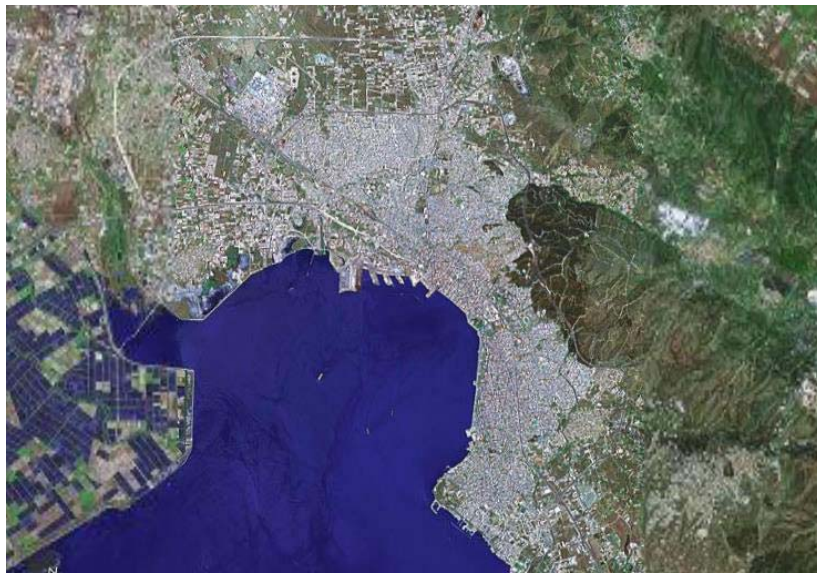


**ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ**  
**ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ**  
**ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΑΣ–ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΑΣ**

**ΦΩΤΕΙΝΗ ΑΣΤΑΡΑ**

**Γεωλόγος**

**Σχετικά με τη διερεύνηση της αστικής νησίδας στη Θεσσαλονίκη**



**Διατριβή Ειδίκευσης**  
**Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών**

**Ειδίκευση Μετεωρολογία – Κλιματολογία**  
**Ιούνιος 2007, Θεσσαλονίκη**

**Τριμελής Συμβουλευτική και Εξεταστική Επιτροπή**

- ❑ Αγγελική Αρσένη-Παπαδημητρίου, Καθηγήτρια Τμήματος Γεωλογίας, Α.Π.Θ.  
(Επιβλέπουσα)
- ❑ Παναγιώτης Μαχαίρας, Καθηγητής Τμήματος Γεωλογίας, Α.Π.Θ.
- ❑ Θεόδωρος Μαυρομάτης, Λέκτορας Τμήματος Γεωλογίας, Α.Π.Θ.

|                                                                                                                |           |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ.....</b>                                                                                        | <b>2</b>  |
| <b>ΠΡΟΛΟΓΟΣ .....</b>                                                                                          | <b>4</b>  |
| <br><b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1–Εισαγωγή .....</b>                                                                           | <b>6</b>  |
| 1.1. Ιστορική αναδρομή και γεωγραφία της περιοχής .....                                                        | 6         |
| 1.2. Η θερμοκρασία του αέρα .....                                                                              | 10        |
| 1.3. Αστικό περιβάλλον και Θερμή Αστική Νησίδα .....                                                           | 11        |
| 1.4. Δεδομένα.....                                                                                             | 14        |
| 1.5. Προηγούμενες μελέτες .....                                                                                | 15        |
| <br><b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2–Στατιστική μελέτη .....</b>                                                                  | <b>21</b> |
| 2.1. Ανάλυση των θερμοκρασιών στην περιοχή της Θεσσαλονίκης .....                                              | 21        |
| 2.2. Σύγκριση των θερμοκρασιών των σταθμών .....                                                               | 26        |
| 2.3. Το εύρος των μέσων μηνιαίων άκρων τιμών της θερμοκρασίας .....                                            | 28        |
| 2.4. Κύμανση των μέσων άκρων θερμοκρασιών ανά μήνα για τους τρεις<br>σταθμούς για όλη τη χρονική περίοδο ..... | 32        |
| <br><b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3–Άλλες στατιστικές παράμετροι .....</b>                                                       | <b>39</b> |
| 3.1. Ο συντελεστής συσχέτισης .....                                                                            | 39        |
| 3.2. Λοξότητα–Κύρτωση .....                                                                                    | 40        |
| 3.3. Ιστογράμματα συχνοτήτων θερμοκρασίας .....                                                                | 43        |
| 3.4. Μέσες τιμές των άκρων τιμών και ετήσια πορεία των διαφορών των<br>άκρων τιμών της θερμοκρασίας .....      | 45        |
| 3.5. Στατιστικές παράμετροι για τις διαφορές των μέσων τιμών των άκρων<br>θερμοκρασιών .....                   | 48        |

|                                                                                                                                          |                   |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| 3.6. Συχνότητες των διαφορών των ημερήσιων απολύτως μεγίστων θερμοκρασιών<br>ανά μήνα .....                                              | 50                |
| 3.7. Συχνότητες των διαφορών των ημερήσιων απολύτως ελαχίστων θερμοκρασιών<br>ανά μήνα .....                                             | 65                |
| <b><i>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4–Τύποι καιρού και Θερμή Αστική Νησίδα .....</i></b>                                                                      | <b><i>84</i></b>  |
| 4.1. Γενικά χαρακτηριστικά των τύπων καιρού .....                                                                                        | 84                |
| 4.2. Συχνότητες εμφάνισης των τύπων καιρού κατά τις ημέρες της θερμής<br>αστικής νησίδας .....                                           | 90                |
| 4.2.1. Θερμή περίοδος .....                                                                                                              | 90                |
| 4.2.2. Ψυχρή περίοδος .....                                                                                                              | 92                |
| 4.2.3. Θερμή–Ψυχρή περίοδος .....                                                                                                        | 94                |
| 4.3. Συχνότητες κατανομής του μεγέθους της θερμής αστικής νησίδας<br>για κάθε τύπο καιρού για τη θερμή και ψυχρή περίοδο του έτους ..... | 95                |
| 4.3.1. Θερμή περίοδος .....                                                                                                              | 96                |
| 4.3.2. Ψυχρή περίοδος .....                                                                                                              | 99                |
| 4.4. Κατάταξη των συχνοτήτων εμφάνισης των αντικυκλωνικών και υφεσιακών<br>τύπων καιρού για τη θερμή και ψυχρή περίοδο .....             | 102               |
| 4.5. Επεισόδια των ημερών της θερμής αστικής νησίδας για κάθε έναν από τους<br>τύπους καιρού .....                                       | 107               |
| 4.6. Ακολουθίες των ημερών θερμής αστικής νησίδας για τους αντικυκλωνικούς<br>και τους υφεσιακούς τύπους καιρού .....                    | 113               |
| <b><i>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5</i></b>                                                                                                                 |                   |
| <b><i>ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ .....</i></b>                                                                                                         | <b><i>119</i></b> |
| <b><i>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....</i></b>                                                                                                         | <b><i>127</i></b> |

## **ΠΡΟΛΟΓΟΣ**

Η παρούσα διατριβή ειδίκευσης, εκπονήθηκε στα πλαίσια του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών του Τμήματος Γεωλογίας του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης, με ειδίκευση στη Μετεωρολογία-Κλιματολογία.

Σκοπός της εργασίας είναι η μελέτη του φαινομένου της θερμής αστικής νησίδας (Θ.Α.Ν.) στην περιοχή της Θεσσαλονίκης. Η συγκεκριμένη περιοχή αποτελεί ένα μεγάλο αστικό κέντρο στο οποίο κατά τη διάρκεια των τελευταίων χρόνων παρατηρείται τροποποίηση του κλίματος λόγω της αστικοποίησης. Αποτέλεσμα της αστικοποίησης είναι η εμφάνιση υψηλότερων θερμοκρασιών στο κεντρικό τμήμα της οικοδομημένης περιοχής, απ' ό,τι στην περιφέρεια, δημιουργώντας έτσι ένα είδος θερμής αστικής νησίδας. Στην εργασία αυτή θα μελετήσουμε την πορεία των θερμοκρασιών κατά τα τελευταία 43 χρόνια με στόχο να διαπιστώσουμε και να επιβεβαιώσουμε την ύπαρξη του φαινομένου στη Θεσσαλονίκη.

Στο **πρώτο κεφάλαιο**, γίνεται αναφορά στη γεωγραφία της περιοχής, περιγράφονται οι έννοιες της θερμοκρασίας και της Θερμής Αστικής Νησίδας και κατόπιν αναφέρονται τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα εργασία. Επίσης, αναφέρονται προηγούμενες μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί και τα πορίσματα αυτών.

Το **δεύτερο κεφάλαιο**, έχει ως κύριο θέμα τη στατιστική μελέτη της παραμέτρου της θερμοκρασίας για τους σταθμούς Α.Π.Θ. και Μίκρας για τη χρονική περίοδο 1959–2001 αλλά και για τον μετεωρολογικό σταθμό της Καλαμαριάς, για την πολύ μικρότερη περίοδο 1995–2004, ο οποίος χρησιμοποιείται στο κεφάλαιο αυτό σαν βοηθητικός και μόνο. Γίνεται σύγκριση των δεδομένων για τους τρεις σταθμούς και υπολογίζονται οι ετήσιες πορείες των άκρων τιμών της θερμοκρασίας για τους δύο κυρίως σταθμούς για το σύνολο των 43 ετών.

Στο **τρίτο κεφάλαιο**, μελετώνται αρχικά κάποιες στατιστικές παράμετροι για τις απολύτως άκρες τιμές των θερμοκρασιών, όπως ο συντελεστής συσχέτισης, η λοξότητα, η κύρτωση και η τυπική απόκλιση. Στη συνέχεια, απομονώνοντας τις διαφορές των μέσων τιμών των άκρων θερμοκρασιών υπολογίζονται οι συχνότητες των διαφορών των απολύτως ελαχίστων και μεγίστων θερμοκρασιών μεταξύ πόλης και αεροδρομίου για κάθε μήνα ξεχωριστά.

Στο **τέταρτο** κεφάλαιο, γίνεται μια προσπάθεια προσέγγισης της Θ.Α.Ν. σε σχέση με τους τύπους κυκλοφορίας. Παρατίθενται αρχικά τα γενικά χαρακτηριστικά των τύπων κυκλοφορίας και κατόπιν, αφού χωρίζεται η περίοδος του έτους σε θερμή και ψυχρή και υπολογίζονται οι συχνότητες εμφάνισης των τύπων κυκλοφορίας στις ημέρες αυτές. Τέλος, πραγματοποιείται μια κατανομή των συχνοτήτων του μεγέθους της Θ.Α.Ν. για κάθε τύπο κυκλοφορίας ξεχωριστά. Το κεφάλαιο αυτό τελειώνει με την καταγραφή των επεισοδίων των ημερών Θ.Α.Ν. για κάθε τύπο κυκλοφορίας και τις ακολουθίες των ημερών αυτής για τους αντικυκλωνικούς και τους υφεσιακούς τύπους ξεχωριστά.

Στο **πέμπτο** και τελευταίο κεφάλαιο γίνεται μια σύνοψη και δίνονται τα γενικότερα συμπεράσματα που προέκυψαν από τη μελέτη.

Στο σημείο αυτό θα ήθελα να ευχαριστήσω την Καθηγήτρια του Τομέα Μετεωρολογίας και Κλιματολογίας του Τμήματος Γεωλογίας του Α.Π.Θ., κ. Αγγελική Αρσένη-Παπαδημητρίου, για την ανάθεση του θέματος καθώς και για τη συνεχή καθοδήγηση και βοήθειά της όλο αυτό το διάστημα. Ένα μεγάλο ευχαριστώ οφείλω επίσης στον Καθηγητή του Τομέα Μετεωρολογίας-Κλιματολογίας του τμήματος Γεωλογίας του Α.Π.Θ., κ. Παναγιώτη Μαχαίρα, για την προθυμία του για βοήθεια, τις εύστοχες συμβουλές του καθώς και για την παραχώρηση του ημερολογίου αυτόματων τύπων κυκλοφορίας, καθώς και στον κ. Θοδωρή Μαυρομάτη, ο οποίος υπήρξε μέλος της τριμελούς επιτροπής της διατριβής αυτής και μου παρείχε πολύτιμες παρατηρήσεις και συμβουλές.

Θα ήθελα ακόμη να ευχαριστήσω την κα. Χ. Αναγνωστοπούλου, Λέκτορα του Τομέα, για την προθυμία της και για τη βοήθεια που μου παρείχε, καθώς και όλους τους καθηγητές του τομέα Μετεωρολογίας-Κλιματολογίας του Α.Π.Θ., για τη διδασκαλία, τις γνώσεις και τις συμβουλές που μου προσέφεραν κατά τη διάρκεια του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών.

Τέλος, δεν θα μπορούσα να παραλείψω την οικογένειά μου, την οποία θερμά ευχαριστώ για τη συνεχή υποστήριξη, ηθική αλλά και υλική, για την αμέριστη κατανόηση και συμπαράστασή της, που με βοήθησαν ώστε να εκπληρώσω τους στόχους μου και να ολοκληρώσω με επιτυχία τις σπουδές μου.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 - Εισαγωγή**

### **1.1. Ιστορική αναδρομή και γεωγραφία της περιοχής**

Η Θεσσαλονίκη, η μεγαλύτερη -μετά την πρωτεύουσα- πόλη της Ελλάδας, έχει μία μεγάλη σε διάρκεια και συγκλονιστική σε περιεχόμενο ιστορία. Από το 315 π.Χ., που ιδρύθηκε από το βασιλιά της Μακεδονίας *Κάσσανδρο*, έχουν περάσει σχεδόν 2.300 χρόνια έως σήμερα. Ο Κάσσανδρος της έδωσε το όνομα της συζύγου του που ήταν και αδερφή του Μεγάλου Αλεξάνδρου. Η Θεσσαλονίκη ονομάστηκε έτσι από τον πατέρα της Φίλιππο Β', επειδή έμαθε την γέννησή της την ημέρα της νίκης του επί των Θεσσαλών. Σε όλη τη χρονική διάρκεια των 23 αιώνων, η όμορφη αυτή παραθαλάσσια πόλη, είναι κτισμένη αμφιθεατρικά στο εσωτερικό του Θερμαϊκού κόλπου του βορείου Αιγαίου Πελάγους.

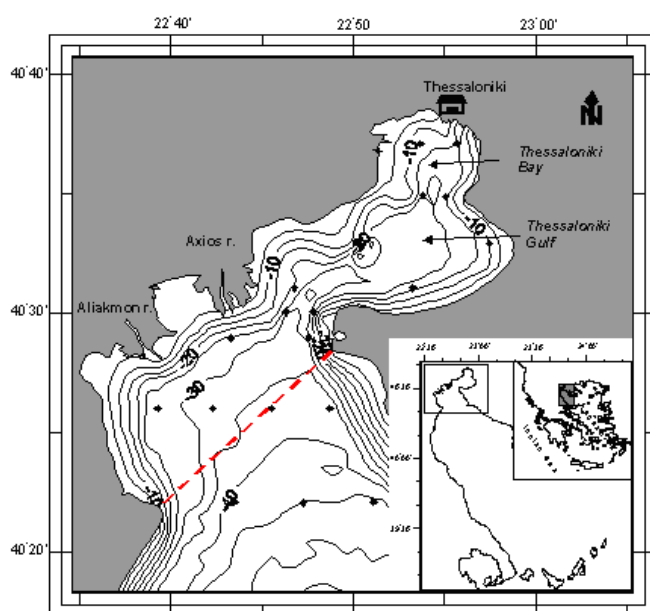
Ο νομός Θεσσαλονίκης καταλαμβάνει το κέντρο της Μακεδονίας (σχήμα 1.1.α.) και συνορεύει προς βορρά με τους νομούς Κιλκίς και Σερρών, προς νότια με το νομό Χαλκιδικής, προς δυτικά με τους νομούς Ημαθίας, Πέλλας και προς ανατολάς βρέχεται από τον κόλπο Ορφανό ή Στρυμωνικό. Το έδαφος του νομού είναι κατά τα 2/3 πεδινό. Πιο αναλυτικά η κατανομή του κατά κατηγορίες έχει ως εξής: 62% πεδινό, 20% ημιορεινό και 18% ορεινό. Τα σημαντικότερα όρη του είναι ο Χορτιάτης (1.201m), τα όρη της Βόλβης (659m), τα Κερδύλια (1.091m) και ο Βερτίσκο (1.103m).

Το πεδινό μέρος του νομού αποτελείται κυρίως από την πεδιάδα της Θεσσαλονίκης, που είναι πολύ εύφορη και έχει άφθονα νερά. Ο νομός Θεσσαλονίκης διαρρέεται από τους ποταμούς: Λουδία, Αξιό και Γαλλικό. Υπάρχουν επίσης πολλοί μικροί ποταμοί και χείμαρροι, που εκβάλλουν στις λίμνες του νομού. Η περιοχή βρέχεται σε δύο σημεία από τη θάλασσα, στα νοτιοδυτικά και στα ανατολικά. Στα νοτιοδυτικά οι ακτές φτάνουν μέχρι τον Θερμαϊκό κόλπο, ενώ στα ανατολικά μέχρι τον Στρυμωνικό κόλπο.



**Σχήμα 1.1.α.** Χάρτης της Κεντρικής Μακεδονίας (αριστερά, η Θεσσαλονίκη και οι συνορεύοντες νομοί. Δεξιά, δορυφορική φωτογραφία της πόλης, όπου απεικονίζεται από ψηλά το κτιριακό συγκρότημα και ο Θερμαϊκός Κόλπος).

Ο Θερμαϊκός κόλπος (σχήμα 1.1.β.) είναι ο μεγαλύτερος κόλπος του Αιγαίου πελάγους. Βρέχει τη Θεσσαλονίκη στο βορειότερο σημείο του, την Πιερία στα δυτικά και την Χαλκιδική στα ανατολικά του. Το πλάτος του κυμαίνεται από 5 km στην περιοχή της Θεσσαλονίκης μέχρι 50 km στο νοτιότερο τμήμα του. Στον Θερμαϊκό εκβάλλουν οι ποταμοί Αξιός, Αλιάκμονας, Λουδίας και Γαλλικός καθώς και αρκετοί μικρότεροι.



**Σχήμα 1.1.β.** Απεικόνιση του Θερμαϊκού Κόλπου και γεωγραφικές συντεταγμένες αυτού.

Στις δυτικές του ακτές δεσπόζουν τα Πιέρια όρη και ο Όλυμπος. Οι ακτές του συγκεντρώνουν μερικές από τις ομορφότερες παραλίες της Ελλάδας και τις επισκέπτεται μεγάλος αριθμός τουριστών. Ο κόλπος πήρε το όνομά του από την Αρχαία Θέρμη, πόλη που βρισκόταν στην θέση της σημερινής Θεσσαλονίκης. Από τους Ρωμαίους ονομαζόταν *Thermaicus* ή *Thermaeus sinus* (Θερμαϊκός κόλπος) ή *Macedonicus sinus* (Μακεδονικός κόλπος).

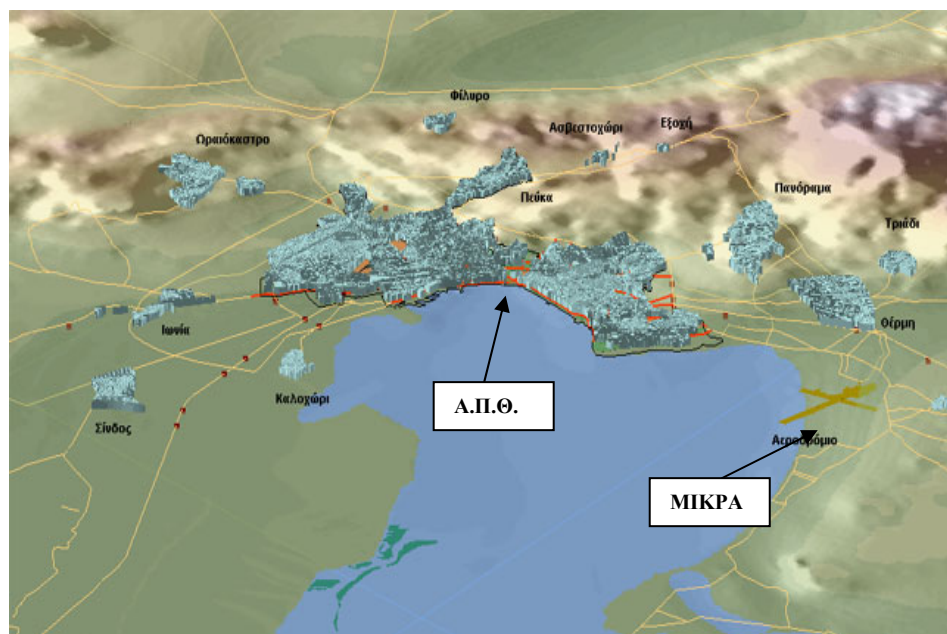
Κατά την αρχαιότητα η γεωμορφολογία της περιοχής διέφερε πολύ από τη σημερινή. Ο Θερμαϊκός κόλπος κάλυπτε ένα μεγάλο μέρος της σημερινής πεδιάδας της Θεσσαλονίκης. Στον εκτεταμένο αυτό κόλπο, εξέβαλαν οι ποταμοί Αλιάκμονας, Λουδίας, Αξιός και Εχέδωρος. Βέβαια, οι κοίτες καθώς και οι εκβολές των ποταμών, τότε, διέφεραν πολύ από τις σημερινές. Ο Αξιός και ο Αλιάκμονας που εξέβαλλαν στο Θερμαϊκό, μετέφεραν μεγάλες ποσότητες λάσπης. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα να δημιουργούνται προσχώσεις, οι οποίες σταδιακά οδήγησαν στη συρρίκνωση του Θερμαϊκού.

