



**ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΚΡΗΤΗΣ**

**ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**

ΑΝΑΛΥΣΗ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟΥ ΨΥΧΡΗΣ ΝΗΣΙΔΑΣ ΣΕ ΑΣΤΙΚΑ ΠΑΡΚΑ

Διπλωματική Εργασία

Όνομα φοιτήτριας: Σταυρακάκη Μαρία

(Α.Μ. 2010050058)

Μέλη Τριμελούς Επιτροπής:

Κολοκοτσά Διονυσία (Επιβλέπουσα)

Τσούτσος Θεοχάρης

Λαζαρίδης Μιχαήλ

Χανιά, Ιούλιος 2017

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Αρχικά θα ήθελα να ευχαριστήσω την επιβλέπουσα καθηγήτρια μου, κυρία Διονυσία Κολοκοτσά, Επίκουρη καθηγήτρια της σχολής Μηχανικών Περιβάλλοντος για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε με την ανάθεση του συγκεκριμένου θέματος και την υποστήριξη που μου παρείχε καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της διπλωματικής μου εργασίας. Θα ήθελα να ευχαριστήσω και τα υπόλοιπα μέλη της εξεταστικής επιτροπής για τον χρόνο που διέθεσαν.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες θα ήθελα να δώσω στον κύριο Κωνσταντίνο Γομπάκη για την βοήθεια που μου παρείχε καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της εργασίας.

Ευχαριστώ τους φίλους μου, Ιφιγένεια, Σήλια, Ειρήνη, Κατερίνα, Μανούσο και Αντώνη για την αλληλοκατανόηση και την υποστήριξη κατά τη διάρκεια όλων των φοιτητικών μου χρόνων.

Τέλος, θέλω να ευχαριστήσω τους γονείς μου και τα αδέρφια μου για την ψυχική, πνευματική και ψυχολογική στήριξη που μου έχουν προσφέρει και συνεχίζουν να μου προσφέρει.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	1
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ	4
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ	5
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ	7
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	9
ABSTRACT	10
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	11
1.1. Γενικά	11
1.2. Αστικό Μικροκλίμα	12
1.3. Σύγχρονα περιβαλλοντικά προβλήματα στον αστικό χώρο	13
1.3. Αστική Θερμική Νησίδα (ΑΘΝ)	14
1.3.1. Περιγραφή και αίτια	14
1.3.2. Αστικοποίηση και ΑΘΝ	17
1.3.3. ΑΘΝ και ποιότητα ζωής στις πόλεις	18
1.3.4. Τρόποι αντιμετώπισης	19
1.3.5. Υπάρχουσες έρευνες	23
2. ΑΣΤΙΚΗ ΨΥΧΡΗ ΝΗΣΙΔΑ (ΑΨΝ)	24
2.1. Αστικό Πράσινο και γενικά οφέλη.	24
2.2. Αστική Ψυχρή Νησίδα	26
3. ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΜΕΛΕΤΗΣ	28
3.1. Περιοχή μελέτης	28
3.1.1. Κλιματικά Χαρακτηριστικά	29
3.1.2. Αστική θερμική νησίδα στα Χανιά	30
3.2. Αστικοί χώροι πρασίνου στα Χανιά	31
3.2.1. Δείκτης Βλάστησης (NDV Index)	31
3.2.2. Δημοτικός Κήπος Χανίων	33
3.3. Μετεωρολογικοί Σταθμοί Χανίων	34
3.3.1. Μετεωρολογικός σταθμός Χανίων-Κέντρο	35
3.3.2. Μετεωρολογικός σταθμός Χανίων-Ακρωτήρι	36
4. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ	39
4.1. Ειδικός εξοπλισμός μετρήσεων-Περιγραφή οργάνου	39
4.2. Χρήση Προγραμμάτων	40
4.2.1. Πρόγραμμα HOBO ware	40
4.2.2. Σύστημα Γεωγραφικών Πληροφοριών (GIS)	41

4.3. Μετρήσεις πεδίου	42
4.4. Εξαγωγή δεδομένων	44
5. ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ	45
5.1. Εύρος θερμοκρασιών στον Κήπο	45
5.2. Cool Island Intensity πάρκου	48
5.2.1. Συγκριτική ανάλυση δεδομένων	49
5.2.2. Υπολογισμός έντασης ψυχρής νησίδας (CII).....	52
5.2.3. Απεικόνιση θερμοκρασιακής συμπεριφοράς του Κήπου	57
5.3. Επίδραση του Κήπου στην περιβάλλουσα περιοχή	59
5.4. Υπολογισμός μέσου ρυθμού θέρμανσης των διαδρομών.....	65
5.5. Αξιολόγηση της επίδρασης της ηλιακής ακτινοβολίας στη μεταβολή της θερμοκρασίας	67
6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	71
7. ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ	73
8. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	74
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α	78
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β	93

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1 Σχηματική απεικόνιση του φαινομένου αστικής θερμικής νησίδας.....	15
Εικόνα 2 Μειωμένη δυνατότητα ανάκλασης της ηλιακής ακτινοβολίας στις πόλεις	16
Εικόνα 3 Εξέλιξη του ανθρώπινου πληθυσμού στις αστικές περιοχές.....	18
Εικόνα 4 Ανάκλαση της ηλιακής ακτινοβολίας στις αστικές περιοχές και στην ύπαιθρο.....	22
Εικόνα 5 Διαδικασία διαπνοής στα φυτά	25
Εικόνα 6 Επίδραση των αστικών χώρων πρασίνου στην αστική θερμική νησίδα. 27	
Εικόνα 7 Χάρτης Χανίων (GIS)	28
Εικόνα 8 Κλιματικός χάρτης Χανίων	30
Εικόνα 9 Μέσες ημερήσιες θερμοκρασίες όλων των αστικών και αγροτικών τοποθεσιών στα Χανιά (Kolokotsa, et al., 2009)	31
Εικόνα 10 Χάρτης Χανίων με απεικόνιση της κατανομής του δείκτη NDVI index (GIS)	33
Εικόνα 11 Φωτογραφία Κήπου Χανίων	34
Εικόνα 12 Davis Vantage Pro 2.....	36
Εικόνα 13 Τεχνικά Χαρακτηριστικά των μετεωρολογικών σταθμών	37
Εικόνα 14 Χάρτης απεικόνισης μετεωρολογικών σταθμών (GIS).....	38
Εικόνα 15 HOBO data logger Πηγή:www.Onset comp.com	39
Εικόνα 16 Πηγή: www.Onsetcomp.com.....	41
Εικόνα 17 Χάρτης σημείων μέτρησης, εντός και εκτός Κήπου (GIS).....	43
Εικόνα 18 Περιβάλλον εργασίας HOBO ware. Εξαγωγή πινάκων σε excel (προσωπικό αρχείο).....	44
Εικόνα 19 Χάρτης γεωγραφικής απεικόνισης των σημείων (7) εντός του Κήπου και του σημείου αναφοράς (31) (GIS)	48
Εικόνα 20 Το φαινόμενο της Αστικής Ψυχρής Νησίδας στα Χανιά κατά τις μεσημβρινές ώρες (12:30μμ) για την περίοδο Ιουλίου-Αυγούστου.....	57
Εικόνα 21 η θερμοκρασιακή συμπεριφορά του Κήπου Χανίων κατά τις απογευματινές ώρες (20:00μμ) για την περίοδο Ιουλίου-Αυγούστου	58
Εικόνα 22 Το φαινόμενο της Αστικής Ψυχρής Νησίδας στα Χανιά κατά τις μεσημβρινές ώρες (12:30μμ) για τον Σεπτέμβριο	58
Εικόνα 23 Θερμοκρασιακή συμπεριφορά του Κήπου Χανίων κατά τις απογευματινές ώρες (20:00μμ) για τον Σεπτέμβριο	59
Εικόνα 24 Χάρτης διαδρομών και σημείων μετρήσεων στον Κήπο (GIS).....	60

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

Διάγραμμα 1 Κατανομή μέγιστων ημερήσιων τιμών θερμοκρασίας ανά σημείο (μεσημβρινές ώρες)	46
Διάγραμμα 2 Κατανομή απογευματινών (ελαχίστων) θερμοκρασιών ανά σημείο	47
Διάγραμμα 3 Συσχέτιση μεταξύ των μέγιστων θερμοκρασιών 2 σταθμών και του Κήπου και του ημερήσιου εύρους θερμοκρασίας	49
Διάγραμμα 4 Κατανομή της ημερήσιας μέγιστης θερμοκρασίας στον Κήπο και στους σταθμούς	51
Διάγραμμα 5 Κατανομή της ημερήσιας ελάχιστης (απογευματινής) θερμοκρασίας στον Κήπο και στους σταθμούς	52
Διάγραμμα 6 Ημερήσια διαφορά των μέγιστων θερμοκρασιών, CII, του Κήπου και του σταθμού Χανίων-Ακρωτηρίου	54
Διάγραμμα 7 Ημερήσια διαφορά των μέγιστων θερμοκρασιών, CII, του Κήπου και του σημείου αναφοράς (31)	54
Διάγραμμα 8 Σχέση μεταξύ της καθημερινής μέσης μέγιστης θερμοκρασίας 3 σταθμών με την αντίστοιχη μέση ένταση ψυχρής νησίδας του πάρκου	55
Διάγραμμα 9 Ημερήσια απογευματινή διακύμανση της διαφοράς θερμοκρασίας μεταξύ του Κήπου και του σταθμού Χανίων-Ακρωτηρίου	56
Διάγραμμα 10 Ημερήσια απογευματινή διακύμανση της διαφοράς θερμοκρασίας μεταξύ του Κήπου και του σημείου αναφοράς στο Κέντρο της πόλης	56
Διάγραμμα 11 Μεταβολή της μέσης θερμοκρασίας των σημείων του Κήπου σε σχέση με την απόσταση από το σημείο αναφοράς (μεσημβρινές μετρήσεις)	61
Διάγραμμα 12 Μεταβολή της μέσης θερμοκρασίας με την απόσταση από το σημείο 20 για την Διαδρομή 1 (μεσημβρινές μετρήσεις)	62
Διάγραμμα 13 Κατανομή της μέσης θερμοκρασίας των Διαδρομών 2 και 3 με κατεύθυνση προς το αστικό κέντρο (μεσημβρινές μετρήσεις)	62
Διάγραμμα 14 Μεταβολή της μέσης θερμοκρασίας με την απόσταση για τα σημεία του Κήπου (Απογευματινές μετρήσεις)	64
Διάγραμμα 15 Μεταβολή της μέσης θερμοκρασίας για τα σημεία της Διαδρομής 1 σε σχέση με την απόσταση από το σημείο αναφοράς (Απογευματινές μετρήσεις)	64
Διάγραμμα 16 Σχέση μεταξύ της μέσης ηλιακής ακτινοβολίας και του ρυθμού θέρμανσης για τις διαδρομές 2 και 3 (Μεσημβρινές μετρήσεις)	68
Διάγραμμα 17 Σχέση μεταξύ της μέγιστης ηλιακής ακτινοβολίας και του ρυθμού θέρμανσης των διαδρομών 2 και 3 (μεσημβρινές ώρες)	68
Διάγραμμα 18 Σχέση μεταξύ της μέσης έντασης ηλιακής ακτινοβολίας και του ρυθμού θέρμανσης για τις διαδρομές 2 και 3 (απογευματινές ώρες)	69
Διάγραμμα 19 Σχέση μεταξύ της μέγιστης έντασης ηλιακής ακτινοβολίας και του ρυθμού θέρμανσης για τις διαδρομές 2 και 3 (απογευματινές ώρες)	70
Διάγραμμα 20 Κατανομή των θερμοκρασιών των διαδρομών 2 και 3 με κατεύθυνση προς το πάρκο (μεσημβρινές ώρες)	88
Διάγραμμα 21 Κατανομή των θερμοκρασιών των διαδρομών 2 και 3 με κατεύθυνση προς το πάρκο (απογευματινές ώρες)	88

Διάγραμμα 22 Μεταβολής της θερμοκρασίας με το χρόνο για τα σημεία εντός του Κήπου (μεσημβρινές ώρες).....	89
Διάγραμμα 23 Μεταβολής της θερμοκρασίας με το χρόνο για τα σημεία εντός του Κήπου (απογευματινές ώρες)	89
Διάγραμμα 24 Μεταβολή της θερμοκρασίας με το χρόνο για τα πειραματικά σημεία της διαδρομής 1 τις μεσημβρινές ώρες	90
Διάγραμμα 25 Μεταβολή της θερμοκρασίας με τον χρόνο για τα πειραματικά σημεία της διαδρομής 1 για τις απογευματινές μετρήσεις.....	90
Διάγραμμα 26 Μεταβολή της θερμοκρασίας των σημείων της διαδρομής 2 με το χρόνο για τις μεσημβρινές ώρες.....	91
Διάγραμμα 27 Μεταβολή της θερμοκρασίας των σημείων της διαδρομής 2 με το χρόνο για τις απογευματινές ώρες	91
Διάγραμμα 28 Μεταβολή της θερμοκρασίας των σημείων της διαδρομής 3 με το χρόνο για τις μεσημβρινές ώρες.....	92
Διάγραμμα 29 Μεταβολή της θερμοκρασίας των σημείων της διαδρομής 3 με το χρόνο για τις απογευματινές ώρες	92

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1 Ρυθμός θέρμανσης Διαδρομών 2 και 3 για τις απογευματινές και μεσημβρινές μετρήσεις	66
Πίνακας 2 Αποτελέσματα μέσης έντασης ψυχρής νησίδας ανά χρονική περίοδο	72
Πίνακας 3 Μέση ένταση ψυχρής νησίδας του Κήπου για κάθε διαδρομή	72
Πίνακας 4 Πίνακας μέγιστων ημερήσιων θερμοκρασιών των σημείων του πάρκου	78
Πίνακας 5 Πίνακας κατανομής απογευματινών (ελάχιστων) θερμοκρασιών των σημείων του πάρκου	78
Πίνακας 6 Συσχέτισης εύρους θερμοκρασιών για 2 σταθμούς των Χανίων και του Κήπου και των μέγιστων θερμοκρασιών	79
Πίνακας 7 Κατανομής ημερήσιας μέγιστης θερμοκρασίας του Κήπου και των σταθμών	80
Πίνακας 8 Κατανομής ελαχίστων θερμοκρασιών στον Κήπο και στους σταθμούς	80
Πίνακας 9 Υπολογισμού μέγιστης έντασης ψυχρής νησίδας (CII) πάρκου	81
Πίνακας 10 Υπολογισμός ελάχιστης έντασης ψυχρής νησίδας (CII) του πάρκου	82
Πίνακας 11 Συσχέτιση μέσης μέγιστης θερμοκρασίας σταθμών αναφοράς και της αντίστοιχης μέσης ψυχρής νησίδας του Κήπου	83
Πίνακας 12 Μεταβολή μέση θερμοκρασίας των σημείων της διαδρομής 1 για τις μεσημβρινές και απογευματινές μετρήσεις	84
Πίνακας 13 Μεταβολής της μέσης θερμοκρασίας των σημείων του Κήπου με την απόσταση από το σημείο αναφοράς (απογευματινές και μεσημβρινές μετρήσεις)	84
Πίνακας 14 Κατανομή θερμοκρασίας κατά την 2η διαδρομή	85
Πίνακας 15 Κατανομή θερμοκρασίας της 2ης διαδρομής προς τον Κήπο	85
Πίνακας 16 Κατανομή θερμοκρασίας των σημείων της διαδρομής 3	86
Πίνακας 17 Σχέση μεταξύ του ρυθμού θέρμανσης και της μέγιστης και ελάχιστης ηλιακής ακτινοβολίας (μεσημβρινές ώρες)	86
Πίνακας 18 Σχέση του ρυθμού θέρμανσης των διαδρομών 2 και 3 και της μέσης και μέγιστης έντασης ηλιακής ακτινοβολίας (απογευματινές ώρες)	87
Πίνακας 19 Υπολογισμός cool island intensity ανα σημείο για την περίοδο Ιουλίου-Αυγούστου (Χανιά-Ακρωτήρι)	93
Πίνακας 20 Υπολογισμός cool island intensity ανά σημείο του πάρκου τον Σεπτέμβριο (Χανιά-Ακρωτήρι)	94
Πίνακας 21 Υπολογισμός cool island intensity ανά σημείο του πάρκου την περίοδο Ιουλίου-Αυγούστου (Χανιά-Κέντρο)	95
Πίνακας 22 Υπολογισμός της cool island intensity ανά σημείο στο πάρκο για την περίοδο Σεπτεμβρίου (Χανιά-Κέντρο)	96
Πίνακας 23 Υπολογισμός cool island intensity για τα σημεία του πάρκου την περίοδο Ιουλίου-Αυγούστου (Χανιά-Ακρωτήρι)	97
Πίνακας 24 Υπολογισμός cool island intensity για τα σημεία του πάρκου για την περίοδο Σεπτεμβρίου (Χανιά-Ακρωτήρι)	98

Πίνακας 25 Υπολογισμός cool island intensity για την περίοδο Ιουλίου-Αυγούστου (Χανιά-Κέντρο).....	99
Πίνακας 26 Υπολογισμός cool island intensity ανά σημείο στο πάρκο για την περίοδο Σεπτεμβρίου (Χανιά-Κέντρο).....	100

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα εργασία μελετήθηκε ο βαθμός επίδρασης του Κήπου Χανίων ως ψυχρή νησίδα στον μετριάσμό του φαινομένου της Αστικής Θερμικής Νησίδας εντός της πόλης των Χανίων. Μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν από τον Ιούλιο έως και τα μέσα Σεπτεμβρίου κατά τις μεσημβρινές και απογευματινές ώρες. Για την ανάλυση και διεξαγωγή αποτελεσμάτων πραγματοποιήθηκε σύγκριση με δεδομένα 2 αστικών μετεωρολογικών σταθμών του Νομού Χανίων, καθώς και με δεδομένα από μετρήσεις στο πεδίο. Τα δεδομένα αυτά χρησιμοποιήθηκαν για τη συγκριτική ανάλυση των θερμοκρασιών σε αστικό επίπεδο. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα για τις μεσημβρινές ώρες η μέση ένταση ψυχρής νησίδας του Κήπου παρουσιάζει αρνητικές τιμές γεγονός που αποδεικνύει ότι ο Κήπος είναι πιο “δροσερός” από τον αστικό χώρο, επιδρώντας στο μικροκλίμα της πόλης. Αντίστοιχα, για τις απογευματινές ώρες η μέση ένταση ψυχρής νησίδας του πάρκου αποκτά θετικές τιμές με αποτέλεσμα ο Κήπος να λειτουργεί ως θερμή νησίδα για την περιβάλλουσα περιοχή. Επιπλέον, για θερμοκρασίες μεγαλύτερες από 30°C ο Κήπος παρουσιάζει μεγάλη ένταση ψυχρής νησίδας, καθιστώντας το χώρο αυτόν ιδιαιτέρως δροσερό σε σχέση με τις περιβάλλουσες περιοχές, ενώ για θερμοκρασίες μικρότερες των 29°C ο Κήπος παρουσιάζει υψηλότερες θερμοκρασίες από το αστικό κέντρο. Σημαντικές θερμοκρασιακές αλλαγές παρατηρήθηκαν στον Κήπο και κατά την αλλαγή της περιόδου μετρήσεων. Επιπρόσθετα, αξιολογήθηκε η ικανότητα του Κήπου να δράσει ως ψυχρή νησίδα για τις περιβάλλουσες περιοχές, με τη διεκπεραίωση 3 διαδρομών, εκ των οποίων οι 2 εκτείνονταν σε διαφορετική κατεύθυνση από αυτόν και σε απόσταση 248m και 104m. Η ένταση ψυχρής νησίδας του πάρκου ισούταν με -1.2K για τη διαδρομή 2 και με -1.3K για τη διαδρομή 3 τις μεσημβρινές ώρες, ενώ οι αντίστοιχες τιμές είναι 1.5K και 1.6K για τις απογευματινές ώρες. Ιδιαιτέρως σημαντική επίδραση φαίνεται να έχει η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας στον ρυθμό θέρμανσης και ψύξης των καταγεγραμμένων σημείων των διαδρομών. Για την 2^η διαδρομή ο ρυθμός θέρμανσης είχε τιμή 1.1K/100m για το μεσημέρι και ρυθμό ψύξης 1.38K/100m για το απόγευμα ενώ οι αντίστοιχες τιμές για την διαδρομή 3 είναι 2.1K/100m και 2.56K/100m.

ABSTRACT

The aim of this thesis is to assess one of the parks in the center of Chania as Cool Island. Real measurements of temperature have been performed inside and outside the park during summer period. Data of temperature from 1 reference point in the center and 2 different urban meteorological stations of Chania were used to perform comparative analysis between them and real temperature measurements. This temperature difference is called cool island intensity and is used to evaluate the mitigation potential of the park. For the park in Chania nocturnal cool island intensities (CII) against the reference stations were varied between 1.6K and 2.5K, while during the daytime corresponding values were varied between -1.2K and -1.3K. The park was cooler for temperatures higher than 30°C while for temperatures lower than 29°C the park was warmer than the urban stations. To evaluate the effect of the park in the temperature of the surrounding area 3 traverses were performed. For the second and the third traverse for the daytime measurements cooling intensity was calculated -1.2K and -1.3K respectively. On the other hand, for nocturnal measurements corresponding values were 1.5K and 1.6K. The climatic influence of the park was extended up to 248m to the South-East direction and 104m North West of the park.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1. Γενικά

Τις τελευταίες δεκαετίες έχει υπάρξει έντονη αύξηση του πληθυσμού που διαμένει στις πόλεις ανά τον κόσμο, το γνωστό ως φαινόμενο της αστικοποίησης. Περίπου το 50-60% του πληθυσμού ανά την υφήλιο έχει εγκατασταθεί στα αστικά κέντρα. Σύμφωνα με τον Ο.Η.Ε (United Nations) το 2014 το 54% του παγκόσμιου πληθυσμού κατοικούσε στις πόλεις. Η αστικοποίηση δημιούργησε την ανάγκη για δημιουργία περισσότερων κατοικήσιμων περιοχών και επομένως την πλήρη εκμετάλλευση των εκτάσεων γης στις πόλεις.

Ταυτόχρονα, το φαινόμενο της αστικοποίησης σε συνδυασμό με την ανάπτυξη της βιομηχανίας δεν άργησαν να επιφέρουν αλλαγές στις ζωές των κατοίκων των πόλεων αλλά και στο περιβάλλον τους. Το μικροκλίμα της κάθε περιοχής παρουσιάζει αλλαγές ενώ, έντονα καιρικά φαινόμενα, ατμοσφαιρική ρύπανση και νέφος είναι μόνο μερικά από τα περιβαλλοντικά προβλήματα που εμφανίζονται τα τελευταία χρόνια στις αστικές περιοχές. Επιπλέον η αύξηση των τιμών θερμοκρασίας στα κέντρα των πόλεων εν συγκρίσει με τις αντίστοιχες θερμοκρασίες στην ύπαιθρο ή αλλιώς το γνωστό ως φαινόμενο της Αστικής Θερμικής Νησίδας (ΑΘΝ), είναι ένα ευρέως διαδεδομένο ζήτημα που εμφανίζεται στα σύγχρονα αστικά κέντρα. Η λήψη μέτρων για την άμβλυνση του φαινομένου έχει καταστεί απαραίτητη για την βιώσιμη ανάπτυξη των πόλεων.

Ένας τρόπος αντιμετώπισης της έντασης της Αστικής Θερμικής νησίδας αποτελεί η αύξηση των χώρων πρασίνου εντός των αστικών κέντρων. Σύμφωνα με μελέτες οι χώροι πρασίνου έχουν την ικανότητα να δρουν ως ψυχρές νησίδες, αναπτύσσοντας στο εσωτερικό τους αλλά και στην περιβάλλουσα περιοχή χαμηλότερες θερμοκρασίες από τις επικρατούσες στο κέντρο. Ο βαθμός στον οποίο επηρεάζει ένα αστικό πάρκο τις θερμοκρασίες στο αστικό κέντρο περιγράφεται με τον όρο της έντασης Αστικής Ψυχρής Νησίδας(ΑΨΝ).

Στην παρούσα εργασία μελετήθηκε η επίδραση που παρουσιάζει ο Κήπος Χανίων στο φαινόμενο της Αστικής Θερμικής Νησίδας στην πόλη των Χανίων. Διερευνήθηκε σε τι βαθμό ο Κήπος δρα ως ψυχρή νησίδα, μειώνοντας τις θερμοκρασιακές τιμές της πόλης αλλά και της περιβάλλουσας περιοχής του. Επιπλέον, αναλύθηκε η θερμοκρασιακή του συμπεριφορά για τις μεσημβρινές και τις απογευματινές ώρες της ημέρας, ενώ πραγματοποιήθηκε και μία αρχική ανάλυση ως προς τη διαφοροποίηση που παρουσιάζει τους καλοκαιρινούς και τους φθινοπωρινούς μήνες.

Για την διεξαγωγή της διπλωματικής εργασίας πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις θερμοκρασίας στο πεδίο ενώ για την επεξεργασία των αποτελεσμάτων χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα HOBO-ware.

1.2. Αστικό Μικροκλίμα

Με τον όρο κλίμα μιας περιοχής εννοείται η μέση καιρική κατάσταση που επικρατεί στην συγκεκριμένη περιοχή. Πιο συγκεκριμένα, με τον όρο αυτό εννοείται η σύνθεση του καιρού για μία μεγάλη χρονική περίοδο προκειμένου να γίνει απαλοιφή των σφαλμάτων και εδραίωση των στατιστικών παραμέτρων (Ορισμοί, 2010). Το κλίμα αποτελεί μία ανεξάρτητη κατάσταση και δεν σχετίζεται με κανένα στιγμιαίο καιρικό φαινόμενο. Αντίθετα, η κατανομή της χλωρίδας, της πανίδας και του ανθρώπινου πληθυσμού πάνω στη γη παρουσιάζουν άμεση εξάρτηση από το κλίμα.

Σε κάθε περιοχή του πλανήτη, το κλίμα που επικρατεί μπορεί να περιγραφεί βάσει τριών επιπέδων, του μακροκλίματος, του μεσοκλίματος και του μικροκλίματος. Πιο αναλυτικά, το μακρόκλιμα αναφέρεται στα γενικά κλιματικά χαρακτηριστικά μίας περιοχής όπως η ηλιοφάνεια, οι βροχοπτώσεις, ο άνεμος, η υγρασία και τα νέφη. Το μεσόκλιμα διαμορφώνεται από το μακρόκλιμα σε συνδυασμό με τα γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά του εδάφους, την βλάστηση και τις υδάτινες επιφάνειες που υπάρχουν στην περιοχή. Το μικροκλίμα της περιοχής ορίζεται κατά βάση ως η διαφορά του μακροκλίματος και του μεσοκλίματος. Η διαφορά αυτή οφείλεται κυρίως στις ανθρώπινες παρεμβάσεις, όπως το δομημένο περιβάλλον (Μπουγιατιώτη, 2009-2010).

Γι' αυτό το λόγο το μικροκλίμα που επικρατεί σε μία αστική περιοχή ονομάζεται «αστικό μικροκλίμα». Ο όρος αυτός χρησιμοποιείται για να περιγράψει τις τοπικές κλιματολογικές συνθήκες που επικρατούν σε μία συγκεκριμένη αστική περιοχή και οι οποίες μπορεί να παρουσιάζουν μεγάλες διαφοροποιήσεις σε σχέση με τις συνθήκες που επικρατούν στην ευρύτερη περιοχή. Η μορφολογία και η δόμηση της αστικής περιοχής διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στη διαμόρφωση του «αστικού μικροκλίματος», καθώς οι συγκεκριμένες παράμετροι επηρεάζουν τη σκίαση και τη ροή αέρα στην περιοχή (Mirzaei & Haghighat, 2010).

Στον αστικό χώρο εμφανίζονται δύο κύρια κλιματικά φαινόμενα ως απόρροια των ανθρώπινων παρεμβάσεων στην περιοχή, η Αστική Θερμική Νησίδα (Urban Heat Island) και η Αστική Οδική Χαράδρα (Urban Street Canyon). Με τον όρο Αστική Οδική Χαράδρα περιγράφεται ένας δρόμος με υψηλή πυκνότητα οδικής κυκλοφορίας και με χαρακτηριστικά τέτοια ώστε να περιορίζεται σημαντικά η διάχυση των ρύπων από την παρουσία κτηρίων, με άμεση συνέπεια τη δημιουργία σημείου αιχμής συγκεντρώσεων (Μουσιόπουλος, 2005). Το φαινόμενο της Αστικής Θερμικής Νησίδας (UHI ή ΑΘΝ) περιγράφεται εκτενέστερα στα ακόλουθα κεφάλαια.

1.3. Σύγχρονα περιβαλλοντικά προβλήματα στον αστικό χώρο

Η δομή των σύγχρονων αστικών πόλεων, η οποία χαρακτηρίζεται κυρίως από την άναρχη χωροθέτηση των κτηρίων και του οδικού δικτύου αλλά και από μειωμένους χώρους πρασίνου αποτελεί το σύμπλεγμα που τις χαρακτηρίζει. Ταυτόχρονα, ο συνδυασμός των παραπάνω παραγόντων είναι και αυτός που διαμορφώνει την ποιότητα ζωής των κατοίκων στις πόλεις αυτές.

Στα σύγχρονα αστικά κέντρα όμως, η συνεχής αύξηση του πληθυσμού, η υπέρμετρη εκμετάλλευση κάθε σπιθαμής ελεύθερου χώρου αλλά και η πυκνή και άστατη δόμηση έχουν δημιουργήσει περιβαλλοντικές συνθήκες, οι οποίες απέχουν κατά πολύ από τα περιβαλλοντικά πρότυπα.

Πιο συγκεκριμένα, στις πόλεις λόγω της πυκνής δόμησης, του ύψους των κτηρίων αλλά και του προσανατολισμού των δρόμων δεν επιτυγχάνεται επαρκής αερισμός. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα οι ατμοσφαιρικοί ρύποι να κάνουν αισθητή την παρουσία τους, ειδικά κατά τη διάρκεια της καλοκαιρινής περιόδου δημιουργώντας έντονη άπνοια στα αστικά κέντρα (Γαλανός, et al., 2008).

Φυσικά, συνθήκες έντονης άπνοιας δημιουργούνται τα τελευταία χρόνια στον αστικό χώρο, ειδικά τους καλοκαιρινούς μήνες, λόγω της μείωσης των επιπέδων υγρασίας στην ατμόσφαιρα. Συγκεκριμένα κυρίως λόγω των σύγχρονων κατασκευών, αλλά και του συστήματος αποχέτευσης πραγματοποιείται ταχεία απορροή των όμβριων υδάτων (20-90% της ποσότητας νερού), με αποτέλεσμα να επέρχεται μείωση του ποσοστού εξάτμισης (Γαλανός, et al., 2008). Επομένως, με αυτόν τον τρόπο τα επίπεδα υγρασίας στην ατμόσφαιρα μειώνονται με συνέπεια οι θερμοκρασίες να παρουσιάζουν αυξημένες τιμές.

Ταυτόχρονα, η έλλειψη επαρκούς αερισμού στα κέντρα των πόλεων σε συνδυασμό με την υπέρμετρη χρήση των αυτοκινήτων αλλά και την λειτουργία των υπαρχουσών βιομηχανιών έχουν οδηγήσει σε υψηλά επίπεδα ρύπανσης του ατμοσφαιρικού αέρα, το οποίο αποτελεί ένα από τα πιο συνηθισμένα περιβαλλοντικά προβλήματα. Οι υψηλές τιμές συγκέντρωσης των αέριων, υγρών αλλά και στερεών ρύπων που βρίσκονται στον ατμοσφαιρικό αέρα υποβαθμίζουν σε μεγάλο βαθμό την ποιότητα ζωής των κατοίκων στις πόλεις. Επιπλέον, η ατμοσφαιρική ρύπανση αποτελεί προ απαιτούμενη συνθήκη για την δημιουργία περισσότερων περιβαλλοντικών προβλημάτων όπως στην περίπτωση του αστικού “νέφους”. Το αστικό “νέφος” δημιουργείται κυρίως λόγω των υψηλών συγκεντρώσεων ατμοσφαιρικών ρύπων σε συνδυασμό με τις κατάλληλες κλιματικές συνθήκες (θερμοκρασιακή αναστροφή) και αποτελεί ένα φαινόμενο το οποίο εμφανίζεται συχνά τα τελευταία χρόνια στα αστικά κέντρα.

Επιπλέον, στην πλειοψηφία των πόλεων ανά τον κόσμο παρουσιάζεται το φαινόμενο των λεγόμενων “θερμικών νησίδων”. Μία από τις κύριες αιτίες δημιουργίας του φαινομένου είναι η χρήση κατασκευαστικών υλικών με υψηλό συντελεστή θερμοχωρητικότητας. Τα υλικά αυτά έχουν χρησιμοποιηθεί και

εξακολουθούν να χρησιμοποιούνται στη κατασκευή των περισσότερων αστικών δομών με αποτέλεσμα, σημαντικά ποσά θερμικής ενέργειας να αποθηκεύονται κατά τη διάρκεια της ημέρας στις δομές των κτηρίων και κατά τη διάρκεια της νύχτας να εκλύονται στην ατμόσφαιρα με τη μορφή θερμότητας. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα η θερμοκρασία στα κέντρα των πόλεων να παρουσιάζει σημαντική αύξηση, επιβαρύνοντας περαιτέρω τα επίπεδα ρύπανσης του ατμοσφαιρικού αέρα.

Η παρουσία των άνωθεν περιβαλλοντικών φαινομένων στα αστικά κέντρα αποκαλύπτει ότι εν τέλει οι περιβαλλοντικές συνθήκες που επικρατούν σε αυτά απέχουν μακράν από τις ιδανικές συνθήκες διαβίωσης. Αντίθετα φαίνεται ότι ο πολεοδομικός σχεδιασμός τους και η έλλειψη αρχών σχεδιασμού έχει οδηγήσει στην υποβάθμιση της ποιότητας ζωής των κατοίκων τους, δυσχεραίνοντας την καθημερινή τους διαβίωση.

1.3. Αστική Θερμική Νησίδα (ΑΘΝ)

1.3.1. Περιγραφή και αίτια

Το φαινόμενο της Αστικής Θερμικής Νησίδας περιγράφηκε για πρώτη φορά από τον Luke Howard στο κλίμα του Λονδίνου. Δημοσιεύθηκε το 1819, και έκτοτε έχει παρατηρηθεί σε πολλές μεγάλες πόλεις.

Συγκεκριμένα, με τον όρο Αστική Θερμική Νησίδα (ΑΘΝ) περιγράφεται το φαινόμενο επικράτησης αυξημένων τιμών θερμοκρασίας εντός των αστικών κέντρων εν συγκρίσει με τις αντίστοιχες θερμοκρασίες στα προάστια αυτών.

Αλλιώς θερμική νησίδα είναι το φαινόμενο κατά το οποίο ένας χώρος είναι αισθητά πιο θερμός από το περιβάλλον του και μπορεί να παρομοιαστεί με ένα νησί θερμότητας σε μια “θάλασσα” από δροσερό αέρα (Allaby, 2007).

Η ισχύς ή αλλιώς η ένταση της ΑΘΝ μπορεί να υπολογιστεί μέσω της έντασης του φαινομένου, η οποία δίνεται από τον τύπο:

$$UHI_{max} = T_{urban} - T_{rural}$$

Όπου T_{urban} είναι η θερμοκρασία στον αστικό ιστό, ενώ T_{rural} είναι η αντίστοιχη θερμοκρασία στον υπαίθριο χώρο.

Κύριες αιτίες δημιουργίας αλλά και όξυνσης του φαινομένου αυτού αποτελούν οι ανθρωπογενείς δραστηριότητες με κυρίαρχες τον τομέα της βιομηχανίας, τις μεταφορές αλλά και τον αστικό σχεδιασμό των πόλεων που δεν επιτρέπει τον φυσικό αερισμό των κτηρίων λόγω του ύψους τους (σχέση ύψους κτηρίων και πλάτος δρόμου).

Στις αστικές περιοχές η παραγόμενη θερμότητα από ανθρωπογενείς δραστηριότητες επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό την θερμοκρασία. Για την ακρίβεια, η συνεχώς παραγόμενη θερμότητα σε συνδυασμό με την μειωμένη δυνατότητα

ανανέωσης του αέρα εντός των πόλεων προκαλεί την αύξηση της θερμοκρασίας εντός των κέντρων σε αντίθεση με την ύπαιθρο. Μάλιστα, σύμφωνα με έρευνα που πραγματοποιήθηκε στη Βαρκελώνη η παραγόμενη θερμότητα της πόλης φθάνει το 20% της εισερχόμενης ηλιακής ακτινοβολίας (Pares, 1985).

Η θερμότητα που προέρχεται από ανθρωπογενείς δραστηριότητες μπορεί να υπολογιστεί από τον παρακάτω μαθηματικό τύπο (Grimmond & Oke, 1991):

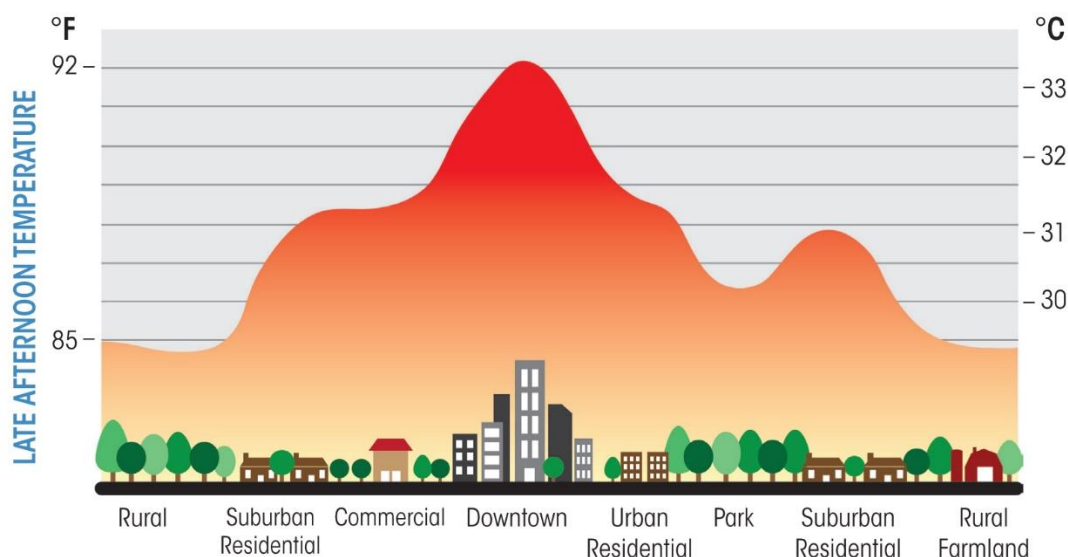
$$Q_T = Q_1 + Q_2 + Q_3$$

Όπου:

Q_1 :Η θερμότητα που παράγεται από τα μέσα μεταφοράς.

Q_2 :Η θερμότητα που παράγεται από σταθερές πηγές (βιομηχανία, κτήρια)

Q_3 :Η θερμότητα που προέρχεται από τον μεταβολισμό.



