

ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΑΣ

ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΑΣΤΙΚΗΣ ΝΗΣΙΔΑΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΣΤΗΝ
ΠΟΛΗ ΤΗΣ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ ΕΙΔΙΚΕΥΣΗΣ

ΜΑΡΙΝΑ Η. ΧΟΣΤΕΛΙΔΟΥ

ΓΕΩΛΟΓΟΣ

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ, 2012

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Ολοκληρώνοντας την παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή ειδίκευσης, με τίτλο «Μελέτη της Αστικής Νησίδας Θερμότητας στην πόλη της Θεσσαλονίκης», μου δίνεται η ευκαιρία να σημειώσω τη δυσκολία της περάτωσης ενός ανάλογου έργου, χωρίς τη βοήθεια και την καθοδήγηση έμπειρων και έμπιστων ανθρώπων. Για αυτόν το λόγο θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά την κ. Κωνσταντία Τολίκα, επιβλέπουσα της εν λόγω διατριβής που στήριξε την προσπάθειά μου, αφιερώνοντας μου πολύ από τον πολύτιμο χρόνο της ώστε σήμερα να φτάσουμε σε αυτό το σημείο.

Επίσης οφείλω να εκφράσω τις ιδιαίτερες ευχαριστίες μου στον καθηγητή μου κ. Θεόδωρο Καρακώστα, ο οποίος εκτός από τη συμμετοχή του στην τριμελή επιτροπή και τις εύστοχες παρατηρήσεις που μου έκανε επί του κειμένου, ήταν ο άνθρωπος που από το δεύτερο έτος των προπτυχιακών μου σπουδών πίστεψε σε μένα, με παρότρυνε να ακολουθήσω το δρόμο της Μετεωρολογίας-Κλιματολογίας και μου έδωσε μια πληθώρα ευκαιριών που συντέλεσαν στην τωρινή μου εξέλιξη. Ακόμη, θέλω να ευχαριστήσω τον κ. Πρόδρομο Ζάνη για τη δυνατότητα που μου έδωσε να πραγματοποιήσω τη συγκεκριμένη εργασία, τις υποδείξεις του και για τη συμμετοχή του στην εξεταστική επιτροπή.

Δε θα μπορούσα να παραλείψω να ευχαριστήσω τον κ. Χαράλαμπο Φείδα και τον υποψήφιο διδάκτορα Απόστολο Γιαννακό για τη βοήθεια τους σε θέματα που σχετίζονταν με την απεικόνιση των αποτελεσμάτων που προέκυψαν κατά τη διάρκεια της μελέτης. Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω όλους τους καθηγητές του Τομέα Μετεωρολογίας και Κλιματολογίας για τη συνολική βοήθεια τους και για τις γνώσεις που μου μετέδωσαν κατά τη διάρκεια των χρόνων των σπουδών μου.

Τέλος θέλω να πω ένα μεγάλο ευχαριστώ στην οικογένειά μου, τους φίλους μου και όλους αυτούς τους ξεχωριστούς ανθρώπους, που ήταν και είναι δίπλα μου όλα αυτά τα χρόνια και που με έκαναν τον άνθρωπο που είμαι.

Μαρίνα Χοστελίδου, 2012

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Το φαινόμενο της Αστικής Θερμικής Νησίδας αποτελεί την πιο ξεκάθαρη κλιματική ένδειξη της αστικοποίησης. Η συνεχής αύξηση του πληθυσμού και συνεπώς και η επακόλουθη οικιστική ανάπτυξη με κατασκευές κτηρίων και δρόμων, οδηγεί στη μεταβολή του φυσικού περιβάλλοντος και της ποιότητας του αέρα. Αποτέλεσμα αυτών των αλλαγών είναι η καταγραφή υψηλότερων θερμοκρασιών αέρα στο αστικό κέντρο μιας πόλης, σε σχέση με τα περίχωρά τους, διαμορφώνοντας έτσι ένα «νησί» θερμότερο από το γύρω τοπίο. Στόχος της παρούσας εργασίας είναι η διερεύνηση της ύπαρξης του συγκεκριμένου φαινομένου στην πόλη της Θεσσαλονίκης, την ώρα της ημέρας και την περίοδο όπου γίνεται εντονότερο καθώς και η ένταση αυτού.

Για την επίτευξη αυτού του σκοπού χρησιμοποιήθηκαν ωριαία και ημερήσια δεδομένα θερμοκρασίας, για την περίοδο ετών 2001 με 2004, από εννέα μετεωρολογικούς σταθμούς τοποθετημένους σε διάφορα σημεία, του κέντρου και των περιχώρων, της πόλης. Αρχικά μελετήθηκε η ανάπτυξη της πόλης τα τελευταία χρόνια και η στατιστική ανάλυση της πορείας της θερμοκρασίας του αέρα σε κάθε σταθμό, σε ετήσια, εποχιακή και μηνιαία βάση. Ακολούθως υπολογίστηκε ο βαθμός συσχέτισης των εξεταζόμενων σταθμών καθώς και οι δείκτες ακραίων μεγίστων και ελαχίστων θερμοκρασιών, σύμφωνα με τους οποίους στη συνέχεια εντοπίστηκαν οι ημέρες όπου καταγράφηκαν ακραίες θερμοκρασίες στην πόλη της Θεσσαλονίκης.

Επιπρόσθετα αξιολογήθηκε η μέγιστη διαφορά της θερμοκρασίας συγκρίνοντας κάθε σταθμό με τους υπόλοιπους ξεχωριστά, αλλά και μελετώντας τους ως κατηγορίες αστικών και περιαστικών σταθμών, ανάλογα με την περιοχή τοποθέτησης τους. Επιπλέον υπολογίστηκε ο ρυθμός μεταβολής της θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια της ημέρας και της νύχτας, Ολοκληρώνοντας εντοπίστηκαν οι ημέρες, κατά τη διάρκεια της εξεταζόμενης περιόδου, όπου σημειώθηκε το αντίθετο φαινόμενο κατά το οποίο τα περίχωρα της πόλης εμφανίζονται θερμότερα του αστικού κέντρου.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1.	ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	13
1.1	Γενικά για τη Θερμική Αστική Νησίδα.....	13
1.2	Παράγοντες που συμβάλλουν στην εμφάνιση και εντατικοποίηση της Αστικής Θερμικής Νησίδας (UHI).....	18
1.3	Αστικοποίηση.....	20
1.4	Ιστορική ανάδρομη μελέτης του φαινομένου.....	22
1.5	Η Αστική Θερμική Νησίδα σήμερα.....	23
2.	ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ	31
2.1	ΓΕΝΙΚΑ ΓΙΑ ΤΗ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ.....	31
2.2	ΔΕΔΟΜΕΝΑ.....	31
2.3	ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ArcGIS.....	37
2.4	ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΔΥΟ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ.....	41
2.5	ΑΚΡΑΙΟΙ ΔΕΙΚΤΕΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ.....	42
3.	ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΤΩΝ ΕΞΕΤΑΖΟΜΕΝΗΣ ΠΕΡΙΟΔΟΥ 2001-2004.....	44
3.1	ΠΟΡΕΙΑ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΑΠΟ ΤΟ 2001 ΕΩΣ 2004.....	44
3.1.1	Ετήσια θερμοκρασία του αέρα.....	44
3.1.2	Χειμερινή και θερινή περίοδος.....	46
3.2	ΠΟΡΕΙΑ ΤΩΝ ΜΕΣΟΠΟΙΗΜΕΝΩΝ ΤΙΜΩΝ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΤΩΝ ΕΤΩΝ 2001-2004.....	48
3.2.1	Μέση Ετήσια θερμοκρασία του αέρα.....	48
3.2.2	Εποχιακή μελέτη της θερμοκρασίας.....	49
3.2.3	Μελέτη της θερμοκρασίας σε μηνιαία βάση.....	51
3.2.4	Μελέτη των ωριαίων τιμών. Μέσο ημερήσιο θερμομετρικό εύρος.....	64

3.2.5	Ανάλυση της μέσης ημερησίας θερμοκρασίας κάθε μήνα...	66
-------	---	----

4. ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΣΥΣΧΕΤΙΣΗΣ ΚΑΙ ΑΚΡΑΙΟΙ ΔΕΙΚΤΕΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ..... 79

4.1	ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΤΩΝ ΣΤΑΘΜΩΝ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ.....	79
4.1.1	Ετήσια ανάλυση.....	79
4.1.2	Ανάλυση κατά τη διάρκεια της χειμερινής και της θερινής περιόδου.....	81
4.2	ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΩΝ ΕΜΦΑΝΙΣΗΣ ΑΚΡΑΙΩΝ ΜΕΓΙΣΤΩΝ ΚΑΙ ΕΛΑΧΙΣΤΩΝ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΩΝ	84
4.2.1	Ακράιοι δείκτες	84
4.2.2	Ημέρες εμφάνισης ακραίων μέγιστων και ελαχίστων θερμοκρασιών.....	86

5. ΚΑΤΗΓΟΡΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΣΤΑΘΜΩΝ ΑΝΑΛΟΓΑ ΜΕ ΤΗΝ ΘΕΣΗ ΤΟΥΣ..... 96

5.1	ΜΕΣΗ ΜΗΝΙΑΙΑ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΣΤΟ ΚΕΝΤΡΟ ΤΗΣ ΠΟΛΗΣ ΚΑΙ ΣΤΑ ΠΕΡΙΧΩΡΑ ΤΗΣ ΣΕ ΟΛΟΚΛΗΡΟ ΤΟ ΕΙΚΟΣΙΤΕΤΡΑΩΡΟ ΚΑΙ ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΤΗΣ ΗΜΕΡΑΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΝΥΧΤΑΣ.....	96
5.2.	ΜΕΣΗ ΗΜΕΡΗΣΙΑ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΣΤΟ ΚΕΝΤΡΟ ΤΗΣ ΠΟΛΗΣ ΚΑΙ ΣΤΑ ΠΕΡΙΧΩΡΑ ΤΗΣ.....	101
5.3.	ΡΥΘΜΟΣ ΜΕΤΑΒΟΛΗΣ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΤΗΣ ΗΜΕΡΑΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΝΥΧΤΑΣ ΣΤΟΥΣ ΑΣΤΙΚΟΥΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΑΣΤΙΚΟΥΣ ΣΤΑΘΜΟΥΣ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ.....	103
5.4.	ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΜΕΓΑΛΥΤΕΡΗΣ ΚΑΙ ΜΙΚΡΟΤΕΡΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΤΗΣ ΗΜΕΡΑΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΝΥΧΤΑΣ ΣΤΙΣ ΔΥΟ ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΕΝΔΙΑΦΕΡΟΝΤΟΣ.....	105
5.5.	ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΙΣ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ ΠΑΓΕΤΟΥ ΣΕ ΑΣΤΙΚΟΥΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΑΣΤΙΚΟΥΣ ΣΤΑΘΜΟΥΣ.....	107
5.6.	ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΙΣ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟΥ ΑΝΤΙΘΕΤΗΣ	

ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΝΗΣΙΔΑΣ.....	109
5.7. ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΕΝΟΣ ΑΣΤΙΚΟΥ ΚΑΙ ΕΝΟΣ ΠΕΡΙΑΣΤΙΚΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ.....	110
5.7.1 Σύγκριση των δυο επιλεγμένων σταθμών σε εποχιακή και μηνιαία βάση	111
5.7.2 Απεικόνιση της πορείας της θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια του εικοσιτετράωρου (24h) στους δυο υπό μελέτη σταθμούς.....	112
5.7.3 Ανάλυση του ρυθμού μεταβολής της θερμοκρασίας στους σταθμούς της ΣΘΕ και της Σίνδου κατά τη διάρκεια της ημέρας και της νύχτας.....	115
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	116
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	123
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....	132
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	141
ABSTRACT.....	142

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 2.1. Αναλυτική καταγραφή των δεδομένων και περιγραφή, σε συνδυασμό με φωτογραφίες, των περιοχών που είναι εγκατεστημένοι οι σταθμοί της μελέτης.....	34
Πίνακας 3.1. Ετήσιες θερμοκρασίες για κάθε σταθμό κατά τη διάρκεια της εξεταζόμενης περιόδου.....	45
Πίνακας 3.2. Καταγραφή των τιμών της (α)μέγιστης ετήσιας θερμοκρασίας και (β)ελάχιστης ετήσιας θερμοκρασία , για κάθε σταθμό κατά τη διάρκεια της εξεταζόμενης περιόδου.....	46

Πίνακας 4.1. Συσχέτιση Ημερήσιας Θερμοκρασίας μεταξύ των σταθμών της μελέτης για την περίοδο 2001-2004.....	80
Πίνακας 4.2. Συσχέτιση Ημερήσιας Θερμοκρασίας μεταξύ των σταθμών της μελέτης κατά τη χειμερινή περίοδο 2001-2004.....	82
Πίνακας 4.3. Συσχέτιση Ημερήσιας Θερμοκρασίας μεταξύ των σταθμών της μελέτης κατά τη θερινή περίοδο 2001-2004.....	82
Πίνακας 4.4. Τιμές ακραίων μεγίστων θερμοκρασιών (T_{xq90}) ($^{\circ}\text{C}$), σε μηνιαία βάση για τους σταθμούς μελέτης. Με έντονα γράμματα επισημαίνονται οι υψηλότερες τιμές του δείκτη.....	85
Πίνακας 4.5. Τιμές ακραίων ελάχιστων θερμοκρασιών (T_{nq10}) ($^{\circ}\text{C}$), σε μηνιαία βάση για τους σταθμούς μελέτης. Με έντονα γράμματα επισημαίνονται οι χαμηλότερες τιμές του δείκτη.....	86
Πίνακας 4.6. (α) Καταγραφή της εμφάνισης ακραίων μεγίστων ανά μήνα κάθε έτους της περιόδου 2001-2004. Με $\surd$ συμβολίζεται η καταγραφή ακραίων μεγίστων θερμοκρασιών, με $\emptyset$ η μη καταγραφή και με x η έλλειψη δεδομένων.....	89
Πίνακας 4.6. (β) Καταγραφή της εμφάνισης ακραίων ελάχιστων θερμοκρασιών ανά μήνα κάθε έτους της περιόδου 2001-2004. Με $\surd$ συμβολίζεται η καταγραφή ακραίων μεγίστων θερμοκρασιών, με $\emptyset$ η μη καταγραφή και με x η έλλειψη δεδομένων.....	90
Πίνακας 4.7. Καταγραφή ημερών όπου σημειώθηκαν, σε όλους τους σταθμούς της μελέτης, ακραίες μέγιστες θερμοκρασίες κατά τη διάρκεια των ετών 2001-2004.....	91
Πίνακας 4.8. Καταγραφή ημερών όπου σημειώθηκαν, σε όλους τους σταθμούς της μελέτης, ακραίες ελάχιστες θερμοκρασίες κατά τη διάρκεια των ετών 2001-2004.....	93
Πίνακας 5.1. Μέση μηνιαία θερμοκρασία στο κέντρο της πόλης και στα περίχωρα και η διαφορά μεταξύ τους.....	97
Πίνακας 5.2. Ακριβείς ώρες που έλαβε χώρα η ανατολή και η δύση του ηλίου σε όλη τη διάρκεια του έτους.....	99

Πίνακας 5.3. Μέση μηνιαία θερμοκρασία κατά τη διάρκεια της ημέρας και της νύχτας στο κέντρο της πόλης και στα περίχωρα.....	99
Πίνακας 5.4. Ρυθμός μεταβολής της θερμοκρασίας των αστικών και περιαστικών σταθμών κατά τη διάρκεια της ημέρας και της νύχτας, για κάθε μήνα.....	104
Πίνακας 5.5 Μέσες εποχιακές θερμοκρασίες των δύο εξεταζόμενων σταθμών, κατά τη διάρκεια της ημέρας και της νύχτας για την περίοδο ενδιαφέροντος.....	111

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 1.1. Τοπικές Ζώνες κλίματος.....	15
Σχήμα 1.2. Γενική απεικόνιση της χωρικής κατανομής των ισόθερμων στο κέντρο της πόλης και στα περίχωρα, κατά τη διάρκεια της νύχτας.....	16
Σχήμα 1.3. Σχηματική απεικόνιση των κύριων τμημάτων της αστικής ατμόσφαιρας.....	17
Σχήμα 1.4. Η αύξηση του πληθυσμού αναμένεται να συνεχιστεί με μία συνεχή τάση μετανάστευσης από τις αγροτικές στις αστικές περιοχές.....	20
Σχήμα 1.5. (α).Υπολογιζόμενος πληθυσμός στην Θεσσαλονίκη στην αρχή των ετών (1η Ιανουαρίου) για την περίοδο 1991-2010 & (β). Εκτίμηση, με βάση ενδιάμεσο σενάριο, της μεταβολής του πληθυσμού της ελληνικής επικράτειας μέχρι το έτος 2050.....	21
Σχήμα 2.1. Απεικόνιση της περιοχής και των θέσεων των σταθμών της μελέτης.....	32
Σχήμα 2.2. Απεικόνιση σε ποσοστά (αριστερά) του πληθυσμού της Θεσσαλονίκης και (δεξιά) του πλήθους των κτηρίων, για τις περιοχές ενδιαφέροντος, με βάση την απογραφή του 2001.....	33
Σχήμα 2.3. Τρισδιάστατη απεικόνιση των σταθμών της μελέτης συναρτήσει του ύψους και των γεωγραφικών συντεταγμένων	37
Σχήμα 3.1. Απεικόνιση της ετήσιας θερμοκρασίας κάθε σταθμού κατά τη διάρκεια της εξεταζόμενης περιόδου.....	44

Σχήμα 3.2. Απεικόνιση της θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια της θερινής και της χειμερινής περιόδου των ετών 2001-2004 και η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ των δύο περιόδων.....	47
Σχήμα 3.3. Απεικόνιση της θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια ολόκληρου του έτους..	48
Σχήμα 3.4. Χωρική κατανομή των εποχιακών θερμοκρασιών (α) χειμώνας, (β) άνοιξη, (γ) καλοκαίρι και (δ) φθινόπωρο για την περίοδο 2001-2004.....	50
Σχήμα 3.5. Χωρική κατανομή των μέσων μηνιαίων θερμοκρασιών για τους χειμερινούς μήνες (Ιανουάριο(α), Φεβρουάριο (β), Δεκέμβριο (γ)).....	52
Σχήμα 3.6. Απεικόνιση των μέσων μηνιαίων μέγιστων (κόκκινο χρώμα) και ελάχιστων (μπλε) θερμοκρασιών. Επάνω χειμερινοί μήνες (I-III), κάτω εαρινοί (IV-VI).....	54
Σχήμα 3.7. Χωρική κατανομή των μέσων μηνιαίων θερμοκρασιών για τους εαρινούς μήνες (Μάρτιο (α), Απρίλιο(β), Μάιο (γ)).....	56
Σχήμα 3.8. Χωρική κατανομή των μέσων μηνιαίων θερμοκρασιών για τους θερινούς μήνες (Ιούνιο (α), Ιούλιο(β), Αύγουστο (γ)).....	58
Σχήμα 3.9. Απεικόνιση των μέσων μηνιαίων μέγιστων (κόκκινο χρώμα) και ελάχιστων (μπλε) θερμοκρασιών. Επάνω θερινοί μήνες (I-III), κάτω φθινοπωρινοί (IV-VI).....	60
Σχήμα 3.10. Χωρική κατανομή των μέσων μηνιαίων θερμοκρασιών για τους φθινοπωρινούς μήνες (Σεπτέμβριο (α), Οκτώβριο (β), Νοέμβριο (γ)).....	62
Σχήμα 3.11. Απεικόνιση του μέσου Ημερήσιου Θερμομετρικού Εύρους για κάθε μήνα ξεχωριστά.....	65
Σχήμα 3.12. Χρονοσειρά των μέσων ημερήσιων τιμών της θερμοκρασίας του αέρα στην πόλη της Θεσσαλονίκης για την περίοδο 2001-2004.....	66
Σχήμα 3.13. Απεικόνιση του συνόλου των ημερών εμφάνισης των μεγαλύτερων (κόκκινοι ράβδοι) και μικρότερων (μπλε ράβδοι) τιμών ανά σταθμό (1η γραμμή) της μέσης ημερήσιας θερμοκρασίας, (2η) της μέγιστης ημερήσιας θερμοκρασίας και (3η)	

της ελάχιστης ημερήσιας θερμοκρασίας, κατά τη διάρκεια του χειμώνα της περιόδου 2001-2004.....68

Σχήμα 3.14. Απεικόνιση του συνόλου των ημερών εμφάνισης των μεγαλύτερων (κόκκινοι ράβδοι) και μικρότερων (μπλε ράβδοι) τιμών ανά σταθμό (1η γραμμή) της μέσης ημερήσιας θερμοκρασίας, (2η) της μέγιστης ημερήσιας θερμοκρασίας και (3η) της ελάχιστης ημερήσιας θερμοκρασίας, κατά τη διάρκεια της άνοιξης της περιόδου 2001-2004.....69

Σχήμα 3.15. Απεικόνιση του συνόλου των ημερών εμφάνισης των μεγαλύτερων (κόκκινοι ράβδοι) και μικρότερων (μπλε ράβδοι) τιμών ανά σταθμό (1η γραμμή) της μέσης ημερήσιας θερμοκρασίας, (2η) της μέγιστης ημερήσιας θερμοκρασίας και (3η) της ελάχιστης ημερήσιας θερμοκρασίας, κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού της περιόδου 2001-2004.....70

Σχήμα 3.16. Απεικόνιση του συνόλου των ημερών εμφάνισης των μεγαλύτερων (κόκκινοι ράβδοι) και μικρότερων (μπλε ράβδοι) τιμών ανά σταθμό (1η γραμμή) της μέσης ημερήσιας θερμοκρασίας, (2η) της μέγιστης ημερήσιας θερμοκρασίας και (3η) της ελάχιστης ημερήσιας θερμοκρασίας, κατά τη διάρκεια του φθινοπώρου της περιόδου 2001-2004.....72

Σχήμα 3.17. Απεικόνιση της μέσης ημερήσιας θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια του πρώτου μήνα της κάθε εποχής του έτους, της περιόδου μελέτης 2001-2004.....73

Σχήμα 3.18. Απεικόνιση της ημερήσιας μέγιστης (αριστερή στήλη) και ελάχιστης (δεξιά στήλη) θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια του πρώτου μήνα της κάθε εποχής του έτους, της περιόδου μελέτης 2001-2004..... 74

Σχήμα 4.1. Συσχέτιση των ημερήσιων θερμοκρασιών μεταξύ των σταθμών (α) Ελ. Κορδελιό-ΣΘΕ, όπου υπολογίζεται ο μεγαλύτερος συντελεστής συσχέτισης και (β) Πανόραμα-Βενιζέλου, όπου υπολογίζεται ο μικρότερος συντελεστής συσχέτισης 80

Σχήμα 4.2. Συσχέτιση των ημερήσιων θερμοκρασιών μεταξύ των σταθμών (α)κατά τη χειμερινή περίοδο, και (β) κατά τη θερινή περίοδο. Στην πάνω γραμμή

απεικονίζονται οι σταθμοί με το μεγαλύτερο συντελεστή συσχέτισης και στην κάτω με το μικρότερο συντελεστή συσχέτισης.....83

Σχήμα 4.3. Πλήθος ημερών, εκφρασμένο σε ποσοστό (%) όπου καταγράφηκαν ακραίες μέγιστες θερμοκρασίες κατά τη διάρκεια της εξεταζόμενης περιόδου. (α) Ο μήνας με τις περισσότερες και (β) με τις λιγότερες κοινές ημέρες των εξεταζόμενων σταθμών.....88

Σχήμα 4.4. Πλήθος ημερών, εκφρασμένο σε ποσοστό (%) όπου καταγράφηκαν ακραίες ελάχιστες θερμοκρασίες κατά τη διάρκεια της εξεταζόμενης περιόδου. (α) Ο μήνας με τις περισσότερες και (β) με τις λιγότερες κοινές ημέρες των εξεταζόμενων σταθμών.....92

Σχήμα 5.1. Απεικόνιση της ΔΘ μεταξύ του κέντρου της πόλης και των περιχώρων της κατά τη διάρκεια του 24h. (Με το σταθμό της Νεοχωρούδας στο διαχωρισμό και χωρίς αυτόν).....98

Σχήμα 5.2. Απεικόνιση της διαφοράς θερμοκρασίας (α) μεταξύ αστικών και περιαστικών σταθμών κατά τη διάρκεια της ημέρας και της νύχτας και (β) μεταξύ της ημέρας και της νύχτας στους αστικούς και περιαστικούς σταθμούς.....100

Σχήμα 5.3. Απεικόνιση της μέσης ημερήσιας θερμοκρασίας στο κέντρο της πόλης (μαύρη γραμμή) και στα περίχωρα (πράσινη γραμμή) και της διαφοράς θερμοκρασίας μεταξύ τους (κίτρινη γραμμή).....101

Σχήμα 5.4. Μελέτη της διαφοράς της μέγιστης θερμοκρασίας (κόκκινοι ράβδοι) & της ελάχιστης θερμοκρασίας (μπλε ράβδοι), μεταξύ του κέντρου της πόλης και των περιχώρων, (α) κατά τη διάρκεια της ημέρας και (β) της νύχτας.....106

Σχήμα 5.5. Απεικόνιση του αριθμού των ημερών καταγραφής ολικού (μπλε γραμμή) και μερικού (κόκκινη γραμμή) παγετού σε κάθε σταθμό της μελέτης κατά τη διάρκεια της περιόδου μελέτης.....108

Σχήμα 5.6. Απεικόνιση του μέσου όρου των ημερών καταγραφής ολικού και μερικού παγετού σε αστικούς (μαύροι ράβδοι) και περιαστικούς σταθμούς (πράσινοι ράβδοι) στο διάστημα των ετών 2001-2004.....108

Σχήμα 5.7. (α) Καταγραφή του αριθμού, των ημερών εμφάνισης του φαινομένου της αντίθετης θερμικής νησίδας ανά μήνα για κάθε έτος της εξεταζόμενης περιόδου (ραβδογράμματα) και ανά μήνα συνολικά (γραμμή) στη διάρκεια του 2001-2004 και (β) απεικόνιση της μέγιστης έντασης του φαινομένου για κάθε μήνα ξεχωριστά.....	110
Σχήμα 5.8. Απεικόνιση της μηνιαίας θερμοκρασίας ενδεικτικά για ένα σταθμό του κέντρου της Θεσσαλονίκης (ΣΘΕ) και για ένα στα περίχωρα (ΣΙΝΔΟΣ) καθώς και της διαφοράς θερμοκρασίας μεταξύ τους (α) κατά τη διάρκεια της ημέρας και (β) της νύχτας.....	112
Σχήμα 5.9. Απεικόνιση της μέσης ωριαίας θερμοκρασίας, για κάθε μήνα ξεχωριστά, ενδεικτικά για ένα σταθμό του κέντρου της Θεσσαλονίκης (ΣΘΕ) και για ένα στα περίχωρα (ΣΙΝΔΟΣ).....	113
Σχήμα 5.10. Απεικόνιση της διαφοράς θερμοκρασίας σε 24ωρη βάση, μεταξύ των δύο σταθμών, τους μήνες όπου η ανατολή του ηλίου λαμβάνει χώρα (α) στις 07:00 και (β) στις 06:00 το πρωί, τοπική ώρα.....	114
Σχήμα 5.11. Απεικόνιση του ρυθμού μεταβολής της θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια της ημέρας (α) και της νύχτας (β) στους σταθμούς της ΣΘΕ και της Σίνδου.....	115

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1. ΓΕΝΙΚΑ ΓΙΑ ΤΗ ΘΕΡΜΙΚΗ ΑΣΤΙΚΗ ΝΗΣΙΔΑ

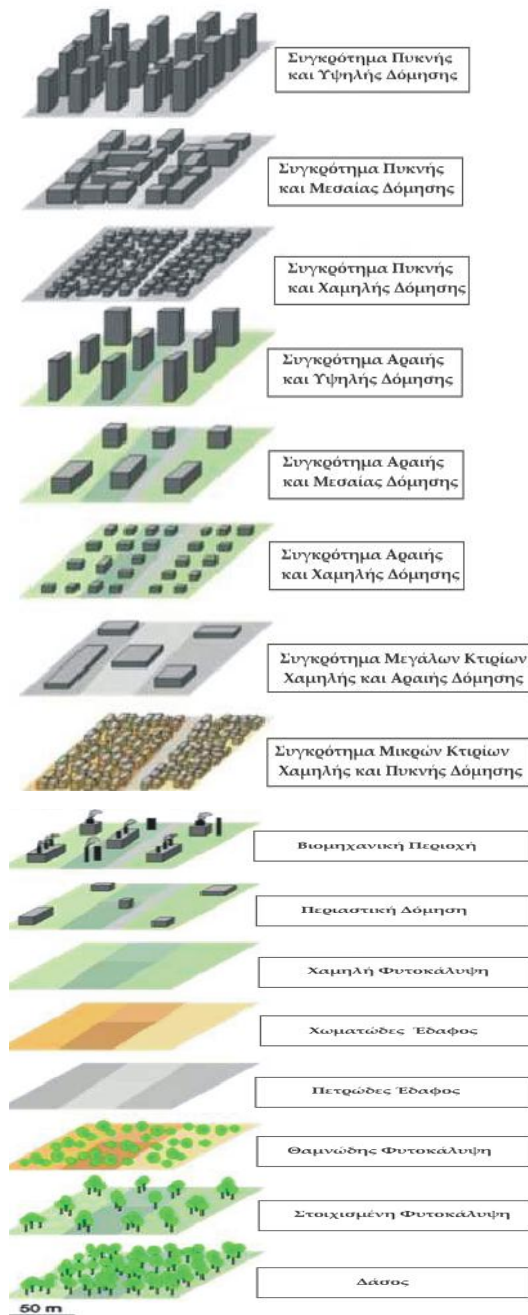
Τις τελευταίες δεκαετίες η συνεχής αύξηση του πληθυσμού οδήγησε στην ανάγκη της οικιστικής ανάπτυξης και συνεπώς στη μεταβολή του φυσικού περιβάλλοντος και της ποιότητας του αέρα. Οι αστικές περιοχές επεκτείνονται διαρκώς, με κατασκευές κτηρίων και δρόμων με αποτέλεσμα επιφάνειες που ήταν διαπερατές και υγρές να γίνονται στεγανές και ξηρές (Αρσένη-Παπαδημητρίου, 2004). Συνεπώς λόγω της αντικατάστασης της φυτικής κάλυψης από τσιμέντο, κατά τη διάρκεια της ημέρας, παγιδεύεται η εισερχόμενη ηλιακή ακτινοβολία, η οποία στη συνέχεια επανεκπέμπεται εκ νέου τη νύχτα (Solecki et al, 2004). Τέτοιες αλλαγές έχουν ως αποτέλεσμα στις αστικές αυτές περιοχές να καταγράφονται υψηλότερες θερμοκρασίες αέρα, σε σχέση με τα περίχωρά τους, διαμορφώνοντας έτσι ένα «νησί» θερμότερο από το γύρω τοπίο. Αρκετοί ερευνητές υποστηρίζουν ότι η προοδευτική αύξηση της θερμοκρασίας που σημειώνεται από τα τέλη του 19^{ου} αιώνα, σχεδόν σε όλη την επιφάνεια της γης, οφείλεται στην επίδραση της αστικής νησίδας (Μαχαίρας, 2004).

Η Θερμική Αστική Νησίδα (Urban heat Island -UHI) είναι το όνομα που δίνεται στην χαρακτηριστική θέρμανση της ατμόσφαιρας και της λιθόσφαιρας, στις πόλεις (αστικά κέντρα) σε σύγκριση με τα περίχωρα τους (Voogt, 2004) και παρατηρείται σχεδόν σε όλες τις αστικές περιοχές ως τη συνισταμένη αντανάκλαση των επιμέρους μικροκλιματικών αλλαγών που επέφεραν οι ανθρωπογενείς επιδράσεις στο φυσικό περιβάλλον (Καρτάλης και Φείδας, 2006). Είναι γνωστό ότι τα αστικά κλίματα διαφέρουν από εκείνα των περιαστικών περιοχών και ότι η διαφορά μπορεί να είναι αρκετά μεγάλη κατά καιρούς ανάλογα με τις καιρικές συνθήκες, τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της περιοχής, την υγρασία και τις ανθρωπογενείς πηγές θερμότητας (Taha, 1997). Η ένταση του φαινομένου (ΔT_{u-r}), δηλαδή η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ μιας αστικής (urban) και μιας περιαστικής (rural) περιοχής, μπορεί να φθάσει μέχρι 10 - 15°C υπό συγκεκριμένες συνθήκες (Adinpa et al, 2009). Η εμφάνιση αυτού του τοπικού κλίματος μέσα στην πόλη θεωρείται πλέον δεδομένη, όπου μεταξύ άλλων παραμέτρων η θερμοκρασία παρουσιάζει την προφανέστερη αλλαγή (Unger et al., 2001).

Το μικροκλίμα που προκαλείται από την αστική θέρμανση έχει ως αποτέλεσμα την αυξημένη ζήτηση για ψύξη τόσο σε εμπορικά αλλά και οικιστικά κτίρια. Η αυξημένη κατανάλωση ενέργειας προκειμένου να διατηρηθούν τα επίπεδα άνεσης οδηγεί στην αυξημένη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας συνεπώς σε υψηλότερες εκπομπές διοξειδίου του θείου, μονοξειδίου του άνθρακα, υποξειδίου του αζώτου και αιωρούμενα σωματίδια, καθώς και διοξείδιο του άνθρακα, γνωστό θερμοκηπικό αέριο που συμβάλλει σε μεγάλο βαθμό στην ένταση του φαινομένου του θερμοκηπίου (Adinna et al, 2009). Από μετρήσεις εγκλωβισμένου αέρα σε «καρότα» πάγων προέκυψε ότι ενώ κατά τα τελευταία 400.000 χρόνια το διοξείδιο του άνθρακος παρέμεινε σχεδόν σταθερό με συγκέντρωση κοντά στα 280 μέρη στο εκατομμύριο μορίων αέρα (ppm), κατά τη διάρκεια του 20ου αιώνα έχει ξεπεράσει τα 360 ppm, ενώ το ίδιο περίπου ισχύει και για το μεθάνιο που από τα 750 ppb του παρελθόντος βρίσκεται σήμερα στο 1700 ppb (Ζάνης, 2008). Επιπλέον η ατμόσφαιρα ρυπαίνεται λόγω της βιομηχανίας και των εκπομπών των αυτοκινήτων, με αποτέλεσμα τη δημιουργία αιθαλομίχλης, ειδικά όταν επικρατούν αντικυκλωνικές συνθήκες (Pongrácz et al, 2007).

Το κλίμα της πόλης δεν μπορεί να θεωρηθεί ότι ανήκει σε κάποια κατηγορία των ήδη υπαρχόντων κλιμάτων, δεδομένου ότι ακόμη και οι μεγαλύτερες πόλεις είναι μικρές περιοχές σε σύγκριση με τις ηπείρους ή τις χώρες. Η αστική κλιματική έρευνα ασχολείται στην πραγματικότητα με το κλίμα του στρώματος του αέρα κοντά στο έδαφος. Προκειμένου να κατηγοριοποιηθεί το κλίμα μιας πόλης πρέπει να ληφθούν υπόψιν (Kratzer, 1956):

1. Το κλίμα της πόλης ως ένα ενιαίο σύνολο, δηλαδή η επίδραση των αερολυμάτων, η διάρκεια της ηλιοφάνειας, η στασιμότητα του αέρα, το είδος των ανέμων, η βροχόπτωση
2. Το κλίμα συγκεκριμένων τμημάτων της πόλης, δηλαδή το εμπορικό της τμήμα, οι κατοικημένες περιοχές, η βιομηχανική περιοχή, το κέντρο της πόλης, τα περίχωρα της
3. Το κλίμα σε συγκεκριμένους δρόμους, δηλαδή ανάλογα με την κατεύθυνσή τους σε σχέση με τον ήλιο και τον άνεμο, σύμφωνα με το πλάτος τους, τη θέση από διάφορες πλατείες και πάρκα. Κάθε δρόμος έχει το δικό της κλίμα, ιδίως όσον αφορά στη θερμοκρασία



Σχήμα. 1.1. Τοπικές Ζώνες κλίματος
(Stewart and Oke, 2010)

Σύμφωνα με τους Stewart and Oke (2009) οι ζώνες τοπικού κλίματος (LCZ- Local climate zones) ορίζονται ως οι περιοχές όπου η θερμοκρασία του αέρα διανέμεται ομοιόμορφα σε οριζόντια απόσταση, 102 με 104 μέτρα και χαρακτηρίζονται από το δικό τους μοναδικό τοπικό κλίμα, το οποίο διαφοροποιείται ανάλογα με τους προαναφερθέντες παράγοντες. Οι ερευνητές επισημαίνουν ότι μεταξύ του αστικού κέντρου και των περιχώρων διακρίνονται 16 ζώνες κλίματος (σχήμα 1.1). Το κλίμα της κάθε ζώνης χαρακτηρίζεται από την ύπαρξη κτηρίων ή δέντρων, το ύψος και το πλήθος αυτών και την μεταξύ τους απόσταση. Ουσιαστικά δηλαδή λαμβάνεται υπόψη αν γίνεται εξαερισμός (ventilation), πόσο επηρεάζεται ο παράγοντας του ουρανού (sky view factor), καθώς επίσης και η θερμότητα που οφείλεται σε ανθρωπογενή αίτια.

Η κύρια αιτία εμφάνισης της αστικής θερμικής νησίδας, οφείλεται τόσο στην οικοδομική ανάπτυξη όσο και στη χρήση διαφόρων υλικών με έντονη απορροφητική θερμική ικανότητα. Μια θερμή, ηλιόλουστη θερινή ημέρα, οι ξηρές και εκτεθειμένες στον ήλιο αστικές επιφάνειες, όπως στέγες και πεζοδρόμια, θα εμφανίσουν θερμοκρασίες πολύ υψηλότερες από αυτή του αέρα, (μπορεί να φτάσουν έως και 50°C) ενώ με τις ίδιες συνθήκες οι θερμοκρασίες των επιφανειών υπό σκιά και με

περισσότερη υγρασία στα αγροτικά περίχωρα, να παραμένουν κοντά στη θερμοκρασία του ξηρού αέρα (Berdahl and Bretz, 1997).

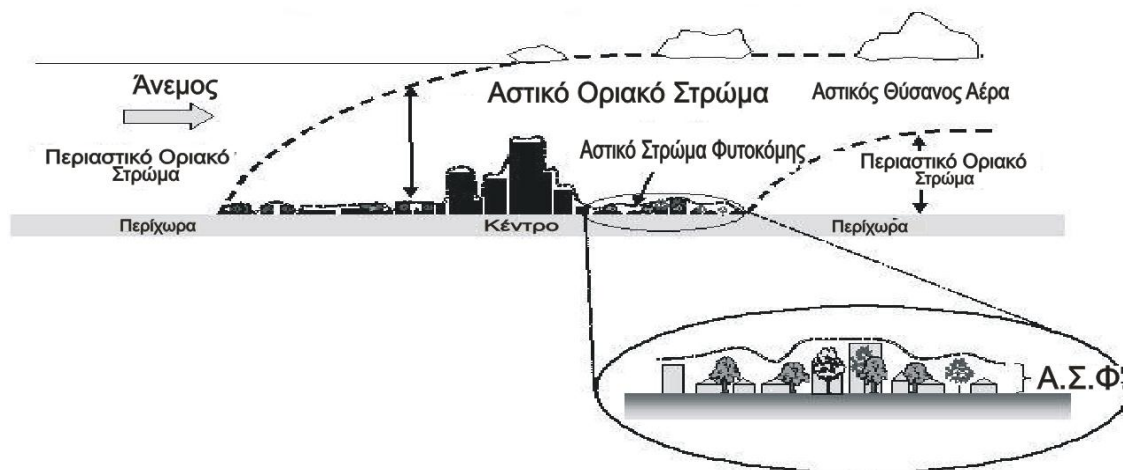
Ο χαρακτηρισμός του συγκεκριμένου φαινομένου ως «νησί», οφείλεται στην ομοιότητα μεταξύ του σχήματος που διαμορφώνουν οι ισόθερμες καμπύλες πάνω από την αστικοποιημένη περιοχή και τις γύρω πιο δροσερές περιοχές σε σύγκριση με το αντίστοιχο σχήμα που προκύπτει από την απεικόνιση των ισοϋψών ενός νησιού σε ένα τοπογραφικό χάρτη (Oke, 1982). Στη θερμική νησίδα υπάρχει συχνά μια απότομη αύξηση της θερμοκρασίας του αέρα, στο όριο των αγροτικών-προαστιακών περιοχών, με αποτέλεσμα οι ισόθερμες καμπύλες να σχηματίζουν «μικρούς απότομους βράχους», καθώς επίσης όσο προσεγγίζουν το κέντρο της πόλης, δηλαδή τον πυρήνα της αστικής περιοχής όπου σημειώνονται οι υψηλότερες θερμοκρασίες, να σχηματίζουν μία «κορυφή» (σχήμα 1.2). Ο ετήσιος μέσος όρος της θερμοκρασίας σε μια μεγαλούπολη μπορεί να είναι θερμότερος κατά 1°-2°C σε σχέση με την προ ανάπτυξης περίοδο, ενώ σε νύχτες που επικρατεί άπνοια η διαφορά αυτή μπορεί να αγγίζει τους 12°C. Η θέρμανση εκτείνεται κάθετα διαμορφώνοντας έτσι έναν αστικό θόλο θερμότητας σε μέρες με σχετική άπνοια, ενώ σε ημέρες όπου πνέουν ισχυροί άνεμοι σχηματίζεται ένα αστικό «λοφίο» θερμότητας (Voogt, 2002).



Σχήμα 1.2. Γενική απεικόνιση της χωρικής κατανομής των ισόθερμων στο κέντρο της πόλης και στα περίχωρα, κατά τη διάρκεια της νύχτας. (Voogt, 2002)

Με τη χρήση του όρου αστική θερμική νησίδα γίνεται συνήθως αναφορά στη σχετική θέρμανση του αέρα κοντά στο έδαφος. Όμως η αστική θερμική νησίδα αποτελείται από τρία στρώματα (Oke, 1995):

- ✚ θερμική νησίδα του στρώματος της φυτοκόμης, *canopy layer heat island (CLHI)*
- ✚ θερμική νησίδα του οριακού στρώματος, *boundary layer heat island (BLHI)*
- ✚ θερμική νησίδα του στρώματος επιφανείας *surface heat island (SHI)*



Σχήμα 1.3. Σχηματική απεικόνιση των κύριων τμημάτων της αστικής ατμόσφαιρας. (Voogt, 2004)

Τα πρώτα δύο στρώματα σχετίζονται με την αστική θέρμανση της ατμόσφαιρας ενώ το τελευταίο με τη θέρμανση που προκύπτει από τις διάφορες επιφάνειες στην πόλη. Το στρώμα της φυτοκόμης (*urban canopy layer, UCL*) είναι το πιο κοντινό στην επιφάνεια της πόλης τμήμα του αέρα, το οποίο εκτείνεται προς τα πάνω, περίπου, έως το μέσο ύψος μιας οικοδομής. Επάνω ακριβώς από το UCL ξεκινάει το αστικό οριακό στρώμα (*BLHI*), το οποίο κατά την διάρκεια της ημέρας μπορεί να ξεπεράσει σε ανάπτυξη το 1 Km ενώ τη νύχτα μπορεί να συρρικνωθεί σε κάποιες εκατοντάδες μέτρα (σχήμα 1.3). Αναφορικά με τη θερμική νησίδα του στρώματος επιφανείας (*SHI*) η ένταση της ποικίλει ανάλογα με την περιοχή καθώς είναι αποτέλεσμα του συνδυασμού των οικοδομικών υλικών, την ύπαρξη βλάστησης και την ύπαρξη επιφανειών νερού και διαπερατών εδαφών (Zhang et al, 2008). Οι θερμοκρασίες του αέρα για τα δύο πρώτα στρώματα (*CLHI* ή *BLHI*) μπορούν να μετρηθούν άμεσα με τη χρήση θερμομέτρων, ενώ το *SHI* υπολογίζεται με τη βοήθεια αισθητήρων, οι οποίοι είναι τοποθετημένοι σε αεροσκάφη ή δορυφόρους.

Η επιφανειακή ατμοσφαιρική νησίδα (*SHI*) είναι εμφανής τόσο κατά τη διάρκεια της

ημέρας όσο και της νύχτας, αλλά είναι αρκετά πιο έντονη την ημέρα λόγω της ηλιακής ακτινοβολίας. Αντίθετα η ατμοσφαιρική θερμική νησίδα γίνεται εντονότερη μετά τη δύση του ήλιου, λόγω της συνεχούς εκπομπής της θερμότητας, που απορροφήθηκε κατά τη διάρκεια της ημέρας, από τις διάφορες επιφάνειες. Συγκεκριμένα η θερμική νησίδα του στρώματος της φυτοκόμης (CLHI) ξεκινάει να γίνεται πιο έντονη από το ηλιοβασίλεμα φθάνοντας σε ένα μέγιστο μερικές ώρες μετά από αυτό και διατηρείται μέχρι και το ξημέρωμα. Κατά τη διάρκεια της ημέρας η ένταση της CLHI είναι αρκετά μικρή έως και αρνητική μερικές φορές (δροσερό νησί) σε μερικά σημεία της πόλης όπου υπάρχει εκτενής σκίαση από ψηλά κτίρια ή γενικά άλλες δομές με αποτέλεσμα να υπάρχει καθυστέρηση στη θέρμανση λόγω της αποθήκευσης της θερμότητας από τα οικοδομικά υλικά. Τέλος η θερμική νησίδα του οριακού στρώματος (BLHI) είναι γενικά θετική σε όλη τη διάρκεια της ημέρας και της νύχτας αλλά πολύ μικρότερη σε ένταση σε σχέση με τις δύο προηγούμενες (Voogt, 2004).

1.2 ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΣΥΜΒΑΛΛΟΥΝ ΣΤΗΝ ΕΜΦΑΝΙΣΗ ΚΑΙ ΕΝΤΑΤΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΑΣΤΙΚΗΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΝΗΣΙΔΑΣ (UHI)

Οι παράγοντες που διαδραματίζουν καθοριστικό ρόλο στην εντατικοποίηση του φαινομένου της θερμής αστικής νησίδας είναι: ο καιρός, η τοπογραφική θέση, η ώρα της ημέρας, η εποχή, η διαμόρφωση της πόλης και οι ανθρώπινες λειτουργίες (Voogt, 2004)

ΚΑΙΡΟΣ: Με την έννοια του καιρού γίνεται κυρίως λόγος στην επίδραση που έχει ο άνεμος και η νεφοκάλυψη στο σχηματισμό της αστικής θερμικής νησίδας, καθώς κατά τη διάρκεια μιας καθαρής και ήρεμης ημέρας παρατηρείται εντατικοποίηση του φαινομένου. Αντίθετα στη μείωση αυτού συμβάλλουν τόσο η επικράτηση ανέμων, που προκαλούν μίξη του αέρα, όσο και η αύξηση του ποσοστού νέφωσης η οποία οδηγεί στη μείωση της ψύξης, λόγω ακτινοβολίας, κατά τη διάρκεια της νύχτας.

ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΚΗ ΘΕΣΗ: Το κλίμα μιας περιοχής συνδέεται άμεσα με την

γεωγραφική της θέση καθώς επίσης και με τα χαρακτηριστικά των περιχώρων της. Για παράδειγμα τοπικά συστήματα ανέμων μπορούν να μεταβάλλουν έντονα το φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας. Για παράδειγμα, οι παράκτιες πόλεις κατά τη διάρκεια των θερινών μηνών εμφανίζουν συνήθως μείωση της έντασης του φαινομένου λόγω της δροσερής θαλάσσιας αύρας που πνέει προς την θερμότερη ξηρά.

ΩΡΑ ΤΗΣ ΗΜΕΡΑΣ/ΕΠΟΧΗ: Η μεταβολή του φαινομένου κατά τη διάρκεια της ημέρας αναφέρθηκε παραπάνω. Επιπλέον ρόλο φαίνεται να παίζει και η εκάστοτε εποχή του έτους. Η αστική θερμική νησίδα στις πόλεις που βρίσκονται στα μέσα γεωγραφικά πλάτη, γενικά εντείνεται περισσότερο κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού ή του χειμώνα, σε σχέση με τις μεταβατικές εποχές. Ομοίως σε πόλεις όπου επικρατούν τροπικά κλίματα, η περίοδος ανομβρίας ευνοεί το φαινόμενο.

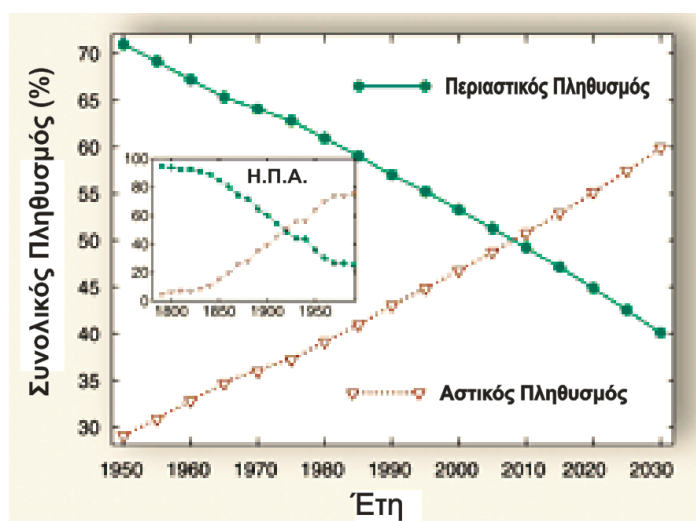
ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΤΗΣ ΠΟΛΗΣ: Σε αυτή την κατηγορία εννοούνται κυρίως τα υλικά οικοδόμησης, το μέγεθος των κτηρίων, η μεταξύ τους απόσταση, η ύπαρξη «πρασίνου». Γενικά η αστική θερμική νησίδα γίνεται εντονότερη όταν:

- ✚ Γίνεται χρήση πυκνών οικοδομικών υλικών που θερμαίνονται και ψύχονται με αργό ρυθμό.
- ✚ Γίνεται αντικατάσταση των φυσικών επιφανειών από αδιαπέραστες ή στεγανοποιημένες επιφάνειες.
- ✚ Γίνεται χρήση σκουρόχρωμων επιφανειών με αποτέλεσμα τη μικρή ανακλαστικότητα της ηλιακής ακτινοβολίας.

ΑΝΘΡΩΠΙΝΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ: Στην κατηγορία αυτή συνοψίζονται η παραγωγή θερμότητας από τη χρήση ενέργειας, η ρύπανση, καθώς και η χρήση νερού στην άρδευση. Η θερμότητα που παράγεται από τις ανθρώπινες δραστηριότητες, είναι πολύ σημαντική στην ένταση του φαινομένου, έχοντας μεγάλο αντίκτυπο κατά τη διάρκεια της χειμερινής περιόδου λόγω της καύσης ορυκτών καυσίμων για θέρμανση καθώς επίσης και κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού λόγω της υψηλής κατανάλωσης ενέργειας για την ψύξη των κτιρίων (Voogt, 2004).

1.3 ΑΣΤΙΚΟΠΟΙΗΣΗ

Η αστικοποίηση, αν και χαρακτηρίζεται από σημαντικές περιοχικές διαφορές, παρουσιάζει έντονη ανοδική τάση. Από τις αρχές του εικοστού αιώνα ο αστικός πληθυσμός έχει αυξηθεί κατά δεκαπέντε φορές. Αύξηση φαίνεται να παρουσιάζει και ο συνολικός πληθυσμός αν και με φθίνοντα ρυθμό (Ruth and Gasper, 2008). Οι πλουσιότερες και πιο αναπτυγμένες χώρες χαρακτηρίζονται από υψηλά επίπεδα αστικοποίησης, αν και η μεγαλύτερη αστική ανάπτυξη συμβαίνει σε λιγότερο ανεπτυγμένες χώρες (UNDP, 2003; World Bank, 2005). Το ποσοστό της αστικοποίησης στις λιγότερο αναπτυγμένες περιοχές είναι επτά φορές μεγαλύτερο σε σχέση με τις πιο ανεπτυγμένες χώρες (UNDP, 2003). Περίπου το ήμισυ του παγκόσμιου πληθυσμού ζει σήμερα σε αστικές περιοχές, με περισσότερο από το 50% αυτών να ζει σε πόλεις κάτω των 500 000 ατόμων, ενώ λιγότερο από το 10% μένει σε πόλεις με πληθυσμό μεγαλύτερο των 10 εκατομμυρίων (McGranahan and Marcotullio, 2006). Αν και σε μερικές από τις μεγαλύτερες πόλεις του κόσμου έχει σημειωθεί επιβράδυνση στους ρυθμούς ανάπτυξης τους, κατά τις τελευταίες δεκαετίες, εκτιμάται ότι το μέσο μέγεθος των 100 μεγαλύτερων πόλεων στον κόσμο αυξήθηκε από 200 000 άτομα το 1800 σε 5.000.000 το 1990 (Cohen, 2004). Το παρακάτω σχήμα παρουσιάζει εκτιμήσεις για τη μεταβολή του πληθυσμού για μερικές μεγάλες πόλεις, καθώς και την τάση που παρουσιάζουν τόσο οι αστικές αλλά και οι περιαστικές περιοχές.

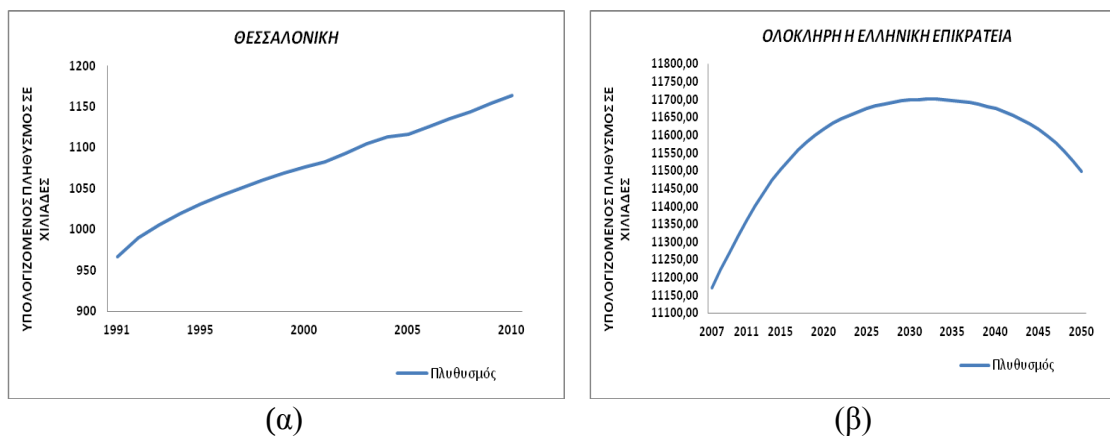


Σχήμα 1.4. Η αύξηση του πληθυσμού αναμένεται να συνεχιστεί με μία συνεχή τάση μετανάστευσης από τις αγροτικές στις αστικές περιοχές (Ruth and Gasper, 2008).

Αναφορικά με την ευρύτερη περιοχή της Ελλάδας και συγκεκριμένα στην πόλη της

Θεσσαλονίκης με βάση τα δεδομένα που συλλέχθηκαν από την Ελληνική Στατιστική Αρχή προκύπτει ότι από το 1991 έως το 2010 σημειώθηκε σημαντική αύξηση του πληθυσμού (σχήμα 1.5 α). Αξίζει να σημειωθεί σε αυτό το σημείο ότι καθώς η απογραφή του πληθυσμού γίνεται ανά δεκαετία τα δεδομένα που παρέχονται από της Στατιστική Υπηρεσία είναι αποτέλεσμα επεξεργασίας και διαφόρων στατιστικών υπολογισμών. Επομένως εκτιμάται ότι κατά τη διάρκεια αυτών των 20 ετών η πόλη της Θεσσαλονίκης απέκτησε περίπου 196.982 κατοίκους επιπλέον, δηλαδή ανά έτος ο πληθυσμός της αυξάνεται κατά 9.849 άτομα.

Η προαναφερθείσα ανάπτυξη της πόλης και γενικά ολόκληρης της Ελληνικής επικράτειας αναμένεται να συνεχιστεί μέχρι και το 2020, δηλαδή για τα επόμενα 10 χρόνια (σχήμα 1.5,β). Στη συνέχεια για την ερχόμενη εικοσαετία θα διατηρηθεί στα ίδια επίπεδα έως ότου αρχίσει τελικά να σημειώνεται μείωση του πληθυσμού. Οι συγκεκριμένες εικασίες στηρίζονται σε ένα μέσο σενάριο ενδεχόμενης κύμανσης της πορείας του πληθυσμού, μέχρι και το 2050, όπου δηλαδή η υπογεννητικότητα, η θνησιμότητα και η μετανάστευση ακολουθούν μία ομαλή πορεία κοντινή στα σημερινά δεδομένα.



Σχήμα 1.5.α. Υπολογιζόμενος πληθυσμός στη Θεσσαλονίκη στην αρχή των ετών (1^η Ιανουαρίου) για την περίοδο 1991-2010 & β. Εκτίμηση, με βάση ενδιάμεσο σενάριο, της μεταβολής του πληθυσμού της ελληνικής επικράτειας μέχρι το έτος 2050.

1.4 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΜΕΛΕΤΗΣ ΤΟΥ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟΥ

Το φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας ερευνήθηκε και περιγράφηκε για πρώτη φορά από το Luke Howard το 1810, αν και δεν ήταν αυτός ο οποίος του έδωσε τη σημερινή ονομασία του (Landsberg, 1981). Στη συνέχεια μια πληθώρα ερευνητών ασχολήθηκαν εκτενώς με το θέμα, όπως αναφέρεται στο βιβλίο του A. Kratzer (Kratzer, 1956).

Το 1855 ο E. Renou μελέτησε τον καιρό στο Παρίσι και μίλησε για τις διαφορές της θερμοκρασίας μεταξύ της πόλης και των προαστίων. Ο μετεωρολόγος, βαυαρικής καταγωγής, W.C. Wittwer το 1860 αναφέρθηκε στις διαφορές της θερμοκρασίας μεταξύ του Μονάχου και Bogenhausen και το αιτιολόγησε λόγω των πολλών πέτρινων σπιτιών που υπήρχαν στο Μόναχο. Είκοσι χρόνια αργότερα ο V. Kremser μελέτησε το κλίμα στο Βερολίνο, ενώ το 1885 ο J.v. Hann διαπίστωσε ότι η θερμοκρασιακή διαφορά μεταξύ της πόλης και των περιχώρων της κυμαίνεται από 0.4 ως 1.1 °C.

Το επόμενο που προσέελκυσε την προσοχή των ερευνητών ήταν η ομίχλη και οι ατμοσφαιρικοί ρύποι. Ο Γάλλος A. Angot, ο Γερμανός R. Emmerich και οι Εγγλέζοι F.A. Russel, M.J. Russel και R.H. Scott ήταν αυτοί, μεταξύ άλλων, οι οποίοι ασχολήθηκαν από τον προηγούμενο αιώνα με την μελέτη των επιβλαβών επιπτώσεων των μεγάλων πόλεων στο κλίμα. Το 1925 οι N. Shaw και J.S. Owens συνόψισαν τα προβλήματα της αστικής ατμοσφαιρικής ρύπανσης και της αστικής ομίχλης στην εργασία τους, *“Προβλήματα καπνού από τις μεγάλες πόλεις”*. Από τότε, πολλοί μελετητές έχουν ασχοληθεί με τη διερεύνηση των αερολυμάτων που υπάρχουν στον αέρα της πόλης.