Το βόρειο τμήμα του κόλπου αποχωρίστηκε από τον κύριο κόλπο, δημιουργώντας μια λιμνοθάλασσα. Η λιμνοθάλασσα αυτή με την πάροδο του καιρού συρρικνώθηκε ακόμα πιο πολύ, σχηματίζοντας τη λίμνη των Γιαννιτσών. Η λίμνη των Γιαννιτσών συνέχισε να συσσωρεύει λάσπη, εξελισσόμενη σε βάλτο. Το 1925 ξεκίνησε μία σειρά αποστραγγιστικών και αποξηραντικών έργων, τα οποία είχαν ως στόχο τη μετατόπιση της κοίτης του Αξιού για να εμποδιστεί η περαιτέρω συρρίκνωση του Θερμαϊκού. Το μεγάλο αυτό έργο ολοκληρώθηκε το 1936 και είχε ως αποτέλεσμα την αποκάλυψη καλλιεργήσιμων εκτάσεων πολλών χιλιάδων στρεμμάτων. Ανάμεσα στα έργα που επιτελέστηκαν εκείνη την εποχή, ήταν και η αποξήρανση της λίμνης των Γιαννιτσών.

Η συμπρωτεύουσα της Ελλάδας εκτός από την επίσημη ονομασία, μερικές φορές αναφέρεται ατυχώς και ως Σαλονίκη. Επίσης σε άλλες γλώσσες αναφέρεται ως Thessaloniki, Saloniki, Selânik, Salonika, Tesalonica, Salonica, Solun ή Σιρούνα. Ο πραγματικός πληθυσμός της πόλης σύμφωνα με την απογραφή του 2001 είναι περίπου 773.180 κάτοικοι. Σ' αυτόν τον αριθμό περιλαμβάνονται οι πληθυσμοί των ακόλουθων δήμων που απαρτίζουν το πολεοδομικό συγκρότημα Θεσσαλονίκης: Δήμος Θεσσαλονίκης, Αγίου Παύλου, Αμπελοκήπων, Ελευθερίου-Κορδελιού,

Ευόσμου, Καλαμαριάς, Μενεμένης, Νεαπόλεως, Πολίχνης, Πυλαίας, Σταυρουπόλεως, Συκεών και Τριανδρίας.

Στο σχήμα 1.1.γ. φαίνεται η πόλη της Θεσσαλονίκης με το σχήμα της “πεταλούδας” που τη χαρακτηρίζει όταν φωτογραφίζεται από ψηλά. Σημειώνεται επίσης και η τοποθεσία των δύο μετεωρολογικών σταθμών Α.Π.Θ. και Μίκρας. Στον πίνακα 1.1. που ακολουθεί αναγράφεται ο πληθυσμός της Θεσσαλονίκης από το 1941 έως και το 2001, σύμφωνα με την απογραφή που πραγματοποιείται κάθε δέκα χρόνια, καθώς και η διαφορά από δεκαετία σε δεκαετία του αριθμού των κατοίκων της πόλης. Παρατηρείται συνεχώς αύξηση του πληθυσμού της πόλης και είναι αξιοσημείωτο το γεγονός ότι κατά τα τελευταία 60 χρόνια οι κάτοικοι στη συμπρωτεύουσα είναι κατά 500.000 περισσότεροι σε αριθμό. Αυτό το γεγονός οφείλεται στο φαινόμενο της αστικοποίησης-αστυφιλίας, καθώς μεγάλη μερίδα ανθρώπων εγκαταλείπει την επαρχία καθημερινά και εγκαθίσταται στα μεγαλύτερα αστικά κέντρα, τα οποία προσφέρουν περισσότερες ευκαιρίες για επαγγελματική αποκατάσταση, πιο άνετη ζωή καθώς και πιο εξελιγμένους τρόπους διαβίωσης.



**Σχήμα 1.1.γ.** Απεικόνιση της Θεσσαλονίκης, του Θερμαϊκού Κόλπου και των περιχώρων της πόλης. Στα νοτιοανατολικά της φωτογραφίας διακρίνεται και το αεροδρόμιο της Μίκρας.

**Πίνακας 1.1.** Η πορεία της αύξησης του πληθυσμού της Θεσσαλονίκης τα τελευταία 60 χρόνια (Αρσένη-Παπαδημητρίου και άλλοι, 1998).

| Έτος | Πληθυσμός | Διαφορά (%)     |
|------|-----------|-----------------|
| 1941 | 278.399   |                 |
| 1951 | 302.635   | 24.236 (8,7%)   |
| 1961 | 380.648   | 78.013 (25,8%)  |
| 1971 | 557.360   | 176.712 (46,5%) |
| 1981 | 706.180   | 148.820 (26,7%) |
| 1991 | 749.045   | 42.865 (6,1%)   |
| 2001 | 773.180   | 24.135 (3,3%)   |

## **1.2. Η θερμοκρασία του αέρα**

Το μεγαλύτερο μέρος ποσού θερμότητας στην επιφάνεια της γης προέρχεται από την ηλιακή ακτινοβολία, η οποία θερμαίνει τα μεν ανώτερα στρώματα άμεσα μέσω της απορρόφησης, τα δε κατώτερα κυρίως έμμεσα, με την προθέρμανση της επιφάνειας του εδάφους. Ο χαρακτηρισμός της θερμικής κατάστασης του αέρα, όπως και κάθε σώματος, εκφράζεται με την θερμοκρασία αυτού, η οποία νοείται υπό σκιά, μέσα σε μετεωρολογικό κλωβό, σε ύψος περίπου 1,2 m από την επιφάνεια του εδάφους.

Η θερμοκρασία του αέρα, ένα από τα κυριότερα κλιματικά στοιχεία, είναι το αίτιο πολλών μετεωρολογικών φαινομένων. Ως κύριοι συντελεστές της διαμόρφωσης του θερμομετρικού χαρακτήρα ενός τόπου θεωρούνται ο ήλιος, το ανάγλυφο του εδάφους και το νερό. Η περιστροφή της γης γύρω από τον άξονά της και γύρω από τον ήλιο προκαλεί τις ημερήσιες και ετήσιες περιοδικές μεταβολές της θερμοκρασίας της επιφάνειας αυτής.

Στις διάφορες κλιματικές μελέτες (π.χ. Μπαλαφούτης, 1985), η τιμή της θερμοκρασίας που χρησιμοποιείται κατά κόρον είναι η ημερήσια θερμοκρασία ενός τόπου, η οποία είτε αποτελεί τον μέσο όρο του συνόλου των ωρών του

εικοσιτετραώρου ή προκύπτει από τον μέσο όρο τριών μόνο μετρήσεων κατά τη διάρκεια της ημέρας, όπως συνηθίζεται να γίνεται και στην Ελλάδα, όπου γίνονται παρατηρήσεις των μετρήσεων τις ώρες 08:00, 14:00 και 20:00 (τοπική ώρα, LT). Μια ακόμη πολύ χρήσιμη παράμετρος της θερμοκρασίας που χρησιμοποιείται είναι η μέση μηνιαία θερμοκρασία. Αυτή προκύπτει από τον μέσο όρο των ημερήσιων θερμοκρασιών για κάθε μήνα ξεχωριστά. Μεγάλο όμως ενδιαφέρον παρουσιάζουν και οι άκρες τιμές της θερμοκρασίας, οι οποίες πρωταγωνιστούν στην παρούσα μελέτη. Πρόκειται για την απόλυτα μέγιστη και την απόλυτα ελάχιστη θερμοκρασία (ημέρας, μήνα ή έτους) και για τη μέση μέγιστη και ελάχιστη θερμοκρασία.

Όσον αφορά στη χώρα μας, το ανάγλυφο αλλά και η θέση της, της προσδίδουν ιδιαίτερα κλιματικά χαρακτηριστικά. Η βαλκανική μάζα που βρίσκεται προς βορρά αλλά και η έντονη παρουσία της θάλασσάς της (Αιγαίο, Ιόνιο κτλ) είναι υπεύθυνα για τις έντονες διακυμάνσεις όχι μόνο της θερμοκρασίας, αλλά και των άλλων κλιματικών στοιχείων.

### **1.3. Αστικό περιβάλλον και Θερμή Αστική Νησίδα**

Η παρουσία ψηλών κτιρίων και η συσσώρευση του τσιμέντου στα κέντρα των μεγαλουπόλεων καθώς και η αύξηση της ρύπανσης εξαιτίας βιομηχανιών και αυτοκινήτων, έχει ως αποτέλεσμα ο αέρας και γενικότερα η ατμόσφαιρα στην καρδιά της πόλης να μην ανακυκλώνεται αλλά και η ηλιακή ακτινοβολία να εγκλωβίζεται ανάμεσα στα πολύ υψηλά κτίρια. Συνέπεια αυτού είναι να παρατηρούνται από τους επιστήμονες αρκετές φορές υψηλότερες θερμοκρασίες αέρα μέσα στην πόλη σε σχέση με τα προάστια αυτής, όπου οι θερμοκρασίες που σημειώνονται είναι συνήθως χαμηλότερες.

Γενικά, οι παράγοντες που προκαλούν το παραπάνω φαινόμενο, το οποίο ονομάζεται Θερμή Αστική Νησίδα και από εδώ και στο εξής για λόγους συντομίας θα αναφέρεται στην εργασία ως Θ.Α.Ν., εντοπίζονται τόσο στο γεγονός της απορρόφησης και επανεκπομπής στο περιβάλλον της ηλιακής ακτινοβολίας από τα

κτίρια, όσο και στη θέρμανση της πόλης από την κεντρική θέρμανση (αστική θέρμανση), καθώς και από τις διάφορες πηγές ρύπανσης (βιομηχανικά απόβλητα, τροχοφόρα). Επιστημονική τεκμηρίωση του τελευταίου παράγοντα, που αφορά τη θέρμανση της πόλης εξαιτίας της ρύπανσης, αποτελεί η διαπίστωση ότι η παρουσία σημαντικής ποσότητας στερεών αιωρούμενων σωματιδίων στην ατμόσφαιρα των μεγαλουπόλεων και των βιομηχανικών περιοχών (ρύποι, κονιορτός), που απορροφούν και διαχέουν την ηλιακή ακτινοβολία, έχει ως συνέπεια την εξασθένιση της άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας και την αύξηση της διάχυτης, η οποία όπως είναι γνωστό, προκαλεί την αύξηση της ένδειξης του θερμομέτρου (μέτρηση της θερμοκρασίας του αέρα υπό σκιά) (Βογγόλη και Γκουγκούσης, 1988).

Σύμφωνα με τον Oke (1979) αρκετά είναι τα αίτια μιας Θερμής Αστικής Νησίδας. Ο κυριότερος λόγος για τη θέρμανση κατά τη διάρκεια της νύχτας είναι τα κτίρια, τα οποία εμποδίζουν τη θέα προς τον σχετικά ψυχρότερο νυχτερινό ουρανό. Δύο άλλοι λόγοι στους οποίους οφείλεται η Θ.Α.Ν. είναι οι αλλαγές στις θερμικές ιδιότητες των επιφανειακών υλικών και η έλλειψη εξατμισιοδιαπνοής στις αστικές περιοχές. Τα υλικά που χρησιμοποιούνται κατά κόρον στις πόλεις, όπως το τσιμέντο και η άσφαλτος, έχουν εντελώς διαφορετικές θερμικές ιδιότητες (όπως θερμοχωρητικότητα) καθώς και ιδιότητες της ακτινοβολίας της επιφάνειας (albedo) σε σχέση με τη γύρω περιοχή της υπαίθρου. Αυτό το γεγονός προκαλεί μια αλλαγή στο ενεργειακό ισοζύγιο της αστικής περιοχής, η οποία με τη σειρά της συχνά έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση των θερμοκρασιών σε σχέση με τις περιοχές γύρω από τα αστικά κέντρα. Το ενεργειακό ισοζύγιο επηρεάζεται επίσης τόσο από την έλλειψη φυτοκάλυψης, όσο και από τα στάσιμα νερά στις πόλεις, τα οποία εμποδίζουν την ψύξη μέσω της εξατμισιοδιαπνοής.

Άλλα αίτια της Θ.Α.Ν. είναι και οι γεωμετρικοί παράμετροι. Τα ψηλά κτίρια τα οποία παρέχουν πολλές επιφάνειες για αντανάκλαση και απορρόφηση της ηλιακής ακτινοβολίας, αυξάνουν την ικανότητα με την οποία θερμαίνονται οι αστικές περιοχές. Μια άλλη σημαντική επίδραση των κτιρίων είναι το γεγονός ότι αυτά λειτουργούν σαν εμπόδια για τον άνεμο. Όταν μέσα σε μια πόλη δεν μπορεί να πνεύσει ο άνεμος αυτό έχει ως αντίκτυπο και πάλι να εμποδίζεται η ψύξη, λόγω μεταφοράς θερμότητας.

Δεν θα μπορούσαν να παραλειφθούν και οι ανθρωπογενείς παράγοντες που καθιστούν μια περιοχή ευάλωτη στο φαινόμενο της Θ.Α.Ν. Καθώς τα μεγάλα αστικά κέντρα κατοικούνται από όλο και περισσότερους ανθρώπους, οι δραστηριότητές τους αποτελούν σημαντική επιρροή στο φαινόμενο. Η χρήση οποιασδήποτε μορφής οχημάτων, η χρήση των κλιματιστικών, της κεντρικής θέρμανσης και οι διάφορες μορφές βιομηχανίες εντείνουν το πρόβλημα. Εξάλλου, τα υψηλά επίπεδα και οι πολλές μορφές της ατμοσφαιρικής ρύπανσης μπορούν να δημιουργήσουν το γνωστό φαινόμενο του θερμοκηπίου στις μεγαλουπόλεις και η Θ.Α.Ν. εντείνεται ακόμη περισσότερο. Περιοχές με διαφορετικό κλίμα μπορεί να βιώσουν με διαφορετικό τρόπο την εμφάνιση του φαινομένου της αστικής νησίδας. Σε μια ήδη θερμή περιοχή του πλανήτη το φαινόμενο είναι ανεπιθύμητο, ενώ σε μια ψυχρή περιοχή μπορεί να είναι προνόμιο.

Το ενδιαφέρον για την εμφάνιση της Θ.Α.Ν. έχει μεγαλώσει κατά τα τελευταία χρόνια γιατί επηρεάζει μεγάλο αριθμό ανθρώπων. Σύμφωνα με υπολογισμούς των επιστημόνων, περίπου ο μισός πληθυσμός του πλανήτη ζει σε αστικές περιοχές. Το φαινόμενο έχει τη δυνατότητα να επηρεάζει άμεσα την υγεία και την ευεξία των κατοίκων. Για παράδειγμα από μια έρευνα που έχει γίνει για τις Ηνωμένες Πολιτείες, βρέθηκε ότι περίπου 1000 άνθρωποι πεθαίνουν κατά μέσο όρο ετησίως εξαιτίας των έντονων θερμοκρασιών, παρά από άλλα καιρικά γεγονότα (Changnon et al., 1996).

Το φαινόμενο της Θ.Α.Ν. μπορεί να εξισορροπηθεί σιγά-σιγά με τη χρήση λευκών ή αντανakλαστικών υλικών για το κτίσιμο πολυκατοικιών, πεζοδρομίων ή δρόμων, αυξάνοντας κατ' αυτόν τον τρόπο ολόκληρη την ανακλαστικότητα της πόλης. Σε αρκετές πόλεις έχει αρχίσει να γίνεται προσπάθεια γι' αυτό. Μία ακόμη εναλλακτική λύση είναι να αυξηθεί το μέγεθος των καλά ποτισμένων φυτών. Αυτοί οι δύο τρόποι μπορούν να συνδυαστούν για ένα καλό αποτέλεσμα, με τη δημιουργία των πράσινων ταρατσών (green roofs), μια προσπάθεια που ξεκίνησε ήδη σε αρκετές πόλεις του εξωτερικού.

**1.4. Δεδομένα**

Στην παρούσα εργασία το αντικείμενο μελέτης είναι το φαινόμενο της Θ.Α.Ν. στη Θεσσαλονίκη. Για να μελετηθεί το φαινόμενο αυτό χρησιμοποιήθηκαν οι ημερήσιες άκρες τιμές θερμοκρασίας (απολύτως μέγιστες και ελάχιστες) που σημειώθηκαν στον μετεωρολογικό σταθμό του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης και στο σταθμό της Μίκρας. Για τον σταθμό του Α.Π.Θ. καθώς και για το σταθμό της Μίκρας στο αεροδρόμιο τα στοιχεία της θερμοκρασίας που ελήφθησαν υπόψη καλύπτουν τη χρονική περίοδο 1959-2001. Στις περιπτώσεις που θα έπρεπε να γίνουν κάποιες συγκρίσεις με τα δεδομένα του μετεωρολογικού σταθμού της πόλης του Α.Π.Θ. χρησιμοποιήθηκαν εξάλλου και τα αντίστοιχα του σταθμού της Καλαμαριάς, ο οποίος ανήκει στο Α.Π.Θ. και λειτουργεί από το 1995. Τα δεδομένα αυτά καλύπτουν την περίοδο 1995-2004.

Ο μετεωρολογικός σταθμός του Α.Π.Θ. βρίσκεται στο κέντρο της Πανεπιστημιούπολης και ανήκει στον Τομέα Μετεωρολογίας και Κλιματολογίας του Α.Π.Θ. Ο μετεωρολογικός κλωβός μέσα στον οποίο βρίσκονται και τα όργανα με τα οποία γίνονται οι μετρήσεις, απέχει από το έδαφος 1,5 μ. και είναι τοποθετημένος σε περιοχή χωρίς πυκνή βλάστηση. Το δε έδαφος όπου βρίσκεται ο σταθμός έχει υψόμετρο 31,9 μ. και το γεωγραφικό πλάτος είναι 40° 37' ενώ το γεωγραφικό του μήκος είναι 22° 57'. Τα δεδομένα του σταθμού αυτού ελήφθησαν από τον Τομέα Μετεωρολογίας-Κλιματολογίας του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης. Πρόκειται για μέσες ημερήσιες και ακραίες τιμές θερμοκρασίας από το 1959 έως και το 2001. Για το σταθμό του Α.Π.Θ. υπήρχαν δεδομένα και για τα επόμενα χρόνια, όμως αυτά δεν χρησιμοποιήθηκαν για λόγους σύγκρισης με το σταθμό της Μίκρας.

Ο μετεωρολογικός σταθμός της Μίκρας βρίσκεται στην περιοχή του αεροδρομίου της Θεσσαλονίκης και έχει υψόμετρο περίπου 4,0 μ. Το κύριο χαρακτηριστικό του είναι ότι βρίσκεται πολύ κοντά στη θάλασσα. Το γεωγραφικό πλάτος του σταθμού είναι 40° 32' ενώ το γεωγραφικό του μήκος είναι 23° 14'. Τα στοιχεία των μέσων ημερήσιων αλλά και ακραίων τιμών θερμοκρασίας για την περιοχή της Μίκρας μας παραχωρήθηκαν από την Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία για την χρονική περίοδο από το 1959 έως και το 2001.

**1.5. Προηγούμενες μελέτες**

Το φαινόμενο της θερμής αστικής νησίδας παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον και αποτελεί αντικείμενο μελέτης για τους κλιματολόγους ειδικά τις τελευταίες δεκαετίες. Αυτό συμβαίνει γιατί κατά τη διάρκεια των τελευταίων χρόνων παρατηρείται μια έξαρση στη μετακίνηση του πληθυσμού προς τα μεγάλα αστικά κέντρα, σε ολόκληρο τον πλανήτη. Το φαινόμενο αυτό της αστυφιλίας παρουσιάστηκε έντονα και στη χώρα μας και κυρίως μετά τη δεκαετία του '60 (πίνακας 1.1).

Ωστόσο, ο αριθμός των σχετικών εργασιών που αναφέρονται στη μελέτη των διαφορών των θερμοκρασιών για την περιοχή της Θεσσαλονίκης είναι σχετικά περιορισμένος. Κατά το τελευταίο διάστημα όμως, μελετώνται όλο και πιο εντατικά οι μετρήσεις των στοιχείων, με σκοπό να δοθεί μια παραστατικότερη εικόνα των διακυμάνσεων της θερμοκρασίας, καθώς και να εξηγηθούν οι μηχανισμοί που τις προκαλούν.

Ένα χαρακτηριστικό του 20<sup>ου</sup> αιώνα υπήρξε η σημαντική ανάπτυξη των πόλεων, τόσο ως προς τον αριθμό τους, που δεν σταμάτησε να μεγαλώνει, όσο και ως προς την έκταση της επιφανείας που καταλαμβάνουν. Ένα νέο στοιχείο που προστέθηκε στα παλιά ήταν η ανάπτυξη μεγάλων πόλεων στις τροπικές περιοχές του πλανήτη. Αν λάβει κανείς ως παράδειγμα την τροπική Αφρική, τότε θα διαπιστώσει ότι ο συνολικός αριθμός των κατοίκων των πόλεων, που παλιότερα έφτανε τους 100.000, το 1925 ξεπέρασε τις 500.000, ενώ το 1972 τα 20 εκατομμύρια και το 1988 τα 72 εκατομμύρια.

Όμως το αστικό μέσο τροποποιεί το περιβάλλον, καθώς το καλυμμένο με βλάστηση (σε μεγάλο ή μικρό βαθμό) έδαφος το αντικαθίσταται από ένα υπόστρωμα αδιάβροχο, όπου το νερό δεν μπορεί να φιλτραριστεί. Σημαντικό ρόλο παίζει και η παρουσία των υψηλών κτιρίων, η παραγωγή μεγάλης ποσότητας σκόνης και αιωρημάτων και η ανθρωπογενής παραγωγή ενέργειας. Η ηλιακή ακτινοβολία, η θερμοκρασία, η υγρασία, οι βροχοπτώσεις καθώς και η ταχύτητα και η διεύθυνση του ανέμου έχουν επίσης μεταβληθεί (Αρσένη – Παπαδημητρίου, 2004).