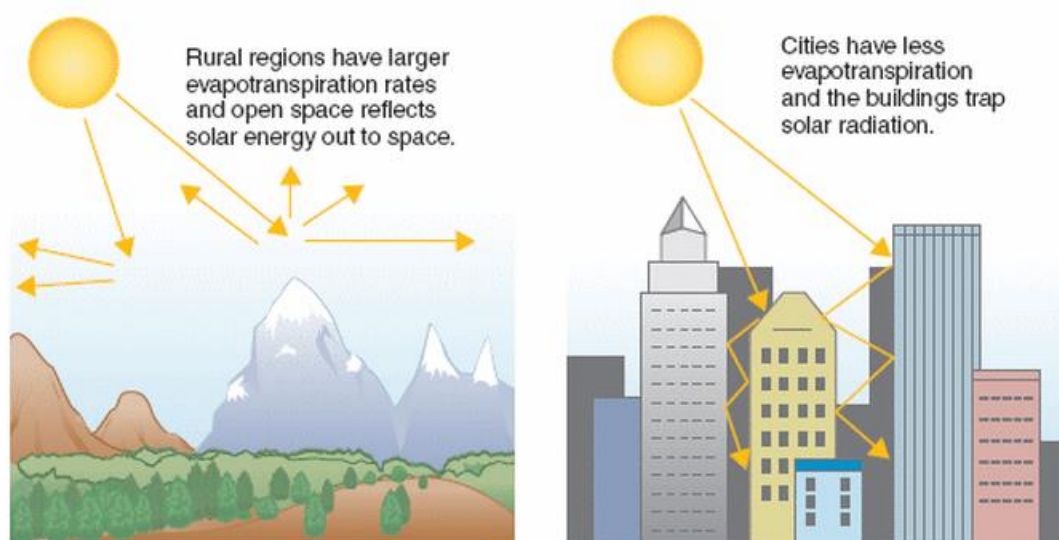
Εικόνα 1 Σχηματική απεικόνιση του φαινομένου αστικής θερμικής νησίδας¹

Το μεγαλύτερο ποσοστό της παραγόμενης θερμότητας προέρχεται κατά κύριο λόγο από τα κτήρια και τα μέσα μεταφοράς. Πιο συγκεκριμένα, οι αυξημένες ανάγκες για θέρμανση τον χειμώνα και αντίστοιχα για δροσισμό το καλοκαίρι έχουν ως αποτέλεσμα την αποβολή θερμότητας από τα κτήρια, συνήθως λόγω κακής μόνωσης, προς τον περιβάλλοντα αέριο χώρο αυξάνοντας με αυτό τον τρόπο τη θερμοκρασία. Επίσης, η χρήση ηλεκτρικών μηχανημάτων συμβάλλει στην θέρμανση του αέρα ενώ τα οχήματα αποβάλλουν θερμά καυσαέρια, τα οποία θερμαίνουν την περιβάλλουσα ατμόσφαιρα, δυσχεραίνοντας ειδικά το

¹ Southwest Urban Hydrology, Urban Heat Island Effect (www.southwesturbanhydrology.com)

καλοκαίρι τις συνθήκες θερμικής άνεσης εντός των πόλεων. Μια πολύ μεγάλη αστική περιοχή, όπως το Λος Άντζελες, η Βοστώνη και η Ουάσιγκτον, παράγει μία ποσότητα θερμότητας που είναι ίση με το ήμισυ της ηλιακής ακτινοβολίας που πέφτει σε μία οριζόντια επιφάνεια κατά το χειμώνα και περίπου 15% της ποσότητας που πέφτει το καλοκαίρι (Μπουντας, 2014).

Επιπλέον, εξίσου σημαντικό ρόλο στην όξυνση του φαινομένου της αστικής θερμική νησίδας διαδραματίζουν και τα σκούρα και θερμά υλικά που χρησιμοποιούνται στα κτήρια, καθώς τα υλικά αυτά δεν επιτρέπουν την φυσική ψύχρανση της ατμόσφαιρας κατά τη διάρκεια της νύχτας. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι τα συγκεκριμένα υλικά αποθηκεύουν την ηλιακή ακτινοβολία ως θερμότητα κατά τη διάρκεια της ημέρας λόγω της χαμηλής του ανακλαστικότητας (χαμηλός συντελεστής albedo) και την αποδίδουν κατά τη διάρκεια της νύχτας, όπου και παρατηρείται η μέγιστη διαφορά της θερμοκρασίας στο κέντρο της πόλης σε σχέση με την ύπαιθρο. Η διαφορά αυτή παρατηρείται από νωρίς το μεσημέρι και αποκτά τη μέγιστη τιμή της δύο ή τρεις ώρες μετά τη δύση του ηλίου.



Εικόνα 2 Μειωμένη δυνατότητα ανάκλασης της ηλιακής ακτινοβολίας στις πόλεις²

Ένας επιπλέον παράγοντας στον οποίο οφείλεται η ύπαρξη και ενίσχυση της έντασης του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας είναι το ανάγλυφο των αστικών κέντρων. Μάλιστα, σύμφωνα με τη διεθνή βιβλιογραφία η διαμόρφωση του αστικού ανάγλυφου συχνά χαρακτηρίζεται με τον όρο “αστικό φαράγγι”. Ο χαρακτηρισμός αυτός μπορεί να αποδοθεί στις πόλεις καθώς ανάμεσα από τα ψηλά κτήρια σχηματίζονται περάσματα (δρόμοι), τα οποία ονομάζονται και αστικά φαράγγια. Τα αστικά φαράγγια στις πόλεις συμβάλλουν στη μείωση τόσο του συντελεστή λευκαύγειας, εξαιτίας των πολλαπλών αντανάκλασεων της ηλιακής ακτινοβολίας μεταξύ των επιφανειών των κτηρίων που βρίσκονται

²Πηγή <https://www.google.gr/search>

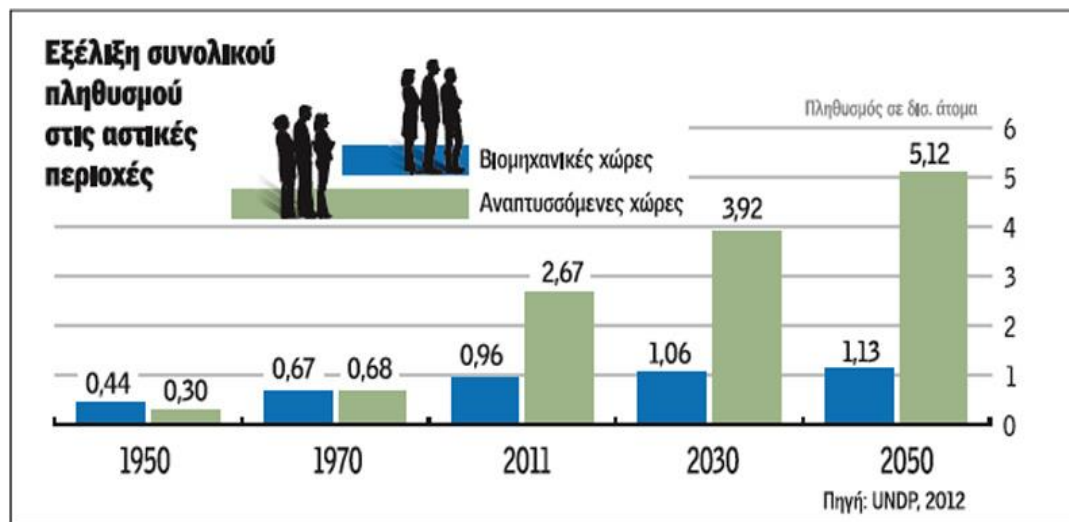
κατά μήκος τους, όσο και της τυρβώδους μεταφοράς θερμότητας. Επιπλέον, τα αστικά φαράγγια επηρεάζουν τον τρόπο που απορροφάται η ηλιακή ακτινοβολία. Πιο αναλυτικά, ανάλογα με τον προσανατολισμό του φαραγγιού, οι όψεις των κτηρίων στη μία πλευρά μπορεί να λάβουν διαφορετικές ποσότητες ακτινοβολίας από εκείνες στην αντίθετη πλευρά, ή παρόμοιες ποσότητες αλλά σε διαφορετικές ώρες της ημέρας (Μπουντας, 2014). Αποτέλεσμα αυτού είναι η αποβολή θερμότητας κατά τις βραδινές ώρες από τα τοιχώματα των κτηρίων αυξάνοντας την θερμοκρασία αέρα στην γύρω περιοχή.

Επομένως, η παραγωγή όλης αυτής της πλεονάζουσας ποσότητας θερμότητας εντός των πόλεων εξαιτίας των άνωθεν περιγραφόμενων αιτιών έχει οδηγήσει στην αύξηση της θερμοκρασίας στα αστικά κέντρα με αποτέλεσμα τη δημιουργία του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας.

1.3.2. Αστικοποίηση και ΑΘΝ

Τις τελευταίες δεκαετίες έχει υπάρξει έντονη αύξηση του πληθυσμού που διαμένει στις πόλεις ανά τον κόσμο, το γνωστό ως φαινόμενο της αστικοποίησης. Περίπου το 50-60% του πληθυσμού ανά την υφήλιο έχει εγκατασταθεί στα αστικά κέντρα. Σύμφωνα με τον Ο.Η.Ε (United Nations) το 2014, 3.9 δισεκατομμύρια άνθρωποι παγκοσμίως κατοικούσαν στα αστικά κέντρα (Akbari & Muscio, 2015). Αυτός ο αριθμός αναμένεται να αυξηθεί κι άλλο έως το 2025, για την ακρίβεια ο πληθυσμός των πόλεων είναι πιθανό να φτάσει τα 5 δισεκατομμύρια, ενώ το 2050 αναμένεται να ξεπεράσει τα 6,3 δισεκατομμύρια (66%).

Η συνεχώς αυξανόμενη αστικοποίηση σε συνδυασμό με την έλλειψη ελέγχου στον δομικό σχεδιασμό των πόλεων έχει οδηγήσει στην αύξηση της πληθυσμιακής πυκνότητας. Με αυτόν τον τρόπο όλη η εκμεταλλεύσιμη επιφάνεια γης στα αστικά κέντρα καλύφθηκε από κτήρια μη επιτρέποντας την δημιουργία άλλων χώρων φιλικών προς το περιβάλλον (πάρκα) και δημιουργώντας έντονο πρόβλημα κυκλοφορικής συμφόρησης. Ο υπερπολαπλασιασμός των κτηρίων έχει άμεση σχέση με την ένταση του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας καθώς τα κτήρια αποθηκεύουν αλλά και παράγουν μεγάλες ποσότητες θερμότητας στον χώρο που τα περιβάλλει.



Εικόνα 3 Εξέλιξη του ανθρώπινου πληθυσμού στις αστικές περιοχές³

Επομένως η αστικοποίηση, μέσω της οικοδόμησης και της έντονης ανθρώπινης δραστηριότητας που παρατηρείται εντός των πόλεων έχει επίδραση στην διαμόρφωση των περιβαλλοντικών συνθηκών που επικρατούν στις πόλεις. Για την ακρίβεια σύμφωνα με έρευνες (Santamouris, et al., 2007) το φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας εμφανίζεται σε πόλεις με αυξημένη πληθυσμιακή πυκνότητα και για αυτό το λόγο οι περισσότερες μελέτες έχουν διεξαχθεί σε πόλεις με πληθυσμό 120.000-150.000 κατοίκων. Επιπλέον ο Oke (1973) ανέπτυξε ένα μοντέλο παλινδρόμησης, το οποίο εξηγεί πως το 97% της έντασης της θερμικής αστικής νησίδας οφείλεται σε ένα και μόνο μεταβαλλόμενο μέγεθος, αυτό του πληθυσμού.

1.3.3. ΑΘΝ και ποιότητα ζωής στις πόλεις

Το φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας, ενώ δημιουργείται από τον ίδιο τον άνθρωπο και τις δραστηριότητες του ταυτόχρονα, όπως συμβαίνει με όλα τα κλιματικά φαινόμενα, παρουσιάζει σημαντική επίδραση στην ζωή των κατοίκων των πόλεων στις οποίες εμφανίζεται. Ιδιαίτερα στις πόλεις που χαρακτηρίζονται από Μεσογειακό ή θερμό κλίμα παρατηρείται ότι το συγκεκριμένο φαινόμενο επιφέρει σημαντικές επιπτώσεις στην ποιότητα ζωής των κατοίκων τους, ιδιαίτερος κατά τους θερινούς μήνες.

Για την ακρίβεια, η αστική θερμική νησίδα διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στη ζωή των κατοίκων στις αστικές περιοχές καθώς δυσχεραίνει τις συνθήκες άνεσης εντός των πόλεων (Akbari et al.1997) και δημιουργεί αυξημένες ενεργειακές ανάγκες για δροσισμό τους θερινούς μήνες κυρίως (Cartalis et al.2001, Kolokotroni et al.2006, Mirzaei and Haghighat, 2010). Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα τις περιόδους αιχμής να μεγιστοποιείται η ζήτηση για ηλεκτρική ενέργεια και πολλές φορές να μην είναι επαρκής. Επομένως, αυτή η κατάσταση οδηγεί στην δημιουργία νέων υποσταθμών παραγωγής ενέργειας επιφέροντας με αυτό τον τρόπο και περιβαλλοντικές αλλά και οικονομικές επιβαρύνσεις στην

³ Πηγή: UNDP,2012

κοινωνία (Αμούργης, et al., 2001). Βέβαια, αξίζει να σημειωθεί ότι στις χώρες που χαρακτηρίζονται από ψυχρό κλίμα και χαμηλές θερμοκρασίες η παρουσία της αστικής θερμικής νησίδας επιφέρει θετικές μεταβολές στην ζωή των κατοίκων καθώς οι ανάγκες για θέρμανση μειώνονται λόγω της αύξησης της θερμοκρασίας στα αστικά κέντρα.

Επιπλέον, η αστική θερμική νησίδα εντείνει το πρόβλημα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στα κέντρα των πόλεων. Συγκεκριμένα, οξύνει τις συγκεντρώσεις των ρύπων στην ατμόσφαιρα και τη διανομή τους σε αυτή, επειδή η θερμότητα που ελευθερώνεται επιταχύνει τις χημικές αντιδράσεις στην ατμόσφαιρα με αποτέλεσμα να δημιουργούνται υψηλές συγκεντρώσεις όζοντος. Σε αυτόν ακριβώς το λόγο οφείλεται η αύξηση των θανατηφόρων επεισοδίων από θερμοπληξία κατά τους θερινούς μήνες, ιδιαιτέρως στις κοινωνικά ευπαθείς ομάδες. Για την ακρίβεια έχει υπολογιστεί ότι στις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης η θνησιμότητα μπορεί να αυξηθεί σε ποσοστό 1-4% για κάθε αύξηση 1°C στην θερμοκρασία. Πρακτικά αυτό σημαίνει ότι οι θάνατοι που σχετίζονται με την αυξημένη θερμοκρασία μπορεί να φτάσουν τους 30,000 για κάθε χρόνο έως το 2030 (Musco, 2016). Μάλιστα κλιματολόγοι έχουν συνδέσει το φαινόμενο αυτό με την υπερθέρμανση του πλανήτη.

Συνεπώς, η επίδραση του φαινομένου δεν περιορίζεται μόνο στην περιβαλλοντική του διάσταση, αλλά αποκτά κοινωνική και οικονομική χροιά για τους κατοίκους των πόλεων. Επομένως, η άμβλυνση της έντασης του φαινομένου στα αστικά κέντρα έχει κριθεί απαραίτητη προκειμένου η ποιότητα ζωής των κατοίκων τους να αναβαθμιστεί.

1.3.4. Τρόποι αντιμετώπισης

Προκειμένου να αντιμετωπιστεί αποτελεσματικά το φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας (ΑΘΝ) στις πόλεις έχει σχεδιαστεί μία σειρά από στρατηγικές, οι οποίες πρέπει να εφαρμοστούν ώστε να μειωθούν τα αρνητικά αποτελέσματα αυτού του φαινομένου στην ποιότητα ζωής των κατοίκων των πόλεων. Αυτή η σειρά στρατηγικών αντιμετώπισης μπορεί να χαρακτηριστεί με τον όρο της αστικής διαχείρισης θερμότητας (Rehan, 2016).

Ο ένας τρόπος μείωσης του φαινομένου αυτού είναι μέσω της χρήσης κατάλληλων υλικών (ψυχρά υλικά) για την κατασκευή κτηρίων αλλά και επιφανειών αστικού περιβάλλοντος. Τα υλικά αυτά λόγω του υψηλού συντελεστή λευκαύγειας που τα χαρακτηρίζει (albedo) και του χαμηλού συντελεστή θερμοχωρητικότητας δεν αποθηκεύουν με μορφή θερμότητας την εισερχόμενη σε αυτά ηλιακή ακτινοβολία αλλά την ανακλούν, σε αντίθεση με τα υλικά που χρησιμοποιούνταν μέχρι πρότινος στις κατασκευές του αστικού περιβάλλοντος. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα οι επιφάνειες των κτηρίων να μην θερμαίνονται και να μην εκλύουν περαιτέρω θερμότητα στον περιβάλλοντα αέριο χώρο, μειώνοντας επομένως και την ένταση της θερμικής νησίδας στην περιβάλλουσα περιοχή.

Επιπλέον, για την αντιμετώπιση της αστικής θερμικής νησίδας είναι απαραίτητη η δημιουργία υδάτινων επιφανειών εντός του αστικού ιστού (σιντριβάνια), καθώς έχουν την ικανότητα να απορροφούν σημαντικά ποσά θερμότητας από τον περιβάλλοντα αέριο χώρο ενώ ταυτόχρονα πραγματοποιείται εξάτμιση στην επιφάνεια τους με αποτέλεσμα τη μείωση της θερμοκρασίας του περιβάλλοντα αέρα.

Εξίσου σημαντικός παράγοντας για την διαχείριση του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας είναι και η βελτίωση της αστικής δόμησης (Συννέφα, 2010). Η κατάλληλα προσανατολισμένη χωροθέτηση του οδικού δικτύου και κατ' επέκταση και των κτηρίων θα συνέβαλλαν στον κατάλληλο αερισμό των πόλεων και την αποθέρμανση τους, με αποτέλεσμα την άμβλυνση της έντασης του φαινομένου και συνεπώς καλύτερη ποιότητα ζωής για τους κατοίκους.

Τέλος, η δημιουργία περισσότερων χώρων πρασίνου εντός των αστικών ιστών είναι επιτακτική καθώς οι χώροι αυτοί δρουν ως cool islands και έχει αποδειχθεί ότι συμβάλλουν σε σημαντικό βαθμό στην μείωση της έντασης του φαινομένου (Givoni, 1991).

1.3.4.1. Δημιουργία χώρων πρασίνου

Η δημιουργία χώρων πρασίνου εντός των πόλεων, είτε με τη μορφή πάρκων, είτε με τη μορφή πράσινων στεγών, μπορεί να αποτελέσει μία στρατηγική λύση για την επίλυση ή έστω μείωση του φαινομένου της Αστικής Θερμικής Νησίδας.

Πάρκα, κήποι, δενδροφύτευση, είτε στο έδαφος είτε σε επίπεδες στέγες κτηρίων, ακόμη και φύτευση λίγων φυτών ή δένδρων μπορεί να συμβάλλουν στην άμβλυνση της έντασης του φαινομένου εντός των πόλεων. Έχουν διεξαχθεί αρκετές μελέτες σχετικά με τον τρόπο που οι χώροι πρασίνου μπορούν να συμβάλλουν σε αυτό. Για την ακρίβεια, φαίνεται να μπορούν να διατηρήσουν την θερμοκρασία εντός του χώρου τους αλλά και στην περιβάλλουσα περιοχή σε χαμηλότερες τιμές σε σύγκριση με την θερμοκρασία σε άλλες περιοχές της πόλης. Ένας τρόπος μέσω του οποίου επιτυγχάνεται αυτό, είναι μέσω της λειτουργίας της διαπνοής των φυτών. Πιο συγκεκριμένα, δια μέσου της εξατμισοδιαπνοής τα φυτά αποθηκεύουν ηλιακή ενέργεια κατά τη διάρκεια της ημέρας την οποία απελευθερώνουν μετά τη δύση του ηλίου με τη μορφή υδρατμών, ψύχοντας το φύλλο και μειώνοντας την θερμοκρασία του αέρα που το περιβάλλει (Bowler, et al., 2010). Επομένως, η συνολική θερμοκρασία του πάρκου μειώνεται, επιδρώντας ταυτόχρονα και στις θερμοκρασίες του αέρα στην περιβάλλουσα περιοχή.

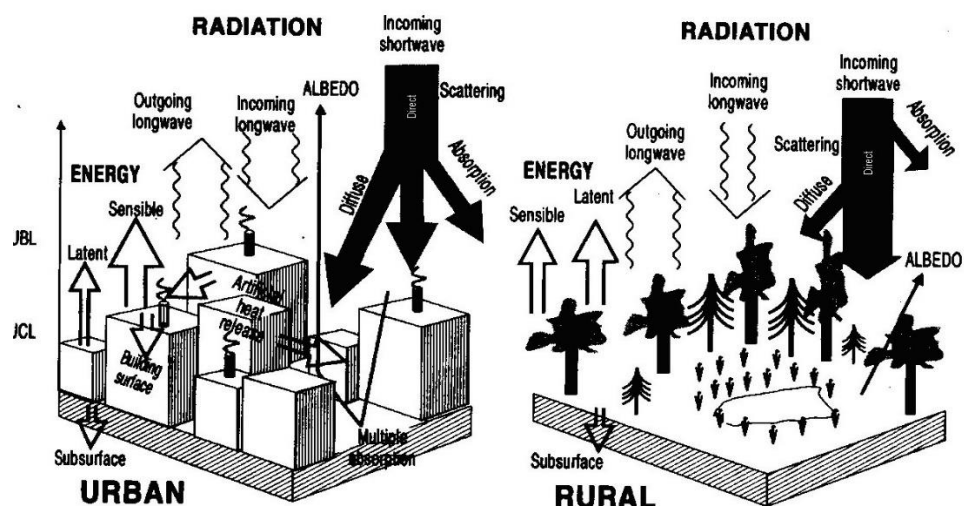
Ακόμη ένας τρόπος μέσω του οποίου οι χώροι πρασίνου συντελούν στην βελτίωση του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας είναι μέσω της φυσικής σκίασης που προσφέρουν τα δέντρα. Αυτή η φυσική σκίαση δημιουργεί τοπικές ψυχρές περιοχές, οι οποίες στο σύνολό τους διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην μείωση της θερμοκρασίας των πυκνοκατοικημένων αστικών περιοχών (Bowler, et al., 2010).

Ωστόσο πρέπει να ληφθούν ποικίλες μεταβλητές προκειμένου να προσδιοριστεί το μέγεθος της επίδρασης που μπορεί να έχει ο χώρος πρασίνου στο φαινόμενο της Αστικής Θερμικής Νησίδας. Το μέγεθος του πάρκου και η δομή του, η ποικιλία της βλάστησης εντός του πάρκου καθώς και η αναλογία βλάστησης και “κενών χώρων” εντός του πάρκου αποτελούν μεταβλητές που καθορίζουν κατά πόσο επηρεάζει το πάρκο τη θερμοκρασία εντός αυτού αλλά και στη γύρω περιοχή.

Υπάρχουσες έρευνες όπως των Barradas (2001), Urmanis et al. (1998), Bacci et al. (2003), Chang et al. (2007) και Skoulika et al. (2014) συσχετίζουν το μέγεθος του πάρκου με την ικανότητα του να έχει μικρότερες θερμοκρασίες εν συγκρίσει με τις περιβάλλουσες περιοχές. Για την ακρίβεια από τα αποτελέσματα των ερευνών αυτών φαίνεται ότι μεγαλύτερης έκτασης πάρκα έχουν μεγαλύτερη ικανότητα ψύχρανσης της περιβάλλουσας περιοχής. Επιπλέον, η αναλογία των περιοχών βλάστησης και των περιοχών χωρίς βλάστηση εντός του πάρκου παρουσιάζουν συσχέτιση με την θερμοκρασία εντός του πάρκου. Πάρκα με αυξημένη πλακόστρωτη περιοχή ή περιοχή χωρίς καθόλου βλάστηση φαίνεται να παρουσιάζουν θετική συσχέτιση με την αύξηση θερμοκρασίας του αέρα, σύμφωνα με έρευνες που πραγματοποιήθηκαν στην πόλη του Μεξικό και στην Ταϊπέι (Chang, et al., 2007).

Ακόμη και η ποικιλομορφία στη σύνθεση της βλάστησης εντός του πάρκου φαίνεται να επηρεάζει τη θερμοκρασία του πάρκου. Η ποσότητα των φυτών και των δέντρων καθώς και το είδος της βλάστησης που καλύπτει το πάρκο καθορίζουν το μέγεθος επίδρασης που έχει το πάρκο στις θερμοκρασιακές μεταβολές. Σύμφωνα με την έρευνα (Potcher, et al., 2006) συγκρίνοντας τρία πάρκα στην πόλη του Τελ Αβίβ (Ισραήλ) με διαφορετική βλάστηση το καθένα συμπεραίνεται ότι το πάρκο, το οποίο καλύπτεται κυρίως με γρασίδι και περιλαμβάνει λιγοστά δέντρα τείνει να παρουσιάζει υψηλότερες θερμοκρασίες κατά τη διάρκεια της ημέρας εν συγκρίσει με τα άλλα δύο πάρκα, τα οποία καλύπτονται κυρίως από δέντρα. Η πυκνότητα των δέντρων εντός του πάρκου φαίνεται να διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στις θερμοκρασιακές διακυμάνσεις, κυρίως λόγω της σκίασης που προσφέρουν κατά τη διάρκεια της ημέρας. Βέβαια, αντίστοιχα κατά τις βραδινές ώρες φαίνεται να διατηρούν τη θερμότητα λόγω των “δασικών φαραγγιών” που δημιουργούνται από τον αέρα που εγκλωβίζεται ανάμεσα τους και θερμαίνεται κατά τη διάρκεια της ημέρας (Huang, et al., 2008).

Αξίζει να σημειωθεί ότι υπάρχουν περιπτώσεις όπου τα πάρκα έχουν παρουσιάσει υψηλότερες θερμοκρασίες εν συγκρίσει με τις αντίστοιχες θερμοκρασίες στο αστικό κέντρο. Σε αυτές τις περιπτώσεις το ίδιο το πάρκο αποτελεί θερμική νησίδα με αποτέλεσμα να αποδίδει θετικό ενεργειακό φορτίο στην περιβάλλουσα ατμόσφαιρα. Βέβαια, αυτό το φαινόμενο δεν είναι τόσο συνηθισμένο και πιθανόν να οφείλεται στα χαρακτηριστικά του πάρκου αλλά και της περιοχής που το περιβάλλει (Chang, et al., 2007). Παρ’ όλα αυτά προς αυτήν την κατεύθυνση δεν έχει πραγματοποιηθεί περαιτέρω διεξαγωγή έρευνας.



Εικόνα 4 Ανάκλαση της ηλιακής ακτινοβολίας στις αστικές περιοχές και στην ύπαιθρο⁴

Αντίστοιχες επιδράσεις με τους υπαίθριους χώρους πρασίνου στην θερμοκρασία εντός των πόλεων παρουσιάζουν και οι λεγόμενες “πράσινες οροφές”, οι οποίες παρουσιάζουν στην επιφάνεια τους χαμηλότερες θερμοκρασίες σε σύγκριση με τις αντίστοιχες οροφές από τσιμέντο. Επομένως, τα πλεονεκτήματα σε αυτή την περίπτωση είναι πολλαπλά καθώς οι πράσινες οροφές έχουν διττή επίδραση στο φαινόμενο της θερμικής νησίδας.

Αρχικά, έχουν παρόμοια χαρακτηριστικά με τους υπαίθριους πράσινους χώρους με αποτέλεσμα να συμβάλλουν στην μείωση της θερμοκρασίας του αέρα, απλώς λόγω του περιορισμένου μεγέθους τους, ασκούν μικρότερης κλίμακας επίδραση και σε μικρότερη ακτίνα. Ταυτόχρονα όμως αντικαθιστούν και τις συμβατικές οροφές, οι οποίες ως επί το πλείστον συμβάλλουν στην όξυνση του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας. Συγκεκριμένα, τα συμβατικά υλικά κατασκευής, όπως το τσιμέντο, έχουν χαμηλότερο βαθμό εξάτμισης σε σύγκριση με τα φυτά, αλλά επιπλέον έχουν και μεγαλύτερο συντελεστή θερμοχωρητικότητας με αποτέλεσμα να αποθηκεύουν την θερμότητα ευκολότερα. Επιπλέον, για παράδειγμα το τσιμέντο έχει χαμηλότερο συντελεστή λευκαύγειας (albedo), ο οποίος κυμαίνεται μεταξύ 0.05-0.20 σε αντίθεση με το γρασίδι που έχει υψηλότερο συντελεστή (0.25-0.35) και συνεπώς μεγαλύτερη ικανότητα ανάκλασης της ηλιακής ακτινοβολίας. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα το τσιμέντο να απορροφά μεγαλύτερο μέρος της ηλιακής ακτινοβολίας και συνεπώς να παρουσιάζει μεγαλύτερες θερμοκρασίες σε σχέση με τα φυτά με αποτέλεσμα να θερμαίνει και τον αέρα γύρω από την επιφάνεια του. Επομένως, η αντικατάσταση των συμβατικών οροφών με πράσινες στέγες θα μπορούσε να αποτελέσει μία εξίσου καλή λύση με τους υπαίθριους χώρους πρασίνου εντός των πόλεων, για τη μείωση της έντασης της αστικής θερμικής νησίδας.

⁴ Πηγή: <https://awhasyim.wordpress.com/category/urban-climate>

1.3.5. Υπάρχουσες έρευνες

Το φαινόμενο της Αστικής Θερμικής Νησίδας έχει μελετηθεί σε διάφορες πόλεις ανά τον κόσμο όπως στην Σουηδία, στον Καναδά (Βανκούβερ) αλλά και στις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής (Σακραμέντο). Ο Santamouris το 2007 συγκέντρωσε σε ανασκόπηση τις υπάρχουσες μελέτες σχετικά με το θέμα της θερμικής νησίδας στην Ευρώπη, από όπου φαίνονται οι παρατηρούμενες διαφοροποιήσεις από θέση σε θέση. Επιπλέον, γίνεται αναφορά στις μελέτες που εστιάζονται στα μέσα γεωγραφικά πλάτη και ιδιαίτερα σε αυτές που αναφέρονται σε Μεσογειακές χώρες (Santamouris, 2007).

Στην Ελλάδα έχουν πραγματοποιηθεί μελέτες του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας και της επίδρασης των χώρων πρασίνου σε αυτό στην Αθήνα (Skoulika, et al., 2014), (Santamouris, et al., 2001), (Stathopoulou & Cartalis, 2007). Μάλιστα, σύμφωνα με τους Santamouris, et al. (2001) το φαινόμενο της θερμικής νησίδας είναι τόσο έντονο στο κέντρο της Αθήνας που κατά τους θερινούς μήνες η ένταση του φαινομένου μπορεί να φθάσει τους 10°C, ενώ τις βραδινές ώρες για την ίδια περίοδο τους 5°C. Παρ' όλα αυτά λόγω της έκτασής της, είναι δύσκολο να εξαχθεί ένα γενικό συμπέρασμα για την Αθήνα. Γενικά, το φαινόμενο της θερμικής νησίδας παρατηρείται ως επί το πλείστον στο κέντρο και στη Δυτική ζώνη της πόλης ενώ η ένταση του φαινομένου εξαρτάται από το μικροκλίμα της περιοχής (Skoulika, et al., 2014).

Επίσης αντίστοιχες έρευνες έχουν πραγματοποιηθεί στον Βόλο (Papanastasiou & Kittas, 2011), στα Χανιά (Kolokotsa, et al., 2009) και σε άλλες πόλεις της Ελλάδος. Γενικά στην έρευνα των Kioutsioukis, et al. (2010) που πραγματοποιήθηκε με δεδομένα από 23 διαφορετικούς μετεωρολογικούς σταθμούς της Ελλάδας από το 1955 έως το 2002, έδειξε ότι στο μεγαλύτερο ποσοστό υπάρχει αύξηση στον αριθμό των θερμών νυχτών μέσα στο χρόνο. Επομένως, η αστική θερμική νησίδα αποτελεί ένα φαινόμενο, το οποίο εμφανίζεται στα περισσότερα αστικά κέντρα ανά τον κόσμο και στην Ελλάδα η παρουσία του είναι ιδιαίτερα αισθητή όχι μόνο στα μεγάλα αστικά κέντρα της χώρας αλλά και στα μικρότερα.

2. ΑΣΤΙΚΗ ΨΥΧΡΗ ΝΗΣΙΔΑ (ΑΨΝ)

2.1. Αστικό Πράσινο και γενικά οφέλη.

Η συγκέντρωση του μεγαλύτερου μέρους του πληθυσμού σε παγκόσμια κλίμακα στα αστικά κέντρα, η ανεξέλεγκτη και άναρχη δόμηση των πόλεων αλλά και η περιθωριοποίηση στα όρια του αφανισμού, των φυσικών οικοσυστημάτων έχει επιφέρει σοβαρές επιπτώσεις στην ποιότητα ζωής των κατοίκων. Ακόμη και η ίδια η βιωσιμότητα των πόλεων έχει τεθεί σε κίνδυνο με τις παρούσες συνθήκες. Οι ισχύουσες περιβαλλοντικές συνθήκες στα κέντρα των πόλεων χαρακτηρίζονται από φαινόμενα όπως αυτό της θερμικής νησίδας, νέφος και ατμοσφαιρικό αέρα επιβαρυνόμενο με υγρούς, αέριους και στερεούς ρύπους. Φαινόμενα που στο σύνολο τους έχουν επιπτώσεις τόσο στην υγεία των κατοίκων των πόλεων όσο και στην οικονομία, καθώς οι ενεργειακές ανάγκες που δημιουργούνται για δροσισμό υπερβαίνουν κατά πολύ τα φυσιολογικά πλαίσια. Η αύξηση των χώρων πρασίνου στις πόλεις, με τη μορφή πάρκων κυρίως, μπορεί να αποτελέσει μία αποτελεσματική στρατηγική μετριασμού των παραπάνω φαινομένων και γι' αυτό τον λόγο οι ανεπτυγμένες χώρες λαμβάνουν διάφορα μέτρα αύξησης των χώρων αυτών. Μάλιστα, υπό κανονικές συνθήκες, τα παραδεκτά όρια επιφάνειας πρασίνου στις πόλεις ανά κάτοικο κυμαίνονται από 8 έως 12m² (Χρονοπούλου-Σερελή & Φλόκας, 2010).

Αρχικά, οι χώροι πρασίνου μπορούν να λειτουργήσουν ως αντίβαρο σε σημαντικά περιβαλλοντικά προβλήματα κυρίως μέσω της συμβολή τους στην δέσμευση του παραγόμενου διοξειδίου του άνθρακα και την ανανέωση του αέρα. Τα φυτά κατά τη διαδικασία αφομοίωσης προσροφούν διοξείδιο του άνθρακα για την παραγωγή οργανικής ουσίας, ενώ κατά την διαπνοή προσροφούν οξυγόνο και αποβάλλουν διοξείδιο του άνθρακα και νερό, αλλά σε πολύ μικρότερη ποσότητα αφού τα 2/3 - 4/5 δεν επανέρχονται στην ατμόσφαιρα (Γαλανός, et al., 2008). Με αυτό τον τρόπο συντείνουν στην άμβλυνση του φαινομένου του θερμοκηπίου και ως ένα σημείο στην απορρύπανση του αέρα. Επίσης ανάλογα με τη διάταξη των δένδρων εντός των πόλεων και των επιφανειών πρασίνου προς τα εισερχόμενα ρεύματα αέρα που διασχίζουν την πόλη, μπορεί να επιτευχθεί ανανέωση του αέρα αποφορτισμένου από ρύπους.

Επίσης, τα φυτά με την διεργασία παραγωγής οργανικής ουσίας και της διαπνοής επιδρούν στην υγρασία του αέρα. Τα φυτά μέσω της διεργασίας της διαπνοής αποβάλλουν, κυρίως από τα φύλλα τους νερό το οποίο εν συνεχεία εξατμίζεται με αποτέλεσμα να ψύχεται η επιφάνεια των φύλλων και εν τέλει η θερμοκρασία του φυτού να διατηρείται σε χαμηλές τιμές. Για παράδειγμα, ένα δένδρο μεσαίου μεγέθους διαπνέει καθημερινά 400 λίτρα νερό συμβάλλοντας με αυτό τον τρόπο στον μετριασμό των υψηλών θερμοκρασιών. Αυτό ισοδυναμεί με τέσσερις συσκευές κλιματισμού ισχύος 2,500Kcal/hr, οι οποίες θα δουλεύουν 20 ώρες το 24ωρο (Γαλανός, et al., 2008).



Εικόνα 5 Διαδικασία διαπνοής στα φυτά⁵

Αντιστοίχως, οι αστικοί χώροι πρασίνου φαίνεται να παρουσιάζουν σημαντική επίδραση και στην ενίσχυση των υπόγειων υδάτων. Το μεγαλύτερο ποσοστό του νερού της βροχής φαίνεται να συσσωρεύεται στην επιφάνεια του εδάφους και να κατακρατείται από τα δένδρα και τους θάμνους επιβραδύνοντας τη ροή τους προς το έδαφος. Με αυτόν τον τρόπο μειώνεται το μέγεθος της επιφανειακής απορροής και συνεπώς και η διάβρωση των εδαφών. Ταυτόχρονα, αυξάνεται η διήθηση του νερού στο έδαφος εμπλουτίζοντας τους υπόγειους υδροφορείς.

Ακόμη μία περιβαλλοντική παράμετρος που επηρεάζεται από την παρουσία χώρων πρασίνου στις πόλεις είναι η θερμοκρασία. Τα φύλλα των δένδρων και των φυτών διακρατούν, αντανakλούν, απορροφούν και μεταβιβάζουν ηλιακή ακτινοβολία. Τα δάση κυρίως απορροφούν την προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία και αντανakλούν μόλις το 10-15% σε σχέση με τις γεωργικές περιοχές που αντανakλούν πολύ μεγαλύτερα ποσοστά (35%). Μόνο το 5-10% της ηλιακής ακτινοβολίας φτάνει στο έδαφος με αποτέλεσμα τα δάση να διατηρούν χαμηλότερες θερμοκρασίες (Γαλανός, et al., 2008). Επιπλέον μέσω της διεργασίας της διαπνοής και της σκίασης που προσφέρουν τα δένδρα και τα φυτά, επιτρέπουν τον δροσισμό της επιφάνειας που καλύπτουν. Κατά την διαδικασία της διαπνοής εξατμίζεται συγκεκριμένη ποσότητα νερού, για να επιτευχθεί όμως αυτό χρειάζεται κατανάλωση ενέργειας (θερμότητα) την οποία τα φυτά δεσμεύουν από τον περιβάλλοντα χώρο με αποτέλεσμα τον δροσισμό της περιοχής. Γι' αυτό, τα αστικά πάρκα ονομάζονται και "Πάρκα Ψυχρής Νησίδας" (Park Cool Island-PCI) (Ren, et al., 2013).

Παράλληλα με όλα αυτά τα πάρκα και γενικώς οι πράσινοι χώροι εντός των αστικών ιστών παρουσιάζουν σημαντική κοινωνική επιρροή, καθώς συνεισφέρουν στην δημιουργία θετικής διάθεσης, στην βελτίωση της υγείας των κατοίκων και πιθανώς και στην μείωση των επιπέδων ρύπανσης της ατμόσφαιρας και ταυτόχρονα αναβαθμίζουν την αισθητική οπτική της πόλης (Skoulíka, et al., 2014). Συνεπώς, οι χώροι πρασίνου δεν αποτελούν μόνο σημαντικό μέτρο βελτίωσης της περιβαλλοντικής κατάστασης των πόλεων

⁵ Εγκύκλιος Παιδεία, 2009 (<http://egpaid.blogspot.com>)

αλλά φαίνεται να συμβάλλουν σε ποικίλους τομείς των σύγχρονων κοινωνικών δομών.

2.2. Αστική Ψυχρή Νησίδα

Ως ψυχρή νησίδα χώρων πρασίνου ορίζεται ο χώρος του αστικού πάρκου στον οποίο η θερμοκρασία είναι χαμηλότερη από την αντίστοιχη του περιβάλλοντος του αστικού ιστού (Μπόλλας, 2011).