Το γενικό θέμα της υγρασίας δεν συμπεριλήφθηκε στις μελέτες μέχρι και το 1908, όπου ο V. Kremser πραγματοποίησε έρευνα στην πόλη του Βερολίνου, χρησιμοποιώντας δεδομένα παρατήρησης. Ένα χρόνο αργότερα ο ίδιος ερευνητής μελέτησε την επίδραση των πόλεων στο σχηματισμό νεφών. Το 1906 ο F. Augustin μελέτησε τη βροχοπτώση στην Πράγα ενώ ακολουθεί το 1927 ο A. Schmauss, ο οποίος ασχολήθηκε με την ποικιλομορφία στην ένταση και στη συχνότητα των βροχοπτώσεων στο Μοναχό. Το κύριο ερέθισμα εδώ ήταν ο νεοεμφανισθέντας χώρος

της μικροκλιματολογίας, η οποία έδειξε τις μεγάλες διαφορές που μπορεί να υπάρχουν ακόμη και στις μικρότερες περιοχές. Αυτό κατεύθυνε φυσικά την προσοχή των ερευνητών για τις διαφορές του κλίματος που μπορεί να υπάρχουν στο εσωτερικό των επιμέρους πόλεων. Οι πρώτες μελέτες έγιναν από τον H. Schmidt στη Βιέννη το 1927 και από τον A. Peppeler στη Καρλσρούη το 1929. Στο Μοναχό, το 1932, οι H. Budel και J. Wolf συμπεριέλαβαν στη μελέτη και τη σχετική υγρασία (Kratzer, 1956).

1.5. Η ΑΣΤΙΚΗ ΘΕΡΜΙΚΗ ΝΗΣΙΔΑ ΣΗΜΕΡΑ

Έκτοτε, ένα πλήθος ερευνητών ασχολήθηκε με τη μελέτη της Αστικής Θερμικής Νησίδας (Α.Θ.Ν). Η διαρκής αύξηση του πληθυσμού και η επέκταση των πόλεων, οδηγεί στην μεταβολή της έντασης του φαινομένου, στην αναζήτηση μεθόδων επίλυσης του προβλήματος και συνεπώς στο ενδιαφέρον της επιστημονικής κοινότητας πάνω στο θέμα με ποικίλες μεθόδους. Θεωρητικά, το μέγεθος του φαινομένου θα μπορούσε να προέλθει από σύγκριση κλιματικών μετρήσεων στην περιοχή πριν την αστικοποίησή της και σημερινές μετρήσεις, μετά τη διαμόρφωση της πόλης (Oke, 1987). Στις περισσότερες περιπτώσεις κάτι τέτοιο είναι αδύνατο, καθώς οι περισσότερες πόλεις έχουν ιδρυθεί πολύ πριν την καθιέρωση των μετεωρολογικών μετρήσεων. Για την αντιμετώπιση αυτού του γεγονότος, είναι συνήθης πρακτική να συγκρίνονται τα κλιματικά δεδομένα από το κέντρο της αστικής περιοχής με εκείνα αγροτικού ή μη αστικού σταθμού της περιοχής. Η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ των αστικών και των αγροτικών περιβαλλόντων ονομάζεται ένταση θερμικής νήσου και είναι ένας δείκτης του μεγέθους του φαινομένου θερμικής νήσου (Αλεξανδρή, 2010).

Στο Μπουένος Άιρες (Figuerola and Mazzeo, 1998) η μέση τιμή της μέγιστης έντασης της θερμικής νησίδας το χειμώνα φθάνει τους 4,6 °C υπό την επίδραση δυνατών ανέμων αλλά με μικρή νεφοκάλυψη του ουρανού, ενώ στην περίπτωση θυελλωδών και νεφελωδών συνθηκών υπολογίζεται στους 3,6 °C. Στην περίπτωση όμως που πνέουν ισχυροί άνεμοι από την πόλη προς την ύπαιθρο και από τον ποταμό προς την πόλη, σύμφωνα με τους συγγραφείς, εμφανίζεται το φαινόμενο της αντίθετης θερμικής νησίδας (αγροτική περιοχή θερμότερη από την πόλη).

Σύμφωνα με τους Pinho και Manso-Orgaz (2000) που μελέτησαν την ύπαρξη και τα

χαρακτηριστικά της αστικής θερμικής νησίδας στη μικρή παραλιακή πόλη του Aveiro, στην Πορτογαλία, χρησιμοποιώντας μετρήσεις θερμοκρασίας κατά την διάρκεια 48 νυχτών το καλοκαίρι, το φθινόπωρο και το χειμώνα του 1996, κατέληξαν ότι η μορφή και η ένταση της θερμικής νησίδας της περιοχής είναι αποτέλεσμα της αλληλεπίδραση τριών κύριων παραγόντων. Οι ερευνητές υποστηρίζουν ότι καθοριστικό ρόλο, στην ανάπτυξη του φαινομένου, διαδραματίζει ο συνδυασμός: της αστικής μορφολογίας (τα θερμότερα τμήματα της πόλης είναι τα πιο πυκνοδομημένα, με τα ψηλότερα κτήρια, χωρίς χώρους πρασίνου και με έντονη παραγωγή θερμότητας από την κυκλοφορία), των μετεωρολογικών συνθηκών (οι αντικυκλωνικές συνθήκες με καθαρό ουρανό και ήρεμο καιρό αυξάνουν, ενώ οι κυκλωνικές συνθήκες μειώνουν την ένταση της Θερμικής Νησίδας) και της εγγύτητας στις παράκτιες λιμνοθάλασσες (συνορεύουν με την πόλη από τα δυτικά και βορειοδυτικά και μετριάζουν τις εποχικές θερμοκρασίες). Επιπλέον προέκυψε ότι η ένταση της Θερμικής Νησίδας μπορεί να φτάσει τους 7.5°C.

Ένα χρόνο αργότερα σύμφωνα με έρευνα στο Φοίνιξ της Αριζόνα (Balling et al, 2001), κατά την οποία χρησιμοποιήθηκε ένα μονοδιάστατο μοντέλο προσομοίωσης υπέρυθρης ακτινοβολίας, για τον προσδιορισμό της θερμικής επίπτωσης στο αστικό περιβάλλον της αυξημένης συγκέντρωσης του CO₂, προέκυψε ότι η αύξηση της συγκέντρωσης του CO₂ κάτω από το στρώμα αναστροφής συμβάλλει ελάχιστα στην παρατηρούμενη θερμική νησίδα, υποδεικνύοντας έτσι ότι άλλοι παράγοντες, όπως η απορρόφηση της ηλιακής ακτινοβολίας από υλικά που χρησιμοποιούνται στις διάφορες επιφάνειες και λόγω των χαμηλότερων επίπεδων υγρασίας που υπάρχουν στο έδαφος, είναι σε μεγάλο βαθμό οι αιτίες για την παρατηρούμενη αύξηση της θερμοκρασίας στις πόλεις. Οι ερευνητές κατά την μελέτη τους πραγματοποίησαν εκτενείς μετρήσεις του CO₂ σε διάστημα 14 ημερών, οι οποίες περιελάμβαναν μετρήσεις σε αυτοκινητόδρομους δύο φορές την ημέρα και μετρήσεις με αεροσκάφος μία φορά την ημέρα. Η συνοπτική κατάσταση του καιρού ήταν σχεδόν ίδια από ημέρα σε ημέρα, με υψηλές πιέσεις, καθαρό ουρανό και ένα ισχυρό στρώμα αναστροφής τις πρωινές ώρες.

Ομοίως ο Atkinson το 2003 (Atkinson, 2003) χρησιμοποίησε ένα τρισδιάστατο, μη υδροστατικό, υψηλής ανάλυσης αριθμητικό μοντέλο για την μελέτη της έντασης του φαινομένου της θερμικής αστικής νησίδας (Α.Θ.Ν), στην πόλη του Λονδίνου. Τα

δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν ως είσοδος στο μοντέλο για την προσομοίωση της αστικής περιοχής ήταν ανωμαλίες της ανακλαστικότητας, ροή ανθρωπογενούς θερμότητας, εκπομπή ακτινοβολίας, παράγοντας του ουρανού (sky-view factor - SVF), αντίσταση της επιφάνειας στην εξάτμιση (surface resistance to evaporation - SRE) και η θερμική αδράνεια. Πραγματοποιήθηκαν μια σειρά πειραμάτων όπου αρχικά συμπεριλαμβάνονταν όλοι οι παράγοντες ενώ στη συνέχεια, διαδοχικά, παραλειπόταν από ένας έτσι ώστε να εκτιμηθεί η επίδρασή του στο φαινόμενο. Κατά τη διάρκεια της ημέρα η επίδραση στη θερμοκρασία κυμαινόταν από 0.2 έως 0.8°C και οφείλονταν στην ανακλαστικότητα, στην ανθρωπογενή θερμότητα, στην εκπομπή ακτινοβολίας, στο SVF, στην εξάτμιση και στη θερμική αδράνεια. Ιδιαίτερα ο παράγοντας της εξάτμισης διαδραμάτισε καθοριστικό ρόλο στην ένταση του φαινομένου ενώ το μήκος τραχύτητας είχε το αντίθετο αποτέλεσμα. Κατά τη διάρκεια της νύχτας, η επίδραση ήταν της τάξης των 0.3 έως 0.75 °C και καθορίζονταν από την ακτινοβολία, το μήκος τραχύτητας, SVF και SRE. Γενικά την μεγαλύτερη επίδραση (2 °C) την είχε η ανθρωπογενής θερμότητα. Συνεπώς υπήρχε διαφορά στους παράγοντες μεταβολής της Αστικής Θερμικής Νησίδας κατά τη διάρκεια της ημέρας και νύχτας, ενώ το μέγεθος της αστικής περιοχής είχε μικρό αντίκτυπο στην ένταση του φαινομένου.

Την ίδια χρονιά οι Hinkel et al (2003) μελετούν την ύπαρξη μιας ισχυρής αστικής θερμικής νησίδας κατά τη διάρκεια του χειμώνα στο χωριό Barrow, στην Αλάσκα, το οποίο αποτελεί το βορειότερο οικισμό των ΗΠΑ και την μεγαλύτερη κατοικημένη κοινότητα στην Αρκτική. Σύμφωνα με τους ερευνητές τα τελευταία χρόνια έχει καταγραφεί μια γενική αύξηση της μέσης ετήσιας θερμοκρασίας και της μέσης θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια του χειμώνα και έχει τεκμηριωθεί ότι επικρατεί η τάση σταδιακά να λιώνουν νωρίτερα τα χιόνια στο χωριό σε αντίθεση με τα περίχωρα όπου παρουσιάζεται μια αντίστοιχη αλλά πολύ ασθενέστερη τάση στην τήξη των χιονιών. Από ωριαίες καταγραφές θερμοκρασίας του αέρα και του εδάφους σε 54 σταθμούς προέκυψε ότι κατά τη διάρκεια του χειμώνα (Δεκέμβριος 2001-Μάρτιος 2002), η αστική περιοχή ήταν κατά μέσο όρο 2.2°C θερμότερη της ενδοχώρας. Επιπλέον η ισχύς της Α.Θ.Ν. αυξανόταν όταν η ταχύτητα του ανέμου μειωνόταν, φθάνοντας κατά μέσο όρο διαφορά θερμοκρασίας 3.2°C υπό συνθήκες χαμηλής ταχύτητας του ανέμου (<2 ms⁻¹) και τους 6.0°C σε μία ημέρα. Η ένταση του φαινομένου γενικά αυξανόταν με τη μείωση της θερμοκρασίας του αέρα το χειμώνα,

γεγονός που αντανακλά τη συμβολή της ανθρωπογενούς θερμότητας, ώστε να διατηρηθεί η εσωτερική θερμοκρασία ενός κτιρίου. Επιπλέον σε καθημερινή βάση, η Α.Θ.Ν. έφθασε στο υψηλότερο σημείο της έντασης της αργά το βράδυ και νωρίς το πρωί. Γενικά υπήρξε μια ισχυρή θετική συσχέτιση μεταξύ της έντασης του φαινομένου, σε μηνιαία βάση και της χρήσης φυσικού αερίου. Η μελέτη υπέδειξε ότι η αστικοποίηση έχει συμβάλει στο λιώσιμο του χιονιού στο χωριό νωρίτερα.

Στην περίπτωση της Ισπανίας και συγκεκριμένα στη Σαλαμάνκα φαίνεται σύμφωνα με την μελέτη των Alonso et al., 2003, να επικρατούν δύο αντίθετες καταστάσεις. Κατά τις πρωινές ώρες παρατηρείται το φαινόμενο της αντίθετης θερμικής νησίδας, το οποίο γίνεται εντονότερο την άνοιξη και οφείλεται στην ύπαρξη των ψηλών κτηρίων, τα οποία παρέχουν σκίαση και εμποδίζουν την άμεση πρόσπτωση της ηλιακής ακτινοβολίας. Από την άλλη μεριά, κατά τη διάρκεια των νυκτερινών ωρών η μέση ένταση της Α.Θ.Ν λαμβάνει θετικές τιμές οι οποίες μπορεί να είναι μικρότερες των 2.0 °C αλλά και να ξεπερνούν τους 4.0 °C. Οι μεγαλύτερες τιμές καταγράφονται το φθινόπωρο και το χειμώνα και εξαρτώνται ιδιαίτερα από την επικρατούσα ατμοσφαιρική κατάσταση. Υπό σταθερές ατμοσφαιρικές συνθήκες το φαινόμενο γίνεται εντονότερο, ενώ όταν ο αέρας υπερβαίνει την ταχύτητα των 22km/h το φαινόμενο τείνει να εξαφανιστεί. Αυτή η ταχύτητα είναι γνωστή ως κρίσιμη ταχύτητα ανέμου.

Ένα χρόνο αργότερα οι Li et al (2004) εξετάζουν την επίδραση της Α.Θ.Ν., στην αύξηση της θερμοκρασίας που παρατηρείται τα τελευταία 50 χρόνια, στην Κίνα. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι η επίδραση της Α.Θ.Ν. στην ετήσια μέση θερμοκρασία περιλαμβάνει τρεις πτυχές: την αύξηση των μέσων τιμών θερμοκρασίας, την μείωση των διακυμάνσεων και την αλλαγή των κλιματικών τάσεων ανάλογα με την περιοχή. Έτσι στην κοιλάδα του ποταμού Yangtze και στη Νότια Κίνα, το φαινόμενο συμβάλλει στην αύξηση της θερμοκρασίας κατά περίπου 0.011°C /δεκαετία ενώ αντίθετα νοτιοδυτικά της Κίνας επιβραδύνει την τάση αύξησης της κατά -0.006°C /δεκαετία. Σε άλλες περιοχές, όπως η Βόρεια και Βορειοανατολική Κίνα έχει μικρό αντίκτυπο στην μεταβολή της ετήσιας θερμοκρασίας. Γενικά όμως η μέση επίπτωση του φαινομένου στη θερμοκρασία του συνόλου της χώρας, κατά τη διάρκεια των τελευταίων 50 ετών είναι μικρότερη από 0.06 °C, υποδηλώνοντας ότι δεν μπορεί να θεωρηθεί ότι η παρατηρούμενη αύξηση της θερμοκρασίας στην Κίνα είναι συνέπεια της αστικοποίησης.

Η πόλη που ενδεχομένως έχει δεχθεί την εκτενέστερη ανάλυση είναι αυτή του Λονδίνου και έτσι το 2006 σύμφωνα με έρευνα που δημοσιεύθηκε (Mayor of London, 2006) υποστηρίζεται ότι η Θερμική Αστική Νησίδα μπορεί να φθάσει, ιδιαίτερα κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, τους 6.0 με 8.0°C μεταξύ 23:00 το βράδυ και 03:00 το ξημέρωμα. Από την ίδια μελέτη προκύπτει ότι η μέση θερινή θερμοκρασία αναμένεται να αυξηθεί 2.5 με 3.0°C μέχρι το έτος 2050 και ότι το σύνολο των 'θερμών' ημερών (>30°C) θα αυξηθεί κατά 5 με 10 ημέρες το χρόνο.

Οι Pongrácz et al (2007), χρησιμοποιώντας δορυφορικά δεδομένα ανέλυσαν τη θερμοκρασία επιφάνειας διάφορων αστικών περιοχών της Κεντρικής Ευρώπης (Βουκουρέστι, Βουδαπέστη, Βαρσοβία, Βιέννη, Μιλάνο, Μόναχο, Σόφια, Βελιγράδι, Ζάγκρεμπ) κατά τη διάρκεια των ετών 2001-2005. Τα αποτελέσματα της έρευνας δείχνουν ότι η ένταση της Α.Θ.Ν μεταξύ των πόλεων ποικίλει ενώ η μέση μηνιαία τιμή της είναι μεταξύ 1°C και 6°C. Γενικά όμως οι μεγαλύτερες τιμές εντοπίστηκαν τις πρωινές ώρες της θερινής περιόδου. Τέλος ο πληθυσμός των πόλεων (που συσχετίζεται ιδιαίτερα με τη βιομηχανία) είναι ο κύριος παράγοντας καθορισμού της έντασης του φαινομένου που επίσης επηρεάζεται και από την ορεογραφία.

Μία από τις πιο πρόσφατες έρευνες αφορά την περιοχή των Βρυξελλών στο Βέλγιο (Hamdi and Van de Vyver, 2011) σύμφωνα με την οποία το φαινόμενο παρουσιάζει μεγαλύτερη επίδραση στις ελάχιστες θερμοκρασίες του αέρα, ανά δεκαετία, καθώς αυξάνονται με ρυθμό 2.5 φορές μεγαλύτερο από τις μέγιστες θερμοκρασίες με γραμμική τάση 0,15 ° C και 0.06 ° C αντίστοιχα.

Για την Ελληνική περιοχή, αρκετές είναι οι μελέτες που αφορούν κυρίως στην ευρύτερη περιοχή της Αθήνας. Έτσι το 2002 δημοσιεύεται μία μελέτη (Livada et al, 2002) που σκοπό έχει να καθοριστούν οι θέσεις, στην ευρύτερη περιοχή της Αθήνας, όπου εντοπίζεται η επίδραση της αστικής νησίδας. Από δεδομένα που συλλέχτηκαν από 20 σταθμούς σε διάφορες περιοχές της πόλης, υπολογίστηκαν οι ωριαίοι βαθμοί ψύξης (CDH) και θέρμανσης (HDH). Όσων σταθμών η αναλογία: ωριαίοι βαθμοί (DH)/θερμοκρασία βάσης ήταν μεγαλύτερη της μονάδας χαρακτηρίστηκαν ως αστικοί. Από την συνολική έρευνα προέκυψε ότι κυρίως στις κεντρικές και δυτικές βιομηχανικές περιοχές της πόλης υπάρχει έντονη ανάπτυξη του φαινομένου της Αστικής Θερμικής Νησίδας. Παρ' όλα αυτά, σε περιοχές που βρίσκονται κοντά στο κέντρο και ανατολικά και υπάρχει πυκνή βλάστησης ή "ανοιχτοί χώροι"

παρουσιάστηκαν διακυμάνσεις στην ένταση του φαινομένου. Επιπλέον, σε περιοχές κοντά στη θάλασσα η θερμοκρασία του αέρα είναι υψηλότερη κατά την ψυχρή περίοδο του έτους, όχι εξαιτίας της αστικοποίησης, αλλά κυρίως λόγω της επιρροής της θάλασσας. Επίσης, οι διαφορές μεταξύ αστικών και περιαστικών σταθμών είναι μικρότερες κατά τη χειμερινή περίοδο λόγω της κυκλωνικής κυκλοφορίας που επικρατεί και της παρουσίας ανέμου. Τέλος η διατήρηση των υψηλών θερμοκρασιών του αέρα κατά τη διάρκεια της θερμής περιόδου του έτους ή των χαμηλών κατά την ψυχρή περίοδο σχετίζονται ως επί το πλείστον με τις συνοπτικές καιρικές συνθήκες και δεν μπορεί να θεωρηθεί ως δείκτης ανάπτυξης του φαινομένου.

Το 2005, αυτή τη φορά από το Δυτικό τμήμα της Αθήνας, εξετάζεται η επίδραση που έχουν οι αστικές πράσινες περιοχές στο τοπικό κλίμα (Charalampopoulos and Chronopoulou-Sereli, 2005). Η περιοχή είναι ιδιαίτερα πυκνοδομημένη και περιλαμβάνει περιοχές με οικιστική και βιομηχανική ανάπτυξη. Οι ερευνητές, με τη χρήση ενός κινούμενου οχήματος, μέτρησαν την θερμοκρασία του αέρα, τη σχετική υγρασία, τη ταχύτητα και την κατεύθυνση του ανέμου, κατά τη διάρκεια της νύχτας. Τα δεδομένα χωρίστηκαν σε όσα συλλέχθηκαν σε συνθήκες άπνοιας ($<1 \text{ ms}^{-1}$) και σε όσα υπό ελαφρύ άνεμο ($<3,5 \text{ ms}^{-1}$). Επιπλέον υπολογίστηκε και ο Δείκτης Δυσφορίας υπό απάνεμες συνθήκες, χρησιμοποιώντας τις ίδιες παραμέτρους. Τέλος, με τη χρήση διαφόρων χωρικών υπολογισμών αξιολογήθηκε η ποιοτική και ποσοτική επιρροή μεγάλων χώρων πρασίνου στο τοπικό κλίμα. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η ταχύτητα του ανέμου έχει σημαντική επίδραση στη διακύμανση της θερμοκρασίας του αέρα καθώς επίσης ότι στους χώρους πρασίνου επικρατούν ευνοϊκές συνθήκες και για τις κατηγορίες ανέμου. Συνεπώς σύμφωνα με τους ερευνητές, αυτές οι περιοχές μοιάζουν με δροσερά σημεία σε μια μολυσμένη θερμικά περιοχή.

Ένα χρόνο αργότερα μία ακόμα μελέτη για την επίδραση του φαινομένου της Θερμικής Αστικής Νησίδας γίνεται για την πόλη της Αθήνας (Kassomenos and Katsoulis, 2006). Η έρευνα στηρίζεται σε συνοπτικά δεδομένα της περιόδου 1990-2001 και η Α.Θ.Ν. υπολογίζεται από τη διαφορά τις ελάχιστης θερμοκρασίας, στις 06:00 το πρωί (τοπική ώρα), μεταξύ των αγροτικών και αστικών περιοχών της πόλης. Από την μελέτη προκύπτουν 7 βαθμίδες έντασης Α.Θ.Ν., οι οποίες εναλλάσσονται γρήγορα ανάλογα με την νεφοκάλυψη και τον άνεμο. Γενικά κατά το 1/3 των ημερών της περιόδου το φαινόμενο εμφανίζεται ιδιαίτερα έντονο ενώ γίνεται εντονότερο τις

νύχτες με αίθριο ουρανό και χαμηλή σχετική υγρασία. Κατά τη διάρκεια της άνοιξης και του καλοκαιριού, η θαλάσσια αύρα μειώνει συνήθως την επίδραση του φαινομένου. Τέλος διαφάνηκε ότι οι υψηλότερες βαθμίδες έντασης συνδέονται με αντικυκλωνική κυκλοφορία ενώ οι χαμηλότερες με ισχυρούς βορειοανατολικούς ανέμους.

Το 2009 οι Kolokotsa et al. (2009) μελετούν την ΑΘΝ στα Χανιά της Κρήτης. Οι βασικοί στόχοι των μελετητών ήταν η εξακρίβωση της ύπαρξης του φαινομένου, η ένταση, το μέγεθος και η μορφή του στη συγκεκριμένη περιοχή καθώς και να κατανοήσουν τη συσχέτισή του με τις τοπικές καιρικές συνθήκες. Με τη χρήση εννέα αστικών και τριών αγροτικών μετεωρολογικών σταθμών κατέγραψαν μετρήσεις θερμοκρασίας του αέρα και σχετικής υγρασίας για διάστημα 5 μηνών από το Μάιο έως τον Οκτώβριο του 2007. Παράλληλα, συλλέχθηκαν και αναλύθηκαν μετεωρολογικά δεδομένα όπως ταχύτητα και διεύθυνση ανέμου, βαρομετρική πίεση, η ηλιοφάνεια και η βροχόπτωση. Από την μελέτη αυτή προέκυψε ότι κατά τη διάρκεια της θερινής περιόδου, όπου η θερμοκρασία είναι υψηλή, η Α.Θ.Ν. λαμβάνει τη μέγιστη ένταση της και είναι της τάξης των 8 ° C. Επίσης, η μορφή της είναι έντονα επηρεασμένη από την ταχύτητα και διεύθυνση ανέμου. Οι βόρειοι άνεμοι επεκτείνουν το μέτωπο της, ενώ οι δυτικοί άνεμοι συμβάλλουν στη μείωση της.

Αναφορικά με την περιοχή της Θεσσαλονίκης το 1985 (Μπαλαφούτης, 1985) δημοσιεύεται μία μελέτη σύμφωνα με την οποία, από την σύγκριση των ημερήσιων μέγιστων και ελάχιστων θερμοκρασιών που καταγράφηκαν σε έναν αστικό και έναν περιαστικό σταθμό της πόλης κατά τη διάρκεια των ετών 1966-1975, προκύπτει ότι το φαινόμενο της Α.Θ.Ν. εμφανίζεται με μεγάλη συχνότητα στην πόλη της Θεσσαλονίκης και εντατικοποιείται κατά την επικράτηση αντικυκλωνικών τύπων καιρού. Περίπου μία δεκαετία αργότερα σε μελέτη (Balafoutis and Makrogiannis, 1998) που αφορούσε τους ίδιους υπό εξέταση σταθμούς, για την περίοδο 1950-1995, διαπιστώθηκε ότι κατά τη δεκαετία του 90 το φαινόμενο τείνει να εξασθενήσει.

Οι Giannaros et al (2010) μελέτησαν τα χαρακτηριστικά του φαινομένου στην περιοχή της Θεσσαλονίκης, μέσω της επεξεργασίας ωριαίων δεδομένων θερμοκρασίας του αέρα για την περίοδο Ιούνιο με Σεπτέμβριο του 2008. Διαπιστώθηκε ότι η αστική ζώνη της πόλης θερμαίνεται γρηγορότερα και πιο αποτελεσματικά από τα προάστια, ιδιαίτερα τις πρώτες πρωινές ώρες. Επιπλέον η

Αστική Θερμική Νησίδα είναι πιο ευδιάκριτη κατά τη διάρκεια της νύχτας, φθάνοντας, όμως, το μέγιστο μέγεθος της τις πρώτες πρωινές ώρες. Γενικά προέκυψε ότι η πόλη της Θεσσαλονίκης υπόκειται σε μια μάλλον μέτρια Α.Θ.Ν.

Τέλος αξίζει να αναφερθεί ότι η αναζήτηση τρόπων επίλυσης του φαινομένου δεν προκύπτει μονάχα την τελευταία δεκαετία (Papadakis et al, 2001; Synnefa et al, 2005; Κολοκοτσά, 2009; Zhang et al, 2009; Shahmohamadi et al, 2010; Oleson et al, 2010; Αλεξανδρή, 2010) καθώς το Μάιο του 1998 παρουσιάζεται μελέτη σχετικά με την μεταβολή της θερμοκρασίας του αέρα μεταξύ τριών αστικών πάρκων και των γύρω κατοικημένων περιοχών, στο Göteborg της Σουηδίας (Urmanis et al, 1998). Η μελέτη αφορούσε δεδομένα που συλλέχθηκαν από κινητούς και μόνιμους τοποθετημένους σταθμούς, σε νύχτες με καθαρό ουρανό υπό χαμηλούς ανέμους, το διάστημα Ιανουάριο του 1994 έως Σεπτέμβριο του 1995. Η μέγιστη διαφορά θερμοκρασίας που υπολογίστηκε ανάμεσα σε ένα πάρκο και σε μια κατοικημένη περιοχή ήταν 5,9 °C (το καλοκαίρι), ενώ η επίδραση του δροσερού κλίματος, του πάρκου στην κατοικημένη περιοχή έφθανε περισσότερο από 1100 μ. από το τέλος των συνόρων του πάρκου. Επιπλέον εντοπίστηκε ότι το μέγεθος της διαφοράς θερμοκρασίας μεταξύ του πάρκου και της κατοικημένης περιοχής εξαρτάται από το μέγεθος του πρώτου και από την απόσταση της περιοχής από τα σύνορα του πάρκου. Διαφορές στο ρυθμό ψύξης και στη θερμοκρασία εντοπίστηκαν τόσο ανάμεσα στα πάρκα όσο και στις κατοικημένες περιοχές, που αποδόθηκε στα εμπόδια του ουρανού (sky obstruction), δηλαδή τα δέντρα στο πάρκο και τα κτήρια στις περιοχές. Για παράδειγμα σε έναν αγροτικό σταθμό, που βρίσκεται σε ανοικτό χώρο, η ψύξη ήταν λιγότερη από ό, τι στο ανοιχτό τμήμα του πάρκου. Ωστόσο, η σχέση μεταξύ της διαφορά θερμοκρασίας αστικής περιοχής-πάρκου και του παράγοντα του ουρανού (SVF) δεν ήταν στατιστικά σημαντική.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

2.1. ΓΕΝΙΚΑ ΓΙΑ ΤΗ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ

Η Θεσσαλονίκη, είναι η δεύτερη μεγαλύτερη πόλη της Ελλάδας, πρωτεύουσα του ομώνυμου νομού και της Περιφέρειας Κεντρικής Μακεδονίας. Έχει συντεταγμένες 40°37'60"N και 22°57'00"E. Βρίσκεται στο δυτικό τμήμα του σημερινού νομού Θεσσαλονίκης, στο μυχό του Θερμαϊκού κόλπου. Είναι κτισμένη αμφιθεατρικά στις πλαγιές του Κέδρινου Λόφου και περιβάλλεται στα βόρεια από το δάσος του Σείχ Σου. Στη Σίνδο υπάρχει η βιομηχανική ζώνη της πόλης και στα ανατολικά βρίσκονται οι περιοχές του αεροδρομίου, της Θέρμης και του Πανοράματος. Βόρεια-Βορειοανατολικά της πόλης υψώνεται το βουνό του Χορτιάτης, βορειοδυτικά απλώνεται η πεδιάδα της Θεσσαλονίκης, την οποία διαρρέουν τρεις ποταμοί, ο Αξιός, ο Λουδίας και ο Γαλλικός, που εκβάλλουν δυτικά της πόλης ενώ ακόμα νοτιότερα εκβάλλει ο ποταμός Αλιάκμονας. Το κλίμα της είναι μεσογειακό αλλά εμπεριέχει και ηπειρωτικά χαρακτηριστικά και σύμφωνα με την κλιματική κατάταξη κατά Korpen ανήκει στα κλίματα τύπου Csa. Δηλαδή μπορεί να χαρακτηριστεί ως Μεσογειακό Ενδοχώρας και διακρίνεται από ήπιους χειμώνες, ξηρά και πολύ θερμά καλοκαίρια (Φλόκας, 1997).

2.2. ΔΕΔΟΜΕΝΑ

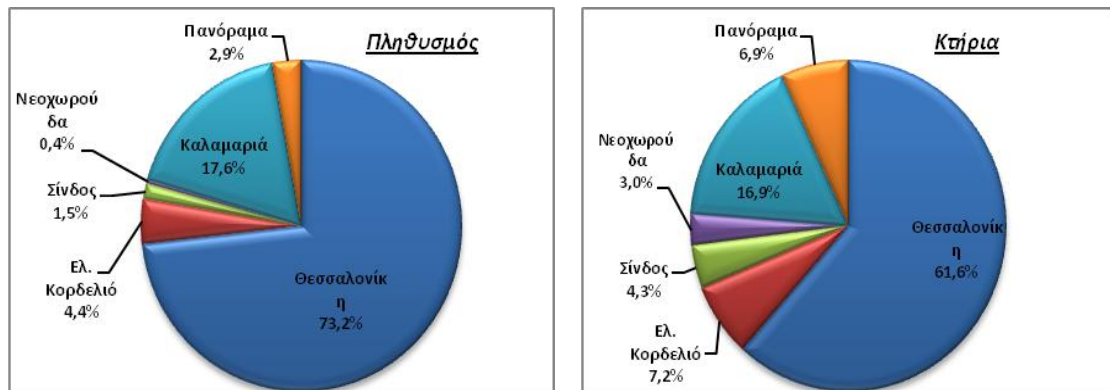
Για την παρούσα εργασία χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα θερμοκρασίας από εννέα μετεωρολογικούς σταθμούς, οι οποίοι είναι τοποθετημένοι σε διάφορα σημεία της πόλης της Θεσσαλονίκης. Οι σταθμοί αυτοί λειτουργούν υπό την ευθύνη του Τμήματος Περιβάλλοντος του Δήμου Θεσσαλονίκης και του Τμήματος Περιβάλλοντος-Χωροταξίας της Περιφέρειας Κεντρικής Μακεδονίας καθώς και του Τομέα της Μετεωρολογίας-Κλιματολογίας του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης. Επιγραμματικά αναφέρεται ότι οι σταθμοί της Σχολής Θετικών Επιστημών, του Ελευθέριου Κορδελιού, της Καλαμαριάς, της Σίνδου και του Πανοράματος ανήκουν στην Περιφέρεια, του Μετεωροσκοπείου στον τομέα Μετεωρολογίας-Κλιματολογίας και τέλος η Βενιζέλου και το Επταπύργιο στο Δήμο. Επιπλέον οι σταθμοί που λειτουργούν υπό την επίβλεψη της Περιφέρειας και του ΑΠΘ έχουν διαθέσιμα ωριαία δεδομένα θερμοκρασίας, με αποτέλεσμα να μπορούν

να εξαχθούν από αυτά οι μέσες, οι μέγιστες και οι ελάχιστες ημερήσιες θερμοκρασίες ενώ οι σταθμοί του δήμου διαθέτουν μόνο μέσες ημερήσιες θερμοκρασίες. Αν και η κοινή περίοδος μελέτης περιλαμβάνει τα έτη 2001-2004, από τα παραπάνω γίνεται φανερό ότι κατά την μελέτη της συμπεριφοράς των μέγιστων και ελάχιστων θερμοκρασιών, συνεπώς και ακραίων δεικτών (που υπολογίζονται από τις προαναφερθείσες χρονοσειρές), καθώς και στις ωριαίες συγκρίσεις, οι σταθμοί της Βενιζέλου και του Επταπυργίου δεν συμπεριλαμβάνονται.



Σχήμα 2. 1. Απεικόνιση της περιοχής και των θέσεων των σταθμών της μελέτης

Όπως διακρίνεται από το παραπάνω χάρτη τέσσερις σταθμοί είναι τοποθετημένοι στο κέντρο της πόλης, τρεις στο δυτικό της τμήμα, εκ των οποίων ο ένας στην βιομηχανική περιοχή ενώ οι υπόλοιποι δύο δέχονται την επίδραση της και οι άλλοι δύο στα ανατολικά της προάστια. Σύμφωνα με την Εθνική Στατιστική Αρχή και τα πιο πρόσφατα διαθέσιμα δεδομένα που υπάρχουν, της απογραφής του 2001, στο δήμο Θεσσαλονίκης κατοικούν 363.987 άτομα, στο Ελευθέριο Κορδελιό 21.630, στη Σίνδο 7.540, στη Νεοχωρούδα 1.979, στην Καλαμαριά 87.255 και τέλος στο Πανόραμα 14.552. Επίσης για τις ίδιες περιοχές απογράφηκαν κτήρια πλήθους 22.790, 2.680, 1580, 1.119, 6.256 και 2.552 αντίστοιχα.



Σχήμα 2.2. Απεικόνιση σε ποσοστά (αριστερά) του πληθυσμού της Θεσσαλονίκης και (δεξιά) του πλήθους των κτηρίων, για τις περιοχές ενδιαφέροντος, με βάση την απογραφή του 2001

Στο σχήμα 2.2 απεικονίζονται τα ποσοστά που προκύπτουν από την συγκεκριμένη απογραφή. Όπως διακρίνεται το κέντρο της Θεσσαλονίκης με 73.2 % επί του συνόλου του πληθυσμού και 61.6 % επί του πλήθους των κτηρίων, αποτελεί το κομμάτι της πόλης όπου έναντι των υπολοίπων είναι ιδιαίτερα πυκνοκατοικημένο. Ακολουθεί η Καλαμαριά, το Ελ. Κορδελιό και το Πανόραμα ενώ τα μικρότερα ποσοστά συναντώνται στη Σίνδο και στη Νεοχωρούδα.

Μελετώντας περαιτέρω τα δύο διαγράμματα παρατηρείται ότι ενώ στις περισσότερες περιοχές το ποσοστό των κτηρίων είναι μεγαλύτερο από το ποσοστό του πληθυσμού, στο κέντρο της πόλης ισχύει το αντίθετο. Στην Καλαμαριά τα ποσοστά είναι σχεδόν ίσα (0.7% διαφορά). Αυτό υποδεικνύει ότι τα κτήρια στο κέντρο της πόλης (πολυκατοικίες) είναι μεγαλύτερα ώστε να χωράνε περισσότερους κατοίκους ενώ στα περίχωρα, όπου υπάρχουν και μονοκατοικίες, είναι μικρότερα. Το χαμηλό ύψος αυτών των κτηρίων σε συνδυασμό με την μεταξύ τους απόσταση, έχει ως αποτέλεσμα την διέλευση και τον καναλισμό του αέρα μεταξύ των δρόμων συμβάλλοντας έτσι στην αποφόρτιση της ατμόσφαιρας από θερμές μάζες που συγκεντρώνονται μεταξύ των κτηρίων (εξαέρωση) και στον γενικό καθαρισμό της. Από την άλλη μεριά η ύπαρξη κτηρίων μεγάλου ύψους και σε τόσο μικρή απόσταση μεταξύ τους συντελούν στην δημιουργία φαραγγιών (street canyon) στο κέντρο της πόλης, τα οποία ονομάζονται έτσι καθώς είναι ουσιαστικά δρόμοι, οι οποίοι και από τις δύο μεριές τους περιβάλλονται από κτιριακά συγκροτήματα με αποτέλεσμα να δημιουργούνται στάσιμες συνθήκες της κυκλοφορίας του αέρα απαγορεύοντας έτσι την διασπορά των ρύπων μακριά από κατοικημένες περιοχές (Neofytou et al, 2006).

Στη συνέχεια στον πίνακα που ακολουθεί, παρατίθενται τα χαρακτηριστικά των περιοχών που είναι τοποθετημένοι οι σταθμοί, που χρησιμοποιήθηκαν για τη παρούσα μελέτη. Επιπλέον παρατίθενται και οι φωτογραφίες αυτών για την καλύτερη αποτύπωση της κάθε περιοχής ενώ τέλος αναγράφονται ξεχωριστά, για κάθε σταθμό, τα διαθέσιμα δεδομένα που υπάρχουν.

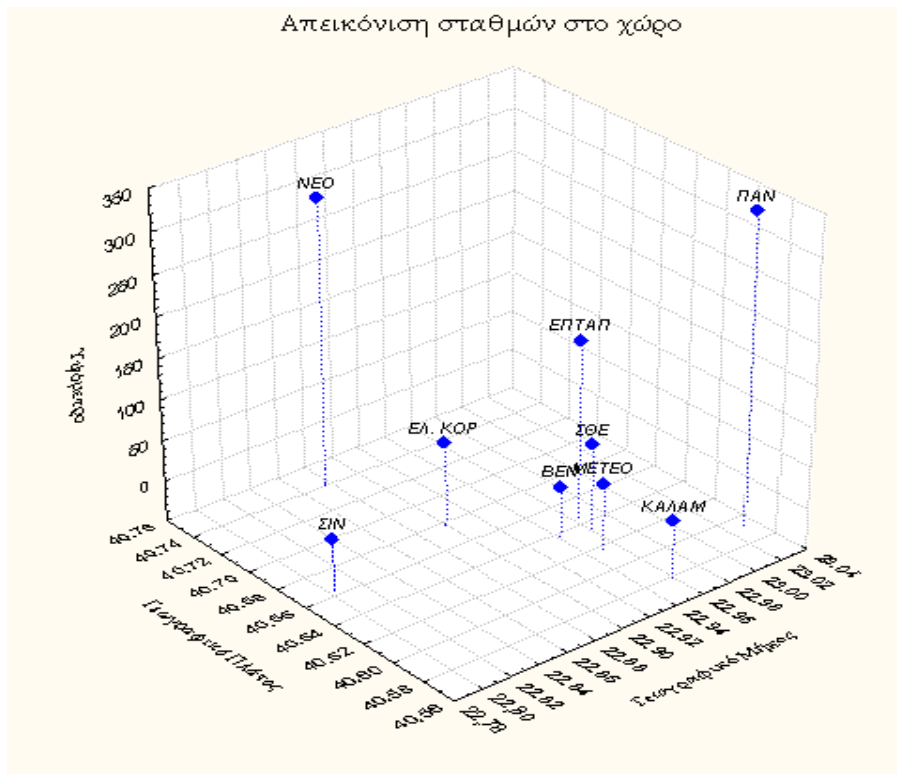
Πίνακας 2.1. Αναλυτική καταγραφή των δεδομένων και περιγραφή, σε συνδυασμό με φωτογραφίες, των περιοχών που είναι εγκατεστημένοι οι σταθμοί της μελέτης

ΣΤΑΘΜΟΙ	ΠΕΡΙΟΧΗ	ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ ΣΤΑΘΜΩΝ
Βενιζέλου (Ημερήσιες θερμοκρασίες- Tmean- για τα έτη 2001-2004)	Σε υψόμετρο 11.6 m από την επιφάνεια της θάλασσας. Στη συμβολή του κυριότερου από πολεοδομικής -κυκλοφοριακής άποψης οδικού άξονα της Θεσσαλονίκης (Εγνατία-Μοναστηρίου). Παρουσιάζει πολύ μεγάλο κυκλοφοριακό φόρτο.	
Μετεωροσκοπείο (Ωριαίες θερμοκρασίες- Tmean, Tmax, Tmin- για τα έτη 2001-2004)	Στα 31,9m, στο χώρο του Πανεπιστημίου. Δεν περιστοιχίζεται από κτήρια αν και στο κέντρο της πόλης. Γύρω του υπάρχουν κάποια δέντρα και γρασίδι ενώ τα υπόλοιπα κτήρια σε κάποια σχετική απόσταση από αυτόν. Γενικά θα μπορούσε να χαρακτηριστεί ως «ανοιχτός χώρος»	
Σχολή Θετικών Επιστημών (Ωριαίες θερμοκρασίες- Tmean, Tmax, Tmin- για τα έτη 2001-2004)	Κοντά με τον προηγούμενο σταθμό, σε μεγαλύτερο υψόμετρο (55m) στην οροφή της Φυσικομαθηματικής σχολής. Τριγύρω υπάρχουν κτήρια και δεν υπάρχει πράσινο. Και εδώ η κυκλοφορία αυτοκινήτων είναι αμελητέα μπροστά από το κτήριο	

Καλαμαριά (Ωριαίες θερμοκρασίες- T _{mean} , T _{max} , T _{min} - για τα έτη 2001-2004)	Στα 20m μέσα σε πάρκο- παιδική χαρά. Η περιοχή βρίσκεται στα ανατολικά από το κέντρο της πόλης όπου γενικά επικρατεί μικρότερη οικιστική ανάπτυξη και μερική βλάστηση. Όχι τόσο έντονο κυκλοφοριακό καθώς βρίσκεται σχετικά κοντά σε δρόμο μέσης κυκλοφορίας	
Ελ.Κορδελιό (Ωριαίες θερμοκρασίες- T _{mean} , T _{max} , T _{min} - για τα έτη 2001-2004)	Στα 52m. Βρίσκεται δυτικά από το κέντρο της πόλης και επηρεάζεται σε κάποιο βαθμό από τη βιομηχανική περιοχή. Ο μετεωρολογικός κλωβός είναι τοποθετημένος στο πίσω μέρος της αυλής ενός σχολείου. Γύρω από το κτήριο υπάρχουν χαμηλά σπίτια και στενά δρομάκια.	
Επταπύργιο (Ημερήσιες θερμοκρασίες- T _{mean} - για τα έτη 2001-2004)	Σε υψόμετρο 173,5m, στην κορυφογραμμή ενός λόφου. Μέσα σε πάρκο με γρασίδι χωρίς δέντρα. Σε μικρή απόσταση υπάρχουν διώροφα κτήρια ενώ μπροστά του εκτείνεται πλακόστρωτος δρόμος ιδιαίτερα χαμηλής κυκλοφορίας αυτοκινήτων.	
Σίνδος (Ωριαίες θερμοκρασίες- T _{mean} , T _{max} , T _{min} - για τα έτη 2001-2004)	Στα 14m στη βιομηχανική περιοχή της πόλης, στο Ανώτατο Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Θεσσαλονίκης (ΑΤΕΙΘ). Έντονη ρύπανση, βρίσκεται πολύ κοντά στον περιφερειακό δρόμο της πόλης. Δεν υπάρχουν αρκετά δέντρα ούτε κοντά στο σταθμό αλλά ούτε και στη γύρω περιοχή	

Νεοχωρούδα (Ωριαίες θερμοκρασίες- T_{mean}, T_{max}, T_{min}- για τα έτη 2001-2004)	Στα 300m. Βρίσκεται στα περίχωρα της πόλης, στους πρόποδες του βουνού του χωριού, στην αυλή του σχολείου. Από την πίσω πλευρά του εκτείνεται δασός ενώ περιφερειακά απαρτίζεται από δέντρα. Χαρακτηρίζεται από χαμηλή συχνότητα διέλευσης οχημάτων και από χαμηλά σπίτια.	
Πανόραμα (Ωριαίες θερμοκρασίες- T_{mean}, T_{max}, T_{min}- για τα έτη 2001-2004)	Ο υψηλότερος σταθμός (330m). Μακριά από το κέντρο της πόλης. Η περιοχή χαρακτηρίζεται από σπίτια διώροφα ενώ οι δρόμοι είναι μέσης κυκλοφορίας. Ο σταθμός είναι τοποθετημένος μέσα σε ένα γήπεδο και περιστοιχίζεται από δέντρα ενώ δεν υπάρχουν σπίτια τριγύρω	

Σε αυτό το σημείο θα πρέπει να επισημανθεί ότι στις χρονοσειρές ορισμένων σταθμών και ιδιαίτερα αυτών της Σίνδου και του Ελ. Κορδελιού, εντοπίζεται ασυνέχεια στο σύνολο των δεδομένων από τα μέσα Ιουλίου έως το τέλος του Δεκεμβρίου του 2004 και από το Σεπτέμβριο έως το Δεκέμβριο του ίδιου έτους, αντίστοιχα. Για το λόγο αυτό, οι δύο αυτοί σταθμοί, συμμετέχουν στη λήψη αποτελεσμάτων από διεργασίες που αφορούν ετήσια έρευνα (καθώς είναι διαθέσιμο το 60% των ημερών του έτους), ενώ αντιθέτως, σκοπίμως παραλείπονται, από τη διερεύνηση αποτελεσμάτων σε μηνιαία και εποχική βάση που αφορούν το έτος 2004. Στο παράρτημα (Πίνακας Π1) αναφέρονται αναλυτικά οι ημερομηνίες για τις οποίες δεν υπάρχουν καταγεγραμμένα δεδομένα.



Σχήμα 2.3. Τρισδιάστατη απεικόνιση των σταθμών της μελέτης συναρτήσει του ύψους και των γεωγραφικών συντεταγμένων

Στο παραπάνω σχήμα (σχήμα 2.3) διαφαίνεται η τρισδιάστατη απεικόνιση των σταθμών συναρτήσει του Ύψους, του Γεωγραφικού Μήκους και Γεωγραφικού Πλάτους. Όπως διακρίνεται οι σταθμοί δεν είναι τοποθετημένοι στο ίδιο ύψος με αποτέλεσμα, λόγω της έντονης επίδρασης του υψομέτρου στην τιμή της θερμοκρασίας, από την αρχή της επεξεργασίας των δεδομένων να γίνει αναγωγή όλων των σταθμών στο ίδιο επίπεδο, ώστε τα αποτελέσματα να είναι περισσότερο συγκρίσιμα. Για την αναγωγή έχει επιλεγεί να χρησιμοποιηθεί η τιμή της θερμοβαθμίδας $0.65^{\circ}\text{C}/100\text{m}$.

2.3. ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ArcGIS

Για την υλοποίηση του τμήματος της μελέτης όπου γίνεται χρήση χαρτών θερμοκρασίας χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό ArcGIS. Κατασκευάστηκαν, σε πρώτη φάση, δώδεκα χάρτες (ένας για κάθε μήνα), στους οποίους απεικονίζονται οι μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες που υπολογίζονται για κάθε σταθμό της μελέτης. Μέσω της μεθόδου του Αντίστροφου Σταθμισμένου Μέσου (*Inverse Distance Weighted-IDW*) υλοποιείται η χωρική μεταβολή της θερμοκρασίας, με σκοπό να παρουσιαστεί η

μεταβολή της στο χώρο και όχι μονάχα σημειακά.

Οι μέθοδοι παρεμβολής έχουν ως σκοπό να δημιουργήσουν δεδομένα σε περιοχές όπου δεν υπάρχουν. Στην ουσία, είναι μία προσπάθεια πρόβλεψης των δεδομένων για μία περιοχή, από γνωστά σημεία όπου υπάρχουν δεδομένα. Στηρίζονται σε σημειακές παρατηρήσεις των παραμέτρων ενδιαφέροντος, οι οποίες είναι η κύρια είσοδος δεδομένων στη διαδικασία της παρεμβολής, με την οποία δημιουργείται χωρική κατανομή των παραμέτρων σε όλη την περιοχή ενδιαφέροντος (Καφετζιδάκης, 2011)

Οι κυριότερες μέθοδοι παρεμβολής είναι (Σαπανίδης, 2010):

- IDW (Inverse Distance Weighted)
- Spline methods
- Kriging methods
- Natural Neighbor
- Trend

Στην εργασία αυτή χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος IDW, η οποία μαζί με τη Spline ανήκουν στην κατηγορία των ντετερμινιστικών μεθόδων παρεμβολής (deterministic interpolation methods), δηλαδή στις μεθόδους που υπολογίζουν άμεσα τις γειτονικές τιμές ή βασίζονται σε μαθηματικά μοντέλα στα οποία για συγκεκριμένη είσοδο παράγεται συγκεκριμένη έξοδος.

Η συγκεκριμένη μέθοδος βασίζεται στην υπόθεση ότι η επιφάνεια παρεμβολής επηρεάζεται περισσότερο από τα κοντινότερα σημεία και λιγότερο από τα πιο απομακρυσμένα. Η επιφάνεια παρεμβολής είναι σταθμισμένος μέσος όρος των σημείων καθώς το βάρος που αποδίδεται σε κάθε σημείο μειώνεται όσο η αυξάνει η απόσταση από το σημείο παρεμβολής.

Ο πιο απλός τρόπος για να βρεθεί μία τιμή παρεμβολής u σε ένα δεδομένο σημείο x , βασιζόμενη σε δείγματα $u_i = u(x_i)$ for $i = 0, 1, \dots, N$ χρησιμοποιώντας την IDW είναι μέσω της εξίσωσης παρεμβολής ή αλλιώς Shepard's Method:

$$u(\mathbf{x}) = \sum_{i=0}^N \frac{w_i(\mathbf{x})u_i}{\sum_{j=0}^N w_j(\mathbf{x})},$$

όπου

$$w_i(\mathbf{x}) = \frac{1}{d(\mathbf{x}, \mathbf{x}_i)^p}$$

Σύμφωνα με αυτήν την μέθοδο, το $\mathbf{x}$ υποδηλώνει ένα αυθαίρετο σημείο παρεμβολής, το $\mathbf{x}_i$ ένα δεδομένο σημείο παρεμβολής, d είναι η απόσταση από το γνωστό σημείο $\mathbf{x}_i$ στο άγνωστο $\mathbf{x}$, N είναι ο συνολικός αριθμός των γνωστών σημείων που χρησιμοποιούνται στη παρεμβολή και p είναι ένας θετικός πραγματικός αριθμός, που ονομάζεται παράμετρος εξουσίας. Εδώ η βαρύτητα μειώνεται καθώς αυξάνεται η απόσταση από τα παρεμβλλόμενα σημεία. Μεγαλύτερες τιμές του p προσδίδουν μεγαλύτερη επιρροή σε τιμές πιο κοντά στο σημείο παρεμβολής. Για $0 < p < 1$ το $u(\mathbf{x})$ έχει ομαλές κορυφές πάνω από τα σημεία $\mathbf{x}_i$, ενώ για $p > 1$ οι κορυφές γίνονται αιχμηρές. Η επιλογή της τιμής για το p είναι συνεπώς συνάρτηση με το βαθμό της επιθυμητής εξομάλυνσης στην παρεμβολή, την πυκνότητα και την κατανομή των σημείων, καθώς και η μέγιστη απόσταση πάνω από την οποία ένα μεμονωμένο σημείο μπορεί να επηρεάσει τα υπόλοιπα που το περιβάλλουν.

Ο κύριος παράγοντας που επηρεάζει την ακρίβεια της πρόβλεψης που επιτυγχάνεται με την παρεμβολή της IDW είναι η τιμή της δύναμης p καθώς τα βάρη μικραίνουν καθώς η απόσταση αυξάνεται, έτσι τα κοντινά γνωστά σημεία αποκτούν μεγαλύτερο βάρος και έχουν περισσότερη επιρροή στην πρόβλεψη. Η χωρική παρεμβολή χαρακτηρίζεται ως τοπική, δηλαδή τα άγνωστα σημεία επηρεάζονται από γνωστά που βρίσκονται σε μια μικρή περιοχή γύρω από αυτά και όχι από όλο το δείγμα των γνωστών σημείων. Αυτό έχει ως συνέπεια να λαμβάνεται μικρό εύρος τιμών που μπορεί να πάρει η παράμετρος για την οποία γίνεται η παρεμβολή. Η επιλογή της τιμής της δύναμης καθώς και της γειτνίασης των αγνώστων σημείων με τα γνωστά, είναι αυθαίρετη και δεν υπάρχει αντίστοιχη βιβλιογραφία που να εξειδικεύεται πάνω σε αυτό. Απλά ο χρήστης θα πρέπει να κάνει αρκετές δοκιμές με συνδυασμούς της τιμής της δύναμης και της περιοχής γειτνίασης ώστε να καταλήξει ποιος συνδυασμός καλύτερα προσεγγίζει την πραγματικότητα. Συνήθως χρησιμοποιείται η τιμή 2 για

δύναμη και τότε η μέθοδος ονομάζεται IDS (Inverse Distance Squared). Η ομαλότητα της επιφάνειας πρόβλεψης αυξάνεται όσο η τιμή της δύναμης αυξάνεται. Τέλος, η μέθοδος παρεμβολής IDW αναφέρεται στη βιβλιογραφία ως «κινούμενος μέσος όρος» (moving average) για τιμή της δύναμης ίση με 0, ως «γραμμική παρεμβολή» (linear interpolation) για τιμή ίση με 1 και ως «σταθμισμένος κινούμενος μέσος όρος» (weighted moving average) για τιμή ίση με 2 ή μεγαλύτερη (Σαπανίδης, 2010).

Η μέθοδος Shepard είναι συνέπεια της ελαχιστοποίησης ενός λειτουργικού που σχετίζεται με το μέτρο των αποκλίσεων μεταξύ μιας ακολουθίας σημείων παρεμβολής $\{x, u\}$ και μιας ακολουθίας σημείων παρεμβολής στα σημεία $\{x_i, u_i\}$, που ορίζεται ως:

$$\phi(\mathbf{x}, u) = \left(\sum_{i=0}^N \frac{(u - u_i)^2}{d(\mathbf{x}, \mathbf{x}_i)^p} \right)^{\frac{1}{p}},$$

προερχόμενη από τον ελαχιστοποιημένο όρο:

$$\frac{\partial \phi(\mathbf{x}, u)}{\partial u} = 0.$$

Η μέθοδος μπορεί εύκολα να επεκταθεί και σε σύστημα πολλών διαστάσεων και είναι στην πραγματικότητα μια γενίκευση της Lagrange προσέγγισης σε ένα πολυδιάστατο χώρο (Donald, 1968).

Για τη συγκεκριμένη μελέτη δεν απαιτείται κάποιο ελάχιστο πλήθος σημείων-σταθμών όπως ισχύει στις άλλες μεθόδους χωρικής παρεμβολής. Είναι όμως γεγονός ότι το ποσοστό λάθους περιορίζεται όσο αυξάνουν τα σημεία. Στην παρούσα μελέτη οι σταθμοί είναι μόλις εννιά ως προς τις μέσες θερμοκρασίες ενώ ως προς τις μέγιστες και τις ελάχιστες περιορίζονται στους επτά. Δεχόμενοι ότι η απεικόνιση θα επηρεαστεί ως ένα βαθμό από το πλήθος των σταθμών κατασκευάστηκαν χάρτες μονάχα για τις μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες, ενώ για τις άλλες δύο θερμοκρασιακές παραμέτρους κατασκευάστηκαν πίνακες στους οποίους καταγράφονται οι τιμές των μηνιαίων μέγιστων και ελάχιστων τιμών της θερμοκρασίας.

2.4. ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΔΥΟ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ

Στα πλαίσια της παρούσας μελέτης μελετάται επίσης η σχέση - συσχέτιση μεταξύ των σταθμών, μέσω της μεταβλητής του συντελεστή συσχέτισης (r). Δηλαδή εξετάζεται αν οι μεταβλητές-σταθμοί σχετίζονται με τέτοιο τρόπο ώστε αν μεταβληθεί η θερμοκρασία στον ένα σταθμό να μπορεί να προβλεφθεί η συμπεριφορά της θερμοκρασίας στον άλλο. Η απλούστερη μορφή συσχέτισης είναι η γραμμική και γίνεται με τον ακόλουθο τρόπο:

Συσχέτιση δύο μεταβλητών

Θεωρούμε δύο τυχαίες μεταβλητές X , Y και n ζεύγη παρατηρήσεων $(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_n, y_n)$ από *τυχαίο δείγμα* μεγέθους n . Η αναφορά, δηλαδή, γίνεται σε **μη πειραματικά** δεδομένα (ο ερευνητής δεν προκαθορίζει-ελέγχει τις τιμές καμιάς από τις δύο μεταβλητές). Ένας απλός τρόπος για να εξαχθεί μια πρώτη ιδέα για το αν και πώς δυο μεταβλητές συμμεταβάλλονται-συσχετίζονται, είναι με την κατασκευή του **διαγράμματος διασποράς (Scatter Diagram)**. Να αναπαρασταθούν δηλαδή τα ζεύγη των παρατηρήσεων σε ένα διάγραμμα. Στη συνέχεια πρέπει να υπολογισθεί πόσο ισχυρή είναι αυτή η συνδιακύμανση (Φαρμάκης, 2001).

Υπάρχουν τρία μέτρα συσχέτισης για να επιτευχθεί αυτό, ο συντελεστής γραμμικής συσχέτισης του Pearson, ο συντελεστής γραμμικής συσχέτισης του Spearman και ο δείκτης Kendall (Θεοδοσίου, 2010). Στην παρούσα εργασία χρησιμοποιήθηκε ο πρώτος συντελεστής, ο οποίος γενικά προτιμάται όταν η συσχέτιση αφορά ποσοτικές μεταβλητές (π.χ. τιμές θερμοκρασίας), που ακολουθούν κανονική κατανομή. Αντίστοιχα οι άλλοι δύο συντελεστές επιλέγονται όταν οι μεταβλητές είναι ποιοτικές ή κατηγορικές, δηλαδή μεταβλητές των οποίων οι τιμές δεν επιδέχονται ιεράρχηση.