Η μεγάλη τάση της αστικοποίησης που παρατηρείται τα τελευταία 50 χρόνια κυρίως, προβλημάτισε τους κλιματολόγους, οι οποίοι ασχολήθηκαν με το θέμα της αστικής νησίδας σε πολλές περιοχές του κόσμου και πολλές είναι οι έρευνες που έγιναν με σκοπό να παρουσιάσουν και να εξηγήσουν το φαινόμενο αυτό καθώς και να διερευνήσουν τις κλιματικές συνθήκες του μέλλοντος στις πόλεις. Από μελέτες λοιπόν σχετικά με τη θερμοκρασία του αέρος τόσο σε ξένα όσο και σε ελληνικά μεγάλα αστικά κέντρα, έχει βρεθεί ότι η έντονη αστικοποίηση που λαμβάνει χώρα στις μεγαλουπόλεις έχει σημαντικές επιπτώσεις στον άνθρωπο και κατ' επέκταση στο περιβάλλον στο οποίο εκείνος ζει καθημερινά. Αρκετά από τα παραδείγματα προέρχονται από πόλεις της Ευρώπης και της Αμερικής, όπου η μελέτη των αστικών περιοχών άρχισε νωρίτερα και τα συμπεράσματα είναι πλουσιότερα.

Η Αρσένη-Παπαδημητρίου (1974) μελέτησε τη θερμοκρασία του αέρα στην πόλη της Θεσσαλονίκης κατά τη χρονική περίοδο 1946–1973. Από τη μελέτη προέκυψε ότι οι μέσες ημερήσιες τιμές παρουσιάζουν ένα πρωτεύον μέγιστο και ένα πρωτεύον ελάχιστο, τα οποία εμφανίζονται κατά το 2<sup>ο</sup> δεκαήμερο του Ιουλίου και κατά το τελευταίο δεκαήμερο του Ιανουαρίου, αντίστοιχα. Η μέση διάρκεια τροπικής περιόδου βρέθηκε ίση με 117,8 ημέρες, ενώ σε όλη την 28ετία υπήρξαν 4 ημέρες με θερμοκρασία  $\geq 40^{\circ}\text{C}$ . Επίσης, από όλους τους μήνες στους οποίους εμφανίζονται συνήθως οι τροπικές μέρες, ο Ιούλιος παρουσιάζει τη μεγαλύτερη συχνότητα, ενώ τη μεγαλύτερη συχνότητα ημερών μερικού αλλά και ολικού παγετού την παρουσιάζει ο Ιανουάριος. Τέλος, βρέθηκε ότι οι μέσες ημερήσιες, όσο και οι ωριαίες τιμές παρουσιάζουν μεγαλύτερη συχνότητα (57%) στο διάστημα  $10,0^{\circ}\text{C}$ – $24,9^{\circ}\text{C}$ .

Οι Φλόκας και Αρσένη-Παπαδημητρίου (1974) μελέτησαν την ετήσια πορεία της θερμοκρασίας του αέρα στην πόλη της Θεσσαλονίκης με αναγωγή σε μια ενιαία και ομοιογενή σειρά των μέσων μηνιαίων τιμών όλων των μετεωρολογικών σταθμών που λειτούργησαν στην περιοχή κατά την περίοδο 1892–1973, με τη βοήθεια κριτηρίων ομοιογένειας και τύπων αναγωγής. Προέκυψε ότι η ετήσια πορεία της θερμοκρασίας του αέρα κατά την περίοδο αυτή παρουσιάζει απλή κύμανση με μέγιστο τον Ιούλιο και ελάχιστο τον Ιανουάριο. Η μέση μεταβλητότητα παρουσιάζεται μεγαλύτερη κατά το ψυχρό τρίμηνο Δεκεμβρίου–Ιανουαρίου–Φεβρουαρίου και μικρότερη κατά το θερμό τρίμηνο Ιουνίου–Ιουλίου–Αυγούστου.

Επίσης βρέθηκε ότι η τιμή του μέσου ετήσιου θερμομετρικού εύρους είναι 20,56°C με σημαντικές αυξομειώσεις, ότι το κλίμα της Θεσσαλονίκης κατατάσσεται κατά Górczynski στον θαλάσσιο μεταβατικό τύπο, ότι ο μέγιστος θερμομετρικός δρόμος ανέρχεται στους 54,4°C και ότι οι τιμές της θερμοκρασίας του φθινοπώρου υπερέχουν, κατά κανόνα, των τιμών της θερμοκρασίας της άνοιξης.

Ο Μπαλαφούτης (1985) μελέτησε την κλιματολογία της θερμής αστικής νησίδας όπως αυτή αποκαλύπτεται από τη σύγκριση των ημερήσιων μεγίστων και ελαχίστων θερμοκρασιών που σημειώθηκαν στους μετεωρολογικούς σταθμούς του Πανεπιστημίου (αστικός) και του αεροδρομίου της Μίκρας (υπαίθριος) για τη δεκαετία 1966–1975. Από τη μελέτη αυτή διαπιστώθηκε ότι στην πόλη της Θεσσαλονίκης εμφανίζεται με μεγάλη συχνότητα θερμή αστική νησίδα η οποία είναι πιο έντονη κατά την επικράτηση αντικυκλωνικών τύπων καιρού. Η ύπαρξη της νησίδας σε συνδυασμό με την παρουσία ρυπογόνων βιομηχανιών στις παρυφές της πόλης και με την κλειστή τοπογραφία της περιοχής έχει ως αποτέλεσμα την έντονη ρύπανση.

Οι Αρσένη–Παπαδημητρίου και Γιάννου (1992) προσπάθησαν να εντοπίσουν τους πολύ, αλλά και τους ασυνήθιστα ψυχρούς χειμώνες και χειμερινές ημέρες, για την περίοδο 1961–1990. Από τη μελέτη αυτή δεν προέκυψε κάποιο αντικειμενικό κριτήριο καθορισμού των πολύ ψυχρών ημερών καθώς τα αποτελέσματα έχουν διαφορετική χρήση για κάθε τομέα έρευνας (γεωργία, θέρμανση, τεχνικά έργα κ.α.). Ωστόσο, βρέθηκε ότι τα αποτελέσματα είναι πιο σαφή όταν κάθε χειμερινός μήνας μελετηθεί χωριστά, διότι διαφορετικά αισθάνεται κανείς μια ημέρα με θερμοκρασία <4,0°C τον Ιανουάριο και διαφορετικά τον Νοέμβριο. Επίσης βρέθηκε ότι για τη Θεσσαλονίκη το 86% των χειμερινών μηνών ανήκουν στην κατηγορία των “δροσερών” και κατά συνέπεια οι χειμώνες είναι μάλλον ήπιοι, ότι οι βαθμοημέρες αποδίδουν καλύτερα την έννοια της ψυχρής περιόδου απ’ ότι οι μέσες θερμοκρασίες καθώς και ότι ο Μάρτιος του 1987 ήταν ο ψυχρότερος όλης της 30ετίας. Η ιδιαιτερότητα του μήνα αυτού οφειλόταν σε μια ισχυρή και μεγάλης διάρκειας ψυχρή εισβολή στην Κεντρική και Ανατολική Μεσόγειο.

Η Moreno–García (1994) παραθέτει μια στατιστική ανάλυση των διαφορών των ημερήσιων ελαχίστων θερμοκρασιών μεταξύ της πόλης της Βαρκελώνης και του

αεροδρομίου της περιοχής που φανερώνει την επίδραση της θερμής αστικής νησίδας. Αναφέρει επίσης ότι είναι δυνατόν να παρασταθεί γραφικά η χωρική διαμόρφωση της αστικής νησίδας στην πόλη αυτή. Βρέθηκε από την ανάλυση ότι η μέγιστη διαφορά μεταξύ των θερμοκρασιών των συγκρινόμενων τοποθεσιών, της μίας στο κέντρο της πόλης και της άλλης στα σύνορα αυτής, υπερβαίνει τους 8°C.

Οι Makrogiannis et al (1998) μελέτησαν την κατανομή της θερμοκρασίας στην κύρια αστική περιοχή της Αθήνας και παρουσίασαν τα βασικά χαρακτηριστικά και τα πολύ αρχικά αποτελέσματα ενός μεγάλης κλίμακας πειράματος το οποίο έλαβε χώρα στην πόλη της Αθήνας υπό την αιγίδα του ερευνητικού προγράμματος POLIS της European Commission. Σκοπός του πειράματος ήταν να ερευνηθούν οι βασικές παράμετροι που αφορούν την αστικοποίηση, τα κλιματικά χαρακτηριστικά και την κατανάλωση ενέργειας των κτιρίων της Αθήνας. Από το πείραμα προέκυψε ότι καταγράφηκε μια πολύ σημαντική αύξηση της θερμοκρασίας στο κέντρο της πόλης. Η ανάλυση των αποτελεσμάτων σε ενεργειακή βάση έδειξε ότι αυτή η αύξηση της θερμοκρασίας είχε πολύ μεγάλη επίδραση στην κατανάλωση ενέργειας των κτιρίων της Αθήνας για λόγους ψύξης.

Οι Balafoutis and Makrogiannis (1998) μελέτησαν την ένταση της θερμής αστικής νησίδας στη Θεσσαλονίκη κατά τη διάρκεια της περιόδου 1950–1995, χρησιμοποιώντας δεδομένα ημερήσιων ελαχίστων τιμών θερμοκρασίας αέρα από το Α.Π.Θ. και το αεροδρόμιο ‘‘Μακεδονία’’, προκειμένου να υπολογίσουν τη μηνιαία πορεία του φαινομένου της θερμής αστικής νησίδας τα τελευταία 46 χρόνια. Τα αποτελέσματα που προέκυψαν ήταν ότι σε μέσες μηνιαίες τιμές η πόλη είναι θερμότερη από τα περίχωρα. Επίσης, βρέθηκε ότι το φαινόμενο είναι πιο έντονο κατά τις αντικυκλωνικές συνθήκες, ότι η μηνιαία πορεία των διαφορών των ελαχίστων θερμοκρασιών από έτος σε έτος παρουσιάζει διακυμάνσεις οι οποίες ήταν εντονότερες κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του ‘70 και τέλος ότι κατά τη δεκαετία του ‘90 το φαινόμενο φαίνεται να εξασθενεί ίσως εξαιτίας των μικρών αλλαγών στο κλειστό περιβάλλον των σταθμών.

Οι Arseni–Papadimitriou et al (1998) υπολόγισαν τις απόλυτες ελάχιστες θερμοκρασίες (μέσες μηνιαίες, εποχιακές και ετήσιες) τριών μετεωρολογικών σταθμών [(Α.Π.Θ. (1950–1995), Μίκρα (1960–1995 και Σέδες (1950–1970))] καθώς

και τις ημερήσιες διαφορές της θερμοκρασίας μεταξύ των σταθμών Α.Π.Θ. και Μίκρας για την κοινή τους περίοδο. Από τη μελέτη αυτή προέκυψε ότι η θερμή αστική νησίδα αποτελεί πραγματικότητα για τη Θεσσαλονίκη και ότι η αύξηση του φαινομένου σχετίζεται άμεσα με την απότομη αύξηση του πληθυσμού της πόλης κατά τις τελευταίες δεκαετίες. Ο σταθμός της Μίκρας εμφανίζει θερμή αστική νησίδα επίσης, εξαιτίας του γεγονότος ότι η επέκταση της πόλης αναγκαστικά συνεχίζεται προς τα ανατολικά, αφού προς τον βορρά υπάρχει δασική έκταση, προς τη δύση η βιομηχανική περιοχή της πόλης και προς τον νότο η θάλασσα. Εξάλλου, η μεγάλη συγκέντρωση του πληθυσμού στη Θεσσαλονίκη δημιουργεί μικρές βιομηχανίες, αύξηση του κυκλοφοριακού, μεγαλύτερη απελευθέρωση θερμότητας το χειμώνα και περισσότερη χρήση κλιματιστικών το καλοκαίρι. Τέλος, το φαινόμενο της θερμής αστικής νησίδας παρουσιάζεται κατά τους σταθερούς τύπους κυκλοφορίας, κυρίως από Μάιο ως Σεπτέμβριο.

Οι Fortuniak and Klysik (1998) μελέτησαν ένα απλό μοντέλο θερμής αστικής νησίδας στην πόλη Lodz (Πολωνία) κατά τη διάρκεια ανέφελων χειμερινών νυκτών. Υπολόγισαν την ελάττωση της θερμοκρασίας στην πόλη με τη βοήθεια της μείωσης της θερμοκρασίας στην περιφέρεια, βασιζόμενοι στη σχέση:  $dT_u = A \cdot dT_r$ . Αυτό το μοντέλο εφαρμόστηκε σε τομείς της πόλης (κελιά 500 x 500 m) με διαφορετικό ρυθμό αστικοποίησης με χρονικό βήμα 10 min. Ο παράγοντας A επιλέχθηκε εμπειρικά και εξαρτάται από την ταχύτητα του ανέμου και το ρυθμό αστικοποίησης. Επιπλέον σε κάθε επανάληψη το πεδίο της θερμοκρασίας εξομαλυνόταν ανάλογα με την ταχύτητα του ανέμου. Παρά την απλότητά του, το μοντέλο αυτό περιγράφει ικανοποιητικά την προσωρινή εξέλιξη και την χωρική κατανομή του φαινομένου της θερμής αστικής νησίδας.

Οι Αρσένη-Παπαδημητρίου et al (2000) χρησιμοποίησαν τις ελάχιστες θερμοκρασίες 21 ελληνικών σταθμών για την περίοδο 1958–1994 καθώς και τους τύπους κυκλοφορίας (αντικειμενική κατάταξη για τα 500hPa) για τον ελληνικό χώρο για την ίδια περίοδο. Στη συνέχεια κατασκεύασαν τους μέσους εποχιακούς χάρτες της κατανομής των ελαχίστων θερμοκρασιών κατά τύπο κυκλοφορίας, από τους οποίους προέκυψε ότι περιοχές με ικανό υψόμετρο αποτελούν τους ψυχρούς πόλους της Ελλάδας και ότι κατά το χειμώνα οι ισόθερμες πάνω από το Αιγαίο κάμπτονται προς

βορρά, ενώ το καλοκαίρι η θερμοβαθμίδα εμφανίζεται πολύ ασθενής. Οι ισόθερμες ακολουθούν τα όρια του κορμού της Ελλάδας σε όλες τις εποχές του έτους με την επικράτηση τόσο των αντικυκλωνικών όσο και των υφεσιακών τύπων κυκλοφορίας. Επίσης βρέθηκε ότι οι υψηλότερες θερμοκρασίες σημειώνονται με την επικράτηση τύπων που υπαγορεύουν κυκλοφορία νότιας ή δυτικής συνιστώσας πάνω από την Ελλάδα, ενώ οι χαμηλότερες με εκείνους που δίνουν βόρεια κυκλοφορία. Τέλος, σε όλες τις εποχές, πλην του καλοκαιριού, κατά την επικράτηση των τύπων που διαμορφώνουν βόρεια κυκλοφορία επικρατεί σχετική ισοθερμία μεταξύ Αιγαίου και Ιονίου.

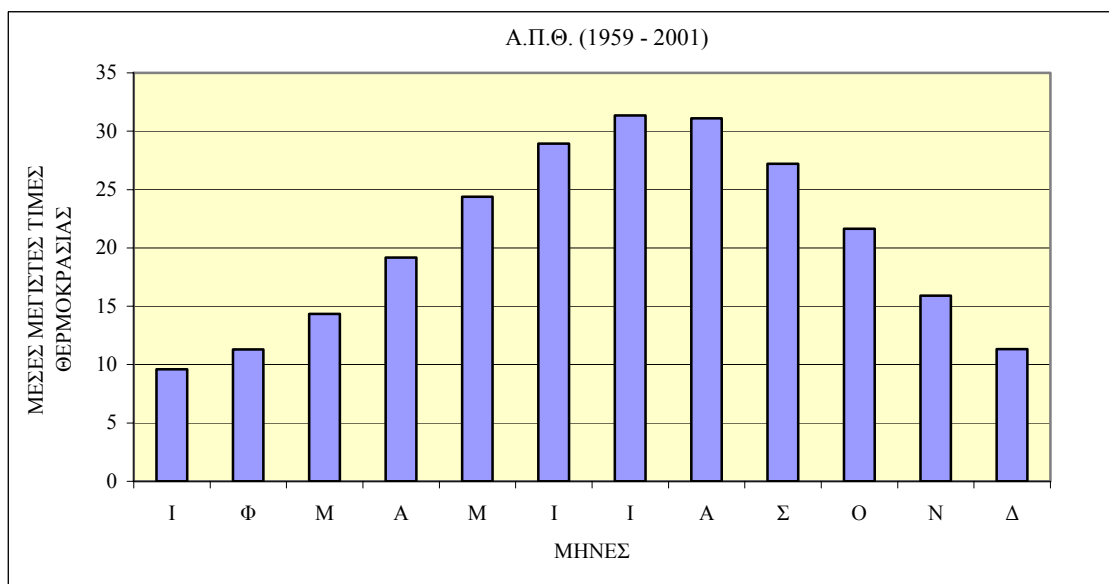
Οι Mihalakakou et al (2001) μελέτησαν και προσδιόρισαν την επίδραση της συνοπτικής κλίμακας κυκλοφορίας της ατμόσφαιρας σε ένα φαινόμενο θερμής αστικής νησίδας πάνω από την Αθήνα για περίοδο 2 ετών. Για τον σκοπό αυτό σχεδιάστηκε και εφαρμόστηκε ένα σύστημα τεχνητών νευρωνικών δικτύων για τον υπολογισμό της έντασης της θερμής αστικής νησίδας σε 23 σταθμούς για την εξεταζόμενη περίοδο. Βρέθηκε ότι η συνοπτικής κλίμακας κυκλοφορία είναι μια κυρίαρχη παράμετρος η οποία επηρεάζει σημαντικά τη θερμή αστική νησίδα. Αποδείχθηκε επίσης ότι η ράχη υψηλής πίεσης ευνοεί περισσότερο το φαινόμενο αστικής νησίδας και ότι οι κατηγορίες που χαρακτηρίζονται από ανέμους με έντονη βόρεια συνιστώσα είναι υπεύθυνες για τη μη εμφάνιση ή τον τερματισμό του φαινομένου.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

## 2.1. Ανάλυση των θερμοκρασιών στην περιοχή της Θεσσαλονίκης

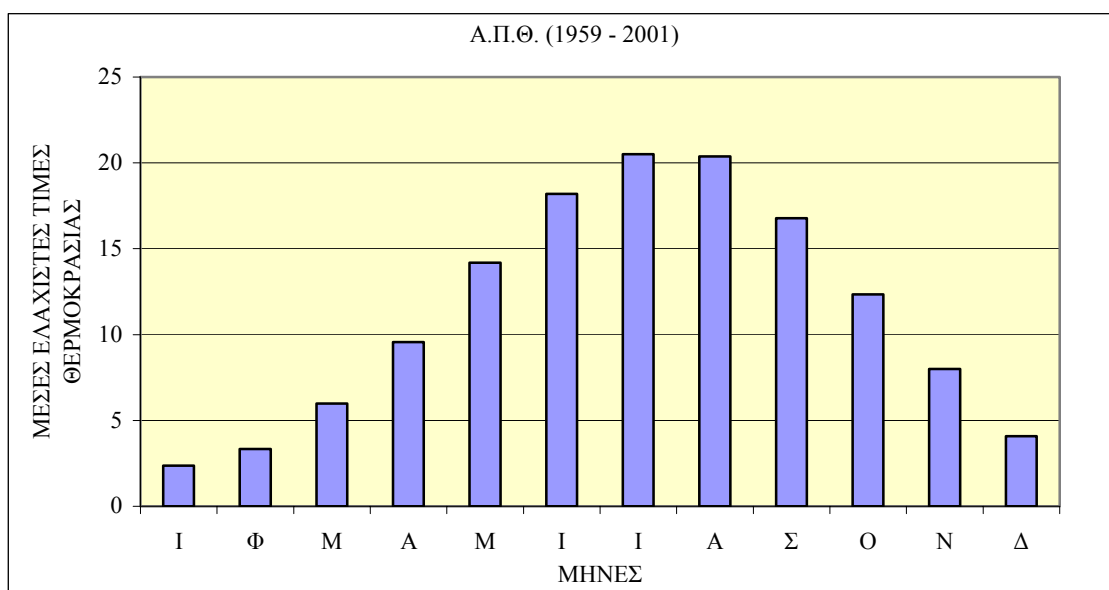
Χρησιμοποιώντας τις ημερήσιες απολύτως μέγιστες και ελάχιστες τιμές θερμοκρασίας υπολογίστηκαν αρχικά οι μέσες μηνιαίες άκρες τιμές θερμοκρασίας για τη χρονική περίοδο λειτουργίας του κάθε μετεωρολογικού σταθμού χωριστά, οι οποίες και απεικονίζονται γραφικά στα σχήματα 2.1.α έως 2.1.στ.

Στο σχήμα 2.1.α. παρουσιάζονται οι μέσες μηνιαίες μέγιστες τιμές θερμοκρασίας για το σταθμό του Α.Π.Θ. για τη χρονική περίοδο 1959 – 2001. Παρατηρείται ότι το μέγιστο εμφανίζεται τον Ιούλιο με τιμή 31,4°C και ακολουθεί ο Αύγουστος με μικρή διαφορά (31,1°C) ενώ το ελάχιστο σημειώνεται τον Ιανουάριο με τιμή 9,6°C και το δεύτερο κατά σειρά ελάχιστο τον Φεβρουάριο και τον Δεκέμβριο, με τιμή 11,3°C. Όλα τα παραπάνω φαίνονται και στον πίνακα 2.1.α.



**Σχήμα 2.1.α.** Μέσες μηνιαίες μέγιστες τιμές θερμοκρασίας για το Α.Π.Θ. (1959-2001).

Όσον αφορά στις μέσες μηνιαίες ελάχιστες τιμές θερμοκρασίας οι υψηλότερες και οι χαμηλότερες τιμές παρουσιάζονται τους ίδιους ακριβώς μήνες όπως και προηγούμενα (απολύτως μέγιστες), δηλαδή το μέγιστο εμφανίζεται τον Ιούλιο με τιμή 20,5°C και το ελάχιστο τον Ιανουάριο με τιμή 2,4°C (σχήμα 2.1.β.). Ακολουθούν ο Αύγουστος με τιμή θερμοκρασίας 20,4°C και ο Φεβρουάριος με τιμή 3,3°C (πίνακας 2.1.α).



