., 1972, *Thermal Comfort*, New YorkMcGraw Hill
- Fanger, P.O., Hojbjerg, J. and Thomsen J.O.B., 1974, *Thermal comfort conditions in the morning and in the evening*, International Journal of Biometeorology, 18(1): 16-22
- Gedzelman, S.D., 1980, *The science and wonder of the atmosphere*, J.Wiley and Sons, New York, pp.535
- Geiger, W. F., 1975, *Urban runoff pollution derived from long-time simulation*, National Symposium on Urban Hydrology and Sediment Control, University of Kentucky, Lexington
- Giles, B., Balafoutis C., Maheras P., 1990, *Too hot for comfort: the heatwaves in Greece in 1987 and 1988*, International Journal of Biometeorology, 34(2):98-104
- Givoni, B., 1974, *Architectural and urban planning in relation to weather and climate*, Progress in Biometeorology, 1(A):183-193.
- Givoni, B., 1989, *Urban Design in Different Climates*, World Meteorological Organization
- Givoni, B., 1993, *Climate, microclimate, the Urban scale*, Proceedings of the international symposium "Solar energy and buildings", UCLA
- Goh, K.C. and Chang, C.H., 1999, *The relationship between height to width ratios and the heat island intensity at 22:00 h for Singapore*, International Journal of Climatology, 19(9): 1011-1023
- Gomez, F., Gaja, E. and Reig A., 1998, *Vegetation and climatic changes in a city*, Ecological Engineering, 10(4): 355-360
- Gomez, F., Tamarit, N. and Jabaloyes, J., 2001, *Green zones, bioclimatics studies and human comfort in the future development of urban planning*, Landscape and Urban Planning, 55: 151-161
- Grimmond, C.S.B., Potter, S.K., Zutter, H.N. and South C., 2001, *Rapid methods to estimate sky-view factors applied to urban areas*, International Journal of Climatology, 21(7): 903-913
- Gulyas, A., Unger, J. and Matzarakis A., 2006, *Assessment of the microclimatic and human comfort conditions in a complex urban environment*, Modeling and measurements, Building and Environment, 41(12): 1713-1722

- Hage, K.D., 1975, *Urban-rural humidity differences*, Kentucky, USA., J. Appl. Meteorol., 14:1277-1283
- Henry, J. A., Dicks S.E. and Marotz G.A., 1985, *Urban and rural humidity distributions: relationships to surface materials and land use*, J. Climatol., 5: 53-62.
- Herrmann, S. and Osinski E., 1999, *Planning sustainable land use in rural areas at different spatial levels using GIS and modeling tools*, Landscape and Urban Planning, 46(1-3):93-101
- Hillel, D., 1998, *Environmental Soil Physics*, Academic Press, p. 771
- Honjo, T., and T. Takamura, 1990, *Simulation of thermal effects of urban green areas on their surrounding areas*, Energy and Buildings., 15-16:443-446.
- Hoppe, P., 1991, *Improving indoor thermal comfort by changing outdoor conditions*, Energy and Buildings, 16(1-2):743-747
- Horbert, M. and Kirchegeorg A., 1982, *Climatic and Air-hygienic aspects in the planning of inter-city open spaces: Berlin Grosser Tiergarten*, Energy and Build., 5:11-22.
- Huggett, R. and Cheesman, J., 2002, *Topography and the Environment Prentice Hall*, Pearson Education.
- Jauregui, E., 1973, *The urban climate of Mexico City*, Erdkunde, 27: 298-307
- Jauregui, E., 1990/91, *Influence of a large park on temperature and convective precipitation in a tropical city*, Energy and Building, 15/16: 457-463
- Jendritzky, G. and Nübler, W., 1981, *A model analysing the urban thermal environment in physiologically significant terms*, Arch. Meteorol. Geophys. Bioklimatol. Ser B., 29:313–326
- Johansson, E., 2006, *Influence of urban geometry on outdoor thermal comfort in a hot dry climate: a study in Fez, Morocco*, Building and Environment 41(10): 1326-1338
- Johansson, E. and Emmanuel, R., 2006, *The influence of urban design on outdoor thermal comfort in the hot, humid city of Colombo, Sri Lanka*, International Journal of Biometeorology, 51(2): 119-133
- Johnson, D.B., 1985, *Urban modification of diurnal temperature cycles in Birmingham, U.K.*, International Journal of Climatology, 5(2): 221-225
- Jones, H., 1992, *Plants and microclimate*, Cambridge University Press