Συντελεστής Γραμμικής Συσχέτισης του Pearson

Ο **δειγματικός συντελεστής γραμμικής συσχέτισης του Pearson** συμβολίζεται με r και ορίζεται από τον τύπο:

$$r = \frac{s_{xy}}{s_x \cdot s_y}$$

όπου,

$$s_{xy} = \text{Cov}(X, Y) = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}) \cdot (y_i - \bar{y})}{n-1} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i y_i - n \cdot \bar{x} \cdot \bar{y}}{n-1}$$

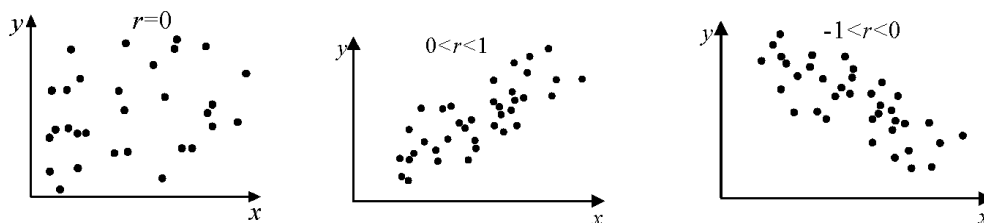
$$s_x = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad \text{και} \quad s_y = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}$$

Επομένως

$$r = \frac{s_{xy}}{s_x \cdot s_y} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}) \cdot (y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i y_i - n \cdot \bar{x} \cdot \bar{y}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n x_i^2 - n \cdot \bar{x}^2} \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^n y_i^2 - n \cdot \bar{y}^2}}$$

Θετικές τιμές του r δεν υποδηλώνουν, κατ' ανάγκην μεγαλύτερο βαθμό γραμμικής συσχέτισης από το βαθμό γραμμικής συσχέτισης που υποδηλώνουν αρνητικές τιμές του r . Ο βαθμός γραμμικής συσχέτισης καθορίζεται από την απόλυτη τιμή του και όχι από το πρόσημο του r . Το πρόσημο του καθορίζει το είδος, μόνο, της συσχέτισης (θετική ή αρνητική), δηλαδή αν η αύξηση της μιας μεταβλητής αντιστοιχεί σε αύξηση ή σε μείωση της άλλης. Επιπλέον δείχνει και την κλίση της ευθείας ελαχίστων τετραγώνων (Κολυβά-Μαχαίρα, 1999). Δηλαδή:

- 📊 Όταν $r > 0$ η ευθεία θα έχει θετική κλίση
- 📊 Όταν $r < 0$ η ευθεία θα έχει αρνητική κλίση
- 📊 Όταν $r = 0$ η ευθεία θα είναι παράλληλη με τον άξονα των X



2.5. ΑΚΡΑΙΟΙ ΔΕΙΚΤΕΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ

Όπως αναφέρθηκε και σε προηγούμενη παράγραφο εκτός από την ανάλυση των μεγίστων και ελαχίστων θερμοκρασιών, κρίθηκε σκόπιμο να μελετηθούν και οι ακραίες θερμοκρασιακές συνθήκες στην εξεταζόμενη περιοχή για την περίοδο 2001 με 2004. Σύμφωνα με τους Αναγνωστοπούλου et al (2004), οι οποίοι μελέτησαν τη

συχνότητα εμφάνισης ακραίων καταστάσεων θερμοκρασίας τα τελευταία χρόνια στην Ελλάδα διαπίστωσαν ότι κατά τη διάρκεια της χρονικής περιόδου 1958-2000 παρατηρείται αύξηση στην τάση εμφάνισης ακραίων μέγιστων θερμοκρασιών, τους καλοκαιρινούς μήνες, ενώ αντίθετα οι ακραίες ελάχιστες θερμοκρασίες παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική πτωτική τάση.

Για την επίτευξη του σκοπού αυτού χρησιμοποιήθηκαν οι ημερήσιες χρονοσειρές μέγιστης και ελάχιστης θερμοκρασίας, στους σταθμούς που είχαν διαθέσιμα δεδομένα, και υπολογίστηκαν οι ακόλουθοι ακραίοι δείκτες θερμοκρασίας:

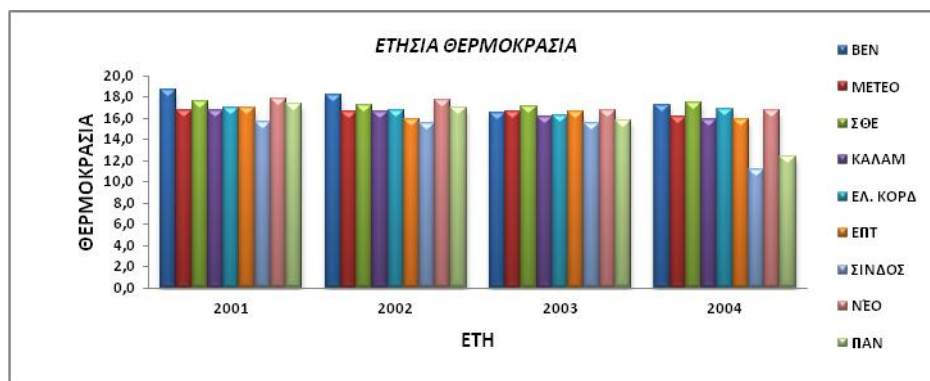
- **Txq90.** Ορίζει την τιμή της ημερήσιας μέγιστης θερμοκρασίας που είναι μεγαλύτερη ή ίση από το 90^ο εκατοστημόριο των μέγιστων ημερήσιων θερμοκρασιών της εξεταζόμενης περιόδου
- **Tnq10.** Ορίζει την τιμή της ημερήσιας ελάχιστης θερμοκρασίας που είναι μικρότερη ή ίση από το 10^ο εκατοστημόριο των ελάχιστων ημερήσιων θερμοκρασιών της εξεταζόμενης περιόδου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΤΗΣ ΕΞΕΤΑΖΟΜΕΝΗΣ ΠΕΡΙΟΔΟΥ 2001- 2004

Στο παρόν κεφάλαιο της εργασίας εξετάζεται η συμπεριφορά της θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια της περιόδου μελέτης σε όλους τους σταθμούς. Αρχικά υπολογίζεται και συγκρίνεται η ετήσια θερμοκρασία του κάθε σταθμού, κατά τη διάρκεια της εξεταζόμενης περιόδου (σχήμα 3.1). Στη συνέχεια παρόμοια ανάλυση γίνεται για δύο περιόδους, τη χειμερινή (Σεπτέμβριος-Φεβρουάριος) και τη θερινή (Μάρτιος-Αύγουστος). Ακολουθεί εποχιακή, μηνιαία καθώς και ημερήσια ανάλυση των θερμοκρασιών για τους σταθμούς μελέτης.

3.1. ΠΟΡΕΙΑ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΑΠΟ ΤΟ 2001 ΕΩΣ 2004

3.1.1. ΕΤΗΣΙΑ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΤΟΥ ΑΕΡΑ



Σχήμα 3.1. Απεικόνιση της ετήσιας θερμοκρασίας κάθε σταθμού κατά τη διάρκεια της εξεταζόμενης περιόδου

Για την κατασκευή του σχήματος 3.1 χρησιμοποιήθηκαν ημερήσια δεδομένα θερμοκρασίας, τα οποία υπολογίστηκαν, για τους περισσότερους σταθμούς, από τις αντίστοιχες ωριαίες τιμές θερμοκρασίας. Επιπλέον παρατίθεται και ο πίνακας 3.1, στον οποίο αναγράφονται οι τιμές της θερμοκρασίας του κάθε σταθμού ανά έτος.

Από τη μελέτη του παραπάνω σχήματος διακρίνεται ότι για όλους τους σταθμούς ως θερμότερο έτος εμφανίζεται το 2001 ενώ ως προς το ψυχρότερο δεν υπάρχει η ίδια

ταύτιση καθώς για τους σταθμούς της Βενιζέλου, της ΣΘΕ και του Ελ. Κορδελιού το ψυχρότερο έτος είναι το 2003, για τους σταθμούς του Μετεωροσκοπείου, της Καλαμαριάς, της Σίνδου, της Νεοχωρούδας και του Πανοράματος το 2004 ενώ τέλος για το σταθμό του Επταπυργίου το 2002 και το 2004 προκύπτει η ίδια χαμηλότερη ετήσια θερμοκρασία.

Μελετώντας κάθε έτος ξεχωριστά προκύπτει ότι ο σταθμός που εμφανίζεται ως ο θερμότερος κατά τη διάρκεια του 2001 και 2002 είναι αυτός της Βενιζέλου (18.7 °C και 18.2 °C αντίστοιχα) ενώ ο ψυχρότερος για τα ίδια έτη είναι ο σταθμός της Σίνδου (15.6 °C και για τα δύο έτη). Τα εναπομείναντα δύο έτη ως προς τον ψυχρότερο σταθμό η εικόνα παραμένει ίδια με τον σταθμό της Σίνδου να παρουσιάζει ετήσιες τιμές θερμοκρασίας 15.5 °C το 2003 και 11.2 °C το 2004 ενώ ως θερμότερος εμφανίζεται ο σταθμός της ΣΘΕ με θερμοκρασίες 17.1 °C και 17.5 °C αντίστοιχα.

Πίνακας 3.1. Ετήσιες θερμοκρασίες για κάθε σταθμό κατά τη διάρκεια της εξεταζόμενης περιόδου

<i>Σταθμοί</i>	<i>2001</i>	<i>2002</i>	<i>2003</i>	<i>2004</i>
<i>BEN</i>	18,7	18,2	16,5	17,2
<i>METEO</i>	16,8	16,6	16,6	16,2
<i>ΣΘΕ</i>	17,7	17,3	17,1	17,5
<i>ΚΑΛΑΜ</i>	16,7	16,6	16,2	15,9
<i>ΕΛ.ΚΟΡΔ</i>	17,0	16,8	16,3	16,9
<i>ΕΠΤ</i>	17,0	15,9	16,6	15,9
<i>ΣΙΝΔΟΣ</i>	15,6	15,6	15,5	11,2
<i>ΝΕΟ</i>	17,9	17,7	16,8	16,7
<i>ΠΑΝ</i>	17,3	17,0	15,7	12,4

Στη συνέχεια εξετάζονται οι αντίστοιχες ετήσιες θερμοκρασίες που προκύπτουν από τις χρονοσειρές των μέγιστων και των ελάχιστων θερμοκρασιών με σκοπό να διερευνηθεί αν ακολουθούν παρόμοια συμπεριφορά. Από τη μελέτη του πίνακα 3.1 προκύπτει ότι η μεγαλύτερη διαφορά θερμοκρασίας ($\Delta T_{\text{ετών}}$) μεταξύ των ετών εντοπίζεται στο σταθμό του Πανοράματος και για τις δύο παραμέτρους. Από την άλλη μεριά ως προς τη μικρότερη ($\Delta T_{\text{ετών}}$) δεν υπάρχει η ίδια ταύτιση, καθώς στις μέγιστες θερμοκρασίες εντοπίζεται στη ΣΘΕ και στις ελάχιστες στο Ελ. Κορδελιό.

Πίνακας 3.2. Καταγραφή των τιμών της (α)μέγιστης ετήσιας θερμοκρασίας και (β)ελάχιστης ετήσιας θερμοκρασία , για κάθε σταθμό κατά τη διάρκεια της εξεταζόμενης περιόδου

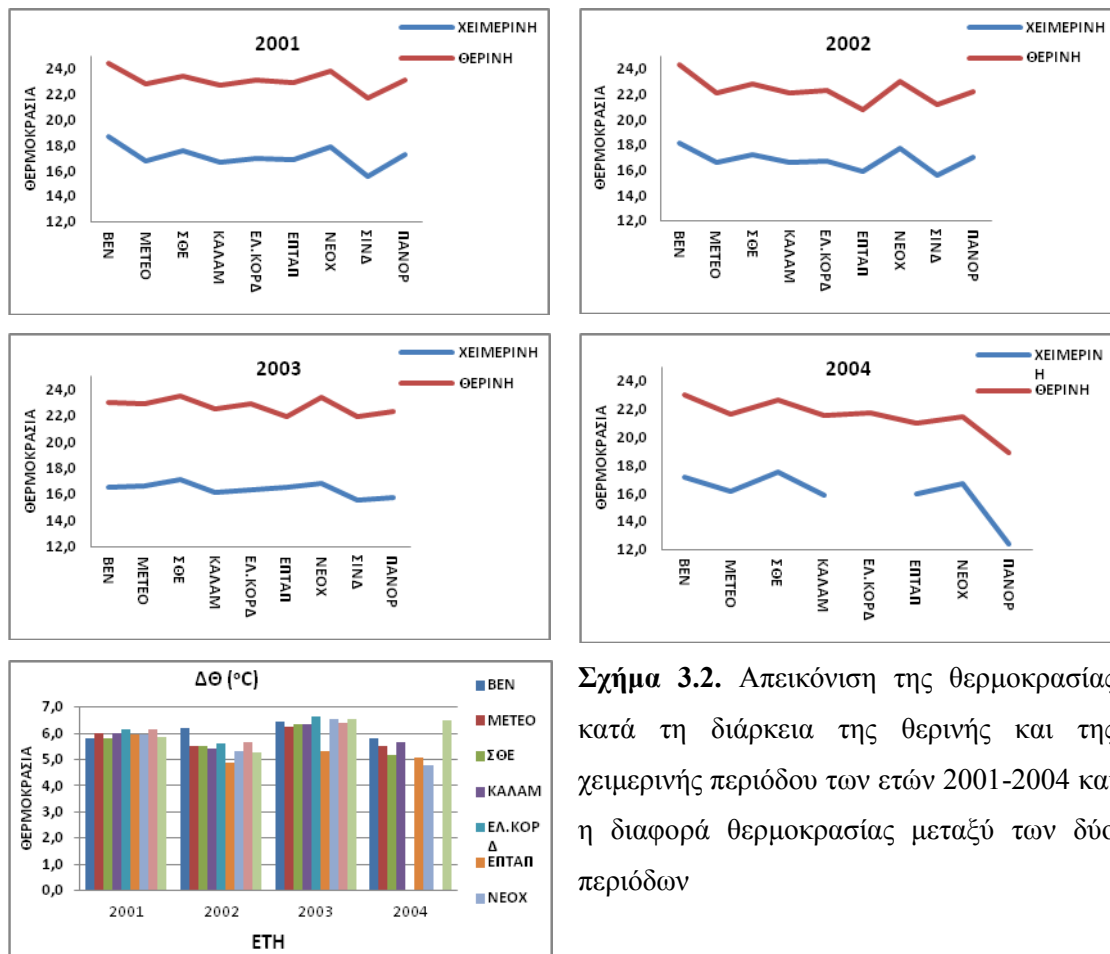
(α)	2001	2002	2003	2004	(β)	2001	2002	2003	2004
ΜΕΤΕΟ	21.4	20.9	21.1	20.5	ΜΕΤΕΟ	12.8	12.9	12.7	12.3
ΣΘΕ	21.2	20.6	20.5	21.1	ΣΘΕ	14.0	13.8	13.6	13.8
ΚΑΛΑΜ	20.3	20.0	19.6	19.3	ΚΑΛΑΜ	12.9	13.2	12.8	12.6
ΕΛ.ΚΟΡΔ	20.8	20.5	20.0	20.7	ΕΛ.ΚΟΡΔ	13.0	12.8	12.5	12.9
ΣΙΝΔΟΣ	20.2	20.1	20.0	15.5	ΣΙΝΔΟΣ	10.5	10.8	10.8	6.7
ΝΕΟ	21.9	21.4	20.7	20.7	Ν Ο	14.6	14.6	13.7	13.5
ΠΑΝ	21.0	20.3	19.1	15.8	ΠΑΝ	13.4	13.9	12.5	9.3

Περαιτέρω παρατηρείται ότι κατά τη διάρκεια του 2001 εμφανίζονται οι υψηλότερες μέγιστες θερμοκρασίες για όλους τους σταθμούς, ενώ ως προς τις ελάχιστες οι υψηλότερες για τους σταθμούς του Μετεωροσκοπείου, της Καλαμαριάς και του Πανοράματος σημειώνονται το 2002, στη ΣΘΕ και στο Ελ. Κορδελιό το 2001 ενώ στη Σίνδο το 2002 και το 2003 και τέλος στη Νεοχωρούδα το 2001 και το 2002. Ως προς την εμφάνιση των χαμηλότερων τιμών, τόσο των μέγιστων όσο και των ελάχιστων θερμοκρασιών, εξάγονται ακριβώς τα ίδια συμπεράσματα που προέκυψαν από την μελέτη των μέσων ετήσιων θερμοκρασιών.

3.1.2. ΧΕΙΜΕΡΙΝΗ ΚΑΙ ΘΕΡΙΝΗ ΠΕΡΙΟΔΟΣ

Από τη μελέτη του σχήματος 3.2 διακρίνεται σε γενικές γραμμές για όλους τους σταθμούς και σε όλα τα έτη, οι δύο καμπύλες παρουσιάζουν παρόμοια κύμανση, με μόνη εξαίρεση το σταθμό της Νεοχωρούδας για το έτος 2003. Επιγραμματικά αναφέρονται ότι για τα έτη 2001, 2002 οι υψηλότερες τιμές και των δύο περιόδων υπολογίζονται για το σταθμό της Βενιζέλου, ομοίως και για τη θερινή περίοδο του 2004. Αντίθετα για τη χειμερινή περίοδο του 2004 και για τις δύο περιόδους του 2003 οι μεγαλύτερες θερμοκρασίες εντοπίζονται στο σταθμό της Σχολής Θετικών Επιστημών. Ο σταθμός της Σίνδου παρουσιάζει τις χαμηλότερες θερμοκρασίες και για τις δύο περιόδους για τα έτη 2001 και 2003 καθώς και για τη χειμερινή του 2002. Κατά τη διάρκεια της θερινής περιόδου του 2002 στο Επταπύργιο καταγράφονται οι χαμηλότερες θερμοκρασίες. Τέλος το 2004 ο σταθμός του Πανοράματος αποτελεί τον ψυχρότερο σταθμό τόσο κατά την χειμερινή όσο και τη θερινή περίοδο, όμως πρέπει σε αυτό το σημείο να αναφερθεί ότι για το συγκεκριμένο έτος δεν επαρκούσαν τα

δεδομένα για το σταθμό της Σίνδου και του Ελ Κορδελιού.



Σχήμα 3.2. Απεικόνιση της θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια της θερινής και της χειμερινής περιόδου των ετών 2001-2004 και η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ των δύο περιόδων

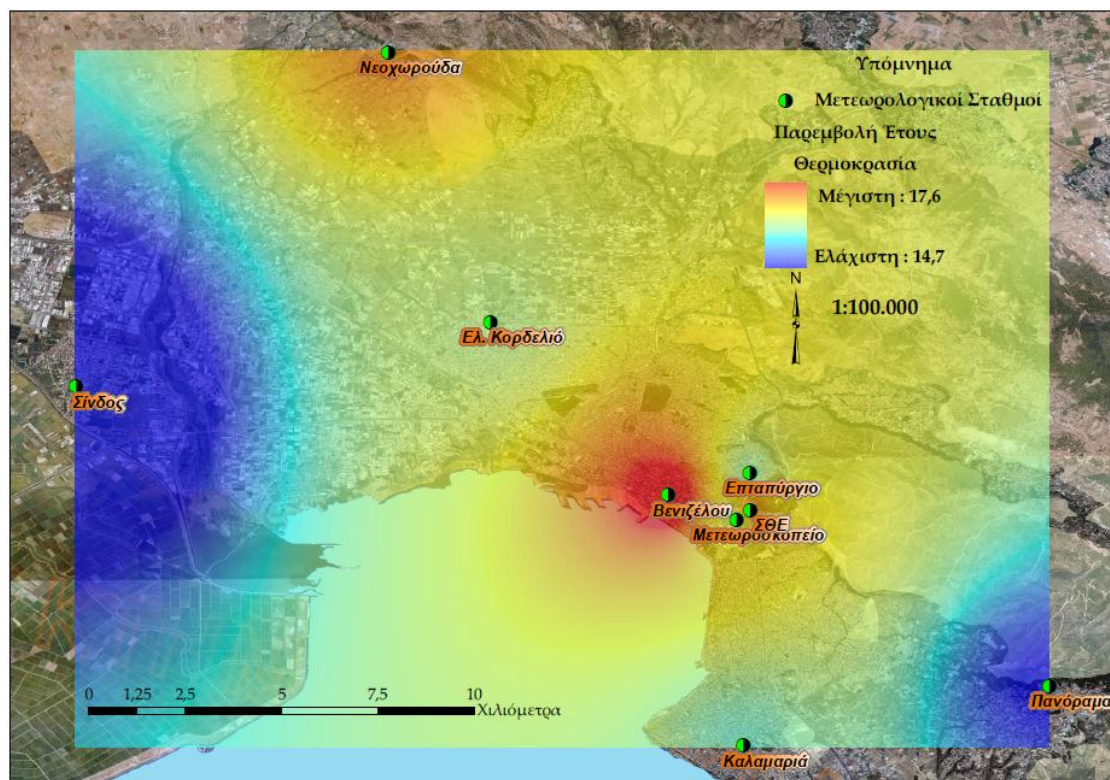
Επιπλέον παρατίθεται το διάγραμμα στο οποίο απεικονίζεται η διαφορά θερμοκρασίας, $\Delta\Theta$ (°C), μεταξύ των δύο περιόδων. Από την μελέτη του διακρίνεται ότι για το 2001 το $\Delta\Theta$ κυμαίνεται στις ίδιες τιμές για όλους τους σταθμούς (5.8-6.2 °C), με εντονότερη τη διαφορά στο Ελ. Κορδελιό και λιγότερο έντονη στο σταθμό της Βενιζέλου. Το 2002 ενώ σε όλους τους σταθμούς η διαφορά αυτή μειώνεται, με χαμηλότερη τιμή τους 4.9 °C στο Επταπύργιο, μονάχα στο σταθμό της Βενιζέλου αυξάνεται (6.2 °C). Κατά τη διάρκεια του 2003 για όλους τους σταθμούς η διαφορά παρουσιάζεται αμβλυμένη, ενώ το 2004 μειώνεται και πάλι με εξαίρεση το σταθμό του Πανοράματος όπου το $\Delta\Theta$ φθάνει τους 6.5 °C.

3.2. ΠΟΡΕΙΑ ΤΩΝ ΜΕΣΟΠΟΙΗΜΕΝΩΝ ΤΙΜΩΝ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΤΩΝ ΕΤΩΝ 2001-2004

3.2.1. ΜΕΣΗ ΕΤΗΣΙΑ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΤΟΥ ΑΕΡΑ

Για την πιο λεπτομερή μελέτη της χωρικής κατανομής της θερμοκρασίας του αέρα σε ετήσια βάση, αρχικά κατασκευάστηκε ένας χάρτης (σχήμα 3.3), στον οποίο απεικονίζονται οι μέσες ετήσιες θερμοκρασίες, για την περίοδο μελέτης.

Από το συγκεκριμένο χάρτη προκύπτει ότι συνολικά κατά τη διάρκεια της περιόδου μελέτης η μέγιστη διαφορά θερμοκρασίας που επικρατεί μεταξύ των σταθμών είναι της τάξης των 3.0 °C. Παρατηρείται πως στα δυτικά της πόλης (βλ. Σίνδος) εμφανίζονται οι χαμηλότερες θερμοκρασίες (14.7 °C) ενώ προχωρώντας ανατολικά, πλησιάζοντας προς το κέντρο, υπάρχει άνοδος της θερμοκρασίας, με τη μέγιστη τιμή να εμφανίζεται στον κεντρικότερο σταθμό της μελέτης, τη Βενιζέλου (17.6 °C).



Σχήμα 3.3. Απεικόνιση της θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια ολόκληρου του έτους

Χαρακτηριστική είναι η ιδιαίτερα αυξημένη θερμοκρασία που παρατηρείται στο σταθμό της Νεοχωρούδας (17.0 °C), που είναι τοποθετημένος αρκετά βορειότερα. Υπολογίστηκε πως ο συγκεκριμένος σταθμός είναι θερμότερος από τους υπόλοιπους

κεντρικούς σταθμούς (ΣΘΕ, Μετεωροσκοπείο, Επταπύργιο), όπου η μέση ετήσια θερμοκρασία τους κυμαίνεται μεταξύ των 16.3 °C και 16.5 °C. Τέλος, περίπου κατά ένα βαθμό ψυχρότερος είναι ο σταθμός του Πανοράματος. Προκύπτει επομένως ότι όσο πιο απομακρυσμένος είναι ο σταθμός από το κέντρο της πόλης αλλά και όσο μικρότερη οικιστική ανάπτυξη και κυκλοφοριακό φόρτο έχει η περιοχή, ακόμα και αν βρίσκεται σε κεντρικό σημείο όπως το Επταπύργιο, η θερμοκρασία είναι χαμηλότερη.

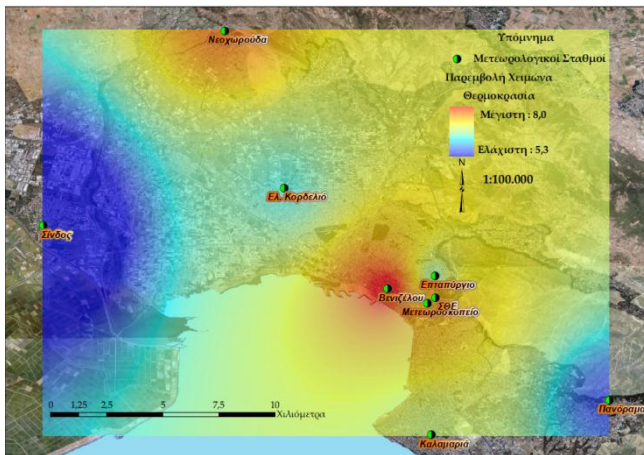
3.2.2. ΕΠΟΧΙΑΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ

Ακολουθεί η εποχιακή μελέτη της πορείας της θερμοκρασίας. Και εδώ αρχικά παρατίθενται τέσσερις χάρτες, ένας για κάθε εποχή, οι οποίοι κατασκευάστηκαν από τη μέση τιμή, των τεσσάρων ετών, της μέσης θερμοκρασίας του κάθε σταθμού.

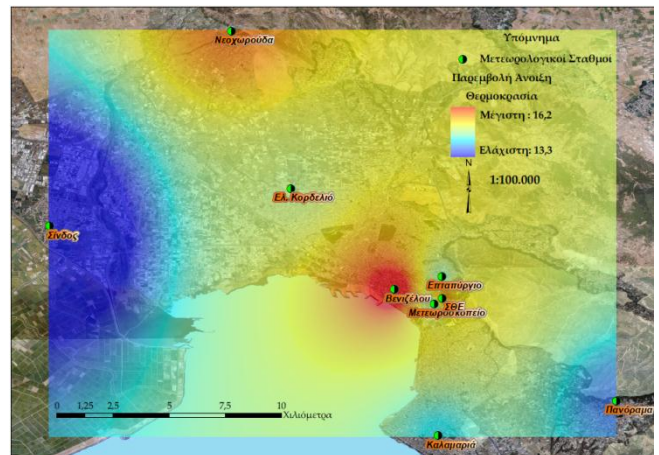
Μελετώντας και τους τέσσερις χάρτες θερμοκρασίας μαζί (σχήμα 3.4 α-δ) διακρίνεται πως η χωρική κατανομή της θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια όλων των εποχών σχεδόν παραμένει η ίδια. Ο κεντρικότερος σταθμός της μελέτης, η Βενιζέλου, είναι πάντα ο θερμότερος με σχετικά σημαντική διαφορά από τους υπόλοιπους ενώ ακολουθεί, ανάλογα με την εποχή, είτε ο σταθμός της Νεοχωρούδας είτε της ΣΘΕ. Αξιοσημείωτο είναι πως στο σταθμό του Μετεωροσκοπείου, που απέχει μικρή απόσταση από της ΣΘΕ, παρουσιάζονται πιο χαμηλές θερμοκρασίες με αποτέλεσμα να κυμαίνονται πιο κοντά στις αντίστοιχες της Καλαμαριάς, του Ελ. Κορδελιού και του Επταπυργίου. Αυτό που διακρίνεται έντονα είναι οι χαμηλές θερμοκρασίες που επικρατούν στο σταθμό του Πανοράματος και στις Σίνδου. Συγκεκριμένα η διαφορά θερμοκρασίας που παρατηρείται μεταξύ της Σίνδου και των υπολοίπων σταθμών, είναι μεγαλύτερη σε σχέση με την αντίστοιχη που προκύπτει μεταξύ της Βενιζέλου και των υπολοίπων σταθμών.

Γίνεται φανερό επίσης (σχήμα 3.4α) ότι η εποχή που παρατηρούνται οι μικρότερες διαφοροποιήσεις μεταξύ των σταθμών είναι αυτή του χειμώνα, με το σταθμό της Βενιζέλου να είναι κατά 2.7 °C θερμότερος από αυτήν της Σίνδου (υπολογίζεται η θερμοκρασία στους 8.0 και 5.3 °C αντίστοιχα). Στους υπόλοιπους σταθμούς όμως οι διαφορές δεν είναι τόσο έντονες. Στη ΣΘΕ και τη Νεοχωρούδα η θερμοκρασία παίρνει την τιμή 7.6 °C, η οποία είναι κατά 0.2 °C υψηλότερη από την αντίστοιχη του Μετεωροσκοπείου. Στο σταθμό της Καλαμαριάς η θερμοκρασία φτάνει τους 7.1 °C ενώ στο Ελ. Κορδελιό και στο Επταπύργιο η τιμή της χειμερινής θερμοκρασίας είναι

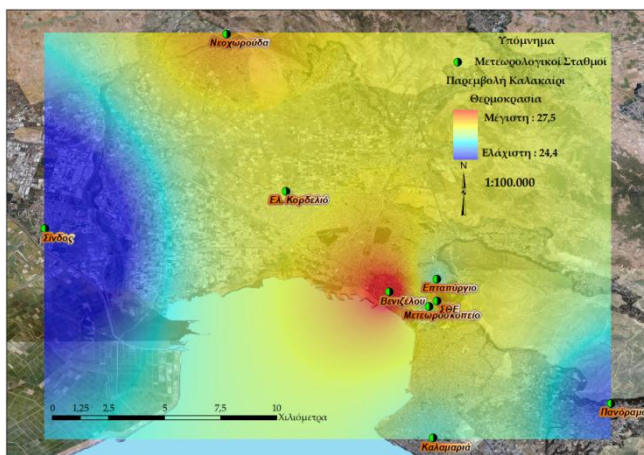
6.8 °C. Τέλος η θερμοκρασία στο σταθμό της Σίνδου είναι κατά 1.0 °C ψυχρότερη του Πανοράματος (6.3 °C). Όπως προκύπτει η διαφορά μεταξύ της Βενιζέλου (θερμότερος σταθμός) και των υπολοίπων σταθμών κυμαίνεται από 0.4 έως 1.7 °C ενώ της Σίνδου (ψυχρότερος σταθμός) από 1.0 έως 2.3 °C.



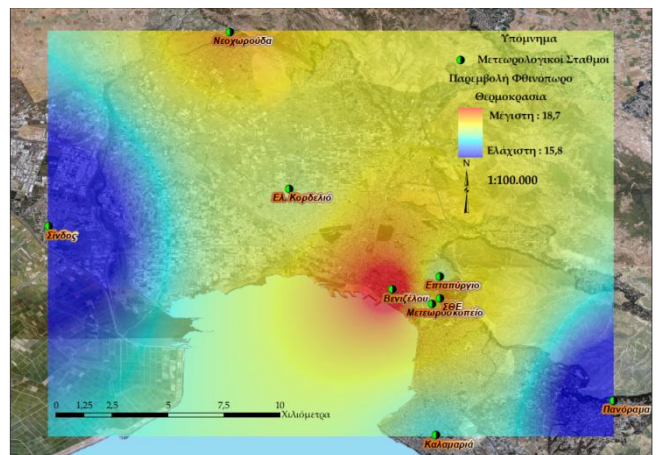
α



β



γ



δ

Σχήμα 3.4. Χωρική κατανομή των εποχιακών θερμοκρασιών (α) χειμώνας, (β) άνοιξη, (γ) καλοκαίρι και (δ) φθινόπωρο για την περίοδο 2001-2004.

Κατά την εποχή της άνοιξης (σχήμα 3.4β) φαίνεται ότι ο σταθμός της Βενιζέλου (16.2 °C) είναι κατά 1.2 °C θερμότερος από αυτόν του Μετεωροσκοπείου. Η θερμοκρασία στη ΣΘΕ και τη Νεοχωρούδα φθάνει τους 15.6 °C ενώ στην Καλαμαριά, στο Επταπύργιο και στο Ελ. Κορδελλίο η θερμοκρασία κυμαίνεται από 14.7 έως 15.1 °C. Η Σίνδος εξακολουθεί να παραμένει ο ψυχρότερος σταθμός έχοντας 1.2 °C διαφορά από το σταθμό του Πανοράματος (13.3 και 14.5 °C αντίστοιχα). Να αναφερθεί ότι η

διαφορά θερμοκρασίας του θερμότερου και του ψυχρότερου σταθμού φθάνει τους 2.9 °C.

Κατά τη διάρκεια των καλοκαιρινών μηνών (σχήμα 3.4γ), όπου παρατηρείται έντονη αύξηση της θερμοκρασίας στους περισσότερους σταθμούς, η Σίνδος διατηρεί σχετικά χαμηλές τιμές με αποτέλεσμα να είναι η εποχή που παρουσιάζονται οι μεγαλύτερες διαφορές μεταξύ του θερμότερου και του ψυχρότερου σταθμού (3.1 °C). Πιο αναλυτικά, η θερινή θερμοκρασία στο σταθμό της Βενιζέλου υπολογίζεται στους 27.5 °C και ακολουθεί η ΣΘΕ και η Νεοχωρούδα με 27.0 και 26.8 °C αντίστοιχα. Στο Μετεωροσκοπείο, στο Επταπύργιο, στο Ελ. Κορδελιό και στην Καλαμαριά οι θερινές θερμοκρασίες κυμαίνονται από 26.1 έως 26.5 °C, έχοντας έτσι μία διαφορά της τάξης του 1.0 με 1.4°C από τη Βενιζέλου. Τέλος οι μέσες θερινές θερμοκρασίες στο σταθμό της Σίνδου φτάνουν τους 24.4 °C ενώ στο Πανόραμα τους 25.6 °C.

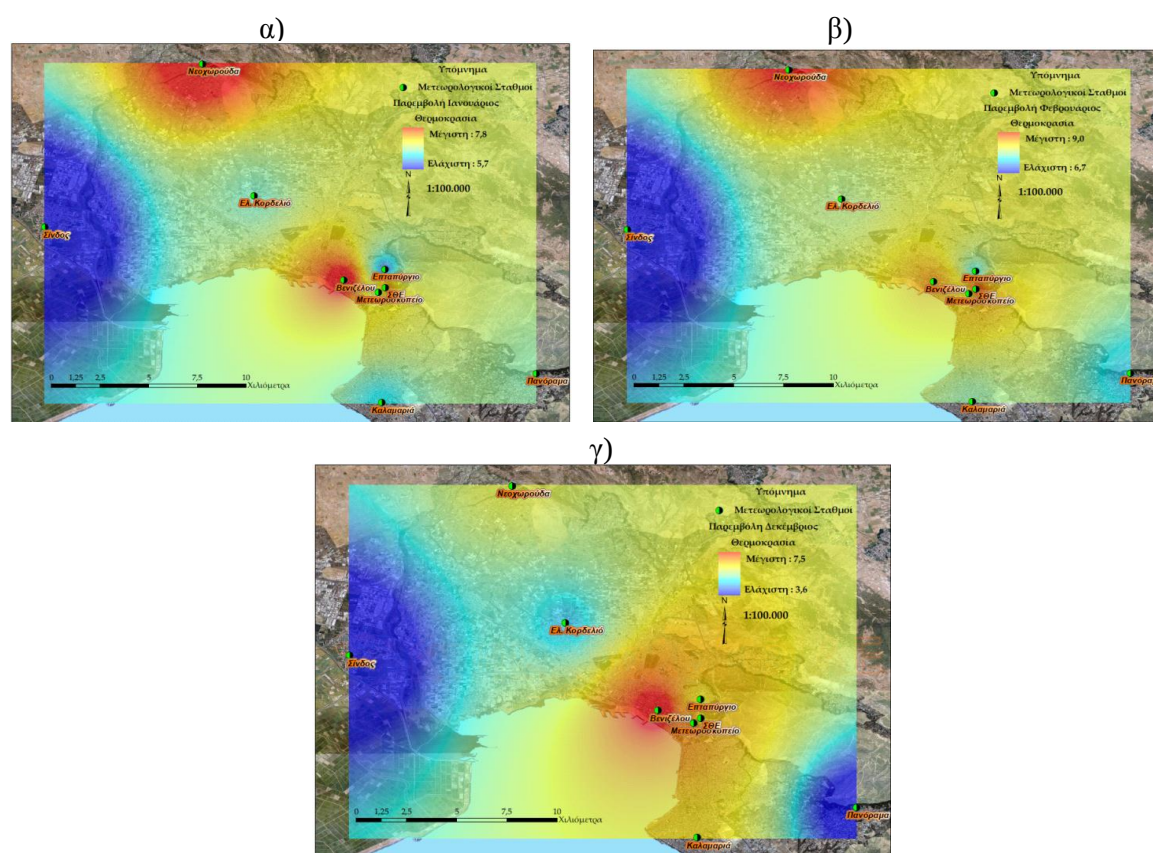
Στο σχήμα 3.4δ φαίνεται η χωρική κατανομή των μέσων θερμοκρασιών για την περίοδο του φθινοπώρου. Οι χαμηλότερες τιμές εμφανίζονται στο σταθμό του Πανοράματος και της Σίνδου (15.8 °C), έχοντας 2.9 °C διαφορά από το σταθμό της Βενιζέλου (18.7 °C), που αποτελεί τον θερμότερο σταθμό. Ακολουθεί ο σταθμός της ΣΘΕ, με θερμοκρασία που φθάνει τους 18.0 °C και της Νεοχωρούδας με 17.9 °C. Στους υπόλοιπους σταθμούς οι θερμοκρασίες κυμαίνονται μεταξύ των 17.1 και των 17.5 °C. Και εδώ η διαφορά του θερμότερου και του ψυχρότερου σταθμού με τους υπόλοιπους είναι μεγαλύτερη στη δεύτερη περίπτωση (0.5-1.5 °C και 1.3-2.2 °C αντίστοιχα).

3.2.3. ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΣΕ ΜΗΝΙΑΙΑ ΒΑΣΗ

Στο επόμενο κομμάτι της μελέτης, εξετάζεται η συμπεριφορά της θερμοκρασίας για κάθε μήνα ξεχωριστά. Στα σχήματα 3.5 και 3.6 απεικονίζονται οι μηνιαίες μέγιστες και ελάχιστες θερμοκρασίες της περιόδου μελέτης (2001 με 2004). Με κόκκινο χρώμα διακρίνεται η χρονοσειρά των μέγιστων και με μπλε των ελάχιστων θερμοκρασιών, ενώ στους χάρτες των σχημάτων 3.7-3.10 παρουσιάζεται η χωρική κατανομή των μέσων μηνιαίων θερμοκρασιών στην περιοχή μελέτης.

Μελετώντας τους χειμερινούς μήνες (σχήμα 3.5 α-γ) γίνεται φανερό ότι το Δεκέμβριο σημειώνονται οι χαμηλότερες θερμοκρασίες σε όλους τους σταθμούς, με μέση τιμή

θερμοκρασίας τους 5.8°C ενώ η αντίστοιχη τιμή τον Ιανουάριο είναι 7.0°C και το Φεβρουάριο 8.2°C .



Σχήμα 3.5. Χωρική κατανομή των μέσων μηνιαίων θερμοκρασιών για τους χειμερινούς μήνες (Ιανουάριο(α), Φεβρουάριο (β), Δεκέμβριο (γ)).

Πιο αναλυτικά τον Ιανουάριο (σχήμα 3.5 α), η μέση θερμοκρασία στους σταθμούς της Βενιζέλου και της Νεοχωρούδας ανέρχεται στους 7.8°C ενώ ακολουθεί με 0.4°C διαφορά η ΣΘΕ. Τον ίδιο μήνα, το Μετεωροσκοπείο, η Καλαμαριά, το Ελ. Κορδελιό, το Επταπύργιο και το Πανόραμα, κυμαίνονται μεταξύ των $6.5-7.0^{\circ}\text{C}$ (το Επταπύργιο και η Καλαμαριά ψυχρότεροι του Πανοράματος), ενώ μόνο στο σταθμό της Σίνδου, η θερμοκρασία είναι αρκετά πιο χαμηλή, φθάνοντας τους 5.7°C

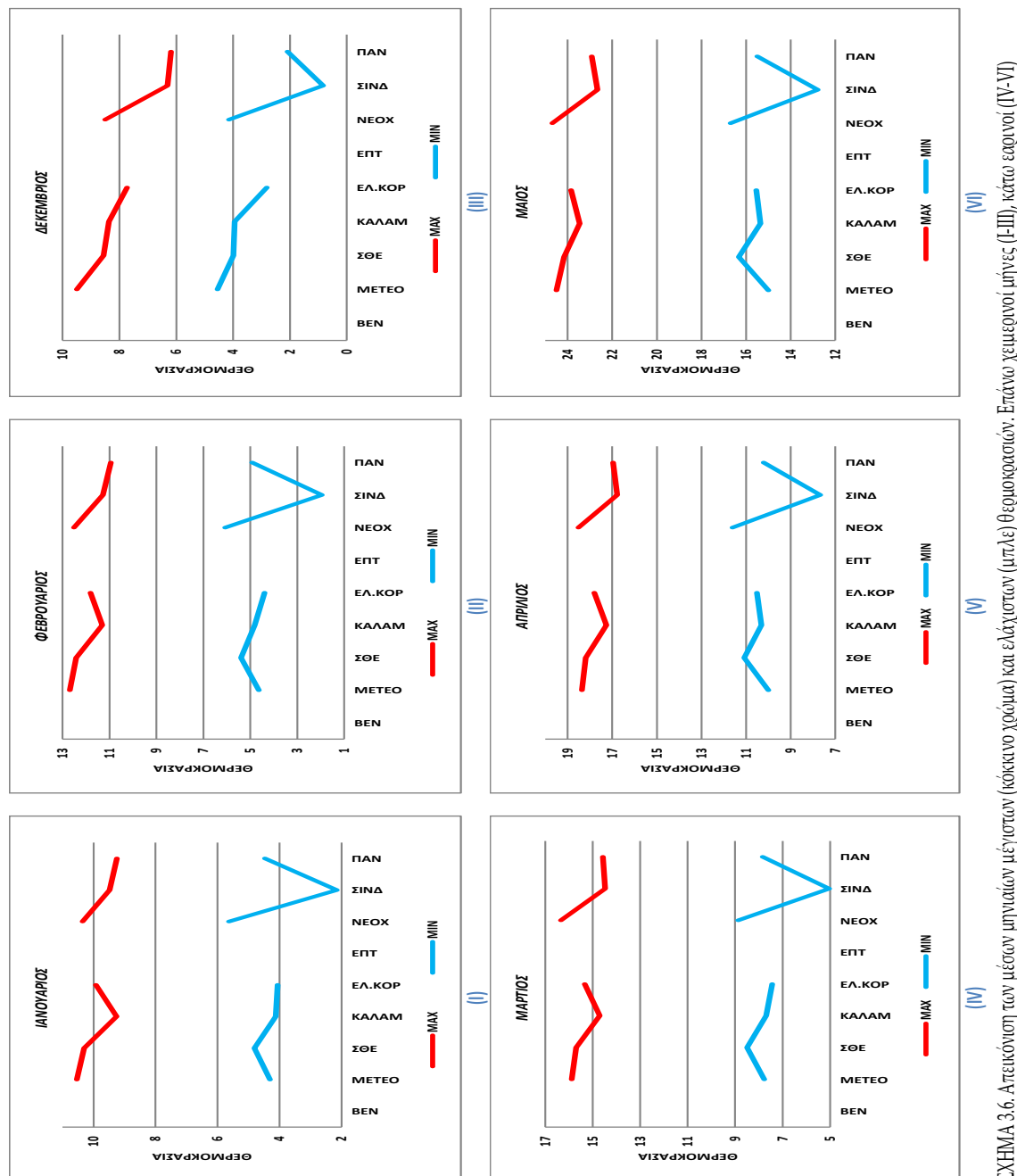
Όσον αφορά στο Φεβρουάριο (σχήμα 3.5β), στο κέντρο της πόλης εξακολουθούν να συγκεντρώνονται υψηλές τιμές, ωστόσο το μέγιστο των θερμοκρασιών, δεν εμφανίζεται σε αστικό, αλλά σε περιαστικό σταθμό, και συγκεκριμένα στην Νεοχωρούδας (9.0°C). Ακολουθούν οι σταθμοί της ΣΘΕ και της Βενιζέλου με 8.9°C και 8.6°C αντίστοιχα. Η θερμοκρασία στο Ελ. Κορδελιό, στο Επταπύργιο, στην

Καλαμαριά και στο Πανόραμα είναι της τάξης των 8.0 °C ενώ στο Μετεωροσκοπείο φτάνει τους 8.4 °C. Θα πρέπει να τονιστεί, ότι ενώ όλοι οι σταθμοί εμφανίζουν παραπλήσιες θερμοκρασίες, δεδομένου ότι η μέγιστη διαφορά εντοπίζεται μεταξύ του Πανοράματος και της Νεοχωρούδας και η οποία φθάνει τους 1.1 °C, η Σίνδος διαφοροποιείται από τους άλλους σταθμούς αφού παρουσιάζει χαμηλότερη θερμοκρασία που ισοδυναμεί με 6.7 °C.

Ολοκληρώνοντας τον χειμώνα με το μήνα Δεκέμβριο, η εικόνα αλλάζει καθώς ο σταθμός της Βενιζέλου καταγράφει μεγαλύτερη διαφορά θερμοκρασίας, σε σχέση με τους προηγούμενους μήνες. Αναλυτικά, ο συγκεκριμένος σταθμός εντοπίζεται θερμότερος κατά 1.3 °C από τη Νεοχωρούδα και τη ΣΘΕ. Επιπλέον για πρώτη φορά ο σταθμός του Μετεωροσκοπίου υπολογίζεται να έχει κατά 0.5 °C υψηλότερη θερμοκρασία από τη ΣΘΕ (6.8 και 6.3 °C αντίστοιχα). Συνεχίζοντας, ενώ στο Επταπύργιο, ΣΘΕ και Νεοχωρούδα οι θερμοκρασίες κυμαίνονται στα ίδια επίπεδα, το Ελ. Κορδελιό παρουσιάζει αρκετά χαμηλότερη τιμή από αυτές, φθάνοντας τους 5.3 °C. Τέλος, για πρώτη φορά σημειώνεται διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ του Πανοράματος και της Σίνδου, της τάξης των 0.5 °C, όπου η δεύτερη εξακολουθεί να αποτελεί τον ψυχρότερο σταθμό, με μέση θερμοκρασία τους 3.6 °C (σχήμα 3.5γ).

Εξετάζοντας τη χρονοσειρά των μέγιστων θερμοκρασιών, προκύπτει ότι οι σταθμοί που παρουσιάζουν τις υψηλότερες τιμές, είναι αυτοί του Μετεωροσκοπίου (10.5 °C) και της Νεοχωρούδας (10.4 °C), ενώ η χαμηλότερη εντοπίζεται στο Πανόραμα (9.2 °C). Η μέση τιμή των μέγιστων θερμοκρασιών από όλους τους σταθμούς υπολογίζεται στους 9.9 °C. Η αντίστοιχη μέση τιμή των ελάχιστων θερμοκρασιών υπολογίζεται στους 4.2 °C, με την μεγαλύτερη από αυτές να εντοπίζεται στη Νεοχωρούδα (5.6 °C) και την μικρότερη στη Σίνδο (2.2 °C). Παρατηρώντας το σχήμα 3.5, προκύπτει ότι ως προς τις μέγιστες τιμές η θερμοκρασία σε όλους τους σταθμούς είναι της τάξης των 10.0 °C, με διαφορά των θερμοκρασιών που κυμαίνεται από 0.3 - 0.7 °C ανάλογα με τον σταθμό. Όσον αφορά τις ελάχιστες θερμοκρασίες, η Σίνδος και η Νεοχωρούδα παρουσιάζουν μεγάλη απόκλιση, σε σχέση με του υπόλοιπους σταθμούς, από τη μέση ελάχιστη τιμή. Συγκεκριμένα, ενώ όλοι οι σταθμοί έχουν ελάχιστη θερμοκρασία κοντά στους 4.2 °C, η ελάχιστη θερμοκρασία στη Νεοχωρούδα είναι 5.6 °C και στη Σίνδο 2.2 °C. Αξίζει να σημειωθεί ότι η μεγαλύτερη διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ των σταθμών, εντοπίζεται στη χρονοσειρά των

ελαχίστων θερμοκρασιών και η οποία αποδίδεται στις χαμηλές τιμές που εντοπίζονται



ΣΧΗΜΑ 3.6. Απεικόνιση των μέσων μηνιαίων μέγιστων (κόκκινο χρώμα) και ελάχιστων (μπλε) θερμοκρασιών. Επάνω χειμεινικοί μήνες (I-III), κάτω εαρινοί (IV-VI)

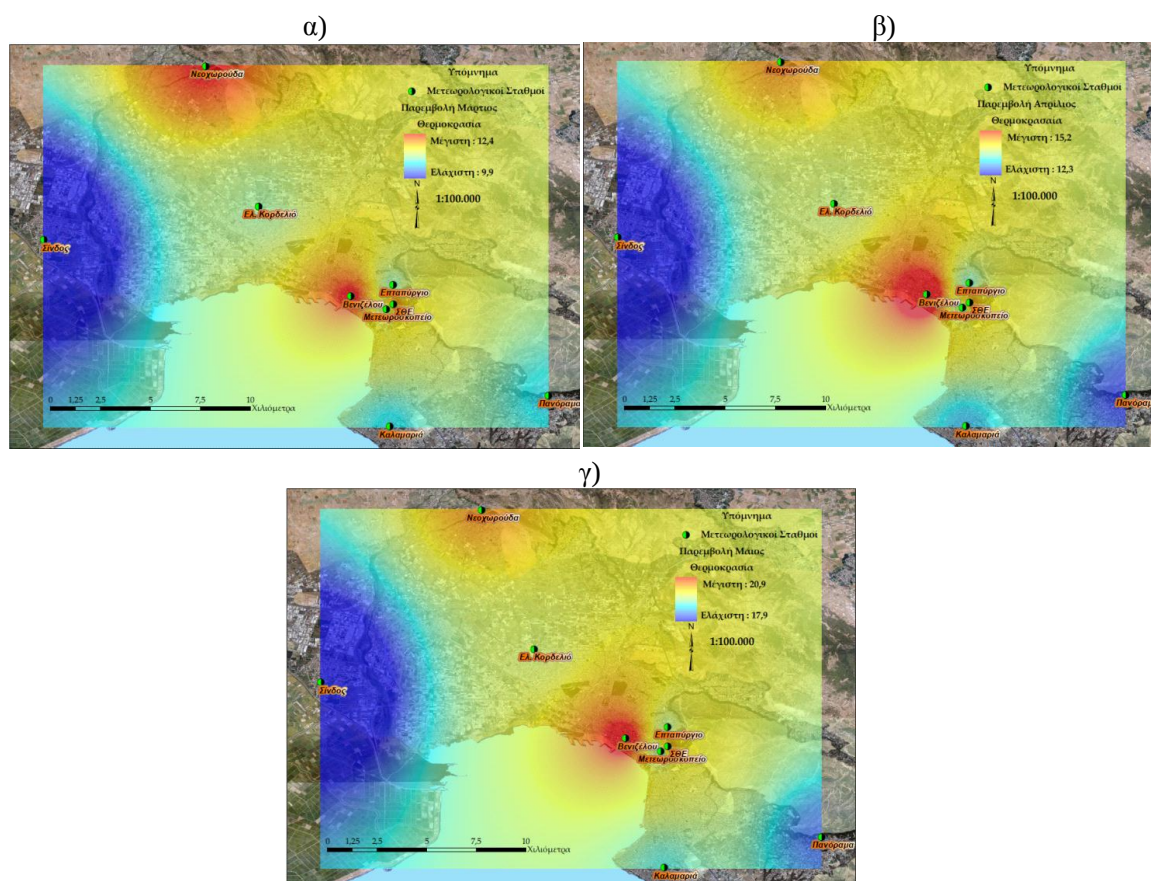
στο σταθμό της Σίνδου (σχήμα 3.6i).

Γενικά τον Φεβρουάριο παρατηρείται ότι η θερμοκρασία ως προς τις μέσες και τις μέγιστες τιμές της, αυξάνει σε σχέση με τον προηγούμενο μήνα ενώ ως προς τις ελάχιστες εμφανίζεται ελαφρώς πιο χαμηλή σε όλους τους σταθμούς με εξαίρεση το σταθμό της Νεοχωρούδας. Στη χρονοσειρά των μέγιστων θερμοκρασιών, στο Πανόραμα καταγράφεται η χαμηλότερη τιμή (10.9 oC) και στο Μετεωροσκοπείο η

υψηλότερη (12.7 °C) ενώ ως προς τις ελάχιστες, οι αντίστοιχες θερμοκρασίες εντοπίζονται στη Σίνδο 2.0 °C, και στη Νεοχωρούδα 6.1 °C. Όπως και στον προηγούμενο μήνα, στο Μετεωροσκοπείο και στο Ελ. Κορδελιό ενώ οι μέγιστες θερμοκρασίες εμφανίζονται υψηλές, σε σχέση με τους υπόλοιπους σταθμούς οι ελάχιστες είναι πιο χαμηλές. Αντιδιαμετρικά αντίθετο, παρουσιάζεται το Πανόραμα σε σχέση με τους προαναφερθέντες σταθμούς. Ομοίως και εδώ, στις ελάχιστες θερμοκρασίες η διαφορά μεταξύ των σταθμών παρουσιάζεται εντονότερη σε σχέση με τις μέγιστες.

Η ελάχιστη θερμοκρασία του Δεκεμβρίου, (σχήμα 3.6iii) στο σταθμό της Σίνδου φτάνει τους 0.8 °C ενώ οι αντίστοιχες τιμές στους υπόλοιπους σταθμούς, κυμαίνονται από 2.1 °C στο Πανόραμα έως 4.6 °C, στο Μετεωροσκοπείο. Ως προς τις μέγιστες θερμοκρασίες, το Μετεωροσκοπείο εξακολουθεί να σημειώνει τις υψηλότερες τιμές (9.5 °C), ενώ οι χαμηλότερες με διαφορά από τη Σίνδο 0.1 °C, εντοπίζονται στο Πανόραμα (6.2 °C). Επιπλέον, είναι ευδιάκριτη η τάση μείωσης και των δύο παραμέτρων όσο μεγαλώνει η απόσταση του κάθε σταθμού από το κέντρο, με εξαίρεση το σταθμό της Νεοχωρούδας όπου τόσο οι μέγιστες όσο και οι ελάχιστες θερμοκρασίες είναι ελαφρά υψηλότερες σε σχέση με τους υπόλοιπους σταθμούς των περιχώρων. Τον συγκεκριμένο μήνα και στις τρεις χρονοσειρές, η διαφορά, μεταξύ του θερμότερου και του ψυχρότερου σταθμού, είναι της τάξης των 3.5 °C.

Για τους εαρινούς μήνες η μέση θερμοκρασία τον Μάρτιο (σχήμα 3.7 α) ανέρχεται στους 11.5 °C, τον Απρίλιο στους 13.8 °C και τον Μάιο στους 19.7 °C. Αναλύοντας κάθε μήνα ξεχωριστά, φαίνεται ότι στο σταθμό της Νεοχωρούδας εξακολουθούν να σημειώνονται υψηλές θερμοκρασίες με μόλις 0.1 °C διαφορά από το σταθμό της Βενιζέλου (12.3 και 12.4 °C αντίστοιχα). Ακολουθεί ο σταθμός της ΣΘΕ με 12.1 °C ενώ οι υπόλοιποι σταθμοί, πλην της Σίνδου, κυμαίνονται μεταξύ των 11.2 και των 11.5 °C. Στο Πανόραμα τον μήνα αυτό, σημειώνονται θερμοκρασίες παραπλήσιες με αυτές της Καλαμαριάς αντί της Σίνδου, όπου και πάλι αποτελεί τον ψυχρότερο σταθμό με τη θερμοκρασία να φθάνει τους 9.9 °C. Επίσης, διαπιστώνεται ότι επιτυγχάνεται μεγαλύτερη διαφορά μεταξύ του ψυχρότερου σταθμού και των υπολοίπων (1.3-2.4 °C) έναντι του θερμότερου σταθμού και των υπολοίπων σταθμών (0.1-1.2 °C).



Σχήμα 3.7. Χωρική κατανομή των μέσων μηνιαίων θερμοκρασιών για τους εαρινούς μήνες (Μάρτιο (α), Απρίλιο(β), Μάιο (γ)).

Σχετικά με τον μήνα Απρίλιο και το σχήμα 3.7 β, διακρίνεται η σημαντική διαφορά θερμοκρασίας του θερμότερου και του ψυχρότερου σταθμού, σε σχέση με τους υπόλοιπους. Συγκεκριμένα στο σταθμό της Βενιζέλου, υπολογίζεται ότι η μέση θερμοκρασία ανέρχεται στους 15.2 °C γεγονός που του δίνει διαφορά της τάξης των 3.0 °C από την Σίνδο (12.3 °C). Οι αμέσως θερμότεροι σταθμοί, είναι αυτοί της Νεοχωρούδας και της ΣΘΕ με 14.5 °C, ενώ στο Πανόραμα η τιμή της θερμοκρασίας δεν ξεπερνά τους 13.2 °C. Σε όλους τους υπολοίπους σταθμούς, καταγράφεται θερμοκρασία μεταξύ των 13.5 με 14.0 °C. Να αναφερθεί ότι για το συγκεκριμένο μήνα, ο θερμότερος και ο ψυχρότερος σταθμός σημειώνουν την ίδια θερμοκρασιακή διαφορά από τους υπόλοιπους σταθμούς (0.8 με 2.1 °C).