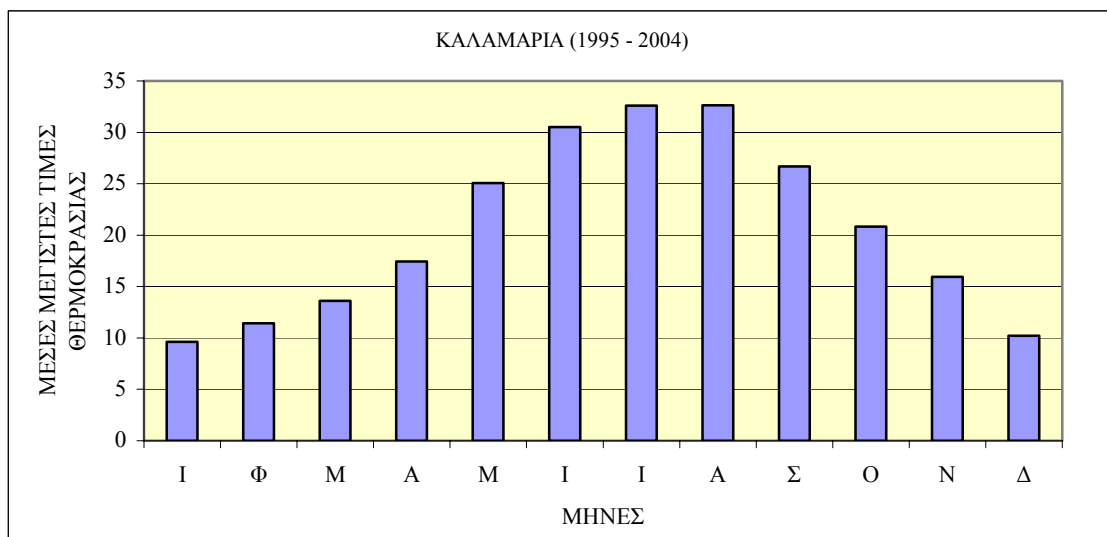
**Σχήμα 2.1.β.** Μέσες μηνιαίες ελάχιστες τιμές θερμοκρασίας για το Α.Π.Θ. (1959-2001).

**Πίνακας 2.1.α.** Μέσες μηνιαίες μέγιστες και ελάχιστες τιμές θερμοκρασίας για το σταθμό του Α.Π.Θ. για την περίοδο 1959-2001

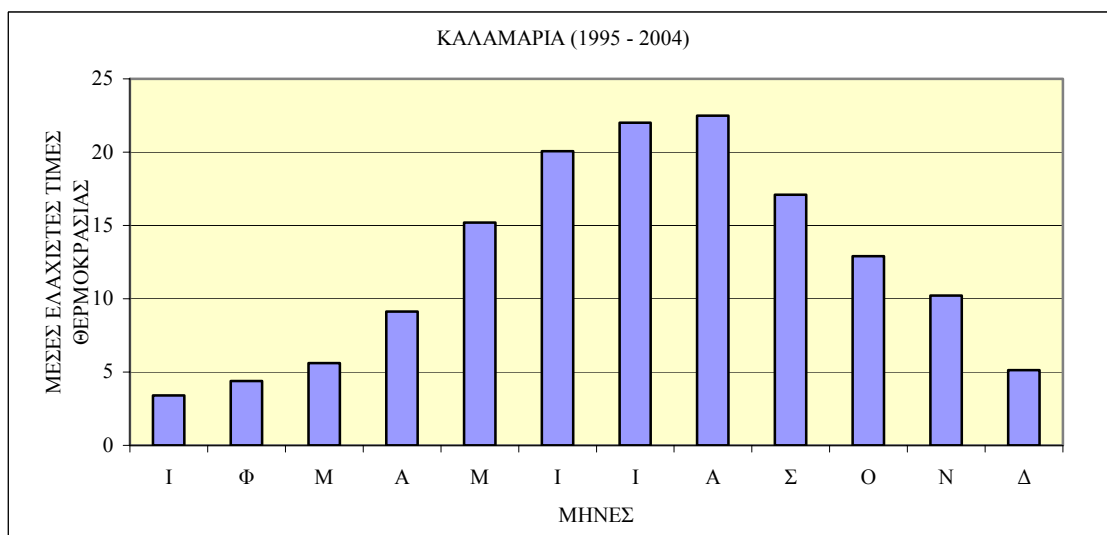
| Α.Π.Θ.      | Ι   | Φ    | Μ    | Α    | Μ    | Ι    | Ι    | Α    | Σ    | Ο    | Ν    | Δ    |
|-------------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Average Max | 9,6 | 11,3 | 14,3 | 19,2 | 24,4 | 29,0 | 31,4 | 31,1 | 27,2 | 21,6 | 15,9 | 11,3 |
| Average Min | 2,4 | 3,3  | 6,0  | 9,6  | 14,2 | 18,2 | 20,5 | 20,4 | 16,8 | 12,3 | 8,0  | 4,1  |

Στο σταθμό της Καλαμαριάς, στο σχήμα 2.1.γ. φαίνεται ότι το μέγιστο εμφανίζεται ταυτόχρονα στους μήνες Ιούλιο και Αύγουστο, με τιμή ίση με 32,6°C και το ελάχιστο τον Ιανουάριο με 9,6°C, ενώ ακολουθεί ο Δεκέμβριος με τιμή 10,2°C (πίνακας 2.1.β.). Η υψηλότερη απολύτως ελάχιστη μέση μηνιαία θερμοκρασία

παρουσιάζεται τον Αύγουστο με θερμοκρασία 22,5°C και η χαμηλότερη τον Ιανουάριο με τιμή 3,4°C (σχήμα 2.1.δ.). Ακολουθούν οι μήνες Ιούλιος και Φεβρουάριος με τιμές 22°C και 4,4°C, αντίστοιχα (πίνακας 2.1.β.).



**Σχήμα 2.1.γ.** Μέσες μηνιαίες μέγιστες τιμές θερμοκρασίας για την Καλαμαριά. (1995-2004).

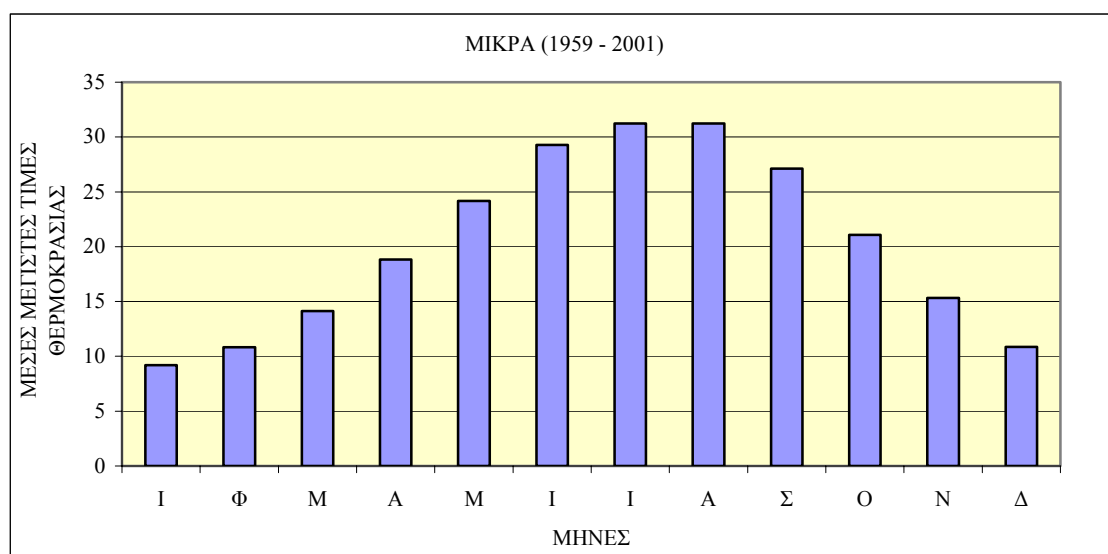


**Σχήμα 2.1.δ.** Μέσες μηνιαίες ελάχιστες τιμές θερμοκρασίας για την Καλαμαριά. (1995-2004).

**Πίνακας 2.1.β.** Μέσες μηνιαίες μέγιστες και ελάχιστες τιμές θερμοκρασίας για το σταθμό της Καλαμαριάς για την περίοδο 1995-2004.

| ΚΑΛΑΜΑΡΙΑ   | Ι   | Φ    | Μ    | Α    | Μ    | Ι    | Ι    | Α    | Σ    | Ο    | Ν    | Δ    |
|-------------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Average Max | 9,6 | 11,4 | 13,6 | 17,4 | 25,1 | 30,5 | 32,6 | 32,6 | 26,7 | 20,8 | 16,0 | 10,2 |
| Average Min | 3,4 | 4,4  | 5,6  | 9,1  | 15,2 | 20,1 | 22,0 | 22,5 | 17,1 | 12,9 | 10,2 | 5,1  |

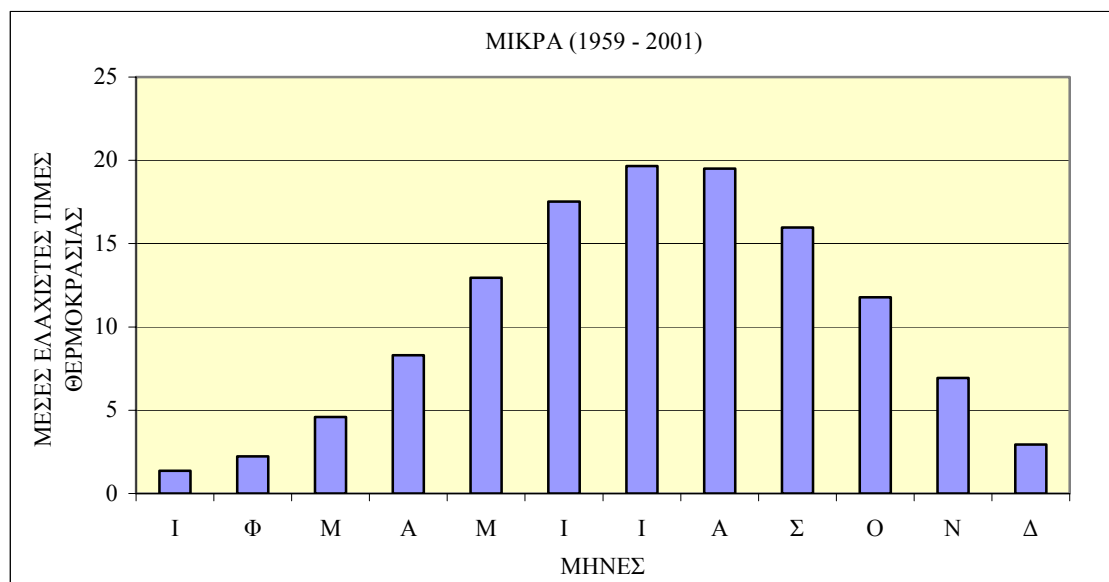
Για τον σταθμό της Μίκρας και για τη χρονική περίοδο 1959–2001, προέκυψαν τα διαγράμματα των μέσων μηνιαίων άκρων τιμών θερμοκρασίας και για αυτόν το σταθμό. Στο σχήμα 2.1.ε. είναι εμφανές ότι η υψηλότερη μέγιστη τιμή εμφανίζεται συγχρόνως τον Ιούλιο και τον Αύγουστο και είναι ίση προς 31,2° C και η χαμηλότερη τον Ιανουάριο με θερμοκρασία 9,2° C. Ακολουθεί δε ο Φεβρουάριος με τιμή 10,8° C (πίνακας 2.1.γ.).



**Σχήμα 2.1.ε.** Μέσες μηνιαίες μέγιστες τιμές θερμοκρασίας για τη Μίκρα. (1959-2001).

Οι υψηλότερες απολύτως ελάχιστες μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες εμφανίζονται τον Ιούλιο και Αύγουστο με τιμές 19,7°C και 19,5°C, αντίστοιχα, ενώ όσον αφορά στις μικρότερες, αυτές παρατηρούνται τον Ιανουάριο και τον

Φεβρουάριο με τιμές θερμοκρασίας 1,4°C και 2,2°C, αντίστοιχα (πίνακας 2.1.γ. και σχήμα 2.1.στ.).



**Σχήμα 2.1.στ.** Μέσες μηνιαίες ελάχιστες τιμές θερμοκρασίας για τη Μίκρα (1959-2001).

**Πίνακας 2.1.γ.** Μέσες μηνιαίες μέγιστες και ελάχιστες τιμές θερμοκρασίας για το σταθμό της Μίκρας για την περίοδο 1959-2001.

| ΜΙΚΡΑ       | Ι   | Φ    | Μ    | Α    | Μ    | Ι    | Ι    | Α    | Σ    | Ο    | Ν    | Δ    |
|-------------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Average Max | 9,2 | 10,8 | 14,1 | 18,8 | 24,2 | 29,3 | 31,2 | 31,2 | 27,1 | 21,1 | 15,3 | 10,9 |
| Average Min | 1,4 | 2,2  | 4,6  | 8,3  | 12,9 | 17,5 | 19,7 | 19,5 | 16,0 | 11,8 | 6,9  | 2,9  |

Συμπερασματικά λοιπόν, διαπιστώνεται ότι και για τους τρεις σταθμούς, παρόλο που οι χρονικές περίοδοι δεν είναι ακριβώς οι ίδιες, οι θερμοκρασίες τους (μέγιστες και ελάχιστες) παρουσιάζουν απλή κύμανση με ένα μέγιστο και ένα ελάχιστο. Οι διαφορές που προκύπτουν μεταξύ των σταθμών αναφέρονται στο εύρος της κύμανσης και ελάχιστα στους μήνες που καταγράφονται οι υψηλότερες και οι χαμηλότερες θερμοκρασίες. Αναλυτικότερα παρατηρείται ότι και οι τρεις σταθμοί παρουσιάζουν τις υψηλότερες μέγιστες τιμές τον ίδιο μήνα, δηλαδή τον Ιούλιο με τη διαφορά ότι τόσο ο σταθμός της Καλαμαριάς όσο και της Μίκρας εμφανίζουν τις υψηλότερες μέγιστες τιμές θερμοκρασίας συγχρόνως στον Ιούλιο και τον Αύγουστο.

Το χαμηλότερο ελάχιστο παρουσιάζεται και για τους τρεις σταθμούς τον ίδιο μήνα (Ιανουάριο). Η αμέσως υψηλότερη τιμή για το Α.Π.Θ. σημειώνεται τον Φεβρουάριο και τον Δεκέμβριο, ενώ για την Καλαμαριά τον Δεκέμβριο και για τη Μίκρα τον Φεβρουάριο. Τα αποτελέσματα αυτά βρίσκονται σε συμφωνία με τα αποτελέσματα της εργασίας των Flocas and Arseni-Papadimitriou (1974), οι οποίοι μελέτησαν την ετήσια κύμανση της θερμοκρασίας του αέρα στην πόλη της Θεσσαλονίκης για τη χρονική περίοδο 1892-1973 για το σταθμό του Α.Π.Θ.

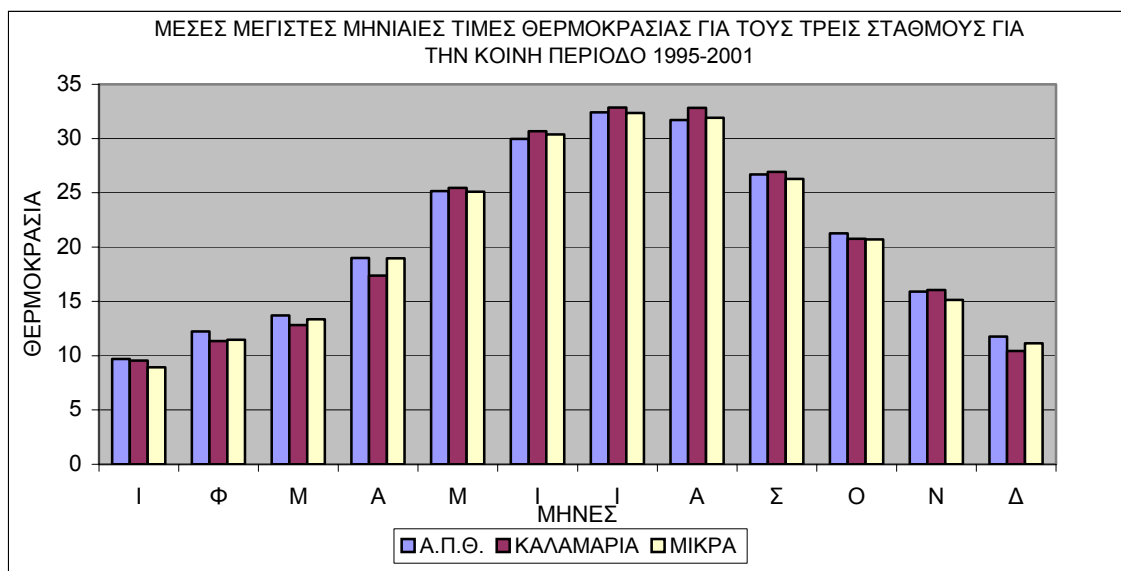
Όσον αφορά στις μέσες μηνιαίες ελάχιστες τιμές θερμοκρασίας, οι σταθμοί του Α.Π.Θ. και της Μίκρας εμφανίζουν την υψηλότερη μέγιστη τιμή τον Ιούλιο και ακολουθεί ο Αύγουστος, ενώ στο σταθμό της Καλαμαριάς συμβαίνει το αντίστροφο (δηλαδή ο Αύγουστος παρουσιάζεται με το υψηλότερο μέγιστο και ακολουθεί ο Ιούλιος). Όσον αφορά στις χαμηλότερες ελάχιστες τιμές, η εικόνα είναι ίδια και για τους τρεις σταθμούς, η χαμηλότερη ελάχιστη θερμοκρασία εμφανίζεται τον Ιανουάριο και ακολουθεί ο Φεβρουάριος και στις τρεις περιπτώσεις.

## **2.2. Σύγκριση των θερμοκρασιών των σταθμών**

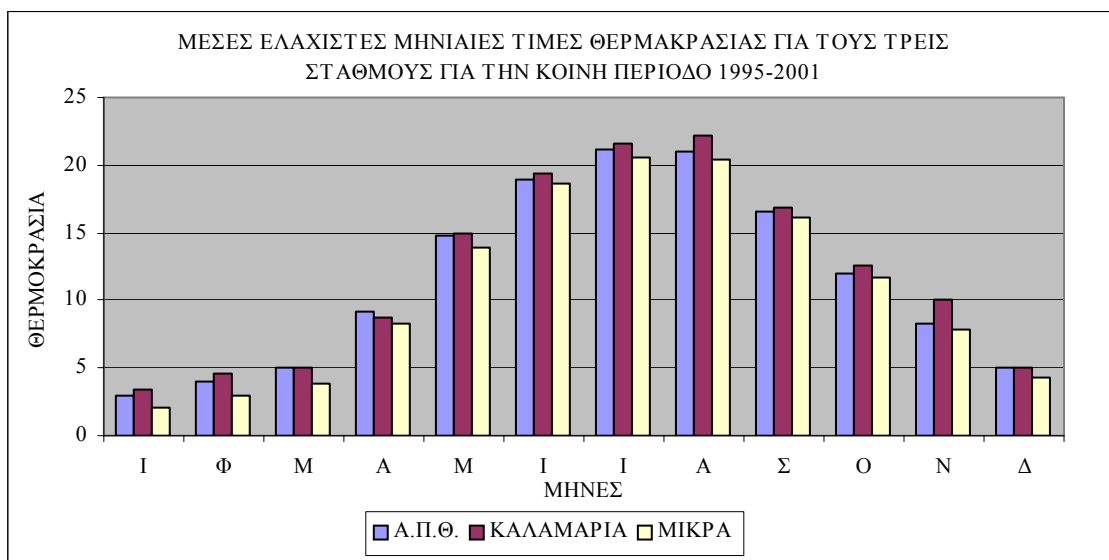
Στη συνέχεια επιχειρείται η σύγκριση των θερμοκρασιών (μεγίστων και ελαχίστων) των τριών σταθμών για την κοινή περίοδο λειτουργίας τους, ήτοι 1995–2001. Η σύγκριση αυτή απεικονίζεται στα σχήματα 2.2.α. και 2.2.β. αντίστοιχα.

Για όλους τους μήνες του έτους εκτός από Ιούνιο και Αύγουστο οι θερμοκρασίες είναι μεγαλύτερες για το σταθμό του Α.Π.Θ. σε σχέση με τον σταθμό της Μίκρας (σχήμα 2.2.α.). Ο σταθμός της Μίκρας παρουσιάζει τις μικρότερες μέσες μηνιαίες μέγιστες θερμοκρασίες σε σχέση με τους άλλους δύο σταθμούς τους μήνες Ιανουάριο, Ιούνιο, Αύγουστο, Σεπτέμβριο, Οκτώβριο και Νοέμβριο. Οι μέγιστες θερμοκρασίες στην Καλαμαριά φαίνεται να υπερτερούν από τις αντίστοιχες των άλλων δύο σταθμών τους μήνες Μάιο, Ιούνιο, Ιούλιο, Αύγουστο, Σεπτέμβριο και Νοέμβριο. Τον Μάρτιο και κυρίως τον Απρίλιο οι μέσες μηνιαίες ελάχιστες θερμοκρασίες του Α.Π.Θ. είναι μεγαλύτερες σε σχέση με τους άλλους δύο σταθμούς

(σχήμα 2.2.β.). Ο σταθμός της Μίκρας παρουσιάζει τις μικρότερες μέσες μηνιαίες ελάχιστες θερμοκρασίες σε σχέση με τους άλλους δύο σταθμούς για όλους τους μήνες. Οι ελάχιστες θερμοκρασίες στην Καλαμαριά φαίνεται να είναι υψηλότερες απ' ό,τι στους άλλους δύο σταθμούς σε όλους τους μήνες του έτους πλην των μηνών Μαρτίου και Απριλίου.



**Σχήμα 2.2.α.** Σύγκριση των μέσων μηνιαίων μεγίστων τιμών θερμοκρασίας για τους σταθμούς Α.Π.Θ.–Καλαμαριά–Μίκρα για την περίοδο 1995-2001.