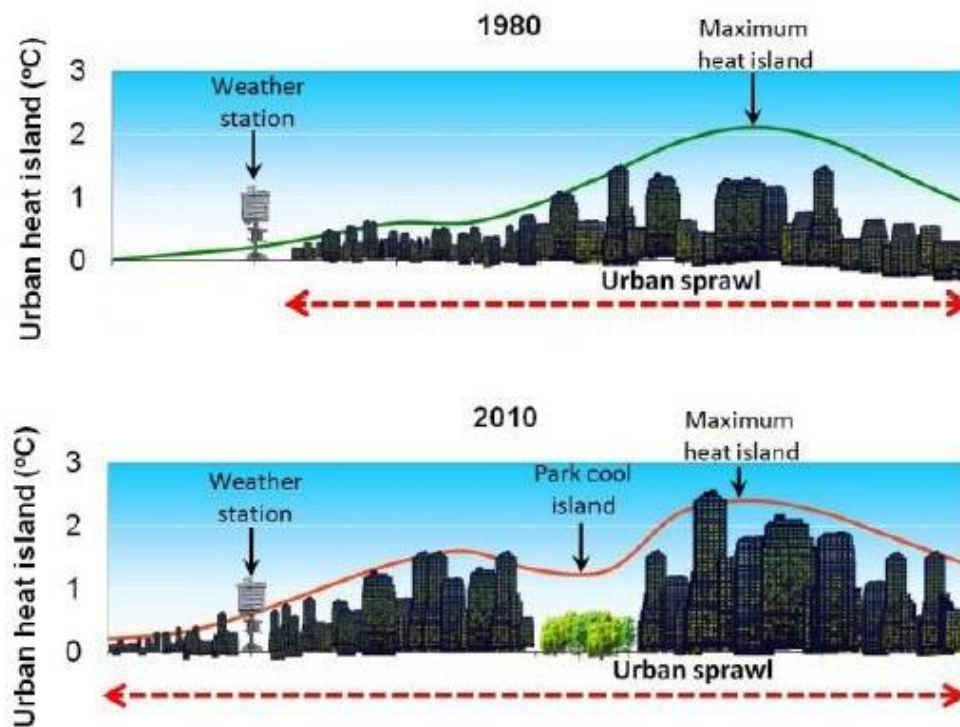
Τα πάρκα στις αστικές περιοχές και κυρίως στα κέντρα των πόλεων έχει παρατηρηθεί ότι συμβάλλουν στην μετρίαση του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας δρώντας ως πηγές “δροσισμού” στις πόλεις. Σε έρευνα στην Βαλένθια της Ισπανίας παρατηρήθηκε ότι η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ πάρκου και αστικού κέντρου έφτανε μέχρι και τους 4°C (Μπόλλας, 2011). Έχει παρατηρηθεί ότι το μέγεθος του πάρκου επηρεάζει την ένταση της ψυχρής νησίδας (Cool Island intensity-CII). Σύμφωνα με έρευνες όσο μεγαλύτερο είναι το μέγεθος του πάρκου τόσο μεγαλύτερη είναι η ένταση της ψυχρής νησίδας (Ren, et al., 2013), (Skoulika, et al., 2014), χωρίς όμως αυτά τα δύο μεγέθη να σχετίζονται μεταξύ τους με γραμμική σχέση. Μάλιστα σύμφωνα με (Huang, et al., 2008) η αύξηση του μεγέθους του πάρκου παρουσιάζει εντονότερη επίδραση στην μείωση της ΑΘΝ κατά τους καλοκαιρινούς μήνες σε σύγκριση με τον υπόλοιπο χρόνο.

Επιπλέον η δομή και το σχήμα των πάρκων φαίνεται να επηρεάζει την ένταση της ψυχρής νησίδας. Για να καθοριστεί η σχέση μεταξύ της έντασης ψυχρής νησίδας και της δομής των αστικών πάρκων πρέπει να διερευνηθούν περαιτέρω οι επιπτώσεις που επιφέρει κάθε “τύπος” πάρκου στην ένταση της ψυχρής νησίδας και σε αυτό το επίπεδο έχουν πραγματοποιηθεί κάποιες μελέτες όπως του (Huang, et al., 2008) σε πάρκο της πόλης Changchun, στην Κίνα.

Αντιστοίχως, φαίνεται να υπάρχει σχέση μεταξύ της έντασης ψυχρής νησίδας του πάρκου και των εποχών. Ανάλογα με την εποχή η ικανότητα του πάρκου ως προς τη μείωση της έντασης της αστικής θερμικής νησίδας παρουσιάζει μεταβολές. Για παράδειγμα η ικανότητα δροσισμού των πάρκων το καλοκαίρι είναι υψηλότερη σε σύγκριση με του φθινοπώρου (Huang, et al., 2008). Μολοταύτα, περαιτέρω έρευνα είναι απαραίτητη για τον λεπτομερή προσδιορισμό της σχέσης μεταξύ της έντασης της αστικής ψυχρής νησίδας (ΑΨΝ) και των σχεδιαστικών χαρακτηριστικών των αστικών πάρκων ανά εποχή.

Η επίδραση της αστικής ψυχρής νησίδας ενός πάρκου έχει παρατηρηθεί ότι δεν επηρεάζει μόνο το ίδιο το πάρκο αλλά έχει και μία ακτίνα επίδρασης και στον περιβάλλοντα χώρο. Σύμφωνα με έρευνα του Givoni (1974) η δροσιστική επίδραση ενός πάρκου έκτασης 0.5ha στο Ισραήλ έφτανε σε ακτίνα 20-150m στον περιβάλλοντα χώρο του πάρκου, ενώ οι Ca et al. (1998) διαπίστωσαν ότι σε πάρκο της Ιαπωνίας έκτασης 35ha η ακτίνα επίδρασης του έφθανε το 1km,

ιδιαίτερα στη Βορειοδυτική πλευρά του πάρκου που εντοπίζονταν και ισχυρότεροι ψυχροί άνεμοι (Μπόλλας, 2011).



Εικόνα 6 Επίδραση των αστικών χώρων πρασίνου στην αστική θερμική νησίδα⁶

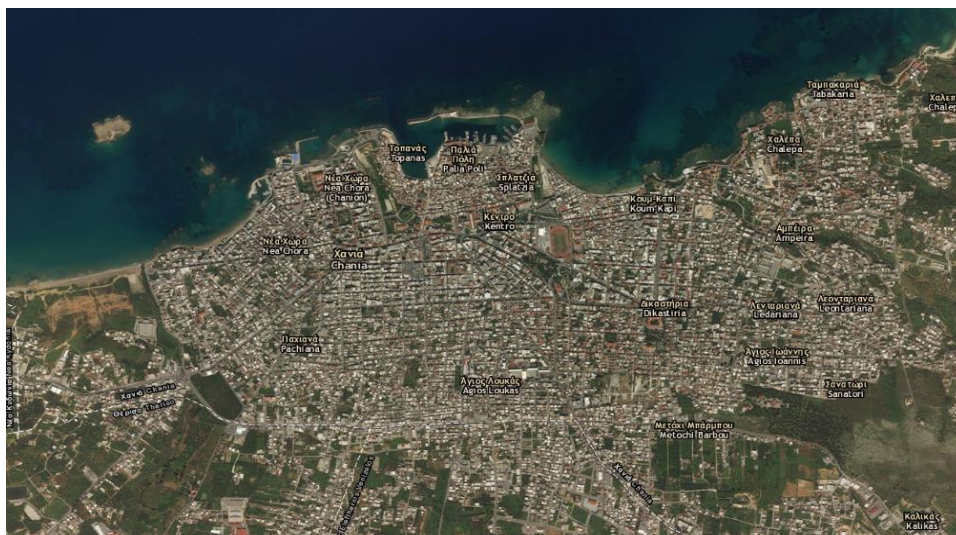
⁶ Πηγή: <https://globalwarmingsolved.com/2013/12/summary-urbanization-bias-papers-1-3/>

3. ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΜΕΛΕΤΗΣ

Η παρούσα εργασία έχει ως κύριο σκοπό τη διερεύνηση του μεγέθους επίδρασης που έχει ο Κήπος Χανίων στην άμβλυση του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας (ΑΘΝ) εντός της πόλης των Χανίων. Τα Χανιά παρουσιάζουν έντονα το φαινόμενο της ΑΘΝ ιδιαιτέρως στο κέντρο της πόλης, παρ' όλα αυτά είναι θεμιτό να εξεταστεί σε τι βαθμό ένας χώρος πρασίνου όπως ο Κήπος Χανίων δρα σαν πάρκο (παρουσιάζει το φαινόμενο) ψυχρής νησίδας (Park Cool Island-PCI) συμβάλλοντας στην μείωση των θερμοκρασιών της περιβάλλουσας περιοχής αλλά και του ιδίου.

3.1. Περιοχή μελέτης

Η Κρήτη βρίσκεται στο Νοτιότερο τμήμα της Ελλάδας. Τα Χανιά βρίσκονται στο Βορειοδυτικό τμήμα του Νησιού και αποτελούν τη δεύτερη μεγαλύτερη πόλη μετά το Ηράκλειο. Σύμφωνα με την απογραφή του 2011 (ΕΛΣΤΑΤ) ο Δήμος Χανίων απαριθμεί 156,585 κατοίκους και καταλαμβάνει έκταση δύο χιλιάδων τριακοσίων εβδομήντα έξι τετραγωνικών χιλιομέτρων 2,376 (km²), ενώ μόνο η πόλη αριθμεί 54,636 κατοίκους. Η πληθυσμιακή πυκνότητα της πόλης φτάνει της 4202.8 κατοίκους/km², κατατάσσοντας τα Χανιά ως την 3^η πιο πυκνοκατοικημένη πόλη της Ελλάδας, μετά την Αθήνα και την Θεσσαλονίκη.



Εικόνα 7 Χάρτης Χανίων (GIS)

3.1.1. Κλιματικά Χαρακτηριστικά

Η μορφολογία του εδάφους και η κεντρική θέση της Κρήτης στη Μεσόγειο επηρεάζουν το κλίμα του Νομού Χανίων, το οποίο χαρακτηρίζεται εύκρατο μεσογειακό και ξηροθερμικό. Οι κλιματικές συνθήκες που επικρατούν στην ευρεία περιοχή της Νότιας Ελλάδας και επομένως και στα Χανιά κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού έχουν κατηγοριοποιηθεί σε 4 κατηγορίες (Kassomenos, 2003), (Kolokotsa, et al., 2009).

Στην 1^η κατηγορία οι κλιματολογικές συνθήκες χαρακτηρίζονται από χαμηλές τιμές ηλιακής ακτινοβολίας και θερμοκρασίας ενώ τα επίπεδα υγρασίας είναι υψηλά.

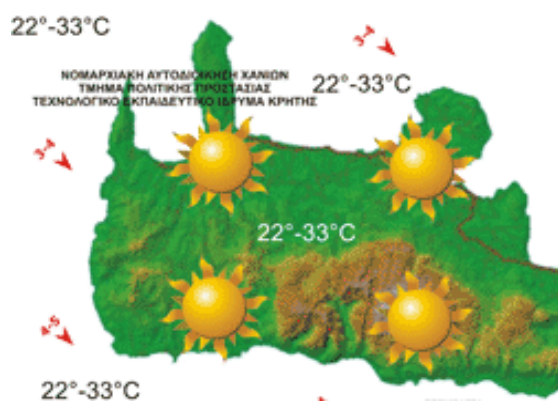
Στην 2^η κατηγορία, η οποία παρουσιάζεται κυρίως κατά τους μήνες Ιούλιο και Αύγουστο, παρατηρείται υψηλής συχνότητας ηλιακή ακτινοβολία και αντίστοιχα υψηλές τιμές θερμοκρασίας ενώ τα επίπεδα υγρασίας διατηρούνται χαμηλά.

Η 3^η κατηγορία κλιματολογικών συνθηκών, η οποία είναι και η πιο συνηθισμένη για την καλοκαιρινή περίοδο, χαρακτηρίζεται από υψηλές τιμές υγρασίας και από αδύναμη βαθμίδα πίεσης. Αυτή η κατάσταση ευνοεί τη δημιουργία τοπικών συστημάτων κυκλοφορίας αέρα όπως η θαλασσινή αύρα (Kolokotsa, et al., 2009).

Η τελευταία κατηγορία (4^η) παρουσιάζει παρόμοια χαρακτηριστικά με τη 2^η κατηγορία, η κύρια διαφορά τους έγκειται στο γεγονός ότι στην τελευταία κατηγορία παρατηρούνται υψηλότερες πιέσεις, ενώ η βαθμίδα πίεσης πάνω από την περιοχή του Αιγαίου είναι πιο αδύναμη. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα η ροή των Βορειοανατολικών ανέμων στο Αιγαίο να παρουσιάζει σημαντική αδυναμία εν συγκρίσει με τις υπόλοιπες κατευθύνσεις (Kolokotsa, et al., 2009).

Ωστόσο, πιο συγκεκριμένα στην περιοχή των Χανίων ο χειμώνας χαρακτηρίζεται κατά βάσει βροχερός και ήπιος και έχει συνήθως διάρκεια από τον Δεκέμβριο έως και τον Μάρτιο. Χιονοπτώσεις δεν παρατηρούνται στο κεντρικό τμήμα του Νομού παρά μόνο στις Ορεινές περιοχές και κυρίως στις κορφές των Λευκών Όρεων, οι οποίες βρίσκονται στο Νοτιότερο τμήμα της περιοχής και έχουν υψόμετρο μεγαλύτερο από 2000μ..

Η Άνοιξη έχει πολύ μικρή διάρκεια όπως και το φθινόπωρο και χαρακτηρίζονται κυρίως από τις ήπιες βροχοπτώσεις που παρατηρούνται τις συγκεκριμένες περιόδους.



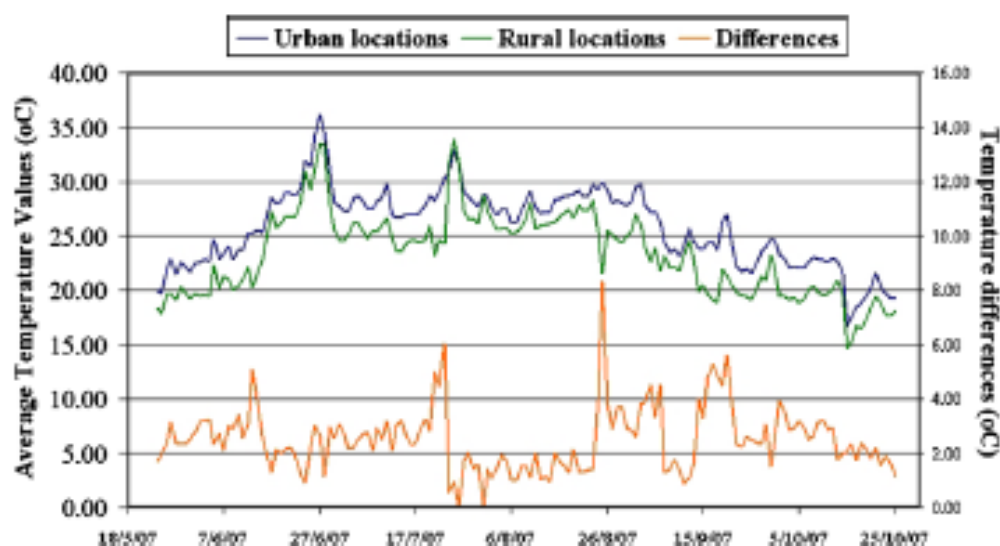
Εικόνα 8 Κλιματικός χάρτης Χανίων⁷

3.1.2. Αστική θερμική νησίδα στα Χανιά

Η πόλη των Χανίων λόγω της έντονης αστικοποίησης που έχει υποστεί τα τελευταία 30 χρόνια σήμερα έχει φθάσει να αριθμεί περίπου 54,636 κατοίκους (απογραφή 2011) και έχει έκταση 13km² γεγονός που την καθιστά ιδιαίτερα πυκνοκατοικημένη. Επομένως λόγω της υψηλής της πληθυσμιακής πυκνότητας (4202.8 κατοίκους/km²) αλλά και λόγω των κλιματικών συνθηκών που επικρατούν σε αυτήν, παρουσιάζει έντονα το φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας, ιδιαίτερα κατά τη διάρκεια της θερινής περιόδου.

Ο άνεμος, τα σύννεφα και γενικά οι κυκλωνικές και αντικυκλωνικές συνθήκες φαίνεται να επιδρούν στο φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας (Stathoroulou, et al., 2009). Στην περιοχή του Αιγαίου και συνεπώς και των Χανίων οι επικρατούσες αντικυκλωνικές συνθήκες φαίνεται να συμβάλλουν στην αύξηση της έντασης της αστικής θερμικής νησίδας στην πόλη την καλοκαιρινή περίοδο. Βέβαια ο συνδυασμός υψηλών και χαμηλών σημείων πίεσης στην περιοχή του Αιγαίου έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία ανέμων οι οποίοι ανάλογα με το σχεδιασμό και τον προσανατολισμό της πόλης, φαίνεται να μπορούν να συμβάλλουν ως ένα βαθμό στη μείωση του φαινομένου. Σύμφωνα με (Kolokotsa, et al., 2009) ο προσανατολισμός των δρόμων εντός της πόλης ως προς την κατεύθυνση των ανέμων έχει σημαντική επίδραση στην ένταση της ΑΘΝ. Για την ακρίβεια τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι Δυτικοί άνεμοι μπορούν να μειώσουν επαρκώς την θερμοκρασιακή διαφορά αστικού κέντρου και περιχώρων εξαιτίας του φυσικού αερισμού που προωθούν.

⁷ Εναλλακτικός Τουρισμός στη Δυτική Κρήτη (<http://www.chania-info.gr>)



Εικόνα 9 Μέσες ημερήσιες θερμοκρασίες όλων των αστικών και αγροτικών τοποθεσιών στα Χανιά (KOLOKOTSA, ET AL., 2009)

Σύμφωνα με το άνωθεν διάγραμμα η ύπαρξη της θερμικής αστικής νησίδας στα Χανιά είναι αδιαμφισβήτητη. Η ένταση της αστικής θερμικής νησίδας φαίνεται να αυξάνεται από το πέρας του Ιουνίου και έπειτα και πιο συγκεκριμένα κατά 1°C κατά τον Ιούνιο, περίπου 3°C τον Ιούλιο, τον Αύγουστο αλλά και τον Σεπτέμβριο (Kolokotsa, et al., 2009). Αντίθετα από τον Οκτώβριο και έπειτα παρατηρείται ότι η θερμοκρασιακή διαφορά μεταξύ αστικού κέντρου και περιχώρων μειώνεται. Μάλιστα ο ρυθμός μείωσης κατά τους φθινοπωρινούς μήνες είναι μικρότερος σε σχέση με το ρυθμό αύξησης κατά τους θερινούς μήνες.

3.2. Αστικοί χώροι πρασίνου στα Χανιά

Στο κέντρο της πόλης των Χανίων υπάρχουν δύο πνεύμονες πρασίνου, το Πάρκο Ειρήνης και Φιλίας και ο Δημοτικός Κήπος Χανίων. Υπάρχουν επίσης το Πάρκο Κυκλοφοριακής αγωγής και το Πάρκο Διάσωσης Χλωρίδας και Πανίδας που βρίσκεται στο Ακρωτήριο και υλοποιήθηκε από το Πολυτεχνείο Κρήτης. Στην παρούσα εργασία μελετήθηκε η ικανότητα του Κήπου Χανίων να δράσει ως αστική ψυχρή νησίδα και οι επιδράσεις που επιφέρει στην ένταση του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας στην πόλη των Χανίων .

3.2.1. Δείκτης Βλάστησης (NDV Index)

Ο Κανονικοποιημένος Δείκτης Διαφοροποιημένης βλάστησης ή όπως είναι ευρέως γνωστό Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) είναι ο δείκτης που χρησιμοποιείται για την περιγραφή της βλάστησης, δείχνοντας την διαφορά μεταξύ του φάσματος της υπέρυθρης ακτινοβολίας (near-infrared) και του κόκκινου φωτός (red light).

Τα φυτά απορροφούν ακτινοβολία στην φασματοσκοπική περιοχή της φωτοσυνθετικής ακτινοβολίας (PAR). Τα φύλλα των φυτών όμως ταυτόχρονα εκπέμπουν την ηλιακή ακτινοβολία εκ νέου στην φασματική περιοχή κοντά στην υπέρυθη ακτινοβολία. Τα φυτά εμφανίζονται σχετικά σκοτεινά στο PAR και φωτεινά στο εγγύς υπέρυθρο φάσμα ακτινοβολιών. Αντίθετα οι χιονισμένες επιφάνειες και τα σύννεφα εμφανίζονται φωτεινά στο ερυθρό φάσμα ακτινοβολίας και σκοτεινά στο υπέρυθρο φάσμα (Weier & Herring , 2000).

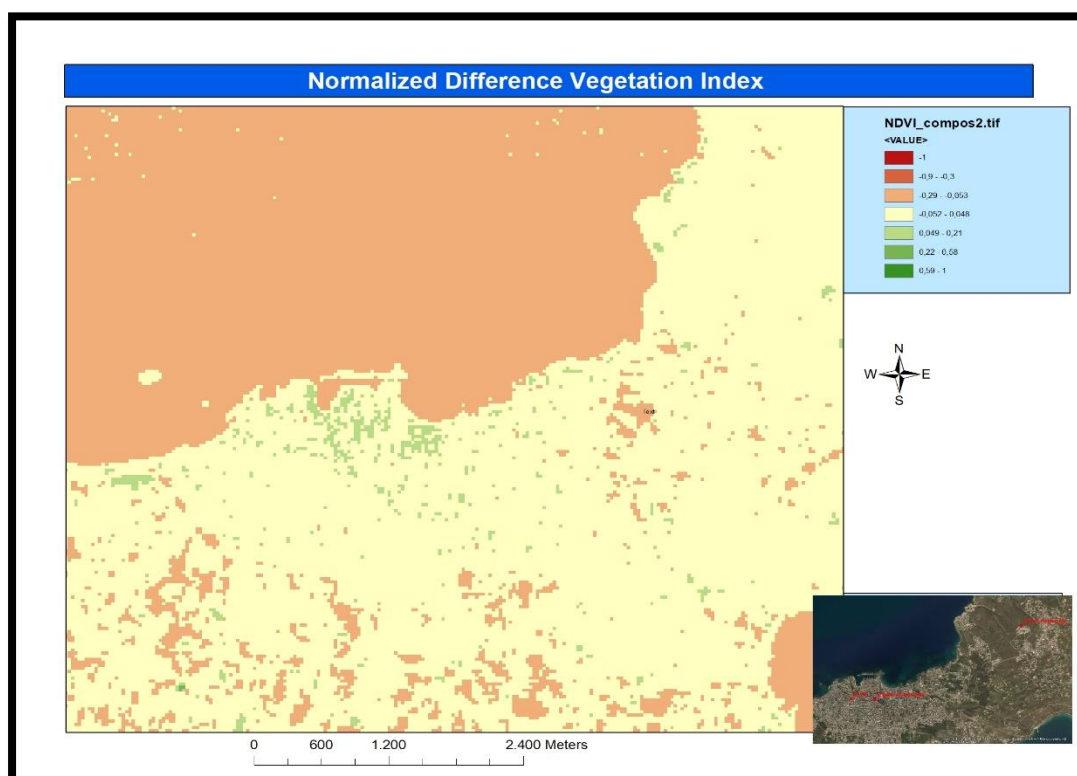
Τα φυτά αντανakλούν έντονα το υπέρυθρο φώς με αποτέλεσμα οι διαφορές στην ανακλαστικότητα τους να είναι εμφανείς σε συλλογή δεδομένων κοντά στο υπέρυθρο φώς. Αυτό το γεγονός δίνει την ευκαιρία να καθοριστεί η χωρική διάταξη των φυτών σε μία περιοχή ανάλογα με τις διαφορές που παρατηρούνται στην ανακλαστική τους ικανότητα.

Για τον υπολογισμό του NDVI χρησιμοποιείται το NIR (φάσμα εγγύς υπέρυθρης ακτινοβολίας) και τα κόκκινα κανάλια για την εκτίμηση του μεγέθους της υγιούς βλάστησης.

$$NDVI = \frac{NIR - red}{NIR + red}$$

Οι τιμές που παίρνει είναι από -1, για ελάχιστη βλάστηση στην περιοχή έως 1, που υποδηλώνει υψηλή βλάστηση.

Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται η κατανομή του NDVI στην πόλη των Χανίων και στην περιοχή του Ακρωτηρίου όπου βρίσκεται ο μετεωρολογικός σταθμός, του οποίου δεδομένα χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα εργασία.



Εικόνα 10 Χάρτης Χανίων με απεικόνιση της κατανομής του δείκτη NDVI index⁸ (GIS)

Όπως φαίνεται και από τον Χάρτη 10, ο νομός Χανίων δεν είναι μία περιοχή με ιδιαίτερως αυξημένη βλάστηση. Στην πόλη των Χανίων, όπου βρίσκεται και ο σταθμός Χανίων παρατηρείται μειωμένη τιμή του δείκτη NDV, όπως άλλωστε είναι αναμενόμενο αφού τα Χανιά αποτελούν μία ιδιαίτερως πυκνοκατοικημένη περιοχή (4202.8κάτ/km²).

Το Ακρωτήριο, στο οποίο έχει τοποθετηθεί ο μετεωρολογικός σταθμός Χανιά-Ακρωτήριο, δεδομένα του οποίου χρησιμοποιήθηκαν για την εξαγωγή αποτελεσμάτων στην παρούσα εργασία, είναι μία περιοχή με μικρό δείκτη NDV και οι πράσινες επιφάνειες δεν καταλαμβάνουν στο σύνολο τους μεγάλη έκταση. Σε γενικό πλαίσιο όπως φαίνεται και από το χάρτη κατανομής του δείκτη NDV ο νομός Χανίων και συγκεκριμένα η πόλη δεν παρουσιάζουν μεγάλες εκτάσεις περιοχών πρασίνου πλην μερικών εξαιρέσεων σε κάποιες μικρές περιοχές της πόλης.

3.2.2. Δημοτικός Κήπος Χανίων

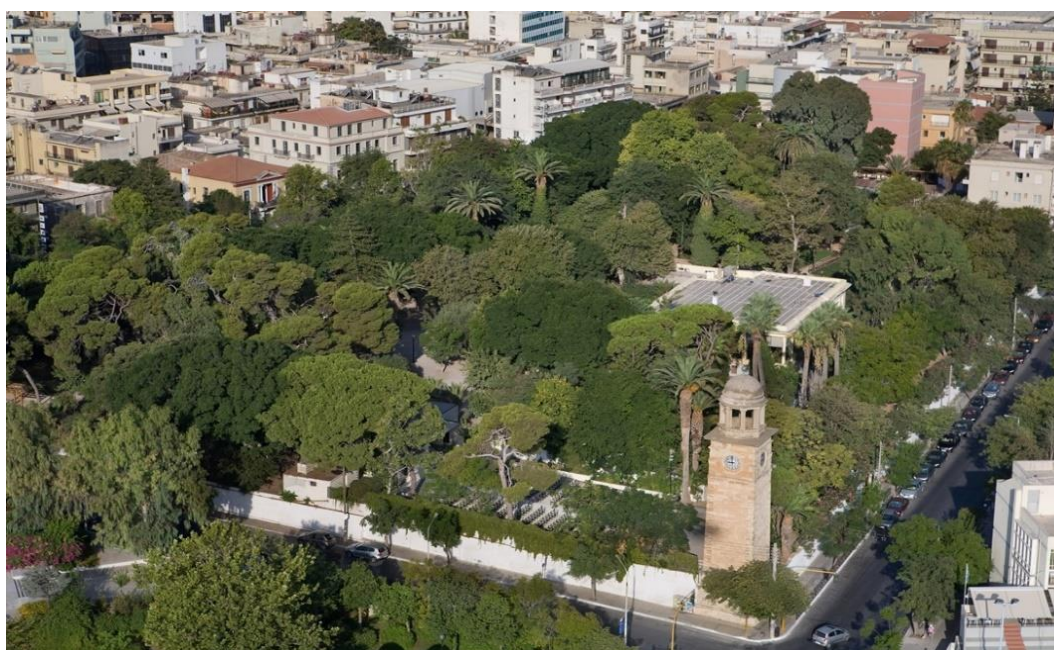
Ο Δημοτικός Κήπος Χανίων είναι έργο του φιλέλληνα Ραούφ Πασά και σχεδιάστηκε το 1870. Ήταν το πρώτο κοινωφελές έργο που πραγματοποιήθηκε στην πόλη. Ο Κήπος ή αλλιώς Μπαξές όπως ονομαζόταν τότε φυτεύτηκε με αειθαλή δέντρα και τα μονοπάτια του σχεδιάστηκαν με τα τότε ευρωπαϊκά πρότυπα και στρώθηκαν με χοντρή άμμο. Το 1918 ο Κήπος

⁸ Ο χάρτης δημιουργήθηκε με χρήση του προγράμματος GIS και το υπόμνημα του χάρτη βρίσκεται σε μεγέθυνση στη σελ. 80

ανακατασκευάζεται. Φυτεύονται νέα δέντρα και φυτά, ενώ δημιουργείται ένας λαβύρινθος με μία είσοδο στο δυτικό τμήμα του Κήπου για να εισέρχονται οι επισκέπτες. Το παρτέρι στον κεντρικό τομέα σχεδιάζεται σε σχήμα αρχαϊκού αμφορέα ενώ το παρτέρι στην είσοδο του Κήπου σε σχήμα πεταλούδας πάνω σε λουλούδι.

Το περίφημο Ρολόι του Κήπου άρχισε να χτίζεται το 1924 και τελείωσε το 1927, ενώ το πολύ γνωστό “Καφέ Κήπος” δημιουργήθηκε το 1936. Το καφέ αυτό έχει χαρακτηριστεί Ιστορικό καθώς προσωπικότητες όπως ο Νικόλαος Καζαντζάκης και ο Ελευθέριος Βενιζέλος σύχναζαν εκεί.

Σήμερα ο Κήπος Χανίων φιλοξενεί μεγάλη ποικιλία δέντρων, θάμνων, καρποφόρων και καλλωπιστικών φυτών αλλά και ένα μικρό ζωολογικό κήπο με ζώα της κρητικής πανίδας. Επιπλέον στεγάζεται η δημοτική παιδική βιβλιοθήκη, ο δημοτικός κινηματογράφος και το ιστορικό Καφέ Κήπος.



Εικόνα 11 Φωτογραφία Κήπου Χανίων⁹

3.3. Μετεωρολογικοί Σταθμοί Χανίων

Για την διεξαγωγή της παρούσας μελέτης συγκεντρώθηκαν δεδομένα θερμοκρασίας και ηλιακής ακτινοβολίας από 2 μετεωρολογικούς σταθμούς της ευρύτερης περιοχής της πόλης των Χανίων. Συγκεκριμένα συγκεντρώθηκαν οι καταγεγραμμένες θερμοκρασίες για τις ημερομηνίες που πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις από τους μετεωρολογικούς σταθμούς Χανίων-Κέντρο και Χανίων-Ακρωτήρι. Η θέση των σταθμών παρουσιάζεται στον Χάρτη-Εικόνα 14. Ιδανικά, για την ασφαλέστερη διεξαγωγή αποτελεσμάτων σχετικά με την επίδραση του Κήπου στην αστική θερμική νησίδα της πόλης, θα έπρεπε να χρησιμοποιηθούν δεδομένα μόνο από αστικούς σταθμούς (εντός της πόλης). Παρ’ όλα αυτά,

⁹ Δήμος Χανίων/ Αξιοθέατα /Δημοτικός Κήπος και Ρολόι (<http://chaniatourism.com/el/>)

λόγω περιορισμένου αριθμού αστικών σταθμών έγινε σύγκριση και με δεδομένα από τον σταθμό Ακρωτηρίου, ο οποίος βρίσκεται σε κοντινή απόσταση από το κέντρο και εμφανίζει θερμοκρασιακή συμπεριφορά αντίστοιχη με το κέντρο της πόλης.

3.3.1.Μετεωρολογικός σταθμός Χανίων-Κέντρο

Τα Χανιά είναι η πρωτεύουσα του Νομού και η πιο πυκνοκατοικημένη περιοχή. Για την ακρίβεια σε αυτή ζουν 54,636 κάτοικοι (σύμφωνα με την ΕΛ.ΣΤΑΤ. 2011) σε επιφάνεια 13km². Για την διεξαγωγή της παρούσας εργασίας συλλέχθηκαν μετεωρολογικά δεδομένα από δύο μετεωρολογικούς σταθμούς των Χανίων, οι οποίοι βρίσκονται σε απόσταση μικρότερη των 5km¹⁰ από την περιοχή μελέτης (Δημοτικός Κήπος). Πιο συγκεκριμένα δεδομένα θερμοκρασίας¹¹ χρησιμοποιήθηκαν από τους σταθμούς των Χανίων, οι οποίοι βρίσκονται στο Κέντρο και στο Ακρωτήρι.

Ο μετεωρολογικός σταθμός στο Κέντρο (Χανιά-Κέντρο) της πόλης βρίσκεται επί της οδού Κισάμου και σε απόσταση 0.8km από τον Κήπο Χανίων. Ο σταθμός βρίσκεται σε ύψος 7m από την επιφάνεια του εδάφους και λειτουργεί υπό την επίβλεψη του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών και οι συντεταγμένες της τοποθεσίας του είναι 35.51303° Β και 24.01480° Α . Ωστόσο, αξίζει να σημειωθεί ότι ο σταθμός αυτός απέχει λιγότερο από 400m από την θαλάσσια περιοχή, γεγονός που φαίνεται να επηρεάζει τις μετρήσεις θερμοκρασίας του σταθμού. Η ξηρά θερμαίνεται ταχύτερα σε σύγκριση με το νερό όταν βρίσκονται στις ίδιες συνθήκες ηλιακής ακτινοβολίας, καθώς η ξηρά χρησιμοποιεί το μεγαλύτερο μέρος της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας για την θέρμανση της επιφάνειάς της, αντίθετα με τη θάλασσα που χρησιμοποιεί την ενέργεια αυτή για τη διεργασία της εξάτμισης. Επομένως, οι ψυχρές αέριες μάζες πάνω από τη θαλάσσια περιοχή μεταφέρονται προς τις παράκτιες περιοχές ειδικά τις ημέρες που παρατηρούνται και Νότιοι άνεμοι, επιδρώντας στην θερμοκρασία της πόλης. Συνεπώς, το γεγονός ότι ο σταθμός στο κέντρο βρίσκεται σε μικρή απόσταση από την θάλασσα επηρεάζει τις καταγεγραμμένες θερμοκρασίες.

Για την καταγραφή των κλιματικών παραμέτρων και την μελέτη των καιρικών συνθηκών στην πόλη χρησιμοποιείται το όργανο Davis Vantage pro 2 wireless radiation shield (εικόνα 12) το οποίο αποτελείται από ενσωματωμένους αισθητήρες και την κονσόλα για τον άμεσο υπολογισμό των καιρικών συνθηκών (σύνολα ή μέσους όρους και διαγράμματα όλων των καιρικών παραμέτρων).

¹⁰ Η απόσταση μετρήθηκε μέσω του προγράμματος Google Earth σε ευθεία απόσταση από τον Κήπο Χανίων, όπως και όλες οι αντίστοιχες αποστάσεις.

¹¹ Πηγή: http://meteosearch.meteo.gr/Raw%20Materials/2017-Geoscience_Data_Journal-stations.pdf



Το συγκεκριμένο όργανο διαθέτει αισθητήρες θερμοκρασίας και υγρασίας, οι οποίοι βρίσκονται στον κλωβό προστασίας, καθώς και βροχόμετρο και ανεμόμετρο.

Επιπλέον, η επικοινωνία της εξωτερικής μονάδας αισθητήρων με την κονσόλα είναι ασύρματη και μπορεί να φθάσει τα 300m με οπτική επαφή. Ο μετεωρολογικός σταθμός συλλέγει δεδομένα θερμοκρασίας από -40°C έως 65°C και σχετικής υγρασίας από 1% έως 100%. Οι αισθητήρες θερμοκρασίας/υγρασίας έχουν

τοποθετηθεί σε ύψος 2m, ενώ για την μέτρηση της έντασης και κατεύθυνσης του ανέμου υπάρχει ανεμόμετρο σε ύψος 2.5m. Επίσης, ο σταθμός περιλαμβάνει και βροχόμετρο για την καταγραφή του ύψους βροχόπτωσης (mm) αλλά και αισθητήρες για την καταγραφή της ηλιακής και υπεριώδους ακτινοβολίας. Ο σταθμός μετράει και καταγράφει ακόμη το σημείο δρόσου και την βαρομετρική πίεση. Οι τιμές των καιρικών παραμέτρων καταγράφονται με βήμα 10 λεπτών στην κονσόλα, όπου και αποθηκεύονται. Η χρήση της κονσόλας δίνει την δυνατότητα να καταγράφονται οι μέγιστες και ελάχιστες τιμές, αλλά και οι μέσες τιμές για σχεδόν όλες τις καιρικές παραμέτρους ανά 24ώρο ή σε μηνιαία βάση ή ακόμη και σε ετήσια. Επιπλέον έχει την δυνατότητα δημιουργίας των αντίστοιχων διαγραμμάτων. Βέβαια, προκειμένου όλες οι μετρήσεις να πραγματοποιούνται με ακρίβεια ο σταθμός διαθέτει εξάρτημα το οποίο ονομάζεται "ασπίδα ακτινοβολίας" και παρέχει προστασία από πηγές που παράγουν ή ανακλούν θερμότητα.

3.3.2. Μετεωρολογικός σταθμός Χανίων-Ακρωτήρι

Ο μετεωρολογικός σταθμός που βρίσκεται στο Ακρωτήρι και πιο συγκεκριμένα στα Κουνουπιδιανά, λειτουργεί επίσης υπό την επίβλεψη του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών σε συνεργασία με το Πολυτεχνείο Κρήτης και έχει τοποθετηθεί στη Βορειοανατολική πλευρά του Πολυτεχνείου σε ύψος 137m. Ο σταθμός έχει απόσταση από τον Κήπο ίση με 4.6km και οι συντεταγμένες της ακριβούς τοποθεσίας είναι 35.53337° Β και 24.06835° Α. Για την καταγραφή των κλιματικών παραμέτρων και την μελέτη των καιρικών συνθηκών χρησιμοποιείται το όργανο Davis Vantage pro 2 wireless fan-aspirated radiation shield το οποίο διαθέτει αισθητήρες μέτρησης θερμοκρασίας και υγρασίας σε ύψος 1.8m και ανεμόμετρο σε ύψος 5m. Οι καιρικές παράμετροι που καταγράφονται είναι ακριβώς οι ίδιες όπως και με το Davis Vantage pro 2

¹²Πηγή: (<https://www.davisnet.com/solution/vantage-pro2/>)

Τα τεχνικά χαρακτηριστικά των μετεωρολογικών σταθμών για κάθε παράμετρο παρουσιάζονται αναλυτικά στον ακόλουθο πίνακα.

Εικόνα 13 Τεχνικά Χαρακτηριστικά των μετεωρολογικών σταθμών¹³

¹³Πηγή: The automatic weather stations NOANN network of the National Observatory of Athens: operation and dataset (Lagouvardos, et al., 2017)



Εικόνα 14 Χάρτης απεικόνισης μετεωρολογικών σταθμών (GIS)

4. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

4.1. Ειδικός εξοπλισμός μετρήσεων-Περιγραφή οργάνου

Για την διεκπεραίωση των μετρήσεων της παρούσας εργασίας χρησιμοποιήθηκαν δύο όργανα. Το πρώτο είναι το ευρέως διαδεδομένο GPS, μέσω εφαρμογής του, στο κινητό τηλέφωνο. Το GPS χρησιμοποιήθηκε για την καταγραφή των διαδρομών που πραγματοποιήθηκαν περιμετρικά και πέριξ του Κήπου Χανίων. Επίσης, χρησιμοποιήθηκε για την χαρτογράφηση των σημείων εντός του Κήπου, για να καταστεί δυνατή η απεικόνιση των συγκεκριμένων σημείων στο πρόγραμμα GIS.