Ολοκληρώνοντας την ανάλυση της άνοιξης, με τον μήνα Μάιο (σχήμα 3.7γ) διαπιστώνεται ότι δεν υπάρχουν σημαντικές διαφορές σε σχέση με τον προηγούμενο μήνα. Η Βενιζέλου με 20.9 °C είναι κατά 0.6 °C θερμότερη από τη Νεοχωρούδα και τη ΣΘΕ, ενώ η διαφορά της με την Σίνδο, αγγίζει τους 3.0 °C. Η θερμοκρασία στο

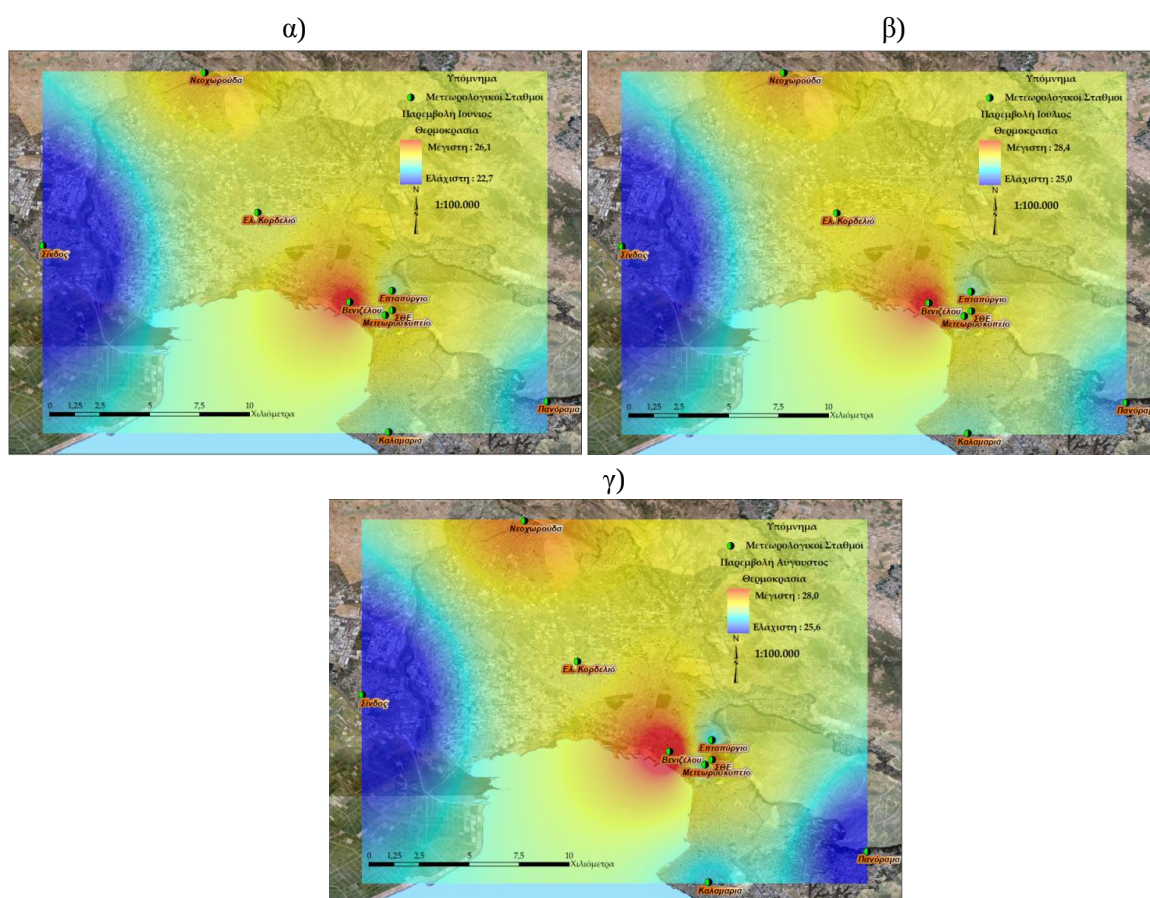
Πανόραμα φθάνει τους 19.0 °C, ενώ οι υπόλοιποι σταθμοί κυμαίνονται μεταξύ των 19.5 και των 19.8 °C. Η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ της Σίνδου και των υπολοίπων σταθμών, είναι και πάλι μεγαλύτερη συγκριτικά με τη Βενιζέλου καθώς στην πρώτη περίπτωση ξεκινάει από τους 1.1 °C και φθάνει τους 2.4 °C, ενώ στη δεύτερη από τους 0.6 °C έως τους 1.4 °C αντίστοιχα.

Από το σχήμα 3.6iv όπου απεικονίζονται οι μέγιστες και οι ελάχιστες θερμοκρασίες, του Μαρτίου, παρατηρείται ότι και για τις δύο χρονοσειρές, το μέγιστο εντοπίζεται στο σταθμό της Νεοχωρούδας (16.3 °C μέγιστη θερμοκρασία και 8.9 °C ελάχιστη) και το ελάχιστο στη Σίνδο (14.5 °C και 5.0 °C αντίστοιχα). Στο σημείο αυτό αξίζει να τονιστεί ακόμα μία φορά ότι για το σταθμό της Βενιζέλου, που είναι στην πραγματικότητα ο θερμότερος σταθμός, δεν ήταν διαθέσιμα δεδομένα μέγιστης και ελάχιστης θερμοκρασίας και για το λόγο αυτό έχει εξαιρεθεί από την ανάλυση). Η μέση μέγιστη θερμοκρασία όλων των σταθμών είναι 15.3 °C και η μέση ελάχιστη 7.6 °C. Αναφορικά με τους υπόλοιπους σταθμούς, η μεγαλύτερη απόκλιση από τη μέση μέγιστη τιμή εντοπίζεται στο σταθμό του Πανοράματος (-0.7 °C) ενώ από τη μέση ελάχιστη στο σταθμό της ΣΘΕ (+0.9 °C). Ομοίως και σε αυτόν τον μήνα, παρουσιάζονται μεγαλύτερες διαφορές, μεταξύ των σταθμών, ως προς τη χρονοσειρά των ελαχίστων θερμοκρασιών σε σχέση με την αντίστοιχη χρονοσειρά των μεγίστων, γεγονός που οφείλεται στις υψηλές ελάχιστες τιμές που καταγράφονται στη Νεοχωρούδα (+1.3 °C απόκλιση από τη μέση ελάχιστη τιμή) και της χαμηλές ελάχιστες στη Σίνδο (-2.6 °C απόκλιση).

Αναφορικά με τις χρονοσειρές των μεγίστων και των ελαχίστων θερμοκρασιών για το μήνα Απρίλιο (σχήμα 3.6v), προκύπτει ότι η μέση τιμή, όλων των σταθμών, στην πρώτη περίπτωση φθάνει τους 17.7 °C ενώ στη δεύτερη τους 10.2 °C. Και για τις δύο παραμέτρους, ως θερμότερος εμφανίζεται ο σταθμός της Νεοχωρούδας με 18.5 και 11.6 °C αντίστοιχα, ενώ ως ψυχρότερος αυτός της Σίνδου με 16.8 και 7.7 °C αντίστοιχα. Συνεχίζοντας για τον Απρίλιο, οι μεγαλύτερες διαφορές θερμοκρασίας μεταξύ των σταθμών εντοπίζονται στις ελάχιστες θερμοκρασίες, καθώς φτάνουν τους 3.9 °C (στις μέγιστες θερμοκρασίες η αντίστοιχη τιμή είναι στους 1.7 °C). Επιπλέον παρατηρείται ότι η ΣΘΕ εμφανίζει υψηλότερη θερμοκρασία σε σχέση με τους υπόλοιπους σταθμούς και για τις δύο παραμέτρους.

Και πάλι από την ανάλυση των μεγίστων και των ελαχίστων θερμοκρασιών (σχήμα

3.6νι) προκύπτει ότι η Νεοχωρούδα παρουσιάζει τις υψηλότερες τιμές και η Σίνδος τις χαμηλότερες. Ως προς τη χρονοσειρά των μέγιστων τιμών για τον Μάιο, η διαφορά μεταξύ των δύο σταθμών είναι 2.0 °C. Η μέση τιμή όλων των σταθμών είναι 23.7 °C. Αναφορικά με τις ελάχιστες θερμοκρασίες η διαφορά των παραπάνω σταθμών εμφανώς μεγαλύτερη, καθώς φθάνει τους 3.9 °C με 16.7 °C να καταγράφεται στη Νεοχωρούδα και 12.8 °C στη Σίνδο, ενώ η μέση τιμή της παραμέτρου ανέρχεται στους 15.3 °C. Σχετικά με το ποιοι σταθμοί εμφανίζουν υψηλή ή χαμηλή μέγιστη/ελάχιστη σε σχέση με τους υπόλοιπους τα αποτελέσματα παρουσιάζονται ανάλογα με αυτά του προηγούμενου μήνα.



Σχήμα 3.8. Χωρική κατανομή των μέσων μηνιαίων θερμοκρασιών για τους θερινούς μήνες (Ιούνιο (α), Ιούλιο(β), Αύγουστο (γ)).

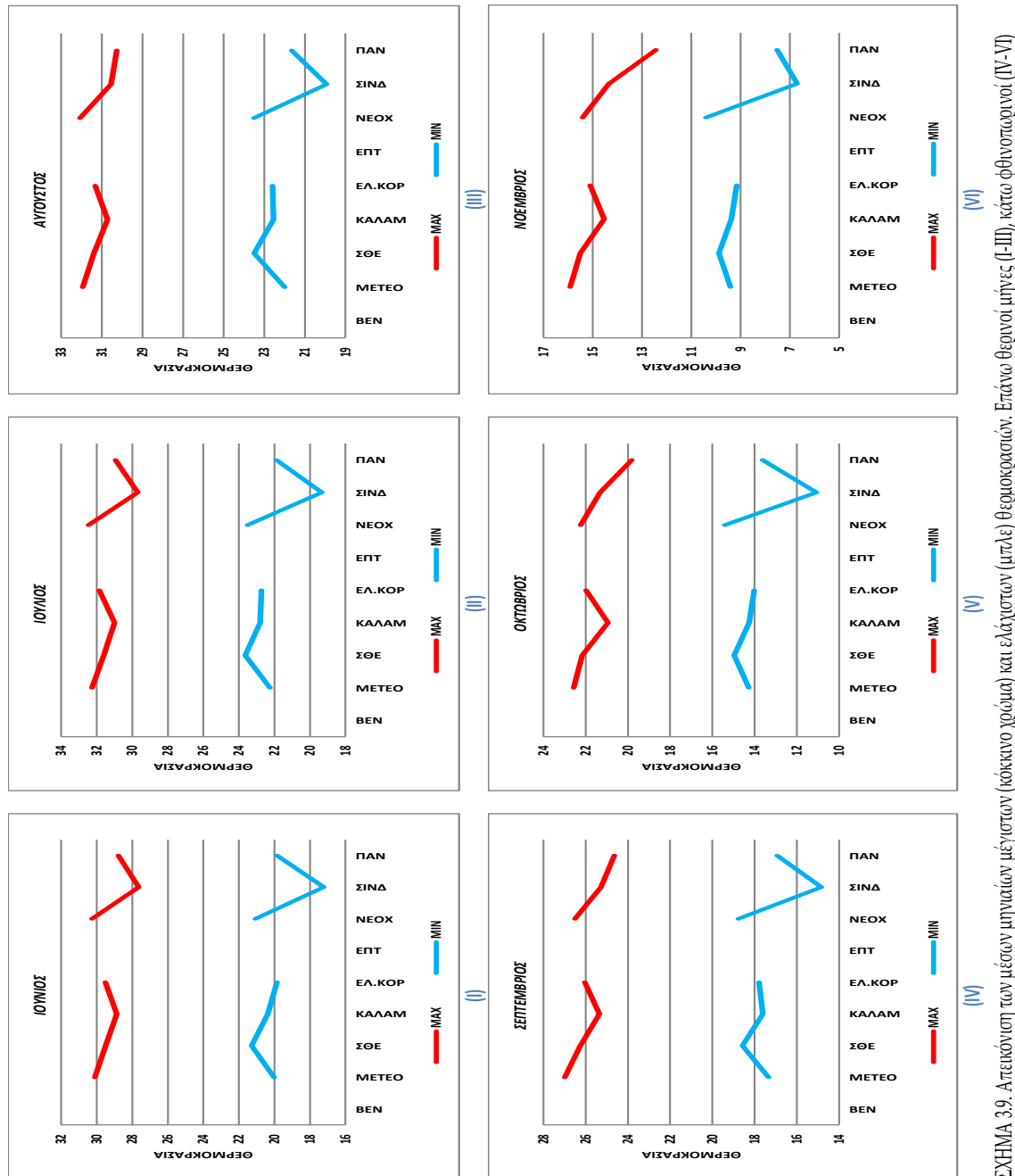
Στη συνέχεια η μελέτη επεκτείνεται για την περίοδο των θερινών μηνών όπου (σχήμα 3.8α-γ & 3.9) δεν παρατηρείται ιδιαίτερη μεταβολή στην εικόνα που παρουσιάζουν οι θερμοκρασίες από μήνα σε μήνα. Συγκεκριμένα οι διαφορές της θερμοκρασίας που παρατηρούνται μεταξύ των σταθμών είναι οι ίδιες, για τους μήνες Ιούνιο και Ιούλιο, ενώ τον Αύγουστο είναι ελαφρώς μικρότερες. Πιο αναλυτικά τον Ιούνιο ο σταθμός

της Βενιζέλου με 26.1 °C είναι θερμότερος κατά 3.4 °C από τη Σίνδο, όπου εκεί η θερμοκρασία αγγίζει την τιμή 22.7 °C. Οι αντίστοιχες θερμοκρασίες για τους σταθμούς της ΣΘΕ και της Νεοχωρούδας είναι 25.6 και 25.4 °C. Το Πανόραμα με 24.2 °C εμφανίζεται κατά 1.5 °C θερμότερο της Σίνδου, ενώ οι υπόλοιποι σταθμοί κυμαίνονται μεταξύ των 24.7 και 24.9 °C. Για τον Ιούλιο, ισχύουν ανάλογες διαφορές θερμοκρασίας μεταξύ των σταθμών, με τη διαφοροποίηση όμως, ότι όλοι οι σταθμοί καταγράφουν από 2.2 °C έως 2.4 °C υψηλότερες τιμές. Και στις δύο περιπτώσεις η Σίνδος είναι αρκετά ψυχρότερη, από τους υπόλοιπους σταθμούς, σε σχέση με το πόσο θερμότερη είναι η Βενιζέλου (1.5 έως 2.9 °C και 0.5 έως 1.8 °C αντίστοιχα).

Σχετικά με το μήνα Αύγουστο, (σχήμα 3.8γ) εντοπίζεται αρχικά ότι ενώ για όλους τους σταθμούς η θερμοκρασία μειώνεται, περίπου κατά 0.5 °C σε σχέση με τον προηγούμενο μήνα, στη Σίνδο αυξάνεται, κατά 0.5 °C. Έτσι η Βενιζέλου με 28.0 °C, είναι κατά 2.4 °C θερμότερη της Σίνδου, με αυτή τη διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ των δύο σταθμών να είναι η μικρότερη κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού αλλά και της άνοιξης. Η ΣΘΕ και η Νεοχωρούδα σημειώνουν 27.5 °C ενώ το Πανόραμα 26.0 °C. Οι υπόλοιποι σταθμοί κυμαίνονται από τους 26.6 °C έως τους 27.1 °C. Αυτή η διαφορετική συμπεριφορά της Σίνδου έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση της διαφοράς θερμοκρασίας από τους υπόλοιπους σταθμούς, η οποία ανέρχεται στους 0.4 με 1.9 °C, τη στιγμή που στη Βενιζέλου φθάνει τους 0.5 με 2.1 °C.

Αναφορικά με τις παραμέτρους των μέγιστων και ελάχιστων θερμοκρασιών, διακρίνεται ότι και για τους δύο μήνες οι υψηλότερες μέγιστες θερμοκρασίες εμφανίζονται στο σταθμό της Νεοχωρούδας ενώ οι υψηλότερες ελάχιστες σημειώνονται στο σταθμό της ΣΘΕ. Από την άλλη μεριά και για τις δύο παραμέτρους, οι χαμηλότερες τιμές συγκεντρώνονται στο σταθμό της Σίνδου. Επιγραμματικά αναφέρεται ότι τον Ιούνιο (σχήμα 3.9i) η Νεοχωρούδα με μέγιστη θερμοκρασία 30.2 °C έχει διαφορά 0.7 °C από τη μέγιστη τιμή της ΣΘΕ, ενώ αντίστοιχα στη ΣΘΕ, η ελάχιστη θερμοκρασία ισούται με 21.2 °C και είναι κατά 0.2 °C υψηλότερη από αυτήν της Νεοχωρούδας. Από την άλλη, οι αντίστοιχες τιμές για το σταθμό της Σίνδου, υπολογίζονται στους 27.6 °C και 17.2 °C. Στους υπόλοιπους σταθμούς η μέση τιμή για τη πρώτη χρονοσειρά, υπολογίζεται στους 29.2 °C και για τη δεύτερη στους 20.0 °C.

Τον Ιούλιο, (σχήμα 3.9ii) η μέγιστη θερμοκρασία στη Νεοχωρούδα ανέρχεται στους 32.5 °C (μέση τιμή όλων των σταθμών 31.4°C), η ελάχιστη στη ΣΘΕ στους 23.6 °C (μέση τιμή 22.3 °C), ενώ στη Σίνδο είναι αντίστοιχα ίση με 29.7 °C και 19.3 °C. Αυτό που παρατηρείται και για τους δύο μήνες, είναι ότι οι διαφορές μεταξύ των σταθμών είναι πιο έντονες στη χρονοσειρά των ελαχίστων θερμοκρασιών. Επιπλέον από το σχήμα 3.9 προκύπτει ότι οι περισσότεροι σταθμοί, παρουσιάζουν ομοιογένεια ως προς τις μέγιστες και ελάχιστες θερμοκρασίες.



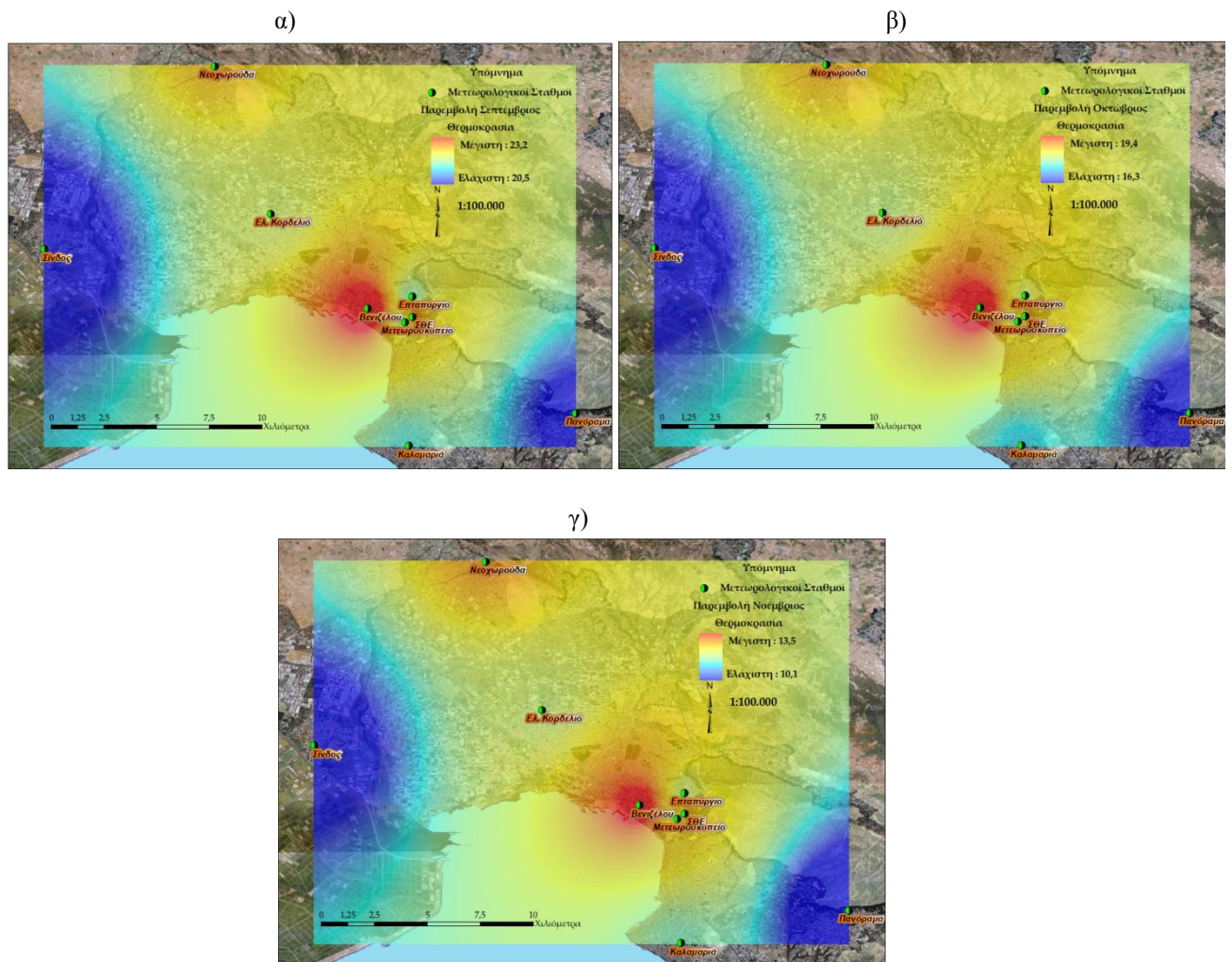
Θα πρέπει να τονιστεί, ότι για πρώτη φορά παρατηρείται ότι εκτός από τις ελάχιστες και οι μέγιστες θερμοκρασίες της Σίνδου καταγράφουν χαμηλότερες θερμοκρασίες σε

σχέση με τους υπόλοιπους σταθμούς (-1.6°C και -1.7°C απόκλιση από τη μέση μέγιστη θερμοκρασία κατά τη διάρκεια αυτών των δύο μηνών). Από την μελέτη των μέγιστων θερμοκρασιών του Αυγούστου (σχήμα 3.9iii) παρατηρείται ότι για μια ακόμα φορά, η Νεοχωρούδα συγκεντρώνει τις υψηλότερες τιμές φθάνοντας τους 32.1°C , ενώ η αμέσως επόμενη υψηλή μέγιστη θερμοκρασία εντοπίζεται στο Μετεωροσκοπείο 31.9°C . Αντίθετα, η χαμηλότερη μέγιστη καταγράφεται $^{\circ}\text{C}$ στο σταθμό του Πανοράματος και είναι ίση με 30.3 , έχοντας 0.2°C διαφορά από τη Σίνδο. Συνεχίζοντας με τις ελάχιστες θερμοκρασίες, προκύπτει ότι η υψηλότερη τιμή 23.5°C σημειώνεται τόσο στη Νεοχωρούδα όσο και τη ΣΘΕ, ενώ η χαμηλότερη 19.9°C στο σταθμό της Σίνδου. Να αναφερθεί, ότι η μέση ελάχιστη θερμοκρασία των υπόλοιπων σταθμών είναι στους 22.2°C . Γενικά οι δύο παράμετροι ακολουθούν την ίδια πορεία με τους προηγούμενους θερινούς μήνες, με την μόνη διαφορά να σημειώνεται στη Σίνδο, όπου οι μέγιστες θερμοκρασίες δεν δίνουν τόσο μεγάλη διαφορά συγκριτικά με τους υπόλοιπους σταθμούς.

Με τους χάρτες του σχήματος 3.10(α-γ) ολοκληρώνεται η περιγραφή της μέσης θερμοκρασίας ανά μήνα. Διακρίνεται ότι, κατά τη διάρκεια του φθινοπώρου, η θερμοκρασία στο σταθμό του Πανοράματος διατηρείται σε χαμηλά επίπεδα. Στον σταθμό της Σίνδου, εξακολουθούν να συγκεντρώνονται οι χαμηλότερες τιμές και για τους τρεις μήνες, με την διαφορά από το Πανόραμα ωστόσο να μην ξεπερνά το 0.5°C . Ο σταθμός της Βενιζέλου εξακολουθεί να συγκεντρώνει τις υψηλότερες θερμοκρασίες, με διαφορά από τους υπόλοιπους κεντρικούς σταθμούς και τη Νεοχωρούδα της τάξης των 0.7°C .

Αναλυτικότερα το Σεπτέμβριο, (σχήμα 3.10α) η θερμοκρασία στη Βενιζέλου φθάνει τους 23.2°C , καθιστώντας τη κατά 2.7°C και 2.3°C θερμότερη της Σίνδου (20.5°C) και του Πανοράματος (20.9°C) αντίστοιχα. Για τους δύο επόμενους θερμότερους σταθμούς, της ΣΘΕ και της Νεοχωρούδας, η θερμοκρασία υπολογίζεται στους 22.6°C και 22.4°C αντίστοιχα, ενώ οι εναπομείναντες σταθμοί βρίσκονται μεταξύ των 21.7 και των 22.1°C . Τον Οκτώβριο, όπως διακρίνεται στο σχήμα 3.10β, η εικόνα δεν αλλάζει ιδιαίτερα σε σχέση με την αντίστοιχη του Σεπτεμβρίου, καθώς η πλειονότητα των σταθμών παρουσιάζουν παραπλήσιες θερμοκρασίες. Η Βενιζέλου με 19.4°C , είναι κατά 0.8 και 0.9°C θερμότερη από τη ΣΘΕ και τη Νεοχωρούδα (18.6°C και 18.5°C) ενώ η θερμοκρασία στο Πανόραμα υπολογίζεται στους 16.3°C έχοντας

έτσι μόλις 0.2 °C διαφορά από τη Σίνδο, η οποία είναι στους 16.1 °C. Τέλος, στην περίπτωση του Νοεμβρίου αυτό που διακρίνεται είναι ότι, για πρώτη φορά ο σταθμός του Πανοράματος παρουσιάζει τις χαμηλότερες θερμοκρασίες (0.5 °C ψυχρότερος από τη Σίνδο). Έτσι με 10.1 °C, είναι κατά 3.4 °C ψυχρότερος της Βενιζέλου, στην οποία καταγράφεται θερμοκρασία ίση με 13.5 °C.



Σχήμα 3.10. Χωρική κατανομή των μέσων μηνιαίων θερμοκρασιών για τους φθινοπωρινούς μήνες (Σεπτέμβριο (α), Οκτώβριο(β), Νοέμβριο (γ)).

Οι σταθμοί της ΣΘΕ και της Νεοχωρούδας, διαφέρουν μεταξύ τους κατά 0.1 °C, με θερμοκρασίες 12.9 και 12.8 °C αντίστοιχα, ενώ οι υπόλοιποι σταθμοί κυμαίνονται μεταξύ των 12.1 και 12.5 °C. Τονίζεται ότι η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ των υπόλοιπων σταθμών και της Βενιζέλου εμφανίζεται επίσης μικρότερη σε σχέση με την αντίστοιχη διαφορά του Πανοράματος και της Σίνδου με τους υπολοίπους σταθμούς (σχήμα 3.10γ).

Ως προς τις μέγιστες και τις ελάχιστες θερμοκρασίες, δεν παρατηρείται ταύτιση σχετικά με το που εντοπίζονται οι υψηλότερες/χαμηλότερες τιμές μεταξύ των δύο παραμέτρων, για το μήνα Σεπτέμβριο. Έτσι ως προς τις μέγιστες, η μεγαλύτερη τιμή υπολογίζεται για το σταθμό του Μετεωροσκοπίου (ο σταθμός της Βενιζέλου έχει εξαιρεθεί από την ανάλυση λόγω μη – διαθέσιμων δεδομένων) η οποία φθάνει τους 27.0 °C, ενώ η αντίστοιχη χαμηλότερη, στο Πανόραμα και ανέρχεται στους 24.6 °C. Οι υπόλοιποι σταθμοί, έχουν ως μέση μέγιστη τιμή τους 25.9 °C. Από την άλλη ως προς τις ελάχιστες θερμοκρασίες, οι μεγαλύτερες τιμές συγκεντρώνονται στη Νεοχωρούδα 18.8 °C, και οι χαμηλότερες στη Σίνδο 14.8 °C, ενώ η μέση τιμή των υπολοίπων ανέρχεται στους 17.8 °C. Όπως προκύπτει και εδώ, οι μεγαλύτερες διαφορές μεταξύ των σταθμών παρουσιάζονται στη χρονοσειρά των ελαχίστων θερμοκρασιών (σχήμα 3.9iv).

Αναλύοντας τις χρονοσειρές των μέγιστων και των ελαχίστων θερμοκρασιών για την περίπτωση του Οκτωβρίου, οι σταθμοί που τις μεγαλύτερες/ μικρότερες τιμές, παραμένουν ίδιοι. Έτσι ως προς την πρώτη παράμετρο (μέγιστη θερμοκρασία), το Μετεωροσκοπίο με 22.6 °C είναι θερμότερο κατά 2.8 °C από το Πανόραμα, ενώ στους υπολοίπους σταθμούς οι μέγιστες θερμοκρασίες κυμαίνονται από τους 20.9 °C έως τους 22.2 °C. Ως προς την δεύτερη υπό εξέταση παράμετρο ο σταθμός στον οποίο εντοπίζεται η μικρότερη ελάχιστη θερμοκρασία, είναι η Σίνδος με 11.1 °C ενώ η μεγαλύτερη, εμφανίζεται στη Νεοχωρούδα (15.4 °C). Για μια ακόμα φορά, χαρακτηριστική είναι η απόκλιση της ελάχιστης θερμοκρασίας της Σίνδου από τη μέση ελάχιστη όλων των σταθμών (-2.9) αλλά και του Πανοράματος ως προς τις μέγιστες θερμοκρασίες όπου καταγράφονται κατά 1.8 °C χαμηλότερες από τις μέσες μέγιστες των υπολοίπων.

Τέλος, όσον αφορά στις δύο αυτές εξεταζόμενες παραμέτρους για το μήνα Νοέμβριο γίνεται φανερό ότι δεν παρουσιάζονται ιδιαίτερες διαφορές σε σχέση με τους δύο προηγούμενους μήνες. Έντονες εξακολουθούν να είναι οι αποκλίσεις της θερμοκρασίας της Σίνδου (-2.2 °C) και του Πανοράματος (-2.3), από τη μέση ελάχιστη και τη μέση μέγιστη θερμοκρασία των υπολοίπων σταθμών. Συγκεκριμένα, στο Μετεωροσκοπίο καταγράφεται μέση μέγιστη θερμοκρασία που φτάνει στους 15.9 °C, τη στιγμή που στο Πανόραμα η αντίστοιχη είναι 12.4 °C. Στους υπολοίπους σταθμούς, οι θερμοκρασίες αυτές κυμαίνονται μεταξύ των 14.3 έως 15.5 °C.

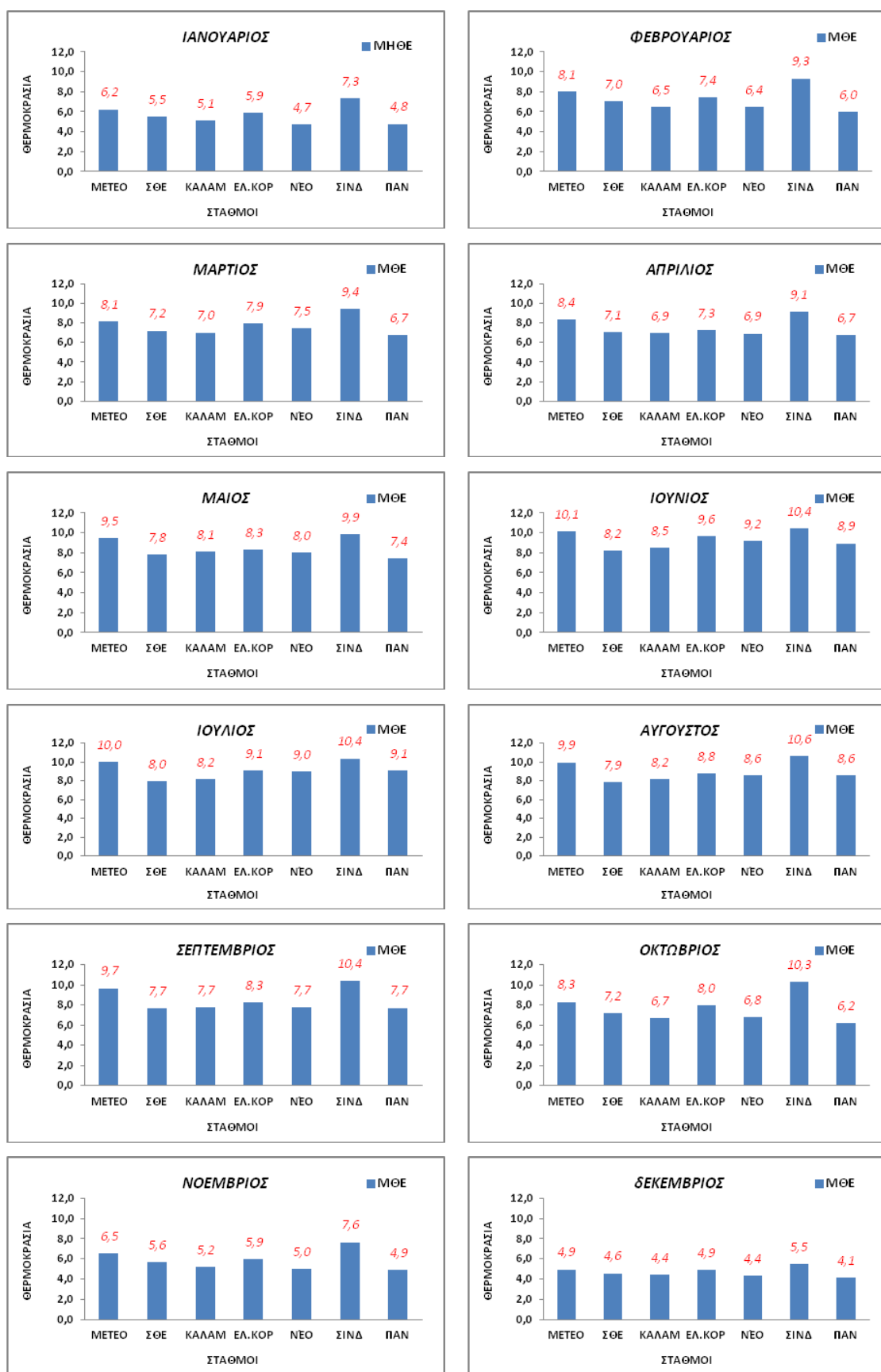
Αντίθετα, η υψηλότερη ελάχιστη θερμοκρασία φθάνει τους 10.4 °C ενώ η χαμηλότερη τους 6.7 °C και σημειώνονται στη Νεοχωρούδα και τη Σίνδο αντίστοιχα. Τέλος, η μέση τιμή των υπόλοιπων σταθμών υπολογίζεται στους 8.5 °C.

3.2.4. ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΩΡΙΑΙΩΝ ΤΙΜΩΝ. ΜΕΣΟ ΗΜΕΡΗΣΙΟ ΘΕΡΜΟΜΕΤΡΙΚΟ ΕΥΡΟΣ.

Στη συνέχεια της μελέτης θεωρήθηκε σκόπιμο να μελετηθεί το Μέσο Ημερήσιο Θερμοκρασιακό Εύρος (**ΜΗΘΕ** -Μέση διαφορά της μέγιστης και ελάχιστης τιμής θερμοκρασίας το 24ωρο κατά τη διάρκεια ενός μήνα). Ο λόγος για τον οποίο μελετάται το Θερμοκρασιακό Εύρος είναι γιατί διευκολύνει στο να γίνει αντιληπτό το μέγεθος της κύμανσης της θερμοκρασίας ανά ημέρα/έτος ή σε αυτή την περίπτωση ανά μήνα. Για το σκοπό αυτό κατασκευάστηκαν ραβδογράμματα από τη μέση τιμή του Ημερήσιου Θερμοκρασιακού Εύρους ανά μήνα και για κάθε σταθμό, τα οποία απεικονίζονται στο παρακάτω σχήμα (σχήμα 3.11).

Από την συνολική ανάλυση του συγκεκριμένου σχήματος, προκύπτει ότι ο σταθμός για τον οποίο προκύπτει το μεγαλύτερο ΜΗΘΕ είναι η Σίνδος και ο σταθμός του Μετεωροσκοπείου. Οι δύο σταθμοί κατά τη διάρκεια όλων των μηνών παρουσιάζουν τις υψηλότερες τιμές, οι οποίες ουσιαστικά οφείλονται στην πρώτη περίπτωση στις χαμηλές ελάχιστες θερμοκρασίες ενώ στη δεύτερη στις υψηλές μέγιστες. Από την άλλη μεριά μικρότερο ΜΗΘΕ εντοπίζεται στους σταθμούς της Νεοχωρούδας, του Πανοράματος και της ΣΘΕ. Συγκεκριμένα τον Ιανουάριο και το Φεβρουάριο, η Νεοχωρούδα είναι ο σταθμός που παρουσίασε τη μικρότερη κύμανση της θερμοκρασίας, τους εαρινούς μήνες, τον Οκτώβριο, τον Νοέμβριο και το Δεκέμβριο το Πανόραμα, ενώ τους καλοκαιρινούς η ΣΘΕ. Τον Σεπτέμβριο όλοι οι προαναφερθέντες σταθμοί και επιπλέον η Καλαμαριά έχουν το ίδιο ΜΗΘΕ (7.7). Τέλος αξίζει να αναφερθεί ότι τους καλοκαιρινούς μήνες, σε όλους τους σταθμούς σημειώνονται τα μεγαλύτερα ΜΗΘΕ ενώ τον Δεκέμβριο τα μικρότερα.

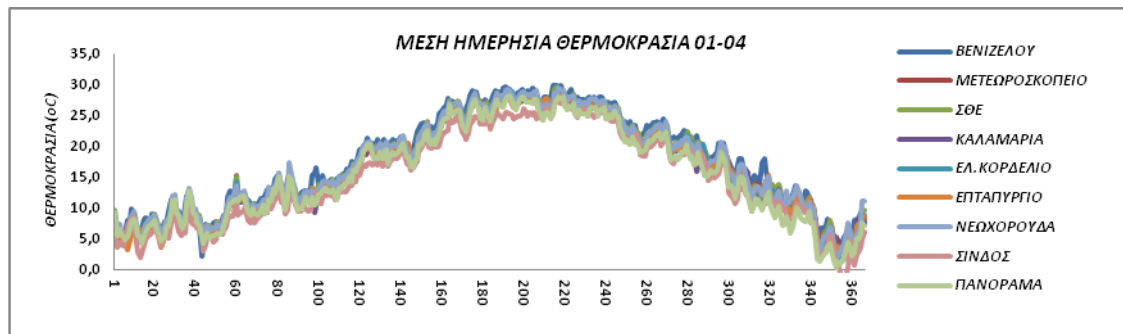
Κεφάλαιο 3ο – Μελέτη
της Θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια της εξεταζόμενης περιόδου



Σχήμα 3.11. Απεικόνιση του μέσου Ημερήσιου Θερμομετρικού Εύρους για κάθε μήνα ξεχωριστά

3.2.5. ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ ΜΕΣΗΣ ΗΜΕΡΗΣΙΑΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΚΑΘΕ ΜΗΝΑ

Για την ανάλυση των μέσων ημερήσιων θερμοκρασιών κατά μήνα, αρχικά παρουσιάζεται ένα ενδεικτικό διάγραμμα (σχήμα 3.12), στο οποίο απεικονίζονται οι μεσοποιημένες ημερήσιες τιμές της θερμοκρασίας για την περίοδο μελέτης.



Σχήμα 3.12 . Χρονοσειρά των μέσων ημερήσιων τιμών της θερμοκρασίας του αέρα στην πόλη της Θεσσαλονίκης για την περίοδο 2001-2004

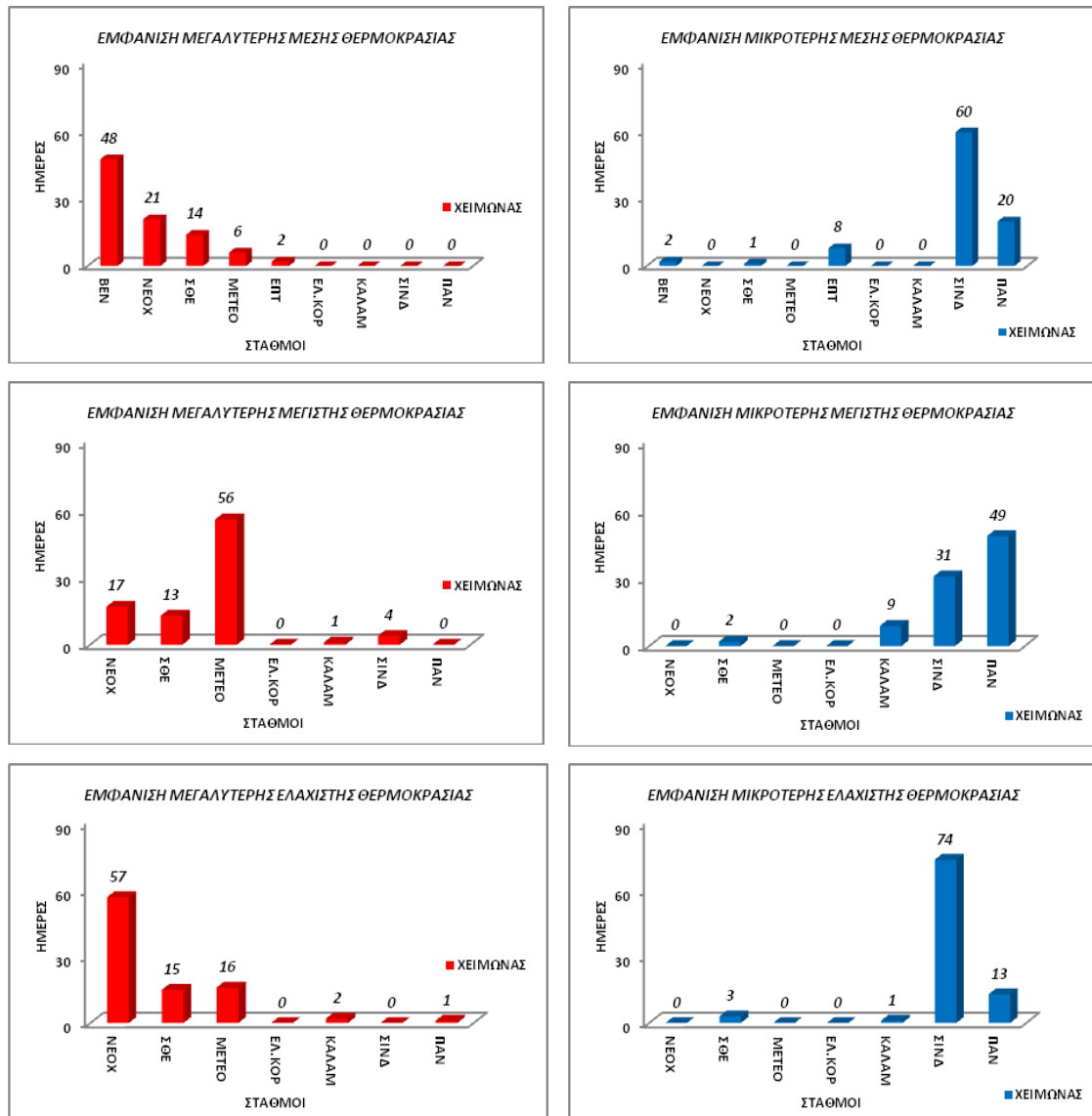
Όπως διακρίνεται από το παραπάνω σχήμα, των μέσων ημερήσιων θερμοκρασιών όλων των σταθμών της μελέτης, η καμπύλη παρουσιάζει απλή κύμανση, με ελάχιστο να εμφανίζεται σχεδόν για όλους τους σταθμούς στο δεύτερο δεκαήμερο του Δεκεμβρίου, με χαμηλότερη τιμή τους -2.9°C (Σίνδος) και μέγιστο στις πρώτες πέντε ημέρες του Αύγουστου με τη μέγιστη θερμοκρασία να υπολογίζεται στους 30.0°C (Βενιζέλου). Εξαίρεση ως προς το ελάχιστο εμφανίζει ο σταθμός της Βενιζέλου δίνοντας την χαμηλότερη του τιμή, 2.2°C , στα μέσα Φεβρουαρίου ενώ ως προς το μέγιστο οι σταθμοί του Ελ. Κορδελιού, του Επταπυργίου και του Πανοράματος εμφανίζουν την μεγαλύτερη τους τιμή, 29.4°C , 28.5°C και 28.2°C αντίστοιχα, τις πρώτες δέκα ημέρες του Ιουλίου.

Στη συνέχεια, από την ανάλυση των μέσων ημερήσιων, μέγιστων και ελάχιστων θερμοκρασιών για κάθε μήνα, κατασκευάστηκαν τα σχήματα 3.13 έως 3.16 όπου απεικονίζεται το σύνολο των ημερών, ανά εποχή, κατά τις οποίες ένας σταθμός ήταν θερμότερος ή ψυχρότερος των άλλων. Συνεπώς στα ραβδογράμματα με κόκκινο χρώμα, καταγράφεται το διάστημα όπου ο κάθε σταθμός συγκέντρωσε τις υψηλότερες θερμοκρασίες (μέσες, μέγιστες και ελάχιστες) ενώ με μπλε χρώμα αντίστοιχα τις χαμηλότερες. Στη συνέχεια με σκοπό να διαπιστωθεί αν οι σταθμοί

παρουσιάζουν την ίδια συμπεριφορά για κάθε ημέρα ξεχωριστά ή αν κάποιος εμφανίζει κάποια ιδιαιτερότητα δημιουργήθηκαν τα σχήματα 3.17 και 3.18 από τα ωριαία (ως επί το πλείστον) δεδομένα των σταθμών στα οποία παρατίθενται, με τη σειρά, ο πρώτος μήνας του χειμώνα, της άνοιξης, του καλοκαιριού και του φθινοπώρου. Για την αποφυγή της συγκέντρωσης πληθώρας διαγραμμάτων οι υπόλοιποι μήνες για κάθε εποχή παρατίθενται στο παράρτημα στα σχήματα Π1 και Π2.

Από την ανάλυση του σχήματος 3.13 διακρίνεται ότι, ως προς τη μέση θερμοκρασία κατά τη διάρκεια του χειμώνα, αν και όπως ήταν αναμενόμενο στη Βενιζέλου συγκεντρώνονται οι υψηλότερες θερμοκρασίες για το μεγαλύτερο διάστημα, εμφανίζονται αρκετές περιπτώσεις όπου επικρατούν οι υψηλότερες μέσες ημερήσιες θερμοκρασίες στα περίχωρα. Ποιο αναλυτικά ο σταθμός της Βενιζέλου ξεπέρασε την μέση θερμοκρασία των υπολοίπων σταθμών για διάστημα 48 ημερών, ενώ οι σταθμοί της Νεοχωρούδας, της ΣΘΕ, του Μετεωροσκοπείου και του Επταπυργίου αντίστοιχα για 21, 14, 6 και 2 ημέρες. Από την άλλη, είναι διακριτό ότι ψυχρότερος σταθμός είναι αυτός της Σίνδου, καθώς για 60 ημέρες, στο σύνολο, καταγράφονται σε αυτόν οι χαμηλότερες μέσες θερμοκρασίες ενώ τις υπόλοιπες ημέρες της εποχής οι χαμηλότερες τιμές εντοπίζονται κυρίως στο Πανόραμα και το Επταπύργιο.

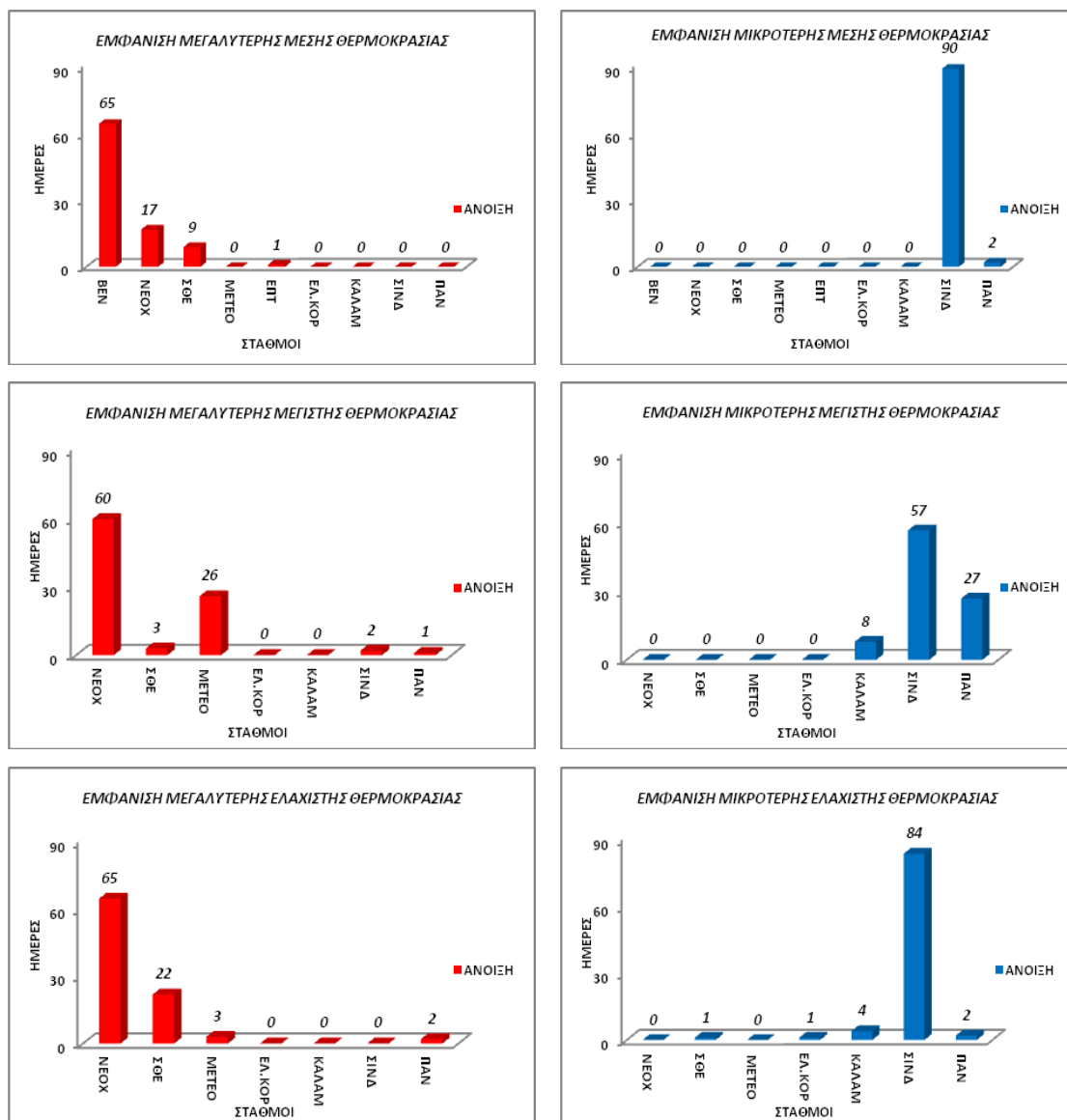
Όσον αφορά τις χρονοσειρές των μέγιστων και των ελάχιστων θερμοκρασιών διακρίνεται ότι ομοίως δεν καταγράφονται συνεχώς στον ίδιο σταθμό οι υψηλότερες ή οι χαμηλότερες τιμές των δύο αυτών παραμέτρων. Καθώς στη συγκεκριμένη ανάλυση δεν συμπεριλαμβάνεται ο σταθμός της Βενιζέλου, προκύπτει ότι το μεγαλύτερο χρονικό διάστημα, οι υψηλότερες μέγιστες θερμοκρασίες εντοπίζονται στο σταθμό του Μετεωροσκοπείου (56 ημ.) ενώ οι χαμηλότερες μέγιστες, στο σταθμό του Πανοράματος (49 ημ.). Αντιθέτως, οι υψηλότερες ελάχιστες των δύο εποχών, προέρχονται από το σταθμό της Νεοχωρούδας (57 ημ.) ενώ οι χαμηλότερες ελάχιστες από τη Σίνδο (74 ημ.).



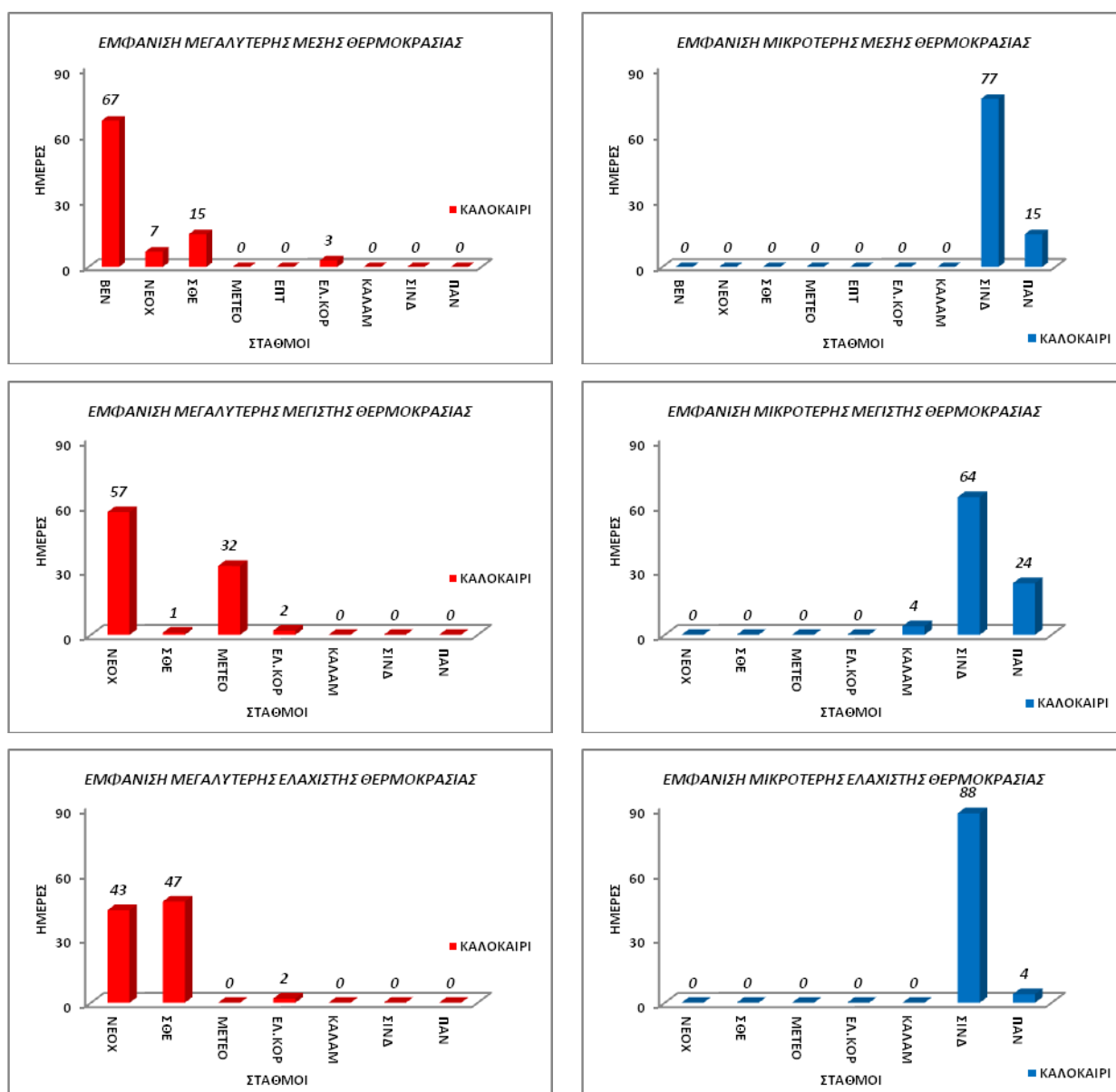
Σχήμα 3.13 Απεικόνιση του συνόλου των ημερών εμφάνισης των μεγαλύτερων (κόκκινοι ράβδοι) και μικρότερων (μπλε ράβδοι) τιμών ανά σταθμό (1^η γραμμή) της μέσης ημερήσιας θερμοκρασίας, (2^η) της μέγιστης ημερήσιας θερμοκρασίας και (3^η) της ελάχιστης ημερήσιας θερμοκρασίας, κατά τη διάρκεια του χειμώνα της περιόδου 2001-2004. (Στη δεύτερη και στην τρίτη γραμμή δεν συμπεριλαμβάνονται οι σταθμοί της Βενιζέλου και του Επταπυργίου λόγω έλλειψης δεδομένων)

Από την ανάλυση των σχημάτων 3.14 και 3.15, διακρίνεται ότι τόσο την άνοιξη όσο και το καλοκαίρι, αναφορικά με τις μέσες θερμοκρασίες για διάστημα μεγαλύτερο των 2 μηνών, στο σταθμό της Βενιζέλου επικρατούν οι υψηλότερες τιμές ενώ οι υπόλοιπες ημέρες διαχωρίζονται μεταξύ της Νεοχωρούδας και της ΣΘΕ. Να αναφερθεί ότι παρουσιάζεται μία περίπτωση μόνο, όπου η μέση θερμοκρασία του Επταπυργίου είναι υψηλότερη των υπολοίπων και τρεις το καλοκαίρι, όπου συμβαίνει

το ίδιο στο Ελ. Κορδελιό.



Σχήμα 3.14. Απεικόνιση του συνόλου των ημερών εμφάνισης των μεγαλύτερων (κόκκινοι ράβδοι) και μικρότερων (μπλε ράβδοι) τιμών ανά σταθμό (1^η γραμμή) της μέσης ημερήσιας θερμοκρασίας, (2^η) της μέγιστης ημερήσιας θερμοκρασίας και (3^η) της ελάχιστης ημερήσιας θερμοκρασίας, κατά τη διάρκεια της άνοιξης της περιόδου 2001-2004. (Στη δεύτερη και στην τρίτη γραμμή δεν συμπεριλαμβάνονται οι σταθμοί της Βενιζέλου και του Επταπυργίου λόγω έλλειψης δεδομένων)



Σχήμα 3.15. Απεικόνιση του συνόλου των ημερών εμφάνισης των μεγαλύτερων (κόκκινοι ράβδοι) και μικρότερων (μπλε ράβδοι) τιμών ανά σταθμό (1^η γραμμή) της μέσης ημερήσιας θερμοκρασίας, (2^η) της μέγιστης ημερήσιας θερμοκρασίας και (3^η) της ελάχιστης ημερήσιας θερμοκρασίας, κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού της περιόδου 2001-2004. (Στη δεύτερη και στην τρίτη γραμμή δεν συμπεριλαμβάνονται οι σταθμοί της Βενιζέλου και του Επταπυργίου λόγω έλλειψης δεδομένων)

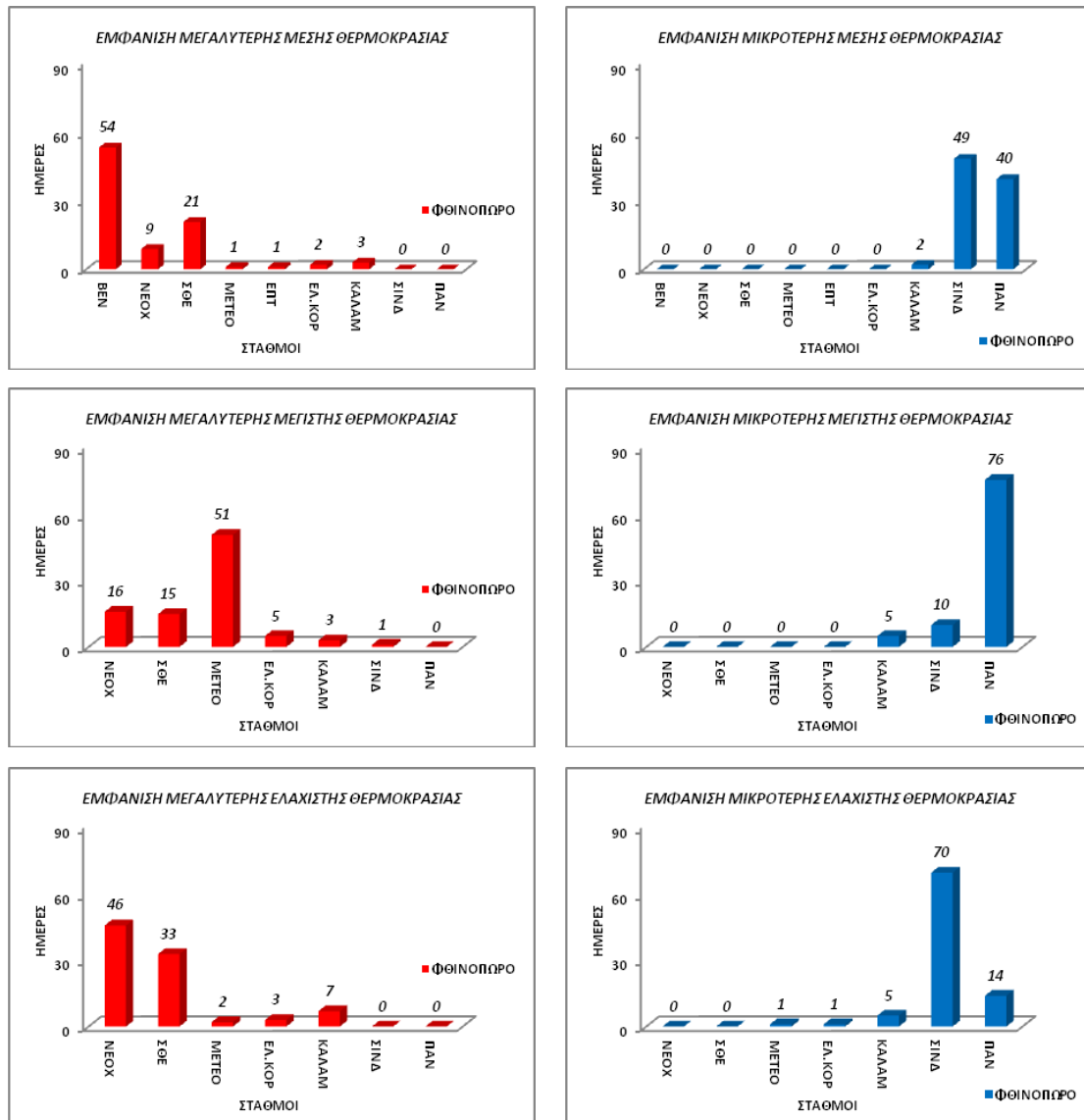
Ως προς τις μέγιστες θερμοκρασίες και για τις δύο εποχές, οι υψηλότερες τιμές το μεγαλύτερο χρονικό διάστημα συγκεντρώνονται στη Νεοχωρούδα (60 ημέρες την άνοιξη και 57ημ το καλοκαίρι), ενώ ακολουθεί το Μετεωροσκοπείο (26 και 32 ημέρες αντίστοιχα). Παρατηρείται ωστόσο, ότι ενώ ως προς τις μέγιστες θερμοκρασίες στο σταθμό της ΣΘΕ δεν καταγράφονται τόσο μεγάλες τιμές που να

ξεπερνούν αυτές των υπολοίπων (3ημ. την άνοιξη και 1ημ το καλοκαίρι), στη χρονοσειρά των ελαχίστων θερμοκρασιών ισχύει το αντίστροφο. Έτσι την άνοιξη στη Νεοχωρούδα για 65 ημέρες και στη ΣΘΕ για 22 ημέρες σημειώνονται οι υψηλότερες ελάχιστες θερμοκρασίες, ενώ στο Μετεωροσκοπείο μόνο για 3 ημέρες. Για τους ίδιους σταθμούς το καλοκαίρι, το σύνολο των ημερών διαμορφώνεται στις 43 και 47 ημέρες αντίστοιχα, ενώ στο Μετεωροσκοπείο καμία ημέρα η ελάχιστη θερμοκρασία του δεν διαφαίνεται τόσο υψηλή.