- Jonsson, P., 2004, *Vegetation as an urban climate control in the subtropical city of Gaborone, Botswana*, International Journal of Climatology, 24(10): 1307-1322
- Kamoutsis, A., Matsoukis, A., Charalampopoulos, I. and Chronopoulou-Sereli, A., 2007, *Biometeorological conditions in mountainous communities and adjacent urban center in Greece by the use of indices: The case study of mountainous Nafpaktia district*, In: Developments in Tourism Climatology, Matzarakis, A., de Freitas, C. R. and Scott, D. (Eds.), 3rd International Workshop on Climate, Tourism and Recreation, Alexandroupolis, Greece 19-22 September, Commission on Climate, Tourism and Recreation, International Society of Biometeorology Freiburg, 144-149
- Katayama, S., Omori, M. and Radtke R., 1998, *Analyses of growth processes of pond smelt, Hypomesus nipponensis, in Lake Ogawara, Japan, through the use of daily otolith increments*, Environmental Biology of Fishes, 52: 313-319
- Kawamura, T., 1985, *Urban climate from the viewpoint of atmospheric environment*, Int. J. Biometeorol., 29(2): 138-147.
- Kirshen, P., Ruth, M. and Anderson, W., 2008, *Interdependencies of urban climate change impacts and adaptation strategies: a case study of Metropolitan Boston USA*, Climatic change, 2008, 86:105-122
- Kopec, R.J., 1973, *Daily spatial and secular variations of atmospheric humidity in a small city*, J.Appl.Meteor., 12:639-648
- Kratzer, A., 1956, *Das Stadtklima*, 2nd Ed. Friedr. Vieweg and Sohn, Braunschweig, 184 pp.
- Kyle, WJ., 1994 *The human bioclimate of Hong Kong*, Proceedings of the contemporary climatology conference, 345–350.
- Landsberg, H., 1981, *The urban climate*, International Geophysical Series, Volume 28
- Lee, D., 1991, *Urban-Rural Humidity differences in London*, Int. J. Climatol., 11:577-582
- Lozano, E.E., 1974, *Visual needs in the urban environment*, Town Planning Review, Vol 45(4)
- Lynch, K. and Hack G., 1990, *Site Planning*, MIT Press, Cambridge Mass
- Masterton, J.M. and Richardson, F., 1979, *Humidex: a method of quantifying human discomfort due to excessive heat and humidity*, Environment Canada, CLI 1-79, Ontario, Downsview, Atmospheric Environment Service

- Matzarakis, A., Mayer, H. and Iziomon, M.G., 1999, *Applications of a universal thermal index: physiological equivalent temperature*, International Journal of Biometeorology, 43(2): 76-84
- Matzarakis, A., De Rocco, M. and Najjar, G., 2009, *Thermal bioclimate in Strasbourg-the 2003 heat wave*, Theoretical and Applied Climatology, 98(3): 209-220
- Masterson, J. and Watson, B.F., 1960, *Humidex, a method of quantifying human discomfort due to excessive heat and humidity*, Environment Canada, Downsview, Ontario, p.45
- Matsoukis, A., Kamoutsis, A., Chronopoulos, K.I. and Fotos D.N. (2010). *Role of burned and unburned pine (pinus halepensis Mill) areas to air temperature and thermal comfort conditions. Fresenius Environmental Bulletin*, vol. 19,6: 1125-1131
- Mayer, H., 1993, *Urban bioclimatology*, Experientia, 49:957-963
- Mayer, H., Matzarakis, A. and Iziomon, M.G., 2003. *Spatiotemporal variability of moisture conditions within the Urban Canopy Layer*, Theoretical and Applied Climatology, 76: 165-179.
- Mayer, H. and Hoppe P. 1987, *Thermal comfort of man in different urban environments*, Theor. Appl. Climatol., 38: 43-49
- Mc Harg, I.L., 1992, *Design with Nature*, J.Wiley and Sons, New York
- Mochida, A. and Lun, I.Y.F., 2008, *Prediction of wind environment and thermal comfort at pedestrian level in urban area*, Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, 96(10-11): 1498-1527
- Mochida, A., Tabata, Y., Iwata, T. and Yoshino, H., 2008, *Examining tree canopy models for CFD prediction of wind environment at pedestrian level*, Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, 96(10-11): 1667-1677
- Mills, G., 1997, *The radiative effects of building groups on single structures*, Energy and Buildings, 25(1): 51-61
- Murakawa, S., 1988, *Study on the effect of river on thermal environment in urban area*, J. Archit. Planning Environ. Eng., 393:25-34.
- Niemeyer, M., 2008, *Water The Essence of Life*. Duncan Baird Publishers, London
- Nikolopoulou, M., Baker, N. and Steemers, K., 2001, *Thermal comfort in outdoor urban spaces: the human parameter*, Solar Energy, 70(3)
- Nikolopoulou, M. and Steemers, K., 2003, *Thermal comfort and psychological adaptation as a guide for designing urban spaces*, Energy and Buildings, 35(1)