**Σχήμα 2.2.β.** Σύγκριση των μέσων μηνιαίων ελαχίστων τιμών θερμοκρασίας για τους σταθμούς Α.Π.Θ.–Καλαμαριά–Μίκρα για την περίοδο 1995-2001.

### 2.3. Το εύρος των μέσων μηνιαίων άκρων τιμών της θερμοκρασίας

Στο επόμενο στάδιο υπολογίστηκε το εύρος μεταξύ των μεγίστων και των ελαχίστων μέσων μηνιαίων τιμών θερμοκρασίας για κάθε σταθμό ξεχωριστά για την περίοδο λειτουργίας του (πίνακας 2.3.α.) αλλά και για την κοινή περίοδό τους (1995-2001) (πίνακας 2.3.β.).

**Πίνακας 2.3.α** Το εύρος των μέσων μηνιαίων μεγίστων και ελαχίστων τιμών θερμοκρασίας για τους σταθμούς Α.Π.Θ., Καλαμαριάς και Μίκρας για τις αντίστοιχες περιόδους λειτουργίας του κάθε σταθμού.

| ΕΥΡΟΣ     | Ι   | Φ   | Μ   | Α    | Μ    | Ι    | Ι    | Α    | Σ    | Ο   | Ν   | Δ   |
|-----------|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|------|-----|-----|-----|
| Α.Π.Θ.    | 7,2 | 8,0 | 8,4 | 9,6  | 10,2 | 10,8 | 10,8 | 10,7 | 10,4 | 9,3 | 7,9 | 7,2 |
| ΚΑΛΑΜΑΡΙΑ | 6,2 | 7,0 | 8,0 | 8,3  | 9,9  | 10,4 | 10,6 | 10,1 | 9,6  | 7,9 | 5,7 | 5,1 |
| ΜΙΚΡΑ     | 7,8 | 8,6 | 9,5 | 10,5 | 11,2 | 11,7 | 11,6 | 11,7 | 11,2 | 9,3 | 8,4 | 7,9 |

Το υψηλότερο εύρος για το Α.Π.Θ. καταγράφεται κατά τους θερινούς μήνες ενώ το μικρότερο κατά τους χειμερινούς. Γενικά το εύρος κυμαίνεται από 7,2°C (Ιανουάριος και Δεκέμβριος) έως 10,8°C (Ιούνιος και Ιούλιος). Στην Καλαμαριά οι θερινοί μήνες εμφανίζουν υψηλότερο εύρος σε σχέση με τους χειμερινούς με τιμές που κινούνται μεταξύ 5,1°C (Δεκέμβριος) και 10,6°C (Ιούλιος). Οι ίδιες παρατηρήσεις ισχύουν και για τη Μίκρα αλλά τα εύρη κυμαίνονται μεταξύ 7,8°C (Ιανουάριος) και 11,7°C (Ιούνιος, Αύγουστος) (πίνακας 2.3.α.).

Ακολουθεί ο πίνακας 2.3.β. ο οποίος περιέχει τα εύρη μεταξύ των μεγίστων και των ελαχίστων μέσων μηνιαίων τιμών θερμοκρασίας για τους τρεις εξεταζόμενους σταθμούς για την κοινή πλέον περίοδο λειτουργίας τους (1995-2001).

**Πίνακας 2.3.β** Το εύρος των μέσων μηνιαίων μεγίστων και ελαχίστων τιμών θερμοκρασίας για τους σταθμούς Α.Π.Θ., Καλαμαριάς και Μίκρας για την κοινή περίοδο λειτουργίας των τριών σταθμών.

| ΕΥΡΟΣ     | Ι   | Φ   | Μ   | Α    | Μ    | Ι    | Ι    | Α    | Σ    | Ο   | Ν   | Δ   |
|-----------|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|------|-----|-----|-----|
| Α.Π.Θ.    | 6,8 | 8,2 | 8,6 | 9,9  | 10,4 | 11,1 | 11,0 | 10,8 | 10,2 | 9,3 | 7,6 | 6,8 |
| ΚΑΛΑΜΑΡΙΑ | 6,2 | 6,8 | 7,8 | 8,7  | 10,6 | 11,3 | 11,2 | 10,6 | 10,1 | 8,2 | 6,0 | 5,3 |
| ΜΙΚΡΑ     | 6,9 | 8,5 | 9,5 | 10,7 | 11,4 | 11,8 | 11,7 | 11,2 | 10,1 | 9,0 | 7,3 | 6,9 |

Όσον αφορά στο σταθμό του Α.Π.Θ. για τις δύο διαφορετικές περιόδους, το εύρος των άκρων θερμοκρασιών παρέμεινε σταθερό μόνο τον Οκτώβριο (πίνακες 2.3.α. και 2.3.β.). Συγκρίνοντας το εύρος για την κοινή περίοδο μελέτης και για την περίοδο λειτουργίας του σταθμού, προέκυψε ότι την κοινή περίοδο μελέτης αυτό βρέθηκε μεγαλύτερο από τον Φεβρουάριο μέχρι τον Αύγουστο αλλά μικρότερο τον Ιανουάριο και από τον Σεπτέμβριο ως τον Δεκέμβριο. Στην Καλαμαριά οι τιμές θερμοκρασίας κατά την κοινή περίοδο παρουσιάζουν μεγαλύτερο εύρος από τον Απρίλιο ως τον Δεκέμβριο, μικρότερο εύρος τον Φεβρουάριο και τον Μάρτιο και σταθερό εύρος για τον Ιανουάριο, σε σχέση με την περίοδο 1995-2004. Τέλος για τη Μίκρα προκύπτει ότι για την κοινή περίοδο το εύρος είναι μεγαλύτερο σε σχέση με την περίοδο λειτουργίας του σταθμού από Απρίλιο μέχρι Ιούνιο, ενώ είναι μικρότερο από Αύγουστο μέχρι Δεκέμβριο καθώς και για Ιανουάριο και Φεβρουάριο. Το Μάρτιο το εύρος διατηρήθηκε σταθερό και για τις δύο περιόδους.

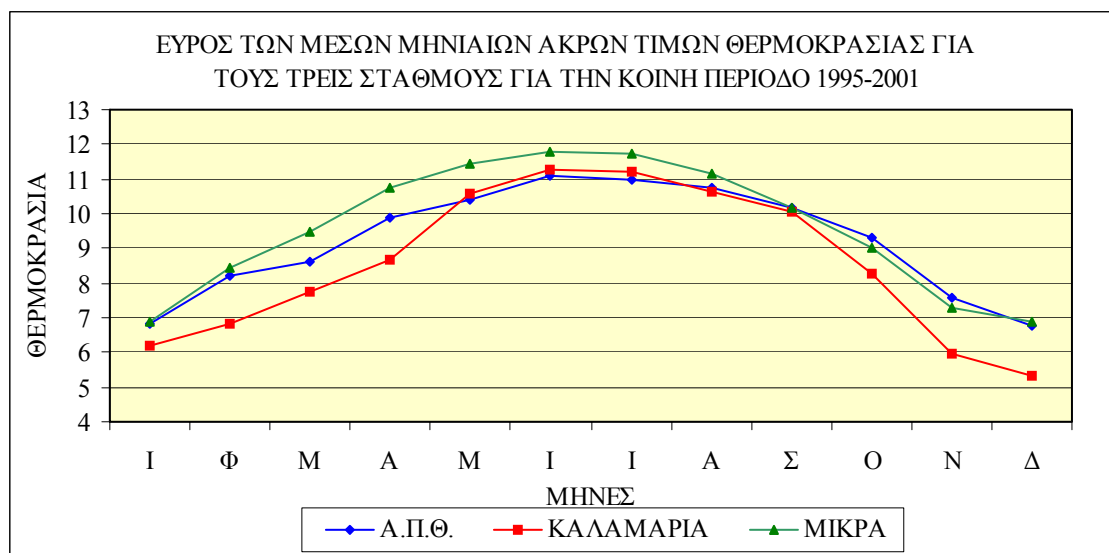
Για το Α.Π.Θ. οι διαφορές του εύρους για τις δύο περιόδους είναι κατά μέσο όρο  $0,2^{\circ}\text{C}$ . Η μεγαλύτερη διαφορά στο εύρος για το σταθμό αυτό βρέθηκε ίση με  $0,4$  και η μικρότερη  $0,1^{\circ}\text{C}$ . Για την Καλαμαριά οι διαφορές του εύρους για τις δύο περιόδους είναι κατά μέσο όρο  $0,4^{\circ}\text{C}$ . Η μέγιστη διαφορά του εύρους είναι  $0,9^{\circ}\text{C}$  ενώ η μικρότερη  $0,2^{\circ}\text{C}$ . Για τη Μίκρα βρέθηκε ότι οι διαφορές του εύρους για τις δύο διαφορετικές περιόδους είναι κατά μέσο όρο  $0,5^{\circ}\text{C}$ , ενώ η μεγαλύτερη διαφορά είναι  $1,1^{\circ}\text{C}$  και η μικρότερη  $0,1^{\circ}\text{C}$ . Άρα, η Μίκρα παρουσιάζει τις μεγαλύτερες διαφορές σε σχέση με τους υπόλοιπους δύο σταθμούς.

Όσον αφορά στο μέγιστο εύρος των τιμών των θερμοκρασιών για το σταθμό του Α.Π.Θ. για την περίοδο λειτουργίας του σταθμού, αυτό σημειώνεται τους μήνες Ιούνιο και Ιούλιο ( $10,8^{\circ}\text{C}$ ) και ακολουθεί ο Αύγουστος με μικρή διαφορά. Το μικρότερο εύρος σημειώνεται σε δύο μήνες, τον Ιανουάριο και τον Δεκέμβριο ( $7,2^{\circ}\text{C}$ ). Για την Καλαμαριά οι αντίστοιχες τιμές διαμορφώνονται ως εξής: μέγιστο εύρος ( $10,6^{\circ}\text{C}$ ) σημειώνεται τον Ιούλιο με δεύτερο στη σειρά το  $10,4^{\circ}\text{C}$  (Ιούνιο) και ελάχιστο το Δεκέμβριο ( $5,1^{\circ}\text{C}$ ). Η διαφορά αυτή είναι χαμηλότερη εκείνης του Α.Π.Θ. κατά περίπου  $2^{\circ}\text{C}$ . Το μέγιστο εύρος για τη Μίκρα ( $11,7^{\circ}\text{C}$ ) καταγράφεται τον Ιούνιο και το ελάχιστο τον Ιανουάριο ( $7,8^{\circ}\text{C}$ ). Γενικότερα παρατηρείται ότι και

για τους τρεις σταθμούς οι από μήνα σε μήνα διαφορές των τιμών είναι μεγαλύτερες κατά τους ψυχρούς μήνες σε σχέση με τους θερμούς.

Αυτό το γεγονός επιβεβαιώνει για άλλη μια φορά ότι οι θερμοί μήνες είναι περισσότερο σταθεροί από τους ψυχρούς. Εξάλλου, από τη μελέτη περί της ετήσιας πορείας της θερμοκρασίας του αέρα στη Θεσσαλονίκη για την περίοδο 1892-1973 (Flocas and Arseni-Papadimitriou, 1974), προέκυψε επίσης ότι η μέση μεταβλητότητα παρουσιάζεται μεγαλύτερη κατά το ψυχρό τρίμηνο Δεκεμβρίου – Ιανουαρίου – Φεβρουαρίου. Αντίθετα, κατά το θερμό τρίμηνο Ιουνίου–Ιουλίου–Αυγούστου η μέση μεταβλητότητα των τιμών της θερμοκρασίας εμφανίζεται μικρότερη.

Το σχήμα 2.3.α. απεικονίζει το εύρος των μέσων μηνιαίων άκρων τιμών της θερμοκρασίας και για τους τρεις σταθμούς, για την κοινή περίοδο (1995–2001). Τα στοιχεία του σταθμού της Μίκρας εμφανίζουν το μεγαλύτερο εύρος τον Ιούνιο με τιμή 11,8°C, ενώ το μικρότερο εύρος θερμοκρασίας παρατηρείται στον σταθμό της Καλαμαριάς τον Δεκέμβριο (5,3°C). Μέχρι τον Σεπτέμβριο υπερτερεί η Μίκρα, ενώ μετά τον Σεπτέμβριο οι τιμές του Α.Π.Θ. Η Καλαμαριά παρουσιάζει το μικρότερο εύρος κατά τους τέσσερις πρώτους και τους τρεις τελευταίους μήνες του έτους. Από Μάιο ως Σεπτέμβριο οι τιμές Καλαμαριάς και Α.Π.Θ. βρίσκονται πολύ κοντά.



**Σχήμα 2.3.α.** Το εύρος των μέσων μηνιαίων άκρων τιμών θερμοκρασίας και τους τρεις σταθμούς (Α.Π.Θ., Καλαμαριά, Μίκρα) για την κοινή χρονική περίοδο τους 1995-2001

#### **2.4. Κύμανση των μέσων άκρων θερμοκρασιών ανά μήνα για τους τρεις σταθμούς για όλη τη χρονική περίοδο**

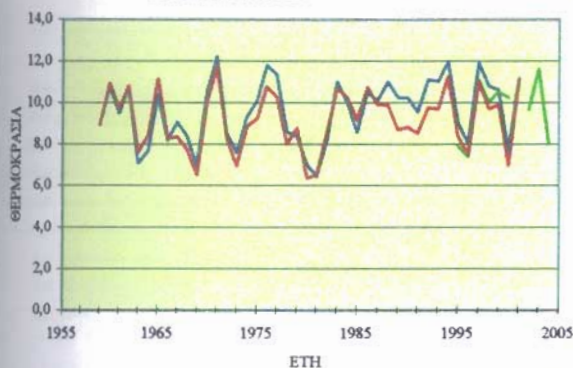
Χρησιμοποιώντας τις μέσες μέγιστες και ελάχιστες τιμές των θερμοκρασιών κάθε σταθμού για ολόκληρες τις χρονικές περιόδους λειτουργίας τους, μελετάται η διαχρονική τους πορεία, αναλυτικά ανά μήνα (σχήματα 2.4.α. και 2.4.β.). Οι παρατηρήσεις συνοψίζονται στις εξής:

α) *Μέσες μέγιστες θερμοκρασίες.* Σχεδόν σε όλους τους μήνες και για όλη τη μελετώμενη περίοδο η Θεσσαλονίκη εμφανίζει υψηλότερες θερμοκρασίες από τη Μίκρα παρόλο που και οι δύο καμπύλες βρίσκονται σε φάση. Μικρές διαφορές παρατηρούνται μεταξύ των καμπύλων Α.Π.Θ. και Μίκρας αφενός και της Καλαμαριάς αφετέρου, της οποίας η καμπύλη βρίσκεται άλλοτε σε φάση και άλλοτε όχι.

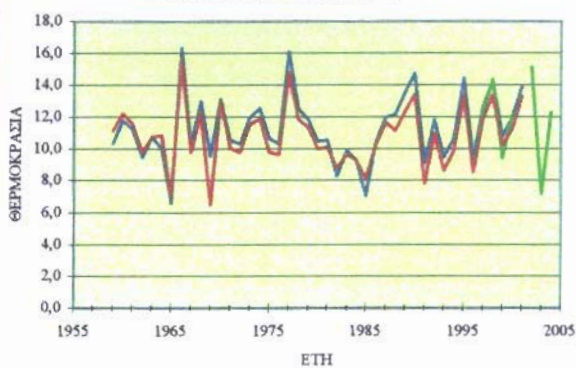
Κατά τους χειμερινούς μήνες τα εύρη μεταβολών είναι μεγάλα, ενώ πλησιάζοντας προς τη θερμή περίοδο αυτά ελαττώνονται (με ελάχιστες διακυμάνσεις να παρατηρούνται τον Αύγουστο). Μετά τον Σεπτέμβριο αρχίζουν τα εύρη να γίνονται πιο σημαντικά και να φτάνουν στις μέγιστες διακυμάνσεις και πάλι, κατά το Δεκέμβριο. Στους επτά από τους δώδεκα μήνες τα μέγιστα σημειώνονται ταυτόχρονα και στους δύο σταθμούς (Α.Π.Θ. και Μίκρα) με διαφορές που κυμαίνονται από 0,2°C–1,3°C, ενώ τα ελάχιστα σε διαφορετικά έτη και με διαφορές που φτάνουν και τους 3,8°C. Όσον αφορά στην Καλαμαριά, η διαχρονική πορεία των μέσων μεγίστων θερμοκρασιών της, σε κάποια έτη και μήνες εμφανίζει υψηλότερες τιμές από τους δύο προηγούμενους σταθμούς και σε άλλους μικρότερες. Λόγω κάποιων κενών που παρουσιάστηκαν στη λειτουργία του σταθμού, δεν επιτρέπεται διεξοδικότερη ενασχόληση με το σταθμό.

Οι υψηλότερες τιμές της θερμοκρασίας στη Θεσσαλονίκη τον χειμώνα οφείλονται στην έκλυση ποσών θερμότητας, λόγω της κεντρικής θέρμανσης, του μεγάλου αριθμού των μέσων μεταφοράς και του πολυσύχναστου κέντρου, αυξάνοντας τη θερμοκρασία του αέρα στο κέντρο, φαινόμενο που το καλοκαίρι δεν παρατηρείται τόσο έντονα εξαιτίας κυρίως της μετακίνησης του πληθυσμού προς την περιφέρεια για διακοπές και της μη χρήσης της κεντρικής θέρμανσης.

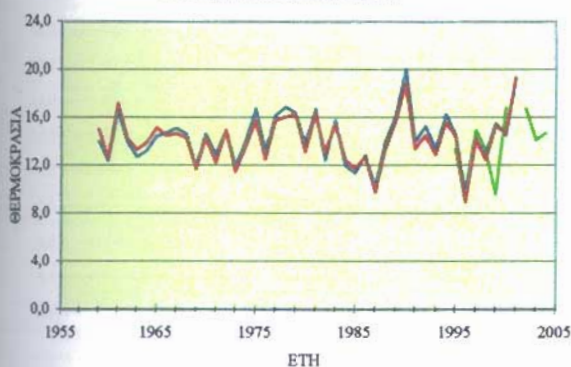
ΓΡΑΦΙΚΗ ΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΤΩΝ ΜΕΣΩΝ ΜΕΤΕΤΩΝ  
ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΩΝ ΓΙΑ ΤΟΥΣ ΤΡΕΙΣ ΣΤΑΘΜΟΥΣ ΓΙΑ ΟΛΑ ΤΑ  
ΧΡΟΝΙΑ ΓΙΑ ΤΟΝ ΜΗΝΑ ΙΑΝΟΥΑΡΙΟ



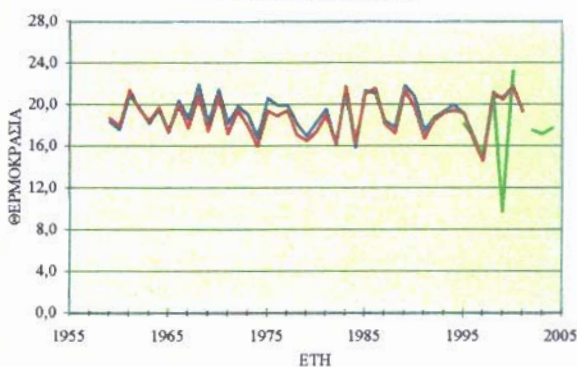
ΓΡΑΦΙΚΗ ΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΤΩΝ ΜΕΣΩΝ ΜΕΤΕΤΩΝ  
ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΩΝ ΓΙΑ ΤΟΥΣ ΤΡΕΙΣ ΣΤΑΘΜΟΥΣ ΓΙΑ ΟΛΑ ΤΑ  
ΧΡΟΝΙΑ ΓΙΑ ΤΟΝ ΜΗΝΑ ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟ



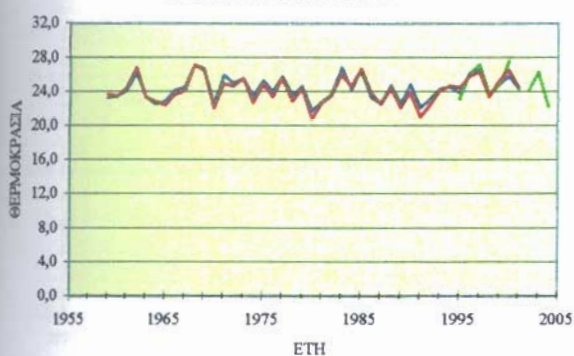
ΓΡΑΦΙΚΗ ΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΤΩΝ ΜΕΣΩΝ ΜΕΤΕΤΩΝ  
ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΩΝ ΓΙΑ ΤΟΥΣ ΤΡΕΙΣ ΣΤΑΘΜΟΥΣ ΓΙΑ ΟΛΑ ΤΑ  
ΧΡΟΝΙΑ ΓΙΑ ΤΟΝ ΜΗΝΑ ΜΑΡΤΙΟ



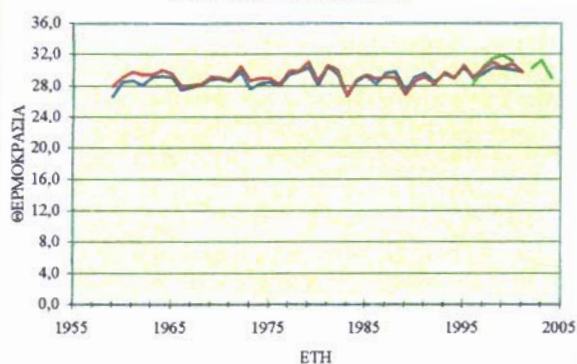
ΓΡΑΦΙΚΗ ΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΤΩΝ ΜΕΣΩΝ ΜΕΤΕΤΩΝ  
ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΩΝ ΓΙΑ ΤΟΥΣ ΤΡΕΙΣ ΣΤΑΘΜΟΥΣ ΓΙΑ ΟΛΑ ΤΑ  
ΧΡΟΝΙΑ ΓΙΑ ΤΟΝ ΜΗΝΑ ΑΠΡΙΛΙΟ