Ως προς τη συγκέντρωση των χαμηλότερων θερμοκρασιών σε όλη τη διάρκεια της θερμής περιόδου, είναι εμφανές ότι το μεγαλύτερο διάστημα οι χαμηλότερες τιμές, ιδιαίτερα ως προς τις μέσες και ελάχιστες τιμές, εντοπίζονται στο σταθμό της Σίνδου. Την άνοιξη ο αριθμός των ημερών όπου η μέση θερμοκρασία στη Σίνδο είναι η μικρότερη όλων, ανέρχεται στις 90 ημέρες και το καλοκαίρι στις 77 ενώ ως προς τις ελάχιστες οι ημέρες είναι 84 και 88 αντίστοιχα. Αναφορικά με τις μέγιστες θερμοκρασίες, στη Σίνδο εξακολουθούν να διατηρούνται οι χαμηλότερες τιμές, περίπου για τους δύο μήνες της κάθε εποχής, ενώ τον τρίτο μήνα ψυχρότερες, καταγράφονται οι μέγιστες θερμοκρασίες του Πανοράματος ενώ για ένα μικρό διάστημα της Καλαμαριάς.

Το φθινόπωρο (σχήμα 3.16), η εικόνα δεν διαφοροποιείται ιδιαίτερα από το χειμώνα. Και σε αυτήν την περίπτωση, ως προς τις μέσες θερμοκρασίες, φαίνεται η υπεροχή του σταθμού της Βενιζέλου ενώ ακολουθούν και πάλι η ΣΘΕ και στη συνέχεια με αρκετά μικρότερο αριθμό ημερών ο σταθμός της Νεοχωρούδας (Βενιζέλου 54, Νεοχωρούδα 9, ΣΘΕ 21, Καλαμαριά 3, Ελ. Κορδελιό 2, Μετεωροσκοπείο-Επταπύργιο 1 ημέρες). Αντίθετα, ως προς την συγκέντρωση των χαμηλότερων τιμών, παρατηρείται ότι δεν εντοπίζονται μονάχα σε έναν μόνο σταθμό, καθώς για διάστημα 49 ημερών στο σταθμό της Σίνδου και 40 ημερών στο Πανόραμα καταγράφονται οι χαμηλότερες μέσες θερμοκρασίες.

Σχετικά με τις παραμέτρους των μέγιστων και των ελαχίστων θερμοκρασιών ομοίως, όπως με το χειμώνα, διακρίνεται ότι για διάστημα 51 ημερών οι υψηλότερες μέγιστες θερμοκρασίες εντοπίζονται στο σταθμό του Μετεωροσκοπείου ενώ σε σύνολο 76 ημερών στο Πανόραμα καταγράφονται οι χαμηλότερες μέγιστες,. Στον αντίποδα, οι υψηλότερες ελάχιστες σημειώνονται για 46 ημέρες στο σταθμό της Νεοχωρούδας ενώ οι χαμηλότερες ελάχιστες για 70 ημέρες στη Σίνδο.



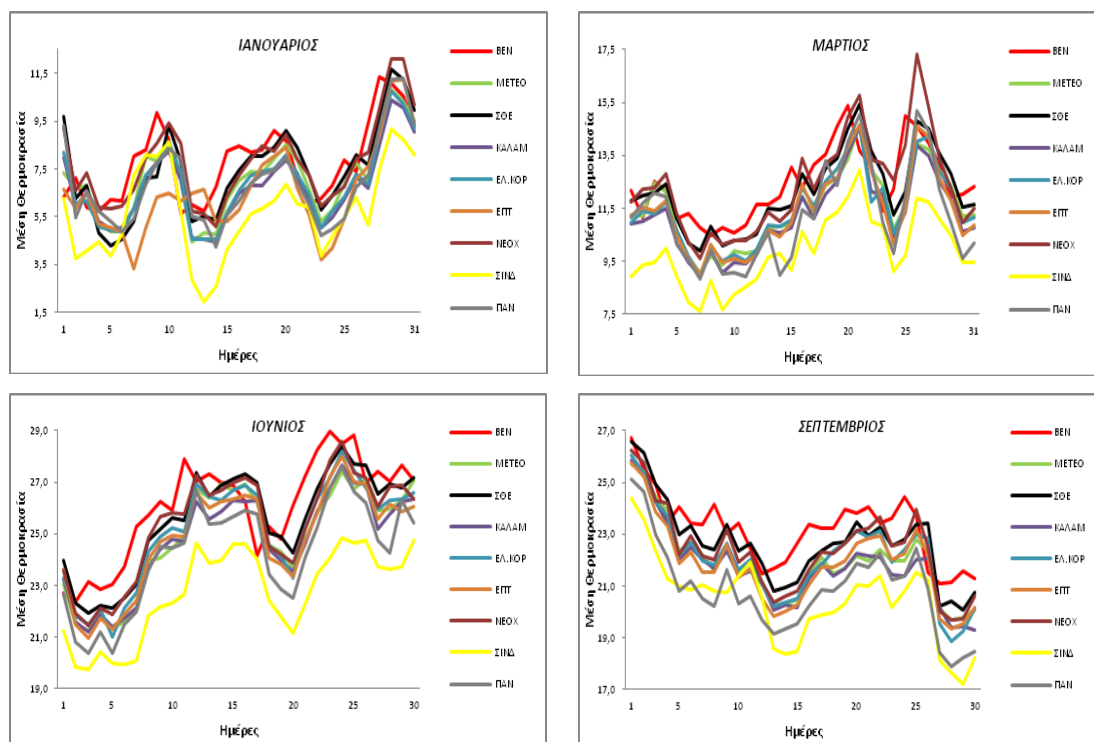
Σχήμα 3.16. Απεικόνιση του συνόλου των ημερών εμφάνισης των μεγαλύτερων (κόκκινοι ράβδοι) και μικρότερων (μπλε ράβδοι) τιμών ανά σταθμό (1^η γραμμή) της μέσης ημερήσιας θερμοκρασίας, (2^η) της μέγιστης ημερήσιας θερμοκρασίας και (3^η) της ελάχιστης ημερήσιας θερμοκρασίας, κατά τη διάρκεια του φθινοπώρου της περιόδου 2001-2004. (Στη δεύτερη και στην τρίτη γραμμή δεν συμπεριλαμβάνονται οι σταθμοί της Βενιζέλου και του Επταπυργίου λόγω έλλειψης δεδομένων)

Από τα παραπάνω, προκύπτει ότι το χειμώνα και το φθινόπωρο είναι μικρότερα τα διαστήματα ημερών, σε σχέση με τις άλλες δύο εποχές, όπου και για τις τρεις χρονοσειρές, οι υψηλότερες θερμοκρασίες εντοπίζονται στους αστικούς σταθμούς. Αντίθετα τη θερμή περίοδο του έτους, οι υψηλότερες τιμές προέρχονται μονάχα από τους σταθμούς στο κέντρο της πόλης και της Νεοχωρούδας, στην οποία όπως έχει προαναφερθεί σημειώνονται αρκετά υψηλές θερμοκρασίες. Από την άλλη, οι

χαμηλότερες τιμές όλων των παραμέτρων, σε όλη τη διάρκεια του έτους (εκτός από σποραδικές ημέρες), διατηρούνται στους σταθμούς που βρίσκονται στα περίχωρα της πόλης.

Τέλος αξίζει να τονισθεί η διαφορετική συμπεριφορά της μέσης θερμοκρασίας μεταξύ των δύο γειτονικών σταθμών της ΣΘΕ και του Μετεωροσκοπείου, καθώς στον πρώτο καταγράφονται οι μεγαλύτερες τιμές ως προς τις μέσες θερμοκρασίες σε διάστημα 59 ημερών συνολικά σε όλο το έτος, ενώ στο δεύτερο μόνο 7 ημέρες. Επιπρόσθετα, στο Μετεωροσκοπείο επικρατούν υψηλότερες μέγιστες τιμές ενώ στη ΣΘΕ υψηλότερες ελάχιστες.

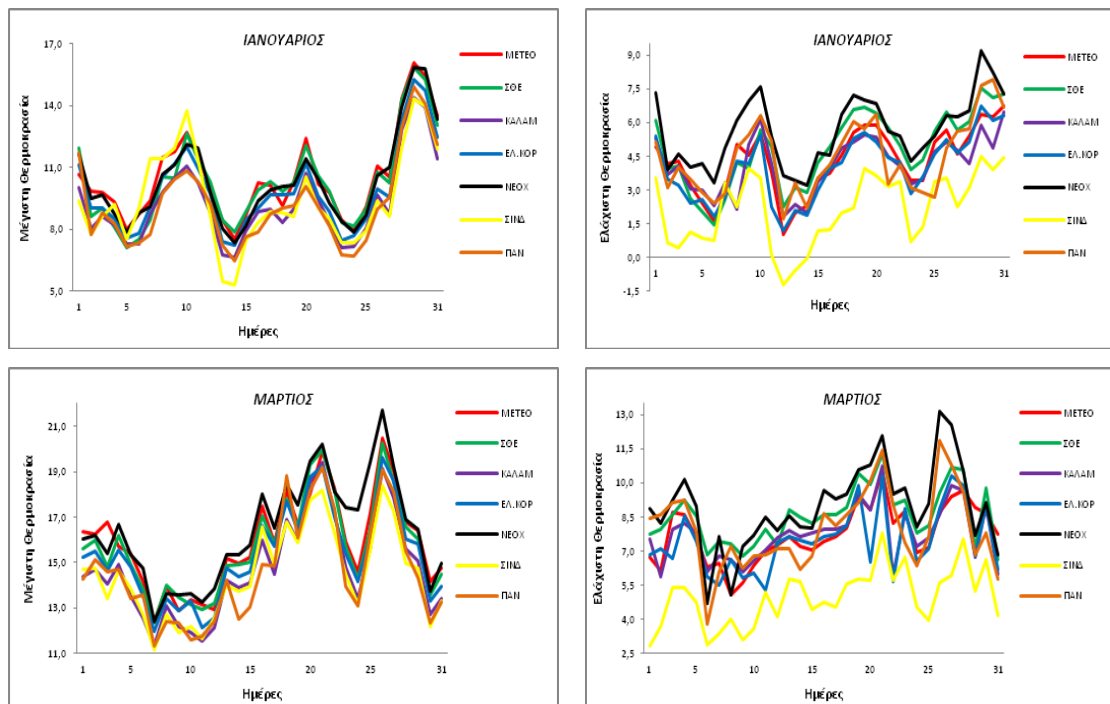
Κατά την ανάλυση των μέσων, μέγιστων και ελάχιστων ημερήσιων θερμοκρασιών (σχήματα 3.17 και 3.18 καθώς και σχήματα Π1 και Π2 από το παράρτημα), παρατηρείται ότι συνολικά και οι τρεις χρονοσειρές σε κάθε σταθμό, ακολουθούν ανάλογη κύμανση μεταξύ τους εκτός από μεμονωμένες περιπτώσεις, οι οποίες αναλύονται στη συνέχεια. Επιπλέον από τα συγκεκριμένα διαγράμματα, εξάγεται και το αποτέλεσμα της διαφοράς θερμοκρασίας του σταθμού με τις μεγαλύτερες τιμές έναντι του αντιστοίχου με τις χαμηλότερες για κάθε μήνα ξεχωριστά.

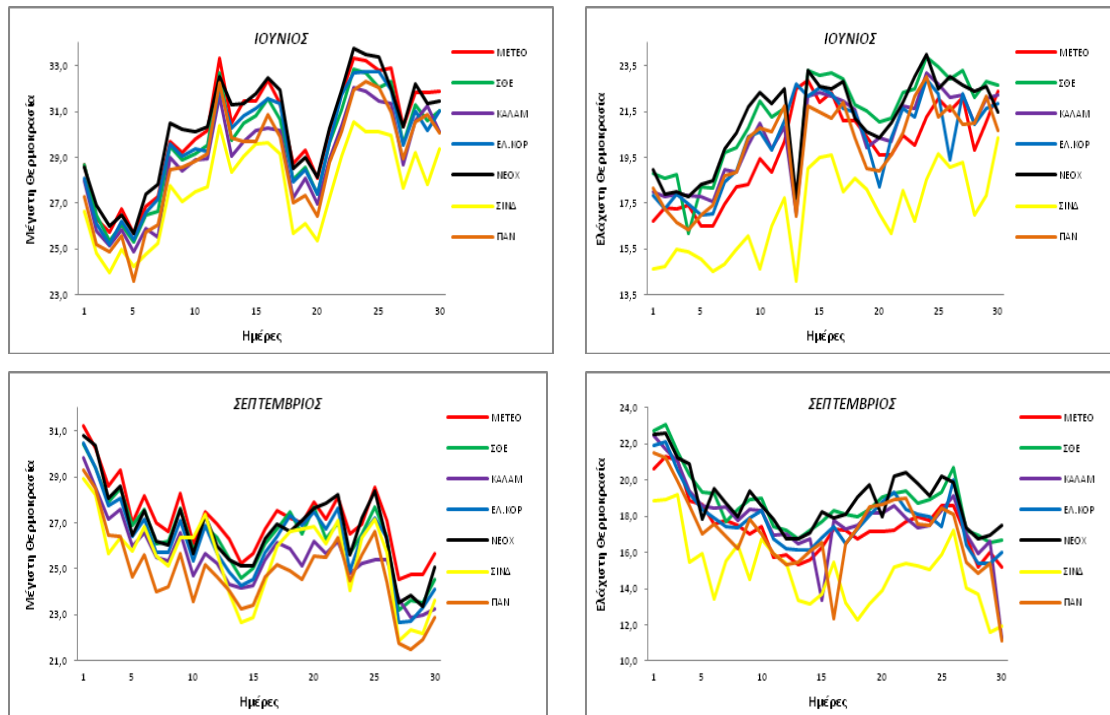


Σχήμα 3.17. Απεικόνιση της μέσης ημερήσιας θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια του πρώτου μήνα της κάθε εποχής του έτους, της περιόδου μελέτης 2001-2004

Έτσι τον Ιανουάριο (σχήμα 3.17), η μέση διαφορά θερμοκρασίας του θερμότερου και του ψυχρότερου σταθμού ως προς την παράμετρο των μέσων τιμών ισούται με 3.0 °C, με τη μεγαλύτερη διαφορά να φθάνει τους 4.7 °C, η οποία εντοπίζεται μεταξύ του Επταπύργιου και της Σίνδου. Η αιτία αυτής της διαφοράς οφείλεται στο γεγονός ότι το Επταπύργιο δεν ακολουθεί ανάλογη μεταβολή με τους υπόλοιπους σταθμούς. Συνεπώς ενώ επικρατεί μία γενική πτώση της θερμοκρασίας, που είναι εντονότερη για το σταθμό της Σίνδου εν αντίθεση με το Επταπύργιο όπου παρατηρείται άνοδος.

Αναφορικά με τις μέγιστες και τις ελάχιστες θερμοκρασίες (σχήμα 3.18), διαπιστώνεται ότι ως προς την πρώτη παράμετρο, η μέση διαφορά θερμοκρασίας του σταθμού με τις υψηλότερες τιμές και του αντίστοιχου με τις χαμηλότερες, φτάνει τους 1.9 °C και στη δεύτερη τους 3.6 °C. Ως προς τη χρονοσειρά των ελαχίστων τιμών, είναι εμφανές ότι για όλη τη διάρκεια του μήνα, οι μικρότερες τιμές υπολογίζονται για το σταθμό της Σίνδου ενώ θα πρέπει να επισημανθεί ότι ο σταθμός αυτός, είναι ο μοναδικός που για ένα μικρό διάστημα, η ελάχιστη θερμοκρασία του πέφτει κάτω του μηδενός. Έτσι, η χαμηλότερη ελάχιστη θερμοκρασία που καταγράφεται στη Σίνδο, σε όλη τη διάρκεια του μήνα, είναι στους -1.2 °C και είναι, για τη συγκεκριμένη περίπτωση, κατά 4.8 °C χαμηλότερη από αυτή της Νεοχωρούδας (3.6 °C) και 2.9 °C από τη μέση ελάχιστη των υπόλοιπων σταθμών (1.7 °C).





Σχήμα 3.18. Απεικόνιση της ημερήσιας μέγιστης (αριστερή στήλη) και ελάχιστης (δεξιά στήλη) θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια του πρώτου μήνα της κάθε εποχής του έτους, της περιόδου μελέτης 2001-2004

Συνεχίζοντας με το Φεβρουάριο (σχήμα Π.1 και Π.2) η μέση διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ του θερμότερου και του ψυχρότερου σταθμού ως προς τις μέσες τιμές φθάνει τους 2.8 °C, στις μέγιστες στους 2.1 °C, ενώ στις ελάχιστες ανέρχεται στους 4.2 °C, με τη μεγαλύτερη διαφορά να εντοπίζεται μεταξύ των Βενιζέλου-Σίνδου, των Μετεωροσκοπείου-Πανοράματος και των Νεοχωρούδας-Σίνδου αντίστοιχα. Να σημειωθεί ότι η διαφορά των ελαχίστων θερμοκρασιών μεταξύ των σταθμών, σε μερικές περιπτώσεις ξεπερνά τους 5.0 °C, ενώ φτάνει και τους 7.2 °C. Αξίζει να επισημανθεί, ότι ενώ είναι εμφανείς οι πολύ χαμηλές ελάχιστες θερμοκρασίες που διατηρούνται στο σταθμό της Σίνδου καθ' όλη τη διάρκεια του μήνα, ως προς τις μέγιστες δεν ισχύει το ίδιο καθώς οι χαμηλότερες τιμές εντοπίζονται στο Πανόραμα.

Ολοκληρώνοντας την περιγραφή του χειμώνα, με το Δεκέμβριο (σχήματα Π1 και Π2), διαπιστώνεται ότι πρόκειται για το μήνα όπου παρατηρούνται οι μεγαλύτερες διαφορές θερμοκρασίας μεταξύ των σταθμών. Συγκεκριμένα κατά τη διάρκεια του, σημειώνονται περιπτώσεις όπου η διαφορά ως προς τις μέσες τιμές μεταξύ των σταθμών, ανέρχεται στους 7.9 °C, ενώ είναι ο μοναδικός μήνας όπου η μέση διαφορά και για τις τρεις παραμέτρους είναι της ίδιας τάξης (4.8 °C στις μέσες, 4.3 °C στις

μέγιστες, 4.7 °C στις ελάχιστες). Επιπλέον αξίζει να επισημανθεί ότι φορές στο Πανόραμα, προκύπτουν χαμηλές μέγιστες θερμοκρασίες, ενώ αντίθετα στο Μετεωροσκοπείο υψηλές ελάχιστες, με αποτέλεσμα οι μέγιστες τιμές του πρώτου να είναι μικρότερες από τις ελάχιστες του δεύτερου, με διαφορά που ξεκινάει από 0.1 °C έως 1.0 °C. Συνεχίζοντας, σε αυτό το σημείο αναφέρεται ότι είναι η πρώτη φορά εξαιρουμένου του σταθμού της Σίνδου, όπου και σε άλλους σταθμούς (ΣΘΕ, Ελ. Κορδελιό, Πανόραμα) οι ελάχιστες θερμοκρασίες είναι μικρότερες του μηδενός.

Στην περίπτωση των εαρινών μηνών (σχήματα 3.17 και 3.18), κατά τη διάρκεια του Μαρτίου η μέση τιμή της διαφοράς θερμοκρασίας μεταξύ του θερμότερου και του ψυχρότερου σταθμού είναι 3.0 °C, ενώ η μεγαλύτερη τιμή που λαμβάνει, μέσα στο μήνα, φθάνει τους 5.5 °C. Συγκεκριμένα, η θερμοκρασία που υπολογίζεται για το σταθμό της Σίνδου είναι στους 11.7 °C ενώ για το σταθμό της Νεοχωρούδας στους 15.3 °C. Η μέση τιμή της θερμοκρασίας που προκύπτει από τους 7εναπομείναντες σταθμούς της μελέτης, στην προκειμένη περίπτωση, είναι στους 14.7 °C. Συνεπώς προκύπτει ότι η θερμοκρασία στο σταθμό της Νεοχωρούδας είναι κατά 0.6 °C υψηλότερη από τη μέση τιμή των υπολοίπων σταθμών ενώ της Σίνδου κατά 3.0 °C χαμηλότερη. Αντίθετα ως προς τις μέγιστες θερμοκρασίες, η μέση διαφορά μεταξύ των σταθμών που εμφανίζουν τις υψηλότερες τιμές και αυτών με τις χαμηλότερες είναι η μικρότερη (2.2 °C). Ωστόσο, υπάρχει η περίπτωση όπου η διαφορά φθάνει τους 4.2 °C λόγω της υψηλής θερμοκρασίας στη Νεοχωρούδα. Ως προς τις ελάχιστες θερμοκρασίες, οι διαφορές είναι εμφανώς μεγαλύτερες καθώς η μέση τιμή της διαφοράς για όλο το μήνα ανέρχεται στους 4.2 °C, ενώ σημειώνεται και περίπτωση κατά την οποία η ελάχιστη θερμοκρασία στη Σίνδο αγγίζει τους 5.6 °C και στη Νεοχωρούδα στους 13.1 °C. Αποτέλεσμα αυτού, το εύρος της θερμοκρασίας στην πόλη να ξεπερνάει τους 7.0 °C.

Τον Απρίλιο (σχήματα Π1 και Π2), διακρίνεται ότι από την έναρξη του και μέχρι το τέλος του, επικρατεί μια σταδιακή αύξηση της μέσης θερμοκρασίας την οποία ακολουθεί η χρονοσειρά των μέγιστων θερμοκρασιών και σε μικρότερο βαθμό και των ελάχιστων. η μέση διαφορά θερμοκρασίας του θερμότερου και του ψυχρότερου σταθμού είναι 3.1 °C και κυμαίνεται από 1.9 έως 4.1 °C. Μόνο σε μία περίπτωση όπου το Πανόραμα αποτελεί τον ψυχρότερο σταθμό (όλες τις υπόλοιπες στη Σίνδο καταγράφονται οι μικρότερες μέσες θερμοκρασίες) η διαφορά αυτή φθάνει τους 5.2

°C. Επιπλέον για μια ακόμα φορά, η μέση διαφορά μεταξύ του σταθμού που καταγράφει τις υψηλότερες και αυτού με τις χαμηλότερες μέγιστες θερμοκρασίες, είναι εμφανώς μικρότερη από τις αντίστοιχες ελάχιστες, καθώς στην πρώτη περίπτωση υπολογίζεται στους 2.2 °C και στη δεύτερη στους 3.9 °C.

Το Μάιο διακρίνεται ότι μέχρι και τα μέσα του τρίτου δεκαημέρου, δεν παρατηρείται κάποια ιδιαίτερη αλλαγή στην πορεία της θερμοκρασίας και για τις τρεις παραμέτρους, καθώς παρουσιάζονται μικρές διακυμάνσεις γύρω από τη μέση τιμή. Αντίθετα λίγο πριν το τέλος του, γίνεται εμφανής η πτώση της θερμοκρασίας σε όλους τους σταθμούς, ενώ στη συνέχεια σημειώνεται άνοδος που συνεχίζεται μέχρι το τέλος του μήνα. Η μέση διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ των σταθμών παραμένει σχεδόν η ίδια με 3.2 °C, ενώ λίγο πριν το τέλος του μήνα, η Βενιζέλου με 22.4 °C είναι κατά 4.7 °C θερμότερη της Σίνδου (17.7 °C). Στη συγκεκριμένη περίπτωση, να σημειωθεί ότι το Πανόραμα δείχνει μέση θερμοκρασία ίση με 18.3 °C ενώ οι υπόλοιποι σταθμοί βρίσκονται κοντά στους 19.4 °C. Αναφορικά με τις μέγιστες θερμοκρασίες, η μέση διαφορά μεταξύ των σταθμών ισούται με 2.2 °C, με τη μεγαλύτερη τιμή να ανέρχεται στους 3.5 °C. Αντίστοιχα στις ελάχιστες, η μέση διαφορά είναι μεγαλύτερη (4.5 °C), ενώ μάλιστα σημειώνεται περίπτωση όπου η ελάχιστη θερμοκρασία στη Σίνδο υπολογίζεται κατά 8.8 °C μικρότερη από αυτήν της Νεοχωρούδας.

Γενικά την άνοιξη οι έξι από τους εννιά σταθμούς της μελέτης, παρουσιάζουν παραπλήσιες μεταξύ τους ημερήσιες θερμοκρασίες. Αντίθετα το κέντρο της πόλης (Βενιζέλου) είναι ιδιαίτερα πιο θερμό, ενώ η Σίνδος παρουσιάζεται με διαφορά πιο ψυχρή. Το Πανόραμα είναι περίπου 1.0-1.5 °C θερμότερο από τη Σίνδο. Προκύπτει επομένως ότι οι θερμοκρασίες της Σίνδου σε συνδυασμό με της Βενιζέλου, αποτελούν την αιτία που αυξάνει το εύρος της θερμοκρασίας της πόλης.

Από τη μελέτη των θερινών μηνών (σχήματα 3.17 και Π1), γίνονται πιο ευδιάκριτα τα παραπάνω καθώς κατά το μεγαλύτερο διάστημα, του κάθε μήνα ξεχωριστά, παρατηρείται ότι επτά στους εννέα σταθμούς καταγράφουν μεταξύ τους παραπλήσιες θερμοκρασίες, ενώ η Βενιζέλου και η Σίνδος παρουσιάζουν διαφορές από τους υπόλοιπους, με τις μεγαλύτερες να εντοπίζονται στην περίπτωση της Σίνδου. Συγκεκριμένα, η μέση διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ των δύο σταθμών τον Ιούνιο και τον Ιούλιο φτάνει τους 3.9°C, ενώ τον Αύγουστο περίπου κατά ένα βαθμό

λιγότερη (2.8 °C). Οι διαφορές αυτές, κυμαίνονται τον πρώτο μήνα μεταξύ των 2.5-5.3 °C, τον δεύτερο από 3.2 έως 4.9 °C και τον τρίτο από 1.9 έως 4.6 °C, όπου για τις περισσότερες περιπτώσεις η διεύρυνση του εύρους αυτής της διαφοράς οφείλεται στις ιδιαίτερα χαμηλές μέσες ημερήσιες θερμοκρασίες της Σίνδου.

Από την ανάλυση των μέγιστων και των ελάχιστων θερμοκρασιών (σχήματα 3.18 και Π2) παρατηρείται ότι η διαφορά μεταξύ των σταθμών ως προς την πρώτη παράμετρο κυμαίνεται από 1.7 έως 4.0 °C, ενώ ως προς τη δεύτερη από 2.3 έως 8.6 °C. Μία ακόμα διαφορά που παρατηρείται μεταξύ των δύο παραμέτρων, είναι ότι στις μεν μέγιστες τιμές όταν σημειώνεται μία αύξηση ή μείωσή της, αυτή λαμβάνει χώρα σε όλους τους σταθμούς, ενώ ως προς τις ελάχιστες δεν ισχύει πάντα το ίδιο. Επιπλέον να αναφερθεί ότι κατά τη διάρκεια του Ιουνίου, ενώ γενικά παρατηρείται ότι οι δύο παράμετροι ακολουθούν την ίδια πορεία, στα μέσα της χρονοσειράς, οι μέγιστες θερμοκρασίες όλων των σταθμών σημειώνουν αύξηση, σε σχέση με τις προηγούμενες και επόμενες τιμές, ενώ οι ελάχιστες των περισσότερων σταθμών μειώνονται.

Σύμφωνα με την ανάλυση των ημερήσιων θερμοκρασιών του φθινοπώρου (σχήματα 3.17 & 3.18 και Π1 & Π2), δεν παρατηρείται κάποια ιδιαίτερη συμπεριφορά της θερμοκρασίας σε κάποιο σταθμό ξεχωριστά, εκτός από λίγες σποραδικές περιπτώσεις. Επιγραμματικά αναφέρεται ότι λίγο πριν το τέλος του πρώτου δεκαημέρου του Οκτωβρίου, ενώ στους περισσότερους σταθμούς σημειώνεται πτώση της μέσης θερμοκρασίας, στη Βενιζέλου καταγράφεται αύξηση, ενώ οι άλλες δύο παράμετροι όλων των σταθμών παρουσιάζουν ίδια συμπεριφορά. Γενικά και για τους τρεις μήνες του φθινοπώρου, όλοι οι σταθμοί τόσο ως προς τις μέσες, όσο και ως προς τις μέγιστες και ελάχιστες θερμοκρασίες, ακολουθούν ανάλογη πορεία. Αξίζει ωστόσο να αναφερθεί, ότι το εύρος της θερμοκρασίας μέσα στην πόλη παρουσιάζεται αρκετά μεγάλο σε όλη τη διάρκεια του φθινοπώρου και για τις τρεις παραμέτρους.

Συγκεκριμένα τον Νοέμβριο η μέση διαφορά της θερμοκρασίας μεταξύ του σταθμού που καταγράφει τις υψηλότερες τιμές και αυτού με τις χαμηλότερες ως προς τη χρονοσειρά των μέσων τιμών θερμοκρασίας, φθάνει τους 4.3°C (μέγιστη διαφορά 7.7 °C), ως προς τις μέγιστες τους 4.0°C (μέγιστη διαφορά 5.8 °C) και ως προς τις ελάχιστες τους 4.8°C (μέγιστη διαφορά 8.4 °C). Να τονισθεί ότι, τους μήνες Νοέμβριο και Δεκέμβριο, η διαφορά θερμοκρασίας μέσα στην πόλη είναι ίση ή ξεπερνά τους 4.0 °C και στις τρεις χρονοσειρές των μέσων, μέγιστων και ελαχίστων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΤΩΝ ΣΤΑΘΜΩΝ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΚΑΙ ΑΚΡΑΙΟΙ ΔΕΙΚΤΕΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ

4.1 ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΤΩΝ ΣΤΑΘΜΩΝ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

4.1.1. ΕΤΗΣΙΑ ΑΝΑΛΥΣΗ

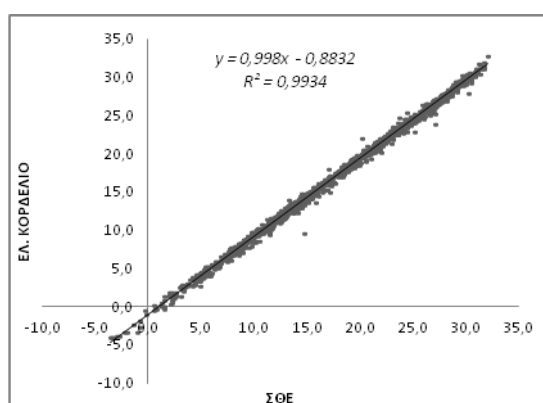
Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο της εργασίας μελετάται η σχέση μεταξύ των εξεταζόμενων σταθμών. Δηλαδή μελετάται αν οι επιλεγμένοι σταθμοί σχετίζονται με τέτοιο τρόπο ώστε αν μεταβληθεί η θερμοκρασία στον ένα σταθμό να μπορεί να προβλεφθεί η συμπεριφορά της θερμοκρασίας στον άλλο.

Για το σκοπό αυτό κατασκευαστήκαν διαγράμματα, στα οποία απεικονίζονται ως ζεύγη οι ημερήσιες θερμοκρασίες των σταθμών ενώ ταυτόχρονα διακρίνεται και η γραμμή ελαχίστων τετραγώνων. Επιπλέον υπολογίζεται και ο συντελεστής προσδιορισμού (r^2), ο οποίος δείχνει το ποσό της μεταβλητότητας της εξαρτημένης μεταβλητής Y που οφείλεται στη μεταβλητή X . Ενδεικτικά παρατίθενται ορισμένα από τα διαγράμματα ενώ στον πίνακα 4.1 καταγράφονται οι τιμές του συντελεστή r , που υπολογίζονται κατά τη συσχέτιση των σταθμών.

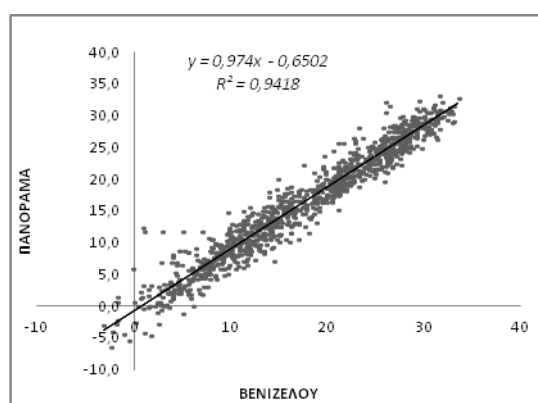
Όπως διακρίνεται από τον πίνακα που ακολουθεί, όλοι οι σταθμοί παρουσιάζουν υψηλή συσχέτιση μεταξύ τους, καθώς το r λαμβάνει τιμές μεγαλύτερες ή ίσες του 0.94, δηλαδή η θερμοκρασία μεταβάλλεται με παρόμοιο τρόπο στους σταθμούς άσχετα με την τοποθεσία τους. Οι σταθμοί που παρουσιάζουν την μικρότερη συσχέτιση (μπλε κύκλος) είναι η Βενιζέλου και το Πανόραμα. Από την άλλη μεριά στους σταθμούς της ΣΘΕ και του Ελ. Κορδελιού εντοπίζεται το μεγαλύτερο r με τιμή που αγγίζει σχεδόν τη μονάδα (0.999).

Πίνακας 4.1. Συσχέτιση Ημερήσιας Θερμοκρασίας μεταξύ των σταθμών της μελέτης για την περίοδο 2001-2004

	ΜΕΣΕΣ ΗΜΕΡΗΣΙΕΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΕΣ								
R	BEN	METEO	ΣΘΕ	ΚΑΛΑΜ	ΕΛ.ΚΟΡ	ΕΠΤ	ΝΕΟΧ	ΣΙΝΔ	ΠΑΝ
BEN	1.000	0.968	0.971	0.969	0.973	0.973	0.971	0.956	0.940
METEO	0.968	1.000	0.998	0.995	0.997	0.993	0.988	0.983	0.955
ΣΘΕ	0.971	0.998	1.000	0.997	0.999	0.997	0.993	0.980	0.978
ΚΑΛΑΜ	0.969	0.995	0.997	1.000	0.997	0.994	0.990	0.982	0.960
ΕΛ.ΚΟΡ	0.973	0.997	0.999	0.997	1.000	0.997	0.995	0.984	0.984
ΕΠΤ	0.973	0.993	0.997	0.994	0.997	1.000	0.996	0.979	0.966
ΝΕΟΧ	0.971	0.988	0.993	0.990	0.995	0.996	1.000	0.981	0.989
ΣΙΝΔ	0.956	0.983	0.980	0.982	0.984	0.979	0.981	1.000	0.979
ΠΑΝ	0.940	0.955	0.978	0.960	0.984	0.966	0.989	0.979	1.000



(α)



(β)

Σχήμα 4.1. Συσχέτιση των ημερήσιων θερμοκρασιών μεταξύ των σταθμών (α) Ελ. Κορδελιό-ΣΘΕ, όπου υπολογίζεται ο μεγαλύτερος συντελεστής συσχέτισης και (β) Πανόραμα-Βενιζέλου, όπου υπολογίζεται ο μικρότερος συντελεστής συσχέτισης

Για τους σταθμούς που παρουσιάζουν τη μεγαλύτερη και τη μικρότερη τιμή του συντελεστή συσχέτισης δημιουργήθηκαν και τα αντίστοιχα διαγράμματα διασποράς (σχήμα 4.1). Στο πρώτο διάγραμμα οι μέσες ημερήσιες θερμοκρασίες βρίσκονται σχεδόν πάνω στην ευθεία ελαχίστων τετραγώνων ενώ στο δεύτερο είναι πιο διασπαρμένες, ερμηνεύοντας έτσι γιατί ο συντελεστής συσχέτισης, στην πρώτη περίπτωση, είναι μεγαλύτερος από τη δεύτερη. Επιπλέον διακρίνεται ότι, εκτός από την εξίσωση της ευθείας, αναγράφεται και ο **Συντελεστής Προσδιορισμού r^2** (Coefficient of determination), ο οποίος δείχνει το ποσό της μεταβλητότητας της

εξαρτημένης μεταβλητής Y που οφείλεται στη μεταβλητή X . Συγκεκριμένα στο πρώτο διάγραμμα παίρνει την τιμή 0.9934, όπου αυτό δείχνει ότι 99.34% της μεταβλητότητας του Y σχετίζεται με μεταβολή του X ή ότι 0.66% της μεταβλητότητας του Y οφείλεται σε άλλους παράγοντες. Στη δεύτερη περίπτωση όπου το r^2 ισούται με 0.9418, δηλώνει πως η μεταβλητότητα του Y οφείλεται κατά 94.18% στη μεταβολή του X και κατά 5.82% σε άλλους παράγοντες.

4.1.2. ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΤΗΣ ΧΕΙΜΕΡΙΝΗΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΘΕΡΙΝΗΣ ΠΕΡΙΟΔΟΥ

Για την εξαγωγή μιας λεπτομερέστερης εικόνας της σχέσης των υπό μελέτη σταθμών, διαχωρίζεται το κάθε έτος σε δύο περιόδους, τη χειμερινή (Σεπτέμβριος-Φεβρουάριος) και την θερινή (Μάρτιος-Αύγουστος). Κύριος στόχος είναι να διαπιστωθεί αν οι σταθμοί συσχετίζονται διαφορετικά μεταξύ τους ανάλογα με την περίοδο. Συνεπώς στον πίνακα 4.2 καταγράφονται οι συντελεστές συσχέτισης, μεταξύ των σταθμών, για τη χειμερινή περίοδο ενώ αντίστοιχα στον πίνακα 4.3 για τη θερινή. Επιπλέον παρατίθενται και τα διαγράμματα για τα οποία υπολογίζεται ο μεγαλύτερος και ο μικρότερος συντελεστής r .

Όπως διακρίνεται από τους δύο παρακάτω πίνακες οι τιμές του συντελεστή συσχέτισης είναι πολύ υψηλές, με κάποιες περιπτώσεις να είναι υψηλότερες κατά τη διάρκεια της μιας περιόδου ενώ σε άλλες την άλλη. Πάντως, όπως και κατά την ετήσια ανάλυση, η μεγαλύτερη συσχέτιση εντοπίζεται και εδώ μεταξύ του Ελ. Κορδελιού και της ΣΘΕ και ισούται με 0.997. Προκύπτει ακόμα ότι η χαμηλότερη συσχέτιση εντοπίζεται κατά την χειμερινή περίοδο, μεταξύ του Πανοράματος και της Βενιζέλου ($r=0.829$). Αντίστοιχα η χαμηλότερη τιμή του συντελεστή συσχέτισης κατά την θερινή περίοδο υπολογίζεται ότι είναι 0.897 και εμφανίζεται μεταξύ της Σίνδου και της Βενιζέλου.

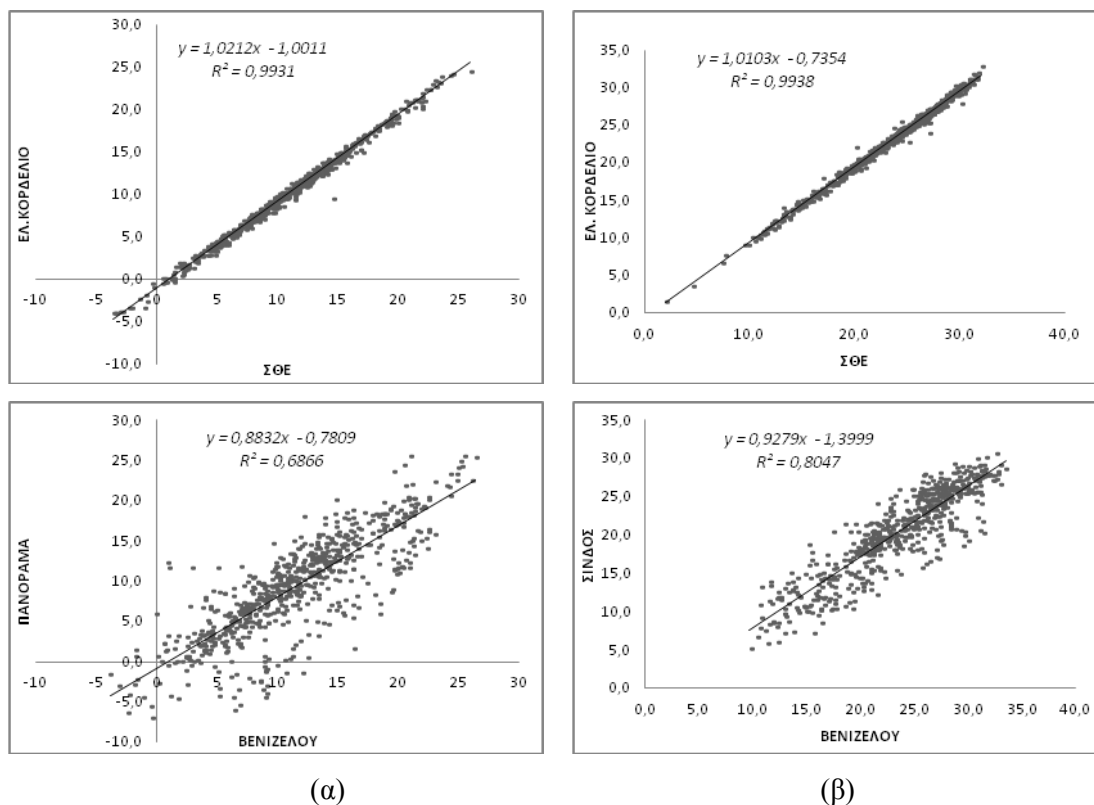
Πίνακας 4.2. Συσχέτιση Ημερήσιας Θερμοκρασίας μεταξύ των σταθμών της μελέτης κατά τη χειμερινή περίοδο 2001-2004

ΧΕΙΜΕΡΙΝΗ ΠΕΡΙΟΔΟΣ									
R	BEN	METEO	ΣΘΕ	ΚΑΛΑΜ	ΕΛ.ΚΟΡ	ΕΠΤ	ΝΕΟΧ	ΣΙΝΔ	ΠΑΝ
BEN.	1.000	0.921	0.921	0.918	0.926	0.937	0.932	0.910	0.829
METEO	0.921	1.000	0.994	0.986	0.992	0.986	0.968	0.981	0.864
ΣΘΕ	0.921	0.994	1.000	0.988	0.997	0.993	0.983	0.977	0.953
ΚΑΛΑΜ	0.918	0.986	0.988	1.000	0.988	0.983	0.969	0.972	0.866
ΕΛ.ΚΟΡ	0.926	0.992	0.997	0.988	1.000	0.992	0.986	0.984	0.967
ΕΠΤ	0.937	0.986	0.993	0.983	0.992	1.000	0.990	0.967	0.894
ΝΕΟΧ	0.932	0.968	0.983	0.969	0.986	0.990	1.000	0.963	0.968
ΣΙΝΔ	0.910	0.981	0.977	0.972	0.984	0.967	0.963	1.000	0.948
ΠΑΝ	0.829	0.864	0.953	0.866	0.967	0.894	0.968	0.948	1.000

Πίνακας 4.3. Συσχέτιση Ημερήσιας Θερμοκρασίας μεταξύ των σταθμών της μελέτης κατά τη θερινή περίοδο 2001-2004

ΘΕΡΙΝΗ ΠΕΡΙΟΔΟΣ									
R	BEN	METEO	ΣΘΕ	ΚΑΛΑΜ	ΕΛ.ΚΟΡ	ΕΠΤ	ΝΕΟΧ	ΣΙΝΔ	ΠΑΝ
BEN.	1.000	0.937	0.942	0.943	0.944	0.946	0.942	0.897	0.915
METEO	0.937	1.000	0.996	0.993	0.994	0.987	0.982	0.947	0.954
ΣΘΕ	0.942	0.996	1.000	0.996	0.997	0.994	0.988	0.940	0.961
ΚΑΛΑΜ	0.943	0.993	0.996	1.000	0.995	0.992	0.988	0.948	0.965
ΕΛ.ΚΟΡ	0.944	0.994	0.997	0.995	1.000	0.995	0.993	0.950	0.971
ΕΠΤ	0.946	0.987	0.994	0.992	0.995	1.000	0.994	0.945	0.971
ΝΕΟΧ	0.942	0.982	0.988	0.988	0.993	0.994	1.000	0.957	0.986
ΣΙΝΔ	0.897	0.947	0.940	0.948	0.950	0.945	0.957	1.000	0.967
ΠΑΝ	0.915	0.954	0.961	0.965	0.971	0.971	0.986	0.967	1.000

Διακρίνεται συνεπώς ότι κατά τη διάρκεια και των δύο περιόδων, οι κεντρικότεροι σταθμοί της μελέτης δεν συσχετίζονται τόσο έντονα. Στη συνέχεια παρατίθενται τα διαγράμματα του υψηλότερου και του χαμηλότερου συντελεστή συσχέτισης κατά τη διάρκεια των δύο περιόδων (σχήμα 4.2).



Σχήμα 4.2. Συσχέτιση των ημερήσιων θερμοκρασιών μεταξύ των σταθμών (α)κατά τη χειμερινή περίοδο, και (β) κατά τη θερινή περίοδο. Στην πάνω γραμμή απεικονίζονται οι σταθμοί με το μεγαλύτερο συντελεστή συσχέτισης και στην κάτω με το μικρότερο συντελεστή συσχέτισης

Είναι εμφανής η συσπείρωση των σημείων πάνω στην ευθεία ελαχίστων τετραγώνων στη πρώτη γραμμή, σε σχέση με τη δεύτερη. Σύμφωνα με τον **Συντελεστή Προσδιορισμού r^2** , κατά 99.31% η μεταβλητότητα της θερμοκρασίας στο Ελ. Κορδελιό σχετίζεται με μεταβολή στη ΣΘΕ κατά τη χειμερινή περίοδο ενώ κατά τη θερινή κατά 99.38%. Αντίστοιχα η μεταβλητότητα της θερμοκρασίας του Πανοράματος, κατά 31.34%, και της Σίνδου, κατά 19.53%, οφείλεται σε άλλους παράγοντες που δεν σχετίζονται με τη Βενιζέλου.

4.2. ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΩΝ ΕΜΦΑΝΙΣΗΣ ΑΚΡΑΙΩΝ ΜΕΓΙΣΤΩΝ ΚΑΙ ΕΛΑΧΙΣΤΩΝ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΩΝ

4.2.1. ΑΚΡΑΙΟΙ ΔΕΙΚΤΕΣ

Στη συνέχεια της μελέτης κρίνεται σκόπιμο, εκτός από τις μέσες θερμοκρασίες, να μελετηθούν και οι ακραίες τιμές τους ώστε να βρεθούν αν υπάρχουν διαφορές στη συμπεριφορά των αστικών και περιαστικών σταθμών. Για αυτό το λόγο γίνεται ο υπολογισμός ακραίων δεικτών (μέγιστων και ελάχιστων) θερμοκρασίας, για κάθε σταθμό ανά μήνα, με σκοπό να προσδιοριστούν οι ημέρες της εξεταζόμενης περιόδου, οι οποίες παρουσιάζονται ιδιαίτερα θερμές ή ψυχρές. Στη συνέχεια εξετάζονται αν οι ημερομηνίες, κατά τις οποίες συνέβη κάποιο ακραίο καιρικό γεγονός, είναι οι ίδιες για όλους τους σταθμούς της μελέτης.

Σε αυτό το σημείο να διευκρινιστεί ότι ένα γεγονός μπορεί να χαρακτηριστεί ως ακραίο αν παρουσιάζεται στα άκρα μιας κλιματολογικής κατανομής -ποσοστιαία προσέγγιση- ή αν επαναλαμβάνεται μετά από ένα μεγάλο διάστημα ετών (Lionello, 2009). Για το λόγο αυτό γίνεται χρήση των δεικτών T_{xq90} και T_{hq10} , υπολογίζοντας το 90^{στο} και το 10^ο ποσοστιαίο σημείο, για την εκτίμηση των ακραίων θερμών και ψυχρών θερμοκρασιών αντίστοιχα. Οι τιμές των δεικτών προσδιορίζονται από τις αντίστοιχες χρονοσειρές μέγιστης και ελάχιστης θερμοκρασίας (T_{max} , T_{min}). Στους πίνακες (πίνακες 4.4 και 4.5) που ακολουθούν παρατίθενται οι τιμές αυτών των δεικτών.

Από τον πίνακα 4.4 διακρίνεται ότι κατά τη διάρκεια του χειμώνα και του φθινοπώρου οι υψηλότερες τιμές του δείκτη των ακραίων μέγιστων θερμοκρασιών εντοπίζονται στο σταθμό του Μετεωροσκοπείου και οι χαμηλότερες, ως επί το πλείστον, στο σταθμό του Πανοράματος. Εξαιρείται ο Ιανουάριος και ο Σεπτέμβριος όπου στην Καλαμαριά και στη Σίνδο αντίστοιχα εντοπίζονται οι μικρότερες ακραίες μέγιστες θερμοκρασίες. Γενικά οι σταθμοί της Σίνδου και του Πανοράματος καθ' όλη τη διάρκεια του έτους φαίνεται να παρουσιάζουν παρόμοιες τιμές ακραίων μέγιστων θερμοκρασιών. Αναφορικά με τη θερμή περίοδο του έτους οι μεγαλύτερες τιμές του δείκτη εμφανίζονται στη Νεοχωρούδα ενώ οι μικρότερες παρουσιάζονται κυρίως στη Καλαμαριά. Επίσης το Μετεωροσκοπείο και το Ελ. Κορδελιό ανήκουν στους σταθμούς που εμφανίζουν μεγάλες τιμές ακραίων μέγιστων θερμοκρασιών ενώ,

αντίθετα, η Σίνδος και κάποιες ενίοτε και το Πανόραμα παρουσιάζει μικρότερες τιμές. Τέλος αξίζει να αναφερθεί ότι η μικρότερη διαφορά των ακρότατων δεικτών μεταξύ των σταθμών εντοπίζεται τον Απρίλιο και τον Μάιο (1.4 °C και τους δύο μήνες) ενώ μεγαλύτερη διαφορά σημειώνεται το Δεκέμβριο (3.4 °C).

Πίνακας 4.4. Τιμές ακραίων μεγίστων θερμοκρασιών (T_{hq90}) (°C), σε μηνιαία βάση για τους σταθμούς μελέτης. Με έντονα γράμματα επισημαίνονται οι υψηλότερες τιμές του δείκτη.

	ΜΕΤΕΟ	ΣΘΕ	ΚΑΛΑΜ	ΕΛ.ΚΟΡ	ΣΙΝΔ	ΝΕΟΧ	ΠΑΝ
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	16.6	16.2	15.0	16.0	15.3	16.3	15.2
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	19.2	19.0	17.4	18.3	17.1	19.0	16.7
ΜΑΡΤΙΟΣ	20.7	20.9	20.5	20.8	20.2	22.5	21.4
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	23.1	22.7	21.6	22.6	21.8	23.0	21.8
ΜΑΙΟΣ	29.1	28.2	28.0	28.0	28.3	29.4	28.3
ΙΟΥΝΙΟΣ	34.4	33.4	32.6	33.6	32.7	34.5	33.5
ΙΟΥΛΙΟΣ	36.1	35.1	34.4	35.9	33.9	36.5	35.3
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	35.1	34.2	33.7	34.7	33.7	35.6	34.3
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	30.6	30.1	29.4	29.3	28.1	30.1	29.0
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	27.7	27.5	26.1	27.5	26.5	27.3	25.6
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	21.6	20.4	19.4	19.8	19.4	21.0	19.3
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	15.3	14.4	13.7	13.4	13.2	13.9	11.8

Στην περίπτωση του δείκτη των ακραίων ελαχίστων στο σταθμό της Σίνδου το μεγαλύτερο χρονικό διάστημα τους έτους καταγράφονται οι χαμηλότερες τιμές του δείκτη T_{hq10} (Πίνακας 4.5). Εξαιρούνται ο Αύγουστος και ο Νοέμβριος όπου μικρότερες τιμές εντοπίζονται στο Πανόραμα. Αντίθετα οι μεγαλύτερες τιμές των ακραίων ελαχίστων θερμοκρασιών εντοπίζονται στη ΣΘΕ και τη Νεοχωρούδα. Περαιτέρω διακρίνεται ότι οι διαφορές των ακρότατων τιμών του δείκτη για κάθε μήνα είναι αρκετά μεγαλύτερες σε σχέση με τον προηγούμενο δείκτη των ακραίων μεγίστων. Για παράδειγμα τον Μάιο είναι 6.2 °C, τον Ιούλιο 5.7 °C, το Νοέμβριο 5.3 °C και το Δεκέμβριο 4.9 °C. Μελετώντας όμως τον πίνακα διακρίνεται πως το εύρος των τιμών του δείκτη οφείλεται στην πολύ χαμηλή τιμή που καταγράφεται στη Σίνδο και ενίοτε στο Πανόραμα, καθώς ο δείκτης στους υπόλοιπους σταθμούς δεν παρουσιάζει διαφορές μεγαλύτερες των 2.0 °C.

Πίνακας 4.5. Τιμές ακραίων ελάχιστων θερμοκρασιών (T_{hq10}) (°C), σε μηνιαία βάση για τους σταθμούς μελέτης. Με έντονα γράμματα επισημαίνονται οι χαμηλότερες τιμές του δείκτη.

	<i>METEO</i>	<i>ΣΘΕ</i>	<i>ΚΑΛΑΜ</i>	<i>ΕΛ.ΚΟΡ</i>	<i>ΣΙΝΔ</i>	<i>ΝΕΟΧ</i>	<i>ΠΑΝ</i>
<i>ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ</i>	-2.3	-0.5	-1.2	-2.3	-3.3	-1.6	-3.1
<i>ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ</i>	0.1	0.4	-0.2	-0.4	-1.7	0.1	-1.2
<i>ΜΑΡΤΙΟΣ</i>	3.3	4.4	3.8	3.5	0.5	4.4	2.8
<i>ΑΠΡΙΛΙΟΣ</i>	6.5	7.7	7.5	6.9	4.2	7.8	6.0
<i>ΜΑΙΟΣ</i>	12.0	13.6	12.7	12.3	7.4	13.3	11.1
<i>ΙΟΥΝΙΟΣ</i>	16.4	18.2	17.4	16.7	12.7	17.4	15.9
<i>ΙΟΥΛΙΟΣ</i>	19.4	20.8	20.2	20.2	15.1	20.5	17.6
<i>ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ</i>	19.6	20.9	20.1	19.8	18.1	19.9	17.7
<i>ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ</i>	14.6	16.0	15.9	15.0	11.6	15.6	13.8
<i>ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ</i>	10.0	10.3	10.2	8.8	6.6	10.4	9.0
<i>ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ</i>	3.6	4.6	3.5	4.6	2.1	5.4	0.1
<i>ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ</i>	-0.9	-0.4	-0.6	-2.9	-5.1	-0.2	-4.1

4.2.2. ΗΜΕΡΕΣ ΕΜΦΑΝΙΣΗΣ ΑΚΡΑΙΩΝ ΜΕΓΙΣΤΩΝ ΚΑΙ ΕΛΑΧΙΣΤΩΝ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΩΝ

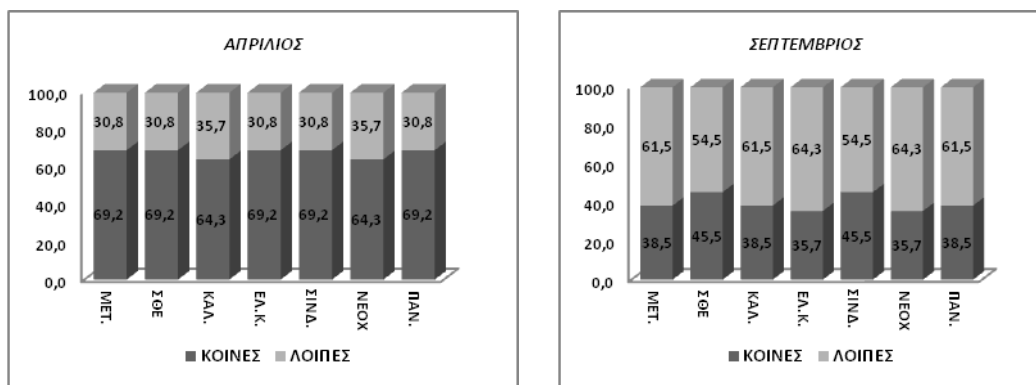
Στη συνέχεια, από τον υπολογισμό των τιμών των δύο ακραίων δεικτών, προσδιορίζεται επίσης το σύνολο των ημερών όπου οι μέγιστες θερμοκρασίες του κάθε σταθμού ήταν μεγαλύτερες ή ίσες από την τιμή του ακραίου δείκτη μέγιστων θερμοκρασιών και αντίστοιχα οι ελάχιστες θερμοκρασίες μικρότερες ή ίσες από την τιμή του δείκτη των ακραίων ελάχιστων θερμοκρασιών. Επιπλέον γίνεται η σύγκριση μεταξύ των σταθμών για τις συγκεκριμένες ημέρες, με σκοπό να διαπιστωθεί αν τα ακραία αυτά γεγονότα εμφανίζονται ταυτόχρονα σε όλες τις περιοχές της Θεσσαλονίκης.