- Oke, T.R., 1973, *City size and the urban heat island*, Atmospheric environment, 7(8): 769-779
- Oke, T.R., 1976, *The distinction between canopy and boundary layer urban heat islands*, Atmosphere, 14:268-277
- Oke, T. R., 1978, *Boundary layer climates*, London: Methuen
- Oke, T.R., 1981, *The boundary layer climates*, LondonRoutledge
- Oke, T.R., 1989, *The micrometeorology of the urban forest*, Phil. Trans. R. Soc. Lond. B 324, 335-349
- Oliver, J., 2005, *Encyclopedia of world climatology*, Springer
- Parsons, K., 1993, *Human thermal environments*, LondonTaylor and Francis
- Pearlmutter, D., Bitan, A. and Berliner P., 1999, *Microclimatic analysis of "compact" urban canyons in an arid zone*, Atmospheric Environment, 33(24-25): 4143-4150
- Popiel, C., Wojtkowiak, J. and Biernacka, B., 2001, *Measurements of temperature distribution in ground*, Experimental Thermal and Fluid Science, 25 :301-309
- Pragnell, R., 1990, *Recording humidity: no need to lose your hair*, Environmental Engineering
- Priyadarsini, R., Hien, W.N. and Wai, D.C.K., 2008, *Microclimatic modeling of the urban thermal environment of Singapore to mitigate urban heat island*, Solar Energy 82(8): 727-745
- Prezerakos, N.G., 1998, *Lower Tropospheric Structure and Synoptic Scale Circulation Patterns During Prolonged Temperature Inversions over Athens, Greece*, Theoretical and Applied Climatology, 60(1-4):63-76
- Ratti, C., 2001, *Urban analysis for environmental prediction*, PhD Dissertation, University of Cambridge
- Renaud, V. and Rebetez, M., 2009, *Comparison between open-site and below-canopy climatic conditions in Switzerland during the exceptionally hot summer of 2003*, Agric. For Meteorol., 149(5): 873-880
- Sailor D.J and Fan H., 2002, *Modeling the diurnal variability of effective albedo for cities*, Atmospheric Environment, 36(4): 713-725
- Saito, I., O. Ishihara, and Katayame T., 1990, *Study of the effect of green areas on the thermal environment in an urban area*, Building and Environment, 15-16:493-498.