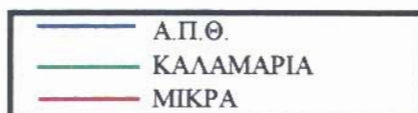
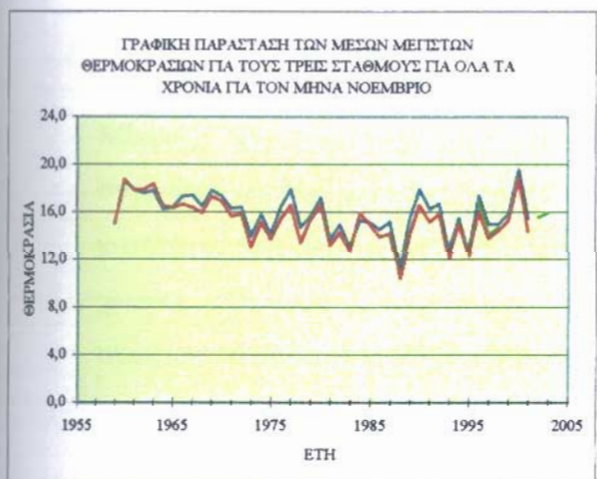
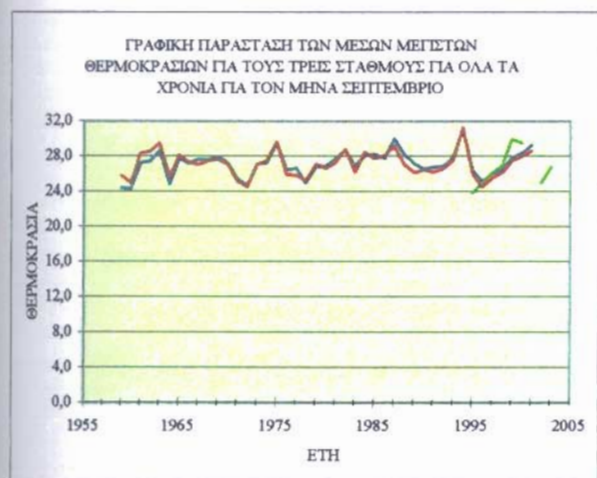
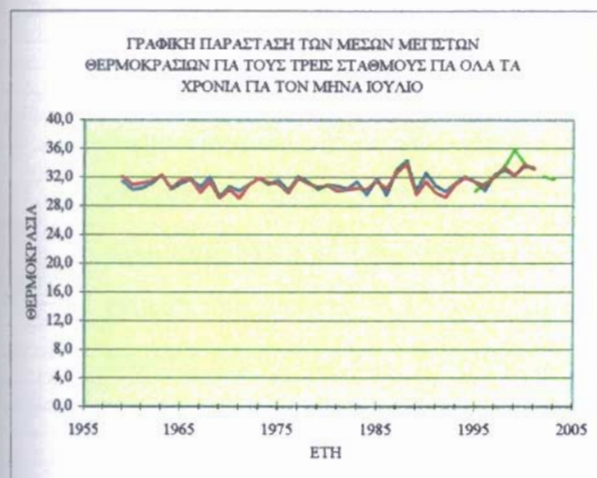


ΓΡΑΦΙΚΗ ΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΤΩΝ ΜΕΣΩΝ ΜΕΤΕΤΩΝ  
ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΩΝ ΓΙΑ ΤΟΥΣ ΤΡΕΙΣ ΣΤΑΘΜΟΥΣ ΓΙΑ ΟΛΑ ΤΑ  
ΧΡΟΝΙΑ ΓΙΑ ΤΟΝ ΜΗΝΑ ΜΑΪΟ



ΓΡΑΦΙΚΗ ΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΤΩΝ ΜΕΣΩΝ ΜΕΤΕΤΩΝ  
ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΩΝ ΓΙΑ ΤΟΥΣ ΤΡΕΙΣ ΣΤΑΘΜΟΥΣ ΓΙΑ ΟΛΑ ΤΑ  
ΧΡΟΝΙΑ ΓΙΑ ΤΟΝ ΜΗΝΑ ΙΟΥΝΙΟ





Σχήμα 2.4.α. Ετήσια πορεία των μέσων μεγίστων θερμοκρασιών για τους τρεις σταθμούς για όλα τα χρόνια και για κάθε έναν από τους δώδεκα μήνες ξεχωριστά.

β) Μέσες ελάχιστες θερμοκρασίες. Όπως και στην περίπτωση των μεγίστων θερμοκρασιών, η Θεσσαλονίκη εμφανίζεται θερμότερη απ' ότι η Μίκρα (πλην ελαχίστων περιπτώσεων). Οι καμπύλες βρίσκονται σε φάση – υψηλό βαθμό συμμεταβολής, με διακυμάνσεις που αποκτούν τις μεγαλύτερες τιμές τους κατά τους χειμερινούς μήνες και τις χαμηλότερες κατά τους θερμούς. Ανοδική τάση παρουσιάζουν και οι δύο χρονοσειρές (Α.Π.Θ. και Μίκρα) στο μέσον περίπου της δεκαετίας του '80, κυρίως κατά τους θερμούς μήνες του έτους.

Οι υψηλότερες ελάχιστες τιμές για τις δύο προαναφερθείσες σειρές καταγράφονται συγχρόνως σε οκτώ από τους δώδεκα μήνες, ενώ οι χαμηλότερες σε έξι μήνες. Οι διαφορές μεταξύ των μέσων μεγίστων θερμοκρασιών κυμαίνονται από 0,1°C έως 2,0°C ενώ των χαμηλότερων από 0,3°C έως 3,7°C. Στο σταθμό της Καλαμαριάς οι ελάχιστες θερμοκρασίες της εμφανίζονται υψηλότερες από των δύο άλλων σταθμών με κάποιες διαφοροποιήσεις όσον αφορά την πορεία των διακυμάνσεών της.

Οι υψηλότερες τιμές της Θεσσαλονίκης θα μπορούσαν να αποδοθούν στους δύο παράγοντες που προαναφέρθηκαν (θέρμανση και κυκλοφορία οχημάτων) καθώς επίσης και στην απόδοση της θερμότητας κατά τη νύχτα, η οποία και αποθηκεύεται στα κτίρια και τους δρόμους κατά την ημέρα.

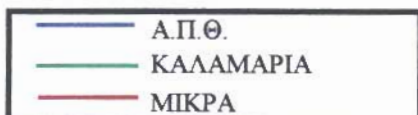
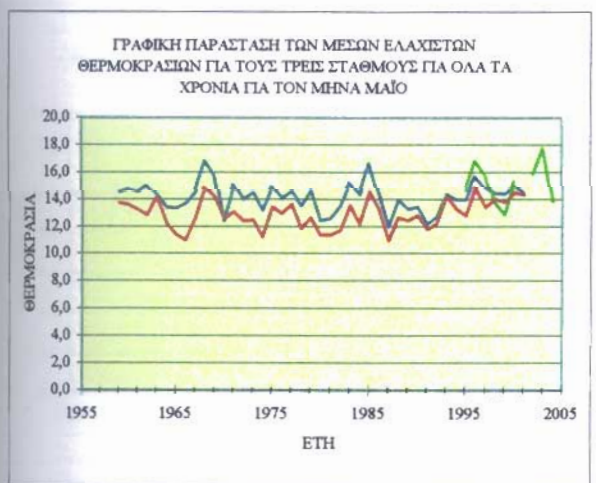
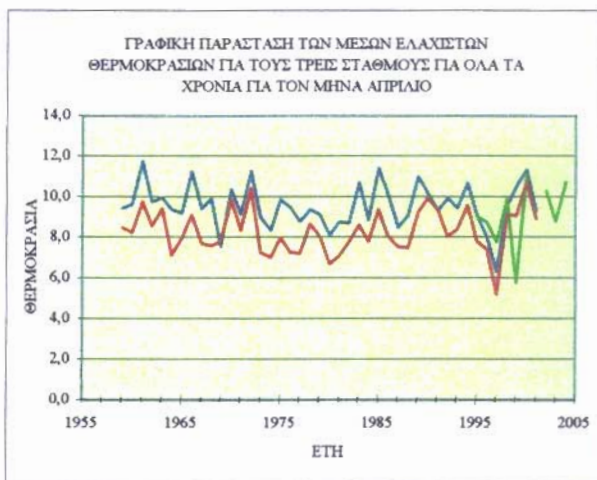
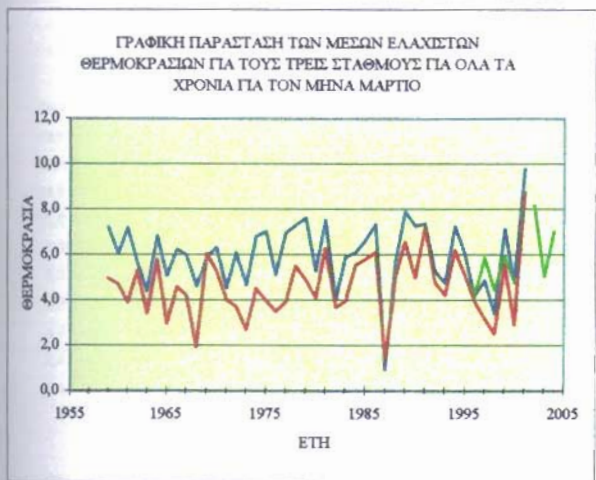
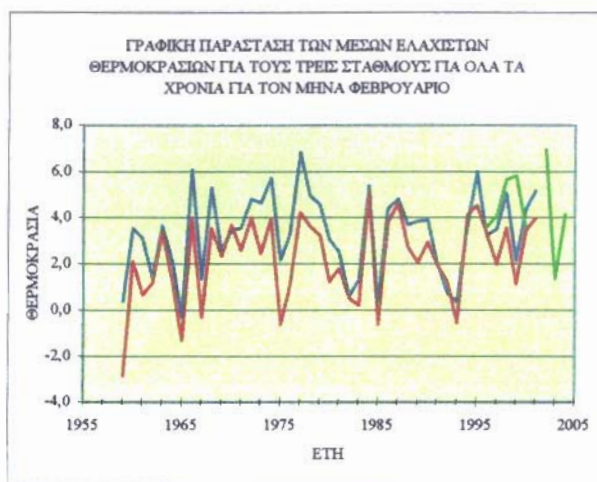
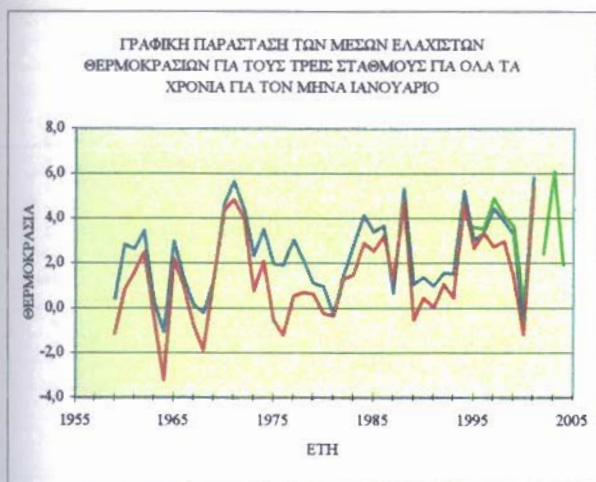
Αξιοσημείωτο είναι ότι κατά τα πρόσφατα χρόνια οι ελάχιστες τιμές θερμοκρασίας της Θεσσαλονίκης και της Μίκρας πλησιάζουν αρκετά, γεγονός που προβληματίζει, λαμβάνοντας υπόψη και τον βαθμό αστικοποίησης της περιοχής της Μίκρας. Αυτό οφείλεται στο ότι στην περιοχή της Μίκρας κατασκευάστηκαν συγκροτήματα υψηλών κτιρίων που χρησιμοποιούνται για πρώτη κατοικία από τους κατοίκους της Θεσσαλονίκης. Η οικοδομική αυτή δραστηριότητα ελαττώνει τους χώρους πρασίνου ή αγρών και στη θέση τους δημιουργεί αδιάβροχα εδάφη με συνέπειες στην κατανομή της θερμότητας και της υγρασίας.

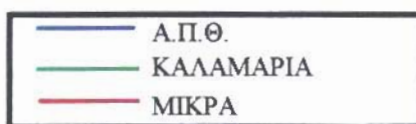
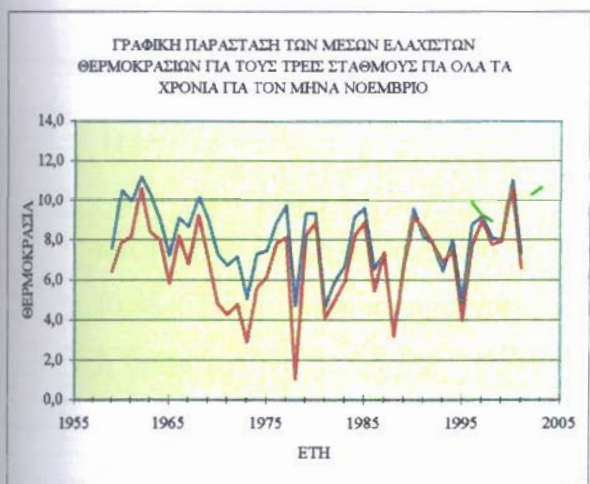
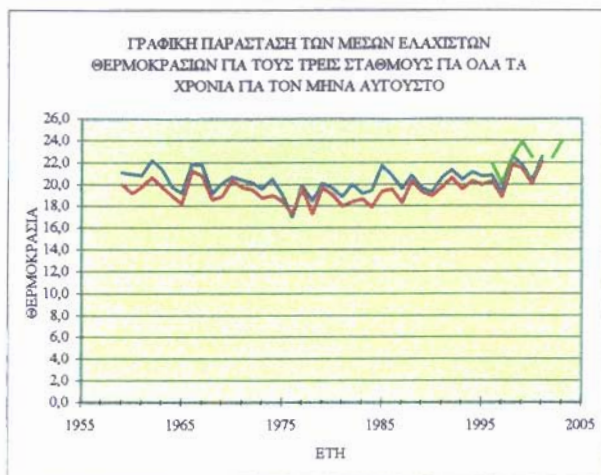
Τα προηγούμενα αποτελέσματα συμφωνούν με την εργασία των Arseni-Papadimitriou et al (1998), όπου μελετήθηκαν οι απολύτως ελάχιστες ημερήσιες θερμοκρασίες για τους σταθμούς Α.Π.Θ., Μίκρα και Σέδες για την περίοδο 1950-1995. Και στην εργασία αυτή προέκυψε ότι οι δύο κεντρικοί σταθμοί (Α.Π.Θ. και Μίκρα) είναι σε φάση και ότι κατά τη διάρκεια της ψυχρής περιόδου οι ελάχιστες

θερμοκρασίες και στους τρεις σταθμούς είναι πιο κοντά μεταξύ τους, ενώ κατά τη θερμή περίοδο συμβαίνει το αντίθετο.

Παρατηρείται εξάλλου και μια ανοδική πορεία της καμπύλης που αντιπροσωπεύει το σταθμό της Μίκρας, γεγονός που επιβεβαιώνει ότι από τη δεκαετία του '80 και μετά οι ελάχιστες θερμοκρασίες στην περιοχή άρχισαν σταδιακά να αυξάνονται. Αυτό οφείλεται στις αλλαγές του περιβάλλοντος γύρω από το αεροδρόμιο Μακεδονία. Αρχικά οι εγκαταστάσεις στην περιοχή αποτελούνταν από λίγα και χαμηλά κτίρια, ενώ αργότερα, μετά από αρκετά χρόνια, οι ανάγκες του αεροδρομίου οδήγησαν στη δημιουργία νέων μεγαλύτερων κτιρίων. Θα πρέπει επίσης να αναφερθούν και οι καινούριες ασφαλτοστρώσεις στη γύρω περιοχή για τις ανάγκες των αεροπλάνων.

Ένας ακόμη λόγος που αιτιολογεί την αύξηση των ελαχίστων θερμοκρασιών προς την περιοχή της Μίκρας είναι η επέκταση της πόλης προς τα ανατολικά. Παρόλο που αυτό το νέο τμήμα της πόλης αποτελείται περισσότερο από μονοκατοικίες με κήπους και όχι από μεγάλο αριθμό βιομηχανιών, ωστόσο ακόμα και υπό αυτές τις συνθήκες προκαλούνται αναμφίβολα αλλαγές όσον αφορά στη χρήση του εδάφους και της ευρύτερης περιοχής, γεγονός που έχει αντίκτυπο στην εμφάνιση του φαινομένου της θερμής αστικής νησίδας.





Σχήμα 2.4.β. Ετήσια πορεία των μέσων ελαχίστων θερμοκρασιών για τους τρεις σταθμούς για όλα τα χρόνια και για κάθε έναν από τους 12 μήνες ξεχωριστά.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3**

### **Άλλες στατιστικές παράμετροι**

Αναζητώντας μια πληρέστερη στατιστική εικόνα των δεδομένων θερμοκρασίας των δύο κυρίως σταθμών, Α.Π.Θ. και Μίκρας, υπολογίστηκαν στην ενότητα αυτή οι συντελεστές συσχέτισης ( $r$ ), η λοξότητα, η κύρτωση καθώς και οι τιμές της τυπικής απόκλισης της παραμέτρου της θερμοκρασίας.

#### **3.1. Ο συντελεστής συσχέτισης**

Εφόσον διαπιστώθηκε η συμμεταβολή των καμπύλων Α.Π.Θ. και Μίκρας, στο σημείο αυτό θα ήταν σωστό να διαπιστωθεί και ο βαθμός συμμεταβολής μέσω του συντελεστή συσχέτισης ( $r$ ) μεταξύ των αντίστοιχων τιμών θερμοκρασίας (μέγιστης και ελάχιστης) των δύο σταθμών, Α.Π.Θ. και Μίκρας, για την περίοδο των 43 ετών (1959-2001). Η θερμοκρασία ακολουθεί κανονική κατανομή και με βάση το τεστ του Pearson, οι συντελεστές συσχέτισης που θεωρούνται σημαντικοί για μια στάθμη σημαντικότητας  $\alpha=0,05$  και για το σύνολο των 43 ετών είναι αυτοί που έχουν  $|r| > 0,30$ .

Ο πίνακας 3.1.1. δείχνει ότι οι συντελεστές συσχέτισης των σταθμών Μίκρας και Α.Π.Θ. για τις μέσες μέγιστες τιμές θερμοκρασίας είναι θετικοί και πολύ υψηλοί (0.88–0.97) γεγονός που σημαίνει ότι όταν στον έναν σταθμό αυξάνεται ή μειώνεται η θερμοκρασία τότε συγχρόνως αυξάνεται ή μειώνεται στον άλλο σταθμό. Φαίνεται επίσης ότι οι συντελεστές συσχέτισης της ψυχρής περιόδου είναι υψηλότεροι από εκείνους της θερμής. Ο μικρότερος συντελεστής συσχέτισης σημειώνεται κατά τον Ιούνιο και ο υψηλότερος τον Μάρτιο και τον Δεκέμβριο.

**Πίνακας 3.1.1.** Οι συντελεστές συσχέτισης μεταξύ των σταθμών Α.Π.Θ. και Μίκρας για τις μέσες μέγιστες θερμοκρασίες για την περίοδο 1959-2001.

| ΜΗΝΕΣ | Ι    | Φ    | Μ    | Α    | Μ    | Ι    | Ι    | Α    | Σ    | Ο    | Ν    | Δ    |
|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| r     | 0,92 | 0,94 | 0,97 | 0,96 | 0,96 | 0,88 | 0,90 | 0,90 | 0,92 | 0,95 | 0,96 | 0,97 |

Στον πίνακα 3.1.2. που αναφέρεται στους συντελεστές συσχέτισης των μέσων ελαχίστων θερμοκρασιών, παρατηρείται ότι και πάλι όλοι οι συντελεστές συσχέτισης είναι θετικοί και επίσης έχουν αρκετά μεγάλες τιμές (0.74–0.92) μικρότερες όμως από αυτές που αντιστοιχούν στις μέγιστες θερμοκρασίες. Ο μικρότερος συντελεστής συσχέτισης σημειώνεται και πάλι κατά τον Ιούνιο και τον Σεπτέμβριο και ο υψηλότερος τον Ιανουάριο.

**Πίνακας 3.1.2.** Οι συντελεστές συσχέτισης μεταξύ των σταθμών Α.Π.Θ. και Μίκρας για τις μέσες ελάχιστες θερμοκρασίες για την περίοδο 1959-2001.

| ΜΗΝΕΣ | Ι    | Φ    | Μ    | Α    | Μ    | Ι    | Ι    | Α    | Σ    | Ο    | Ν    | Δ    |
|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| r     | 0,92 | 0,88 | 0,82 | 0,82 | 0,80 | 0,74 | 0,82 | 0,90 | 0,74 | 0,90 | 0,90 | 0,91 |

### 3.2. Λοξότητα–Κύρτωση

Στην παράγραφο αυτή υπολογίζονται ορισμένες στατιστικές παράμετροι για τις μέσες μηνιαίες τιμές της θερμοκρασίας των μετεωρολογικών σταθμών Α.Π.Θ. και Μίκρας. Στους πίνακες που ακολουθούν παρουσιάζονται τα αποτελέσματα αρχικά για τις μέγιστες και στη συνέχεια για τις ελάχιστες μέσες μηνιαίες τιμές της θερμοκρασίας, καταγράφονται δηλαδή οι παράμετροι: μέσος όρος (AV), τυπική απόκλιση ( $\sigma$ ), μέτρο λοξότητας (skewness) και μέτρο κύρτωσης (kurtosis). Η τυπική απόκλιση δείχνει την απόλυτη μεταβλητότητα μιας χρονοσειράς, δηλαδή πόσο μεγάλες είναι οι μεταβολές στις τιμές. Το μέτρο λοξότητας δηλώνει τη θετική ή την αρνητική ασυμμετρία, δηλαδή όταν η λοξότητα είναι ίση με μηδέν, τότε πρόκειται για

απόλυτη συμμετρία στο δείγμα. Το μέτρο κύρτωσης δίνει τη μορφή της καμπύλης ως προς το ύψος.