Στα ραβδογράμματα που ακολουθούν παρατίθενται με ποσοστά οι ημέρες που ήταν κοινές για όλους τους σταθμούς καθώς και οι ημέρες όπου ο κάθε σταθμός μεμονωμένα, παρουσίασε κάποια ακραία τιμή. Ο λόγος που έχει επιλεγεί η χρήση ποσοστών αντί του αριθμού ημερών, είναι λόγω κάποιων ενδεχόμενων κενών στις χρονοσειρές ορισμένων σταθμών με αποτέλεσμα να επηρεάζεται η σύγκριση. Στα

σχήματα 4.3 και 4.4 απεικονίζονται οι μήνες για τους οποίους οι σταθμοί είχαν τις περισσότερες και τις λιγότερες κοινές ημέρες καταγραφή ακραίων θερμοκρασιών ενώ όλοι οι μήνες στο σύνολο, τόσο για τις ακραίες μέγιστες όσο και για τις ακραίες ελάχιστες θερμοκρασίες, παρατίθενται στο παράρτημα (σχήματα Π4 και Π5). Στον συγκεντρωτικό πίνακα 4.6 που παρουσιάζεται αρχικά, σημειώνονται τα έτη για τα οποία ο κάθε σταθμός, ανά μήνα, κατέγραψε περιπτώσεις ακραίας μέγιστης ή ακραίας ελάχιστης θερμοκρασίας (σύμβολο √). Επίσης αποτυπώνονται και οι περιπτώσεις όπου δεν παρατηρήθηκε ούτε μία περίπτωση ακραίου γεγονότος (σύμβολο 0) καθώς και τα κενά στα δεδομένα που υπάρχουν στις χρονοσειρές κάποιων σταθμών (σύμβολο x). Στη συνέχεια στους πίνακες 4.7 και 4.8 καταγράφονται αναλυτικά ποιες ημέρες, για τις οποίες σημειώθηκαν ακραίες μέγιστες ή ελάχιστες θερμοκρασίες, ήταν κοινές για όλους τους σταθμούς της μελέτης.

Από τη συνολική μελέτη των σχημάτων Π4 και Π5 διαπιστώνεται ότι ως προς τις ακραίες μέγιστες θερμοκρασίες, το ποσοστό των κοινών ημερών είναι μεγαλύτερο σε σχέση με τις ακραίες ελάχιστες. Εξαιρείται μονάχα ο Ιανουάριος, του οποίου η περίπτωση αναλύεται παρακάτω.

Στο σχήμα 4.3 απεικονίζονται οι δύο μήνες κατά την διάρκεια των οποίων καταγράφηκαν οι περισσότερες και οι λιγότερες κοινές περιπτώσεις ακραίων μέγιστων θερμοκρασιών, μεταξύ των σταθμών της μελέτης. Έτσι τον Απρίλιο (σχ. 4.3α), οι ακραίες τιμές των μέγιστων θερμοκρασιών εμφανίστηκαν ταυτόχρονα σε όλους τους σταθμούς για 9 ημέρες (67.8% των συνολικών ημερών εμφάνισης του δείκτη). Οι περισσότερες κοινές ημέρες εντοπίζονται τα έτη 2001 και 2003 (βλ. πίνακα 4.7). Αξίζει να αναφερθεί ότι το σύνολο των ημερών με τιμές μεγαλύτερες του δείκτη T_{hq90}, υπολογίστηκαν μεταξύ των 13 με 14 ανάλογα με το σταθμό. Θα πρέπει να διευκρινιστεί ότι ο αριθμός των ημερών δεν είναι ίδιος για κάθε σταθμό καθώς σε ορισμένους από αυτούς δεν είναι ολοκληρωμένη η σειρά των δεδομένων και το ποσοστό 90% (ομοίως και στη συνέχεια το 10%) αντιστοιχεί σε διαφορετικό αριθμό ημερών. Όσον αφορά στο 2004 στις 09/04, καταγράφηκαν ακραίες μέγιστες θερμοκρασίες στους περισσότερους από τους υπό εξέταση σταθμούς με εξαίρεση όμως αυτούς της Σίνδου και του Πανοράματος, όπου οι τιμές των μέγιστων θερμοκρασιών ήταν μικρότερες αυτής του ακραίου δείκτη.



(α)

(β)

Σχήμα 4.3. Πλήθος ημερών, εκφρασμένο σε ποσοστό (%) όπου καταγράφηκαν ακραίες μέγιστες θερμοκρασίες κατά τη διάρκεια της εξεταζόμενης περιόδου. (α) Ο μήνας με τις περισσότερες και (β) με τις λιγότερες κοινές ημέρες των εξεταζόμενων σταθμών

Αντίθετα, για τον Σεπτέμβριο (σχ. 4.3β) οι κοινές ημέρες εμφάνισης ακραίων μεγίστων θερμοκρασιών είναι λιγότερες (5), δηλαδή ποσοστό 39.7% του συνόλου. Εμφανίζονται κατά τη διάρκεια του 2001 και μία ημέρα το 2003(πίνακας 4.7). Το συγκεκριμένο μήνα όμως παρατηρείται ότι κατά τη διάρκεια του 2004, στο Πανόραμα δεν καταγράφονται μέγιστες θερμοκρασίες μεγαλύτερες από την τιμή του δείκτη, ενώ δεν ισχύει το ίδιο για τους κεντρικούς σταθμούς της πόλης (εξαιρείται η Σίνδος λόγω έλλειψης δεδομένων).

Προτού γίνει η ανάλογη ανάλυση για τις ακραίες ελάχιστες θερμοκρασίες κρίνεται σκόπιμο να γίνει αναφορά και στους υπόλοιπους μήνες. Έτσι, με βάση το σχήμα Π.3 και τους πίνακες 4.6α και 4.7, τον Ιανουάριο ο αριθμός των κοινών ημερών σε όλους τους σταθμούς, ανέρχεται στους 8 (ποσοστό 60.7%). Ωστόσο, θα πρέπει να αναφερθεί ότι η ΣΘΕ και η Καλαμαριά αποτελούν τους μοναδικούς σταθμούς που καταγράφουν ακραίες μέγιστες θερμοκρασίες μεγαλύτερες από την υπολογισμένη τιμή του δείκτη στο έτος του 2004 (20/01/04). Κάτι αντίστοιχο συμβαίνει και κατά τη διάρκεια του Ιουνίου και του Αυγούστου, όπου οι σταθμοί στο κέντρο της πόλης καταγράφουν ακραίες μέγιστες θερμοκρασίες σε αντίθεση με τους σταθμούς στα περίχωρα.

Πίνακας 46. (α) Καταγραφή της εμφάνισης ακραίων μέγιστων ανά μήνα κάθε έτους της περιόδου 2001-2004. Με √ συμβολίζεται η καταγραφή ακραίων μέγιστων θερμοκρασιών, με 0 η μη καταγραφή και με x η έλλειψη δεδομένων

ΑΚΡΑΙΕΣ ΜΕΓΙΣΤΕΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΕΣ 2001-2004																											
ΜΕΤΕΟ				ΣΘΕ				ΚΑΛΑΜΑΡΙΑ				ΕΛΚΟΡΔΕΛΙΟ				ΣΙΝΔΟΣ				ΝΕΟΧΩΡΟΥΔΑ				ΠΑΝΟΡΑΜΑ			
α	01	02	03	04	01	02	03	04	01	02	03	04	01	02	03	04	01	02	03	04	01	02	03	04			
Ιαν.	✓	✓	✓	0	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	0	✓	✓	✓	0	✓	✓	✓	0	✓	✓	✓	0			
Φεβ.	✓	✓	0	✓	✓	✓	0	✓	✓	✓	✓	0	✓	✓	✓	0	✓	✓	✓	0	✓	✓	✓	0			
Μάρ.	✓	✓	0	✓	✓	✓	0	✓	✓	✓	✓	0	✓	✓	✓	0	✓	✓	✓	0	✓	✓	✓	0			
Απρ.	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	0			
Μάι.	✓	✓	✓	✓	✓	✓	0	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	0	✓	✓	✓	0	✓	✓	✓	0			
Ιούν.	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	0	✓	✓	✓	0	✓	✓	✓	0	✓	✓	✓	0			
Ιουλ.	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	0	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	0			
Αυγ.	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	x	✓	✓	✓	0	✓	✓	✓	0			
Σεπ.	✓	0	✓	✓	✓	0	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	0	x	✓	✓	✓	✓	✓	0	✓	0			
Οκτ.	✓	0	✓	0	✓	0	✓	0	✓	✓	0	x	✓	0	✓	x	✓	✓	✓	0	✓	0	✓	0			
Νοέμ.	✓	✓	✓	✓	✓	0	✓	0	✓	✓	0	x	✓	0	✓	x	✓	✓	0	✓	✓	0	✓	0			
Δεκέμ.	0	✓	✓	✓	0	✓	x	✓	0	✓	✓	x	0	✓	✓	x	✓	✓	✓	x	✓	✓	✓	0			

Πίνακας 4.6. (β) Καταγραφή της εμφάνισης ακραίων ελάχιστων θερμοκρασιών ανά μήνα κάθε έτους της περιόδου 2001-2004. Με ✓ συμβολίζεται η καταγραφή ακραίων μέγιστων θερμοκρασιών, με Q η μη καταγραφή και με x η έλλειψη δεδομένων

ΑΚΡΑΙΕΣ ΕΛΑΧΙΣΤΕΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΕΣ 2001-2004																												
β	ΜΕΤΕΟ				ΣΘΕ				ΚΑΛΑΜΑΡΙΑ				ΕΛ.ΚΟΡΔΕΛΙΟ				ΣΙΝΔΟΣ				ΝΕΟΧΩΡΟΥΔΑ				ΠΑΝΟΡΑΜΑ			
	01	02	03	04	01	02	03	04	01	02	03	04	01	02	03	04	01	02	03	04	01	02	03	04	01	02	03	04
Ιαν.	Q	✓	Q	✓	Q	✓	Q	✓	Q	✓	Q	✓	Q	✓	Q	✓	Q	✓	Q	✓	Q	✓	Q	✓	Q	✓	Q	✓
Φεβ.	Q	Q	✓	✓	Q	Q	✓	✓	Q	Q	✓	✓	Q	Q	✓	✓	Q	Q	✓	✓	Q	Q	✓	✓	Q	Q	✓	✓
Μάρ.	Q	Q	✓	✓	Q	✓	✓	✓	Q	✓	✓	✓	Q	✓	✓	✓	Q	✓	✓	✓	Q	✓	✓	✓	Q	✓	✓	✓
Απρ.	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	Q	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	Q	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Μάι.	✓	Q	Q	✓	✓	Q	Q	✓	✓	Q	Q	✓	✓	Q	Q	✓	✓	Q	Q	✓	✓	Q	Q	✓	Q	Q	✓	✓
Ιούν.	✓	✓	Q	✓	✓	✓	Q	✓	✓	✓	Q	✓	✓	✓	Q	✓	✓	Q	Q	✓	✓	✓	Q	✓	✓	Q	Q	✓
Ιουλ.	✓	✓	Q	✓	✓	✓	Q	✓	✓	✓	Q	✓	✓	✓	✓	✓	✓	Q	Q	✓	✓	✓	Q	✓	✓	Q	Q	✓
Αύγ.	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	Q	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	x	✓	Q	✓	✓	Q	Q	Q	✓
Σεπ.	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	x	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Οκτ.	✓	✓	✓	Q	✓	✓	✓	Q	✓	✓	✓	Q	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	x	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Νοέμ.	✓	Q	Q	✓	✓	Q	Q	✓	✓	Q	Q	✓	✓	Q	Q	x	✓	Q	Q	x	✓	Q	Q	✓	Q	Q	Q	✓
Δεκέμ.	✓	✓	Q	Q	✓	✓	Q	x	✓	✓	Q	Q	✓	✓	Q	x	✓	Q	Q	x	✓	Q	Q	✓	Q	Q	Q	✓

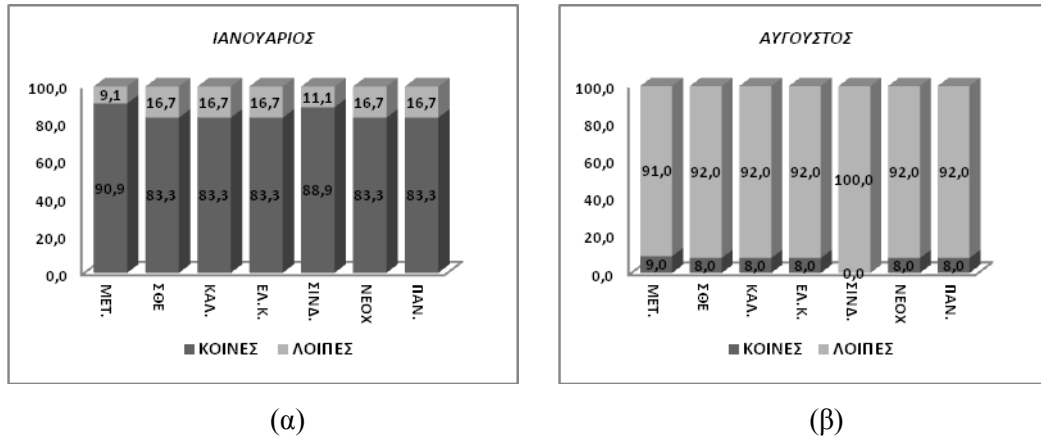
Ποιο αναλυτικά, τον Ιούνιο, ο αριθμός των κοινών ημερών σε όλους τους σταθμούς ανέρχεται στις 7, που αντιστοιχεί σε ποσοστό 51,2% και καταγράφεται στα έτη 2001-2003. Σε αντιστοιχία με τα παραπάνω το 2004, ακραίες υψηλές θερμοκρασίες εντοπίζονται μόνο στο Μετεωροσκοπείο, την ΣΘΕ και την Καλαμαριά στις 26 και 28/06/04. Ομοίως τον Αύγουστο, ο αντίστοιχος αριθμός των κοινών ημερών που καταγράφονται σε όλους τους σταθμούς μεταξύ των ετών 2001-2003, φτάνει τις 5 ημέρες (40,1%), ενώ το 2004 εντοπίζονται σχεδόν σε όλους τους σταθμούς, εκτός της Νεοχωρούδας, της Σίνδου και του Πανοράματος, θερμοκρασίες μεγαλύτερες της τιμής του δείκτη.

Πίνακας 4.7. Καταγραφή ημερών όπου σημειώθηκαν, σε όλους τους σταθμούς της μελέτης, ακραίες μέγιστες θερμοκρασίες κατά τη διάρκεια των ετών 2001-2004

ΕΤΗ	2001	2002	2003	2004
ΜΗΝΕΣ	ΗΜΕΡΕΣ			
Ιανουάριος	(-)	22, 28-30	4, 7, 8, 10	(-)
Φεβρουάριος	25	6, 9, 13, 14	(-)	6
Μάρτιος	18, 21-23, 26-28	21	(-)	(-)
Απρίλιος	25, 26, 27, 29, 30	30	26, 28, 30	(-)
Μάιος	28-31	(-)	3, 4, 10, 11, 15	(-)
Ιούνιος	12	17, 23, 24	12, 13, 25	(-)
Ιούλιος	9, 10, 18, 28	11, 12	4	(-)
Αύγουστος	9, 10	6	16, 31	(-)
Σεπτέμβριος	2, 10, 20, 26	(-)	1	(-)
Οκτώβριος	3-6, 12	(-)	5	(-)
Νοέμβριος	(-)	(-)	1-4	(-)
Δεκέμβριος	(-)	1, 4-6	6	(-)

Τους μήνες Ιούλιο και Μάρτιο οι κοινές ημέρες εμφάνισης ακραίων μεγίστων θερμοκρασιών είναι 8 (61.5%) και 7 (52.2%) αντίστοιχα, στα έτη 2001-2003. Το 2004, κοινές ημέρες (1-2) εμφανίζονται σε όλους τους σταθμούς με εξαίρεση επίσης την Σίνδο και το Πανόραμα. Αναφορικά με το Δεκέμβριο, οι κοινές ημέρες ακραίων μεγίστων θερμοκρασιών υπολογίζονται στις 5 (2002-2003). Σχετικά με το 2004 θα πρέπει να επισημανθεί ότι υπάρχουν κενά στις χρονοσειρές των σταθμών της ΣΘΕ, του Ελ. Κορδελιού, της Σίνδου και της Νεοχωρούδας και επομένως για τον εν λόγω μήνα δεν λαμβάνονται υπόψιν. Ωστόσο, παρατηρείται ότι για διάστημα 6 ημερών, το 2004, στους σταθμούς του Μετεωροσκοπείου και της Καλαμαριάς καταγράφονται μέγιστες ακραίες θερμοκρασίες ενώ το Πανόραμα συνεχίζει να μην εμφανίζει,

θερμοκρασίες μεγαλύτερες από την τιμή του δείκτη. Συνεχίζοντας να αναφερθεί, ότι ο αριθμός των κοινών ημερών για το διάστημα 2001-2004 που παρατηρείται τον Φεβρουάριο και τον Οκτώβριο, φτάνει τις 6 ενώ τέλος τον Νοέμβριο τις 7 ημέρες.



Σχήμα 4.4. Πλήθος ημερών, εκφρασμένο σε ποσοστό (%) όπου καταγράφηκαν ακραίες ελάχιστες θερμοκρασίες κατά τη διάρκεια της εξεταζόμενης περιόδου. (α) Ο μήνας με τις περισσότερες και (β) με τις λιγότερες κοινές ημέρες των εξεταζόμενων σταθμών

Στην περίπτωση των ακραίων ελάχιστων θερμοκρασιών, από τη μελέτη του σχήματος Π.4 διακρίνεται, μικρό ποσοστό κοινών ημερών ελάχιστων θερμοκρασιών, με τιμή μικρότερη του δείκτη Τηq10. Συγκεκριμένα με εξαίρεση τους δύο μήνες (Ιανουάριος, Αύγουστος) του σχήματος 4.4, το ποσοστό αυτό είναι 2 (16.3%) και 5 (40.2%) ημέρες αντίστοιχα. Σε αυτό το σημείο, πρέπει να διευκρινιστεί ότι λόγω της ανεπάρκειας δεδομένων των σταθμών της Σίνδου και του Ελ. Κορδελιού για τους μήνες Σεπτέμβριο-Δεκέμβριο του 2004, δεν συμπεριλαμβάνονται στην καταμέτρηση των κοινών ημερών ακραίων ελάχιστων θερμοκρασιών. Συνεπώς στις περιπτώσεις όπου το σύνολο των ημερών αυτών προκύπτει από το έτος 2004, οι συγκεκριμένοι σταθμοί εμφανίζουν μηδενικό ποσοστό.

Αναφορικά με το σχήμα 4.4α, ο Ιανουάριος αποτελεί το μήνα για τον οποίο προκύπτουν οι περισσότερες κοινές ημέρες ακραίων θερμοκρασιών, τόσο από την ανάλυση των μέγιστων όσο και των ελάχιστων χρονοσειρών. Ο αριθμός αυτός, στην περίπτωση των ελάχιστων θερμοκρασιών, ανέρχεται στις 10 (≈85.2%) και προέρχονται από τα έτη 2002 και 2004 (πίνακας 4.8). Εξαιρείται μονάχα ο σταθμός της Σίνδου για τον οποίο στις 2 από τις 10 κοινές ημέρες δεν υπήρχαν διαθέσιμα δεδομένα. Συνεχίζοντας με το σχήμα 4.4β, διακρίνεται πως κατά τη διάρκεια του

Αυγούστου, μόνο για μία ημέρα φαίνεται ότι όλοι οι σταθμοί παρουσιάζουν ταυτόχρονα ελάχιστες θερμοκρασίες μικρότερες από την τιμή του δείκτη (17/08/2004). Όπως φαίνεται και στον πίνακα 4.6β, η μη καταγραφή περισσότερων κοινών ημερών κατά τη διάρκεια του Αυγούστου, οφείλεται στο γεγονός ότι στο σταθμό του Πανοράματος σημειώνονται ακραίες ελάχιστες θερμοκρασίες μόνο το 2004, σε αντίθεση με τους περισσότερους υπολοίπους σταθμούς, όπου σημειώνονται και στα 4 έτη. Κάτι ανάλογο συμβαίνει και τον Νοέμβριο, όπου ομοίως στο σταθμό του Πανοράματος καταγράφονται ακραίες ελάχιστες θερμοκρασίες μονάχα το 2004, με τη διαφορά ότι και στους υπόλοιπους σταθμούς σημειώνονται ελάχιστες θερμοκρασίες μικρότερες της τιμής του δείκτη. Συνεπώς για το συγκεκριμένο μήνα ο αριθμός των κοινών ημερών ακραίας ελάχιστης θερμοκρασίας, ανέρχεται στις 5 (40.2%).

Πίνακας 4.8. Καταγραφή ημερών όπου σημειώθηκαν, σε όλους τους σταθμούς της μελέτης, ακραίες ελάχιστες θερμοκρασίες κατά τη διάρκεια των ετών 2001-2004

ΕΤΗ	2001	2002	2003	2004
ΜΗΝΕΣ	ΗΜΕΡΕΣ			
Ιανουάριος	(-)	2-6	(-)	6, 7, 23-25
Φεβρουάριος	(-)	(-)	(-)	12-14
Μάρτιος	(-)	(-)	24	6, 7
Απρίλιος	(-)	8	9	(-)
Μάιος	(-)	(-)	(-)	19, 25, 26
Ιούνιος	(-)	(-)	(-)	5, 6
Ιούλιος	(-)	(-)	(-)	14-16
Αύγουστος	(-)	(-)	(-)	17
Σεπτέμβριος	(-)	30	(-)	11, 12
Οκτώβριος	(-)	(-)	27, 28	(-)
Νοέμβριος	(-)	(-)	(-)	21, 22, 25-27
Δεκέμβριος	18, 19	(-)	(-)	(-)

Αναλύοντας κάθε μήνα ξεχωριστά, εντοπίζονται οι ακόλουθες διαφοροποιήσεις μεταξύ των σταθμών. Τον Απρίλιο, τον Οκτώβριο και τον Δεκέμβριο, ο αριθμός των κοινών ημερών ακραίων ελαχίστων θερμοκρασιών δεν ξεπερνά τις 2. Αυτό που παρατηρείται, είναι ότι ενώ σχεδόν όλοι οι σταθμοί μέσα στο 2004 δεν καταγράφουν περισσότερο από μία ημέρα ακραία ελάχιστη θερμοκρασία, δεν ισχύει το ίδιο για τη Σίνδο (μονάχα για τον Απρίλιο όπου υπήρχαν διαθέσιμα δεδομένα) και το Πανόραμα. Συγκεκριμένα στους δύο αυτούς σταθμούς τον Απρίλιο του 2004 καταγράφονται για

6 και 4 ημέρες ελάχιστες θερμοκρασίες μικρότερες της τιμής του δείκτη, ενώ τον Οκτώβριο και τον Δεκέμβριο, μόνο στο Πανόραμα καθώς για τη Σίνδο δεν υπάρχουν διαθέσιμα δεδομένα, για 5 και 10 ημέρες αντίστοιχα.

Τον Μάιο, ο αριθμός των κοινών ημερών φθάνει τις 3 ($\approx 25.4\%$), οι οποίες όλες εμφανίζονται μέσα στο 2004. Παρατηρείται όμως ότι ενώ μέσα στο 2001 (10/05/01-15/05/01), σημειώνονται ακραίες ελάχιστες θερμοκρασίες σχεδόν σε όλους τους σταθμούς, στη Σίνδο δεν καταγράφεται καμία και στο Πανόραμα μονάχα μία. Κάτι ανάλογο διακρίνεται και τον Ιούνιο καθώς και πάλι οι 2 κοινές ημέρες (16.9%), προκύπτουν από το έτος 2004 (πίν. 4.8). Θα πρέπει όμως να αναφερθεί ότι πέρα από αυτές τις δύο ημέρες, στους σταθμούς του Πανοράματος και της Σίνδου σημειώνονται μέσα στο 2004 επιπλέον 8 ημέρες, όπου επικρατούν ελάχιστες θερμοκρασίες μικρότερες της τιμής του δείκτη. Τέλος, ομοίως για τον ίδιο μήνα, σχεδόν όλοι σταθμοί, εκτός της Σίνδου, καταγράφουν ακραίες ελάχιστες θερμοκρασίες μέσα στο 2001. Τον Ιούλιο καταγράφονται 3 κοινές ημέρες μόνο κατά το 2004 (14-16/07/04), γεγονός που οφείλεται στην μη καταγραφή ακραίων θερμοκρασιών στα προηγούμενα έτη στον σταθμό της Σίνδου για τον συγκεκριμένο μήνα.

Τέλος, να αναφερθεί ότι τον Φεβρουάριο, τον Μάρτιο, τον Ιούλιο και το Σεπτέμβριο, ο αριθμός των κοινών ημερών ανέρχεται στις 3 και προέρχονται κυρίως από το έτος 2004. Να επισημανθεί όμως ότι κατά τη διάρκεια αυτών των μηνών καταγράφηκαν ακραίες θερμοκρασίες στους περισσότερους σταθμούς, εκτός της Σίνδου, στα προηγούμενα έτη.

Από την ανάλυση των ημερών καταγραφής ακραίων θερμοκρασιών προκύπτει ότι, οι διαφορές μεταξύ των σταθμών ως προς τις μέγιστες θερμοκρασίες είναι μικρότερες σε σχέση με τις ελάχιστες θερμοκρασίες. Οι διαφορές των ακραίων μεγίστων προκύπτουν κατά βάση, λόγω της διαφορετικής συμπεριφοράς της θερμοκρασίας στους σταθμούς του Πανοράματος και της Σίνδου και σε αρκετά μικρότερο βαθμό και του Ελ. Κορδελιού και της Νεοχωρούδας. Συγκεκριμένα το έτος 2004 στους σταθμούς στα περίχωρα της πόλης και ιδιαίτερα στο Πανόραμα και στη Σίνδο, σημειώνεται μικρότερος αριθμός ημερών με ακραίες μέγιστες θερμοκρασίες, σε αντίθεση με τους κεντρικότερους σταθμούς της μελέτης. Το ακριβώς αντίστροφο ισχύει στην περίπτωση των ακραίων ελάχιστων θερμοκρασιών, όπου το πλήθος των

ημερών που η θερμοκρασία καταγράφεται μικρότερη του συγκεκριμένου δείκτη, είναι ιδιαίτερα μεγαλύτερο στους δύο σταθμούς (ιδιαίτερος στο Πανόραμα). Αναφορικά με τα υπόλοιπα έτη, εντοπίζονται μικρές διαφορές μεταξύ των σταθμών και αυτές εστιάζονται κυρίως το 2001, ειδικά στις ακραίες ελάχιστες θερμοκρασίες.

Συνοψίζοντας όλα τα παραπάνω, προκύπτει ότι όπως ήταν αναμενόμενο, οι σταθμοί που βρίσκονται στα περίχωρα της πόλης παρουσιάζουν χαμηλότερες τιμές και για τους δύο δείκτες, σε σχέση με τους πιο κεντρικούς σταθμούς επιβεβαιώνοντας έτσι την διαφορά θερμοκρασίας ανάμεσα στις περιοχές της Θεσσαλονίκης. Επιπλέον συμπεραίνεται ότι η μεταβολή της θερμοκρασίας από το ένα σημείο της πόλης στο άλλο είναι πιο έντονη ως προς τις ελάχιστες θερμοκρασίες. Στον αντίποδα ως προς τους ακραίους μέγιστους δείκτες, προκύπτει ότι τη θερμή περίοδο του έτους όλοι οι σταθμοί καταγράφουν υψηλές τιμές δεικτών, ενώ την ψυχρή περίοδο του έτους οι αντίστοιχες τιμές ελαττώνονται κυρίως στα περίχωρα. Συνεπώς οι σταθμοί εκτός του αστικού κέντρου παρουσιάζουν μια μεγαλύτερη διαφοροποίηση στις τιμές των δύο δεικτών ανάλογα με την εποχή, σε αντίθεση με τους αστικούς που διατηρούνται υψηλοί, γεγονός που πιθανόν να μπορεί να αποδοθεί και στην επίδραση του φαινομένου της Αστικής Θερμικής Νησίδας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. ΚΑΤΗΓΟΡΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΣΤΑΘΜΩΝ ΑΝΑΛΟΓΑ ΜΕ ΤΗΝ ΘΕΣΗ ΤΟΥΣ

Στο ακόλουθο κεφάλαιο εξετάζεται η ύπαρξη του φαινομένου της Θερμικής Αστικής Νησίδας και η ένταση της (ανάλογα με την εποχή, τον μήνα, την ώρα της ημέρας), όχι μέσω της σύγκρισης του κάθε σταθμού ξεχωριστά με τους υπόλοιπους, αλλά από την μελέτη της συμπεριφοράς της θερμοκρασίας στις δύο κατηγορίες, αστικών και περιαστικών, σταθμών συνολικά. Επιγραμματικά αναφέρεται ότι ο διαχωρισμός των σταθμών σε αστικούς και περιαστικούς, έγινε με βάση τον πληθυσμό της κάθε περιοχής, το πλήθος των κτηρίων (κεφάλαιο 2), και την απόστασή τους από το κέντρο της πόλης. Καταυτό τον τρόπο στη κατηγορία των αστικών σταθμών περιλαμβάνονται, η Βενιζέλου, το Μετεωροσκοπείο, η Σχολή Θετικών Επιστημών, το Επταπύργιο και η Καλαμαριά ενώ στους περιαστικούς σταθμούς το Ελευθέριο Κορδελιό, η Νεοχωρούδα, η Σίνδος και το Πανόραμα.

5.1. ΜΕΣΗ ΜΗΝΙΑΙΑ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΣΤΟ ΚΕΝΤΡΟ ΤΗΣ ΠΟΛΗΣ ΚΑΙ ΣΤΑ ΠΕΡΙΧΩΡΑ ΤΗΣ ΣΕ ΟΛΟΚΛΗΡΟ ΤΟ ΕΙΚΟΣΙΤΕΤΡΑΩΡΟ ΚΑΙ ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΤΗΣ ΗΜΕΡΑΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΝΥΧΤΑΣ

Αρχικά μελετάται η μέση μηνιαία θερμοκρασία της κάθε κατηγορίας σταθμών και η μεταξύ τους διαφορά για κάθε μήνα ξεχωριστά (πίνακας 5.1) ενώ στη συνέχεια εξετάζεται η μέση μηνιαία θερμοκρασία τους κατά τη διάρκεια της ημέρας και της νύχτας (πίνακες 5.2 και 5.3).

Όπως διακρίνεται από τον παρακάτω πίνακα η διαφορά θερμοκρασίας του αστικού κέντρου με τα περίχωρα του είναι της τάξης του 0.5°C, με τις μεγαλύτερες διαφορές να εντοπίζονται κατά τους φθινοπωρινούς και χειμερινούς μήνες. Συγκεκριμένα η μέση διαφορά θερμοκρασίας το φθινόπωρο

και το χειμώνα φθάνει τους 0.6 °C, την άνοιξη τους 0.4 °C και το καλοκαίρι τους 0.3 °C.

Πίνακας 5.1. Μέση μηνιαία θερμοκρασία στο κέντρο της πόλης και στα περίχωρα και η διαφορά μεταξύ τους

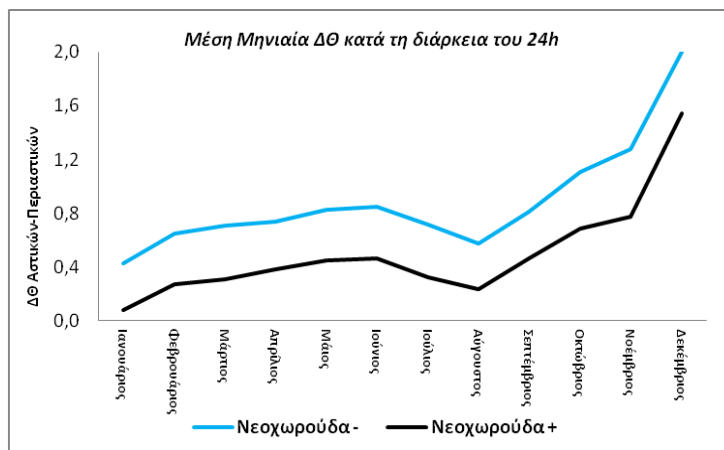
	Αστικοί	Περιαστικοί	Διαφορά
Ιανουάριος	6.9	6.8	0.1
Φεβρουάριος	8.3	8.0	0.3
Μάρτιος	11.6	11.3	0.3
Απρίλιος	14.0	13.6	0.4
Μάιος	19.9	19.4	0.5
Ιούνιος	25.1	24.6	0.5
Ιούλιος	27.3	27.0	0.3
Αύγουστος	26.9	26.7	0.2
Σεπτέμβριος	22.1	21.6	0.5
Οκτώβριος	18.2	17.6	0.7
Νοέμβριος	12.5	11.8	0.8
Δεκέμβριος	6.6	5.1	1.5

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον αποκτά το γεγονός ότι, τον Ιανουάριο η θερμοκρασία παρουσιάζει πολύ μικρές διαφοροποιήσεις σε όλους τους σταθμούς καθώς (0.1 °C), ενώ τον Δεκέμβριο η διαφορά αυτή διευρύνεται στον 1.5 °C, γεγονός που, ενδεχομένως, οφείλεται στις χαμηλές θερμοκρασίες που διατηρούνται το συγκεκριμένο μήνα, όχι μόνο στη Σίνδο, αλλά και στο Πανόραμα. Το Φεβρουάριο, η διαφορά είναι μικρή, αναλογικά, καθώς οι σταθμοί στο κέντρο της πόλης παρουσιάζονται κατά 0.3 °C θερμότεροι των σταθμών των προαστίων. Αντίθετα το Φθινόπωρο, δεν επικρατεί μεγάλη διακύμανση μεταξύ των μηνών καθώς οι αστικοί σταθμοί εμφανίζονται από 0.5 έως 0.8 °C θερμότεροι έναντι των περιαστικών, με τη μεγαλύτερη απόκλιση να καταγράφεται τον Νοέμβριο.

Σχετικά με τους εαρινούς μήνες προκύπτει ότι η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ των σταθμών των δύο κατηγοριών, αυξάνεται από μήνα σε μήνα, φθάνοντας τους 0.5 °C τον Μάιο. Από την άλλη, ενώ τον Ιούνιο διατηρείται η απόκλιση του 0.5 °C, στη συνέχεια η διαφορά αυτή μειώνεται, φθάνοντας τους 0.2 °C τον Αύγουστο. Διακρίνεται επομένως ότι την αρχή της άνοιξης σε ολόκληρη την πόλη και τα προάστια επικρατούν παραπλήσιες θερμοκρασίες, υποδηλώνοντας ύφεση του

φαινομένου, ενώ πλησιάζοντας προς το καλοκαίρι μεγαλώνει η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ του αστικού κέντρου και των γύρω περιοχών. Μετά το πέρας του Ιουνίου οι διαφορές εξομαλύνονται και πάλι.

Σε αυτό το σημείο κρίθηκε σκόπιμο να υπολογιστεί η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ των αστικών και των περιαστικών σταθμών, χωρίς όμως να συμπεριλαμβάνεται σε καμία από τις δύο κατηγορίες ο σταθμός της Νεοχωρούδας, στον οποίο όπως προέκυψε από τη μελέτη της πορείας της θερμοκρασίας στον εν λόγω σταθμό καταγράφονται υψηλές για την περιοχή θερμοκρασίες (αντίστοιχες του αστικού κέντρου). Όπως διακρίνεται από το σχήμα 5.1, στο οποίο με τη γαλάζια γραμμή απεικονίζεται η ΔΘ χωρίς να λαμβάνεται υπόψιν ο σταθμός της Νεοχωρούδας ενώ με τη μαύρη γραμμή συμπεριλαμβάνονται όλοι οι σταθμοί, η απόκλιση των δύο καμπυλών είναι της τάξης των 0.3-0.5 °C. Αγνοώντας την επίδραση της Νεοχωρούδας στη διαμόρφωση της θερμοκρασίας στη Θεσσαλονίκη, προκύπτει ότι το κέντρο της πόλης σε ετήσια βάση είναι περίπου κατά ένα βαθμό κελσίου (0.9 °C) θερμότερο των περιχώρων της. Επιπλέον διαπιστώνεται ότι η διαφορά θερμοκρασίας εκτός του Ιανουαρίου, όπου υπολογίζεται στους 0.4 °C, όλους τους υπόλοιπους μήνες είναι μεγαλύτερη των 0.7 °C φθάνοντας τους 2.0 °C τον Δεκέμβριο.



Σχήμα 5.1. Απεικόνιση της ΔΘ μεταξύ του κέντρου της πόλης και των περιχώρων της κατά τη διάρκεια του 24h. (Με το σταθμό της Νεοχωρούδας στο διαχωρισμό και χωρίς αυτόν)

Λαμβάνοντας υπόψιν τον πίνακα 5.1 και το παραπάνω σχήμα διακρίνεται πως οι θερμοκρασίες στο σταθμό της Νεοχωρούδας επηρεάζουν την ένταση του φαινομένου της Αστικής Θερμικής Νησίδας καθώς χωρίς την συγκεκριμένη περιοχή το φαινόμενο στην πόλη εμφανίζεται σε όλους τους μήνες πιο ισχυρό. Παρόλα αυτά καθώς δεν μπορούν να διευκρινιστούν τα αίτια αυτής της ιδιομορφίας της θερμοκρασίας, π.χ. λόγω της επίδρασης κάποιων τοπικών παραγόντων, στο συγκεκριμένο σταθμό στη

συνέχεια της εργασίας ο σταθμός της Νεοχωρούδας λαμβάνεται κανονικά υπόψιν.

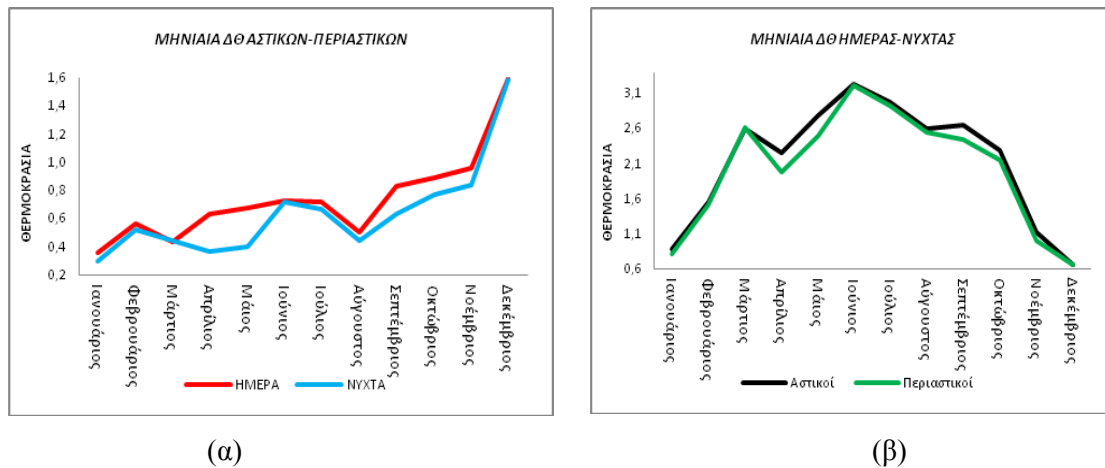
Στους παρακάτω πίνακες, (πίνακες 5.2 και 5.3) φαίνονται οι ώρες ανατολής και δύσης του ηλίου καθ' όλη τη διάρκεια του έτους (επειδή δεν προκύπτουν ακέραιοι αριθμοί στις ώρες, έχει επιλεγεί να στρογγυλοποιούνται τα λεπτά στην προηγούμενη ώρα, αν εντοπίζονται στο πρώτο ή στην επόμενη αν εντοπίζονται στο δεύτερο μισό της ώρας) καθώς και η μέση μηνιαία θερμοκρασία του αστικού κέντρου και των γύρω περιοχών ξεχωριστά, κατά τη διάρκεια της ημέρας και της νύχτας. Ακολούθως, στο σχήμα 5.2, αποτυπώνεται η μέση μηνιαία διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ των αστικών-περιαστικών σταθμών επίσης για την ημέρα και την νύχτα καθώς και η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ της ημέρας και της νύχτας για την κάθε κατηγορία ξεχωριστά. Σε αυτό το σημείο να αναφερθεί, ότι ο διαχωρισμός της ημέρας και της νύχτας έγινε με βάση τις ώρες που πραγματοποιείται η ανατολή και η δύση κάθε ημέρας.

Πίνακας 5.2. Ακριβείς ώρες που έλαβε χώρα η ανατολή και η δύση του ηλίου σε όλη τη διάρκεια του έτους

ΜΗΝΕΣ	ΑΝΑΤΟΛΗ	ΔΥΣΗ
Ιανουάριος	7:20	17:28
Φεβρουάριος	7:14	18:00
Μάρτιος	6:43	18:40
Απρίλιος	6:48	19:59
Μάιος	6:13	20:26
Ιούνιος	6:01	20:46
Ιούλιος	6:13	20:07
Αύγουστος	6:25	20:16
Σεπτέμβριος	7:05	18:34
Οκτώβριος	7:32	18:46
Νοέμβριος	7:03	17:13
Δεκέμβριος	7:29	17:06

Πίνακας 5.3. Μέση μηνιαία θερμοκρασία κατά τη διάρκεια της ημέρας και της νύχτας στο κέντρο της πόλης και στα περίχωρα

ΗΜΕΡΑ		ΝΥΧΤΑ	
ΑΣΤΙΚΟΙ	ΠΕΡΙΑΣΤΙΚΟΙ	ΑΣΤΙΚΟΙ	ΠΕΡΙΑΣΤΙΚΟΙ
7.5	7.2	6.7	6.4
9.1	8.5	7.5	7.0
12.7	12.3	10.1	9.7
14.8	14.2	12.5	12.2
20.8	20.2	18.1	17.7
26.2	25.4	22.9	22.2
28.4	27.7	25.4	24.7
27.9	27.4	25.3	24.9
23.4	22.5	20.0	20.1
19.2	18.3	16.9	16.1
12.9	12.0	11.8	11.0
6.9	5.3	6.2	4.7

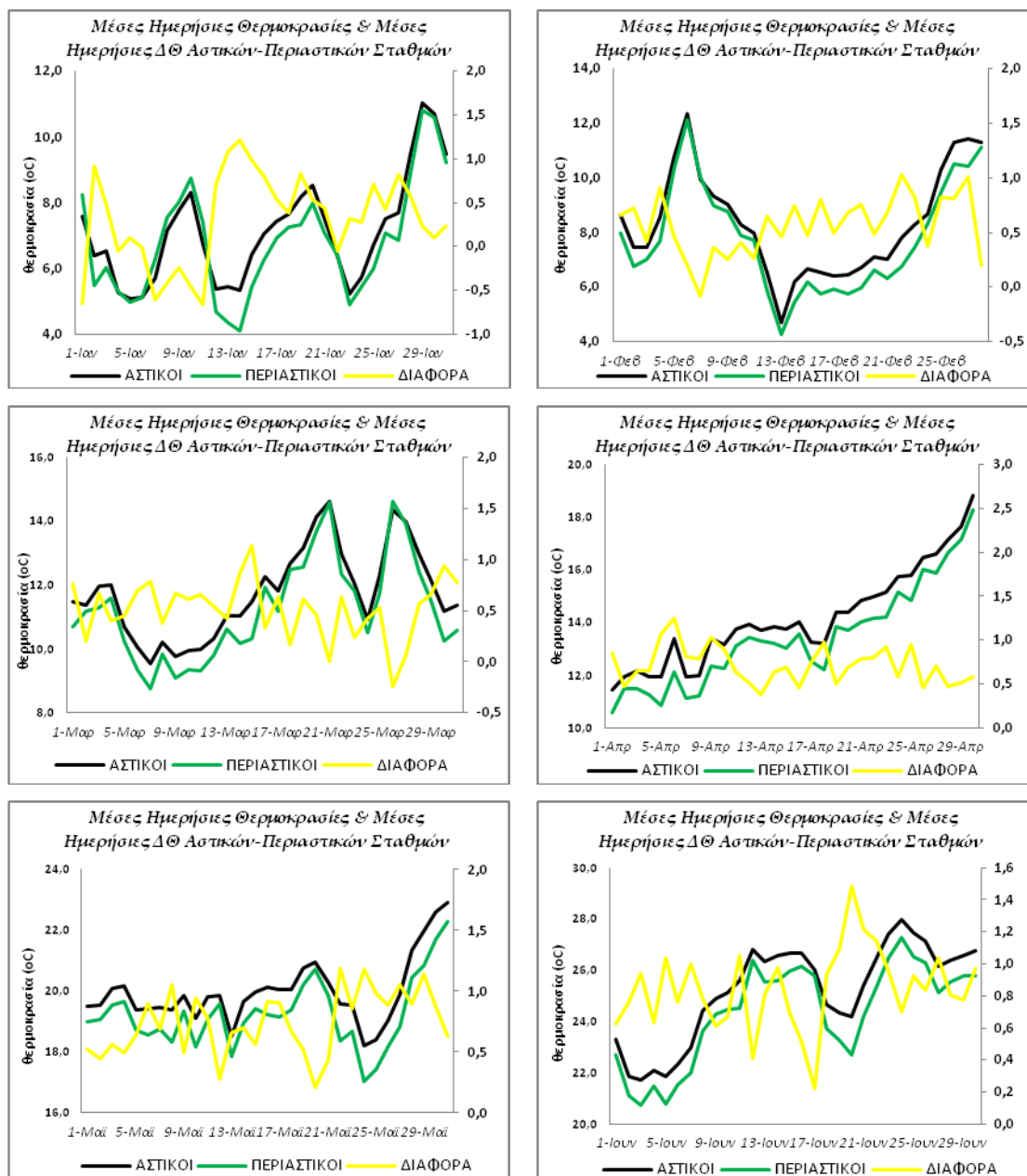


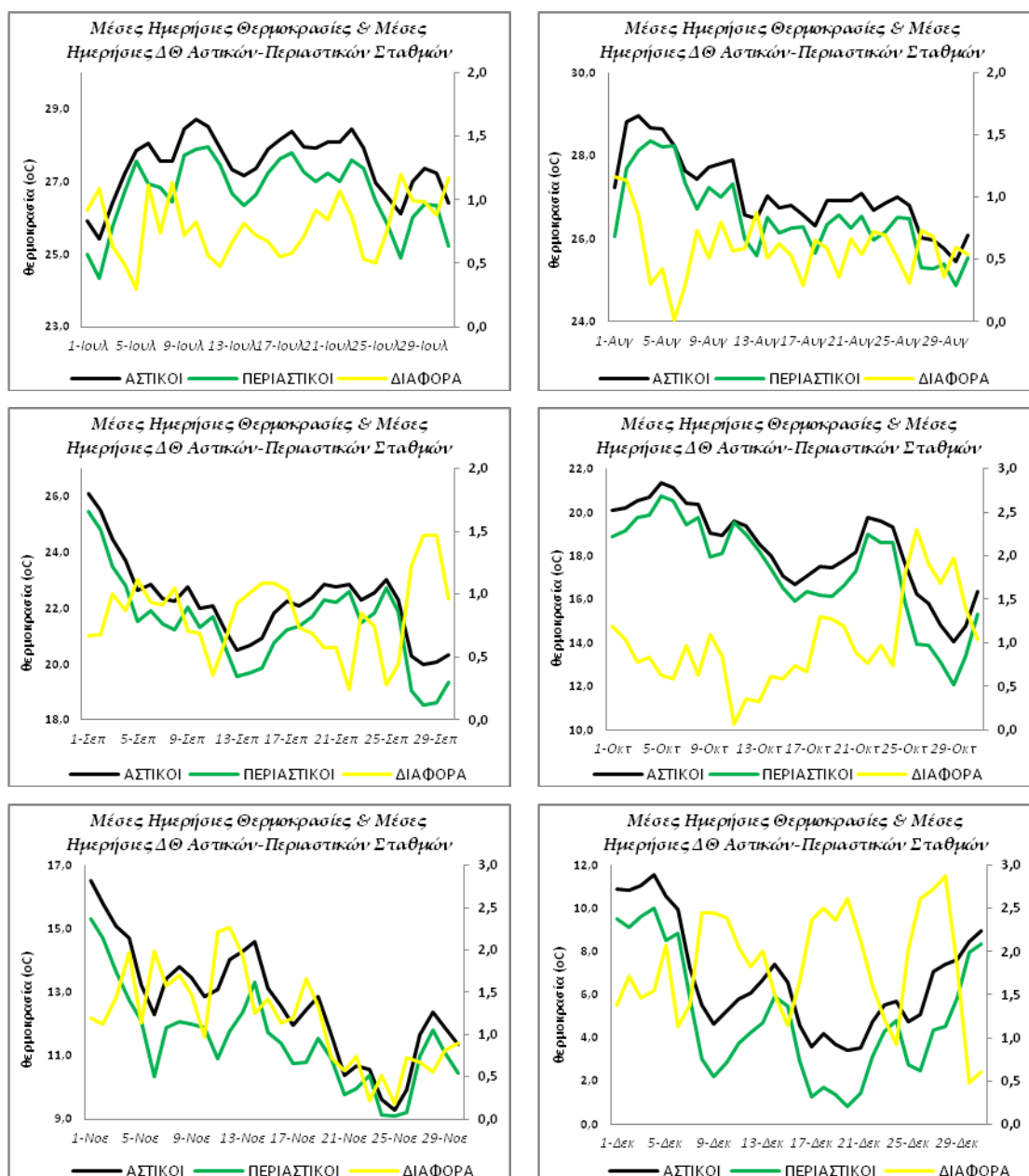
Σχήμα 5.2. Απεικόνιση της διαφοράς θερμοκρασίας (α) μεταξύ αστικών και περιαστικών σταθμών κατά τη διάρκεια της ημέρας και της νύχτας και (β) μεταξύ της ημέρας και της νύχτας στους αστικούς και περιαστικούς σταθμούς.

Από τη μελέτη του σχήματος 5.2 (α) προκύπτει ότι ως επί το πλείστον, την ημέρα η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ των αστικών και περιαστικών σταθμών είναι μεγαλύτερη σε σχέση με τη νύχτα, ενώ αυτή γίνεται εντονότερη στους μεταβατικούς μήνες του έτους. Να σημειωθεί ότι τον Μάιο η διαφορά αυτή, είναι κατά 0.3°C χαμηλότερη τη νύχτα σε σχέση με την ημέρα, ενώ τον Ιούνιο και τον Ιούλιο η διαφορά αυτή παύει να υφίσταται (0.0°C). Διακρίνεται επιπλέον ότι από τον Σεπτέμβριο και μέχρι το τέλος του έτους, τόσο την ημέρα όσο και τη νύχτα, η θερμοκρασία στο κέντρο της πόλης είναι αρκετά υψηλότερη σε σχέση με τα περίχωρα, καθώς η διαφορά μεταξύ των δύο περιοχών φθάνει τον Δεκέμβριο τον 1.5°C . Αξίζει τέλος να επισημανθεί ότι η μικρότερη διαφορά μεταξύ αστικών και περιαστικών σταθμών εντοπίζεται τον Ιανουάριο (0.3°C διαφορά την νύχτα και 0.4°C την ημέρα).

Από το σχήμα 5.2.(β) διακρίνεται ότι γενικά η μεταβολή της θερμοκρασίας μεταξύ ημέρας και νύχτας είναι ίση ή λίγο μεγαλύτερη στην περίπτωση των αστικών σταθμών. Τους πρώτους και τους τελευταίους δύο μήνες του έτους, η μεταβολή αυτή λαμβάνει τις μικρότερες τιμές της. Δηλαδή τον Ιανουάριο, η θερμοκρασία τη νύχτα μειώθηκε κατά 0.9°C στους αστικούς και κατά 0.8°C στους περιαστικούς σταθμούς, σε σχέση με την αντίστοιχη της ημέρας. Αντίθετα, όλους τους υπόλοιπους μήνες, είναι μεγαλύτερη από 2.0°C και ιδιαίτερα τον Ιούνιο όπου η μέση μείωση της θερμοκρασίας από το πρωί μέχρι το βράδυ και για τις δύο περιπτώσεις είναι 3.2°C .

5.2. ΜΕΣΗ ΗΜΕΡΗΣΙΑ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΣΤΟ ΚΕΝΤΡΟ ΤΗΣ ΠΟΛΗΣ ΚΑΙ ΣΤΑ ΠΕΡΙΧΩΡΑ ΤΗΣ





Σχήμα 5.3. Απεικόνιση της μέσης ημερήσιας θερμοκρασίας στο κέντρο της πόλης (μαύρη γραμμή) και στα περίχωρα (πράσινη γραμμή) και της διαφοράς θερμοκρασίας μεταξύ τους (κίτρινη γραμμή)

Από την μελέτη της μέσης ημερήσιας θερμοκρασίας στους αστικούς και περιαστικούς σταθμούς της Θεσσαλονίκης αλλά κυρίως της διαφοράς θερμοκρασίας μεταξύ αυτών (σχήμα 5.3), προκύπτει ότι από την αρχή του έτους, τον Ιανουάριο, μέχρι τον Δεκέμβριο, επικρατεί άμβλυνση της διαφοράς της θερμοκρασίας μεταξύ του αστικού κέντρου και των περιχώρων. Έτσι, ενώ μέχρι τα μέσα Οκτωβρίου οι περιαστικοί σταθμοί παρουσιάζονται έως και 1.5 °C ψυχρότεροι των αστικών, στη συνέχεια η διαφορά αυτή φθάνει τους 2.3 °C τον υπόλοιπο Οκτώβριο και Νοέμβριο ενώ τον

Δεκέμβριο τους 2.9 °C.

Παρατηρείται όμως ότι κατά τη διάρκεια των τριών πρώτων μηνών εντοπίζονται σποραδικά ορισμένες ημέρες, όπου τα περίχωρα της πόλης είναι θερμότερα του αστικού κέντρου. Εμφανίζεται επομένως το φαινόμενο της αντίθετης θερμικής νησίδας, το οποίο αναλύεται διεξοδικά για κάθε μήνα του κάθε έτους παρακάτω (παράγραφος 5.7). Συγκεκριμένα, τον Ιανουάριο η μεγαλύτερη διαφορά της θερμοκρασίας, που προκύπτει μεταξύ των αστικών-περιαστικών σταθμών, φθάνει τους -0.7 °C ενώ τους άλλους δύο μήνες είναι στους -0.2 °C. Επιπλέον αξίζει να αναφερθεί ότι τον Ιανουάριο υπολογίζονται επτά περιπτώσεις όπου το κέντρο της πόλης ήταν ψυχρότερο ενώ το Φεβρουάριο και το Μάρτιο μόνο μία. Από εκεί και πέρα και μέχρι το τέλος του χρόνου, οι αστικοί σταθμοί εμφανίζονται πάντα θερμότεροι, εκτός από ορισμένες περιπτώσεις όπου προκύπτει να έχουν την ίδια θερμοκρασία, δηλαδή 0.0 °C απόκλιση (Ιανουάριο - Μάρτιο, Αύγουστο).

Επιπλέον διακρίνεται ότι όταν επικρατεί άνοδος της θερμοκρασίας μειώνεται η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ του κέντρου και των περιχώρων, ενώ στον αντίποδα, όταν εντοπίζεται κάποια αιτία ψύξης, αυτή επιδρά περισσότερο στους περιαστικούς σταθμούς σε αντίθεση με τους αστικούς οι οποίοι εξακολουθούν να καταγράφουν αρκετά υψηλότερες θερμοκρασίες. Συνεπώς σε περιπτώσεις ψύξης, εντοπίζονται και οι μεγαλύτερες διαφορές θερμοκρασίας.

5.3. ΡΥΘΜΟΣ ΜΕΤΑΒΟΛΗΣ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΤΗΣ ΗΜΕΡΑΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΝΥΧΤΑΣ ΣΤΟΥΣ ΑΣΤΙΚΟΥΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΑΣΤΙΚΟΥΣ ΣΤΑΘΜΟΥΣ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Στη συνέχεια από τα ωριαία δεδομένα θερμοκρασίας, υπολογίστηκε ο ρυθμός μεταβολής της θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια της ημέρας και της νύχτας, με σκοπό να διαπιστωθεί αν η ώρα της ημέρας επιδρά στην ένταση του φαινομένου της Αστικής Θερμικής Νησίδας. Για το σκοπό αυτό, ανάλογα με την ώρα που σημειώνεται η ανατολή και η δύση του κάθε μήνα (πίνακας 5.2), υπολογίστηκε η μέση τιμή της διαφοράς θερμοκρασίας ανά ώρα. Στον πίνακα που ακολουθεί, (πίνακας 5.4) καταγράφεται ο μέσος μηνιαίος ρυθμός μεταβολής των αστικών και περιαστικών σταθμών.

Από την μελέτη του, διακρίνεται ότι οι διαφορές στο ρυθμό μεταβολής της θερμοκρασίας μεταξύ του αστικού κέντρου και των περιχώρων δεν είναι ιδιαίτερα μεγάλες. Η διαπίστωση αυτή, πιθανώς, οφείλεται σε τρεις παράγοντες. Κατά πρώτον, στο γεγονός ότι στη συγκεκριμένη σύγκριση δεν συμπεριλαμβάνεται ο σταθμός της Βενιζέλου λόγω της έλλειψης δεδομένων. Κατά δεύτερον, στη κατηγοριοποίηση της Καλαμαριάς, με χαμηλές θερμοκρασίες, στους αστικούς σταθμούς και κατά τρίτον στην αντίστοιχη κατηγοριοποίηση της Νεοχωρούδας, με υψηλές τιμές στους περιαστικούς να οδηγούν σε αυτή την σχετική ομοιομορφία. Παρόλα αυτά, λαμβάνοντας υπόψιν και τα παραπάνω, παρατηρούνται κάποιες διαφορές. Αρχικά να αναφερθεί ότι τους έξι από τους δώδεκα μήνες του έτους κατά τη διάρκεια της ημέρας και τέσσερις από τους δώδεκα κατά τη διάρκεια της νύχτας, παρατηρείται 0.1 °C διαφορά μεταξύ αστικών και περιαστικών.

Πίνακας 5.4. Ρυθμός μεταβολής της θερμοκρασίας των αστικών και περιαστικών σταθμών κατά τη διάρκεια της ημέρας και της νύχτας, για κάθε μήνα

ΜΗΝΕΣ	ΗΜΕΡΑ		ΝΥΧΤΑ	
	ΑΣΤΙΚΟΙ	ΠΕΡΙΑΣΤΙΚΟΙ	ΑΣΤΙΚΟΙ	ΠΕΡΙΑΣΤΙΚΟΙ
Ιανουάριος	0.4	0.4	-0.3	-0.3
Φεβρουάριος	0.5	0.5	-0.3	-0.4
Μάρτιος	0.4	0.5	-0.3	-0.3
Απρίλιος	0.3	0.4	-0.4	-0.4
Μάιος	0.4	0.4	-0.5	-0.5
Ιούνιος	0.3	0.4	-0.5	-0.5
Ιούλιος	0.4	0.4	-0.5	-0.6
Αύγουστος	0.4	0.5	-0.5	-0.5
Σεπτέμβριος	0.5	0.6	-0.4	-0.5
Οκτώβριος	0.4	0.5	-0.3	-0.4
Νοέμβριος	0.5	0.5	-0.3	-0.3
Δεκέμβριος	0.3	0.3	-0.2	-0.2

Πριν την περαιτέρω ανάλυση, κρίνεται σκόπιμο να επισημανθούν ορισμένες έννοιες. Η βασική διαφορά των υλικών που, όπως προαναφέρθηκε συναντώνται στο κέντρο της πόλης, είναι στις θερμικές ιδιότητες τους. Τα υλικά που χρησιμοποιούνται συνήθως στις αστικές περιοχές για πεζοδρόμια και τις στέγες, όπως το σκυρόδεμα και η ασφαλτος, έχουν σημαντικά μεγαλύτερη θερμοχωρητικότητα, θερμική αγωγιμότητα καθώς και πολύ μικρή αντανakλαστικότητα σε σχέση με τις γύρω αγροτικές περιοχές.