Εικόνα 15 HOB0 data logger
Πηγή: www.Onsetcomp.com

Για την καταγραφή των θερμοκρασιών και της ηλιακής ακτινοβολίας το όργανο που χρησιμοποιήθηκε είναι το Hobo data logger. Το όργανο αυτό αποτελεί έναν αισθητήρα, ο οποίος έχει την ικανότητα να μετράει θερμοκρασία του αέρα, υγρασία, εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα, ηλιακή ακτινοβολία και σε κάποιες περιπτώσεις και ταχύτητα του ανέμου.

Στην συγκεκριμένη περίπτωση το μοντέλο το οποίο χρησιμοποιήθηκε για τις μετρήσεις ήταν το Hobo data logger U12-012 (με αριθμό έκδοσης 1.05), το οποίο έχει δυνατότητα αποθήκευσης έως 43,000 μετρήσεων. Έχει την δυνατότητα καταγραφής έως 4 ενεργειακών καναλιών και περιβαλλοντικών δεδομένων και 12-bit ανάλυση για την καλύτερη ανίχνευση ποικίλων καταγεγραμμένων δεδομένων.

Η συγκεκριμένη συσκευή λειτουργεί για καταγραφή θερμοκρασιών με εύρος από -20°C έως 70°C, σχετικής υγρασίας 5% με 95% και ηλιακής ακτινοβολίας από 10Lux έως 32,300Lux. Η ακρίβεια του οργάνου για τις μετρήσεις θερμοκρασίας είναι $\pm 0.35^{\circ}\text{C}$ και $\pm 2.5\%$ για σχετικές υγρασίες 10%-90%. Για την ασφαλή διεξαγωγή των μετρήσεων είναι απαραίτητο η συσκευή να μην βρίσκεται σε κοντινή απόσταση με το ανθρώπινο σώμα, το οποίο εκπέμπει θερμότητα αλλά και με καμία άλλη εξωγενή πηγή θερμότητας. Γι' αυτόν το λόγο κατά τη διάρκεια των μετρήσεων χρησιμοποιήθηκε ξύλο μήκους ενός μέτρου, όπου η συσκευή τοποθετούνταν στην μία άκρη του. Προκειμένου να μην υπάρξουν σοβαρά σφάλματα στην καταγραφή των θερμοκρασιών, καθ' όλη τη διάρκεια των μετρήσεων το όργανο βρισκόταν παράλληλα στο έδαφος και σε απόσταση ενός μέτρου από το ανθρώπινο σώμα.

Πρώτου, πραγματοποιηθεί οποιαδήποτε μέτρηση στο πεδίο το Hobo data logger έπρεπε να ρυθμιστεί μέσω του προγράμματος HOB0 ware ώστε να ξεκινήσει την καταγραφή των δεδομένων την απαιτούμενη χρονική στιγμή. Επιπλέον, για την κάθε μέτρηση έπρεπε να ρυθμιστεί το χρονικό βήμα όπου το όργανο θα έκανε την καταγραφή. Στην συγκεκριμένη περίπτωση, επελέγη να

πραγματοποιούνται μετρήσεις με συχνότητα 1min και εντός του πάρκου αλλά και για τα σημεία των διαδρομών που πραγματοποιήθηκαν εκτός αυτού. Καθημερινά, μετά το πέρας των πειραματικών μετρήσεων πραγματοποιούνταν και παύση λειτουργίας της συσκευής μέσω του προγράμματος HOBO ware και αποθήκευση των μετρήσεων θερμοκρασίας και ηλιακής ακτινοβολίας με τη μορφή διαγραμμάτων.

4.2. Χρήση Προγραμμάτων

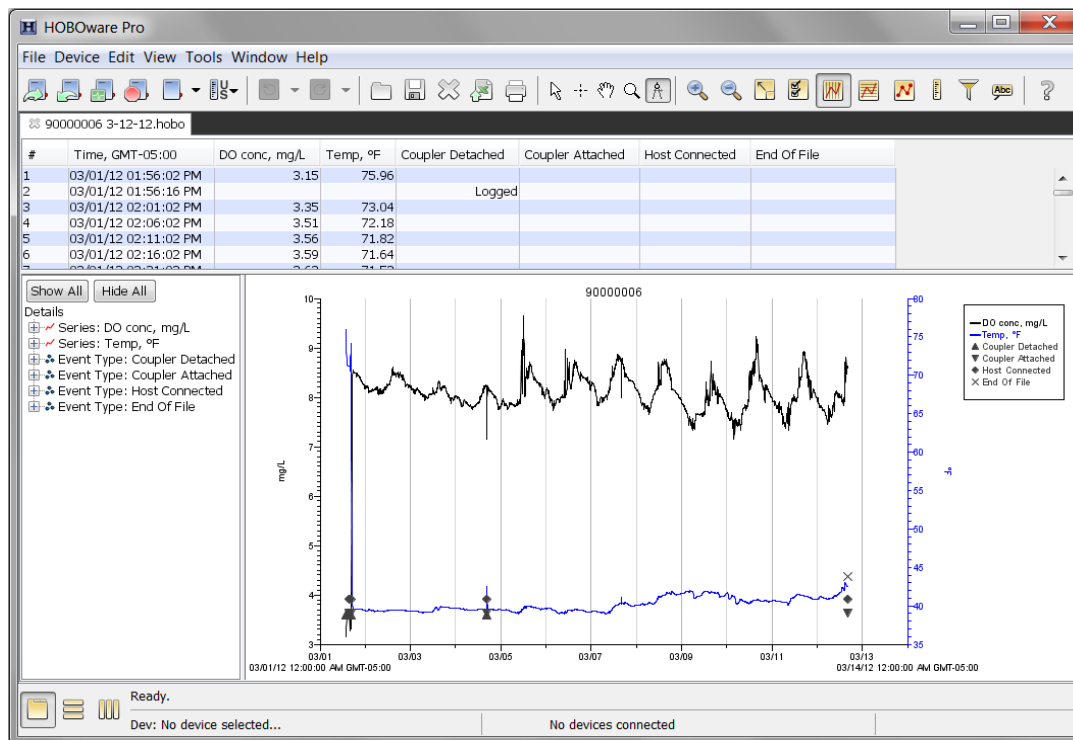
Για την ανάλυση των μετρήσεων που πραγματοποιήθηκαν στο πεδίο χρησιμοποιήθηκαν δύο προγράμματα, το HOBO ware pro και το Σύστημα Γεωγραφικών Πληροφοριών ή όπως είναι ευρέως γνωστό GIS (Geographic Information System).

4.2.1. Πρόγραμμα HOBO ware

Η εξαγωγή και απεικόνιση των μετρήσεων πραγματοποιείται μέσω του προγράμματος HOBO ware. Το πρόγραμμα αυτό χρησιμοποιείται για να ρυθμιστεί η εκκίνηση αλλά και η παύση της συσκευής, να καταγραφούν οι μετρήσεις και να παρουσιαστούν με τη μορφή διαγραμμάτων και πινάκων. Δύο εκδοχές του προγράμματος είναι διαθέσιμες το HOBO ware Pro και το HOBO ware, το οποίο και χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα εργασία. Στην εκπόνησης της συγκεκριμένης εργασίας χρησιμοποιήθηκε το HOBO ware -3.7.9 έκδοση για Windows 10.

Το HOBO ware δίνει την δυνατότητα να παρουσιαστεί απευθείας η μεταβολή των μετρούμενων μεγεθών με το χρόνο, ενώ τα αποτελέσματα παρουσιάζονται και σε μορφή πίνακα. Ακόμη μέσω του προγράμματος είναι δυνατή η εξαγωγή των μετρήσεων υπό μορφή πινάκων σε πρόγραμμα excel. Μία εφαρμογή που χρησιμοποιήθηκε εκτενώς στην παρούσα μελέτη, καθώς για την ανάλυση των αποτελεσμάτων και την παρουσίαση τους σε μορφή πινάκων και διαγραμμάτων χρησιμοποιήθηκε το συγκεκριμένο πρόγραμμα.

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων όπως παρουσιάζονται στο περιβάλλον εργασίας του HOBO ware.



Εικόνα 16 Πηγή: www.Onsetcomp.com

4.2.2. Σύστημα Γεωγραφικών Πληροφοριών (GIS)

Ένα Σύστημα Γεωγραφικών Πληροφοριών είναι ένα σύστημα διαχείρισης χωρικών δεδομένων και συσχετισμένων ιδιοτήτων. Ουσιαστικά, πρόκειται για ένα σύστημα χαρτογράφησης, αποθήκευσης και ανάλυσης γεωγραφικά συσχετισμένων οντοτήτων που υφίστανται στην επιφάνεια της γης (Τσουχλαράκη & Αχιλλέως, 2010). Τα συστήματα GIS αποτυπώνουν χωρικά δεδομένα σε ένα γεωγραφικό σύστημα συντεταγμένων, συνδέοντας ταυτόχρονα τα δεδομένα αυτά με περιγραφικούς πίνακες, δίνοντας με αυτόν τον τρόπο τις απαραίτητες πληροφορίες για το κάθε στοιχείο που απεικονίζεται στους ψηφιακούς χάρτες.

Στην παρούσα εργασία χρησιμοποιήθηκε η έκδοση 10.2 του GIS για την αποθήκευση και απεικόνιση των σημείων όπου πραγματοποιήθηκαν πειραματικές μετρήσεις. Επίσης, με τη χρήση του GIS δημιουργήθηκαν χάρτες απεικόνισης των διαδρομών που πραγματοποιήθηκαν πέριξ της περιοχής του Κήπου Χανίων, αλλά και χάρτης κατανομής της βλάστησης στην περιοχή των Χανίων-NDV Index (Εικόνα 10). Ακόμη έγινε χρήση του προγράμματος, για τη δημιουργία χαρτών ισόθερμων καμπυλών ώστε να καταστεί η βέλτιστη δυνατή απεικόνιση της επικρατούσας θερμοκρασιακής κατάστασης στην περιοχή του Κήπου.

4.3. Μετρήσεις πεδίου

Μετρήσεις της θερμοκρασίας αέρα, αλλά και της ηλιακής ακτινοβολίας πραγματοποιήθηκαν εντός αλλά και εκτός του Κήπου Χανίων κατά τη διάρκεια των καλοκαιρινών μηνών. Πιο συγκεκριμένα οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν από 22 Ιουλίου έως και 12 Αυγούστου 2016 και από 1 Σεπτεμβρίου έως και 14 Σεπτεμβρίου 2016. Συνολικά πραγματοποιήθηκαν 30 μέρες μετρήσεων σε αυτό το διάστημα. Τα δεδομένα συλλέχθηκαν από 7 διαφορετικά σημεία εντός του Κήπου Χανίων αλλά και από μετρήσεις που έγιναν περιμετρικά του Κήπου (12 σημεία περιμετρικά) δύο φορές την ημέρα. Η πρώτη μέτρηση λάμβανε χώρα στις 12:30μμ ενώ η δεύτερη στις 20:00μμ. Οι συγκεκριμένες ώρες επιλέχθηκαν διότι σύμφωνα με τους Skoulika et al. (2014) σε αντίστοιχη έρευνα στην Αθήνα, η επίδραση της ψυχρής νησίδας του πάρκου παρουσιάζει διαφοροποιήσεις τις απογευματινές και τις μεσημβρινές ώρες. Επομένως, για να είναι τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης όσο πιο αντιπροσωπευτικά γίνεται και να μπορέσει να εξαχθεί ένα γενικό συμπέρασμα για την επίδραση του Κήπου στην αστική θερμική νησίδα για όλη την διάρκεια της ημέρας, έγινε η επιλογή των συγκεκριμένων χρονικών περιόδων.

Πέρα των μετρήσεων εντός του Κήπου πραγματοποιήθηκαν επιπλέον, 3 διαφορετικές διαδρομές περιμετρικά, Νοτιοανατολικά και Βορειοδυτικά του Κήπου (Εικόνα 17). Περιμετρικά του πάρκου συλλέχθηκαν δεδομένα (θερμοκρασία, ακτινοβολία) για 12 διαφορετικά σημεία κατά τη διάρκεια της διαδρομής (Διαδρομή1), ενώ οι άλλες δύο διαδρομές πραγματοποιήθηκαν περπατώντας προς το τέλος της διαδρομής και επιστρέφοντας στο αρχικό σημείο έξω από το πάρκο (Διαδρομή 2,3). Στην δεύτερη διαδρομή συλλέχθηκαν στοιχεία για συνολικά 9 σημεία (Εικόνα 17) και διανύθηκε απόσταση 248μέτρων Νοτιοανατολικά του πάρκου (η συνολική διαδρομή είχε έκταση 492 μέτρα), ενώ για την δεύτερη διαδρομή έγιναν μετρήσεις σε συνολικά 4 σημεία και διανύθηκε απόσταση 104 μέτρων Βορειοδυτικά του πάρκου (η συνολική διαδρομή ήταν 206 μέτρα). Οι διαδρομές πραγματοποιήθηκαν και από την αντίθετη κατεύθυνση, δηλαδή από το τελευταίο σημείο των διαδρομών προς το πάρκο προκειμένου να υπάρχει έλεγχος σε περίπτωση που υπήρχαν θερμοκρασιακές διαφορές λόγω αστάθμητων παραγόντων. Οι διαδρομές αυτές πραγματοποιούνταν δύο φορές την ημέρα (μεσημέρι και απόγευμα) μετά τις μετρήσεις εντός του πάρκου. Συνολικά, η χρονική διάρκεια όλων των διαδρομών (εντός και εκτός του Κήπου) και το μεσημέρι αλλά και το απόγευμα, ήταν 40-45min καθημερινά (12:30μμ-13:10μμ και 20:00μμ-20:40μμ).



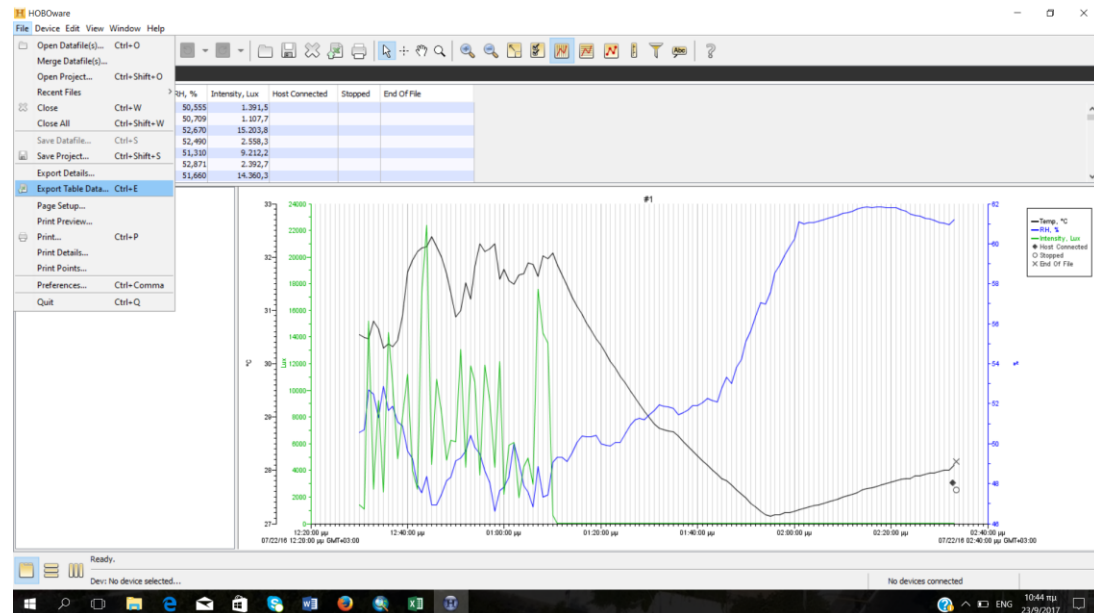
Εικόνα 17 Χάρτης σημείων μέτρησης, εντός και εκτός Κήπου (GIS)

Το όργανο που χρησιμοποιήθηκε για τη συλλογή των δεδομένων, όπως προαναφέρθηκε είναι το Hobo data logger U12-012, το οποίο ήταν τοποθετημένο σε απόσταση ενός μέτρου από το ανθρώπινο σώμα καθ' όλη τη διάρκεια των μετρήσεων και σε επίπεδο παράλληλο στο έδαφος. Πριν από κάθε μέτρηση πραγματοποιούνταν εκκίνηση του οργάνου μέσω του προγράμματος HOBO ware (έκδοση 3.7.9), καθώς και με το πέρας των μετρήσεων γινόταν παύση του οργάνου σε καθημερινή βάση όπως και αποθήκευση των αποτελεσμάτων. Για το κάθε σημείο εντός και εκτός του πάρκου, με συχνότητα ενός λεπτού (1min) πραγματοποιούνταν μέτρηση και καταγραφή των καιρικών παραμέτρων (θερμοκρασία, υγρασία και ένταση ηλιακής ακτινοβολίας) με ακρίβεια οργάνου $\pm 0,35^{\circ}\text{C}$ για τις μετρήσεις θερμοκρασίας. Ταυτόχρονα, για την καταγραφή των σημείων (συντεταγμένες) και της διαδρομής, χρησιμοποιήθηκε εφαρμογή του Παγκόσμιου Συστήματος Στιγματοθέτησης (GPS) μέσω του κινητού τηλεφώνου, προκειμένου να πραγματοποιηθεί απεικόνιση των σημείων σε χάρτες, με τη χρήση του GIS.

Μετά το πέρας των διαδρομών, καθημερινά πραγματοποιούνταν εισαγωγή, αποθήκευση και απεικόνιση των δεδομένων των μετρήσεων με τη μορφή διαγραμμάτων και πινάκων στο HOBO ware.

4.4. Εξαγωγή δεδομένων

Για την εξαγωγή των αποτελεσμάτων στην παρούσα εργασία ήταν απαραίτητη η δημιουργία πινάκων θερμοκρασίας συναρτήσεως του χρόνου για την περαιτέρω ανάλυση των δεδομένων. Το πρόγραμμα HOBOware έχει την δυνατότητα εξαγωγής πινάκων άμεσα σε υπολογιστικά φύλλα (excel).



Εικόνα 18 Περιβάλλον εργασίας HOBOware. Εξαγωγή πινάκων σε excel (προσωπικό αρχείο)

Για να μελετηθεί όμως η ένταση ψυχρής νησίδας του Κήπου Χανίων στα Χανιά είναι απαραίτητη και η συλλογή μετεωρολογικών δεδομένων και πιο συγκεκριμένα θερμοκρασίες από τους πλησιέστερους μετεωρολογικούς σταθμούς από την περιοχή μελέτης, στη συγκεκριμένη περίπτωση των σταθμών του Κέντρου-Χανίων και του Ακρωτηρίου-Χανίων. Τα δεδομένα των σταθμών παραχωρήθηκαν από το Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών (Lagouvardos, et al., 2017).

5. ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Οι πειραματικές μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού αλλά και ενός μέρους του φθινοπώρου δίνουν τη δυνατότητα να εξεταστεί το μέγεθος επίδρασης που ασκεί ο Κήπος Χανίων στον μετριασμό της αστικής θερμικής νησίδας στην πόλη των Χανίων.

5.1. Εύρος θερμοκρασιών στον Κήπο

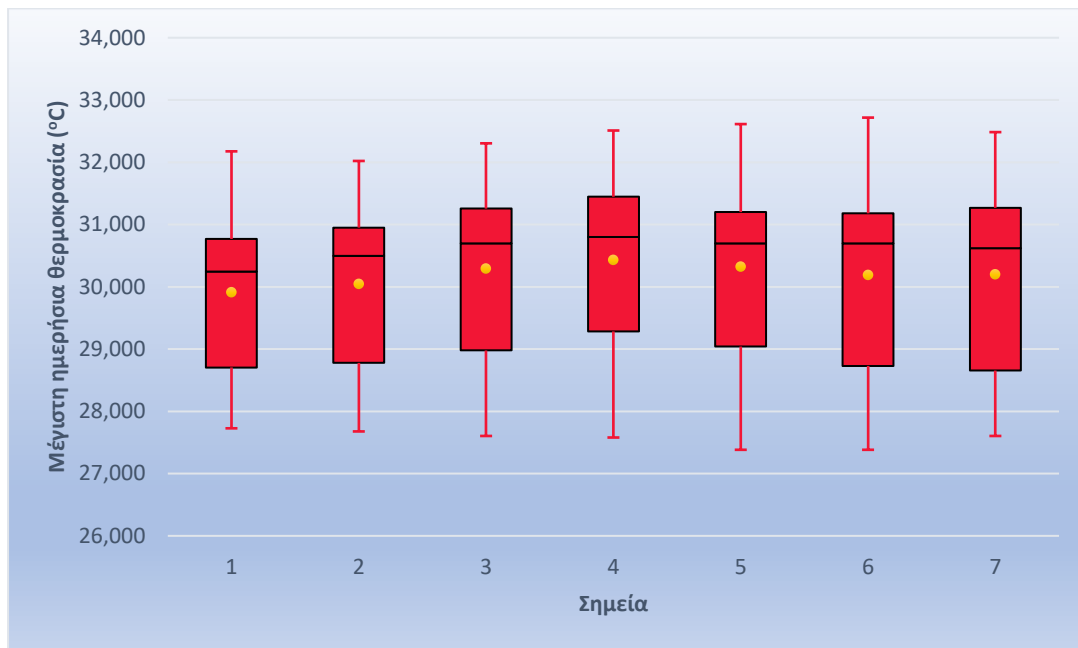
Προκειμένου να γίνει αντιληπτό το εύρος των τιμών θερμοκρασίας που μετρήθηκαν πειραματικά ανά σημείο στον Κήπο για όλη τη χρονική διάρκεια των μετρήσεων, χρησιμοποιήθηκαν θηκογράμματα (Boxplot).

Τα θηκογράμματα αποτελούν ένα τρόπο απεικόνισης των κυριότερων χαρακτηριστικών κατανομής του δείγματος σε μορφή διαγράμματος. Με τα θηκογράμματα παρουσιάζονται οι μέγιστες και οι ελάχιστες τιμές θερμοκρασίας στο κάθε σημείο καθώς και οι τιμές που βρίσκονται στο 1^ο, 2^ο και 3^ο τεταρτημόριο της κατανομής του δείγματος. Με αυτόν τον τρόπο είναι δυνατό να εντοπιστούν ακραίες τιμές, που είναι πιθανόν να υπάρχουν στα δεδομένα και δεν συνάδουν με το μεγαλύτερο μέρος του δείγματος αλλά και να προσδιοριστεί η θέση των τιμών σε σχέση με την μέση τιμή του δείγματος.

Στην παρούσα εργασία δημιουργήθηκαν θηκογράμματα για την απεικόνιση της κατανομής των θερμοκρασιών ανά σημείο (7σημεία) εντός του πάρκου για όλη τη χρονική διάρκεια των μετρήσεων (22/07/2016 έως και τις 14/09/2016). Δημιουργήθηκαν δύο θηκογράμματα. Ένα για τις μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν τις μεσημβρινές ώρες στο πάρκο (12:30μμ), όπου παρατηρούνται και οι μέγιστες τιμές θερμοκρασίας και ένα για τις απογευματινές μετρήσεις (20:00μμ), όπου παρατηρούνται οι ελάχιστες τιμές θερμοκρασίας.

Στα παρακάτω θηκογράμματα απεικονίζεται με κυκλικό σχήμα και η μέση θερμοκρασία που υπολογίστηκε για κάθε σημείο για όλη τη χρονική περίοδο των πειραματικών μετρήσεων.

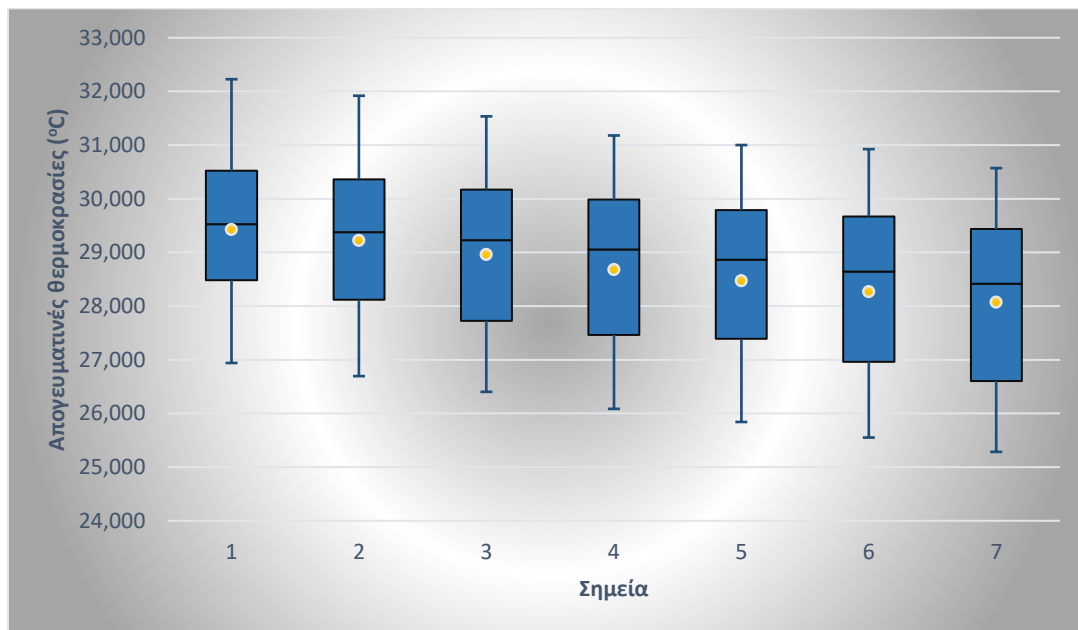
Οι μέγιστες θερμοκρασίες σημειώθηκαν τις μεσημβρινές ώρες (12:30μμ) και το εύρος των θερμοκρασιών αυτών ανά σημείο παρουσιάζεται στο κάτωθεν διάγραμμα (Διάγραμμα 1).



Διάγραμμα 1 Κατανομή μέγιστων ημερήσιων τιμών θερμοκρασίας ανά σημείο (12:30μμ)

Όπως φαίνεται από το Διάγραμμα 1, εντός του πάρκου καθ' όλη τη χρονική διάρκεια των μετρήσεων οι μέγιστες τιμές θερμοκρασιών κυμαίνονται από 32°C (σημείο 2) και φτάνουν έως και τους 32.7°C (σημείο 7). Το εύρος θερμοκρασιών δεν ξεπερνά τις 5 μονάδες καθ' όλη τη χρονική διάρκεια των μετρήσεων, καθώς για το κάθε σημείο η ελάχιστη θερμοκρασία το μεσημέρι έχει τιμές άνω των 27°C ενώ οι μέγιστες θερμοκρασίες δεν ξεπερνούν τους 33°C. Το μεγαλύτερο εύρος θερμοκρασίας παρουσιάζουν τα σημεία 5 και 6 καθώς η ελάχιστη τιμή θερμοκρασίας που μετρήθηκε στα συγκεκριμένα σημεία είναι 27.4°C ενώ η μέγιστη τιμή τους ήταν 32.6°C και 32.7°C, αντίστοιχα. Η μέση τιμή θερμοκρασίας και για τα 7 σημεία κυμαίνεται από 29.8°C έως 30.4°C, ενώ γενικά φαίνεται να υπάρχει θερμοκρασιακή ομοιογένεια για τις μετρήσεις εντός του Κήπου τις μεσημβρινές ώρες.

Αντίστοιχα, για τις μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν τις απογευματινές ώρες (20:00) η κατανομή των θερμοκρασιών εντός του πάρκου παρουσιάζεται στο κάτωθεν διάγραμμα (Διάγραμμα 2). Όπως φαίνεται και από το διάγραμμα για τις τιμές θερμοκρασίας που μετρήθηκαν πειραματικά στο πεδίο θερμοκρασίας που σημειώθηκαν τις απογευματινές ώρες, έχουν την ελάχιστη τιμή τους.



Διάγραμμα 2 Κατανομή απογευματινών (ελαχίστων) θερμοκρασιών ανά σημείο

Σύμφωνα με το διάγραμμα αυτό η κατανομή των μέγιστων τιμών θερμοκρασίας για τη συγκεκριμένη ώρα παρουσιάζει διαφορά θερμοκρασίας έως 1.5°C , καθώς στο σημείο 1 η μέγιστη θερμοκρασία φτάνει τους 32°C ενώ η αντίστοιχη θερμοκρασία για το σημείο 7 δεν ξεπερνά 30.6°C . Το ίδιο μέγεθος θερμοκρασιακής διαφοράς φαίνεται να παρουσιάζουν και οι ελάχιστες θερμοκρασίες, ενώ για τα περισσότερα σημεία (σημεία 4, 5, 6 και 7) η ελάχιστη θερμοκρασία σημειώθηκε την τελευταία ημέρα των μετρήσεων (14 Σεπτεμβρίου). Οι τιμές ελαχίστων θερμοκρασιών εντός του πάρκου τις απογευματινές ώρες κυμαίνονται από 25.2°C έως 27°C , ενώ η μέση τιμή θερμοκρασίας των σημείων έχει τιμές από 28°C έως 29.5°C . Οι μέσες θερμοκρασίες των απογευματινών μετρήσεων είναι αρκετά υψηλές αν συγκριθούν με τις αντίστοιχες τιμές θερμοκρασίας των μεσημβρινών μετρήσεων. Επιπλέον, το εύρος των τιμών θερμοκρασίας δεν ξεπερνά τους 5.5°C ανά σημείο, με το μεγαλύτερο εύρος θερμοκρασίας να παρουσιάζεται στο σημείο 6 και το μικρότερο στο σημείο 4.

Από τη σύγκριση των δύο διαγραμμάτων επιβεβαιώνεται ότι οι μέγιστες τιμές θερμοκρασίας ανά σημείο σημειώνονται κατά τη διάρκεια των μεσημβρινών μετρήσεων ενώ οι ελάχιστες κατά τη διάρκεια των απογευματινών μετρήσεων.



Εικόνα 19 Χάρτης γεωγραφικής απεικόνισης των σημείων (7) εντός του Κήπου και του σημείου αναφοράς (31) (GIS)

5.2. Cool Island Intensity πάρκου

Με τον όρο cool Island Intensity (CII) εννοείται η θερμοκρασιακή διαφορά που παρατηρείται μεταξύ της ατμόσφαιρας στο εσωτερικό του πάρκου και στον εξωτερικό περιβάλλοντα χώρο αυτού, δηλαδή στην προκείμενη περίπτωση την αστική θερμοκρασία (Chang, et al., 2007). Οι θερμοκρασίες του περιβάλλοντα χώρου καταγράφονται από τους αστικούς μετεωρολογικούς σταθμούς.

Η συνολική Ένταση Δροσισμού του Πάρκου (PCI) δίδεται από τον τύπο:

$$PCI = \Delta T = T_{park} - T_{urban} (K)$$

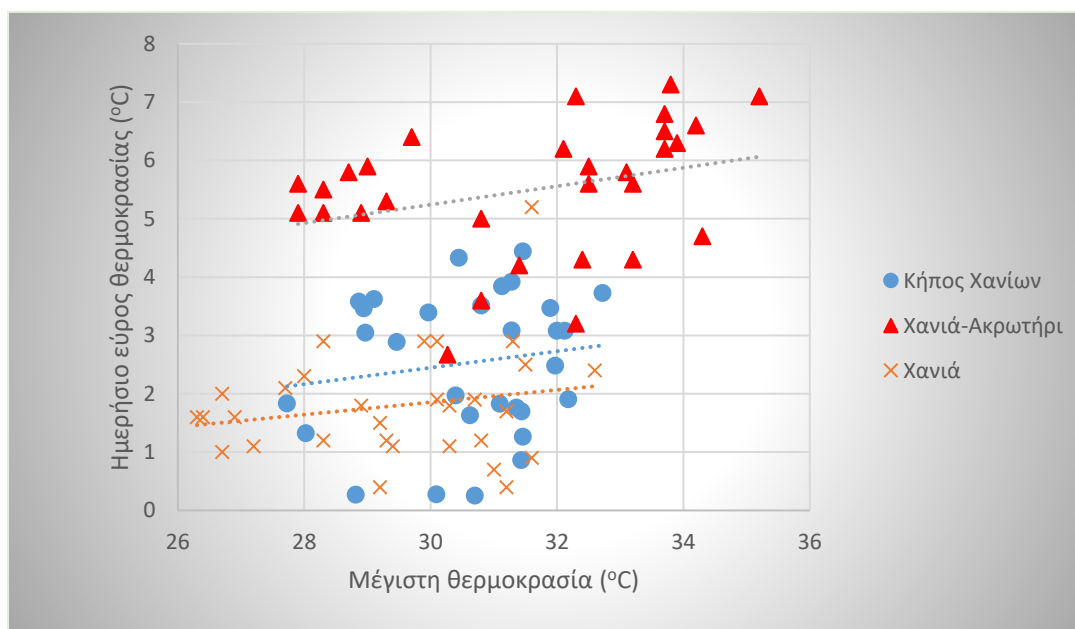
Όταν η ένταση ψυχρής νησίδας (PCI) έχει αρνητικές τιμές το πάρκο δρα ως ψυχρή νησίδα και συμβάλλει στην μείωση των θερμοκρασιών της περιβάλλουσας περιοχής. Αντίθετα, όταν η ένταση ψυχρής νησίδας αποκτά θετικές τιμές σημαίνει ότι το πάρκο παρουσιάζει μεγαλύτερες τιμές θερμοκρασίας σε σχέση με την υπόλοιπη πόλη με αποτέλεσμα να χαρακτηρίζεται ως θερμική νησίδα. Το φαινόμενο αυτό δεν είναι τόσο συχνό, παρ' όλα αυτά έχουν παρατηρηθεί περιπτώσεις όπου τα πάρκα είναι πιο θερμά από το αστικό κέντρο, όπως σε έρευνα των Chang et al. (2007) όπου στην πόλη της Ταϊπέι βρέθηκαν 61 πάρκα που δρούσαν ως θερμικές νησίδες.

Στην παρούσα εργασία για να γίνει υπολογισμός της συνολικής έντασης ψυχρής νησίδας του Κήπου Χανίων (PCI) υπολογίστηκε η ένταση ψυχρής νησίδας (CII) για το κάθε επιμέρους σημείο, όπου πραγματοποιήθηκε πειραματική μέτρηση, εντός του Κήπου.

Για τον υπολογισμό της έντασης ψυχρής νησίδας κάθε σημείου χρειάστηκαν δεδομένα θερμοκρασίας από τους μετεωρολογικούς σταθμούς Χανίων-Ακρωτήρι και Χανίων-Κέντρο, οι οποίες παραχωρήθηκαν από το Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών¹⁴ (Lagouvardos, et al., 2017).

5.2.1. Συγκριτική ανάλυση δεδομένων

Σε αρχικό στάδιο, για την επεξεργασία των δεδομένων χρησιμοποιήθηκαν οι μέγιστες και ελάχιστες θερμοκρασίες που παρατηρήθηκαν μέσα στην ημέρα προκειμένου να υπολογιστεί το εύρος θερμοκρασίας που παρουσιάζεται στα Χανιά και στον Κήπο καθημερινά. Συσχετίζοντας το εύρος θερμοκρασίας και την μέγιστη θερμοκρασία για κάθε ημέρα, γίνονται αντιληπτές οι θερμοκρασιακές διαφορές που παρουσιάζουν οι δύο σταθμοί και ο Κήπος Χανίων.



Διάγραμμα 3 Συσχέτιση μεταξύ των μέγιστων θερμοκρασιών 2 σταθμών και του Κήπου και του ημερήσιου εύρους θερμοκρασίας

Πιο συγκεκριμένα και σύμφωνα με το διάγραμμα 3, παρατηρείται ότι οι μεγαλύτερες θερμοκρασιακές διαφορές μέσα στην ημέρα για όλη την περίοδο των μετρήσεων παρουσιάζονται στο σταθμό του Ακρωτηρίου (Χανιά-Ακρωτήρι). Ταυτόχρονα παρουσιάζει και τις μεγαλύτερες μέγιστες θερμοκρασίες μέσα στην ημέρα σε σχέση με τον Κήπο και τον σταθμό στα Χανιά. Μάλιστα, το θερμοκρασιακό εύρος του σταθμού αυτού είναι υψηλότερο κατά 2K-4K σε σχέση με το εύρος του Κήπου. Αυτό αποδεικνύει ότι στην συγκεκριμένη περιοχή κατά την διάρκεια της ημέρας παρουσιάζονται ιδιαίτερα υψηλές θερμοκρασίες ενώ με την Δύση του ηλίου η θερμοκρασία μπορεί να μειωθεί έως και 7K. Συγκεκριμένα το θερμοκρασιακό εύρος για τον

¹⁴ http://meteosearch.meteo.gr/Raw%20Materials/2017-Geoscience_Data_Journal-stations.pdf

συγκεκριμένο σταθμό αποκτά τιμές από 2.7K έως 7.1K και μάλιστα αποκτά αυξητική τάση σε σχέση με την μέγιστη θερμοκρασία.

Το εύρος θερμοκρασιών εντός του Κήπου κυμαίνεται από 0.3K έως και 4.4K, όπως φαίνεται και στο άνωθεν διάγραμμα, όπου και σε αυτή την περίπτωση παρατηρείται μία μικρή αυξητική τάση. Ωστόσο, το εύρος δεν είναι ιδιαίτερα μεγάλο καθώς οι ελάχιστες θερμοκρασίες που σημειώθηκαν τις απογευματινές ώρες έχουν αρκετά υψηλές τιμές σε αντίθεση με τις μέγιστες θερμοκρασίες οι οποίες είναι χαμηλότερες εν συγκρίσει με την υπόλοιπη πόλη. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα η θερμοκρασιακή διαφορά στον Κήπο να είναι μικρότερη από την αναμενόμενη. Αυτή η θερμοκρασιακή ιδιαιτερότητα μπορεί να εξηγηθεί μέσω κλιματολογικών φαινομένων, τα οποία θα ήταν ενδιαφέρον να μελετηθούν εκτενώς στο μέλλον.