**Πίνακας 3.2.1.** Στατιστικές παράμετροι για τις μέσες μηνιαίες μέγιστες τιμές της θερμοκρασίας για το σταθμό του Α.Π.Θ. (1959-2001)

| A.Π.Θ.   | I    | Φ    | M    | A    | M    | I    | I    | A    | Σ    | O    | N    | Δ    |
|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| AV       | 9,6  | 11,3 | 14,3 | 19,2 | 24,4 | 29,0 | 31,4 | 31,1 | 27,2 | 21,6 | 15,9 | 11,3 |
| σ        | 1,55 | 2,11 | 2,11 | 1,76 | 1,43 | 0,97 | 1,15 | 1,25 | 1,45 | 1,63 | 1,76 | 1,85 |
| skewness | -0,2 | 0,3  | 0,3  | -0,4 | 0,3  | -0,5 | 0,6  | -0,2 | 0,1  | -0,1 | -0,5 | -0,7 |
| kurtosis | -1,0 | 0,3  | 0,7  | -0,3 | -0,9 | -0,3 | -0,1 | -0,4 | 0,6  | 0,5  | 0,3  | 1,7  |

**Πίνακας 3.2.2.** Στατιστικές παράμετροι για τις μέσες μηνιαίες μέγιστες τιμές της θερμοκρασίας για το σταθμό της Μίκρας (1959-2001)

| ΜΙΚΡΑ    | I    | Φ    | M    | A    | M    | I    | I    | A    | Σ    | O    | N    | Δ    |
|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| AV       | 9,2  | 10,8 | 14,1 | 18,8 | 24,2 | 29,3 | 31,2 | 31,2 | 27,1 | 21,1 | 15,3 | 10,9 |
| σ        | 1,43 | 1,95 | 2,04 | 1,82 | 1,56 | 1,00 | 1,17 | 1,38 | 1,44 | 1,62 | 1,84 | 1,87 |
| skewness | -0,2 | 0,1  | 0,1  | -0,1 | 0,0  | -0,4 | 0,4  | -0,2 | 0,4  | -0,2 | -0,3 | -0,5 |
| kurtosis | -0,8 | 0,2  | 0,9  | -0,7 | -0,5 | 0,3  | 0,0  | -0,2 | 0,4  | 0,4  | 0,2  | 1,7  |

Πιο αναλυτικά λοιπόν, από τους πίνακες 3.2.1.–3.2.2. παρατηρείται όπως αναμενόταν οι σταθμοί Α.Π.Θ. και Μίκρα να παρουσιάζουν συγχρόνως τόσο την υψηλότερη τιμή της τυπικής απόκλισης, ήτοι την άνοιξη με τιμή 2,11°C και 2,04°C αντίστοιχα, όσο και τη μικρότερη τιμή τυπικής απόκλισης το καλοκαίρι με τιμές 0,97°C και 1,00°C.

Το μέτρο λοξότητας είναι αρνητικό για το Α.Π.Θ. και τη Μίκρα τους μήνες Ιανουάριο, Απρίλιο, Ιούνιο, Αύγουστο, Οκτώβριο Νοέμβριο και Δεκέμβριο. Η κατανομή δηλαδή της θερμοκρασίας αυτών τους μήνες παρουσιάζει αρνητική ασυμμετρία, οι περισσότερες τιμές της, επομένως, βρίσκονται αριστερά της επικρατούσας τιμής. Θετική λοξότητα, που σημαίνει ότι οι περισσότερες τιμές βρίσκονται δεξιά από την επικρατούσα τιμή (θετική ασυμμετρία), συμβαίνει με τους υπόλοιπους πέντε μήνες για τους δύο σταθμούς. Για το σταθμό της Μίκρας το μέτρο λοξότητας είναι μηδέν το Μάιο, πράγμα που σημαίνει ότι η κατανομή το μήνα αυτό είναι κανονική.

Ο συντελεστής κύρτωσης είναι αρνητικός για το Α.Π.Θ. κατά τους μήνες Ιανουάριο, Απρίλιο, Μάιο, Ιούνιο, Ιούλιο και Αύγουστο, ενώ για τη Μίκρα τους ίδιους μήνες με εξαίρεση τους μήνες Ιούνιο και Ιούλιο. Στις περιπτώσεις αυτές η καμπύλη είναι πλατύκυρτη. Σε όλους τους υπόλοιπους μήνες για τον κάθε σταθμό ξεχωριστά το μέτρο κύρτωσης είναι θετικό πράγμα που σημαίνει ότι η μορφή της καμπύλης είναι λεπτόκυρτη.

Κατ' ανάλογο τρόπο γίνεται και η μελέτη των ελαχίστων θερμοκρασιών των δύο από τους τρεις σταθμούς οι οποίοι ελήφθησαν υπόψη. Τόσο το Α.Π.Θ. όσο και η Μίκρα (πίνακες 3.2.3. και 3.2.4.) εμφανίζουν τη μεγαλύτερη τιμή τυπικής απόκλισης το Νοέμβριο (1,82°C και 2,05°C αντίστοιχα) και τη μικρότερή της τιμή τον Ιούνιο (0,69°C και 0,83°C αντίστοιχα). Το γεγονός αυτό αποτελεί ένδειξη της μεγαλύτερης θερμοκρασιακής σταθερότητας του θέρους σε σχέση με τον χειμώνα.

Το μέτρο λοξότητας είναι αρνητικό για το Α.Π.Θ. τους μήνες Φεβρουάριο, Μάρτιο, Απρίλιο, Αύγουστο, Οκτώβριο Νοέμβριο και Δεκέμβριο και για τη Μίκρα είναι τους ίδιους μήνες πλην των μηνών Μαρτίου και Αυγούστου. Η κατανομή δηλαδή της θερμοκρασίας αυτών των μηνών παρουσιάζει αρνητική ασυμμετρία και το μεγαλύτερο πλήθος των τιμών της επομένως βρίσκεται αριστερά της κορυφής της καμπύλης (επικρατούσα τιμή).

Ο συντελεστής κύρτωσης είναι αρνητικός για το Α.Π.Θ. τους μήνες Ιανουάριο, Φεβρουάριο, Ιούλιο, Σεπτέμβριο και Οκτώβριο και για τη Μίκρα τους μήνες Ιανουάριο, Μάιο, Ιούνιο, Ιούλιο, Σεπτέμβριο, Οκτώβριο και Δεκέμβριο. Στις περιπτώσεις αυτές η καμπύλη είναι πλατύκυρτη. Σε όλους τους υπόλοιπους μήνες το μέτρο κύρτωσης είναι θετικό πράγμα που σημαίνει ότι η μορφή της καμπύλης είναι λεπτόκυρτη.

**Πίνακας 3.2.3.** Στατιστικές παράμετροι για τις μέσες μηνιαίες ελάχιστες τιμές της θερμοκρασίας για το σταθμό του Α.Π.Θ. (1959-2001)

| Α.Π.Θ.   | Ι    | Φ    | Μ    | Α    | Μ    | Ι    | Ι    | Α    | Σ    | Ο    | Ν    | Δ    |
|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| AV       | 2,4  | 3,3  | 6,0  | 9,6  | 14,2 | 18,2 | 20,5 | 20,4 | 16,8 | 12,3 | 8,0  | 4,1  |
| $\sigma$ | 1,76 | 1,79 | 1,50 | 1,09 | 1,08 | 0,69 | 0,96 | 1,14 | 1,07 | 1,63 | 1,82 | 1,67 |
| skewness | 0,1  | -0,2 | -0,6 | -0,3 | 0,1  | 0,4  | 0,5  | -0,2 | 0,1  | -0,1 | -0,5 | -0,3 |
| kurtosis | -0,7 | -0,7 | 2,1  | 0,8  | 0,4  | 0,0  | -0,2 | 0,6  | -0,7 | -0,4 | 0,0  | 0,3  |

**Πίνακας 3.2.4.** Στατιστικές παράμετροι για τις μέσες μηνιαίες ελάχιστες τιμές της θερμοκρασίας για το σταθμό της Μίκρας (1959-2001)

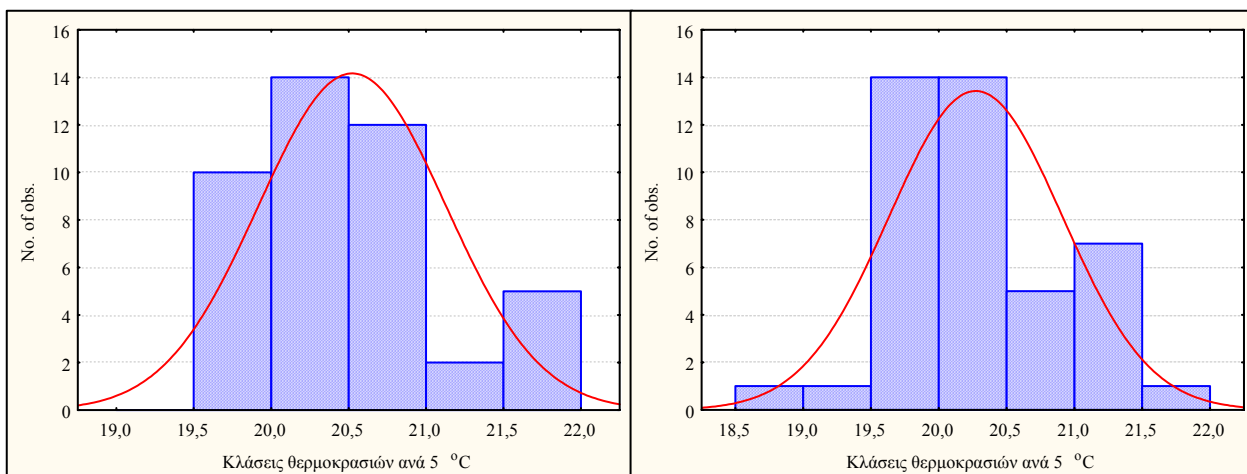
| ΜΙΚΡΑ    | Ι    | Φ    | Μ    | Α    | Μ    | Ι    | Ι    | Α    | Σ    | Ο    | Ν    | Δ    |
|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| AV       | 1,4  | 2,2  | 4,6  | 8,3  | 12,9 | 17,5 | 19,7 | 19,5 | 16,0 | 11,8 | 6,9  | 2,9  |
| $\sigma$ | 1,98 | 1,83 | 1,43 | 1,10 | 1,08 | 0,83 | 1,00 | 1,11 | 0,99 | 1,74 | 2,05 | 1,81 |
| skewness | 0,1  | -0,7 | 0,3  | -0,1 | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,2  | 0,1  | -0,2 | -0,7 | -0,1 |
| kurtosis | -0,3 | 0,0  | 0,9  | 0,4  | -0,8 | -0,2 | -0,3 | 0,0  | -0,9 | -0,8 | 0,5  | -0,6 |

### 3.3. Ιστογράμματα συχνοτήτων θερμοκρασίας

Μια από τις βασικές έννοιες της Στατιστικής είναι αυτή της τυχαίας μεταβλητής. Η τυχαία μεταβλητή είναι η συνάρτηση που απεικονίζει το σύνολο των δυνατών αποτελεσμάτων ενός πειράματος στο σύνολο των πραγματικών αριθμών (Κολυβά-Μαχαίρα και Μπόρα-Σέντα, 1998). Γενικότερα η τυχαία μεταβλητή είναι η μαθηματική έκφραση κάποιου γεγονότος. Η θερμοκρασία καθώς και αρκετές παράμετροι της Μετεωρολογίας ακολουθούν Κανονική Κατανομή.

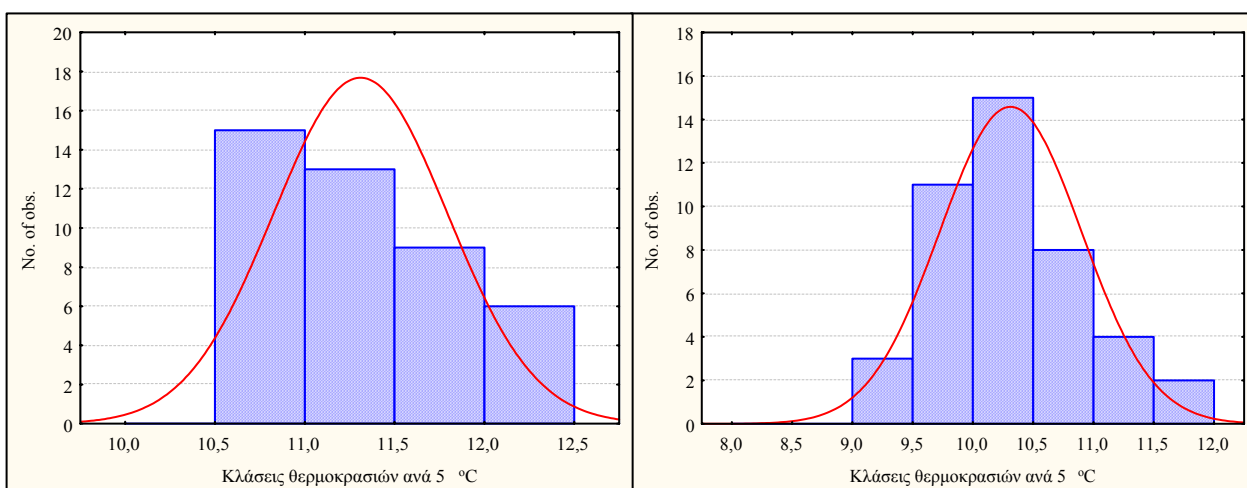
Από τις μέσες τιμές θερμοκρασίας (μέγιστες και ελάχιστες) κάθε σταθμού κατασκευάστηκαν ιστογράμματα συχνοτήτων, χωρίζοντας τα δεδομένα σε κλάσεις (σχήματα 3.3.α.–3.3.β.). Στα τέσσερα ιστογράμματα που προέκυψαν, στον οριζόντιο άξονα τοποθετούνται οι κλάσεις ανά 0,5°C και στον κατακόρυφο άξονα τα χρόνια της εξεταζόμενης περιόδου. Η κόκκινη καμπύλη δείχνει την αναμενόμενη κανονική κατανομή. Όπως παρατηρείται σε όλες τις γραφικές παραστάσεις, η κατανομή των συχνοτήτων φαίνεται πως συγκλίνει προς την κανονική.

Από το σχήμα 3.3.α. που αφορά στις μέσες μέγιστες τιμές θερμοκρασίας, τη μεγαλύτερη συχνότητα για το Α.Π.Θ. εμφανίζουν οι θερμοκρασίες από 20,0 έως 20,5°C, ενώ για τη Μίκρα από 19,5 έως 20,0°C και από 20,0 έως 20,5°C. Τη μικρότερη συχνότητα για το Α.Π.Θ. εμφανίζουν οι θερμοκρασίες από 21,0 έως 21,5°C και για τη Μίκρα από 18,5 έως 19,0°C και από 19,0 έως 19,5°C.



**Σχήμα 3.3.α.** Ιστογράμματα συχνοτήτων των μέσων μεγίστων τιμών της θερμοκρασίας για το Α.Π.Θ. (αριστερά) και για τη Μίκρα (δεξιά).

Όσο για τις ελάχιστες τιμές θερμοκρασίας, φαίνεται και από το σχήμα 3.3.β. ότι για το Α.Π.Θ. οι θερμοκρασίες από 10,5 έως 11,0°C παρουσιάζουν τη μεγαλύτερη συχνότητα, ενώ για τη Μίκρα οι αντίστοιχες είναι από 10,0 έως 10,5°C. Τη μικρότερη συχνότητα για το Α.Π.Θ. εμφανίζουν οι θερμοκρασίες από 12,0 έως 12,5°C ενώ για τη Μίκρα από 11,5 έως 12,0°C.



**Σχήμα 3.3.β.** Ιστογράμματα συχνοτήτων των μέσων ελαχίστων τιμών της θερμοκρασίας για το Α.Π.Θ. (αριστερά) και για τη Μίκρα (δεξιά).

**3.4. Μέσες τιμές των άκρων τιμών και ετήσια πορεία των διαφορών των άκρων τιμών της θερμοκρασίας**

Με βάση τα δεδομένα, δηλαδή τις μέγιστες και ελάχιστες τιμές θερμοκρασίας για τους δύο κυρίως σταθμούς (του Α.Π.Θ. και της Μίκρας) που εξετάζονται στην εργασία αυτή, υπολογίστηκαν αρχικά οι μέσες ετήσιες μέγιστες και ελάχιστες τιμές θερμοκρασίας για κάθε έτος και στη συνέχεια ο μέσος όρος αυτών των τιμών (πίνακας 3.4). Η πόλη εμφανίζεται σε γενικές γραμμές θερμότερη από το αεροδρόμιο (Μίκρα), καθώς η διαφορά  $\Delta T$  κατά μέσο όρο των μεγίστων αλλά και των ελαχίστων θερμοκρασιών είναι θετική, για τους περισσότερους μήνες του έτους. Η διαφορά αυτή βέβαια φαίνεται εντονότερα στις ελάχιστες θερμοκρασίες και αριθμητικά φτάνει σχεδόν τη μονάδα.

**Πίνακας 3.4.** Μέσες τιμές των άκρων τιμών της θερμοκρασίας ( $^{\circ}\text{C}$ ) για το Α.Π.Θ. και για τη Μίκρα (1959-2001) και μεταξύ τους διαφορά.

|                           | <b>Α.Π.Θ.</b>            | <b>ΜΙΚΡΑ</b>             | <b><math>\Delta T</math> (Α.Π.Θ.-Μίκρα)</b> |
|---------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------------------------|
| Μέση Μέγιστη Θερμοκρασία  | 20,57 $^{\circ}\text{C}$ | 20,33 $^{\circ}\text{C}$ | +0,24 $^{\circ}\text{C}$                    |
| Μέση Ελάχιστη Θερμοκρασία | 11,35 $^{\circ}\text{C}$ | 10,36 $^{\circ}\text{C}$ | +0,99 $^{\circ}\text{C}$                    |

Από ανάλογη μελέτη που πραγματοποιήθηκε για το διάστημα 1966-1975 (Μπαλαφούτης, 1985), προέκυψαν τα εξής: για το Α.Π.Θ. η μέση μέγιστη θερμοκρασία ανέρχεται στους 20,59  $^{\circ}\text{C}$ , ενώ η μέση ελάχιστη στους 11,33 $^{\circ}\text{C}$ . Από την άλλη, για το σταθμό της Μίκρας η μέση μέγιστη θερμοκρασία για την υπό εξέταση περίοδο βρέθηκε 20,72 $^{\circ}\text{C}$  ενώ η μέση ελάχιστη 9,69 $^{\circ}\text{C}$ . Δηλαδή η διαφορά στις άκρες τιμές της θερμοκρασίας μεταξύ πόλης και αεροδρομίου στην εν λόγω εργασία βρέθηκε -0,13 $^{\circ}\text{C}$  όσον αφορά τις μέγιστες και +1,64 $^{\circ}\text{C}$  όσον αφορά τις ελάχιστες

Συγκρίνοντας τα παραπάνω αποτελέσματα μεταξύ τους, μπορεί κανείς να μελετήσει την εξέλιξη του φαινομένου της θερμής αστικής νησίδας. Παρατηρείται ότι 30 χρόνια πριν οι μέσες ελάχιστες θερμοκρασίες στο σταθμό της Μίκρας ήταν

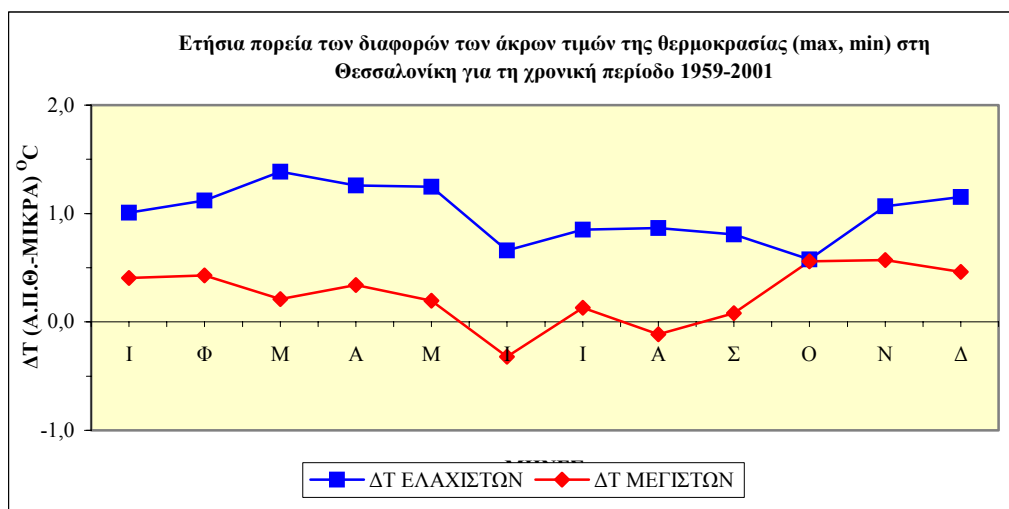
χαμηλότερες τουλάχιστον κατά  $1,5^{\circ}\text{C}$  σε σχέση με το κέντρο της Θεσσαλονίκης. Η διαφορά αυτή όμως κατά τα τελευταία χρόνια φαίνεται να έχει μειωθεί σημαντικά και μετά βίας φτάνει τον  $1^{\circ}\text{C}$ .

Αυτό που αξίζει επίσης να σημειωθεί είναι ότι για την περιοχή του αεροδρομίου, η μέση ελάχιστη θερμοκρασία για την περίοδο 1966-1975 είχε βρεθεί ίση με  $9,69^{\circ}\text{C}$  ενώ από την παρούσα μελέτη για την περίοδο 1959-2001 προέκυψε ότι η παράμετρος αυτή σημείωσε αύξηση της τάξεως των  $0,67^{\circ}\text{C}$ . Σημειώνεται δηλαδή αύξηση των μέσων ελαχίστων θερμοκρασιών όχι τόσο στο κέντρο της πόλης όσο στα περίχωρα. Παρατηρείται εξάλλου ότι η πόλη εμφανίζεται θερμότερη κατά τις νυχτερινές ώρες σε σύγκριση με την ύπαιθρο, γεγονός που τονίζει ιδιαίτερα την ένταση του φαινομένου της θερμής αστικής νησίδας.