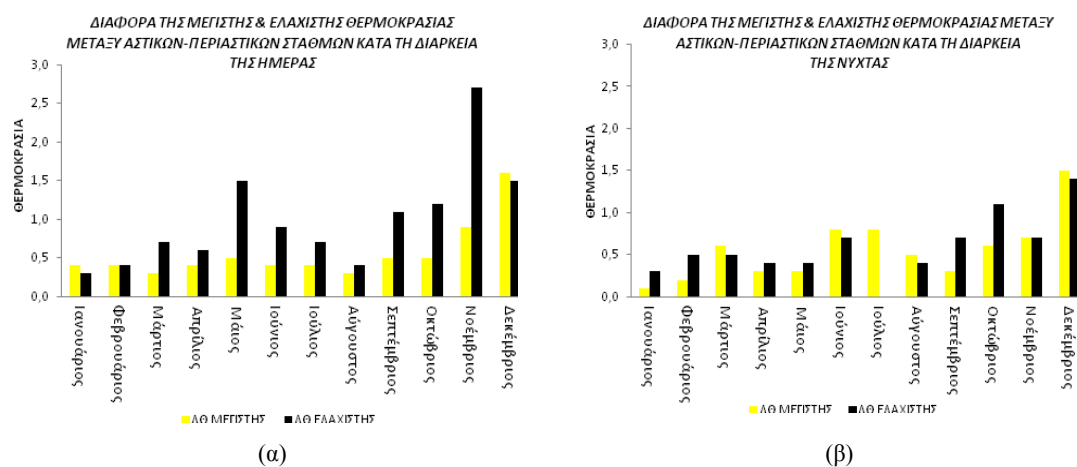
Συνεπώς καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας, ιδιαίτερα όταν ο ουρανός είναι ανέφελος, οι αστικές επιφάνειες θερμαίνονται από την απορρόφηση της ηλιακής ακτινοβολίας, την οποία στη συνέχεια επανεκπέμπουν στο υπέρυθρο στη διάρκεια της νύχτας, με αποτέλεσμα οι περιοχές εντός της πόλεως, να θερμαίνονται και να ψύχονται σε πιο αργούς ρυθμούς (Oke, 1982; Kusaka and Kimura, 2004). Κάνοντας σαφή τα παραπάνω, η ύπαρξη Θερμικής Νησίδας υποδηλώνει μεγαλύτερο ρυθμό μεταβολής της θερμοκρασίας στους περιαστικούς σταθμούς κατά τη διάρκεια όλου του εικοσιτετραώρου.

Μελετώντας τον πίνακα 5.4, διακρίνεται ότι τον Σεπτέμβριο και τον Οκτώβριο σημειώνεται μεταβολή μεταξύ των δύο κατηγοριών τόσο κατά τη διάρκεια της ημέρας όσο και της νύχτας. Από την άλλη μεριά τον Μάρτιο, τον Απρίλιο, τον Ιούνιο και τον Αύγουστο, οι σταθμοί εμφανίζουν διαφορετικό ρυθμό μεταβολής μόνο κατά τη διάρκεια της ημέρας, ενώ τον Φεβρουάριο και τον Ιούλιο μόνο κατά τη διάρκεια της νύχτας. Τέλος τον Ιανουάριο, τον Μάιο και τον Νοέμβριο από την ανατολή έως τη δύση, το κέντρο της πόλης και οι αγροτικές περιοχές παρουσιάζουν την ίδια μεταβολή θερμοκρασίας. Επιπλέον την ψυχρή περίοδο του έτους και τον Μάρτιο, ο ρυθμός μεταβολής της θερμοκρασίας είναι μικρότερος τη νύχτα, σε σχέση με την ημέρα, υποδηλώνοντας ότι τους συγκεκριμένους μήνες, το φαινόμενο της θερμικής νησίδας είναι εντονότερο τις νυχτερινές ώρες.

5.4. ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΜΕΓΑΛΥΤΕΡΗΣ ΚΑΙ ΜΙΚΡΟΤΕΡΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΤΗΣ ΗΜΕΡΑΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΝΥΧΤΑΣ ΣΤΙΣ ΔΥΟ ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΕΝΔΙΑΦΕΡΟΝΤΟΣ

Στο συγκεκριμένο κομμάτι του κεφαλαίου, εξετάζονται οι τιμές που λαμβάνει η μέση μηνιαία μέγιστη και ελάχιστη θερμοκρασία κατά τη διάρκεια της ημέρας και αντίστοιχα της νύχτας, στο χρονικό διάστημα που εξετάζεται ανάλογα με την περιοχή της πόλης στην οποία είναι εγκατεστημένοι οι σταθμοί. Για την εξαγωγή των συγκεκριμένων παραμέτρων, εντοπίστηκε σε πρώτη φάση η μέγιστη/ελάχιστη τιμή της θερμοκρασίας του κάθε σταθμού και στη συνέχεια υπολογίστηκε ο μέσος όρος αυτών, ανάλογα με την κατηγορία στην οποία ανήκουν, σύμφωνα με την περιοχή τοποθέτησης τους. Στους πίνακες Π.2 και Π.3 που παρατίθενται στο παράρτημα, αναγράφονται οι προαναφερθείσες τιμές ενώ στο σχήμα 5.4 που απεικονίζεται

παρακάτω, αποτυπώνονται οι διαφορές μεταξύ των αστικών και περιαστικών σταθμών. Κατά τη διάρκεια της ημέρας και τις νύχτας ως προς τις δύο αυτές παραμέτρους, προκύπτει ότι τόσο οι μέγιστες όσο και οι ελάχιστες θερμοκρασίες είναι μεγαλύτερες στο κέντρο της πόλης, με μοναδική εξαίρεση τον Ιούλιο, όπου αστικοί και περιαστικοί σταθμοί εμφανίζουν την ίδια ελάχιστη θερμοκρασία (23.1 °C). Να αναφερθεί ωστόσο, ότι δεν παρατηρείται κάποια σταθερότητα μεταξύ των μηνών αναφορικά με την διαφορά θερμοκρασίας των δύο κατηγοριών-σταθμών, δεδομένου ότι η μεγαλύτερη διαφορά σημειώνεται άλλοτε στις μέγιστες και άλλοτε στις ελάχιστες τιμές.



Σχήμα 5.4. Μελέτη της διαφοράς της μέγιστης θερμοκρασίας (κόκκινοι ράβδοι) & της ελάχιστης θερμοκρασίας (μπλε ράβδοι), μεταξύ του κέντρου της πόλης και των περιχώρων, (α) κατά τη διάρκεια της ημέρας και (β) της νύχτας.

Από τη μελέτη του σχήματος 5.4α, είναι ευδιάκριτο το γεγονός ότι κατά τη διάρκεια της ημέρας, με εξαίρεση τους χειμερινούς μήνες, η ελάχιστη θερμοκρασία που καταγράφεται στα περίχωρα της πόλης, είναι αρκετά χαμηλότερη από αυτή του αστικού κέντρου, ενώ οι μέγιστες θερμοκρασίες των ίδιων περιοχών παρουσιάζουν σχετικά μικρότερες διαφορές. Διακρίνεται ότι η διαφορά της μέγιστης θερμοκρασίας μεταξύ των αστικών και περιαστικών σταθμών αυξάνει τους μήνες Νοέμβριο και Δεκέμβριο (0.9 και 1.6 °C), σε αντίθεση με τους υπόλοιπους, όπου εντοπίζεται μία σταθεροποίηση της διαφοράς κάτω των 0.5 °C. Ως προς την ίδια παράμετρο την νύχτα, παρατηρείται μεγαλύτερη διαφορά τη θερμή περίοδο, σχεδόν διπλάσια από την αντίστοιχη της ημέρας, σε αντίθεση με τους χειμερινούς μήνες όπου εμφανίζεται μείωση της διαφοράς αυτής. Από την άλλη πλευρά, αναφορικά με τις διαφορές των

ελαχίστων θερμοκρασιών των δύο κατηγοριών σταθμών διακρίνεται ότι τις πρωινές ώρες κυμαίνονται από 0.4 °C έως 2.7 °C, τον Αύγουστο και το Νοέμβριο αντίστοιχα ενώ τις νυχτερινές από 0.0 °C, τον Ιούλιο, έως 1.4 °C τον Δεκέμβριο.

Δεδομένου ότι το φαινόμενο της Αστικής Θερμικής Νησίδας γίνεται εντονότερο όσο μεγαλώνει η διαφορά της θερμοκρασίας μεταξύ του κέντρου της πόλης και των περιχώρων της, συμπεραίνεται τόσο για τις μέγιστες όσο και για τις ελάχιστες, ότι οι διαφορές την περίοδο Σεπτέμβριο-Δεκέμβριο λαμβάνουν την μεγαλύτερη τιμή τους, γεγονός που υποδηλώνει ότι το φαινόμενο της Α. Θ. Ν. εμφανίζεται εντονότερο την φθινοπωρινή περίοδο του έτους. Από την άλλη μεριά εντοπίζεται ύφεση του φαινομένου, κατά τη διάρκεια του Αυγούστου, του Ιανουαρίου και του Φεβρουαρίου.

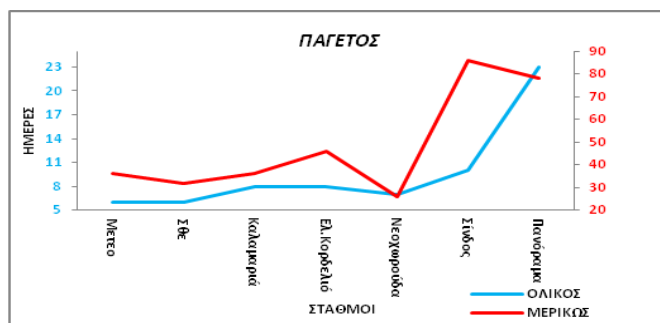
Για την ολοκλήρωση αυτού του τμήματος, γίνεται αναφορά στις ώρες όπου σημειώθηκαν οι μέγιστες και οι ελάχιστες θερμοκρασίες των δύο κατηγοριών σε ολόκληρο το εικοσιτετράωρο. Αυτό που διακρίνεται αρχικά είναι ότι ενώ στους περιαστικούς σταθμούς οι μέγιστες θερμοκρασίες παρουσιάζονται την ίδια ώρα, στις 15:00 το Νοέμβριο και το Δεκέμβριο και στις 16:00 το υπόλοιπο έτος, στους αστικούς σημειώνεται με 1-2 ώρες διαφορά είτε πριν είτε μετά (14:00-17:00). Μόνο η ΣΘΕ και η Καλαμαριά ενίοτε, εμφανίζουν την ίδια ώρα μέγιστη θερμοκρασία. Αντιθέτως, αναφορικά με τις ελάχιστες θερμοκρασίες, όλοι οι σταθμοί τις καταγράφουν την ίδια ακριβώς ώρα, στην ανατολή του ηλίου.

5.5. ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΙΣ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ ΠΑΓΕΤΟΥ ΣΕ ΑΣΤΙΚΟΥΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΑΣΤΙΚΟΥΣ ΣΤΑΘΜΟΥΣ

Στη συνέχεια της μελέτης κρίθηκε σκόπιμο να γίνει μια μικρή αναφορά και στις περιπτώσεις εμφάνισης παγετού στις δύο κατηγορίες σταθμών (αστικών και περιαστικών). Για το λόγο αυτό υπολογίστηκε ο αριθμός ημερών Μερικού και Ολικού Παγετού σε όλη τη διάρκεια της εξεταζόμενης περιόδου 2001-2004. Ως **Ήμερα Ολικού Παγετού**, ορίζεται η ημέρα όπου η τιμή της μέγιστης θερμοκρασίας του αέρα είναι μικρότερη των 0 °C ($T_{max} < 0$ °C). Αντίστοιχα ως **Ήμερα Μερικού Παγετού**, ορίζεται η ημέρα όπου η ελάχιστη θερμοκρασία, είναι μικρότερη των 0 °C ($T_{min} < 0$ °C) (Αμπατζόγλου, 1968; Μπαλαφούτης, 1985).

Από την ανάλυση των σχημάτων 5.5 και 5.6 παρατηρείται ότι, όπως ήταν

αναμενόμενο λαμβάνοντας υπόψη το κλίμα της Θεσσαλονίκης, οι ημέρες ολικού παγετού είναι αρκετά λιγότερες σε σχέση τις αντίστοιχες μερικού παγετού ενώ μεγάλη είναι επίσης και η διαφορά μεταξύ του αριθμού των ημερών που εμφανίζεται είτε η μία είτε η άλλη περίπτωση παγετού στους σταθμούς στο κέντρο και στα περίχωρα της πόλης. Συγκεκριμένα, κατά τη διάρκεια των ετών 2001-2004, στους περιαστικούς σταθμούς εντοπίζονται, σε σχέση με τους αστικούς, 5 και 24 ημέρες περισσότερες ολικό και μερικό παγετό αντίστοιχα.



Σχήμα 5.5. Απεικόνιση του αριθμού των ημερών καταγραφής ολικού (μπλε γραμμή) και μερικού (κόκκινη γραμμή) παγετού σε κάθε σταθμό της μελέτης κατά τη διάρκεια της περιόδου μελέτης



Σχήμα 5.6. Απεικόνιση του μέσου όρου των ημερών καταγραφής ολικού και μερικού παγετού σε αστικούς (μαύροι ράβδοι) και περιαστικούς σταθμούς (πράσινοι ράβδοι) στο διάστημα των ετών 2001-2004

Μελετώντας, όμως, κάθε σταθμό ξεχωριστά διακρίνεται ότι ουσιαστικά οι σταθμοί που διαφέρουν αρκετά από το γενικό σύνολο είναι αυτοί της Σίνδου και του Πανοράματος. Συγκεκριμένα, αν και η χρονοσειρά του σταθμού της Σίνδου δεν είναι ολοκληρωμένη, παρόλα αυτά για διάστημα 10 ημερών η μέγιστη θερμοκρασία που καταγράφεται σε αυτήν είναι μικρότερη του μηδενός και σε σύνολο 86 ημερών η ελάχιστη είναι μικρότερη του μηδενός. Οι αντίστοιχες περιπτώσεις στο Πανόραμα ανέρχονται στις 23 και 78 ημέρες. Από τους υπόλοιπους σταθμούς δεν προέκυψαν μεγάλες διαφορές στον αριθμό ημερών καταγραφής ολικού παγετού (1 με 2 ημέρες διαφορά το περισσότερο). Αναφορικά όμως με τις περιπτώσεις μερικού παγετού παρατηρείται ότι ενώ στους αστικούς σταθμούς δεν ξεπερνάνε τις 36, στη Νεοχωρούδα και στο Ελ. Κορδελιό σημειώνονται 26 και 46 περιπτώσεις αντίστοιχα.

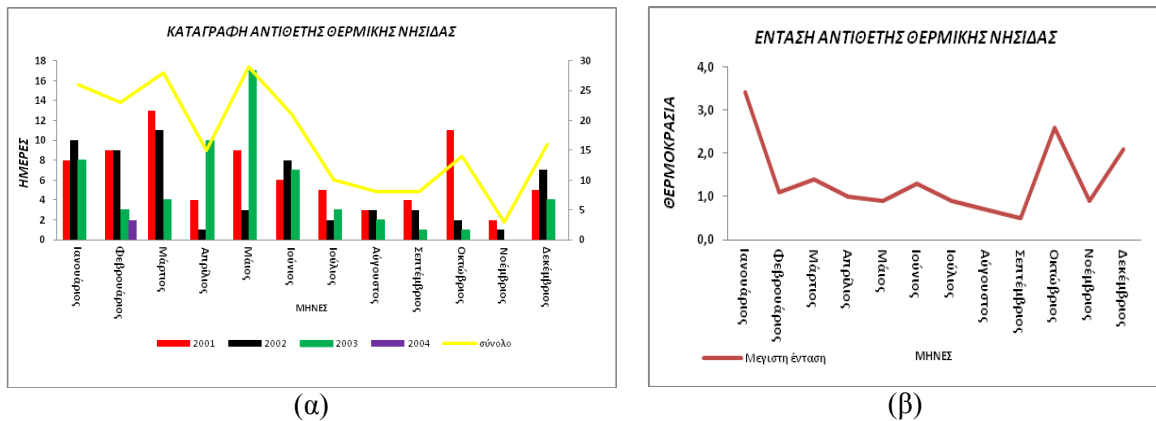
Αξίζει να αναφερθεί ότι ο μεγαλύτερος αριθμός καταγραφής ημερών μερικού παγετού στη Σίνδο και στο Πανόραμα, έγκειται στο γεγονός ότι οι δύο συγκεκριμένοι σταθμοί, εκτός του ότι εμφανίζουν περισσότερες περιπτώσεις από τους υπόλοιπους σταθμούς κατά τη διάρκεια του χειμώνα, καταγράφουν αρνητικές ελάχιστες θερμοκρασίες και σε άλλους μήνες πέραν των χειμερινών. Συγκεκριμένα και στους δύο σταθμούς σημειώνονται ημέρες μερικού παγετού μέσα στον Μάρτιο και τον Απρίλιο του 2003 καθώς και στον Μάρτιο του 2004. Επιπλέον στο Πανόραμα προκύπτουν καταγραφές και από το Νοέμβριο του 2004 (μήνας για τον οποίο δεν υπάρχουν αντίστοιχα δεδομένα για τη Σίνδο) ενώ στη Σίνδο σημειώνονται επιπλέον περιπτώσεις τον Νοέμβριο του 2001 και τον Απρίλιο του 2003.

Τέλος να επισημανθεί ότι σχετικά με τις ημέρες ολικού παγετού η διαφορά του Πανοράματος οφείλεται στην διατήρηση χαμηλών μεγίστων θερμοκρασιών κατά τη διάρκεια του 2004 με αποτέλεσμα, ενώ όλοι οι σταθμοί παρουσιάζουν ολικό παγετό σε κάποιες ημέρες μέσα στον Ιανουάριο και το Φεβρουάριο του 2004, στο Πανόραμα εμφανίζονται περιπτώσεις επεισοδίων παγετού και μέσα στο Νοέμβριο και το Δεκέμβριο του ίδιου έτους.

5.6. ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΙΣ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟΥ ΑΝΤΙΘΕΤΗΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΝΗΣΙΔΑΣ

Σε αυτό το σημείο της μελέτης, ακολουθεί ο έλεγχος για το αν υπάρχουν και πότε εντοπίζονται περιπτώσεις στις οποίες να αναπτύσσεται το φαινόμενο της αντίθετης θερμικής νησίδας, δηλαδή αν τα περίχωρα της πόλης εμφανίζονται για κάποια διαστήματα θερμότερα του αστικού κέντρου.

Για την κατασκευή του σχήματος 5.7 (α) χρησιμοποιήθηκαν οι ημερήσιες θερμοκρασίες του κάθε σταθμού (στη συγκεκριμένη σύγκριση συμπεριλαμβάνονται και οι σταθμοί της Βενιζέλου και του Επταπυργίου), από τις οποίες υπολογίστηκε η μέση ημερήσια θερμοκρασία όλων των αστικών και όλων των περιφερειακών σταθμών και στη συνέχεια καταμετρήθηκαν οι ημέρες όπου η διαφορά θερμοκρασίας αυτών ήταν αρνητική. Στη συνέχεια τις ημέρες στις οποίες εμφανίζεται το φαινόμενο, εντοπίστηκαν αυτές με τη μεγαλύτερη ένταση για κάθε μήνα (σχήμα 5.7 (β)).



Σχήμα 5.7. (α) Καταγραφή του αριθμού, των ημερών εμφάνισης του φαινομένου της αντίθετης θερμικής νησίδας ανά μήνα για κάθε έτος της εξεταζόμενης περιόδου (ραβδογράμματα) και ανά μήνα συνολικά (γραμμή) στη διάρκεια του 2001-2004 και (β) απεικόνιση της μέγιστης έντασης του φαινομένου για κάθε μήνα ξεχωριστά

Μελετώντας το παραπάνω σχήμα διακρίνεται ότι οι περισσότερες περιπτώσεις εμφάνισης του συγκεκριμένου φαινομένου προκύπτουν από τους μήνες Ιανουάριο με Μάρτιο καθώς και τον Μάιο ενώ αντίθετα οι λιγότερες καταγράφονται τους καλοκαιρινούς μήνες και τον Νοέμβριο. Επιπλέον παρατηρείται ότι κατά την ετήσια ανάλυση δεν εντοπίζεται κάποιο συγκεκριμένο έτος όπου υπάρχει για όλους τους μήνες έξαρση ή ύφεση του φαινομένου, με εξαίρεση το 2004 όπου μόνο στο Φεβρουάριο εμφανίζονται για δύο ημέρες τα περίχωρα θερμότερα του κέντρου. Τέλος αξίζει να αναφερθεί ότι κατά τη διάρκεια του Ιανουαρίου, τον Οκτώβριο και το Δεκέμβριο το φαινόμενο σημειώνει τη μεγαλύτερη ένταση του, καθώς τα περίχωρα εμφανίζονται αντίστοιχα για κάθε μήνα κατά 3.4, 2.6 και 2.1 °C θερμότερα του κέντρου της πόλης.

5.7. ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΕΝΟΣ ΑΣΤΙΚΟΥ ΚΑΙ ΕΝΟΣ ΠΕΡΙΑΣΤΙΚΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ

Ολοκληρώνοντας το συγκεκριμένο κεφάλαιο, για μια πιο λεπτομερή ανάλυση, γίνεται μία επιπλέον σύγκριση η οποία δεν επηρεάζεται από τους ήδη προαναφερθέντες παράγοντες. Δηλαδή, στη μη συμμετοχή του σταθμού της Βενιζέλου σε κάποια από τις δύο κατηγορίες σταθμών και στη κατηγοριοποίηση της Καλαμαριάς και της Νεοχωρούδας στους αστικούς και περιαστικούς σταθμούς αντίστοιχα. Για το σκοπό αυτό μελετάται η πορεία και η διαφορά της θερμοκρασίας ανάμεσα σε δύο σταθμούς ξεχωριστά, μεταξύ της ΣΘΕ, που αποτελεί αστικό σταθμό με τις πιο κοντινές

θερμοκρασίες σε αυτού της Βενιζέλου και της Σίνδου, που ανήκει στα προάστια της πόλης και όπως διαπιστώθηκε καταγράφονται οι χαμηλότερες θερμοκρασίες της πόλης. Αρχικά, παρατίθεται ένας πίνακας (πίνακας 5.5) με τις μέσες εποχιακές θερμοκρασίες των δύο σταθμών, κατά τη διάρκεια της ημέρας και της νύχτας, ενώ ακολουθούν δύο διαγράμματα (σχήμα 5.8), στα οποία απεικονίζονται οι μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες των σταθμών και οι διαφορές αυτών στις πρωινές και νυχτερινές ώρες. Επιπλέον κρίνεται σκόπιμο να αποτυπωθεί ένα μέσο 24ωρο, ανά μήνα, του κάθε σταθμού (σχήματα 5.9, 5.10 και Π.6), ώστε να διαπιστωθεί αν σε κάποια χρονική στιγμή της ημέρας, διακρίνεται κάποια ιδιαίτερη συμπεριφορά της θερμοκρασίας του αέρα σε κάποιο σταθμό, τότε σημειώνονται τα μέγιστα και τα ελάχιστα, καθώς και πότε εντοπίζονται οι μεγαλύτερες και οι μικρότερες διαφορές στην θερμοκρασία μεταξύ των δύο σταθμών. Τέλος στα διαγράμματα του σχήματος 5.11 παρουσιάζεται ο ρυθμός μεταβολής της θερμοκρασίας στους δύο σταθμούς κατά τη διάρκεια της ημέρας και της νύχτας.

5.7.1 Σύγκριση των δυο επιλεγμένων σταθμών σε εποχιακή και μηνιαία βάση

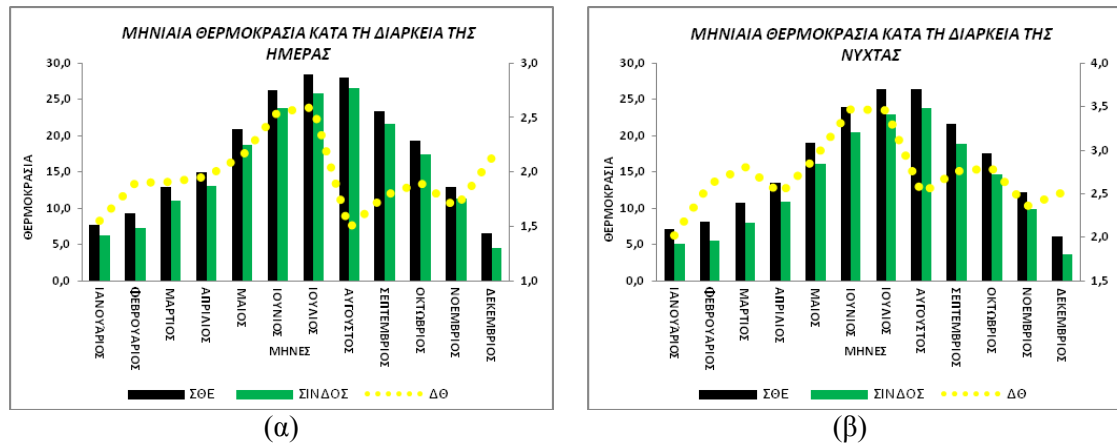
Όπως διακρίνεται από τον παρακάτω πίνακα, οι μικρότερες διαφορές μεταξύ των δύο σταθμών, εντοπίζονται τις πρωινές ώρες της ψυχρής περιόδου και οι μεγαλύτερες τις νυχτερινές ώρες της θερμής περιόδου του έτους. Γενικά προκύπτει ότι η θερμοκρασία στην πόλη της Θεσσαλονίκης, καθ' όλη τη διάρκεια του έτους, παρουσιάζει μικρότερες μεταβολές μεταξύ των δύο σταθμών την ημέρα σε σχέση με τη νύχτα.

Πίνακας 5.5 Μέσες εποχιακές θερμοκρασίες των δύο εξεταζόμενων σταθμών, κατά τη διάρκεια της ημέρας και της νύχτας για την περίοδο ενδιαφέροντος

	ΗΜΕΡΑ				ΝΥΧΤΑ			
	Χειμώνας	Ανοιξη	Καλοκαίρι	Φθινόπωρο	Χειμώνας	Ανοιξη	Καλοκαίρι	Φθινόπωρο
ΣΘΕ	7.9	16.3	27.6	18.6	7.1	14.4	25.6	17.1
ΣΙΝΔΟΣ	6.0	14.3	25.4	16.8	4.8	11.7	22.4	14.5

Αναφέρεται, ότι σε ετήσια βάση η μέση θερμοκρασία της ΣΘΕ την ημέρα είναι στους 17.6 °C και της Σίνδου 15.6 °C, ενώ αντίστοιχα την νύχτα 16.1 °C και 13.3 °C αντίστοιχα. Μελετώντας κάθε εποχή ξεχωριστά, παρατηρείται ότι το καλοκαίρι εντοπίζονται οι μεγαλύτερες διαφορές, σε όλη τη διάρκεια του εικοσιτετραώρου, σε

σχέση με τις άλλες εποχές. Την ημέρα, η διαφορά μεταξύ των δύο σταθμών το καλοκαίρι, φθάνει τους 2.2 °C ενώ το χειμώνα τους 1.9 °C. Αντίστοιχα, την νύχτα οι διαφορές αγγίζουν τους 3.1 °C και 2.4 °C.

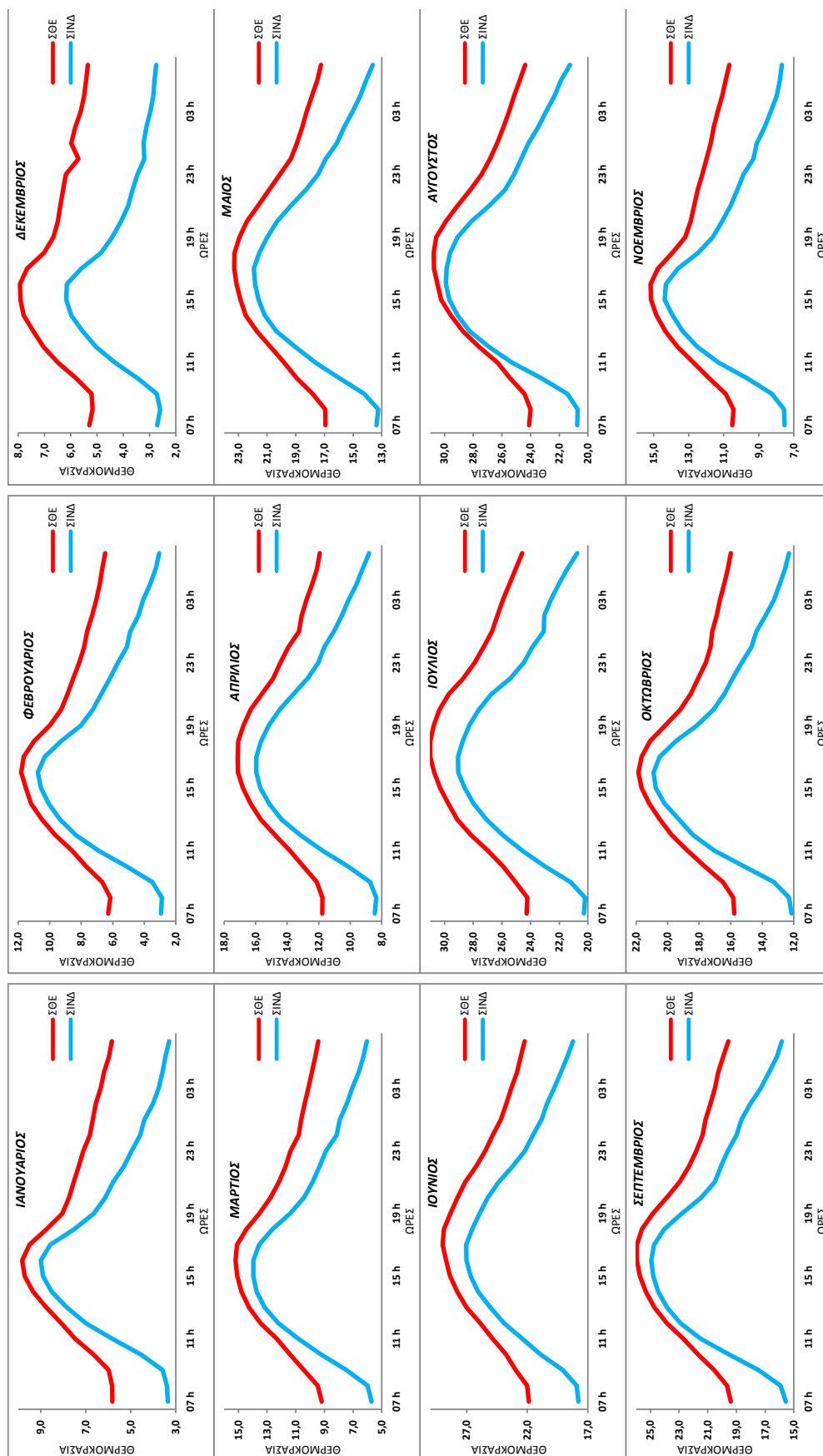


Σχήμα 5.8. Απεικόνιση της μηνιαίας θερμοκρασίας ενδεικτικά για ένα σταθμό του κέντρου της Θεσσαλονίκης (ΣΘΕ) και για ένα στα περίχωρα (ΣΙΝΔΟΣ) καθώς και της διαφοράς θερμοκρασίας μεταξύ τους (α) κατά τη διάρκεια της ημέρας και (β) της νύχτας

Από τη μελέτη του σχήματος 5.8 γίνεται αντιληπτό ότι η ΣΘΕ είναι θερμότερη της Σίνδου, με διαφορά που αυξάνει από την αρχή του έτους. Συγκεκριμένα, τον Ιανουάριο οι δύο σταθμοί απέχουν μεταξύ τους κατά 1.5 °C την ημέρα και κατά 2.0 °C τη νύχτα. Κατά τη διάρκεια του έτους, η διαφορά αυτή αυξάνει λαμβάνοντας την μεγαλύτερη της τιμή τον Ιούνιο και τον Ιούλιο, όπου και για τους δύο μήνες την ημέρα φθάνει τους 2.6 °C και την νύχτα τους 3.5 °C. Από εκεί και πέρα, το εύρος της θερμοκρασίας, μειώνεται μέσα στην πόλη. Διακρίνεται ότι ουσιαστικά τον Αύγουστο σημειώνονται οι χαμηλότερες διαφορές, 1.5 °C την ημέρα και 2.5 °C τη νύχτα, ενώ στη συνέχεια και πάλι αυξάνονται λαμβάνοντας τις μεγαλύτερες τιμές το Δεκέμβριο, 2.1 °C και 2.5 °C αντίστοιχα.

5.7.2 Απεικόνιση της πορείας της θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια του εικοσιτετράωρου (24h) στους δυο υπό μελέτη σταθμούς

Από τη μελέτη της εικοσιτετράωρης κύμανσης της θερμοκρασίας του αέρα, στους δύο εξεταζόμενους σταθμούς (σχήμα 5.9), για κάθε μήνα ξεχωριστά προκύπτει αρχικά ότι, με εξαίρεση τον Απρίλιο και τον Αύγουστο, οι δύο σταθμοί καταγράφουν τις ίδιες ώρες της ημέρας, τις μέγιστες και τις ελάχιστες θερμοκρασίες τους. Στους δύο προαναφερθέντες μήνες η ΣΘΕ παρουσιάζει το μέγιστο μία ώρα νωρίτερα τον

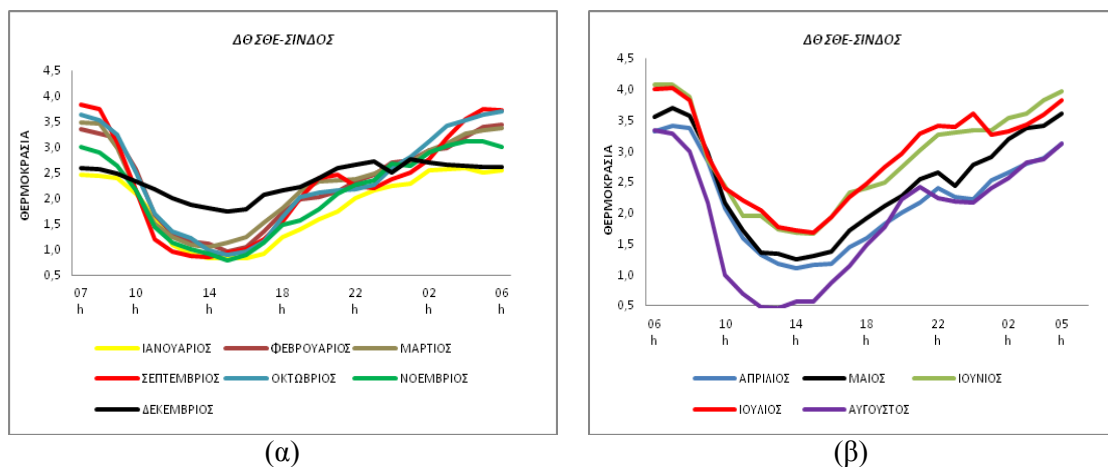


Σχήμα 5.9. Απεικόνιση της μέσης ωριαίας θερμοκρασίας ανά μήνα ενδεικτικά για ένα σταθμό του κέντρου της Θεσσαλονίκης (ΣΘΕ) και για ένα στα περίχωρα (ΣΙΝΔΟΣ).

πρώτο μήνα, ενώ το δεύτερο μία ώρα αργότερα.

Επιπλέον λαμβάνοντας υπόψη και τα σχήματα 5.10 και Π.5, διακρίνεται ότι την ώρα που καταγράφονται οι μέγιστες θερμοκρασίες η διαφορά μεταξύ των δύο σταθμών λαμβάνει τη μικρότερη της τιμή, ενώ αντίστοιχα η μέγιστη απόκλιση μεταξύ αυτών, σημειώνεται λίγο πριν και κατά την ανατολή του ηλίου. Ουσιαστικά στο ξημέρωμα το φαινόμενο της Α.Θ.Ν. έχει την μεγαλύτερη ένταση, η οποία σταδιακά μειώνεται μέχρι και 2-3 μετά την μεσουράνηση του ηλίου, ενώ στη συνέχεια και καθ' όλη τη διάρκεια της νύχτας αυξάνεται, υποδηλώνοντας έτσι ότι το φαινόμενο γίνεται εντονότερο τη νύχτα.

Ταυτόχρονα, επιβεβαιώνεται ότι κατά τη διάρκεια του Ιανουαρίου, (σχήμα 5.10α-κίτρινη γραμμή) σημειώνεται η μικρότερη διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ των δύο σταθμών, η οποία κυμαίνεται από 0.8 έως 2.6 °C. Αξίζει ωστόσο να σημειωθεί, ότι την θερινή περίοδο τους δύο πρώτους μήνες επικρατούν οι αντίθετες συνθήκες. Για παράδειγμα τον Ιούνιο (σχήμα 5.10β-πράσινη γραμμή) η διαφορά αυτή λαμβάνει τιμές από 1.7 έως 4.1 °C ενώ τον Αύγουστο η διαφορά κυμαίνεται από 0.5 έως 3.3 °C (σχήμα 5.10β-μωβ γραμμή).



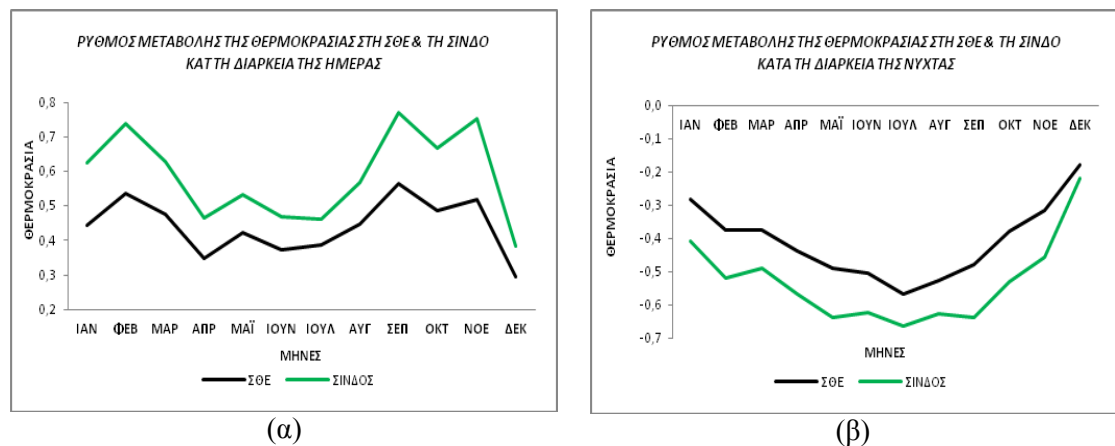
Σχήμα 5.10. Απεικόνιση της διαφοράς θερμοκρασίας σε 24ωρη βάση, μεταξύ των δύο σταθμών, τους μήνες όπου η ανατολή του ηλίου λαμβάνει χώρα (α) στις 07:00 και (β) στις 06:00 το πρωί, τοπική ώρα

Στον αντίποδα αρκετά διαφορετική συμπεριφορά, σε σχέση με τους υπόλοιπους μήνες, παρουσιάζει ο Δεκέμβριος (σχήμα 5.10 α-μαύρη γραμμή), του οποίου η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ ΣΘΕ και Σίνδου, σε ολόκληρο το εικοσιτετράωρο, δεν παρουσιάζει ιδιαίτερες διακυμάνσεις με εύρος από 1.7 °C ως 2.7 °C. Ολοκληρώνοντας, να αναφερθεί ότι η μεγαλύτερη μεταβολή της διαφοράς

θερμοκρασίας των δύο σταθμών στο εικοσιτετράωρο, σημειώνεται το διάστημα Αύγουστο-Οκτώβριο.

5.7.3 Ανάλυση του ρυθμού μεταβολής της θερμοκρασίας στους σταθμούς της ΣΘΕ και της Σίνδου κατά τη διάρκεια της ημέρας και της νύχτας

Τέλος, εξετάζεται η πορεία του ρυθμού μεταβολής της θερμοκρασίας καθ' όλη τη διάρκεια του έτους, για τους δύο επιλεγμένους σταθμούς. Για τις ανάγκες της μελέτης, υπολογίστηκε ο μέσος ρυθμός μεταβολής κατά τη διάρκεια του κάθε μήνα από την ανατολή έως τη δύση του ηλίου (σχήμα 5.11 α) και από τη δύση έως την ανατολή (σχήμα 5.11 β).



Σχήμα 5.11. Απεικόνιση του ρυθμού μεταβολής της θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια της ημέρας (α) και της νύχτας (β) στους σταθμούς της ΣΘΕ και της Σίνδου.

Από τη μελέτη του συγκεκριμένου σχήματος προκύπτει ότι τόσο την ημέρα όσο και τη νύχτα, ο σταθμός της Σίνδου έχει μεγαλύτερο ρυθμό μεταβολής από το σταθμό της ΣΘΕ, γεγονός που αποδεικνύει την ύπαρξη του φαινομένου της Α.Θ.Ν. (κεφ. 5.3). Επιπλέον το γεγονός ότι ο ρυθμός μεταβολής της θερμοκρασίας, και των δύο σταθμών, κατά τη διάρκεια της νύχτας είναι συνεχώς μικρότεροι από τους αντίστοιχους της ημέρας επιβεβαιώνει, ότι το φαινόμενο αποκτά την μεγαλύτερη ένταση του μετά τη δύση του ηλίου.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στόχος της παρούσας διατριβής είναι η εκτίμηση της επίδρασης του φαινομένου της Αστικής Θερμικής Νησίδας στην διαμόρφωση της θερμοκρασίας της πόλης της Θεσσαλονίκης. Για την επίτευξη αυτού του σκοπού χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα θερμοκρασίας (ημερήσια και ωριαία), για την περίοδο από το 2001 ως το 2004, που προέρχονται από εννέα μετεωρολογικούς σταθμούς τοποθετημένους σε διάφορα σημεία της πόλης. Από αυτούς, οι τέσσερις σταθμοί είναι τοποθετημένοι στο κέντρο της, τρεις στο δυτικό της τμήμα και οι άλλοι δύο στα ανατολικά της προάστια.

Αρχικά, μελετήθηκε η ανάπτυξη της πόλης τα τελευταία χρόνια, σύμφωνα με τα πιο πρόσφατα διαθέσιμα δεδομένα της απογραφής του 2001, από όπου προκύπτει ότι το 73.2 % του συνολικού πληθυσμού της Θεσσαλονίκης και το 61.6% του συνόλου των κτηρίων της, βρίσκονται στο κέντρο της πόλης. Επιπλέον το γεγονός ότι ενώ στις περισσότερες περιοχές το ποσοστό των κτηρίων είναι μεγαλύτερο από το ποσοστό του πληθυσμού, στο κέντρο της πόλης ισχύει το αντίθετο. Το γεγονός αυτό αποδεικνύει ότι τα κτήρια στο αστικό κέντρο (πολυκατοικίες) είναι μεγαλύτερα ώστε να χωράνε περισσότερους κατοίκους ενώ στα περίχωρα, όπου ως επί το πλείστον συναντώνται μονοκατοικίες, είναι μικρότερα ώστε να στεγάζονται μία με δύο οικογένειες το περισσότερο. Σύμφωνα με τον Golden (2004), που μελέτησε την επίδραση της δόμησης στη θερμοκρασία των ταχέως αναπτυσσόμενων πόλεων, τα συγκροτήματα κτηρίων που συναντώνται στα αστικά κέντρα εμπεριέχουν συνήθως οικοδομήματα με ανάμεικτα ύψη και διαστάσεις. Ορισμένα από αυτά είναι αρκετά ψηλές πολυκατοικίες αλλά και εμπορικά κτήρια, τα οποία εμφανίζουν ιδιαίτερα αυξημένη θερμική μάζα. Επίσης συντελούν στη δημιουργία φαραγγιών, που αυξάνουν τον αντίκτυπο του δομημένου περιβάλλοντος στο αστικό κλίμα (Arnfield, 2002; Samuels, 2003). Ουσιαστικά ο συνδυασμός αυτών των κτηρίων επηρεάζει τη ροή του αέρα πάνω και μέσα στο αστικό περιβάλλον (στάσιμες συνθήκες της κυκλοφορίας του αέρα, μη διασπορά των ρύπων).

Στη συνέχεια έγινε μία εκτίμηση της πορείας της θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια της περιόδου μελέτης σε όλους τους σταθμούς ενώ ακολούθησε η ανάλυση των μέσων τιμών μέσης, μέγιστης και ελάχιστης θερμοκρασίας. Σε πρώτο στάδιο διακρίνεται ότι

το 2001 εντοπίζονται σε όλους τους σταθμούς οι μεγαλύτερες ετήσιες θερμοκρασίες συγκριτικά με τα υπόλοιπα έτη της εξεταζόμενης περιόδου, ενώ ως προς τις χαμηλότερες ετήσιες θερμοκρασίες δεν προκύπτουν από κάποιο έτος συγκεκριμένα, καθώς για όλους τους σταθμούς δεν υπάρχει ταύτιση ως προς το ψυχρότερο έτος. Επιπλέον διαπιστώνεται ότι το 2001 και 2002 στο σταθμό της Βενιζέλου επικρατούν οι υψηλότερες θερμοκρασίες, ενώ το 2003 και το 2004 ως θερμότερος εμφανίζεται ο σταθμός της ΣΘΕ. Κατά τη διάρκεια όμως και των τεσσάρων ετών ο ψυχρότερος είναι ο σταθμός της Σίνδου.

Στο δεύτερο κομμάτι αυτού του τμήματος της μελέτης ακολούθησε η σύγκριση των θερμοκρασιών που καταγράφονται σε κάθε σταθμό, σε ετήσια, εποχιακή, μηνιαία και ημερήσια ανάλυση. Γενικά παρατηρείται πως στα δυτικά της πόλης, στο σταθμό της Σίνδου, επικρατούν οι χαμηλότερες θερμοκρασίες ενώ προς το κέντρο υπάρχει άνοδος της θερμοκρασίας. Συγκεκριμένα στον κεντρικότερο σταθμό, στη Βενιζέλου, σημειώνονται οι μεγαλύτερες τιμές. Αξίζει να σημειωθεί ότι ιδιαίτερα αυξημένη εμφανίζεται και η θερμοκρασία στο σταθμό της Νεοχωρούδας, που είναι τοποθετημένος αρκετά βορειότερα, στα προάστια της πόλης. Υπολογίζεται πως ο συγκεκριμένος σταθμός είναι θερμότερος από τους υπόλοιπους αστικούς και σε κάποιες περιπτώσεις καταγράφονται, σε αυτόν, θερμοκρασίες υψηλότερες από αυτές της Βενιζέλου, χωρίς όμως τα αίτια να είναι γνωστά.

Οι αμέσως επόμενοι κεντρικότεροι σταθμοί είναι αυτοί που είναι τοποθετημένοι στο Μετεωροσκοπείο και στη Σχολή Θετικών Επιστημών (ΣΘΕ). Αξιοσημείωτο είναι πως στους συγκεκριμένους σταθμούς, αν και απέχουν μικρή απόσταση μεταξύ τους, σημειώνονται διαφορές στη συμπεριφορά της θερμοκρασίας. Συγκεκριμένα στο Μετεωροσκοπείο καταγράφονται χαμηλότερες θερμοκρασίες συγκριτικά με αυτόν της ΣΘΕ. Η διαφορά μεταξύ αυτών των δύο σταθμών εντοπίζεται στο ότι ο πρώτος είναι τοποθετημένος μέσα σε έναν ιδιαίτερα «ανοιχτό χώρο», γύρω του υπάρχουν δέντρα και γρασίδι ενώ τα υπόλοιπα κτήρια βρίσκονται σε κάποια σχετική απόσταση από αυτόν. Αντίθετα στο σταθμό της ΣΘΕ δεν υπάρχει τριγύρω εστία πρασίνου, εκτός από λίγα δέντρα, ενώ περιστοιχίζεται από κτήρια. Επίσης σε μικρή απόσταση από τον σταθμό υπάρχει πολυσύχναστος δρόμος κεντρικής κυκλοφορίας. Η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ των δύο σταθμών κυμαίνεται από 1.3 °C (θερμή περίοδος) ως 2.7 °C (ψυχρή περίοδος). Σε ανάλογα συμπεράσματα ως προς την επίδραση, στη

θερμοκρασία, των «ανοιχτών χώρων» και γενικά των διάφορων εστιών πρασίνου κατέληξαν και οι Charalampopoulos and Chronopoulou-Sereli (2005) για την πόλη της Αθήνας. Σύμφωνα με τους ερευνητές η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ ενός πάρκου (μεγάλου μεγέθους) και της γύρω περιοχής μπορεί να φθάσει, υπό συνθήκες, μέχρι και τους 5.4°C ενώ στην περίπτωση ενός μικρότερου χώρου, ανάλογου αυτού που είναι τοποθετημένος ο σταθμός του Μετεωροσκοπείου, μέχρι και 2.8°C .

Οι σταθμοί της Καλαμαριάς και του Επταπυργίου, που επίσης θεωρούνται αστικοί, παρουσιάζουν θερμοκρασίες κοντά σε αυτές του Ελευθέριου Κορδελιού ο οποίος είναι τοποθετημένος στα περίχωρα της πόλης. Το γεγονός αυτό δηλώνει ότι περιοχές που ανήκουν στο αστικό κέντρο αλλά έχουν μικρότερη οικιστική ανάπτυξη και κυκλοφοριακό φόρτο δεν επιβαρύνονται τόσο από το φαινόμενο της Αστικής Θερμικής Νησίδας και διατηρούν σχετικά χαμηλότερες τιμές. Τέλος σχετικά με τον σταθμό, του Πανοράματος, που βρίσκεται στα ανατολικότερα προάστια σημειώνονται περίπου 1°C χαμηλότερες θερμοκρασίες από τους τρεις προαναφερθέντες σταθμούς.

Κατά τη διάρκεια των ετών 2001-2004 προκύπτει ότι, σε ετήσια βάση η μέγιστη διαφορά της μέσης θερμοκρασίας που επικρατεί μεταξύ των σταθμών είναι της τάξης των 3.0°C , με τις μικρότερες διαφορές μεταξύ του θερμότερου και του ψυχρότερου σταθμού να παρατηρούνται το χειμώνα (2.7°C), ενώ αντίθετα κατά τη διάρκεια των καλοκαιρινών μηνών παρουσιάζονται οι μεγαλύτερες (3.1°C). Στις μεταβατικές εποχές οι διαφορές των σταθμών κυμαίνονται στα ίδια επίπεδα (2.9°C). Ως προς την μηνιαία και ημερήσια μελέτη της θερμοκρασίας προκύπτει όμως ότι, συγκριτικά για όλο το έτος, τον Αύγουστο σημειώνονται οι μικρότερες διαφοροποιήσεις μεταξύ των σταθμών ενώ αντίθετα τον Δεκέμβριο οι μεγαλύτερες.

Παρόμοια πορεία της θερμοκρασίας φαίνεται να έχει και η Ρώμη (Bonacquisti et al, 2006) καθώς διαπιστώθηκε ότι ομοίως τον χειμώνα το φαινόμενο της Α.Θ.Ν. βρίσκεται σε ύφεση, με τη μεγαλύτερη διαφορά της θερμοκρασίας μεταξύ αστικής και περιαστικής περιοχής (ΔT_{u-r}) να είναι στους 2.0°C . Το καλοκαίρι η εν λόγω διαφορά είναι περίπου στους 5.0°C . Να αναφερθεί ότι οι μεγαλύτερες διαφοροποιήσεις μεταξύ των σταθμών στη Ρώμη σημειώνονται τον Αύγουστο (μέση διαφορά 4.2°C). Άλλες μελέτες που έρχονται σε συμφωνία με τη συγκεκριμένη

έρευνα, σχετικά με ότι η Αστική Θερμική Νησίδα είναι εντονότερη το καλοκαίρι σε σχέση με το χειμώνα, αφορούν περιοχές όπως τη Μελβούρνη (Morris et al, 2001), το Λονδίνο (Wilby, 2003), το Ρότερνταμ και το Άρνχεμ της Ολλανδίας (Van Hove et al, 2011). Αντίθετα, για την πόλη της Σεούλ (Kim and Baik, 2004) προέκυψε ότι η ένταση της Α.Θ.Ν είναι εμφανώς μειωμένη τους καλοκαιρινούς μήνες. Το γεγονός αυτό όμως αποδίδεται στην επίδραση του Ασιατικού θερινού μουσώνα, που οδηγεί σε συχνά και έντονα επεισόδια βροχής, με αποτέλεσμα να αυξάνεται η ατμοσφαιρική αστάθεια, να σημειώνεται μεγαλύτερη θερμική μίξη και συνεπώς να μειώνεται η οριζόντια διαφορά της θερμοκρασίας. Άλλες περιπτώσεις, σύμφωνα με τις οποίες η ένταση της Θερμικής Νησίδας είναι πιο έντονη κατά την διάρκεια του χειμώνα, εντοπίζονται για τη Γρανάδα, της Ισπανίας (Montavez et al, 2000), αλλά και στην πόλη Szeged της Ουγγαρίας (Bottyan and Unger, 2003) όπου από την επεξεργασία ελαχίστων ημερήσιων θερμοκρασιών, βρέθηκε ότι η μέση ένταση της Θερμικής Νησίδας είναι στους $2,1^{\circ}\text{C}$ κατά την διάρκεια της θερμής περιόδου και στους $3,1^{\circ}\text{C}$ κατά την ψυχρή.

Σε ένα επόμενο στάδιο της παρούσας εργασίας μελετήθηκε, ο βαθμός συσχέτισης των εξεταζόμενων σταθμών, από όπου προέκυψε ότι τόσο σε ετήσια όσο και κατά τη θερμή (Μάρτιος-Αύγουστος) και ψυχρή (Σεπτέμβριος-Φεβρουάριος) περίοδο του έτους οι σταθμοί παρουσιάζουν μεταξύ τους υψηλή θετική συσχέτιση. Επιπλέον υπολογίστηκαν οι ακραίοι δείκτες θερμοκρασίας, για κάθε σταθμό ανά μήνα, με σκοπό να προσδιοριστούν οι ημέρες της εξεταζόμενης περιόδου, οι οποίες παρουσιάζονται ιδιαίτερα θερμές ή ψυχρές. Προκύπτει ότι οι σταθμοί που βρίσκονται στα περίχωρα της πόλης παρουσιάζουν χαμηλότερες τιμές δεικτών, σε σχέση με τους αστικούς, επιβεβαιώνοντας έτσι την μεταβολή της θερμοκρασίας από το ένα σημείο της πόλης της Θεσσαλονίκης στο άλλο. Επιπλέον οι σταθμοί στο κέντρο της πόλης καταγράφουν υψηλές τιμές ακραίων μέγιστων θερμοκρασιών όλους τους μήνες του έτους ενώ στα περίχωρα οι αντίστοιχες τιμές ελαττώνονται κατά την ψυχρή περίοδο. Αυτή η διαφοροποίηση στις τιμές των δύο δεικτών στους σταθμούς των προαστίων, σε αντίθεση με τους αστικούς που διατηρούνται υψηλοί, πιθανών να μπορεί να αποδοθεί και στην επίδραση του φαινομένου της Αστικής Θερμικής Νησίδας.

Στο τελευταίο μέρος της διπλωματικής ειδίκευσης εξετάστηκαν οι σταθμοί που ανήκουν στο αστικό κέντρο και αυτοί των περιχώρων ως δύο κατηγορίες και όχι κάθε

σταθμός μεμονωμένα. Παρατηρήθηκε ότι σε ψυχρές περιόδους εντοπίζονται και οι μεγαλύτερες διαφορές θερμοκρασίας, μεταξύ των σταθμών, καθώς επηρεάζονται περισσότερο τα περίχωρα σε σχέση με τους αστικούς – κεντρικούς σταθμούς όπου καταγράφονται αρκετά υψηλότερες τιμές. Αντίθετα όταν σημειώνεται αύξηση της θερμοκρασίας μειώνεται η διαφορά μεταξύ των αστικών και περιαστικών σταθμών. Η παραπάνω διαπίστωση οδηγεί στο συμπέρασμα ότι η θερμοκρασία στο κέντρο της πόλης δεν μεταβάλλεται ιδιαίτερα αν υπάρξει κάποια διακύμανση των καιρικών συνθηκών, σε αντίθεση με τα περίχωρα, όπου μεταβάλλονται σε μεγαλύτερο βαθμό.

Επιπλέον επιβεβαιώθηκε ότι οι μεγαλύτερες μεταβολές της θερμοκρασίας μέσα στην πόλη σημειώνονται το καλοκαίρι και οι μικρότερες το χειμώνα, καθώς επίσης και η διαφορετική συμπεριφορά, σε σχέση με την εκάστοτε αντίστοιχη εποχή, των μηνών του Αυγούστου και Δεκεμβρίου. Ενδεχομένως αυτή η διαφοροποίηση να οφείλεται στο ότι λόγω του φαινομένου της Α.Θ.Ν. οι μεταβολές των κλιματικών συνθηκών επηρεάζουν εντονότερα τα προάστια. Δηλαδή, κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, η μηνιαία θερμοκρασία δεν μεταβάλλεται ιδιαίτερα από μήνα σε μήνα στο κέντρο της πόλης. Αντίθετα στα περίχωρα αυξάνει ακολουθώντας την εξέλιξη των μηνών, δεδομένου ότι ως θερμότερος μήνας λαμβάνεται ο Αύγουστος. Το γεγονός αυτό έχει ως αποτέλεσμα να μειώνεται το εύρος της θερμοκρασίας μέσα στη Θεσσαλονίκη. Από την άλλη μεριά τον χειμώνα ισχύει το ακριβώς αντίθετο καθώς τον Δεκέμβριο, η θερμοκρασία στους αστικούς σταθμούς δεν ελαττώνεται ιδιαίτερα σε σχέση με τους υπόλοιπους ψυχρούς μήνες, σε αντίθεση με τους περιαστικούς όπου μειώνεται τόσο ώστε να αυξάνει αρκετά η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ των δύο κατηγοριών.

Η περαιτέρω μελέτη του φαινομένου της Αστικής Θερμικής Νησίδας έδειξε ότι η μεγαλύτερη έντασή του σημειώνεται στο ξημέρωμα (05:00-07:00), την ώρα δηλαδή που καταγράφονται οι ελάχιστες θερμοκρασίες μέσα στην πόλη. Στη συνέχεια η ένταση του σταδιακά μειώνεται μέχρι και 2-3 μετά την μεσουράνηση του ηλίου (15:00-16:00), την ώρα που σημειώνονται οι μέγιστες θερμοκρασίες ενώ στη συνέχεια και καθ' όλη τη διάρκεια της νύχτας αυξάνεται. Το γεγονός αυτό σε συνδυασμό με το ότι ο ρυθμός μεταβολής της θερμοκρασίας τη νύχτα είναι μικρότερος από τον αντίστοιχο της ημέρας υποδηλώνει ότι το φαινόμενο είναι ισχυρότερο κατά τη διάρκεια των νυχτερινών ωρών. Τα παραπάνω συμπεράσματα έρχονται σε συμφωνία με τη μελέτη των Giannaros et al 2010, για την πόλη της

Θεσσαλονίκης.