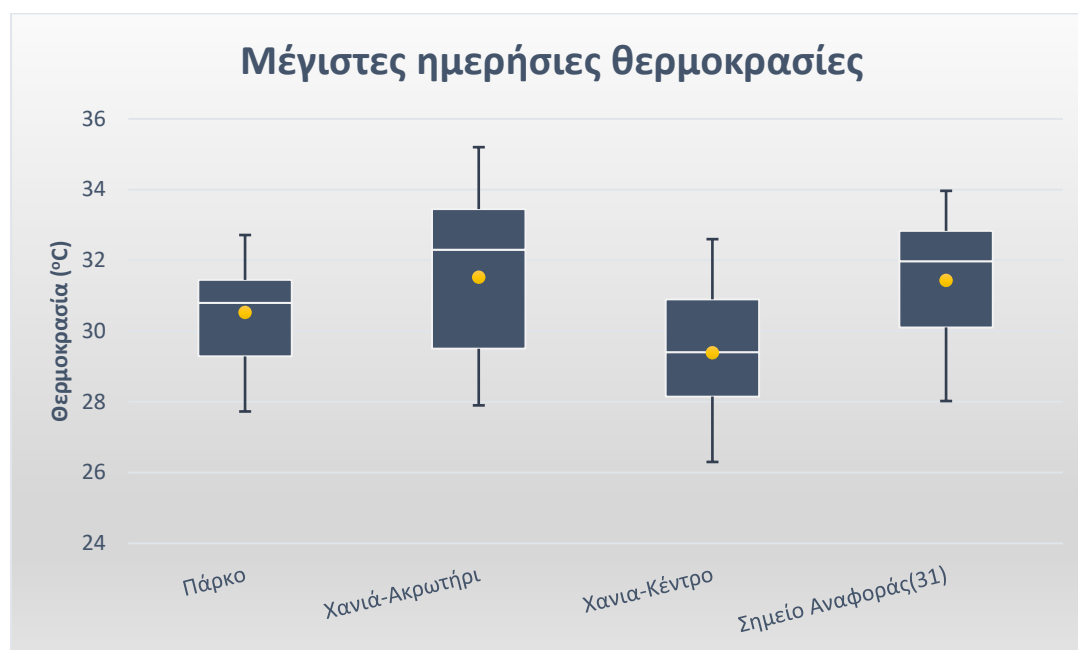
Όσον αφορά τον σταθμό των Χανίων (Χανιά-Κέντρο) παρουσιάζει όπως είναι αναμενόμενο μικρό θερμοκρασιακό εύρος μέσα στην ημέρα και οι τιμές του κυμαίνονται από 0.4K έως 5.2K. Το αποτέλεσμα αυτό οφείλεται στην ύπαρξη της αστικής θερμικής νησίδας στην πόλη των Χανίων που όπως έχει προαναφερθεί σε προηγούμενο κεφάλαιο, η ένταση της, στη συγκεκριμένη πόλη είναι αρκετά αισθητή με αποτέλεσμα να μην επιτυγχάνεται αποθέρμανση της πόλης τις βραδινές ώρες. Έτσι, οι θερμοκρασίες μετά τη Δύση του ηλίου εξακολουθούν να διατηρούνται σε υψηλές τιμές. Στην συγκεκριμένη περίπτωση όμως είναι αξιοσημείωτο το γεγονός ότι ενώ, το θερμοκρασιακό εύρος είναι μικρό ταυτόχρονα οι μέγιστες καταγεγραμμένες θερμοκρασίες του σταθμού είναι αρκετά χαμηλότερες από τις αναμενόμενες. Για την ακρίβεια, λόγω της αστικής θερμικής νησίδας στην πόλη θα έπρεπε ο σταθμός των Χανίων να έχει υψηλότερες μέγιστες θερμοκρασίες από τον σταθμό του Ακρωτηρίου.

Αυτή η διαφορά μπορεί να εξηγηθεί από την γεωγραφική θέση του σταθμού των Χανίων (Κέντρο) στην πόλη, καθώς ο σταθμός βρίσκεται σε πολύ μικρή απόσταση από την θάλασσα και για την ακρίβεια απέχει λιγότερο από 400m με αποτέλεσμα οι ψυχρές αέριες μάζες που αναπτύσσονται πάνω από την επιφάνεια της θάλασσας να μεταφέρονται προς την πόλη μέσω του αέρα επιδρώντας στην θερμοκρασία, ειδικά στις παράκτιες περιοχές. Γι' αυτόν τον λόγο συγκριτική ανάλυση των δεδομένων θα πραγματοποιηθεί κυρίως μεταξύ των θερμοκρασιών του Κήπου και του σταθμού Χανίων-Ακρωτήρι.

Εκτός από τα δεδομένα των μετεωρολογικών σταθμών πραγματοποιήθηκε σύγκριση των θερμοκρασιών των σημείων εντός του πάρκου με τη αντίστοιχη θερμοκρασία που μετρήθηκε στο σημείο 31. Επιλέχτηκε να γίνει σύγκριση των θερμοκρασιών που μετρήθηκαν στο συγκεκριμένο σημείο, διότι παρόλο που η μέτρηση πραγματοποιήθηκε πειραματικά το σημείο αυτό βρίσκεται σε σημαντική απόσταση από τον Κήπο και είναι ιδιαίτερα κοντά στο κέντρο (επί της οδού Τζανακάκη) απεικονίζοντας τις θερμοκρασίες που είχε το κέντρο των Χανίων την συγκεκριμένη χρονική περίοδο. Η ακριβής θέση του σημείου απεικονίζεται στους Χάρτες 14 και 19.

Μία πρώτη σύγκριση για τις θερμοκρασίες που παρουσιάζονται στο πάρκο και στους σταθμούς αναφοράς απεικονίζεται στα ακόλουθα θηκογράμματα. Δημιουργήθηκαν δύο θηκογράμματα κατανομής των θερμοκρασιακών

δεδομένων καθ' όλη τη διάρκεια των πειραματικών μετρήσεων. Το πρώτο διάγραμμα παρουσιάζει τις θερμοκρασίες που παρατηρήθηκαν τις μεσημβρινές ώρες (12:30μμ), οι οποίες αντιστοιχούν και στις μέγιστες τιμές θερμοκρασίας. Για τις θερμοκρασίες του πάρκου χρησιμοποιήθηκαν οι μέγιστες ανά ημέρα τιμές που παρατηρήθηκαν τη συγκεκριμένη χρονική περίοδο εντός του πάρκου.

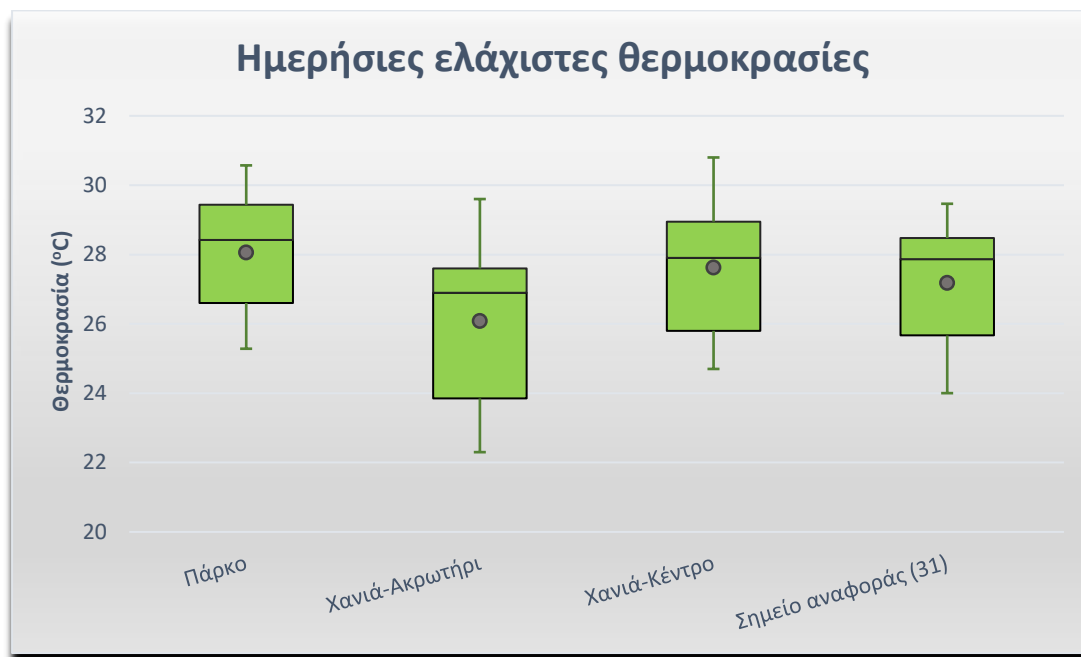


Διάγραμμα 4 Κατανομή της ημερήσιας μέγιστης θερμοκρασίας στον Κήπο και στους σταθμούς

Όπως φαίνεται και στο Διάγραμμα 4 κατά τις μεσημβρινές μετρήσεις οι μέγιστες θερμοκρασίες σημειώνονται στο σταθμό του Ακρωτηρίου, όπου σημειώνεται και το μεγαλύτερο εύρος για την περίοδο Ιουλίου, Αυγούστου και Σεπτεμβρίου. Πιο συγκεκριμένα οι μέγιστες θερμοκρασίες κυμαίνονται από 27.9°C και φτάνουν έως και 35.2°C (12 Αυγούστου). Στο σημείο αναφοράς, σημειώνονται εξίσου υψηλές θερμοκρασίες, οι οποίες έχουν τιμές από 28°C έως και 34°C, θερμοκρασία η οποία σημειώθηκε στις 24 Ιουλίου. Εντός του πάρκου οι μέγιστες θερμοκρασίες που σημειώθηκαν είναι αρκετά μικρότερες σε σχέση με των υπολοίπων σταθμών και αποκτούν τιμές από 27.7°C έως και 32.7°C (12 Αυγούστου). Όσον αφορά τον σταθμό Χανίων παρουσιάζει τις μικρότερες θερμοκρασίες με τιμές από 26.3°C έως 32.6°C (12 Αυγούστου).

Όπως είναι αναμενόμενο οι υψηλότερες τιμές θερμοκρασίας σημειώθηκαν κατά τη διάρκεια των καλοκαιρινών μηνών και πιο συγκεκριμένα στις 12 Αυγούστου.

Αντίστοιχο διάγραμμα δημιουργήθηκε για την απεικόνιση της κατανομής των ελαχίστων θερμοκρασιών που παρατηρήθηκαν κατά τις απογευματινές ώρες (20:00μμ). Για τις θερμοκρασίες του πάρκου χρησιμοποιήθηκαν οι ελάχιστες ανά ημέρα τιμές που παρατηρήθηκαν τη συγκεκριμένη χρονική περίοδο στα σημεία όπου έγιναν μετρήσεις.



Διάγραμμα 5 Κατανομή της ημερήσιας ελάχιστης (απογευματινής) θερμοκρασίας στον Κήπο και στους σταθμούς

Σύμφωνα με το Διάγραμμα 5, κατανομής των ελαχίστων θερμοκρασιών, οι τιμές θερμοκρασίας του σταθμού Ακρωτηρίου είναι χαμηλότερες εν συγκρίσει με του πάρκου αλλά και με των υπολοίπων σταθμών και έχουν τιμές από 22.3°C έως 29.6°C. Στο σημείο αναφοράς σημειώνονται υψηλότερες τιμές σε σύγκριση με το σταθμό του Ακρωτηρίου αλλά χαμηλότερες από τον σταθμό του Κέντρου και από τον Κήπο. Οι ελάχιστες τιμές θερμοκρασίας ξεκινούν από 24°C και φτάνουν έως και τους 29.5°C. Ενώ, ο Κήπος με τον σταθμό του Κέντρου παρουσιάζουν τις υψηλότερες ελάχιστες θερμοκρασίες, οι οποίες έχουν αρκετά κοντινές τιμές. Οι ελάχιστες θερμοκρασίες του Κήπου ξεκινούν από 25.3°C και φτάνουν τους 30.6°C.

Αξίζει να σημειωθεί ότι οι μικρότερες τιμές θερμοκρασίας παρουσιάζονται την τελευταία μέρα των μετρήσεων στις 14 Σεπτεμβρίου.

5.2.2. Υπολογισμός έντασης ψυχρής νησίδας (CII)

Για τον υπολογισμό της έντασης ψυχρής νησίδας του Κήπου στην πόλη των Χανίων ανά ημέρα έγινε υπολογισμός του μέσου όρου των εντάσεων ψυχρής νησίδας των επιμέρους σημείων του πάρκου. Ως T_{urban} (ή ως θερμοκρασία αναφοράς) χρησιμοποιήθηκαν τα δεδομένα θερμοκρασίας του σταθμού Χανίων-Ακρωτήρι και οι θερμοκρασίες που καταγράφηκαν στο σημείο 31, που βρίσκεται στο κέντρο της πόλης.

Αρχικά υπολογίστηκε η ένταση ψυχρής νησίδας για το κάθε σημείο του πάρκου με τη χρήση του τύπου:

$$\Delta T = CII = T_{\text{σημείου}} - T_{\text{urban}(12:30)} \text{ (K)}$$

Και
$$\Delta T = CII = T_{\text{σημείου}} - T_{\text{urban}(20:00)} \text{ (K)}$$

Για τις μεσημβρινές και απογευματινές ώρες αντίστοιχα.

Επειδή, οι μετεωρολογικοί σταθμοί του Εθνικού Αστεροσκοπείου λαμβάνουν μετεωρολογικά δεδομένα με συχνότητα 10 λεπτών, ενώ οι μετρήσεις στο πεδίο λήφθηκαν με βήμα 1 λεπτού, για τον υπολογισμό της έντασης ψυχρής νησίδας κάθε σημείου ως T_{urban} τέθηκαν οι τιμές θερμοκρασίας στις 12:30μμ και στις 20:00μμ αντίστοιχα για τις μεσημβρινές και τις απογευματινές μετρήσεις.

Έπειτα, προκειμένου να μελετηθεί η συνολική ένταση της ψυχρής νησίδας του πάρκου και για το μεσημέρι αλλά και για το απόγευμα υπολογίστηκε ο μέσος όρος των CII για κάθε ημέρα.

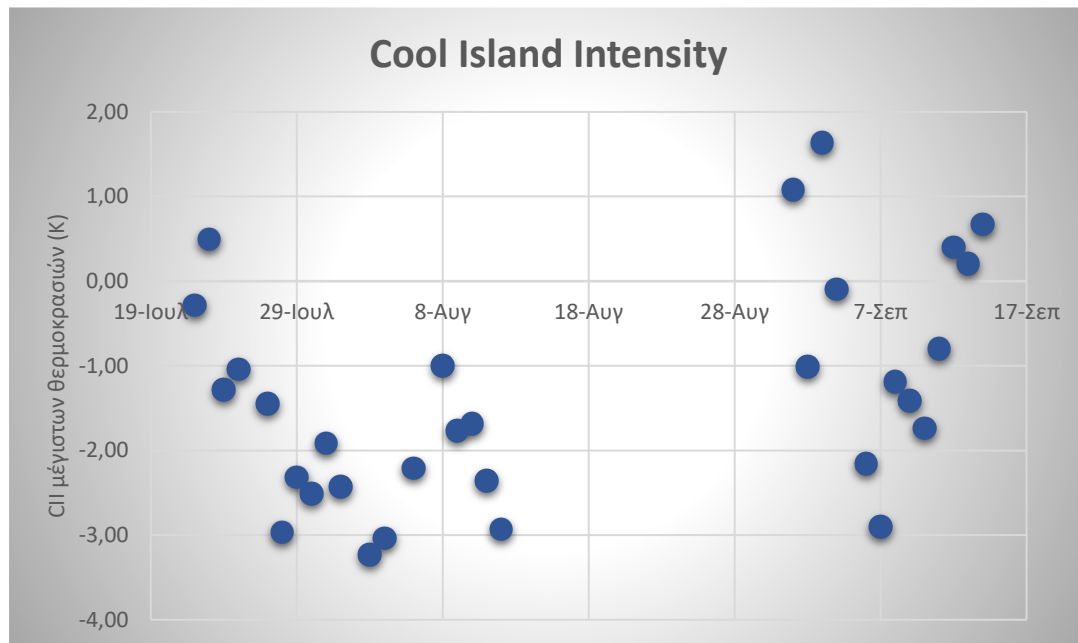
Ένταση ψυχρής νησίδας τις μεσημβρινές ώρες (12:30μμ)

Από τα διαγράμματα που προκύπτουν για την ένταση ψυχρής νησίδας του Κήπου στην πόλη των Χανίων φαίνεται ότι ο Κήπος είναι δροσερότερος από την πόλη κατά τις μεσημβρινές ώρες, τουλάχιστον για τις περισσότερες μέρες της περιόδου που πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις.

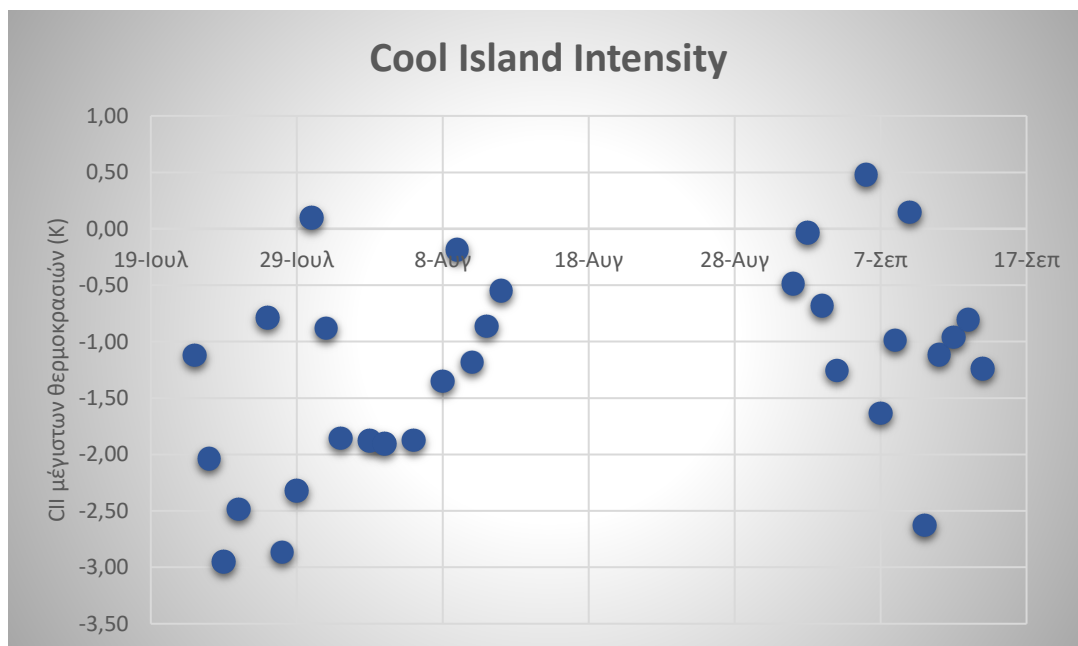
Συγκεκριμένα, στο Διάγραμμα 6 όπου υπολογίστηκε η ένταση ψυχρής νησίδας με σημείο αναφοράς τον σταθμό του Ακρωτηρίου τις περισσότερες μέρες η ένταση ψυχρής νησίδας (CII) αποκτά αρνητικές τιμές που σημαίνει ότι ο Κήπος είναι δροσερότερος από την πόλη. Η ένταση ψυχρής νησίδας αποκτά τιμές από -3.2K έως 1.6K καθ' όλη τη διάρκεια των μετρήσεων σε αυτή την περίπτωση. Προκειμένου να εξαχθεί ένα πιο γενικό αποτέλεσμα για τη επίδραση του Κήπου στην θερμοκρασία της πόλης υπολογίστηκαν οι μέσες εντάσεις ψυχρής νησίδας για τις περιόδους Ιουλίου-Αυγούστου και Σεπτεμβρίου. Έτσι, προκύπτει ότι ο Κήπος για την περίοδο Ιουλίου-Αυγούστου είναι κατά μέσο όρο 1.9K δροσερότερος από τον αστικό χώρο, ενώ για την περίοδο του Σεπτεμβρίου είναι κατά 0.6K δροσερότερος. Συνολικά για όλη την περίοδο των μετρήσεων η μέση ένταση ψυχρής νησίδας (PCI) του Κήπου ισούται με -1.3K.

Το ίδιο συμπέρασμα προκύπτει και από το Διάγραμμα 7, όπου παρουσιάζεται η ένταση ψυχρής νησίδας του Κήπου με σημείο αναφοράς το σημείο 31, που πραγματοποιήθηκαν πειραματικές μετρήσεις. Σε αυτή την περίπτωση παρατηρείται ότι ο Κήπος είναι δροσερότερος από τον αστικό χώρο για τις περισσότερες ημέρες, ενώ η ένταση ψυχρής νησίδας (CII) παίρνει τιμές από -3K έως 0.5K. Η μέση ένταση ψυχρής νησίδας για την χρονική περίοδο Ιουλίου-Αυγούστου είναι -1.5K ενώ για τον Σεπτέμβριο -0.9K, γεγονός που επιβεβαιώνει ότι ο Κήπος είναι κατά 1.5K δροσερότερος από τον αστικό χώρο το καλοκαίρι και κατά 0.9K το Σεπτέμβριο. Ενώ, η μέση ένταση ψυχρής νησίδας για όλη τη χρονική διάρκεια των μετρήσεων βρέθηκε ίση με -1.2K.

Οι αναλυτικοί πίνακες με τα αποτελέσματα των παρακάτω διαγραμμάτων βρίσκονται στο Παράρτημα Β της εργασίας στις σελίδες 92 με 95.



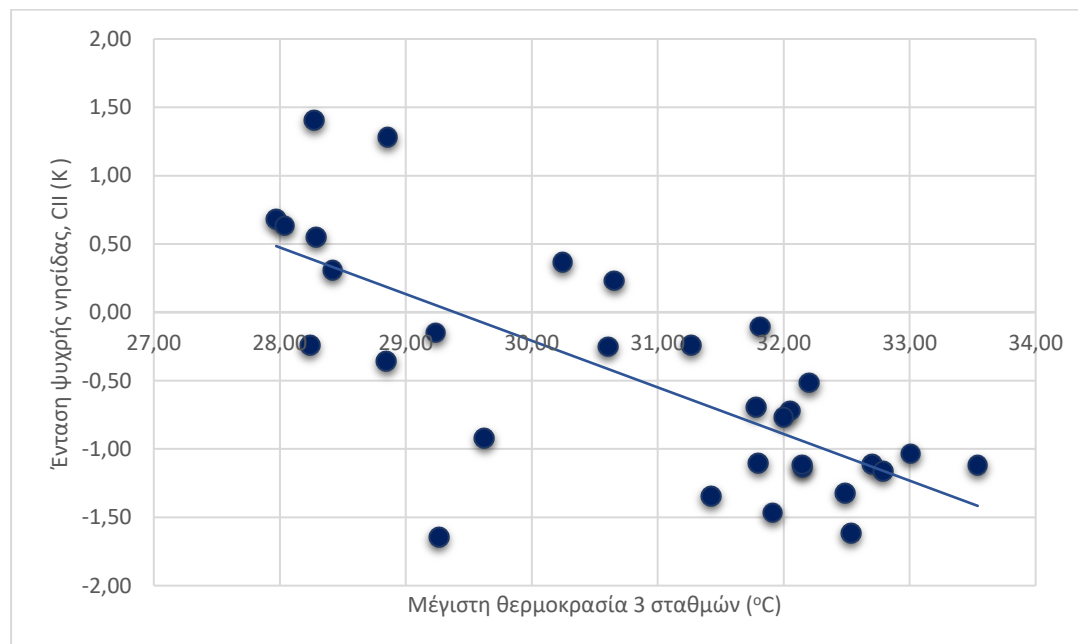
Διάγραμμα 6 Ημερήσια διαφορά των μέγιστων θερμοκρασιών, CII, του Κήπου και του σταθμού Χανίων-Ακρωτηρίου



Διάγραμμα 7 Ημερήσια διαφορά των μέγιστων θερμοκρασιών, CII, του Κήπου και του σημείου αναφοράς (31)

Από τα παραπάνω διαγράμματα παρατηρήθηκε ότι η ένταση ψυχρής νησίδας παρουσιάζει υψηλότερες τιμές την περίοδο Ιουλίου-Αυγούστου. Το γεγονός αυτό υποδεικνύει ότι μπορεί να υπάρχει συσχέτιση μεταξύ της θερμοκρασίας και της έντασης ψυχρής νησίδας. Για τον λόγο αυτό δημιουργήθηκε το ακόλουθο διάγραμμα, όπου παρουσιάζεται η σχέση μεταξύ της μέσης μέγιστης θερμοκρασίας των μετεωρολογικών σταθμών του Κέντρου, του Ακρωτηρίου και του σημείου αναφοράς με την αντίστοιχη μέση ένταση ψυχρής νησίδας (CII) που παρουσιάζουν σε σχέση με το πάρκο. Στο συγκεκριμένο διάγραμμα

(Διάγραμμα 8) φαίνεται ότι για θερμοκρασίες μεγαλύτερες των 31°C η ένταση ψυχρής νησίδας παρουσιάζει ιδιαιτέρως υψηλές τιμές, σε αντίθεση με θερμοκρασίες μικρότερες των 29°C που ως επί το πλείστον φαίνεται να μειώνεται η ένταση της.



Διάγραμμα 8 Σχέση μεταξύ της καθημερινής μέσης μέγιστης θερμοκρασίας 3 σταθμών με την αντίστοιχη μέση ένταση ψυχρής νησίδας του πάρκου

Ένταση ψυχρής νησίδας τις απογευματινές ώρες (20:00μμ)

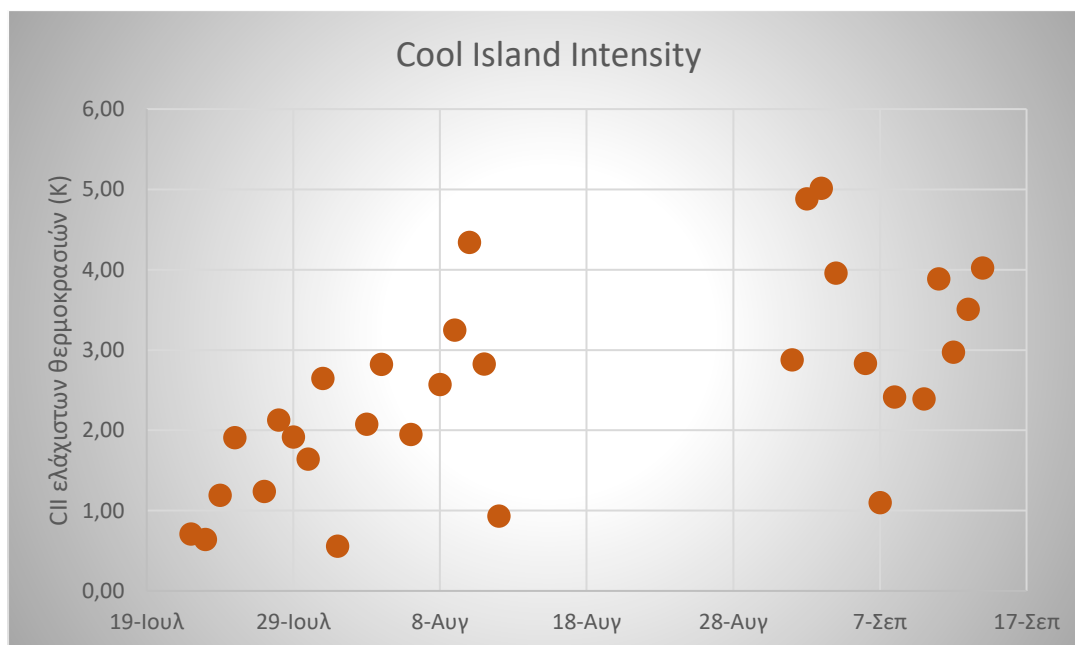
Προκειμένου να μελετηθεί το θερμοκρασιακό προφίλ του Κήπου και η επίδραση του στο φαινόμενο της θερμικής νησίδας στα Χανιά, εξετάστηκε ξεχωριστά η ένταση ψυχρής νησίδας τις απογευματινές ώρες. Για την ακρίβεια από τα διαγράμματα της έντασης ψυχρής νησίδας ανά ημέρα προκύπτει ότι τις απογευματινές ώρες ο Κήπος δεν επιδρά στην μείωση των θερμοκρασιών της πόλης αλλά αντίθετα παρουσιάζει θερμοκρασίες μεγαλύτερες από τις αντίστοιχες των σταθμών. Στην συγκεκριμένη περίπτωση ο Κήπος αρχίζει και δρα σαν “νησί θερμότητας”.

Σύμφωνα με τα Διαγράμματα 9 και 10, τις περισσότερες μέρες η ένταση ψυχρής νησίδας αποκτά θετικές τιμές, με αποτέλεσμα ο Κήπος να είναι πιο θερμός από την γύρω περιοχή. Πιο συγκεκριμένα στο Διάγραμμα 9, όπου παρουσιάζεται η ένταση ψυχρής νησίδας του Κήπου με θερμοκρασία αναφοράς τις τιμές του σταθμού του Ακρωτηρίου, οι τιμές της CII κυμαίνονται από 0.6K έως 5K. Για την περίοδο του Ιουλίου-Αυγούστου η μέση ένταση ψυχρής νησίδας του Κήπου βρέθηκε ίση με 2K ενώ για την περίοδο του Σεπτεμβρίου η αντίστοιχη τιμή ισούται με 3.3K. Συνολικά για όλη την περίοδο Ιουλίου-Σεπτεμβρίου βρέθηκε ότι ο Κήπος είναι κατά 2.5K θερμότερος από την πόλη.

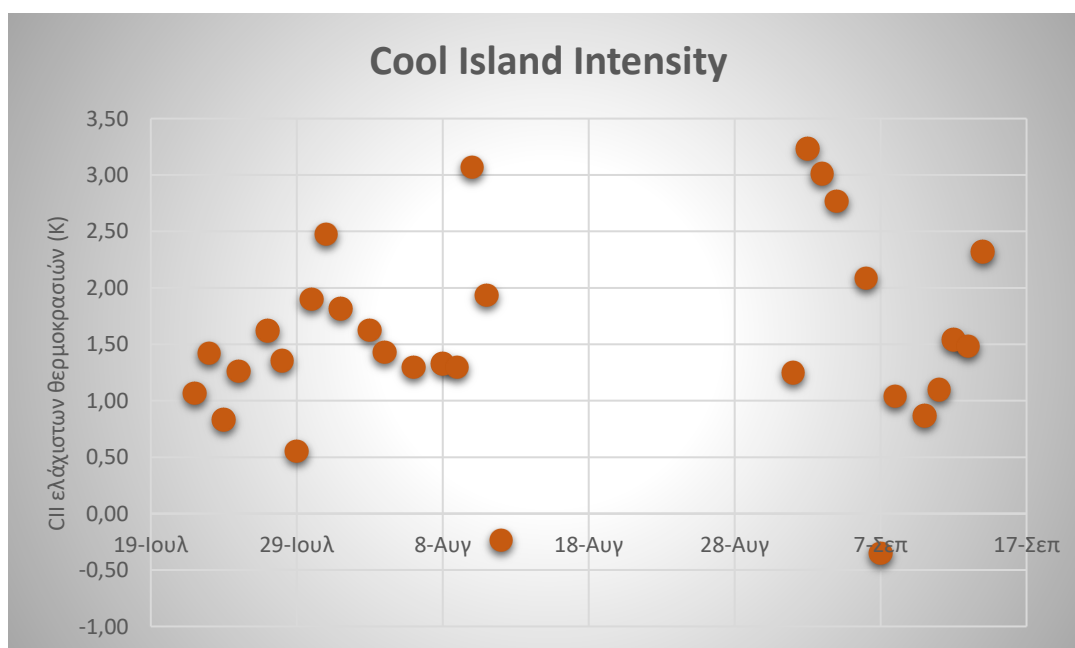
Παρομοίως, και στην περίπτωση που η ένταση ψυχρής νησίδας υπολογίστηκε με βάση τις θερμοκρασίες του σημείου 31 στο κέντρο της πόλης (Διάγραμμα 10) ο Κήπος παρουσιάζει υψηλότερες θερμοκρασίες από τον αστικό χώρο. Για

την ακρίβεια η ένταση ψυχρής νησίδας παρουσιάζει τιμές από -0.4K έως 3.2K, ενώ η μέση τιμή της CII για την περίοδο Ιουλίου-Αυγούστου και Σεπτεμβρίου είναι 1.5K και 1.7K αντίστοιχα. Όσον αφορά τη μέση ένταση ψυχρής νησίδας βρέθηκε ότι ο Κήπος είναι κατά μέσο όρο 1.6K θερμότερος από την πόλη για την περίοδο Ιουλίου-Σεπτεμβρίου.

Οι αναλυτικοί πίνακες με τα αποτελέσματα των παρακάτω διαγραμμάτων βρίσκονται στο Παράρτημα Β της εργασίας στις σελίδες 96 με 99.



Διάγραμμα 9 Ημερήσια απογευματινή διακύμανση της διαφοράς θερμοκρασίας μεταξύ του Κήπου και του σταθμού Χανίων-Ακρωτηρίου



Διάγραμμα 10 Ημερήσια απογευματινή διακύμανση της διαφοράς θερμοκρασίας μεταξύ του Κήπου και του σημείου αναφοράς στο Κέντρο της πόλης

5.2.3. Απεικόνιση θερμοκρασιακής συμπεριφοράς του Κήπου

Για την καλύτερη απεικόνιση της επίδρασης του Κήπου στην κλιματική κατάσταση της πόλης δημιουργήθηκαν μέσω του προγράμματος GIS και βάσει των πειραματικών μετρήσεων, ισόθερμες καμπύλες για το μεσημέρι και το απόγευμα, για τις δύο διαφορετικές περιόδους (Ιουλίου-Αυγούστου και Σεπτεμβρίου). Για τις δύο χρονικές περιόδους, υπολογίστηκε για κάθε σημείο μέτρησης η μέση θερμοκρασία που αυτό εμφανίζει κατά τη διάρκεια της κάθε περιόδου ξεχωριστά. Επιλέχθηκε να γίνουν διαφορετικοί χάρτες για κάθε περίοδο διότι παρουσιάζουν σημαντικές θερμοκρασιακές διαφοροποιήσεις οι μήνες του καλοκαιριού και ο Σεπτέμβρης, ιδιαίτερα τις απογευματινές ώρες.

Συγκεκριμένα διαπιστώνεται ότι ο Κήπος τις μεσημβρινές ώρες και στις δύο περιόδους δρα ως ψυχρή νησίδα στην πόλη, καθώς η θερμοκρασία εντός του Κήπου είναι σημαντικά χαμηλότερη από την εξωτερική αυτού (Εικόνα 20, 22). Για τις απογευματινές ώρες, όμως ο Κήπος φαίνεται να παρουσιάζει διαφορετική συμπεριφορά αφού οι θερμοκρασίες στο κέντρο του είναι αρκετά υψηλότερες σε σχέση με του περιβάλλοντα χώρου (Εικόνα 21, 23). Όσον αφορά τις θερμοκρασίες που παρατηρήθηκαν στις δύο περιόδους, όπως ήταν αναμενόμενο, παρουσιάζουν σημαντικές διαφορές και τον Σεπτέμβρη σημειώνονται οι πιο χαμηλές τιμές.



Εικόνα 20 Το φαινόμενο της Αστικής Ψυχρής Νησίδας στα Χανιά κατά τις μεσημβρινές ώρες (12:30μμ) για την περίοδο Ιουλίου-Αυγούστου.



Εικόνα 21 η θερμοκρασιακή συμπεριφορά του Κήπου Χανίων κατά τις απογευματινές ώρες (20:00μμ) για την περίοδο Ιουλίου-Αυγούστου



Εικόνα 22 Το φαινόμενο της Αστικής Ψυχρής Νησίδας στα Χανιά κατά τις μεσημβρινές ώρες (12:30μμ) για τον Σεπτέμβριο



Εικόνα 23 Θερμοκρασιακή συμπεριφορά του Κήπου Χανίων κατά τις απογευματινές ώρες (20:00μμ) για τον Σεπτέμβριο

5.3. Επίδραση του Κήπου στην περιβάλλουσα περιοχή

Συνολικά εκτός του πάρκου πραγματοποιήθηκαν 3 διαδρομές όπως φαίνεται και στην εικόνα 24. Η πρώτη διαδρομή πραγματοποιήθηκε περιμετρικά του πάρκου (Διαδρομή 1), η δεύτερη σε απόσταση 248m Νοτιοανατολικά του πάρκου (Διαδρομή 2) και η τρίτη σε απόσταση 104m Βορειοδυτικά του πάρκου (Διαδρομή 3). Η Διαδρομή 2 έχει κατεύθυνση προς το Πολεμικό Μουσείο Χανίων επί της οδού Τζανακάκη, που αποτελεί ένα δρόμο με ιδιαίτερη κίνηση ειδικά τις μεσημβρινές ώρες. Η διαδρομή εκτείνεται έως την συμβολή των οδών Τζανακάκη-Σφακίων. Η Διαδρομή 3 εκτείνεται επίσης επί της οδού Τζανακάκη αλλά προς την αντίθετη κατεύθυνση και κατευθύνεται προς την Αγορά Χανίων. Η διαδρομή αυτή πραγματοποιείται σε ένα δρόμο με ιδιαίτερως πυκνή δόμηση και πολύ κίνηση, ενώ εκτός από τον Κήπο Χανίων η βλάστηση είναι ελάχιστη.

Οι διαδρομές ξεκινούν από το σημείο 20 (Χάρτης 24), το οποίο βρίσκεται ακριβώς έξω από τον Κήπο. Το σημείο αυτό χρησιμοποιήθηκε ως σημείο αναφοράς για όλες τις διαδρομές και επιλέχθηκε διότι βρίσκεται πολύ κοντά στην έξοδο του Κήπου επί της οδού Τζανακάκη. Επομένως, με σημείο εκκίνησης των διαδρομών το σημείο 20 μελετήθηκε η ένταση και η έκταση επίδρασης της ψυχρής νησίδας του Κήπου στην περιβάλλουσα περιοχή. Γι' αυτό το σκοπό, δημιουργήθηκαν διαγράμματα απεικόνισης της μεταβολής της μέσης θερμοκρασίας σε σχέση με την απόσταση¹⁵ από το σημείο αναφοράς για τις μεσημβρινές και τις απογευματινές ώρες.

¹⁵ Οι αποστάσεις μεταξύ των σημείων υπολογίστηκαν μέσω του Google Earth



Εικόνα 24 Χάρτης διαδρομών και σημείων μετρήσεων στον Κήπο (GIS)

Κατανομή της μέσης θερμοκρασίας των διαδρομών τις μεσημβρινές ώρες (12:30μμ)

Καταρχήν, μελετήθηκε η κατανομή των μέσων θερμοκρασιών¹⁶ των σημείων του Κήπου σε συνάρτηση με την απόσταση των σημείων από τα σημεία αναφοράς. Επειδή όμως οι διαδρομές εντός του πάρκου και περιμετρικά αυτού (Διαδρομή 1) χαρακτηρίζονται ως κλειστές διαδρομές τέθηκε ως υπόθεση ότι τα σημεία που βρίσκονται στον δεξιό άξονα του σημείου αναφοράς, θα κινούνται προς τον θετικό άξονα των αποστάσεων ενώ τα σημεία του αριστερού άξονα θα κινούνται προς την αντίθετη κατεύθυνση (άξονας αρνητικών τιμών).

Αρχικά από τα αποτελέσματα (Διάγραμμα 11) παρατηρείται ότι εντός του Κήπου η θερμοκρασία αποκτά μικρότερες τιμές στα σημεία όσο αυξάνεται η απόσταση από την εξωτερική περιοχή και το σημείο αναφοράς, όπως άλλωστε ήταν αναμενόμενο. Συνεπώς, τα σημεία εντός του Κήπου παρουσιάζουν αρκετά μικρότερες θερμοκρασίες σε σχέση με την εξωτερική περιοχή. Για την ακρίβεια, στην συγκεκριμένη περίπτωση η συνολική ένταση ψυχρής νησίδας του Κήπου (PCI) ισούται με $-0.7K$ σε σχέση με το σημείο αναφοράς, επιβεβαιώνοντας ότι ο Κήπος κατά τις μεσημβρινές ώρες επιδρά ως “ψυχρή νησίδα” στην περιβάλλουσα περιοχή.