- Santamouris, M., Papanikolaou, N., Livada, I., Koronakis, I., Georgakis, C., Argiriou, A. and Assimakopoulos, D.N., 2001, *On the impact of urban climate on the energy consumption of buildings*, Solar Energy, 70(3): 201-216
- Shashua-Bar, L., Hoffman, M.E., 2000, *Vegetation as a climatic component in the design of an urban street*, Energy and Buildings, 31:221-235
- Shashua-Bar, L. and Hoffman, M.E., 2003, *Geometry and orientation aspects in passive cooling of canyon streets with trees*, Energy and Buildings, 35(1): 61-68
- Shudo, A., Harayama, T. and Tasaki, S., 1997, *Interior Eigenvalue Problem, Newman Scattering Problem and the Boundary Element Method for Quantum Billiards*, Phys. Rev. E56,R13,R16
- Small, C., 2006, *Comparative analysis of urban reflectance and surface temperature*, Remote Sensing of Environment, 104(2): 168-189
- Smith, F. and Wilson, C.B., 1977, *A parametric study of airflow within rectangular walled enclosures*, Building and Environment, 12:223-230
- Solecki, W.D., Rosenzweig, C., Parshall, L., Pope, G., Clark, M., Cox, J. and Wiencke, M., 2005, *Mitigation of the heat island effect in urban New Jersey*, Global Environmental Change Part B: Environmental Hazards, 6(1):39-49
- Spiller, M., 1993, *Roof gardens and green facades for the improvement of urban environments*, Thesis B. L. Arch., University of NSW
- Streiling, S. and Matzarakis, A., 2003, *Influence of single and small clusters of trees on the bioclimate of a city: A case study*, Journal of Arboriculture, 29(6):309-316
- Swaid, H., 1993, *The role of radiative-convective interaction in creating the microclimate of urban street canyons*, Boundary-Layer Meteorology, 64:231-259.
- Svensson, M.K. and Eliasson, I., 2003, *Spatial air temperature variations and urban land use- a statistical approach*, Meteorological Applications, 10:135-149
- Taha, H., 1997, *Urban Climates and Heat Islands: Albedo, Evapotranspiration and Anthropogenic Heat*, Energy and Buildings, 25:99-103
- Tang, U.W. and Wang, Z.S., 2007, *Influences of urban forms on traffic-induced noise and air-pollution: Results from a modeling system*, Environmental Modelling and Software, 22(12):1750-1764
- Terjung, W.H. and O' Rourke, P.A., 1981, *Relative influence of vegetation on urban energy budgets and surface temperatures*, Boundary-Layer Meteorology, 21(2): 255-263
- Thom, E.C., 1959, *The discomfort index*, Weatherwise, 12:57-60



- Thorsson, S., Lindqvist, M. and Lindqvist, S., 2004, *Thermal bioclimatic conditions and patterns of behavior in an urban park in Goteborg, Sweden*, International Journal of Biometeorology, 48(3): 149-156
- Toy, S., Yilmaz S. and Yilmaz H., 2007, *Determination of bioclimatic comfort in three different land uses in the city of Erzurum, Turkey*, Building and Environment, 42: 1315-1318
- Unger, J., 1999, *Comparisons of urban and rural bioclimatological conditions in the case of a Central-European city*, Int. J. Biometeorol., 4:139-144.
- Unger, J., 2004, *Intra-urban relationship between surface geometry and urban heat island: review and new approach*, Climate Research, 27(3):253-264
- Unkasevic, M., 1996, *Analysis of atmospheric moisture in Belgrade, Yugoslavia*, Meteorol Z NF., 5:121-124
- Unkasevic, M., Jovanovic O. and Popovic T., 2001, *Urban-suburban/rural vapour pressure and relative humidity differences at fixed hours over the area of Belgrade city*, Theor Appl Climatol., 68:67-73
- Uno, I., Ueda, H. and Wakamatsu, S., 1989, *Numerical modeling of the nocturnal urban boundary layer*, Boundary-Layer Meteorology, 49(1):77-98
- Upmanis, H., Eliasson, I. and Lindqvist S., 1998, *The influence of green areas on nocturnal temperatures in a high latitude city (Gotevorg, Sweden)*, International Journal of Climatology, 18(6): 681-700
- Wallace, M. J. and Hobbs, V. P., *Atmospheric Science, An Introductory Survey*, Academic Press, 1977
- WWF Ελλάς (2004), *Αξιολόγηση του συστήματος Προστατευόμενων Περιοχών της Ελλάδας: από τη θεωρία στην πράξη*, WWF Ελλάς, κείμενο πολιτικής, Σεπτέμβριος 2004
- Yamashita, S., Sekine, K., Shoda, M., Yamashita, K. and Hara, Y., 1986, *On relationships between heat island and sky view factor in the cities of Tama River basin, Japan*, Atmospheric Environment (1967), 20(4): 681-686
- Yilmaz, S., Toy S., M.A. Irmak and Yilmaz H., 2007, *Determination of climatic differences in three different land uses of the city of Erzerum, Turkey*, Buil. Environ., 42:1604-1612
- Yu, C. and Hien, W.N., 2006, *Thermal benefits of city parks*, Energy and Buildings, 38(2): 105-120
- Zemansky, M., 1968, *Heat and Thermodynamics*, 5th ed., McCraw-Hill.

## ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Γεωργιάδου, Θ., 1995, *Αστικός Χώρος και Πράσινο*, Πρακτικά Συμποσίου «Πράσινο στις πόλεις και Τοπική Αυτοδιοίκηση». Επιστημονική Έκδοση ΓΕΩΤΕΕ, 37-44.
- Κοσμάκη, Τ., 2009, *Περιβαλλοντικοί Παράγοντες και Αστικός Σχεδιασμός*, Ε.Μ.Π., Σημειώσεις Μαθήματος Αρχιτεκτονικής Τοπίου, Αθήνα, σελ.11-14
- Κοτσίρης, Γ.Α., 2007, *Ορισμοί, δείκτες και μοντέλα εκτίμησης, διεθνή πρότυπα, μεθοδολογία-μελέτη περίπτωσης*, Εκδόσεις Ίων, Αθήνα
- Λιαρικός, Κ., 2004, *Περιφερειακή ανάπτυξη και περιβάλλον: προς την αειφόρο ανάπτυξη του ελληνικού χώρου*, WWF Ελλάς, κείμενο πολιτικής, Αθήνα
- Μουσιόπουλος, Ν., 1991, *Φαινόμενα Μεταφοράς στην Ατμόσφαιρα*, Εκδόσεις Γιαχούδη-Γιαπούλη
- Μουσιόπουλος, Ν., 2003, Σημειώσεις στο μάθημα Τεχνική Προστασίας Περιβάλλοντος, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τμήμα Μηχανολόγων-Μηχανικών, Θεσσαλονίκη, σελ. 1-3
- Ντάφης, 1986, *Δασική Οικολογία*, Εκδόσεις Γιαχούδη, Θεσσαλονίκη, σελ.31
- Ντάφης, 2001, *Δασοκομία Πόλεων*, Εκδόσεις Art of text, Θεσσαλονίκη
- Πολυχρονόπουλος, Δ., 1998, *Αττικό μικρόκλιμα. Προς τον επανασχεδιασμό του αστικού τοπίου με στόχο την προστασία του μικροκλίματος*, Πυρφόρος, ειδική περιοδική έκδοση Ε.Μ.Π., τεύχος1/1998, Ξανθόπουλος Θ., επιμ. Αθήνα, σελ. 41-43
- Πολυχρονόπουλος, Δ., 2000-2001, *Η ενσωμάτωση βιοκλιματικών αρχών στον αστικό σχεδιασμό, Περιβάλλον και Σχεδιασμός Του Χώρου*, Εθνικό Μετσόβειο Πολυτεχνείο, Τμήμα Αρχιτεκτόνων, Τομέας II Πολεοδομίας και Χωροταξίας, Αθήνα, σελ. 77-86
- Σπιτάλας, Ν., 2000, *Περιβαλλοντική αισθητική-αρχιτεκτονική-Μελέτες και κατασκευές*, Εκδόσεις Χριστοδουλίδη, Θεσσαλονίκη
- Φλόκας, Α., 1997, *Μαθήματα μετεωρολογίας και κλιματολογίας*, Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη
- Χαραλαμπίδης, Ι., 2006, *Εκτίμηση Βιομετεωρολογικών δεικτών σε φυτοκαλυμμένους και μη χώρους*, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών
- Χρονοπούλου-Σερέλη, Α. Και Φλόκας, Α., 2010, *Μαθήματα γεωργικής μετεωρολογίας και κλιματολογίας, Αστικό μικρόκλιμα*, p. 524,525

Χρυσομαλλίδου, Ν., 1994, *Θερμική συμπεριφορά κτιρίων - Παθητικά συστήματα θέρμανσης*, Ηλιακή ενέργεια και εξοικονόμηση ενέργειας σε κτίρια αστικού περιβάλλοντος ΠΚΕΝΕ, σελ. 19-35

#### **ΠΗΓΕΣ ΔΙΑΔΙΚΤΥΟΥ**

*<http://earthobservatory.nasa.gov>*

*<http://cmcagustinos.wordpress.com/2011/02/16/cambios-climaticos-en-el-pasado-2/>*

*<http://www.attiko-prasino.gr/Default.aspx?tabid=1196&language=el-GR>*

*<http://www.attiko-prasino.gr/Default.aspx?tabid=161&language=el-GR>*

*<http://www.skyscrapercity.com/showthread.php?t=419213>*

*<http://phindingphilly.blogspot.com/>*

*<http://weblog.sinteur.com/index.php/2006/03/27/15-best-skylines-in-the-world>*

*<http://www.onsetcomp.com>*

*Google earth, 2011*