Πολλές επίσης είναι οι μελέτες, στις οποίες υποστηρίζεται ότι η Α.Θ.Ν. είναι φαινόμενο που αναπτύσσεται το βράδυ. Στη Λισαβόνα, στην Πορτογαλία, η μέση ένταση του φαινομένου τις νυχτερινές ώρες είναι στους 2.5°C (Alcoforado and Andrade, 2006) ενώ στο Λονδίνο το βράδυ η διαφορά της θερμοκρασίας μπορεί να φθάσει και τους 7.0°C (Watkins et al, 2002). Σύμφωνα με τον (Santamouris, 2007) γενικά στη ζώνη της Μεσογείου, οι περισσότερες από τις μελέτες (Ρώμη, Λισαβόνα, Μαδρίτη, Γρανάδα, Τουρκικές πόλεις), επικεντρώθηκαν στην μελέτη της Α.Θ.Ν. κατά την διάρκεια της νυχτερινής περιόδου. Το βράδυ σημειώνεται και η μεγαλύτερη ένταση του φαινομένου, η οποία κυμαίνεται από 2°C για την Κωνσταντινούπολη έως 9°C για τις μεσαίου μεγέθους Τουρκικές πόλεις. Αντίθετα συμπεράσματα εξάγονται από την μελέτη των Giridharan et al (2005), καθώς το καλοκαίρι, στο Χονγκ Κονγκ η ένταση της Α.Θ.Ν. είναι μεγαλύτερη κατά τη διάρκεια της ημέρας. Επίσης και στη Βασιλεία της Ελβετίας (Christen and Vogt, 2004) η μεγαλύτερη διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ του κέντρου της πόλης και των περιχώρων παρατηρείται ακριβώς μετά το ηλιοβασίλεμα ενώ κατά την διάρκεια της νύχτας η διαφορά αυτή συνεχώς μειώνεται.

Στο σημείο αυτό αξίζει να σημειωθεί ότι σε ορισμένες περιπτώσεις εντοπίστηκε και του φαινομένου της αντίθετης Θερμικής Νησίδας κυρίως τους μήνες Ιανουάριο με Μάρτιο καθώς και τον Μάιο. Η μεγαλύτερη ένταση του εντοπίζεται τον Ιανουάριο, κατά τη διάρκεια του οποίου τα περίχωρα εμφανίζονται κατά 3.4°C θερμότερα του αστικού κέντρου της πόλης. Στη Γκουανταλαχάρα στο Μεξικό (Tereshchenko and Filonov, 2001) το φαινόμενο εμφανίζεται κυρίως τον Ιούνιο και τον Ιούλιο αλλά δεν ξεπερνάει τον 1.0°C . Στην πόλη Okayama της Ιαπωνίας (Shigeta et al, 2009), ενώ τις καλοκαιρινές νύχτες το αστικό κέντρο είναι κατά $3.0-4.0^{\circ}\text{C}$ θερμότερο των γύρω αγροτικών περιοχών, τα πρωινά εμφανίζεται το αντίστροφο φαινόμενο καθιστώντας τα περίχωρα θερμότερα κατά $1.0-2.0^{\circ}\text{C}$.

Οι λόγοι για του οποίους λαμβάνει χώρα το φαινόμενο της αντίθετης θερμικής νησίδας ή αλλιώς «δροσερό νησί» δεν είναι ακόμη ξεκάθαροι, καθώς είναι λίγοι οι μελετητές που έχουν ασχοληθεί με το συγκεκριμένο θέμα. Οι Barrucand et al (2009) μελέτησαν την πιθανή αιτία εμφάνισης των περιχώρων ως θερμότερα του αστικού κέντρου, στην πόλη του Μπουένος Άιρες, σε σχέση με τις παραμέτρους της

νεφοκάλυψης, της ατμοσφαιρικής σταθερότητας, της έντασης και της διεύθυνσης του ανέμου. Τα αποτελέσματα της έρευνας τους δείχνουν ότι τις νυχτερινές ώρες μπορεί εν μέρει να εξηγηθεί από τη μείωση της συχνότητας εμφάνισης αίθριου ουρανού στους αστικούς σταθμούς και όταν ισχυροί άνεμοι πνέουν από το κέντρο της πόλης προς τα περίχωρα αυτής.

Συμπερασματικά λαμβάνοντας υπόψη:

- Το γεγονός ότι η διαφορά θερμοκρασίας που παρατηρείται μεταξύ της Σίνδου (που ανήκει στα περίχωρα της πόλης) και των υπολοίπων σταθμών, είναι μεγαλύτερη σε σχέση με την αντίστοιχη που προκύπτει μεταξύ της Βενιζέλου (αστικό κέντρο) και των υπολοίπων σταθμών.
- Στη Σίνδο και στο Πανόραμα καταγράφονται ημέρες μερικού και ολικού παγετού και σε μήνες εκτός του χειμώνα
- Τις αρκετές περιπτώσεις εμφάνισης του φαινομένου της αντίθετης θερμικής νησίδας

μπορεί να θεωρηθεί ότι η Αστική Θερμική Νησίδα στην Θεσσαλονίκη είναι πιο πολύ επηρεασμένη από τα τοπικά περίχωρα της περιοχής παρά από την πόλη ως σύνολο, υπόθεση που υποστηρίχτηκε από τον Bohm (1998) για την πόλη της Βιέννης.

Τέλος κρίνεται σκόπιμο να προταθούν ορισμένες ιδέες, για την εξαγωγή μιας λεπτομερέστερης εικόνας σχετικά με την επίδραση του φαινομένου της Αστικής Θερμικής Νησίδας στην θερμοκρασία της πόλης της Θεσσαλονίκης. Είναι απαραίτητο, σύμφωνα πάντα με τα υπάρχοντα διαθέσιμα δεδομένα, να γίνει μία παρόμοια ανάλυση για μεγαλύτερη περίοδο ετών. Επίσης ενδιαφέρον θα παρουσίασε η μελέτη του φαινομένου και σε άλλα μεγάλα αστικά κέντρα της ελληνικής περιοχής ώστε να εντοπιστούν ομοιότητες ή διαφορές στη θερμοκρασιακή συμπεριφορά των διάφορων πόλεων. Τέλος, δεχόμενοι ότι η Α.Θ.Ν. αποτελεί πρόβλημα των πόλεων, σε ένα μελλοντικό στάδιο προτείνεται να εντοπιστούν οι καταλληλότερες μέθοδοι επίλυσης του. Συγκεκριμένα να διερευνηθεί το αποτέλεσμα που θα είχε η χρήση νέων υλικών, με υψηλή αντανakλαστικότητα, για την κατασκευή των κτηρίων (ή χρωμάτων τα οποία χαρακτηρίζονται «Ψυχρά Υλικά») και η δημιουργία εκτάσεων πρασίνου, που εκτός από τη σκίαση των δέντρων θα προσέφερε όχι μόνο μείωση της θερμοκρασίας αλλά και μείωση του δείκτη δυσφορίας.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Adinna E. N.**, Christian E. I. , Okolie, A.T. (2009): Assessment of urban heat island and possible adaptations in Enugu urban using landsat-ETM. *Journal of Geography and Regional Planning* Vol. 2(2): 030-036, February, 2009.
- Alcoforado M. J.**, Andrade H. (2006): Nocturnal urban heat island in Lisbon (Portugal): main features and modelling attempts. *Theoretical and Applied Climatology*, **84**: 151–159
- Alonso M.S.**, Labajo J.L, Fidalgo M.R. (2003): Characteristics of the urban heat island in the city of Salamanca, Spain. *Atmosfera*, vol. **16**, numero 003: 137-148
- Arnfield A.J.** (2002): Two decades of urban climate research: a review of turbulence, exchanges of energy and water, and the urban heat island. *International Journal of Climatology* **23**: 1–26 (2003).
- Atkinson, B. W.** (2003): 'Numerical Modelling of Urban Heat-Island Intensity', *Boundary Layer Meteorology*, **109**: 285-310
- Balafoutis Ch.**, Makrogiannis T. (1998): Heat Island and Bioclimatic Indexes in the city of Thessaloniki. *Acta Universitatis Lodziensis, Folia Geographica Physica* **3**
- Balling, R. C.**, Cervený, R. S. and Idso, C. D. (2001): 'Does the urban CO₂ dome of Phoenix, Arizona contribute to its heat island?' *Geophysical Research Letters*, **28**: 4599-4601
- Barrucand M.**, Camilloni I., Rusticucci M. (2009): Characterization of the Urban Heat Island at Buenos Aires city. Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). Departamento de Ciencias de la Atmósfera y los Océanos – Universidad de Buenos Aires, *21st Conference on Climate Variability and Change*
- Bartholy J.**, Pongrácz R., Dezső ZS., Lelovics E. (2009): Urban heat island effect of large central European cities using satellite measurements of surface temperature. *Acta Climatologica et Chorologica*, Universitatis Szegediensis, Tomus 42-43, 2009: 7-15
- Berdahl P.**, Bretz S. (1997): Preliminary Survey of the Solar Reflectance of Cool Roofing Materials. *Energy and Buildings*, **25**:149-158.
- Bohm, R.** (1998): Urban bias in temperature time series - A case study for the city of Vienna, Austria, *Climatic Change*, **38**: 113-128

- Bonacquisti V.**, Casale G.R., Palmieri S., Siani A.M. (2006): A canopy layer model and its application to Rome. *Science of the Total Environment*, 2006 Jul 1;**364**(1-3):1-13.
- Bottyan Z.**, Unger J. (2003): A multiple linear statistical model for estimating the mean maximum urban heat island. *Theoretical and Applied Climatology*, **75**: 233–243
- Charalampopoulos I.**, Chronopoulou-Sereli A.(2005): Mapping the urban green area influence on local climate under windless and light wind conditions. The case of Western part of Athens, Greece, *Acta Climatologica et Chorologica*, Universitatis Szegediensis, Tom. **38-39**: 25-31
- Christen A.**, Vogt R. (2004) : Energy and radiation balance of a central European city. *International Journal of Climatology*, **24**: 1395–1421
- Cohen B** (2004): “Urban Growth in Developing Countries: A Review of Current Trends and a Caution Regarding Existing Forecasts”, *World Development*, Vol. **32**, No. 1: 23–51.
- Donald S.** (1968): "A two-dimensional interpolation function for irregularly-spaced data". *Proceedings of the 1968 ACM National Conference.*: 517–524
- Figuerola P. I.**, Mazzeo N. S. A. (1998): Urban-Rural temperature differences in Buenos Aires. *International Journal of Climatology*, **18**: 1709-1723
- Giannaros, T. M.**, Melas, D., Kontogianni P. (2010): An Observational Study of the Urban Heat Island in the Greater Thessaloniki Area: Preliminary Results and Development of a Forecasting Service, *AIP Conference Proceedings*, **1203**: 991-996
- Giridharan R.**, Lau S.S.Y., Ganesan S. (2005): Nocturnal heat island effect in urban residential developments of Hong Kong. *Energy and Buildings*, **37** (9): 964–971
- Golden Jay S.** (2004): The Built Environment Induced Urban Heat Island Effect in Rapidly Urbanizing Arid Regions – A Sustainable Urban Engineering Complexity. *Environmental Sciences* 2004, Vol. **00**, No. 0: 000–000
- Hamdi, R.**, Van de Vyver, H. (2011) Estimating urban heat island effects on near-surface air temperature records of Uccle (Brussels, Belgium): an observational and modeling study. *10th EMS Annual Meeting and 8th European Conference on Applied Climatology* (ECAC) 2010
- Hinkel K. M.**, Nelson, F. E., Klene, A. F. and Bell, J. H. (2003): 'The urban heat island in winter at Barrow, Alaska', *International Journal of Climatology*, **23**:

1889-1905

- Kassomenos P. A.**, Katsoulis B. D. (2006): Mesoscale and macroscale aspects of the morning Urban Heat Island around Athens, Greece. *Meteorology and Atmospheric Physics*, Vol. **94**, Numbers 1-4: 209-218,
- Kim Y.H.**, Baik J.J. (2004) :Spatial and Temporal Structure of the Urban Heat Island in Seoul, *Journal of Applied Meteorology*, Vol. **44**, Issue 5: 591-605
- Kolokotsa D.**, Psomas A. , Karapidakis E. (2009): Urban heat island in southern Europe: The case study of Hania, Crete. *Solar Energy*, **83**, Issue 10:1871-1883,
- Kratzer A.** (1956): *The Climate of Cities*, American Meteorological Society: pp. 230
Available on line at <http://urban-climate.com/wp3/resources/classic-texts/albert-kratzer>
- Kusaka H.**, Kimura F. (2004): Thermal effects of urban canyon structure on the nocturnal heat island: Numerical experiment using a mesoscale model coupled with an urban canopy model. *Journal of Applied Meteorology*, **43**: 1899–1910.
- Landsberg, H. E.** (1981): *The Urban Climate*. National Academy Press, New York, pp 275
- Li, Q.**, Zhang, H., Liu, X. and Huang, J. (2004b): 'Urban heat island effect on annual mean temperature during the last 50 years in China', *Theoretical and Applied Climatology*, **79**: 165-174
- Lionello P.** (2009): Introduction to extremes and to indicators for their analysis, *Latsis Foundation- 1st International Summer School*, Environment: climate, climate change, impacts
- Livada I.**, Santamouris M., Niachou K., Papanikolaou N., Mihalakakou G. (2002): Determination of places in the great Athens area where the heat island effect is observed. *Theoretical and Applied Climatology*, **71**: 219-230
- McGranahan G.**, Marcotullio P. (2006): “Chapter 27: Urban Systems”, *Ecosystems and Human Well-being: Current State and Trends, Millennium Ecosystem Assessment*, Island Press, Washington, D.C: 795–825.
- Montavez J.** , Rodriguez A., Jimenez J. (2000): A study of the Urban Heat Island of Granada. *International Journal of Climatology*, **20**: 899–911
- Morris C. J. G.**, Simmonds I., Plummer N. (2001): Quantification of the Influences of Wind and Cloud on the Nocturnal Urban Heat Island of a Large City. *Journal of Applied Meteorology*, **40**: 169–182
- Neofytou P.**, Venetsanos A., Bartzis J.G. (2006): Wind-field and pollution-dispersion

- simulation in a street canyon in Helsinki with ADREA-HF CODE. *Global NEST Journal*, Vol **8**, No 3: 272-276
- Oke, T.R.** (1982): The energetic basis of urban heat island. *Journal of the Royal Meteorological Society*. **108** (455): 1-24.
- Oke T.R.** (1987): *Boundary Layer Climates*. Routledge, London: pp 435
- Oke T.R.** (1995): The heat island characteristics of the urban boundary layer: Characteristics, causes and effects. In J.E. Cermak, A.G. Davenport, E.J. Plate, and D.X. Viegas (eds). *Wind Climate in Cities*: 81–107. Netherlands: Kluwer Academic.
- Oleson K. W.**, Bonan G. B., Feddema J. (2010): Effects of white roofs on urban temperature in a global climate model. *Geophysical Research Letters*, VOL. **37**, L03701, 2010, doi:10.1029/2009GL042194
- Papadakis G.**, Tsamis P., Kyritsis S. (2001): An experimental investigation of the effect of shading with plants for solar control of buildings. *Energy and Buildings*, **33**, 831-836.
- Pinho O.S.**, Manso Orgaz, M.D. (2000): The urban heat island in a small city in coastal Portugal, *International Journal of Biometeorology*, **44**:198–203
- Pongrácz R.**, Bartholy J., Dezső ZS. (2007): Thermal structure of large central European cities using remotely sensed data. *Bioclimatology and natural hazards- International Scientific Conference*, Slovakia, September 17 - 20
- Robitu M.**, Musy M., Inard Ch., Groleau D. (2006): Modeling the influence of vegetation and water pond on urban microclimate. *Solar Energy* **80**: 435–447
- Ruth M.**, Gasper R (2008): Water in the urban environment: meeting the challenges of a changing climate. *OECD International Conference*, 2nd annual meeting of the OECD roundtable strategy for urban development
- Samuels R.** (2003): Urban heat islands. Submission to House of Representatives Standing Committee on Environment and Heritage Sustainable Cities 2025 Inquiry, Sydney, Australia
- Sanatamouris M.** (2007): Heat Island Research in Europe: The state of the art; Aber. *Advances in building energy research*, Vol. **1**:123-150
- Shahmohamadi P.**, Che-Ani A. I., Ramly A., Maulud K. N. A., Mohd-Nor M. F. I. (2010): Reducing urban heat island effects: A systematic review to achieve energy consumption balance. *International Journal of the Physical Sciences, Environmental Engineering*: 626-636

- Shepard D.** (1968): A two-dimensional interpolation function for irregularly-spaced data. *Proceedings of the 1968 ACM National Conference*: 517–524
- Shigeta Y., Ohashi Y., Tsukamoto O.** (2009): Urban Cool Island in Daytime—Analysis by Using Thermal Image and Air Temperature Measurement- 7th *International Conference on Urban Climate*, 29 June - 3 July 2009, Yokohama, Japan
- Sokhi, R.S.**, (1998): *Urban air quality: monitoring and modeling*. Kluwer, Dordrecht, 351pp.
- Solecki W. D.**, Rosenzweig C., Pope G., Chopping M., Goldberg R., Polissar A. (2004): Urban Heat Island and Climate Change: An Assessment of Interacting and Possible Adaptations in the Camden, New Jersey Region. *Environmental Assessment and Risk Analysis Element Research Project Summary*. NJDEP Division of Science, contract number SR01-09.
- Stewart I.D.**, Oke T.R., (2009).: Classifying urban climate field sites by —local climate zones: The case of Nagano, Japan. Preprints, Seventh International Conference on Urban Climate, June 29–July 3, Yokohama.
- Stewart I. D.**, Oke T. R., (2010): Thermal differentiation of Local Climate Zones using temperature observations from urban and rural field sites, in *Proceedings of the 9th Symposium, on the Urban Environment*, Keystone, Colo, USA, August 2010.
- Synnefa A.**, Santamouris M., Livada I. (2005): A comparative study of the thermal performance of reflective coatings for the urban environment. *International Conference “Passive and Low Energy Cooling for the Built Environment”*, May 2005, Santorini, Greece
- Taha H.** (1997): Urban Climates and Heat Islands: Albedo, Evapotranspiration, and Anthropogenic heat. *Energy and Buildings*, **25** (2): 99 – 103.
- Tereshchenko I. E.**, Filonov A. E. (2001): Air temperature fluctuations in Guadalajara, Mexico, from 1926 to 1994 in relation to urban growth. *International Journal of Climatology*, **21**: 483–494
- UNDP** (2003), Human Development Report, United Nations Development Programme, Oxford University Press, Oxford: pp 44
- Unger J.**, Simeghy M , Zoboki J (2001):Temperature cross – section. Features in an Urban Area. *Atmospheric Research*, **58** (2):117 – 127

- Upmanis H.**, Ingegård E., Sven L. (1998): The influence of green areas on nocturnal temperatures in a high latitude city (Göteborg, Sweden). *International Journal of Climatology*, **18**, Issue 6: 681–700
- Van Hove L.W.A**, Steenveld G.J., Jacobs C.M.J., Heusinkveld B.G., Elbers J.A., Moors E.J., Holtslag A.A.M. (2011): Exploring the Urban Heat Island Intensity of Dutch cities; Assessment based on a literature review, recent meteorological observations and datasets provided by hobby meteorologists. Alterra report 2170: pp 60
- Voogt, J.A.**(2002): Urban Heat Island. *Encyclopedia of Global Environmental Change*, Volume 3, Causes and consequences of global environmental change: 660–666
- Voogt J.A.** (2004): Urban Heat Islands: Hotter Cities. *America Institute of Biological Sciences*. ActionBioscience.org. Available on line on:
<http://www.actionbioscience.org/environment/voogt.html>
- Watkins R**, Palmer J, Kolokotroni M, Littlefair P (2002). The London Heat Island – results from summertime monitoring, *Building Services Engineering Research & Technology*, **23**, No 2: 97-106.
- Wilby R.L.** (2003):Past and projected trends in London’s urban heat island, Department of Geography, King’s College London, *Weather* Vol. 5: 251-260
- World Bank** (2005), *World Development Report 2006: Equity and Development*, The World Bank and Oxford University Press, New York: pp 340
- Zhang D. L.**, Shou Y.X., Dickerson R. R. (2009): Upstream urbanization exacerbates urban heat island effects. *Geophysical Research Letters*, **36**, (24) : 1-5
- Zhang Z.**, Ji M., Shu J., Deng Z., Wu Y. (2008): Surface Urban Heat Island in Shanghai, China: examining the relationship between land surface temperature and impervious surface fractions derived from LANDSAT ETM+ IMAGERY. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. Vol. **XXXVII**: 601-606
- Αλεξανδρή Ε.**, (2010): Μετριασμός του φαινομένου Θερμικής Νήσου μέσω της φύτευσης δωματίων και όψεων. *Τεχνικά Χρονικά*, Τεύχος 2. Μάρτιος-Απρίλιος 2010. Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας: 35-81
- Αμπατζόγλου Κ.** (1968) *Το κλίμα της Σίνδου. Δεδομένα Μετεωρολογικού σταθμού ετών 1935-1966*. Ινστιτούτο Βαμβάκος. Επιστημ. Δελτίο No **14**: σελ 78

- Αναγνωστοπούλου Χ., Τολικά Κ., Μαχαίρας Π.** (2004) Μελέτη των τάσεων των ακραίων καιρικών συνθηκών στον ευρύτερο Ελλαδικό χώρο για το δεύτερο μισό του 20ου αιώνα (Μέρος Β-Θερμοκρασία). *7^ο Πανελλήνιο (Διεθνές) Συνέδριο Μετεωρολογίας, Κλιματολογίας και Φυσικής της Ατμόσφαιρας*. Λευκωσία, Κύπρος
- Αρσένη-Παπαδημητρίου Α.** (2004): *Σημειώσεις Αστικής Κλιματολογίας*. Τομέας Μετεωρολογίας και Κλιματολογίας, Τμήμα Γεωλογίας, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης
- Ασάρα Φ.** (2007). Σχετικά με τη διερεύνηση της αστικής νησίδας στη Θεσσαλονίκη. Διατριβή ειδίκευσης- Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών σπουδών Τομέα Μετεωρολογία- Κλιματολογία, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης: σελ 125
- Ελληνική Στατιστική Αρχή** (2001): Στατιστικά Στοιχεία, απογραφή κτηρίων και οικοδομών
- Ελληνική Στατιστική Αρχή** (2001): Στατιστικά Στοιχεία, μόνιμος πληθυσμός απογραφής
- Ελληνική Στατιστική Αρχή** (ΕΛ.ΣΤΑΤ.): Στατιστικά Στοιχεία. Προβολές πληθυσμού της Ελλάδος (Ετών 2007 - 2050)
- Ζάνης Π.** (2008): *Σημειώσεις για την ρύπανση και χημεία της ατμόσφαιρας*. Τομέας Μετεωρολογίας και Κλιματολογίας, Τμήμα Γεωλογίας, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης: σελ 116
- Θεοδοσίου Φ.** (2010): Σύγκριση Συντελεστών Συσχέτισης σε Χρονοσειρές. Μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τμήμα Μαθηματικών-Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών, Στατιστική και Επιχειρησιακή Έρευνα: σελ. 68
- Καρτάλης Κ., Φείδας Χ.** (2006): *Αρχές και εφαρμογές δορυφορικής τηλεπισκόπησης*. Β. Γκιούρδας Εκδοτική, Αθήνα: σελ. 672
- Καφετζιδάκης Χ.Μ** (2011): *Διερεύνηση χωροχρονικής εξέλιξης καταιγίδας*. Διπλωματική εργασία. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο. Σχολή Πολιτικών Μηχανικών. Τομέας Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος: σελ. 96
- Κολοκοτσά Δ.** (2009): Αστική θερμική νησίδα και μεθοδολογίες αντιμετώπισης, Επιστημονική ημερίδα, Ενέργεια, Αρχιτεκτονική και Περιβάλλον, ΤΕΠΑΚ ΕΤΕΚ ΔΟΗΕ , 19/12/09 Λεμεσός
- Κολυβά-Μαχαίρα Φ., Μπόρα-Σέντα Ε.** (1999): *Στατιστική: Θεωρία και Εφαρμογές*,

Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη: σελ. 495

Μαχαίρας Π. (2004): *Σημειώσεις για τις Κλιματικές Αλλαγές*. Τομέας Μετεωρολογίας και Κλιματολογίας, Τμήμα Γεωλογίας, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης: σελ 84

Μπαλαφούτης Χ. (1985): *Γενική Κλιματολογία*. Τομέας Μετεωρολογίας και Κλιματολογίας, Τμήμα Γεωλογίας, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης: σελ 190

Μπαλαφούτης Χ. (1985): Η κλιματολογία της Θερμής Αστικής Νησίδας στη Θεσσαλονίκη. 4^ο Σεμινάριο για την προστασία του περιβάλλοντος, 4-7 Νοεμβρίου 1985, Θεσσαλονίκη: 49-53

Σαπανίδης Α. (2010): Μέθοδοι Παρεμβολής-Interpolation Techniques. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης. Σχολή Γεωτεχνικών Επιστημών. Τμήμα Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος: σελ 35

Φαρμάκης Ν. (2001): *Στατιστική-Περίληπτική Θεωρία και Ασκήσεις*. Εκδόσεις Χριστοδουλίδη, Θεσσαλονίκη: σελ 208

Φλόκας Α. ΑΘ. (1997): *Μαθήματα Μετεωρολογίας και Κλιματολογίας*. Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη: σελ. 465

Πηγές από το διαδίκτυο

Gigova V. «Στατιστικοί μέθοδοι επεξεργασία και ανάλυση δεδομένων» Διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο: <http://7.nsa-virtualeducation.com/images/corri.pdf>

Hashem A., Bell R., Brazel T. and co-authors. «Reducing Urban Heat Islands: Compendium of Strategies-Urban Heat Island Basics» Διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο: <http://www.epa.gov/heatisld/resources/pdf/BasicsCompendium.pdf>

Mayor of London (2006) London's Urban Heat Island: A Summary for Decision Makers: Διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο: http://legacy.london.gov.uk/mayor/environment/climatechange/docs/UHI_summary_report.pdf

Voogt J. A. (2004) «Urban Heat Islands: Hotter Cities» Διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο: <http://www.actionbioscience.org/environment/voogt.html>

Voogt J. A. «How Researchers Measure Urban Heat Islands» Διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο: http://www.epa.gov/heatisld/resources/pdf/EPA_How_to_measure_a_UHI.pdf

Παπαδόπουλος Γ. «Συσχέτιση» Διαθέσιμο στον δικτυακό τόπο:

<http://www.aua.gr/gpapadopoulos/files/sisxetisi11.pdf>

Διαδικτυακές σελίδες που αντλήθηκαν γενικές πληροφορίες

International Association for Urban Climate: <http://www.urban-climate.org/>

The International Association for Urban Climate: <http://www.stadtklima.de/>

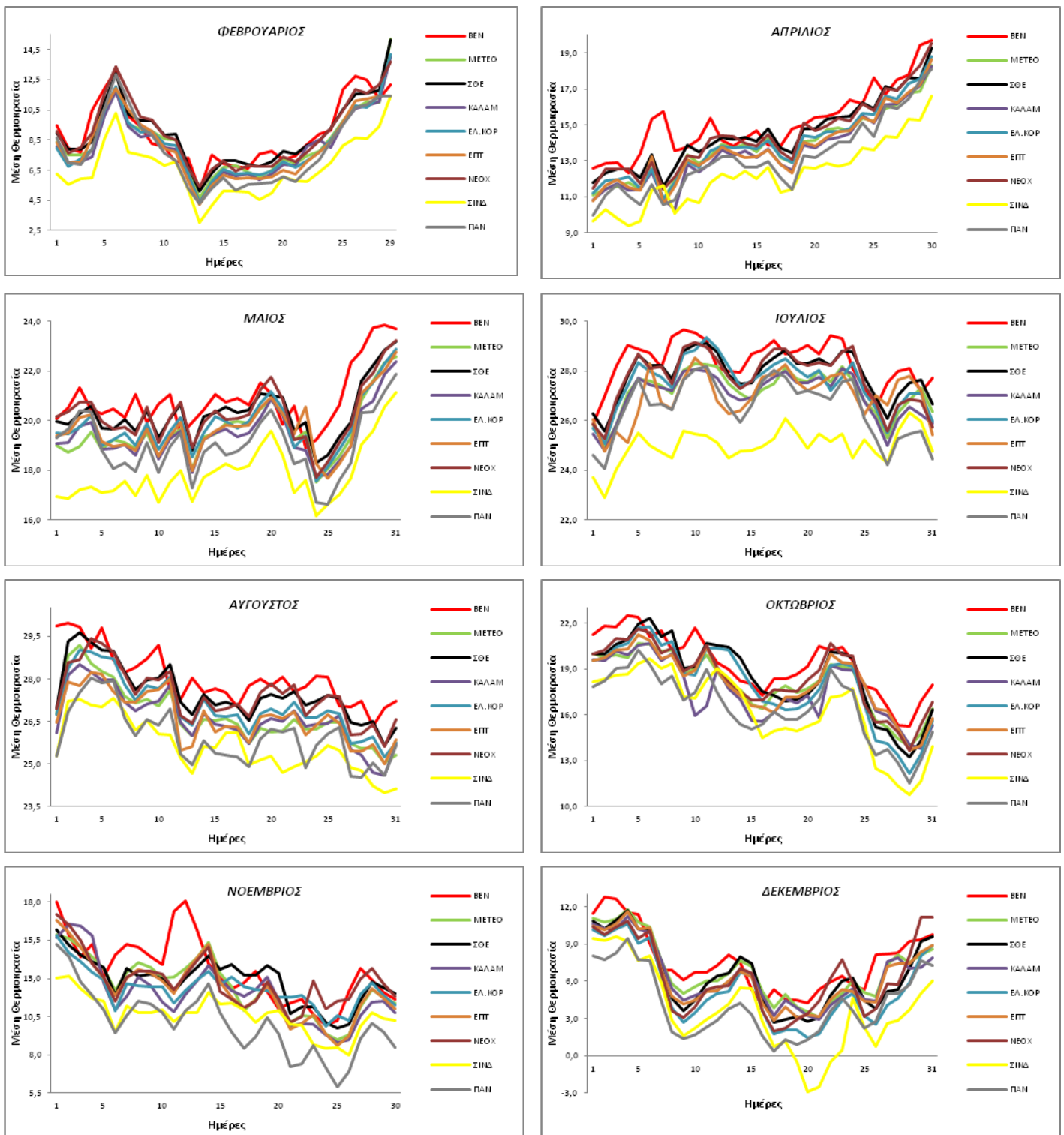
The SAO/NASA Astrophysics Data System: <http://www.adsabs.harvard.edu/>

Wikipedia-The Free Encyclopedia: <http://en.wikipedia.org/wiki>

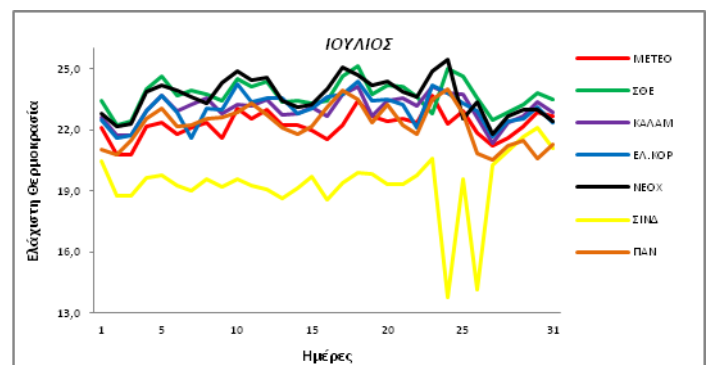
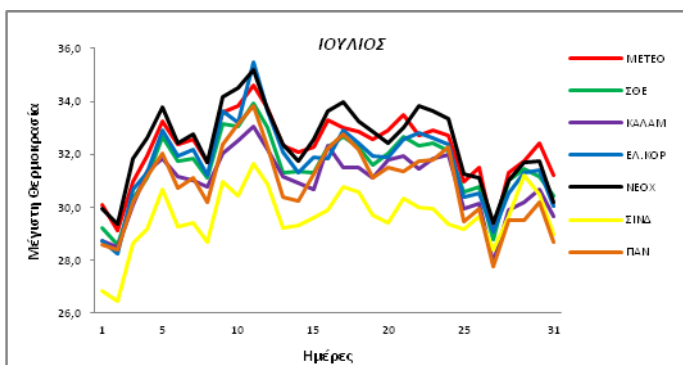
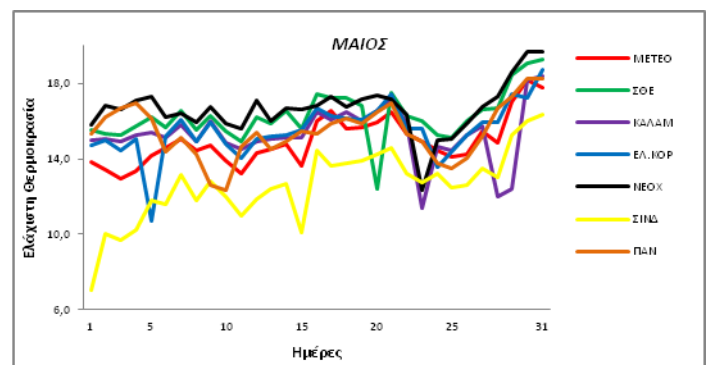
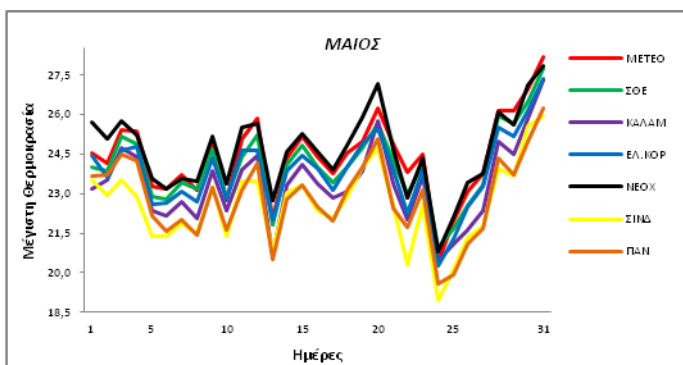
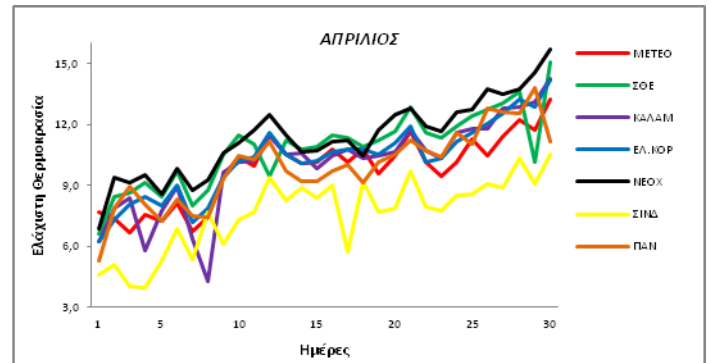
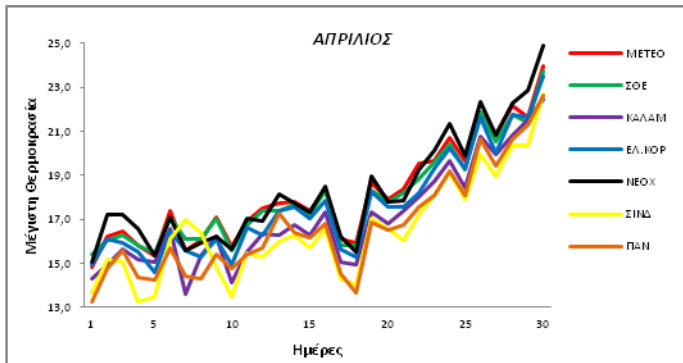
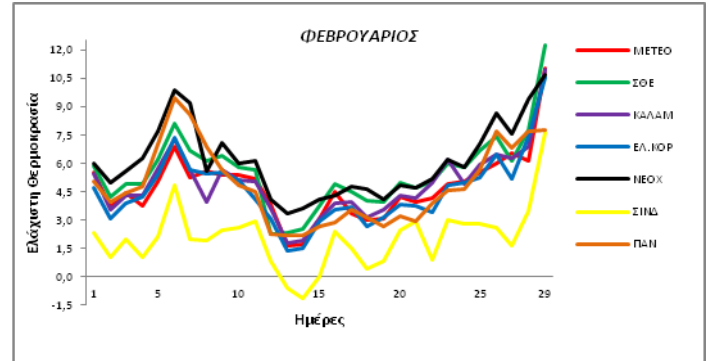
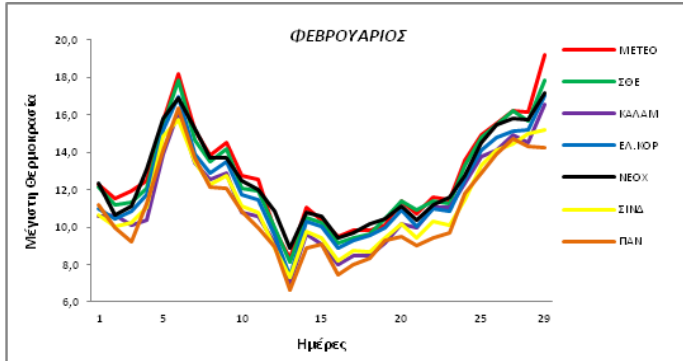
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Πίνακας Π 1. Καταγραφή των ημερών για τις οποίες δεν υπάρχουν διαθέσιμες καταγραφές στις χρονοσειρές των δεδομένων, για κάθε έτος ξεχωριστά, καθώς και το σύνολο των κενών σε ολόκληρη την εξεταζόμενη περίοδο.

ΠΕΡΙΟΔΟΣ 2001-2004										
ΣΤΑΘΜΟΙ	Ημερομηνίες που εντοπίζονται κενά				Σύνολο κενών ημερών ανά έτος				Σύνολο κενών ολόκληρης της περιόδου	
	2001	2002	2003	2004	2001	2002	2003	2004		
BENIZELΟΥ	15-17/1, 17-31/10, 7-9/12	26-29/4 18/6 1-8/7	3-5/11 12-13/11	ΧΩΡΙΣ KENA	21	17	5	(-)	43 ημέρες	
ΕΠΤΑΠΥΡΓΙΟ	17-31/10	26/7-12/8	7-27/1, 22-31/5	ΧΩΡΙΣ KENA	14	18	31	(-)	63 ημέρες	
ΜΕΤΕΩΡΟΣΚΟΠΕΙΟ	ΧΩΡΙΣ KENA				(-)	(-)	(-)	(-)	0 ημέρες	
ΣΘΕ	1 με 8/1	ΧΩΡΙΣ KENA	ΧΩΡΙΣ KENA	17/9-20/11, 30/11-31/12	8	(-)	(-)	46	54 ημέρες	
ΚΑΛΑΜΑΡΙΑ	29-31/8, 22-25/9, 15/10-20/11	26-31/12	ΧΩΡΙΣ KENA	ΧΩΡΙΣ KENA	44	5	(-)	(-)	49 ημέρες	
ΕΛ. ΚΟΡΔΕΛΙΟ	ΧΩΡΙΣ KENA	ΧΩΡΙΣ KENA	10-16/7 ΧΩΡΙΣ KENA	17/9-31/12	(-)	(-)	7	106	113 ημέρες	
ΝΕΟΧΩΡΟΥΓΙΑ	ΧΩΡΙΣ KENA	22-26/3	ΧΩΡΙΣ KENA	23/11-31/12	(-)	5	(-)	39	44 ημέρες	
ΣΙΝΔΟΣ	ΧΩΡΙΣ KENA	ΧΩΡΙΣ KENA	4 με 8/4, 16-31/12	1-13/1, 25/7-31/12	(-)	(-)	23	160	183 ημέρες	
ΠΑΝΟΡΑΜΑ	ΧΩΡΙΣ KENA	12-18/3	ΧΩΡΙΣ KENA	ΧΩΡΙΣ KENA	(-)	7	(-)	(-)	7 ημέρες	



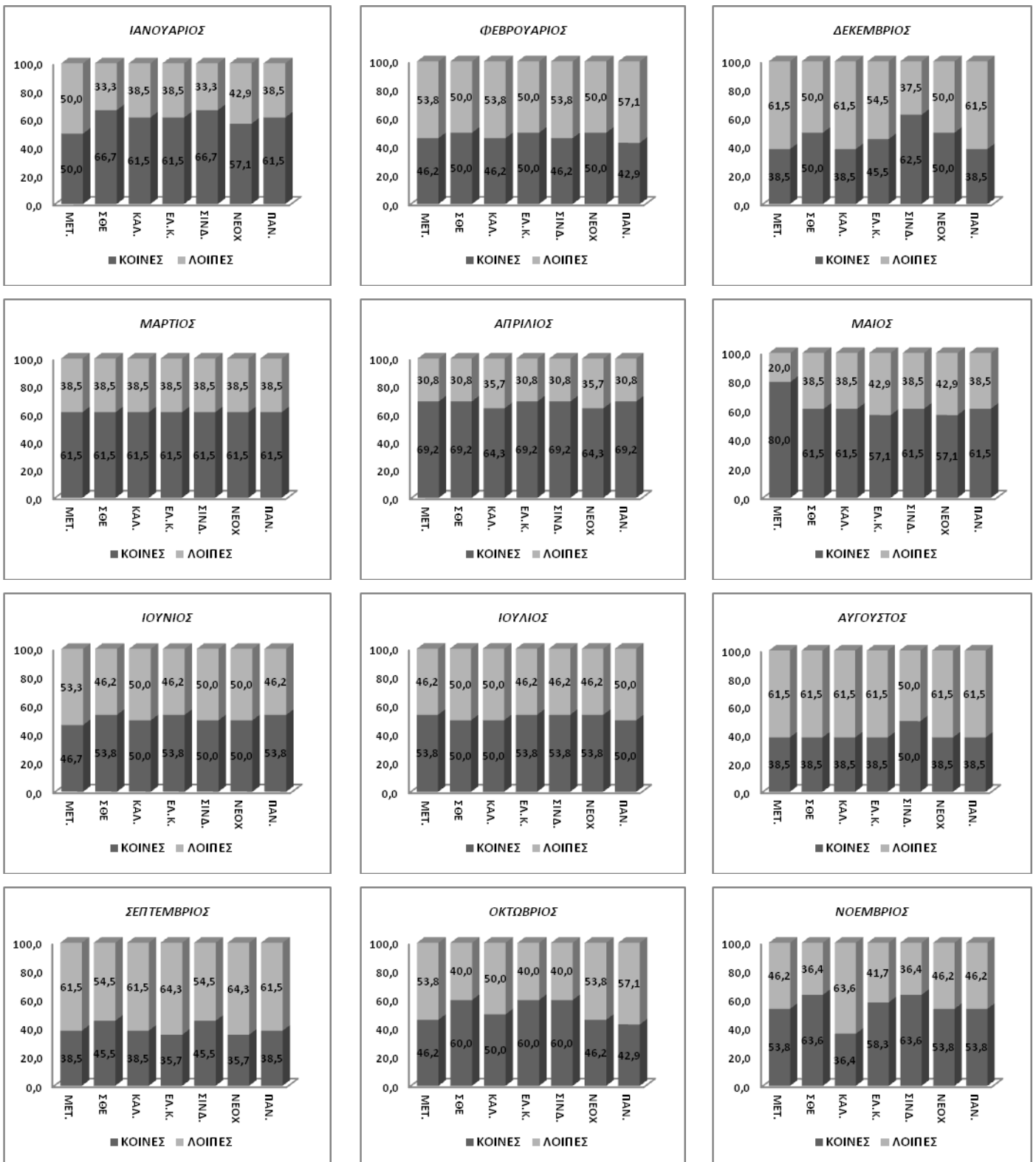
Σχήμα Π.1. Απεικόνιση της μέσης ημερήσιας θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια του έτους, της περιόδου μελέτης 2001-2004. Εξαιρούνται οι πρώτοι μήνες της κάθε εποχής



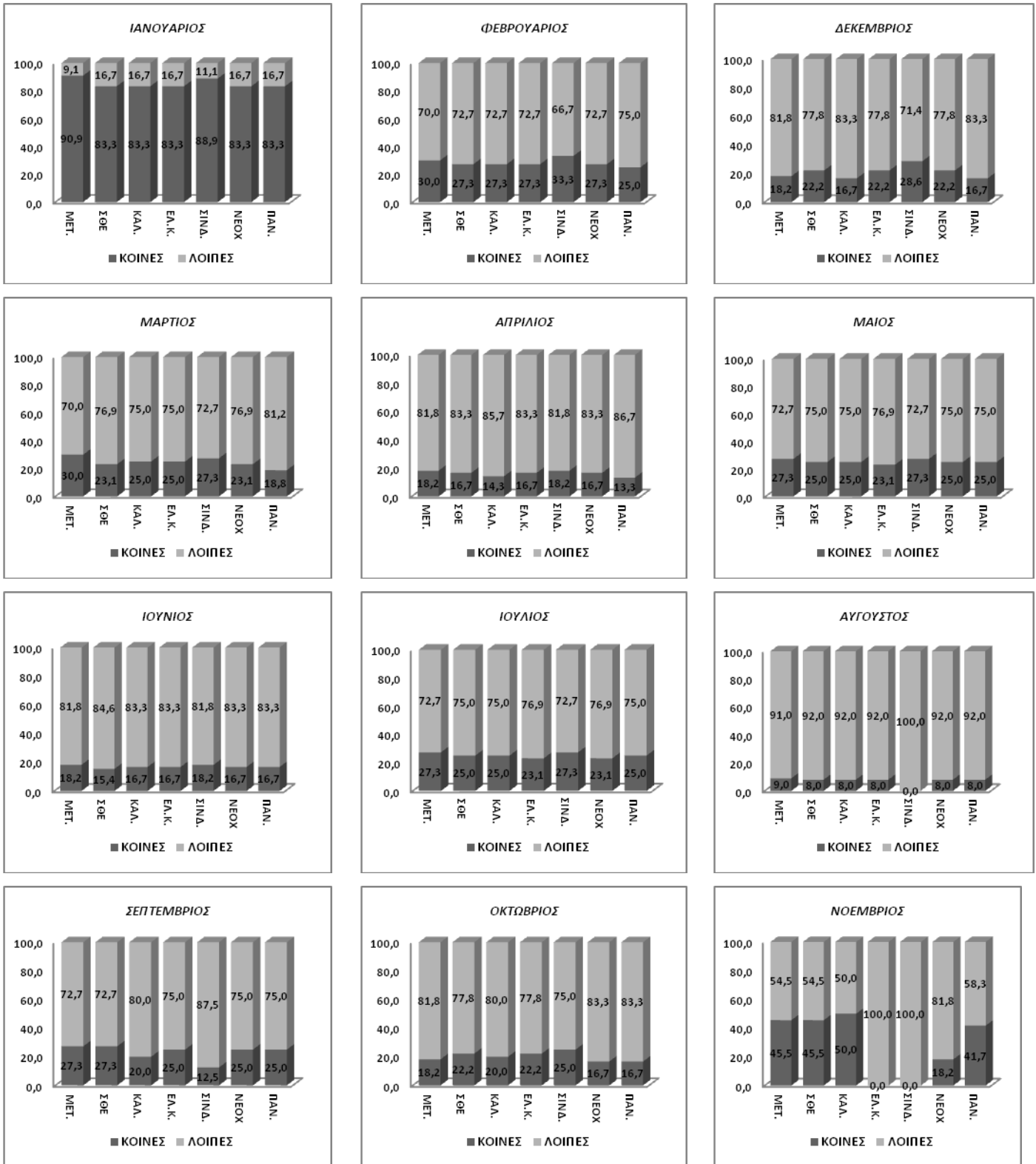
Σχήμα Π.2 Απεικόνιση της ημερήσιας μέγιστης (αριστερή στήλη) και ελάχιστης (δεξιά στήλη) θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια του έτους, της περιόδου μελέτης 2001-2004. Εξαιρούνται οι πρώτοι μήνες της κάθε εποχής.



Σχήμα Π.2. (συνέχεια)(μήνες Αύγουστος-Δεκέμβριος)



Σχήμα Π.3. Πλήθος ημερών, εκφρασμένο σε ποσοστό (%) όπου καταγράφηκαν ακραίες μέγιστες θερμοκρασίες κατά τη διάρκεια της εξεταζόμενης περιόδου



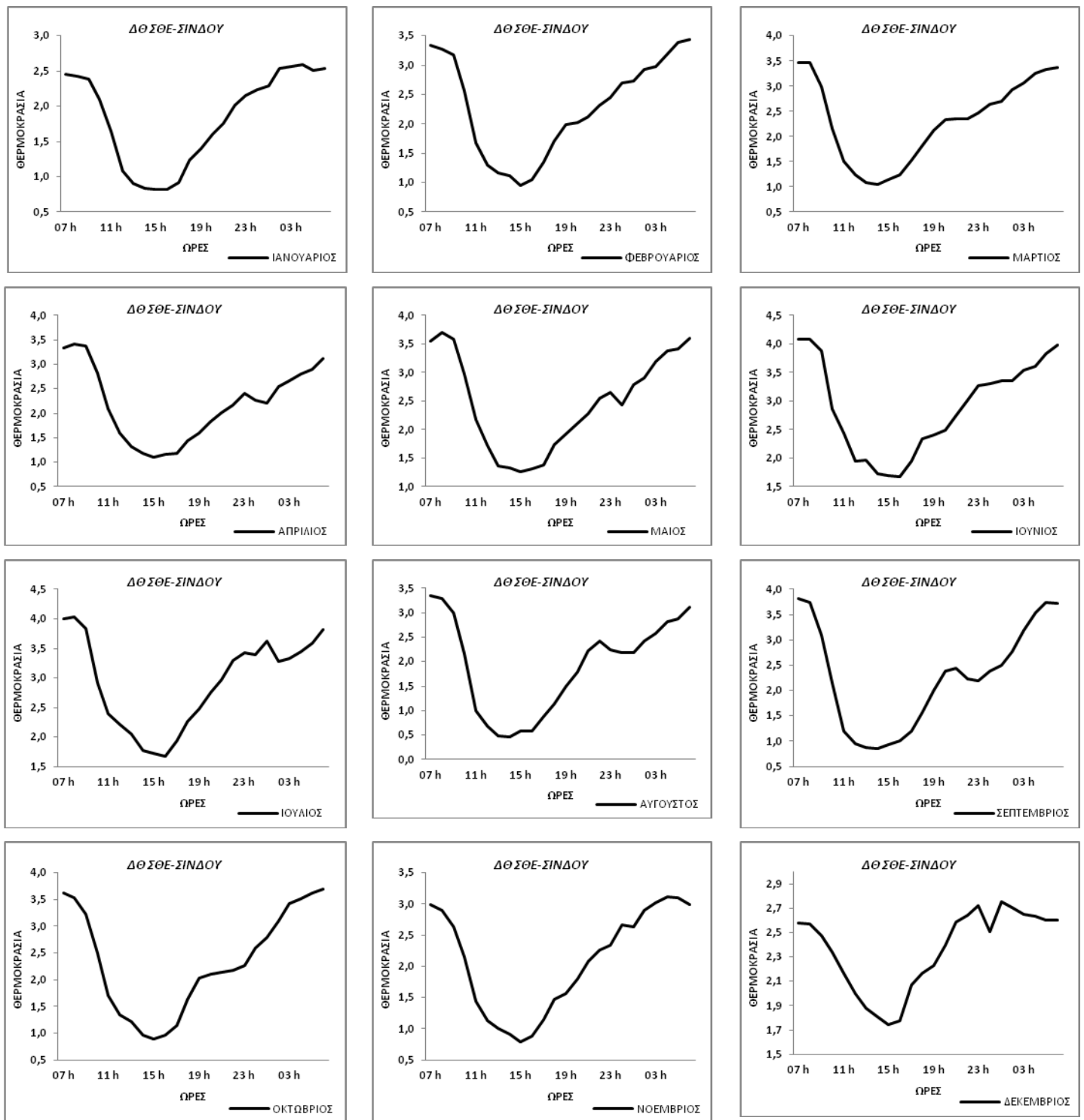
Σχήμα Π.4. Πλήθος ημερών, εκφρασμένο σε ποσοστό (%) όπου καταγράφηκαν ακραίες ελάχιστες θερμοκρασίες κατά τη διάρκεια της εξεταζόμενης περιόδου

Πίνακας Π.2. Καταγραφή της μηνιαίας μέγιστης και ελάχιστης θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια της ημέρας

	Μέση μηνιαία μέγιστη θερμοκρασία κατά τη διάρκεια της ημέρας		Μέση μηνιαία ελάχιστη θερμοκρασία κατά τη διάρκεια της ημέρας	
	ΑΣΤΙΚΟΙ	ΠΕΡΙΑΣΤΙΚΟΙ	ΑΣΤΙΚΟΙ	ΠΕΡΙΑΣΤΙΚΟΙ
Ιανουάριος	9.5	9.1	5.4	5.1
Φεβρουάριος	11.5	11.1	5.6	5.2
Μάρτιος	14.9	14.6	8.9	8.2
Απρίλιος	16.9	16.5	11.1	10.5
Μάιος	23.2	22.7	16.5	15.0
Ιούνιος	28.9	28.5	21.3	20.4
Ιούλιος	31.0	30.6	23.5	22.8
Αύγουστος	30.7	30.4	23.1	22.7
Σεπτέμβριος	25.8	25.3	19.1	18.0
Οκτώβριος	21.4	20.9	15.7	14.5
Νοέμβριος	15.0	14.1	10.2	7.5
Δεκέμβριος	8.2	6.6	5.3	3.8

Πίνακας Π.3. Καταγραφή της μηνιαίας μέγιστης και ελάχιστης θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια της ημέρας

	Μέση μηνιαία μέγιστη θερμοκρασία κατά τη διάρκεια της νύχτας		Μέση μηνιαία ελάχιστη θερμοκρασία κατά τη διάρκεια της νύχτας	
	ΑΣΤΙΚΟΙ	ΠΕΡΙΑΣΤΙΚΟΙ	ΑΣΤΙΚΟΙ	ΠΕΡΙΑΣΤΙΚΟΙ
Ιανουάριος	8.8	8.7	5.4	5.1
Φεβρουάριος	10.9	10.7	5.9	5.4
Μάρτιος	11.9	11.3	8.9	8.4
Απρίλιος	14.5	14.2	11.2	10.8
Μάιος	20.5	20.2	16.4	16.0
Ιούνιος	25.2	24.4	21.3	20.6
Ιούλιος	27.6	26.8	23.1	23.1
Αύγουστος	28.0	27.5	23.5	23.1
Σεπτέμβριος	23.8	23.5	18.9	18.2
Οκτώβριος	19.1	18.5	15.7	14.16
Νοέμβριος	14.1	13.4	10.3	9.6
Δεκέμβριος	7.6	6.1	5.4	4.0



Σχήμα Π.5. Εικοσιτετράωρη κύμανση της διαφοράς θερμοκρασίας μεταξύ των σταθμών της ΣΘΕ και του Πανοράματος

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα μελέτη κύριο στόχο αποτέλεσε η μελέτη του φαινομένου της θερμής αστικής νησίδας στην πόλη της Θεσσαλονίκης. Χρησιμοποιήθηκαν ωριαία και ημερήσια δεδομένα θερμοκρασίας, για την περίοδο ετών 2001 με 2004, από εννέα μετεωρολογικούς σταθμούς τοποθετημένους σε διάφορα σημεία, του κέντρου και των περιχώρων, της πόλης.

Αρχικά μελετήθηκε η ανάπτυξη της πόλης τα τελευταία χρόνια και η πορεία της θερμοκρασίας σε κάθε σταθμό ξεχωριστά. Προέκυψε ότι στο αστικό κέντρο καταγράφονται οι υψηλότερες θερμοκρασίες. Συγκεκριμένα τα πρώτα δύο έτη της εξεταζόμενης περιόδου θερμότερος είναι ο σταθμός της Βενιζέλου, ενώ τα άλλα δύο ο σταθμός της Σχολής Θετικών Επιστημών ενώ οι χαμηλότερες θερμοκρασίες εντοπίζονται από το σταθμό της Σίνδου. Επιπλέον διαπιστώθηκε ότι στο σταθμό της Νεοχωρούδας, που είναι τοποθετημένος στα βορειότερα προάστια της πόλης επικρατούν αρκετά υψηλές, για την περιοχή, θερμοκρασίες, ενώ αντίθετα στο Μετεωροσκοπείο, που είναι τοποθετημένος σε κεντρικό σημείο της πόλης αλλά μέσα σε έναν ιδιαίτερα «ανοιχτό χώρο» με δέντρα και γρασίδι, αρκετά χαμηλές.

Στη συνέχεια αποδεικνύεται ότι ο βαθμός συσχέτισης των εξεταζόμενων σταθμών είναι υψηλός σε όλη τη διάρκεια του έτους καθώς και ότι οι ημέρες που επικράτησαν, μέσα στην πόλη, ακραίες μέγιστες θερμοκρασίες είναι περισσότερες σε σχέση με τις ακραίες ελάχιστες. Ακολούθως αξιολογήθηκε η μέγιστη διαφορά της θερμοκρασίας συγκρίνοντας κάθε σταθμό, με τους υπόλοιπους, ξεχωριστά αλλά και μελετώντας τους ως κατηγορίες- αστικών και περιαστικών- σταθμών. Επιπλέον υπολογίστηκε ο ρυθμός μεταβολής της θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια της ημέρας και της νύχτας.

Συνολικά διαπιστώθηκε ότι το φαινόμενο της Α.Θ.Ν. είναι ισχυρότερο κατά τη διάρκεια της νύχτας και σημειώνει την μεγαλύτερη ένταση του στο ξημέρωμα. Αναπτύσσεται ιδιαίτερα το καλοκαίρι, ενώ το χειμώνα η έντασή του είναι μικρότερη. Κατά τη μηνιαία ανάλυση προέκυψε ότι οι μεγαλύτερες διαφοροποιήσεις μεταξύ των σταθμών σημειώνονται τον Δεκέμβριο. Αντίθετα οι μικρότερες καταγράφονται τον Αύγουστο. Επιπλέον τους μήνες Ιανουάριο με Μάρτιο καθώς και τον Μάιο εμφανίζεται και το αντίστροφο φαινόμενο ή αλλιώς «δροσερό νησί», όπου τα περίχωρα εμφανίζονται θερμότερα του αστικού κέντρου της πόλης.

ABSTRACT

The present study aims on the analysis of the characteristics of the Urban Heat Island (UHI) phenomenon, for the city of Thessaloniki. Hourly and daily temperature data series are used as recorded in nine meteorological stations placed at various points in the center and the suburbs of the city of Thessaloniki, for the time period of 2001 to 2004. Initially the development of the city is examined during the recent years and the temperature at each station separately. As it was expected the majority of the population and buildings are located in the urban center, which results in the existence of higher temperatures. Specifically, the first two years of the period the warmest station was Venizelou, while the other two years the station of the Faculty of Sciences. In total, during the whole examined period, the lowest temperatures are recorded at the station of Sindou. Moreover, it was indicated that the station in Neochorouda, which is located in the north suburbs also presents quite high temperatures, while in contrast the station at the Department of Meteorology, which is located in an urban green area at the center of town presents quite low temperatures.

At another part of the study it is proved that at all stations the correlation coefficient is high during the entire year. It also seems that the city experienced more days with extreme maximum temperatures than extreme minimum. Furthermore the maximum temperature difference between each station separately and then as a category of urban and rural stations was also estimated. Finally, the rate of temperature change during the day and night was calculated for the whole time period.

Overall it is confirmed that the UHI is a nocturnal phenomenon and is at its peak at the time of sunrise. Also it is well developed during the summer, while during the winter the intensity of the phenomenon is not that strong. The monthly analysis showed that the greatest differences between the stations occur in December, and the smallest are recorded in August. It is worth mentioning that during January to March and May the occurrence of a negative UHI or "Cool Island" was detected during which the surroundings were found to be warmer from the center of the town.