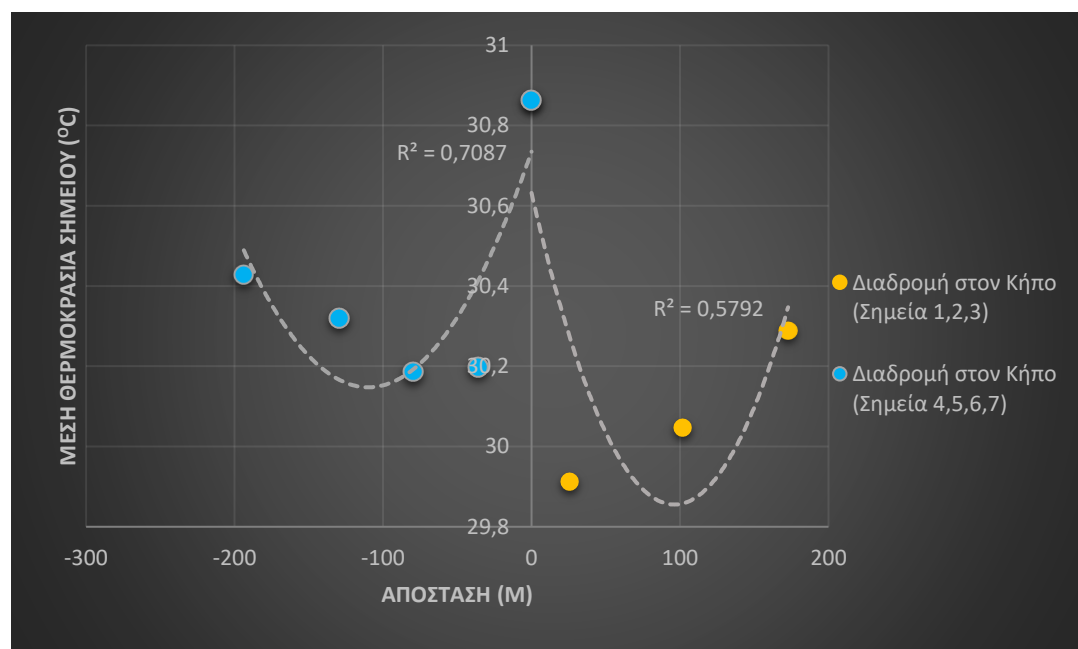
Στο ίδιο αποτέλεσμα συγκλίνουν και τα Διαγράμματα 12 και 13, όπου παρουσιάζεται η κατανομή της θερμοκρασίας για τις διαδρομές 1 και 2, 3 αντίστοιχα. Σύμφωνα με αυτά, η απόσταση και η θερμοκρασία παρουσιάζουν θετική συσχέτιση με αποτέλεσμα τα σημεία κοντά στον Κήπο να παρουσιάζουν χαμηλότερες θερμοκρασίες. Πιο συγκεκριμένα κατά τη διάρκεια της Διαδρομής

¹⁶ Για κάθε σημείο υπολογίστηκε η μέση τιμή θερμοκρασίας για όλη την περίοδο των μετρήσεων

2 η μέση ένταση δροσισμού του Κήπου¹⁷ (PCI) υπολογίστηκε ίση με -1.2K ενώ κατά τη διάρκεια της Διαδρομής 3 βρέθηκε ίση με -1.3K, υποδεικνύοντας ότι ο Κήπος είναι πιο δροσερός από την περιβάλλουσα περιοχή. Μάλιστα, η μέση θερμοκρασία του πάρκου την συγκεκριμένη περίοδο ισούται με 30.2°C, ενώ ακόμη και η θερμοκρασία ακριβώς έξω από τον Κήπο παρουσιάζει διαφορά ίση με 0.6K από το πάρκο. Μάλιστα, στην Διαδρομή 2 η θερμοκρασία φτάνει έως 31.6°C στο τελευταίο σημείο της διαδρομής, ενώ στην Διαδρομή 3 η θερμοκρασία φτάνει τους 31.5°C.

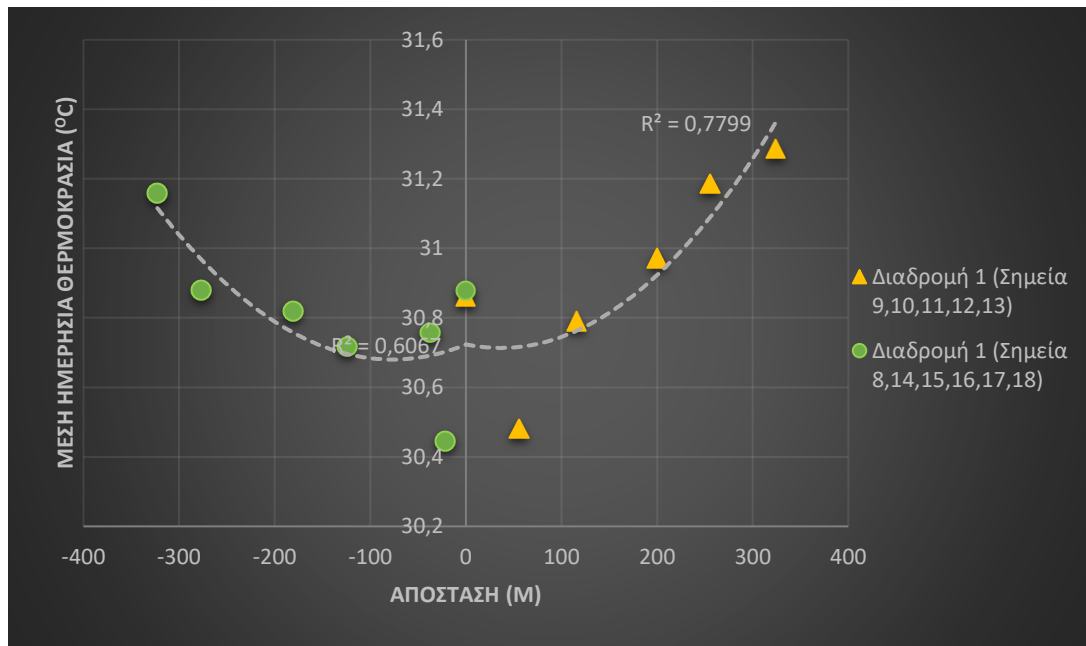
Συνεπώς, όπως ήταν αναμενόμενο το πάρκο είναι δροσερότερο σε σχέση με τις θερμοκρασίες εκτός αυτού. Όσον αφορά τη Διαδρομή 1 επειδή η διαδρομή πραγματοποιείται περιμετρικά του Κήπου δεν παρουσιάζονται ιδιαίτερες σημαντικές διαφορές στις θερμοκρασίες της σε σχέση με τις θερμοκρασίες εντός του Κήπου, με αποτέλεσμα η μέση ένταση της ψυχρής νησίδας της διαδρομής να ισούται με -0.6K.

Αξίζει να σημειωθεί ότι η σχέση μεταξύ της θερμοκρασίας και της απόστασης από το πάρκο φαίνεται να περιγράφεται σχεδόν ιδανικά ως πολυωνυμική δευτέρου βαθμού καθώς ο συντελεστής συσχέτισης των δύο μεγεθών (R^2) είναι πολύ κοντά στο ένα για τη Διαδρομή 2 ενώ για την Διαδρομή 3 ισούται με 1. Βέβαια για την Διαδρομή 3 λόγω μικρότερου αριθμού μετρήσεων δεν είναι απολύτως ασφαλές το συμπέρασμα.

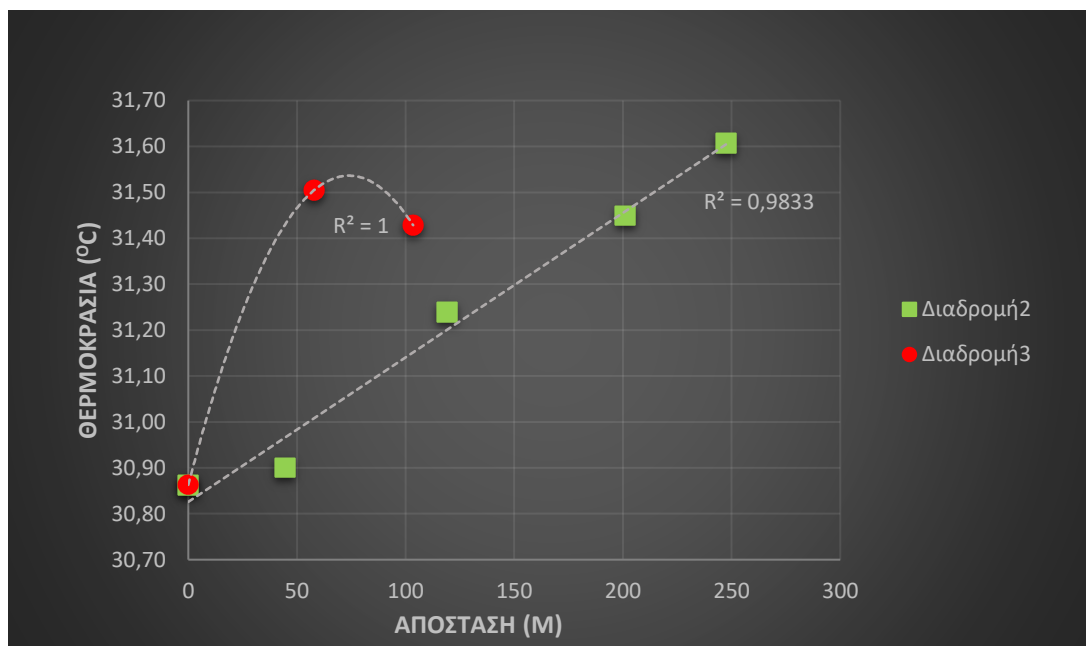


Διάγραμμα 11 Μεταβολή της μέσης θερμοκρασίας των σημείων του Κήπου σε σχέση με την απόσταση από το σημείο αναφοράς (μεσημβρινές μετρήσεις)

¹⁷ Για τον υπολογισμό της PCI χρησιμοποιήθηκαν η μέση θερμοκρασία του πάρκου και η μέση θερμοκρασία της εκάστοτε διαδρομής.



Διάγραμμα 12 Μεταβολή της μέσης θερμοκρασίας με την απόσταση από το σημείο 20 για την Διαδρομή 1 (μεσημβρινές μετρήσεις)



Διάγραμμα 13 Κατανομή της μέσης θερμοκρασίας των Διαδρομών 2 και 3 με κατεύθυνση προς το αστικό κέντρο (μεσημβρινές μετρήσεις)

Κατανομή της μέσης θερμοκρασίας των διαδρομών τις απογευματινές ώρες (20:00μμ)

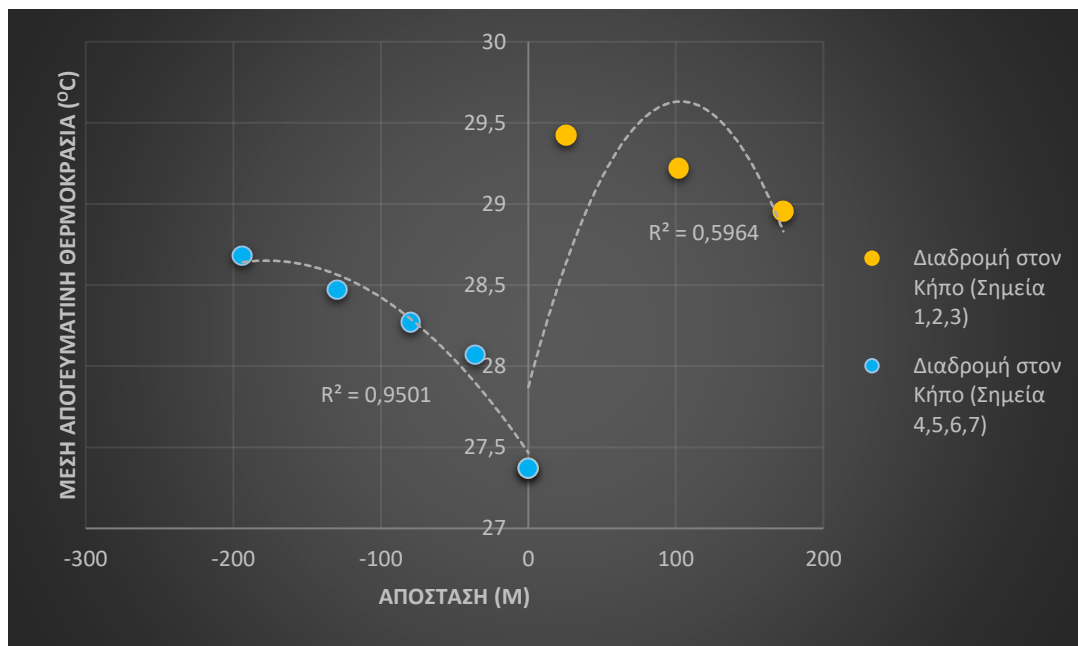
Αντιστοίχως, δημιουργήθηκαν διαγράμματα μεταβολής της θερμοκρασίας με την απόσταση από το σημείο αναφοράς για τις απογευματινές θερμοκρασίες και για την κάθε διαδρομή εντός και εκτός Κήπου.

Στην συγκεκριμένη περίπτωση φαίνεται ότι η κατανομή των θερμοκρασιών στις διαδρομές αλλάζει και αποκτά αυξητική σχέση. Συγκεκριμένα, στο διάγραμμα μεταβολής της μέσης θερμοκρασίας των σημείων του Κήπου με την απόσταση από το σημείο αναφοράς (Διάγραμμα 14) παρουσιάζεται σχετική αύξηση των τιμών της θερμοκρασίας στην διαδρομή εντός του πάρκου. Για την ακρίβεια, βάσει του υπολογισμού της συνολικής έντασης ψυχρής νησίδας του Κήπου (PCI), βρέθηκε ότι ο Κήπος είναι κατά 1.4K πιο θερμός από την εξωτερική περιοχή με μέση θερμοκρασία 28.7°C. Επομένως, η θερμοκρασιακή διακύμανση εντός του Κήπου παρουσιάζει υψηλότερες θερμοκρασίες σε σχέση με τον περιβάλλοντα εξωτερικό χώρο.

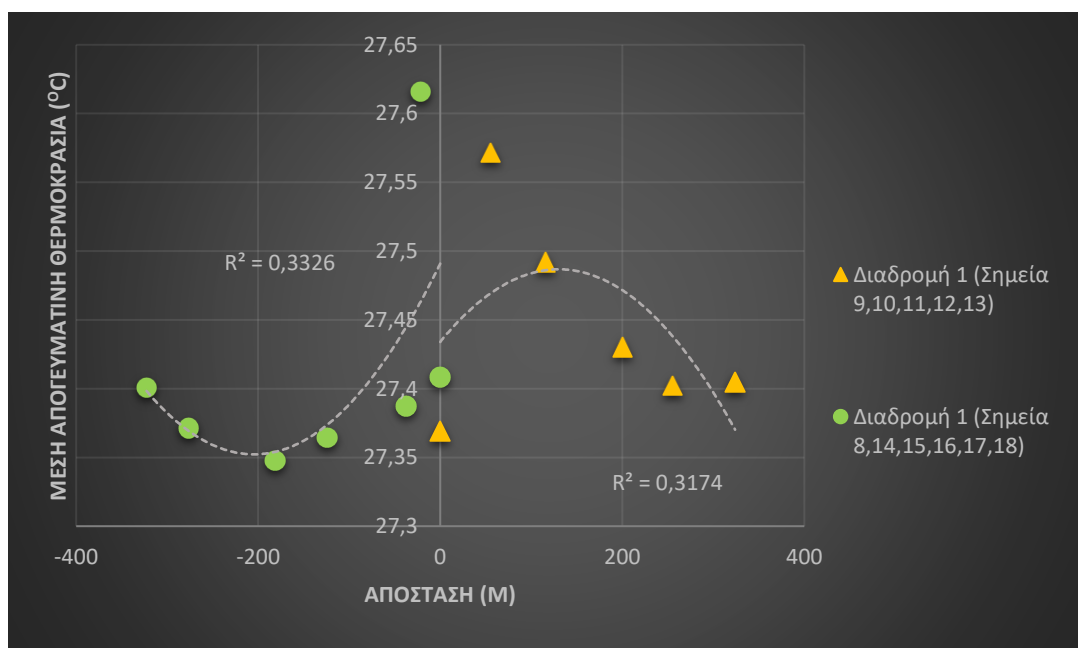
Παρόμοια θερμοκρασιακή συμπεριφορά παρατηρείται και για τις Διαδρομές 1 και 2. Όπως παρουσιάζεται στα Διαγράμματα 15 και 16 η θερμοκρασία των σημείων των διαδρομών αυτών παρουσιάζει πτωτική τάση με την αύξηση της απόστασης από το σημείο αναφοράς. Κατά τη διάρκεια της Διαδρομής 2 η μέση ένταση ψυχρής νησίδας του Κήπου ισούται με 1.5K, υποδεικνύοντας ότι ο Κήπος είναι κατά 1.5K θερμότερος από την μέση θερμοκρασία της 2ης διαδρομής. “Θερμότερος” όμως εμφανίζεται ο Κήπος και κατά τη διάρκεια της Διαδρομής 3 κατά 1.6K, παρόλο που όπως φαίνεται από το Διάγραμμα 16 υπάρχει αύξηση των θερμοκρασιών των σημείων της διαδρομής σε σχέση με το σημείο αναφοράς. Βέβαια η αύξηση που παρατηρείται ανά σημείο στη διαδρομή αυτή είναι πολύ μικρή και θα μπορούσε να χαρακτηριστεί ως σταθερή η θερμοκρασία.

Όσον αφορά την διαδρομή που πραγματοποιήθηκε περιμετρικά του Κήπου (Διαδρομή 1) παρατηρήθηκε ότι τις απογευματινές ώρες παρουσίασε σημαντική θερμοκρασιακή διαφορά από τον Κήπο. Κατά τη διάρκεια της διαδρομής η μέση ένταση ψυχρής νησίδας του Κήπου υπολογίστηκε ότι ισούται με 1.3K. Επομένως, ο Κήπος κατά τη διάρκεια της 1^{ης} διαδρομής παρουσιάζει κατά 1.3K υψηλότερη μέση θερμοκρασία σε σχέση με την περιβάλλουσα περιοχή.

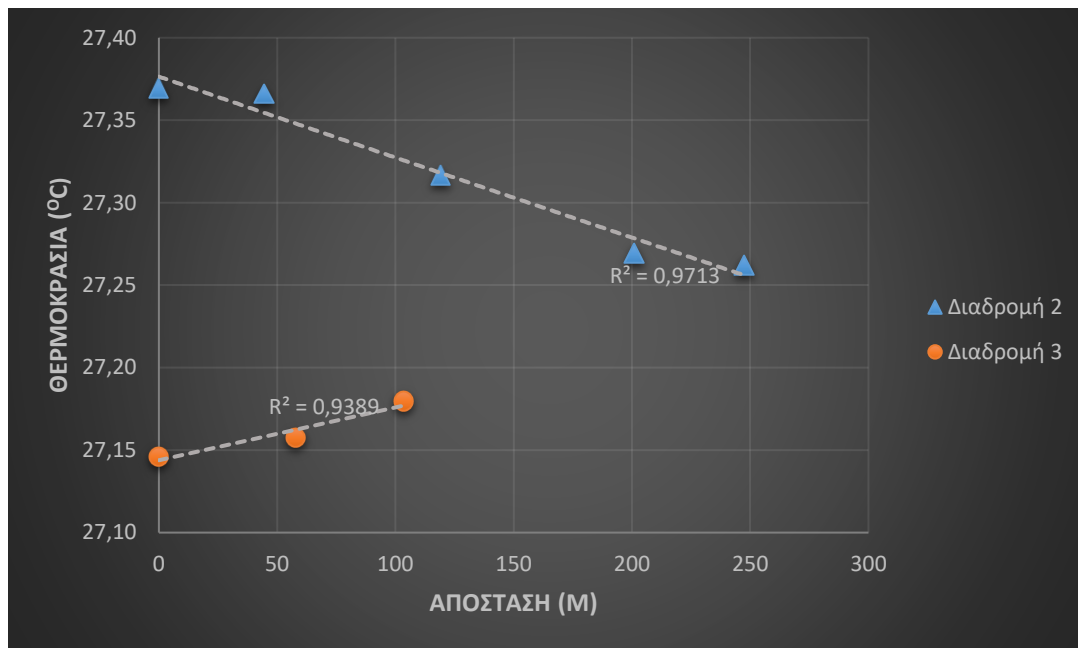
Αξίζει να σημειωθεί ότι και για τις απογευματινές ώρες η σχέση θερμοκρασίας με την απόσταση περιγράφεται με βέλτιστο τρόπο από πολυωνυμική σχέση 2^{ου} βαθμού καθώς ο συντελεστής συσχέτισης των δύο μεγεθών (R^2) είναι πολύ κοντά στο ένα και για τις δύο διαδρομές. Βέβαια, για την διαδρομή 3 λόγω μικρότερου αριθμού πειραματικών δεδομένων δεν είναι απολύτως ασφαλές το συμπέρασμα.



Διάγραμμα 14 Μεταβολή της μέσης θερμοκρασίας με την απόσταση για τα σημεία του Κήπου (Απογευματινές μετρήσεις)



Διάγραμμα 15 Μεταβολή της μέσης θερμοκρασίας για τα σημεία της Διαδρομής 1 σε σχέση με την απόσταση από το σημείο αναφοράς (Απογευματινές μετρήσεις)



Διάγραμμα 16 Κατανομή της μέσης θερμοκρασίας για την Διαδρομή 2 και 3 με κατεύθυνση προς το αστικό κέντρο (Απογευματινές ώρες)

5.4. Υπολογισμός μέσου ρυθμού θέρμανσης των διαδρομών

Πέραν του συσχετισμού της θερμοκρασίας των διαδρομών με την απόσταση από τον Κήπο εξίσου σημαντικό είναι να υπολογιστεί και ο μέσος ρυθμός θέρμανσης της κάθε διαδρομής. Αρχικά, υπολογίστηκε ο ρυθμός θέρμανσης ανά σημείο της κάθε διαδρομής για τις μεσημβρινές και τις απογευματινές ώρες και έπειτα έγινε αναγωγή του ρυθμού ανά 100m, έτσι ώστε να μπορεί να εξαχθεί μία μέση τιμή για την κάθε διαδρομή.

Προκειμένου να υπολογιστεί ο ρυθμός θέρμανσης ανά 100m χρησιμοποιήθηκε ο εξής τύπος:

$$\text{heating rate} = \frac{\Delta T}{\Delta x} = \frac{T_{\text{τελ}} - T_{\text{αναφοράς}}}{x_{\text{τελ}} - x_{\text{αν.}}}$$

Σε πρώτο στάδιο, ως $T_{\text{αναφοράς}}$ ορίζεται το πρώτο σημείο της διαδρομής που βρίσκεται ακριβώς έξω από το πάρκο (Σημείο 20). Με βάση αυτή την υπόθεση υπολογίστηκε ο ρυθμός θέρμανσης για την Διαδρομή 2 και 3. Συγκεκριμένα, για την 2^η διαδρομή και τις μεσημβρινές ώρες η θερμοκρασιακή κλίση αποκτά τιμές, οι οποίες κυμαίνονται από 0.08K/100m έως 1.32K/100m με μία μέση τιμή 0.46K/100m. Ενώ, για την 3^η διαδρομή το εύρος τιμών της θερμοκρασιακής κλίσης ή αλλιώς του ρυθμού θέρμανσης κυμαίνεται από 0.55K/100m έως 1.82K/100m, με μέση τιμή 1.16K/100m.

Έπειτα, για τα ίδια σημεία τέθηκε ως $T_{\text{αναφοράς}}$ η μέση θερμοκρασία του πάρκου για τις 12:30μμ, ώστε να εξεταστεί η μέση θερμοκρασιακή κλίση των διαδρομών σε σχέση με τον Κήπο. Σε αυτή την περίπτωση, παρουσιάστηκαν αυξημένες θερμοκρασιακές διαφορές με αποτέλεσμα η κλίση της θερμοκρασίας κατά

μήκος των διαδρομών να παρουσιάσει υψηλότερες τιμές. Συγκεκριμένα για την 2^η διαδρομή οι τιμές κυμαίνονταν από 0.57K/100m έως 2.32K/100m και με μέση τιμή 1.1K/100m. Για την 3^η διαδρομή το εύρος τιμών υπολογίστηκε από 1.18K/100m έως 3.25K/100m, η οποία είναι μία αρκετά μεγάλη τιμή και με μέσο όρο 2.1K/100m. Συμπερασματικά, ο Κήπος είναι πιο δροσερός κατά τις μεσημβρινές ώρες σε σχέση με την περιβάλλουσα κοντινή περιοχή κατά 1.1K έως 2.1K.

Η ίδια διαδικασία ακολουθήθηκε και για τον υπολογισμό του ρυθμού θέρμανσης για την 2^η διαδρομή και 3^η διαδρομή κατά τις απογευματινές ώρες. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα σε αυτή την περίπτωση η κλίση θέρμανσης για την Διαδρομή 2 αποκτά κυρίως αρνητικές τιμές. Αυτή η διαφοροποίηση προφανώς οφείλεται στο γεγονός ότι η θερμοκρασία τις απογευματινές ώρες μειώνεται όσο αυξάνεται η απόσταση από τον Κήπο, επομένως η θερμοκρασιακή κλίση αναφέρεται ως ρυθμός ψύξης. Επομένως σύμφωνα με τα αποτελέσματα οι τιμές της θερμοκρασιακής κλίσης κατά μήκος της 2^{ης} διαδρομής κυμαίνονται από -0.01K/100m έως -0.21K/100m και έχουν μέση τιμή ίση με -0.07K/100m, η οποία είναι μία αρκετά μικρή τιμή. Για την 3^η διαδρομή το εύρος αυτό κυμαίνεται μεταξύ 0.02K/100m έως 0.16K/100m και με μέση τιμή 0.07K/100m.

Όσον αφορά τη θερμοκρασιακή διαφορά μεταξύ του πάρκου και της περιβάλλουσας αυτού περιοχής, υπολογίστηκε ότι για την Διαδρομή 2 η θερμοκρασιακή κλίση κυμαίνεται σε τιμές από -0.59K/100m έως -3.06K/100m και έχει μέση τιμή -1.38K/100m¹⁸. Ενώ για την Διαδρομή 3 οι τιμές είναι πάλι αρνητικές και ξεκινάνε από -1.49K/100m έως -4.37K/100m. Η μέση τιμή της κλίσης θερμοκρασίας της συγκεκριμένης διαδρομής ισούται με -2.56K/100m. Επομένως και σε αυτή την περίπτωση γίνεται αντιληπτό ότι ο Κήπος παρουσιάζει υψηλότερες θερμοκρασίες σε σχέση με την περιβάλλουσα περιοχή για τις απογευματινές ώρες.

Οι τιμές του ρυθμού θέρμανσης παρουσιάζονται συγκεντρωτικά στον ακόλουθο πίνακα (Πίνακας 1).

Πίνακας 1 Ρυθμός θέρμανσης Διαδρομών 2 και 3 για τις απογευματινές και μεσημβρινές μετρήσεις

	Τ σημείο 20		Τ κήπου	
	12:30μμ	20:00μμ	12:30μμ	20:00μμ
Διαδρομή 2	0.46K/100m	-0.07/100m	1.1K/100m	-1.38K/100m
Διαδρομή 3	1.16K/100m	0.07K/100m	2.1K/100m	-2.56K/100m

¹⁸ Το αρνητικό πρόσημο έχει φυσική σημασία και σημαίνει ότι οι θερμοκρασίες αποκτούν μικρότερες τιμές σε σχέση με την αρχική (Θερμοκρασία αναφοράς)

5.5. Αξιολόγηση της επίδρασης της ηλιακής ακτινοβολίας στη μεταβολή της θερμοκρασίας

Προκειμένου να υπάρξει μία ολοκληρωμένη εικόνα για την επίδραση που έχει ο Κήπος Χανίων στην θερμοκρασία της περιβάλλουσας περιοχής κρίθηκε σκόπιμο να μελετηθεί η επίδραση της μέσης και μέγιστης έντασης ηλιακής ακτινοβολίας στον ρυθμό θέρμανσης που παρουσιάζουν τα σημεία των διαδρομών 2 και 3.

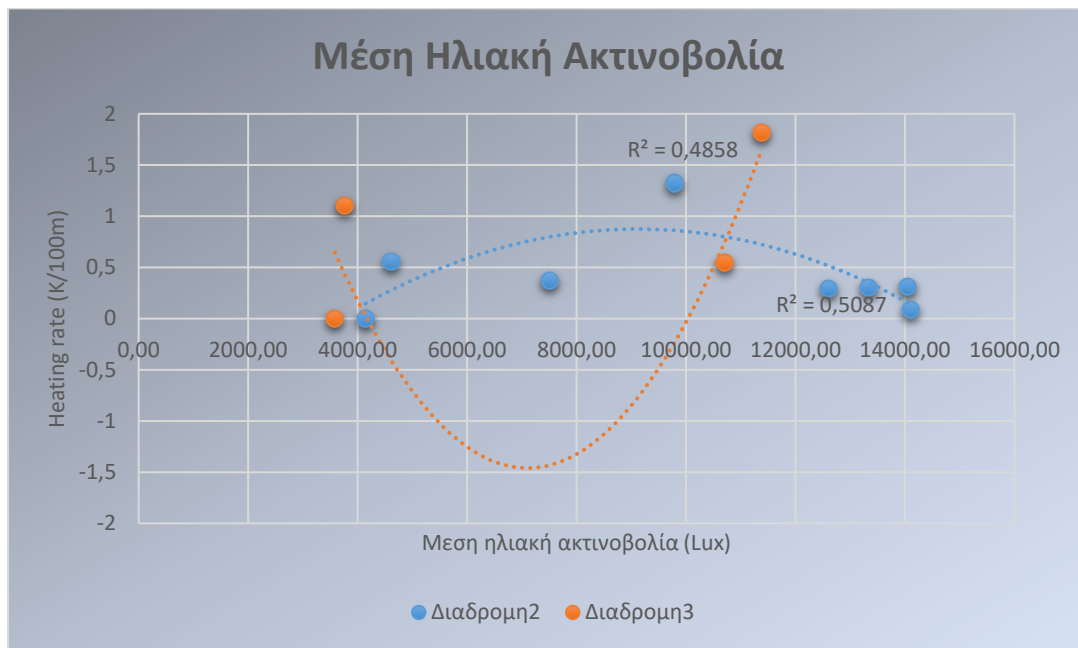
Τα δεδομένα έντασης της ηλιακής ακτινοβολίας μετρήθηκαν ταυτόχρονα με τα δεδομένα θερμοκρασίας μέσω του οργάνου Hobo data logger στο πεδίο. Η εξαγωγή τους και επεξεργασία τους πραγματοποιήθηκε με το πρόγραμμα HOBO ware με την αντίστοιχη διαδικασία, με την οποία αναλύθηκαν και τα δεδομένα θερμοκρασίας και υπολογίστηκε για κάθε σημείο η μέση ένταση ηλιακής ακτινοβολίας για όλη τη διάρκεια των μετρήσεων.

Η συσχέτιση του ρυθμού θέρμανσης με την ηλιακή ακτινοβολία πραγματοποιήθηκε προκειμένου να εξεταστεί ο βαθμός στον οποίο η ένταση ηλιακής ακτινοβολίας επιδρά στις θερμοκρασιακές διαφοροποιήσεις που παρουσιάζονται μεταξύ των σημείων των διαδρομών 2 και 3. Συνεπώς, δημιουργήθηκαν διαγράμματα συσχέτισης της θερμοκρασιακής κλίσης που παρουσιάζουν οι διαδρομές 2 και 3 με τη μέση και μέγιστη ένταση ηλιακής ακτινοβολίας για τις μεσημβρινές και απογευματινές ώρες.

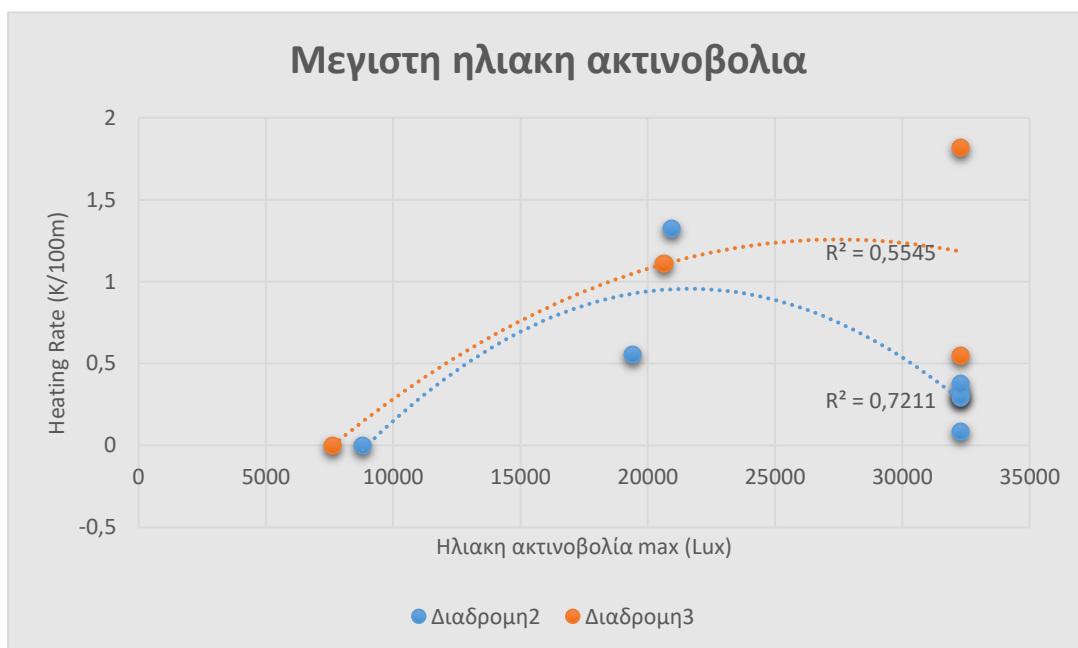
Μέση και μέγιστη ηλιακή ακτινοβολία τις μεσημβρινές ώρες (12:30μμ)

Όπως φαίνεται και από τα ακόλουθα διαγράμματα (Διάγραμμα 16 και 17) υπάρχει συσχέτιση μεταξύ των δύο μεγεθών, η οποία τις μεσημβρινές ώρες είναι αρκετά έντονη καθώς η ηλιακή ακτινοβολία υπερβαίνει τα 4000 Lux. Το R^2 για την 2^η διαδρομή ισούται με 0.4858 ενώ για την τρίτη 0.5087. Μέσω του διαγράμματος διαπιστώνεται ότι κατά κύριο λόγο η αύξηση της ακτινοβολίας δημιουργεί μία έστω μικρή αύξηση στο ρυθμό θέρμανσης έως τα 10,000 Lux. Από αυτή την τιμή και πάνω παρατηρείται ελάχιστη μείωση έως σταθεροποίηση, καθώς οι διαφορές είναι πολύ μικρές.

Σε ένα αντίστοιχο συμπέρασμα καταλήγουμε και από την συσχέτιση μεταξύ του ρυθμού θέρμανσης και των μέγιστων ακτινοβολιών που μετρήθηκαν για όλη τη χρονική περίοδο. Στη συγκεκριμένη περίπτωση η συσχέτιση μεταξύ των δύο μεταβλητών είναι ακόμη καλύτερη καθώς το R^2 παίρνει καλύτερες τιμές. Για την 2^η διαδρομή ισούται με 0.7211 ενώ για την 3^η ισούται με 0.5545. Οι καμπύλες και σε αυτό το διάγραμμα ακολουθούν αυξητική πορεία έως τα 25,000 Lux και έπειτα ο ρυθμός θέρμανσης αρχίζει να ακολουθεί ελαφρώς καθοδική πορεία. Στα δύο ακόλουθα διαγράμματα ο ρυθμός θέρμανσης έχει θετικές τιμές γεγονός που επιβεβαιώνει ότι οι θερμοκρασίες στα σημεία των διαδρομών είχαν μεγαλύτερες τιμές εν συγκρίσει με το αρχικό σημείο που βρισκόταν ακριβώς έξω από το πάρκο (σημείο 20).



Διάγραμμα 16 Σχέση μεταξύ της μέσης ηλιακής ακτινοβολίας και του ρυθμού θέρμανσης για τις διαδρομές 2 και 3 (Μεσημβρινές μετρήσεις)



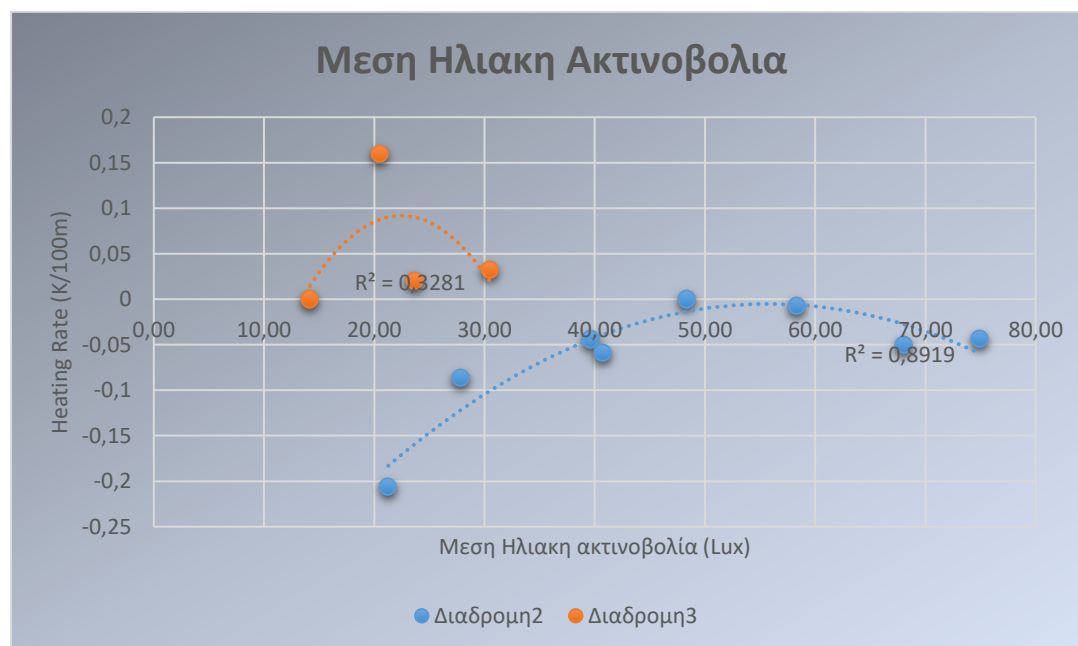
Διάγραμμα 17 Σχέση μεταξύ της μέγιστης ηλιακής ακτινοβολίας και του ρυθμού θέρμανσης των διαδρομών 2 και 3 (μεσημβρινές ώρες)

Μέση και μέγιστη ηλιακή ακτινοβολία τις απογευματινές ώρες (20:00μμ)

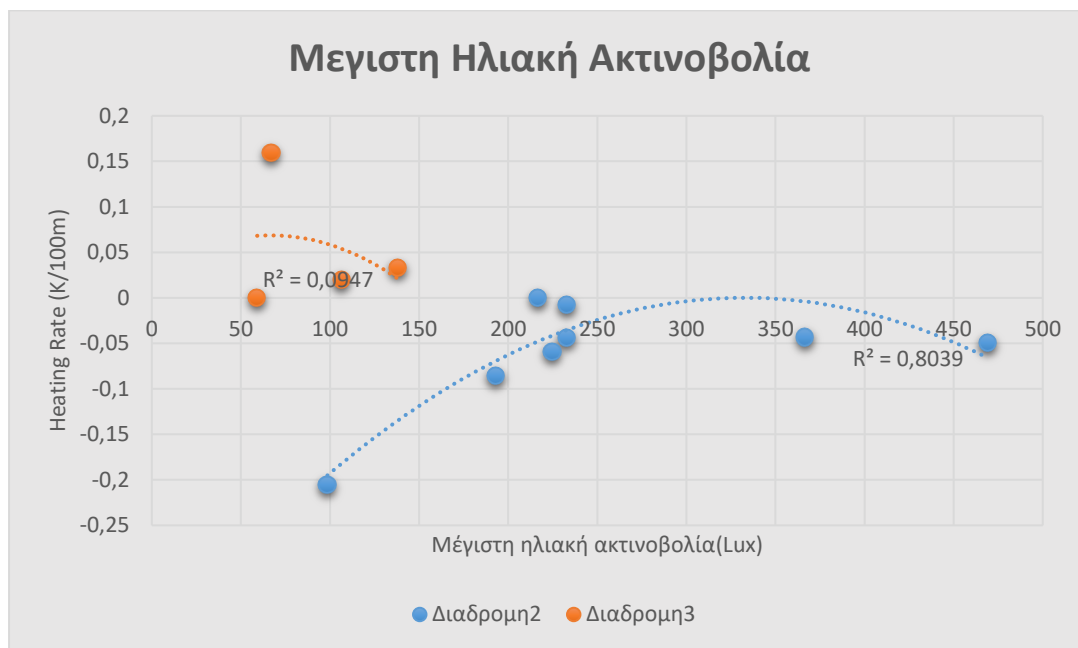
Η σχέση μεταξύ του ρυθμού θέρμανσης και της μέσης ηλιακής ακτινοβολίας φαίνεται να προσδιορίζεται από πολυωνυμική δευτέρου βαθμού καμπύλη και ο συντελεστής συσχέτισης R^2 της εξίσωσης λαμβάνει τιμές 0.8919 και 0.8281 αντίστοιχα.

Οι αρνητικές τιμές για τη διαδρομή 2 υποδηλώνουν ότι η θερμοκρασία στο σημείο αναφοράς (σημείο 20) έξω από το πάρκο ήταν υψηλότερη σε σχέση με τις θερμοκρασίες των υπόλοιπων σημείων της διαδρομής, επομένως θα μπορούσε να χαρακτηριστεί ως ρυθμός ψύξης στην συγκεκριμένη περίπτωση. Ίσως το γεγονός ότι η διαδρομή αυτή πραγματοποιήθηκε κατά μήκος και του Πάρκου Ειρήνης και Φιλίας εν απουσία υψηλής ηλιακής ακτινοβολίας να δικαιολογεί το συγκεκριμένο φαινόμενο. Παρ' όλα αυτά και σε αυτό το διάγραμμα ο ρυθμός θέρμανσης ακολουθεί αυξητική πορεία και για τις δύο διαδρομές έως τις τιμές 20 Lux και 60 Lux, αντίστοιχα και έπειτα παρουσιάζει μείωση.

Παρόμοια, συσχέτιση των μεγεθών παρουσιάζεται και μεταξύ του ρυθμού θέρμανσης και της μέγιστης ηλιακής ακτινοβολίας εκείνη τη χρονική περίοδο. Για τη διαδρομή 2 όπως και στα άνωθεν διαγράμματα ο συντελεστής συσχέτισης μεταξύ των μεγεθών είναι αρκετά υψηλός ($R^2=0.8039$) όμως για την διαδρομή 3 σε αυτήν την περίπτωση έχει χαμηλή τιμή ($R^2=0.0947$). Μολοταύτα, οι γραμμές τάσης και σε αυτό το διάγραμμα παρουσιάζουν παρόμοια μορφή με τις αντίστοιχες των υπολοίπων διαγραμμάτων, παρουσιάζοντας φυσικά αυξητική τάση των τιμών της ηλιακής ακτινοβολίας.



Διάγραμμα 18 Σχέση μεταξύ της μέσης έντασης ηλιακής ακτινοβολίας και του ρυθμού θέρμανσης για τις διαδρομές 2 και 3 (απογευματινές ώρες)



Διάγραμμα 19 Σχέση μεταξύ της μέγιστης έντασης ηλιακής ακτινοβολίας και του ρυθμού θέρμανσης για τις διαδρομές 2 και 3 (απογευματινές ώρες)

Αυτό που αξίζει να σημειωθεί είναι ότι ανεξαρτήτως της χρονικής περιόδου, απόγευμα ή μεσημέρι, αλλά και των τιμών σε όλα τα διαγράμματα η συσχέτιση των δύο μεγεθών παραμένει σταθερή, αποδεικνύοντας ότι η συσχέτιση μεταξύ της μεταβολής της θερμοκρασίας και της ηλιακής ακτινοβολίας έχει έντονη επίδραση στα αποτελέσματα.

6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από τα παραπάνω αποτελέσματα είναι εμφανές ότι τα πάρκα έχουν την ικανότητα να δημιουργούν το δικό τους μικροκλίμα, παρουσιάζοντας ταυτόχρονα έντονες θερμοκρασιακές διαφορές με τις περιβάλλουσες αστικές περιοχές. Στην παρούσα εργασία μελετήθηκε τόσο η θερμοκρασιακή ανομοιομορφία του ίδιου του πάρκου κατά τη διάρκεια της ημέρας και της νύχτας όσο και η επίδραση που έχει στο μικροκλίμα της περιοχής. Επιπλέον, μελετήθηκε η συμβολή που παρουσιάζει το πάρκο στον μετριασμό των υψηλών θερμοκρασιών που παρατηρούνται στον αστικό ιστό κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού αλλά και οι θερμοκρασιακές του διαφορές με τον περιβάλλοντα χώρο του.

Συμπερασματικά, από τα παραπάνω διαγράμματα και τις μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν κατά τη διάρκεια των μηνών Ιουλίου-Αυγούστου-Σεπτεμβρίου ο Κήπος Χανίων παρουσιάζει διαφορετικές θερμοκρασιακές διαβαθμίσεις τις πρωινές και τις βραδινές ώρες. Συνολικά κατά τις μεσημβρινές ώρες ο Κήπος παρουσιάζει χαμηλότερες τιμές θερμοκρασίας σε σχέση με την ευρύτερη περιοχή της πόλης αλλά και σε σχέση με το Κέντρο της. Επομένως, παρατηρείται θερμοκρασιακή διαφορά μεταξύ του Κήπου και του αστικού κέντρου, η οποία κυμαίνεται κατά μέσο όρο στο $-1.3K$, θέτοντας ως σημείο αναφοράς τον σταθμό Ακρωτηρίου και $-1.2K$ για το κέντρο των Χανίων. Με τον τρόπο αυτό επιβεβαιώνεται, ότι ο Κήπος κατά τις μεσημβρινές ώρες είναι πιο δροσερός από την αστική περιοχή. Αντίστοιχα, για τις απογευματινές ώρες λίγο πριν την Δύση του ηλίου η θερμοκρασιακή συμπεριφορά του φαίνεται να αλλάζει καθώς το πάρκο είναι κατά $1.6K$ θερμότερο από το κέντρο των Χανίων, ενώ παρουσιάζει κατά $2.5K$ υψηλότερες θερμοκρασίες σε σχέση με το σταθμό Ακρωτηρίου.

Αξίζει να σημειωθεί ότι η μέση ψυχρή ένταση του Κήπου για την περίοδο Ιουλίου-Αυγούστου και Σεπτεμβρίου παρουσιάζει σημαντικές διαφορές. Συγκεκριμένα, κατά την θερινή περίοδο και τις μεσημβρινές ώρες ο Κήπος χαρακτηρίζεται ως πιο “δροσερός” από την πόλη των Χανίων, καθώς παρουσιάζει θερμοκρασιακές διαφορές μεγαλύτερες του $1.5K$. Για την περίοδο του Σεπτεμβρίου ο Κήπος εξακολουθεί να διατηρεί μικρότερες θερμοκρασίες από το αστικό κέντρο, παρόλα αυτά η επίδραση της έντασης ψυχρής νησίδας του μειώνεται αισθητά. Όσον αφορά τις απογευματινές μετρήσεις και την θερινή περίοδο, η θερμοκρασιακή συμπεριφορά του Κήπου αλλάζει και φαίνεται ότι πλέον το πάρκο δρα ως θερμική νησίδα. Οι θερμοκρασίες που παρατηρούνται στο πάρκο είναι μεγαλύτερες από τις αντίστοιχες του αστικού κέντρου έως και $2K$, με αποτέλεσμα ο Κήπος να είναι πιο θερμός. Το ίδιο θερμοκρασιακό μοτίβο παρατηρείται και το μήνα Σεπτέμβριο για τις απογευματινές ώρες μόνο που η ένταση της νησίδας αυξάνεται σημαντικά. Ως ένα πρώτο συμπέρασμα μπορεί να ειπωθεί ότι τους φθινοπωρινούς μήνες ο Κήπος αποκτά υψηλότερες θερμοκρασίες με αποτέλεσμα η επίδραση του ως ψυχρή νησίδα να μειώνεται ενώ ως θερμική νησίδα να αυξάνεται. Φυσικά, η διαφορά της επίδρασης του πάρκου στην θερμοκρασία του αστικού χώρου σε συνάρτηση με την εποχή θα μπορούσε να αποτελέσει ένα θέμα για περαιτέρω μελέτη.

Πίνακας 2 Αποτελέσματα μέσης έντασης ψυχρής νησίδας ανά χρονική περίοδο

	(12:30μμ)		(20:00μμ)	
	Ιούλιος-Αύγουστος	Σεπτέμβριος	Ιούλιος-Αύγουστος	Σεπτέμβριος
Χανιά-Ακρωτήρι	-1.9K	-0.6K	2K	3.3K
Σημείο αναφοράς κέντρο	-1.5K	-0.9K	1.5K	1.7K

Αντίστοιχα συμπεράσματα προέκυψαν και από την μελέτη της επίδρασης του Κήπου στις θερμοκρασίες που αναπτύσσονται στην περιβάλλουσα περιοχή. Σύμφωνα και με τη μελέτη που έγινε στη μεταβολή της θερμοκρασίας τριών διαφορετικών διαδρομών που πραγματοποιήθηκαν πέριξ της περιοχής του πάρκου φαίνεται ότι το θερμοκρασιακό προφίλ του Κήπου αλλάζει ανάλογα με την χρονική περίοδο των μετρήσεων. Επομένως, σύμφωνα με τα αποτελέσματα τις μεσημβρινές ώρες ο Κήπος επιδρά ως ψυχρή νησίδα στην κοντινή περιοχή μειώνοντας την θερμοκρασία του αστικού περιβάλλοντος ενώ αντίθετα τις απογευματινές ώρες επιδρά ως θερμή νησίδα, όπου αναπτύσσονται θερμοκρασίες υψηλότερες από το κέντρο της πόλης και την περιβάλλουσα περιοχή.

Πίνακας 3 Μέση ένταση ψυχρής νησίδας του Κήπου για κάθε διαδρομή

	12:30μμ	20:00μμ
Ένταση μέσης ψυχρής νησίδας του Κήπου (PCI) (K)		
Διαδρομή 1	-0.6K	1.3K
Διαδρομή 2	-1.2K	1.5K
Διαδρομή 3	-1.3K	1.6K

Εν τέλει, σύμφωνα με τα άνωθεν αποτελέσματα ο Κήπος Χανίων φαίνεται να παρουσιάζει μία σημαντική επίδραση μετριασμού των υψηλών θερμοκρασιών στην περιβάλλουσα αστική περιοχή. Η επίδραση που έχει εξαρτάται πέραν από τα γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά της περιοχής και από την ανθρωπογενή δραστηριότητα που λαμβάνει χώρα εκεί αλλά και από την χρονική περίοδο που γίνονται οι μετρήσεις. Η θερμοκρασιακή διαφορά που παρατηρείται για τις πρωινές και τις βραδινές ώρες μπορεί να δικαιολογηθεί ως ένα βαθμό από τη συσχέτιση που βρέθηκε μεταξύ του ρυθμού θέρμανσης και της ηλιακής ακτινοβολίας. Σύμφωνα με τα διαγράμματα όσο αυξάνεται η ηλιακή ακτινοβολία ο ρυθμός δροσισμού φαίνεται να μειώνεται σε όλες τις περιπτώσεις ενώ αντίθετα ο ρυθμός θέρμανσης φαίνεται να παρουσιάζει αύξηση.

7. ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης προκύπτουν ποικίλα θέματα τα οποία χρήζουν περαιτέρω ανάλυσης, προκειμένου να εξαχθεί ένα ολοκληρωμένο συμπέρασμα για την ικανότητα των πάρκων να δρουν ως ψυχρές νησίδες εντός των αστικών κέντρων.

Μελλοντικές έρευνες θα μπορούσαν να διεξαχθούν ως προς τα παρακάτω θέματα:

- Την επίδραση των γεωμορφολογικών χαρακτηριστικών μιας περιοχής στην αποθήκευση και εκπομπή της ηλιακής ακτινοβολίας και συνεπώς και στην ανάπτυξη της ψυχρής νησίδας στην περιοχή αυτή.
- Τον βαθμό συσχέτισης του δείκτη βλάστησης της περιοχής (NDVI) με την θερμοκρασία και την ένταση ψυχρής νησίδας.
- Την μεταβολή που παρουσιάζει η ένταση ψυχρής νησίδας ενός αστικού πάρκου σε σχέση με τα κλιματικά χαρακτηριστικά της κάθε εποχής του χρόνου.

8. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Akbari, H. & Muscio, A., 2015. Cooling Heat Islands. *Urban Climate*, Τόμος 14, Part 2, pp. 139-140.
- Allaby, 2007. Encyclopedia of weather and Climate.
- Ιστοσελίδα:Γενικά-Ορισμοί,2010
<http://www.geo.auth.gr/courses/gmc/1000/orismoi.html> ∴
- Bacci, L., Morabito, L., Raschi, M. & Ugolini, F., 2003. *Thermohygrometric conditions of some urban parks of Florence (Italy) and their effects on human well-being..* Lodz, Fifth International Conference on Urban Climate.
- Barradas, 1991. Air temperature and humidity and human comfort index of some city parks of Mexico City. *International Journal of Biometeorology*, Τόμος 35, pp. 24-28.
- Bowler, D. E., Buyung-Ali, L., Knight, T. & Pullin, A., 2010. Urban greening to cool towns and cities:A systematic review of the empirical evidence.. *Landscape and Urban Planning*, 97(3), pp. 147-155.
- Cartalis, C. και συν., 2001. Modifications in Energy Demand in urban areas as a result of climate changes: an assessment for the southeast mediterranean region. *Energy Conversion and Management*, 42(14), pp. 1647-1656.
- Chang, και συν., 2007. A preliminary study on the local cool-island intensity of Taipei city parks.. *Landscape and Urban Planning*, 20 May, 80(4), pp. 386-395.
- Frueh, S., 2016. International Green Roof Association [Πρόσβαση 01 2016].
<http://igra-world.com/benefits/index.php>
- Givoni, B., 1991. Impact of planted areas on urban environmental quality: A review. *Atmospheric Environment. Part B, Urban Atmosphere*, 25(3), pp. 289-299.
- Grimmond, C. & Oke, T., 1991. An evapotranspiration -interception model for urban areas. *Water Resources Research*, 27(7), pp. 1739-1755.
- Huang, Li, J., Zhao, D. & Zhu, J., 2008. A fieldwork study on the diurnal changes of urban microclimate in four types of ground cover and urban heat island of Nanjing, China.. *Building and Environment*, 43(1), pp. 7-17.

- Kassomenos, P., 2003. Anatomy of the synoptic conditions occurring over southern Greece during the second half of the 20th century. Part I. Winter and Summer. *Theoretical and applied Climatology*, Τόμος 75, pp. 65-77.
- Kioutsioukis, I., Melas, D. & Zerefos, D., 2010. Statistical assessment of changes in climate extremes over Greece (1955-2002).. *International Journal of Climatology*, pp. 30: 1723-1737.
- Kolokotroni, M., Giannitsaris, I. & Watkins, R., 2006. The effect of the London heat island and building summer cooling demand and night ventilation strategies. *Solar Energy*, 80(4), pp. 383-392.
- Kolokotsa, D., Psomas, A. & Karapidakis, E., 2009. Urban heat island in southern Europe: The case study of Hania, Crete. *Solar Energy*, 23 July, 83(10), pp. 1871-1883.
- Lagouvardos, K. και συν., 2017. The automatic weather stations NOANN network of the National Observatory of Athens: operation and database. *Geoscience Data Journal*, Τόμος 0, pp. 1-13.
- Ιστοσελίδα: <http://www.onsetcomp.com/products/data-loggers/u12-012>.
- Mirzaei, P. & Haghighat, F., 2010. Approaches to study Urban Heat Island e Abilities and limitations. *Building and Environment*, Τόμος 45, pp. 2192-2201.
- Musco, F., 2016. *Counteracting Urban Heat Island Effects in a Global Climate Change Scenario*, Central Europe: Springer, European Union.
- Papanastasiou, D. & Kittas, C., 2011. Maximum urban heat island intensity in a medium-sized coastal Mediterranean city. *Theoretical and applied Climatology*, 24 July, 107(3-4), pp. 407-416.
- Pares, M., 1985. Descombrir el Medi Urba , Ecologia d'una Ciutat: Barcelona. *Centredel Medi Urba*.
- Potcher, O., Cohen, P. & Bitan, A., 2006. Climatic behavior of various urban parks during hot and humid summer in the mediterranean city of Tel Aviv, Israel. *International Journal of Climatology*, 26(12), pp. 1695-1711.
- Rehan, R. M., 2016. Cool city as a sustainable example of heat island management case study of the coolest city in the world. *HBRC Journal*, 12(2), pp. 191-204.
- Ren, Z. et al., 2013. Estimation of the Relationship between Urban Park Characteristics and Park Cool Island Intensity by Remote Sensing Data and Field Measurement. *Forests*, 4(4), pp. 868-886.

- Saaroni, et al., 2000. Spatial distribution and microscale characteristics of the urban heat island Tel-Aviv, Israel. *Landscape and Urban Planning*, 48(1-2), pp. 1-18.
- Santamouris, M. & Asimakopoulos, D., 1996. *Passive Cooling of buildings*. London: James and James Science publishers.
- Santamouris, M. et al., 2001. On the impact of urban climate on the energy consumption of buildings. *Solar Energy*, 70(3), pp. 201-216.
- Santamouris, M., Paraponiaris, K. & Mihalakakou, G., 2007. Estimating the ecological footprint of the heat island effect over Athens, Greece. *Climate Change*, 80(3-4), pp. 265-276.
- Santamouris, M. et al., 2007. Recent progress on passive cooling techniques. Advanced technological developments to improve survivability levels in low-income households. *Energy and Buildings*, 39(7), pp. 859-866.
- Santamouris, M., 2007. Heat island research in Europe, The state of the Art. *Advances in Building Energy Research*, 1(1), pp. 123-150.
- Skoulika, F., Santamouris, M., Kolokotsa, D. & Boemi, N., 2014. On the thermal characteristics and the mitigation potential of a medium size urban park in Athens, Greece. *Landscape and Urban Planning*, Volume 123, pp. 73-86.
- Stathopoulou & Cartalis, C., 2007. Daytime urban heat islands from Landsat ETM+ and Corine land cover data: An application to major cities in Greece.. *Solar Energy*, 81(3), pp. 358-368.
- Stathopoulou, M. και συν., 2009. A surface heat island study of Athens using high resolution satellite imagery and measurements of the optical and thermal properties of commonly used building and paving materials. *Sustain Energy*, 28(1-3), pp. 59-76.
- Taha & Haider, 1997. Urban climates and heat islands: albedo, evapotranspiration and anthropogenic heat.. *Energy and Buildings* 25, Volume 2, pp. 99-103.
- Tsoutsos, T., Tsitoura, M. & Daras, T., 2014. Evaluation of comfort conditions in urban spaces. Application in the island of Crete. *Energy Conversion and Management*, Volume 86, pp. 250-258.
- Upmanis, Eliasson, H. & Linqvist, S., 1998. The influence of green areas on nocturnal temperatures in a high latitude city (Goteborg, Sweden). *International Journal of Climatology*, 18(6), pp. 681-700.

- Weier, J. & Herring, D., 2000. *Earth Observatory*. [Πρόσβαση 30 August 2000].
<https://earthobservatory.nasa.gov/Features/MeasuringVegetation/printall.php>
- Αμούργης, Σ. και συν., 2001. *Περιβαλλοντικός Σχεδιασμός Πόλεων και Ανοικτών Χώρων*. Τόμος Α. Περιβαλλοντική Τεχνολογία. Πάτρα: Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο.
- Αποστόλου, Φ. Α., 1997. *Μαθήματα Μετεωρολογίας και Κλιματολογίας*. 2η επιμ. Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις ΖΗΤΗ.
- Βαρδουλάκης, Ε., 2013. *Μελέτη ενεργειακών υλικών και ήπιων μεθόδων δροσισμού κτιρίων για την αντιμετώπιση του φαινομένου των αστικών θερμικών νησίδων και την εξοικονόμηση ενέργειας*, Αγρίνο:.
- Γαλανός, Δ. και συν., 2008. *Κτίρια, Ενέργεια και Περιβάλλον*. Πρώτη επιμ. Θεσσαλονίκη: University Studio Press.
- Γιαννοπούλου, Κ., 2015. *Φαινόμενα θερμικής νησίδας συνδεδεμένα με πολεοδομικές και κλιματικές παραμέτρους*, Πάτρα:
- Μουσιόπουλος, 2005.
Ιστοσελίδα: http://www.citybranding.gr/2013/04/blog-post_11.html
- Μπόλλας, Α., 2011. *Μελέτη Βιοκλιματικών Συνθηκών στο Άλσος Νέας Σμύρνης*. Αθήνα: Μεταπτυχιακή Μελέτη, Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών.
- Μπουγιατιώτη, Φ.-Μ., 2009-2010. Σημειώσεις: *Το αστικό Μικροκλίμα. Βιοκλιματικές Παρεμβάσεις για τη βελτίωσή του. Μάθημα Βιοκλιματικός Σχεδιασμός. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο*. Αθήνα: .
- Μπουντας, 2014. *Διερεύνηση της Αστικής Θερμικής Νησίδας των Ελληνικών Πόλεων*, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα:
- Συννέφα, Δ., 2010. *Ο ρόλος των υλικών και του πρασίνου ως παράγοντες βελτίωσης του αστικού μικροκλίματος*. Αθήνα: Ομάδα Μελετών Κτιριακού Περιβάλλοντος -Πανεπιστήμιο Αθηνών.
- Τσουχλαράκη, Α. & Αχιλλέως, Γ., 2010. *Μαθαίνοντας τα GIS στην πράξη*. s.l.: Εκδόσεις Δίσιγμα.
- Χρονοπούλου-Σερελή & Φλόκας, 2010. *Μαθήματα Γεωργικής Μετεωρολογίας και κλιματολογίας*. Εκδόσεις Ζητη.
- Χρυσομαλλίδου, Ν., Θεοδοσίου, Θ. & Τσικαλουδάκη, Κ., 2006. *Αειφόρος ανάπτυξη ελεύθερων χώρων σε αστικό περιβάλλον*. Εργαστηριακές σημειώσεις. Θεσσαλονίκη.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

Πίνακας 4 Πίνακας μέγιστων ημερήσιων θερμοκρασιών των σημείων του πάρκου

22/7-14/9	1	2	3	4	5	6	7
MIN	27,7	27,7	27,6	27,6	27,4	27,4	27,6
Q1	28,7	28,8	29,0	29,3	29,0	28,7	28,7
MEDIAN	30,2	30,5	30,7	30,8	30,7	30,7	30,6
Q3	30,8	31,0	31,3	31,4	31,2	31,2	31,3
MAX	32,2	32,0	32,3	32,5	32,6	32,7	32,5

Πίνακας 5 Πίνακας κατανομής απογευματινών (ελάχιστων) θερμοκρασιών των σημείων του πάρκου

22/7-14/9	1	2	3	4	5	6	7
MIN	26,9	26,7	26,4	26,1	25,8	25,6	25,3
Q1	28,5	28,1	27,7	27,5	27,4	27,0	26,6
MEDIAN	29,5	29,4	29,2	29,1	28,9	28,6	28,4
Q3	30,5	30,4	30,2	30,0	29,8	29,7	29,4
MAX	32,2	31,9	31,5	31,2	31,0	30,9	30,6

Πίνακας 6 Συσχέτισης εύρους θερμοκρασιών για 2 σταθμούς των Χανίων και του Κήπου και των μέγιστων θερμοκρασιών

ΗΜΕΡΟΜΗΝΗ Α	T _{MAX} ΠΑΡΚ Ο °C	T _{MAX} ΧΑΝΙΑ- ΑΚΡΩΤ. °C	T _{MAX} ΧΑΝΙΑ- ΚΕΝΤΡΟ °C	ΕΥΡΟΣ ΘΕΡΜ. ΠΑΡΚΟ (K)	ΕΥΡΟΣ. ΧΑΝΙΑ- ΑΚΡΩΤ. (K)	ΕΥΡΟΣ. ΧΑΝΙΑ- ΚΕΝΤΡ Ο (K)
22-ΙΟΥΛ	30,8	30,8	28,3	3,5	3,6	1,2
23-ΙΟΥΛ	31,1	30,3	28,9	3,8	2,7	1,8
24-ΙΟΥΛ	31,5	32,3	31,2	1,3	3,2	0,4
25-ΙΟΥΛ	30,6	31,4	31,5	1,6	4,2	2,5
27-ΙΟΥΛ	31,4	32,4	31,2	1,8	4,3	1,7
28-ΙΟΥΛ	31,3	33,7	30,3	3,1	6,8	1,8
29-ΙΟΥΛ	32,0	33,7	30,7	3,1	6,2	1,9
30-ΙΟΥΛ	30,7	33,2	31,6	0,3	4,3	0,9
31-ΙΟΥΛ	31,4	33,2	30,8	1,7	5,6	1,2
1-ΑΥΓ	32,2	34,3	31	1,9	4,7	0,7
3-ΑΥΓ	31,1	34,2	29,4	1,8	6,6	1,1
4-ΑΥΓ	30,1	33,1	29,2	0,3	5,8	0,4
6-ΑΥΓ	31,9	33,7	31,3	3,5	6,5	2,9
8-ΑΥΓ	32,1	32,5	30,1	3,1	5,6	1,9
9-ΑΥΓ	30,4	32,1	29,2	2,0	6,2	1,5
10-ΑΥΓ	31,4	32,5	29,3	0,9	5,9	1,2
11-ΑΥΓ	32,0	33,9	30,3	2,5	6,3	1,1
12-ΑΥΓ	32,7	35,2	32,6	3,7	7,1	2,4
1-ΣΕΠ	30,4	28,9	27,2	4,3	5,1	1,1
2-ΣΕΠ	28,0	29,0	27,7	1,3	5,9	2,1
3-ΣΕΠ	30,0	27,9	26,7	3,4	5,1	2
4-ΣΕΠ	29,0	28,7	26,7	3,1	5,8	1
6-ΣΕΠ	28,8	30,8	29,9	0,3	5,0	2,9
7-ΣΕΠ	31,3	33,8	30,1	3,9	7,3	2,9
8-ΣΕΠ	31,5	32,3	31,6	4,4	7,1	5,2
10-ΣΕΠ	27,7	29,3	28,3	1,8	5,3	2,9
11-ΣΕΠ	29,5	29,7	28	2,9	6,4	2,3
12-ΣΕΠ	29,1	28,3	26,9	3,6	5,1	1,6
13-ΣΕΠ	28,9	28,3	26,3	3,5	5,5	1,6
14-ΣΕΠ	28,9	27,9	26,4	3,6	5,6	1,6

Πίνακας 7 Κατανομή ημερήσιας μέγιστης θερμοκρασίας του Κήπου και των σταθμών

	Πάρκο	Χανιά- Ακρωτήριο	Χανιά- Κέντρο	Σημείο Αναφοράς(31)
<i>MIN</i>	27,7	27,9	26,3	28,0
<i>Q1</i>	29,3	29,5	28,2	30,1
<i>MEDIAN</i>	30,8	32,3	29,4	32,0
<i>Q3</i>	31,4	33,5	30,9	32,8
<i>MAX</i>	32,7	35,2	32,6	34,0
<i>AVERAGE</i>	30,5	31,5	29,4	31,4

Πίνακας 8 Κατανομή ελαχίστων θερμοκρασιών στον Κήπο και στους σταθμούς

	Πάρκο	Χανιά- Ακρωτήριο	Χανιά- Κέντρο	Σημείο αναφοράς (31)
<i>MIN</i>	25,3	22,3	24,7	24,0
<i>Q1</i>	26,6	23,9	25,8	25,7
<i>MEDIAN</i>	28,4	26,9	27,9	27,9
<i>Q3</i>	29,4	27,6	29,0	28,5
<i>MAX</i>	30,6	29,6	30,8	29,5
<i>AVERAGE</i>	28,1	26,1	27,6	27,2

Πίνακας 9 Υπολογισμού μέγιστης έντασης ψυχρής νησίδας (CII) πάρκου

Ημερομηνία	Κήπος/Χανιά-Ακρωτήρι (Κ)	CII Κήπου/Σημείου Αναφοράς (Κ)
22-Ιουλ	-0,28	-1,12
23-Ιουλ	0,50	-2,04
24-Ιουλ	-1,28	-2,95
25-Ιουλ	-1,04	-2,48
27-Ιουλ	-1,45	-0,79
28-Ιουλ	-2,97	-2,87
29-Ιουλ	-2,32	-2,32
30-Ιουλ	-2,51	0,10
31-Ιουλ	-1,92	-0,88
1-Αυγ	-2,43	-1,86
3-Αυγ	-3,23	-1,88
4-Αυγ	-3,03	-1,90
6-Αυγ	-2,21	-1,87
8-Αυγ	-1,00	-1,35
9-Αυγ	-1,76	-0,18
10-Αυγ	-1,68	-1,18
11-Αυγ	-2,36	-0,86
12-Αυγ	-2,93	-0,55
1-Σεπ	1,08	-0,49
2-Σεπ	-1,01	-0,03
3-Σεπ	1,64	-0,68
4-Σεπ	-0,09	-1,25
6-Σεπ	-2,15	0,48
7-Σεπ	-2,90	-1,63
8-Σεπ	-1,19	-0,98
9-Σεπ	-1,41	0,15
10-Σεπ	-1,74	-2,63
11-Σεπ	-0,80	-1,11
12-Σεπ	0,40	-0,96
13-Σεπ	0,21	-0,81
14-Σεπ	0,68	-1,24

Πίνακας 10 Υπολογισμός ελάχιστης έντασης ψυχρής νησίδας (CII) του πάρκου

Ημερομηνία	CII Κήπου/Χανιά-Ακρωτήρι (Κ)	CII Κήπου/Σημείου Αναφοράς
22-Ιουλ	0,71	1,07
23-Ιουλ	0,64	1,42
24-Ιουλ	1,19	0,83
25-Ιουλ	1,91	1,26
27-Ιουλ	1,24	1,62
28-Ιουλ	2,13	1,36
29-Ιουλ	1,92	0,55
30-Ιουλ	1,64	1,90
31-Ιουλ	2,65	2,48
1-Αυγ	0,56	1,82
3-Αυγ	2,08	1,63
4-Αυγ	2,82	1,43
6-Αυγ	1,95	1,30
8-Αυγ	2,57	1,33
9-Αυγ	3,25	1,30
10-Αυγ	4,34	3,07
11-Αυγ	2,83	1,94
12-Αυγ	0,93	-0,23
1-Σεπ	2,88	1,25
2-Σεπ	4,88	3,23
3-Σεπ	5,01	3,02
4-Σεπ	3,96	2,77
6-Σεπ	2,84	2,09
7-Σεπ	1,10	-0,35
8-Σεπ	2,42	1,04
10-Σεπ	2,39	0,87
11-Σεπ	3,89	1,10
12-Σεπ	2,97	1,54
13-Σεπ	3,51	1,49
14-Σεπ	4,02	2,32

Πίνακας 11 Συσχέτιση μέσης μέγιστης θερμοκρασίας σταθμών αναφοράς και της αντίστοιχης μέσης ψυχρής νησίδας του Κήπου

Ημερομηνία	Χανιά-Ακρωτήρι (Κ)	CII Σημείου Αναφοράς (Κ)	Χανιά/Κέντρο (Κ)	Μέση CII (Κ)	T _{max} Ακρωτήρι (°C)	T _{max} Σημείο31 (°C)	T _{max} Κέντρο (°C)	Μέση T _{max} (°C)
22-Ιουλ	-0,3	-1,1	2,5	0,4	30,8	31,6	28,3	30,2
23-Ιουλ	0,5	-2,0	2,2	0,2	30,3	32,8	28,9	30,7
24-Ιουλ	-1,3	-2,9	0,3	-1,3	32,3	34,0	31,2	32,5
25-Ιουλ	-1,0	-2,5	-0,9	-1,5	31,4	32,8	31,5	31,9
27-Ιουλ	-1,4	-0,8	0,2	-0,7	32,4	31,7	31,2	31,8
28-Ιουλ	-3,0	-2,9	1,0	-1,6	33,7	33,6	30,3	32,5
29-Ιουλ	-2,3	-2,3	1,3	-1,1	33,7	33,7	30,7	32,7
30-Ιουλ	-2,5	0,1	-0,9	-1,1	33,2	30,6	31,6	31,8
31-Ιουλ	-1,9	-0,9	0,6	-0,7	33,2	32,2	30,8	32,1
1-Αυγ	-2,4	-1,9	1,2	-1,0	34,3	33,7	31,0	33,0
3-Αυγ	-3,2	-1,9	1,7	-1,1	34,2	32,9	29,4	32,2
4-Αυγ	-3,0	-1,9	0,9	-1,3	33,1	32,0	29,2	31,4
6-Αυγ	-2,2	-1,9	0,6	-1,2	33,7	33,4	31,3	32,8
8-Αυγ	-1,0	-1,3	2,0	-0,1	32,5	32,8	30,1	31,8
9-Αυγ	-1,8	-0,2	1,2	-0,3	32,1	30,5	29,2	30,6
10-Αυγ	-1,7	-1,2	2,1	-0,2	32,5	32,0	29,3	31,3
11-Αυγ	-2,4	-0,9	1,7	-0,5	33,9	32,4	30,3	32,2
12-Αυγ	-2,9	-0,5	0,1	-1,1	35,2	32,8	32,6	33,5
1-Σεπ	1,1	-0,5	3,2	1,3	28,9	30,5	27,2	28,9
2-Σεπ	-1,0	0,0	0,3	-0,2	29,0	28,0	27,7	28,2
3-Σεπ	1,6	-0,7	3,3	1,4	27,9	30,2	26,7	28,3
4-Σεπ	-0,1	-1,3	2,3	0,3	28,7	29,9	26,7	28,4
6-Σεπ	-2,2	0,5	-1,1	-0,9	30,8	28,2	29,9	29,6
7-Σεπ	-2,9	-1,6	1,2	-1,1	33,8	32,5	30,1	32,1
8-Σεπ	-1,2	-1,0	-0,1	-0,8	32,3	32,1	31,6	32,0
9-Σεπ	-1,4	0,1	0,2	-0,4	29,9	28,3	28,3	28,8
10-Σεπ	-1,7	-2,6	-0,6	-1,6	29,3	30,2	28,3	29,3
11-Σεπ	-0,8	-1,1	1,5	-0,1	29,7	30,0	28,0	29,2
12-Σεπ	0,4	-1,0	2,2	0,5	28,3	29,7	26,9	28,3
13-Σεπ	0,2	-0,8	2,6	0,7	28,3	29,3	26,3	28,0
14-Σεπ	0,7	-1,2	2,5	0,6	27,9	29,8	26,4	28,0

Πίνακας 12 Μεταβολή μέση θερμοκρασίας των σημείων της διαδρομής 1 για τις μεσημβρινές και απογευματινές μετρήσεις

Σημεία	Απόσταση (m)	Μέση θερμοκρασία (12:300μμ)(°C)	Μέση θερμοκρασία (20:00μμ) (°C)
14	-322,69	31,16	27,40
15	-276,63	30,88	27,37
16	-181,03	30,82	27,35
17	-124,34	30,72	27,36
18	-37,20	30,76	27,39
8	-21,54	30,45	27,62
19	0,00	30,88	27,41
20	0,00	30,86	27,37
9	55,56	30,48	27,57
10	116,03	30,79	27,49
11	200,34	30,97	27,43
12	255,20	31,19	27,40
13	323,92	31,29	27,40

Πίνακας 13 Μεταβολής της μέσης θερμοκρασίας των σημείων του Κήπου με την απόσταση από το σημείο αναφοράς (απογευματινές και μεσημβρινές μετρήσεις)

ΣΗΜΕΙΑ	ΑΠΟΣΤΑΣΗ (M)	ΜΕΣΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ (12:300MM)(°C)	ΜΕΣΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ (20:00MM) (°C)
4	-193,77	30,43	28,68
5	-129,55	30,32	28,47
6	-79,77	30,19	28,27
7	-36,02	30,20	28,07
20	0,00	30,86	27,37
1	25,60	29,91	29,43
2	101,94	30,05	29,22
3	172,82	30,29	28,96

Πίνακας 14 Κατανομή θερμοκρασίας κατά την 2η διαδρομή

ΣΗΜΕΙΟ	ΜΕΤΡΑ (M)	ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ 12:30 (°C)	20:00 (°C)
20	0	30,86	27,37
21	44,5	30,90	27,37
22	119,2	31,24	27,32
23	201,1	31,45	27,27
24	247,5	31,61	27,26

Πίνακας 15 Κατανομή θερμοκρασίας της 2ης διαδρομής προς τον Κήπο

ΣΗΜΕΙΟ	ΜΕΤΡΑ(M)	ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ 12:30	20:00 (°C)
24	0	31,61	27,26
25	51	31,60	27,25
26	110,9	31,62	27,25
27	180,8	31,75	27,23
28	247,5	31,81	27,19

Πίνακας 16 Κατανομή θερμοκρασίας των σημείων της διαδρομής 3

Σημείο	Μέτρα (m)	Μέση θερμοκρασία σημείου 12:30 (°C)	20:00 (°C)
29	0	30,86	27,15
30	58	31,51	27,16
31	103,5	31,43	27,18
31	0	31,43	27,18
32	67	31,50	27,20
29	103,5	30,86	27,15

Πίνακας 17 Σχέση μεταξύ του ρυθμού θέρμανσης και της μέγιστης και ελάχιστης ηλιακής ακτινοβολίας (μεσημβρινές ώρες)

Σημείο	Μέση τιμή (Lux)	Heating rate (K/100m) 12:30	Max (LUX)
26	4146,20	0	8802,2
27	14105,50	0,084	32280,1
28	14055,44	0,315	32280,1
29	12611,40	0,291	32280,1
30	13341,44	0,301	32280,1
31	7500,74	0,373	32280,1
32	4614,49	0,554	19398
33	9795,05	1,323	20935,3
36	3584,35	0	7619,7
37	3767,65	1,108	20643,6
38	10702,34	0,547	32280,1
39	11389,15	1,821	32280,1

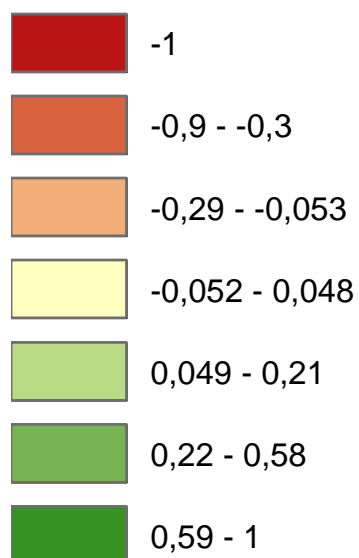
Πίνακας 18 Σχέση του ρυθμού θέρμανσης των διαδρομών 2 και 3 και της μέσης και μέγιστης έντασης ηλιακής ακτινοβολίας (απογευματινές ώρες)

Σημεία	μέση τιμή(Lux)	max(Lux)	min (Lux)	heating rate(K/100m) 20:00
26	48,34	216,8	11,8	0
27	58,33	232,6	3,9	-0,007
28	39,67	232,6	11,8	-0,044
29	68,05	469,1	3,9	-0,050
30	74,88	366,6	3,9	-0,043
31	40,71	224,7	3,9	-0,059
32	27,84	193,2	3,9	-0,086
33	21,27	98,5	3,9	-0,206
36	14,17	59,1	3,9	0
37	23,63	106,4	3,9	0,020
38	30,47	138	3,9	0,033
39	20,48	67	3,9	0,160

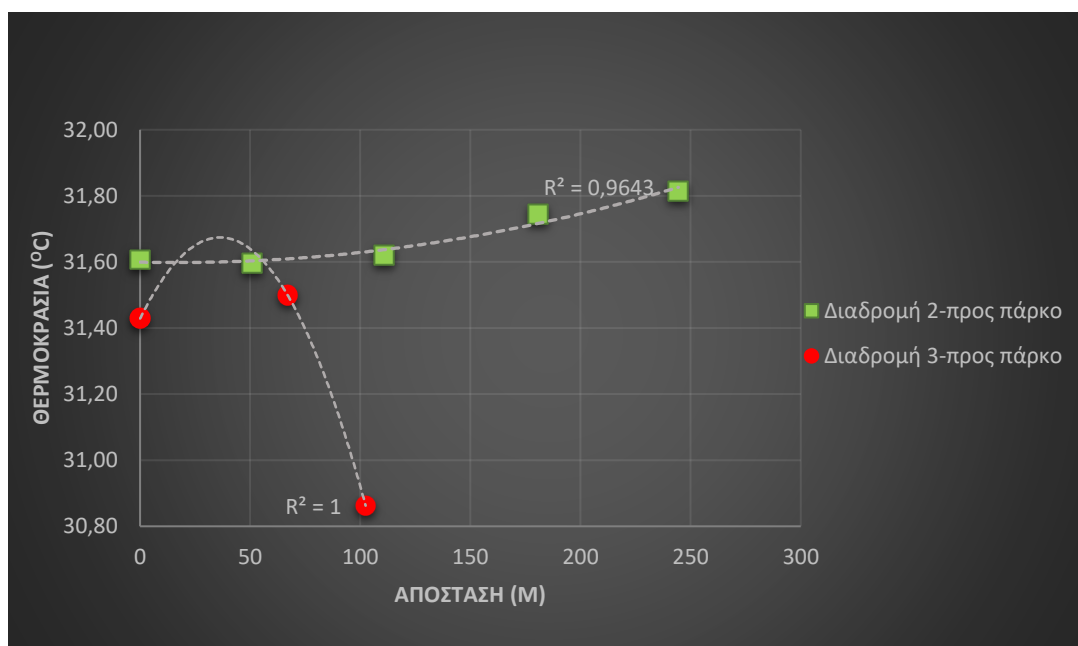
Υπόμνημα Χάρτη NDVI (Χάρτης 9)

NDVI_compos2.tif

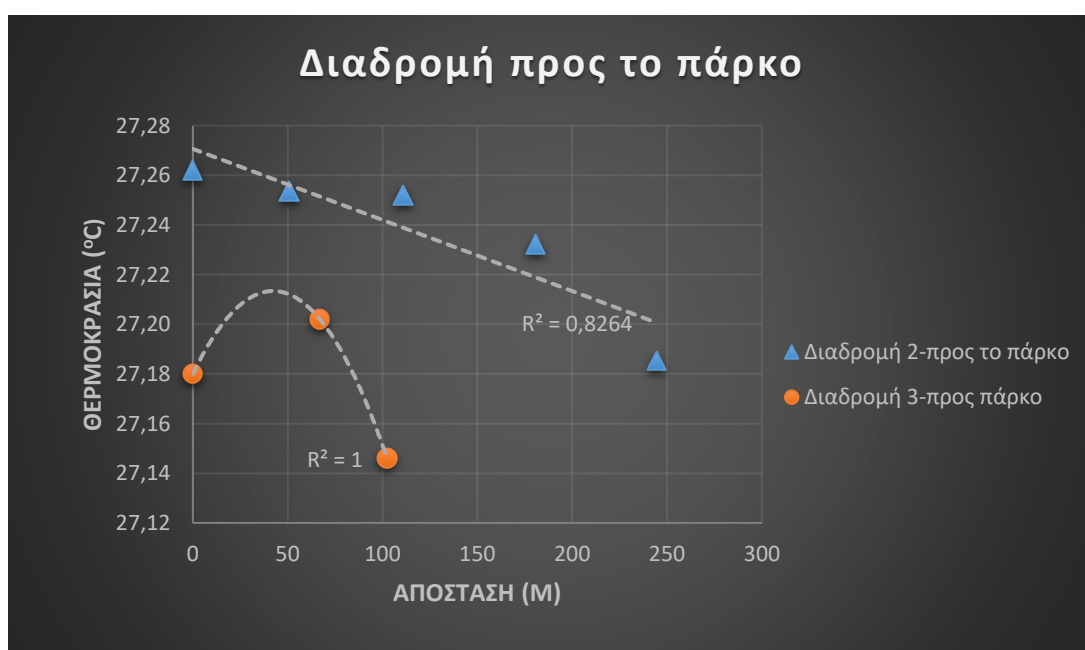
<VALUE>



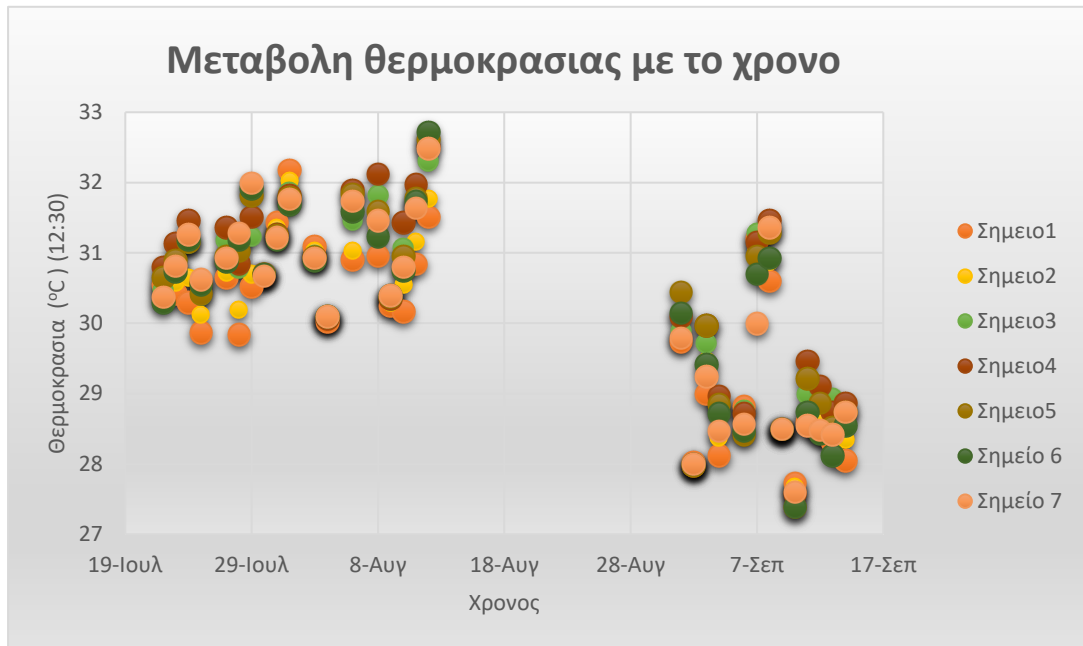
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ



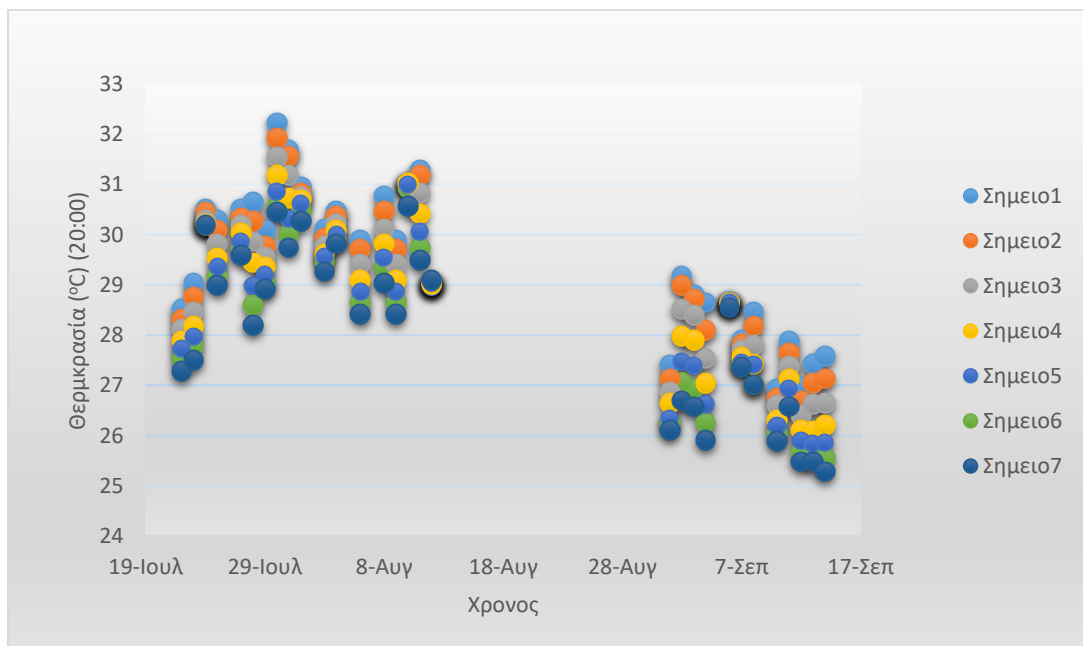
Διάγραμμα 20 Κατανομή των θερμοκρασιών των διαδρομών 2 και 3 με κατεύθυνση προς το πάρκο (μεσημβρινές ώρες)



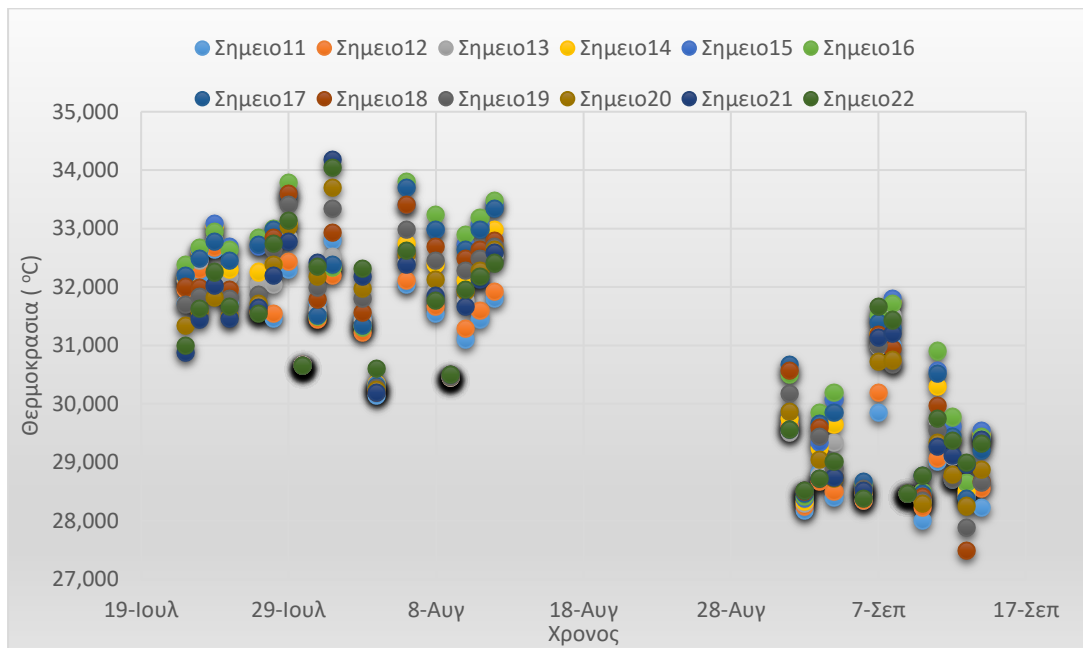
Διάγραμμα 21 Κατανομή των θερμοκρασιών των διαδρομών 2 και 3 με κατεύθυνση προς το πάρκο (απογευματινές ώρες)



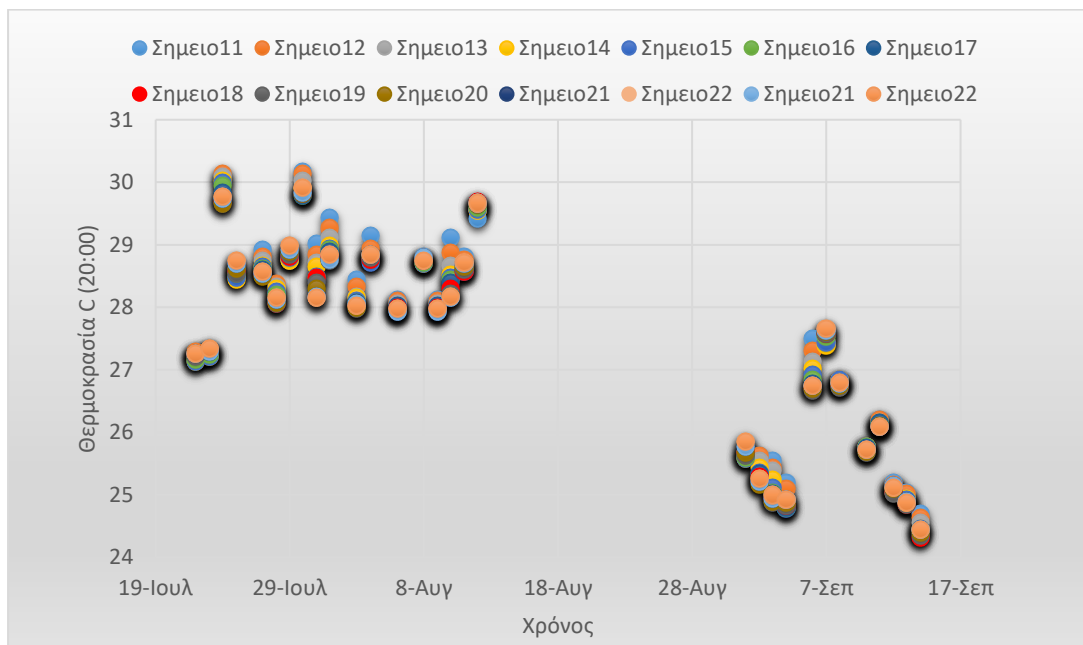
Διάγραμμα 22 Μεταβολής της θερμοκρασίας με το χρόνο για τα σημεία εντός του Κήπου (μεσημβρινές ώρες)



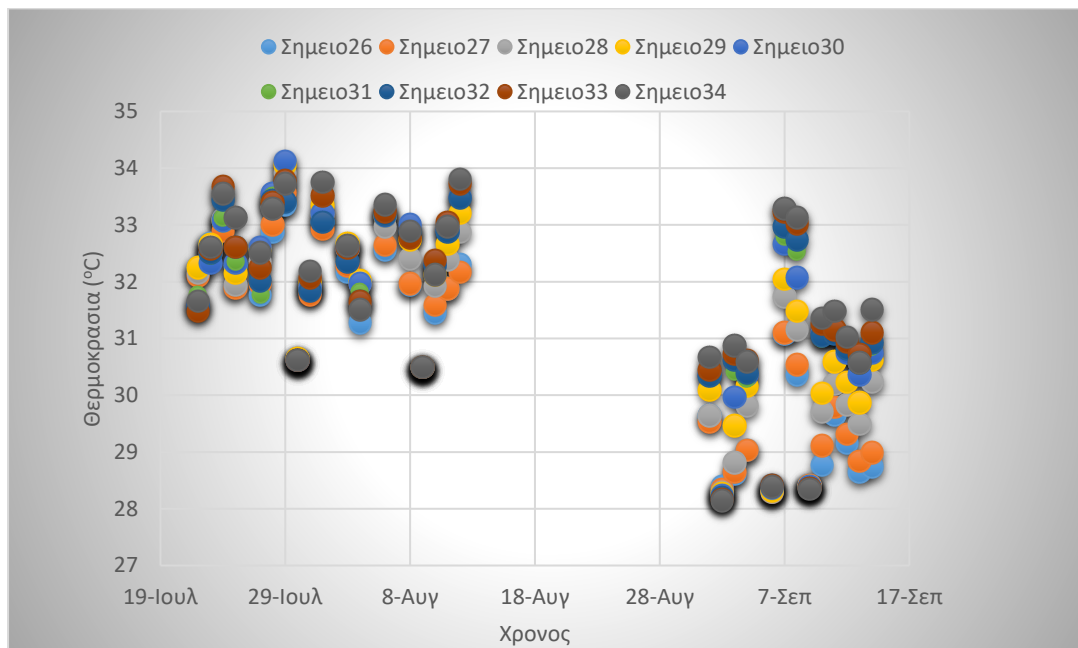
Διάγραμμα 23 Μεταβολής της θερμοκρασίας με το χρόνο για τα σημεία εντός του Κήπου (απογευματινές ώρες)



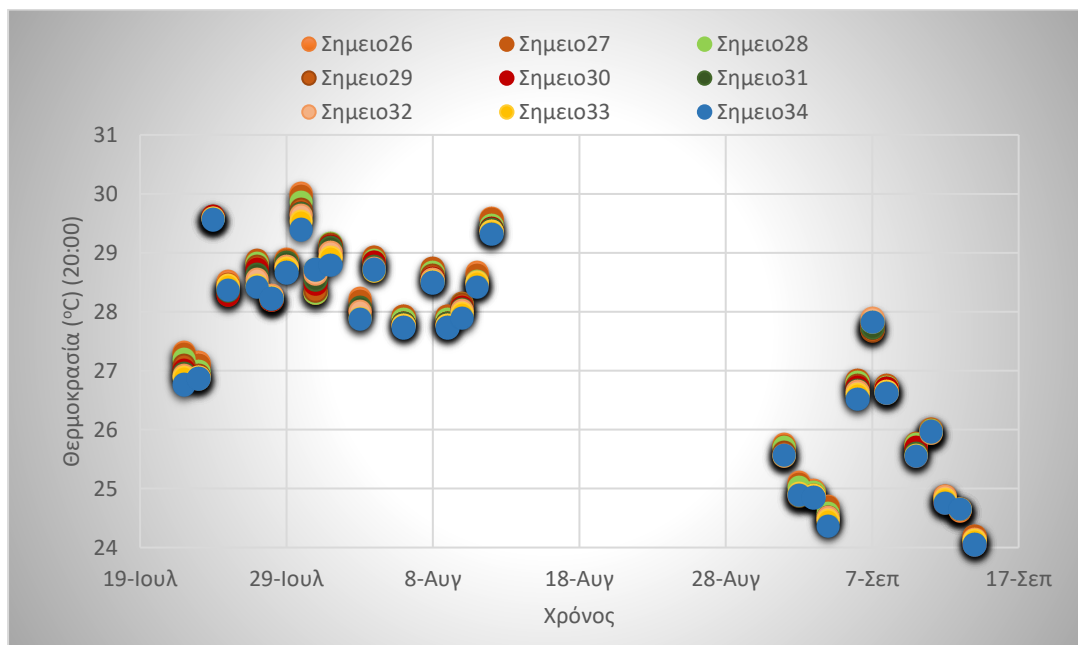
Διάγραμμα 24 Μεταβολή της θερμοκρασίας με το χρόνο για τα πειραματικά σημεία της διαδρομής 1 τις μεσημβρινές ώρες



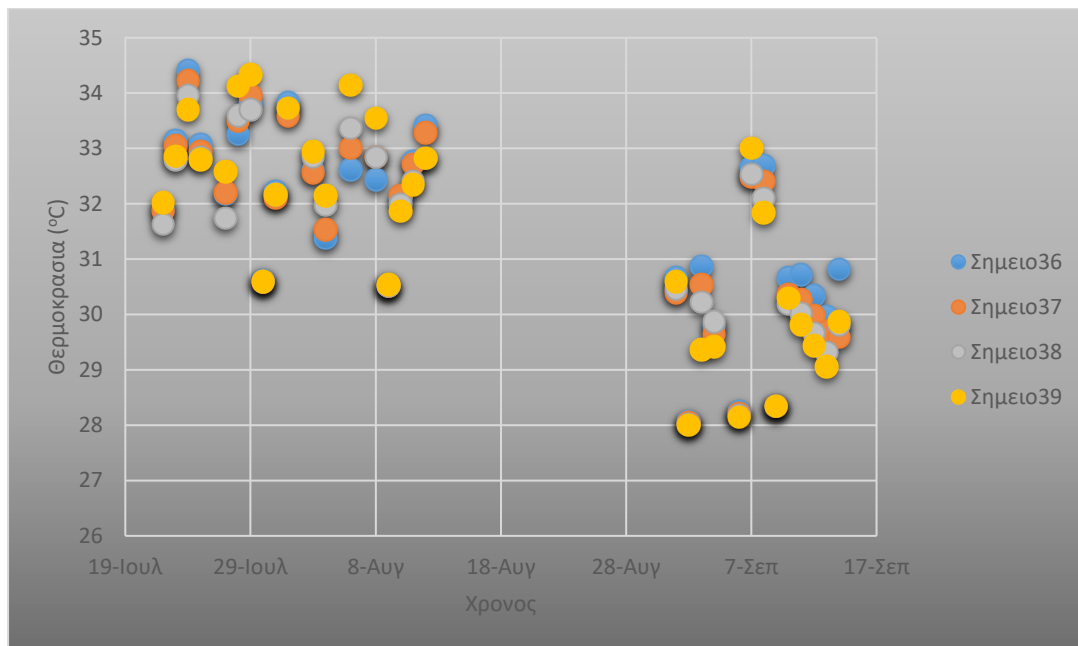
Διάγραμμα 25 Μεταβολή της θερμοκρασίας με τον χρόνο για τα πειραματικά σημεία της διαδρομής 1 για τις απογευματινές μετρήσεις



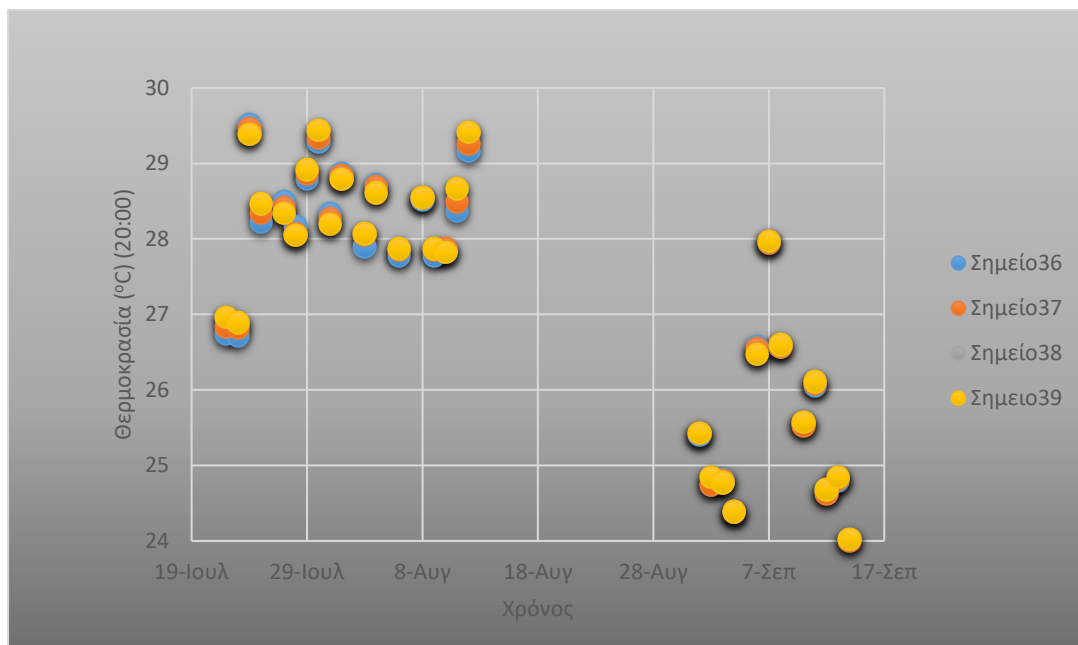
Διάγραμμα 26 Μεταβολή της θερμοκρασίας των σημείων της διαδρομής 2 με το χρόνο για τις μεσημβρινές ώρες



Διάγραμμα 27 Μεταβολή της θερμοκρασίας των σημείων της διαδρομής 2 με το χρόνο για τις απογευματινές ώρες



Διάγραμμα 28 Μεταβολή της θερμοκρασίας των σημείων της διαδρομής 3 με το χρόνο για τις μεσημβρινές ώρες



Διάγραμμα 29 Μεταβολή της θερμοκρασίας των σημείων της διαδρομής 3 με το χρόνο για τις απογευματινές ώρες

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β

Πίνακες που χρησιμοποιήθηκαν για τον υπολογισμό της έντασης ψυχρής νησίδας ανά σημείο στον Κήπο Χανίων ανάλογα με το σημείο αναφοράς, την χρονική περίοδο υπολογισμού και τις μεσημβρινές και απογευματινές ώρες.

Υπολογισμός Cool Island Intensity τις μεσημβρινές ώρες (12:30μμ)

Πίνακας 19 Υπολογισμός cool island intensity ανά σημείο για την περίοδο Ιουλίου-Αυγούστου (Χανιά-Ακρωτήριο)

ΣΗΜΕΙΑ	22- ΙΟΥΛ	23- ΙΟΥΛ	24- ΙΟΥΛ	25- ΙΟΥΛ	27- ΙΟΥΛ	28- ΙΟΥΛ	29- ΙΟΥΛ	30- ΙΟΥΛ	31- ΙΟΥΛ	1- ΑΥΓ	3- ΑΥΓ	4- ΑΥΓ	6- ΑΥΓ	8- ΑΥΓ	9- ΑΥΓ	10- ΑΥΓ	11- ΑΥΓ	12- ΑΥΓ
1	-0,25	0,15	-2,01	-1,54	-1,75	-3,86	-3,18	-2,50	-1,76	-2,13	-3,10	-3,08	-2,80	-1,55	-1,86	-2,33	-3,06	-3,69
2	-0,31	0,30	-1,65	-1,28	-1,68	-3,51	-3,00	-2,50	-1,84	-2,28	-3,17	-3,06	-2,67	-1,17	-1,81	-1,96	-2,75	-3,44
3	-0,33	0,53	-1,17	-1,01	-1,22	-2,93	-2,47	-2,50	-1,92	-2,43	-3,23	-3,03	-2,24	-0,68	-1,78	-1,42	-2,21	-2,90
4	0,00	0,86	-0,84	-0,83	-1,04	-2,85	-2,19	-2,50	-1,94	-2,48	-3,26	-3,03	-1,81	-0,38	-1,76	-1,07	-1,93	-2,69
5	-0,15	0,63	-1,15	-0,98	-1,45	-2,67	-1,88	-2,50	-1,96	-2,51	-3,26	-3,01	-1,86	-0,91	-1,73	-1,55	-2,12	-2,59
6	-0,51	0,47	-1,12	-0,85	-1,53	-2,52	-1,78	-2,50	-2,01	-2,61	-3,31	-3,01	-2,11	-1,27	-1,71	-1,75	-2,17	-2,48
7	-0,43	0,54	-1,05	-0,78	-1,48	-2,42	-1,70	-2,53	-1,98	-2,54	-3,27	-3,01	-1,96	-1,04	-1,71	-1,70	-2,26	-2,72
AVERAGE	-0,28	0,50	-1,28	-1,04	-1,45	-2,97	-2,32	-2,51	-1,92	-2,43	-3,23	-3,03	-2,21	-1,00	-1,76	-1,68	-2,36	-2,93

Πίνακας 20 Υπολογισμός cool island intensity ανά σημείο του πάρκου τον Σεπτέμβριο (Χανιά-Ακρωτήριο)

ΣΗΜΕΙΑ	1-ΣΕΠ	2-ΣΕΠ	3-ΣΕΠ	4-ΣΕΠ	6-ΣΕΠ	7-ΣΕΠ	8-ΣΕΠ	9-ΣΕΠ	10-ΣΕΠ	11-ΣΕΠ	12-ΣΕΠ	13-ΣΕΠ	14-ΣΕΠ
1	0,84	-0,98	1,09	-0,58	-1,98	-2,60	-1,70	-1,41	-1,57	-1,11	0,16	0,02	0,15
2	0,89	-1,00	1,56	-0,33	-2,01	-2,75	-1,43	-1,41	-1,62	-0,93	0,33	0,19	0,45
3	0,99	-1,03	1,82	0,09	-2,03	-2,52	-0,99	-1,41	-1,70	-0,71	0,67	0,64	0,84
4	1,19	-1,03	2,07	0,27	-2,08	-2,65	-0,84	-1,41	-1,72	-0,24	0,80	0,44	0,97
5	1,54	-1,03	2,07	0,14	-2,38	-2,85	-1,02	-1,41	-1,92	-0,48	0,57	0,22	0,84
6	1,24	-1,00	1,51	0,02	-2,33	-3,10	-1,38	-1,41	-1,92	-0,96	0,13	-0,18	0,64
7	0,89	-1,00	1,34	-0,23	-2,23	-3,81	-0,94	-1,41	-1,70	-1,16	0,18	0,12	0,84
AVERAGE	1,08	-1,01	1,64	-0,09	-2,15	-2,90	-1,19	-1,41	-1,74	-0,80	0,40	0,21	0,68

Πίνακας 21 Υπολογισμός cool island intensity ανά σημείο του πάρκου την περίοδο Ιουλίου-Αυγούστου (Χανιά-Κέντρο)

	22- Ιουλ	23- Ιουλ	24- Ιουλ	25- Ιουλ	27- Ιουλ	28- Ιουλ	29- Ιουλ	30- Ιουλ	31- Ιουλ	1- Αυγ	3- Αυγ	4- Αυγ	6- Αυγ	8- Αυγ	9- Αυγ	10- Αυγ	11- Αυγ	12- Αυγ
1	-1,09	-2,38	-3,67	-2,98	-1,09	-3,76	-3,18	0,10	-0,73	-1,56	-1,75	-1,95	-2,47	-1,90	-0,28	-1,83	-1,57	-1,31
2	-1,14	-2,23	-3,32	-2,73	-1,02	-3,41	-3,01	0,10	-0,80	-1,71	-1,82	-1,93	-2,34	-1,52	-0,23	-1,45	-1,25	-1,06
3	-1,17	-2,00	-2,84	-2,45	-0,56	-2,83	-2,47	0,10	-0,88	-1,86	-1,88	-1,90	-1,91	-1,03	-0,20	-0,92	-0,72	-0,52
4	-0,84	-1,67	-2,51	-2,28	-0,38	-2,75	-2,19	0,10	-0,91	-1,91	-1,91	-1,90	-1,47	-0,72	-0,18	-0,56	-0,44	-0,31
5	-0,99	-1,90	-2,81	-2,43	-0,79	-2,57	-1,89	0,10	-0,92	-1,94	-1,91	-1,88	-1,52	-1,26	-0,15	-1,05	-0,63	-0,21
6	-1,34	-2,07	-2,79	-2,30	-0,87	-2,42	-1,79	0,10	-0,97	-2,04	-1,96	-1,88	-1,78	-1,62	-0,13	-1,25	-0,68	-0,10
7	-1,27	-1,99	-2,71	-2,23	-0,81	-2,32	-1,71	0,08	-0,94	-1,97	-1,92	-1,88	-1,63	-1,39	-0,13	-1,20	-0,77	-0,34
Average	-1,12	-2,04	-2,95	-2,48	-0,79	-2,87	-2,32	0,10	-0,88	-1,86	-1,88	-1,90	-1,87	-1,35	-0,18	-1,18	-0,86	-0,55

Πίνακας 22 Υπολογισμός της cool island intensity ανά σημείο στο πάρκο για την περίοδο Σεπτεμβρίου (Χανιά-Κέντρο)

Σημεία	1-Σεπ	2-Σεπ	3-Σεπ	4-Σεπ	6-Σεπ	7-Σεπ	8-Σεπ	9-Σεπ	10-Σεπ	11-Σεπ	12-Σεπ	13-Σεπ	14-Σεπ
1	-0,73	0,00	-1,23	-1,74	0,65	-1,33	-1,50	0,15	-2,47	-1,42	-1,21	-1,00	-1,77
2	-0,68	-0,02	-0,75	-1,50	0,62	-1,48	-1,22	0,15	-2,52	-1,25	-1,04	-0,82	-1,47
3	-0,58	-0,05	-0,50	-1,07	0,59	-1,26	-0,79	0,15	-2,59	-1,03	-0,70	-0,37	-1,07
4	-0,38	-0,05	-0,25	-0,90	0,55	-1,38	-0,64	0,15	-2,61	-0,55	-0,56	-0,57	-0,95
5	-0,03	-0,05	-0,25	-1,02	0,25	-1,59	-0,82	0,15	-2,81	-0,80	-0,80	-0,80	-1,07
6	-0,33	-0,02	-0,80	-1,15	0,30	-1,84	-1,17	0,15	-2,81	-1,27	-1,23	-1,19	-1,27
7	-0,68	-0,02	-0,98	-1,40	0,40	-2,55	-0,74	0,15	-2,59	-1,47	-1,18	-0,90	-1,07
Average	-0,49	-0,03	-0,68	-1,25	0,48	-1,63	-0,98	0,15	-2,63	-1,11	-0,96	-0,81	-1,24

Υπολογισμός Cool Island Intensity τις απογευματινές ώρες (20:00μμ)

Πίνακας 23 Υπολογισμός cool island intensity για τα σημεία του πάρκου την περίοδο Ιουλίου-Αυγούστου (Χανιά-Ακρωτήριο)

Σημεία	22- Ιουλ	23- Ιουλ	24- Ιουλ	25- Ιουλ	27- Ιουλ	28- Ιουλ	29- Ιουλ	30- Ιουλ	31- Ιουλ	1-Αυγ	3-Αυγ	4-Αυγ	6-Αυγ	8-Αυγ	9-Αυγ	10- Αυγ	11- Αυγ	12- Αυγ
1	1,32	1,44	1,42	2,59	1,72	3,35	2,59	2,63	3,59	0,85	2,52	3,17	2,69	3,47	3,99	4,43	3,68	0,89
2	1,12	1,17	1,34	2,39	1,54	2,97	2,27	2,32	3,46	0,72	2,34	3,07	2,52	3,17	3,82	4,43	3,58	0,94
3	0,92	0,87	1,19	2,12	1,39	2,57	2,07	1,94	3,08	0,65	2,17	2,92	2,21	2,82	3,51	4,43	3,22	0,94
4	0,68	0,57	1,12	1,84	1,24	2,14	1,87	1,58	2,62	0,60	2,02	2,79	1,89	2,52	3,19	4,43	2,82	0,91
5	0,53	0,37	1,09	1,67	1,07	1,69	1,69	1,25	2,22	0,52	1,97	2,69	1,67	2,24	2,97	4,40	2,47	0,94
6	0,33	0,18	1,09	1,47	0,94	1,29	1,54	0,95	1,92	0,40	1,86	2,62	1,44	2,04	2,74	4,33	2,14	0,91
7	0,08	-0,10	1,09	1,29	0,79	0,90	1,42	0,84	1,64	0,17	1,67	2,52	1,22	1,74	2,52	3,97	1,89	0,99
Average	0,71	0,64	1,19	1,91	1,24	2,13	1,92	1,64	2,65	0,56	2,08	2,82	1,95	2,57	3,25	4,34	2,83	0,93

Πίνακας 24 Υπολογισμός cool island intensity για τα σημεία του πάρκου για την περίοδο Σεπτεμβρίου (Χανιά-Ακρωτήριο)

Σημεία	1-Σεπ	2-Σεπ	3-Σεπ	4-Σεπ	6-Σεπ	7-Σεπ	8-Σεπ	10-Σεπ	11-Σεπ	12-Σεπ	13-Σεπ	14-Σεπ
1	3,61	6,07	5,99	5,44	2,87	1,40	3,27	2,94	4,58	3,77	4,63	5,28
2	3,34	5,89	5,92	4,90	2,84	1,33	2,97	2,74	4,35	3,50	4,24	4,84
3	3,07	5,42	5,59	4,33	2,84	1,20	2,60	2,60	4,08	3,20	3,82	4,35
4	2,85	4,87	5,10	3,84	2,84	1,05	2,23	2,30	3,84	2,91	3,29	3,91
5	2,53	4,38	4,58	3,42	2,84	0,96	2,21	2,21	3,64	2,69	3,04	3,57
6	2,46	3,96	4,14	3,06	2,87	0,91	1,81	2,06	3,44	2,47	2,87	3,25
7	2,31	3,60	3,77	2,71	2,74	0,86	1,81	1,89	3,27	2,28	2,68	2,98
Average	2,88	4,88	5,01	3,96	2,84	1,10	2,42	2,39	3,89	2,97	3,51	4,02

Πίνακας 25 Υπολογισμός cool island intensity για την περίοδο Ιουλίου-Αυγούστου (Χανιά-Κέντρο)

Σημεία	22- Ιουλ	23- Ιουλ	24- Ιουλ	25- Ιουλ	27- Ιουλ	28- Ιουλ	29- Ιουλ	30- Ιουλ	31- Ιουλ	1- Αυγ	3- Αυγ	4- Αυγ	6- Αυγ	8- Αυγ	9- Αυγ	10- Αυγ	11- Αυγ	12- Αυγ
1	1,68	2,22	1,06	1,95	2,10	2,57	1,23	2,89	3,42	2,11	2,07	1,78	2,04	2,23	2,04	3,15	2,79	-0,28
2	1,48	1,95	0,98	1,75	1,92	2,20	0,90	2,58	3,29	1,98	1,89	1,68	1,87	1,93	1,87	3,15	2,69	-0,23
3	1,28	1,65	0,83	1,47	1,77	1,79	0,70	2,20	2,91	1,91	1,72	1,53	1,56	1,57	1,56	3,15	2,33	-0,23
4	1,03	1,35	0,76	1,20	1,62	1,37	0,50	1,84	2,45	1,86	1,57	1,40	1,24	1,27	1,24	3,15	1,93	-0,25
5	0,89	1,15	0,73	1,02	1,45	0,92	0,32	1,51	2,05	1,78	1,52	1,30	1,02	1,00	1,02	3,13	1,57	-0,23
6	0,69	0,96	0,73	0,82	1,32	0,52	0,17	1,21	1,75	1,65	1,42	1,22	0,79	0,80	0,79	3,05	1,25	-0,25
7	0,44	0,68	0,73	0,65	1,17	0,12	0,05	1,10	1,47	1,43	1,22	1,12	0,57	0,50	0,57	2,70	1,00	-0,18
Average	1,07	1,42	0,83	1,26	1,62	1,36	0,55	1,90	2,48	1,82	1,63	1,43	1,30	1,33	1,30	3,07	1,94	-0,23

Πίνακας 26 Υπολογισμός cool island intensity ανά σημείο στο πάρκο για την περίοδο Σεπτεμβρίου (Χανιά-Κέντρο)

Σημεία	1-Σεπ	2-Σεπ	3-Σεπ	4-Σεπ	6-Σεπ	7-Σεπ	8-Σεπ	10-Σεπ	11-Σεπ	12-Σεπ	13-Σεπ	14-Σεπ
1	1,98	4,42	3,99	4,25	2,12	-0,05	1,90	1,42	1,79	2,34	2,61	3,58
2	1,71	4,24	3,92	3,71	2,09	-0,12	1,60	1,22	1,57	2,07	2,22	3,13
3	1,44	3,77	3,60	3,14	2,09	-0,25	1,23	1,07	1,30	1,77	1,80	2,64
4	1,22	3,22	3,10	2,65	2,09	-0,40	0,86	0,78	1,05	1,48	1,26	2,21
5	0,90	2,73	2,58	2,23	2,09	-0,49	0,83	0,68	0,86	1,26	1,02	1,86
6	0,83	2,31	2,14	1,87	2,12	-0,54	0,44	0,54	0,66	1,04	0,85	1,55
7	0,68	1,95	1,78	1,53	1,99	-0,59	0,44	0,37	0,49	0,85	0,65	1,28
Average	1,25	3,23	3,02	2,77	2,09	-0,35	1,04	0,87	1,10	1,54	1,49	2,32