Το σχήμα 3.4. δείχνει την ετήσια πορεία των διαφορών των άκρων τιμών της θερμοκρασίας για την περιοχή της Θεσσαλονίκης και για την περίοδο 1959-2001. Παρατηρείται πως για όλους τους μήνες του συνόλου των ετών η τιμή  $\Delta T$  (Α.Π.Θ.-Μίκρα) των ελαχίστων θερμοκρασιών είναι θετική, άρα η πόλη είναι θερμότερη από την περιφέρεια (Μίκρα). Η μεγαλύτερη μέση διαφορά των ελαχίστων θερμοκρασιών σημειώνεται τον Μάρτιο ( $1,4^{\circ}\text{C}$ ) και ακολουθούν ο Μάιος και ο Δεκέμβριος με τη ίδια τιμή ( $1,2^{\circ}\text{C}$ ). Παράλληλα, η μικρότερη μέση διαφορά των ελαχίστων θερμοκρασιών εμφανίζεται τον Οκτώβριο ( $0,6^{\circ}\text{C}$ ) και ακολουθεί ο Ιούνιος ( $0,7^{\circ}\text{C}$ ).

Η κύμανση των διαφορών των μεγίστων θερμοκρασιών μεταξύ πόλης και αεροδρομίου είναι θετική κατά την περίοδο Σεπτέμβριο ως Μάιο, ενώ είναι αρνητική κατά τους θερινούς μήνες του έτους Ιούνιο και Αύγουστο. Αυτό συμβαίνει κυρίως εξαιτίας της απορρόφησης της θερμοκρασίας το καλοκαίρι στην πόλη λόγω των κτιρίων που την περιβάλλουν. Η μεγαλύτερη μέση διαφορά των μεγίστων θερμοκρασιών σημειώνεται τόσο τον Οκτώβριο όσο και το Νοέμβριο ( $0,6^{\circ}\text{C}$ ), ενώ η μικρότερη μέση διαφορά των μεγίστων θερμοκρασιών παρατηρείται τον Ιούνιο ( $-0,3^{\circ}\text{C}$ ) και ακολουθεί ο Αύγουστος ( $-0,1^{\circ}\text{C}$ ). Ωστόσο, οι τιμές των μέσων διαφορών των μεγίστων θερμοκρασιών, από τον Ιούλιο ως τον Σεπτέμβριο είναι σχεδόν μηδενικές. Παρατηρείται ότι οι διαφορές τόσο των ελαχίστων όσο και των μεγίστων κατά την ψυχρή περίοδο είναι υψηλότερες ενώ κατά τη μετάβαση προς τους θερμούς

μήνες του έτους καταγράφεται μια πτώση των διαφορών των άκρων τιμών η οποία διαρκεί μέχρι Σεπτέμβριο ή Οκτώβριο περίπου και στη συνέχεια σημειώνεται και πάλι μια ανοδική πορεία των τιμών αυτών.



**Σχήμα 3.4.** Ετήσια πορεία των άκρων τιμών της θερμοκρασία (κατά μέσο όρο) στην περιοχή της Θεσσαλονίκης για την περίοδο 1959-2001.

Σε παρόμοιες μελέτες που πραγματοποιήθηκαν για τις περιόδους 1966-1975 και 1950-1979 (Μπαλαφούτης, 1985 και Balafoutis and Makrogiannis, 1998), εξετάστηκε η πορεία των παραμέτρων της θερμοκρασίας για τους δύο ίδιους σταθμούς και βρέθηκε ότι όλους τους μήνες η τιμή των  $\Delta T$  των ελαχίστων θερμοκρασιών είναι πάντα θετική, σε όλη την περίοδο του έτους, δηλαδή η πόλη σε μέσους όρους είναι θερμότερη από το αεροδρόμιο κατά τη διάρκεια της νύχτας. Οι μεγαλύτερες διαφορές παρατηρούνται το δίμηνο Απριλίου – Μαΐου και το Νοέμβριο.

Επίσης η διαφορά στις μέγιστες θερμοκρασίες είναι θετική για τους ψυχρότερους μήνες, ενώ αντίθετα κατά τους θερμούς μήνες η ημέρα είναι πιο δροσερή στην πόλη. Η ανάλυση αυτή δείχνει ότι τόσο κατά τη διάρκεια της ημέρας όσο και κατά τη διάρκεια της νύχτας η πόλη της Θεσσαλονίκης εμφανίζεται θερμότερη από τη γύρω περιοχή του αεροδρομίου, με εξαίρεση κάποιες ώρες μέσα στην ημέρα κατά τη διάρκεια των θερινών μηνών.

Η αρχιτεκτονική δομή της πόλης της Θεσσαλονίκης εμποδίζει την ελεύθερη κυκλοφορία του αέρα και το φαινόμενο της θερμής αστικής νησίδας κατά τη διάρκεια της θερμής περιόδου γίνεται περισσότερο αισθητό στους ανθρώπους λόγω των υψηλών θερμοκρασιών. Οι Balafoutis and Makrogiannis (2003) έδειξαν σχετικά με τις συνθήκες δυσφορίας στην πόλη της Θεσσαλονίκης ότι κατά τους θερινούς μήνες Ιούνιο, Ιούλιο και Αύγουστο η πόλη χαρακτηρίζεται από δυσάρεστες συνθήκες κατά τη διάρκεια της ημέρας. Η αίσθηση της δυσφορίας και της εξάντλησης είναι πολύ συχνή αυτούς τους μήνες και οι συνθήκες αυτές διαρκούν συνήθως από τις 08:00 μέχρι τις 19:00 ώρα UTC, αλλά μερικές φορές μέχρι και τα μεσάνυχτα. Το αίσθημα της ανακούφισης περιορίζεται μόνο σε ελάχιστες ώρες κατά τη διάρκεια της νύχτας. Το Μάιο και τον Σεπτέμβριο το φαινόμενο της δυσφορίας παύει να είναι τόσο έντονο, αλλά υπάρχει έστω και σε μικρότερο βαθμό. Οι θερμοκρασίες που επικρατούν αυτούς τους δύο μήνες προσδίδουν στους Έλληνες αλλά και στους τουρίστες οι οποίοι καταφτάνουν στη χώρα προερχόμενοι από τα βόρεια ευρωπαϊκά κράτη, ευεξία και πιο ευχάριστες συνθήκες διαβίωσης. Είναι γνωστό άλλωστε ότι το ανθρώπινο είδος μπορεί πιο εύκολα να αντιμετωπίσει το πολύ κρύο από την υπερβολική ζέστη.

### **3.5. Στατιστικές παράμετροι για τις διαφορές των μέσων τιμών των άκρων θερμοκρασιών**

Στην παράγραφο αυτή θα υπολογιστούν κάποιες από τις στατιστικές παραμέτρους για τις διαφορές των μεγίστων και ελαχίστων θερμοκρασιών μεταξύ Α.Π.Θ. και Μίκρας για όλη τη χρονική περίοδο (1959-2001), δηλαδή η Μέση Τιμή (AV), το Μέτρο Λοξότητας (Skewness) και το Μέτρο Κύρτωσης (Kurtosis). Οι παράμετροι αυτές αναφέρθηκαν και υπολογίστηκαν και σε προηγούμενο κεφάλαιο, ωστόσο υπενθυμίζεται ότι το μέτρο λοξότητας δηλώνει τη θετική ή την αρνητική ασυμμετρία (όταν η λοξότητα είναι ίση με μηδέν, τότε πρόκειται για απόλυτη συμμετρία στο δείγμα.), ενώ το μέτρο κύρτωσης δίνει τη μορφή της καμπύλης ως προς το ύψος. Σύμφωνα με τα παραπάνω και με βάση τις τιμές των διαφορών των

μεγίστων και ελαχίστων θερμοκρασιών κατασκευάστηκαν οι παρακάτω πίνακες 3.5.1 και 3.5.2, οι οποίοι περιέχουν τις τιμές των παραμέτρων.

**Πίνακας 3.5.1.** Στατιστικές παράμετροι για τις διαφορές των μεγίστων θερμοκρασιών ΔΤ (Α.Π.Θ.-Μίκρα) για την περίοδο 1959-2001.

| <b>ΔΤ Max Θ</b> | <b>Ι</b> | <b>Φ</b> | <b>Μ</b> | <b>Α</b> | <b>Μ</b> | <b>Ι</b> | <b>Ι</b> | <b>Α</b> | <b>Σ</b> | <b>Ο</b> | <b>Ν</b> | <b>Δ</b> |
|-----------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| <b>AV</b>       | 0,4      | 0,4      | 0,2      | 0,3      | 0,2      | -0,3     | 0,1      | -0,1     | 0,1      | 0,6      | 0,6      | 0,5      |
| <b>Skewness</b> | -0,2     | -0,5     | 0,4      | 0,1      | 0,5      | -0,4     | 0,1      | 1,0      | -0,2     | -0,5     | -0,3     | -0,3     |
| <b>Kurtosis</b> | 2,9      | 3,9      | 7,3      | 4,0      | 5,3      | 6,4      | 6,6      | 8,3      | 13,7     | 3,6      | 4,5      | 4,5      |

**Πίνακας 3.5.2.** Στατιστικές παράμετροι για τις διαφορές των ελαχίστων θερμοκρασιών ΔΤ (Α.Π.Θ.-Μίκρα) για την περίοδο 1959-2001.

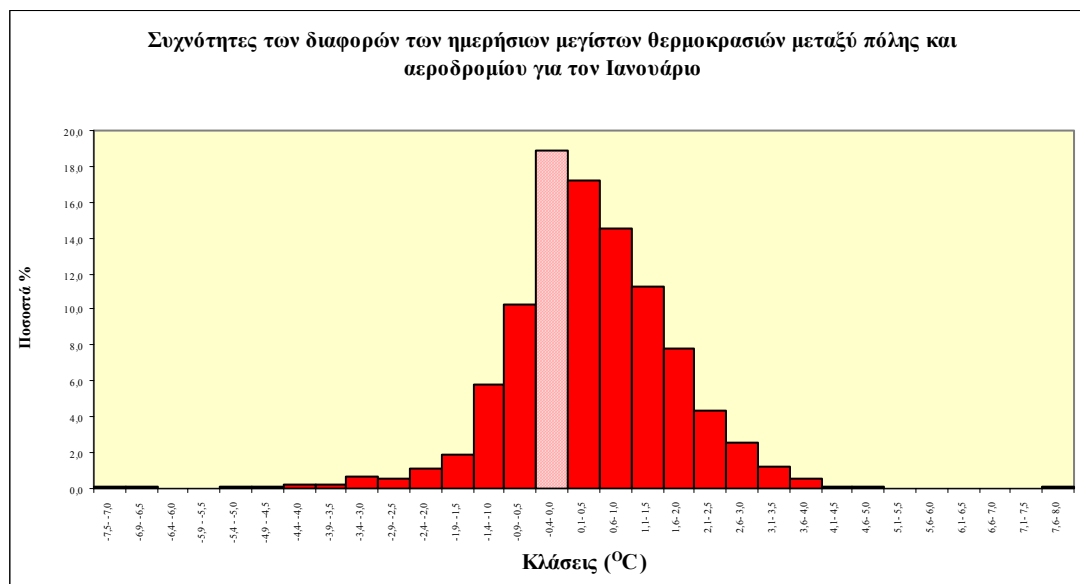
| <b>ΔΤ Min Θ</b> | <b>Ι</b> | <b>Φ</b> | <b>Μ</b> | <b>Α</b> | <b>Μ</b> | <b>Ι</b> | <b>Ι</b> | <b>Α</b> | <b>Σ</b> | <b>Ο</b> | <b>Ν</b> | <b>Δ</b> |
|-----------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| <b>AV</b>       | 1,0      | 1,1      | 1,4      | 1,3      | 1,2      | 0,7      | 0,9      | 0,9      | 0,8      | 0,6      | 1,1      | 1,2      |
| <b>Skewness</b> | 0,0      | 0,2      | 0,0      | -0,4     | -0,2     | -0,3     | -0,4     | -0,5     | -0,5     | -0,4     | 0,1      | 0,0      |
| <b>Kurtosis</b> | 0,5      | 2,8      | 0,7      | 0,6      | 0,3      | 0,9      | 2,1      | 1,2      | 0,6      | 0,9      | 0,4      | 0,4      |

Όσον αφορά στις διαφορές των μεγίστων θερμοκρασιών, για τους μήνες Μάρτιο, Απρίλιο, Μάιο, Ιούλιο και Αύγουστο το μέτρο λοξότητας έχει θετική τιμή (θετική ασυμμετρία), επομένως οι περισσότερες τιμές των διαφορών βρίσκονται στα δεξιά της επικρατούσας τιμής, ενώ για τους υπόλοιπους μήνες συμβαίνει το αντίθετο. Για τις διαφορές των ελαχίστων θερμοκρασιών ωστόσο, παρατηρείται μια σχεδόν αντίστροφη εικόνα, καθώς το μέτρο λοξότητας είναι αρνητικό κατά τη θερμή περίοδο του έτους, δηλαδή από Απρίλιο έως και Οκτώβριο, γεγονός που σημαίνει ότι γι' αυτούς τους μήνες οι περισσότερες τιμές των διαφορών βρίσκονται αριστερά της επικρατούσας τιμής. Για τον Ιανουάριο, Μάρτιο και Δεκέμβριο η λοξότητα είναι μηδέν, άρα πρόκειται για κανονική κατανομή. Ο συντελεστής κύρτωσης είναι θετικός τόσο για τις διαφορές των μεγίστων όσο και των ελαχίστων θερμοκρασιών για όλους τους μήνες. Άρα η μορφή της καμπύλης για όλους τους μήνες είναι λεπτόκυρτη και για τις δύο περιπτώσεις.

### 3.6. Συχνότητες των διαφορών των ημερήσιων απολύτως μεγίστων θερμοκρασιών ανά μήνα

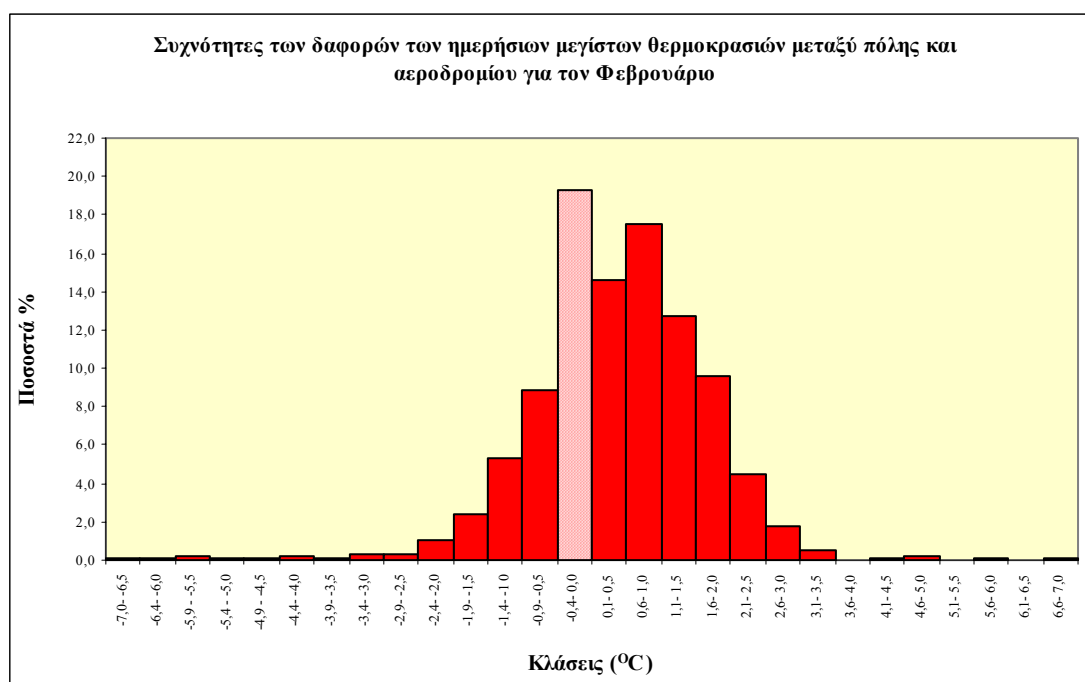
Με σκοπό την καλύτερη ερμηνεία των συχνοτήτων των διαφορών των ημερήσιων μεγίστων θερμοκρασιών γίνεται ένας αυθαίρετος διαχωρισμός στις κλάσεις ώστε η περιγραφή των ποσοστών ως σημαντικά ή λιγότερο σημαντικά να είναι πιο σαφής. Ως αρκετά σημαντικά ποσοστά θα είναι αυτά από 4% και πάνω, λιγότερο σημαντικά μεταξύ 1% και 4% και πολύ μικρά ποσοστά από 1% και κάτω.

Πιο αναλυτικά, για τον **Ιανουάριο** (σχήμα 3.6.α.) το υψηλότερο ποσοστό των διαφορών των μεγίστων θερμοκρασιών σημειώνεται στην κλάση  $-0,4-0,0^{\circ}\text{C}$  και έχει ποσοστό ίσο με 18,8%. Ωστόσο παρατηρείται ότι αρκετά σημαντικά είναι τα ποσοστά των συχνοτήτων των διαφορών αυτών για τιμές θερμοκρασίας από  $-1,4$  έως  $2,5^{\circ}\text{C}$ , ενώ λιγότερο σημαντικά είναι για θερμοκρασίες από  $-2,4$  έως  $-1,5^{\circ}\text{C}$  και από  $2,6$  έως  $3,5^{\circ}\text{C}$ . Η Μίκρα υπερτερεί του κέντρου της Θεσσαλονίκης κατά  $7,1^{\circ}\text{C}$  (σε ποσοστό 0,1%), που είναι και η μέγιστη αρνητική διαφορά μεταξύ των σταθμών, ενώ το κέντρο της πόλης έχει μέγιστη θερμοκρασία μέχρι και  $7,6^{\circ}\text{C}$  μεγαλύτερη από αυτή του σταθμού της Μίκρας (σε ποσοστό 0,1%).



**Σχήμα 3.6.α.** Συχνότητες των διαφορών των ημερήσιων μεγίστων θερμοκρασιών μεταξύ πόλης και αεροδρομίου για τον Ιανουάριο.

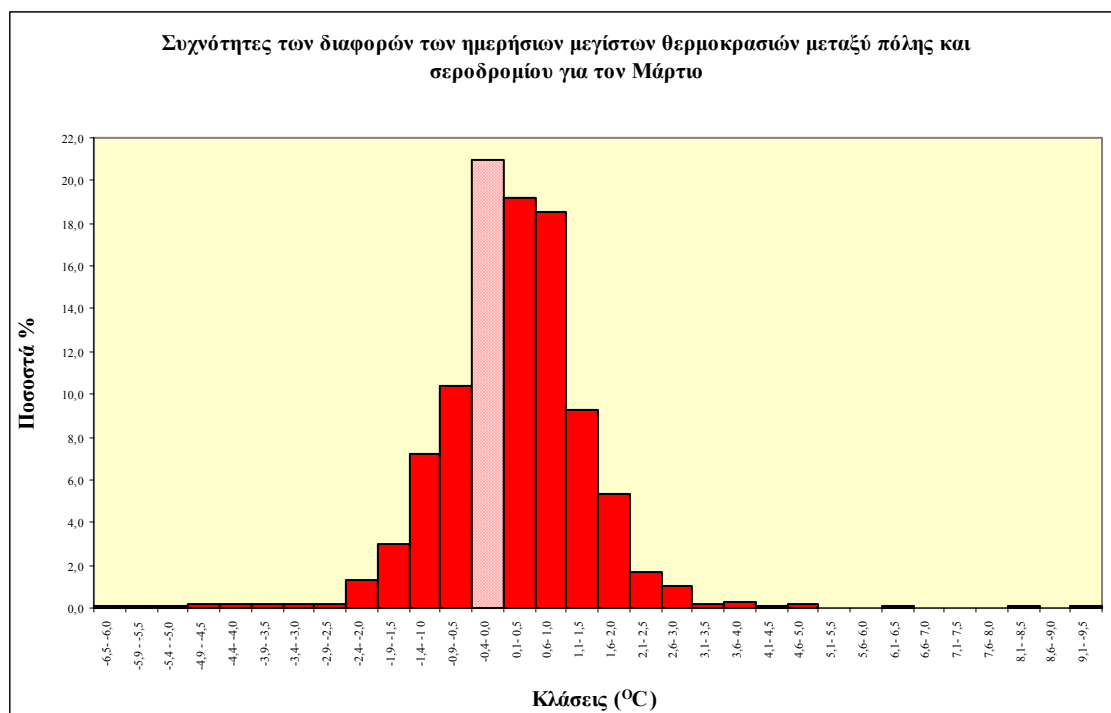
Τον **Φεβρουάριο** (σχήμα 3.6.β.) το μεγαλύτερο ποσοστό των διαφορών των μεγίστων θερμοκρασιών εμφανίζεται μεταξύ των τιμών  $-0,4$  και  $0,0^{\circ}\text{C}$  (όπως και τον Ιανουάριο) αλλά με υψηλότερο ποσοστό, δηλαδή 19,3%. Αρκετά σημαντικά φαίνεται πως και σ' αυτή την περίπτωση είναι τα ποσοστά των συχνοτήτων για κλάσεις από  $-1,4$  έως  $2,5^{\circ}\text{C}$ , ενώ λιγότερο σημαντικά είναι για θερμοκρασίες από  $-2,4$  έως  $-1,5^{\circ}\text{C}$  και από  $2,6$  έως  $3,0^{\circ}\text{C}$ . Εξάλλου, τον Φεβρουάριο σε ποσοστό 0,1% η Μίκρα παρουσιάζεται θερμότερη του κέντρου της Θεσσαλονίκης μέχρι και κατά  $7,0^{\circ}\text{C}$  ενώ το κέντρο της Θεσσαλονίκης είναι μέχρι και κατά  $6,7^{\circ}\text{C}$  πιο θερμό από την περιφέρεια (σε ποσοστό 0,1%).



**Σχήμα 3.6.β.** Συχνότητες των διαφορών των ημερήσιων μεγίστων θερμοκρασιών μεταξύ πόλης και αεροδρομίου για τον Φεβρουάριο.

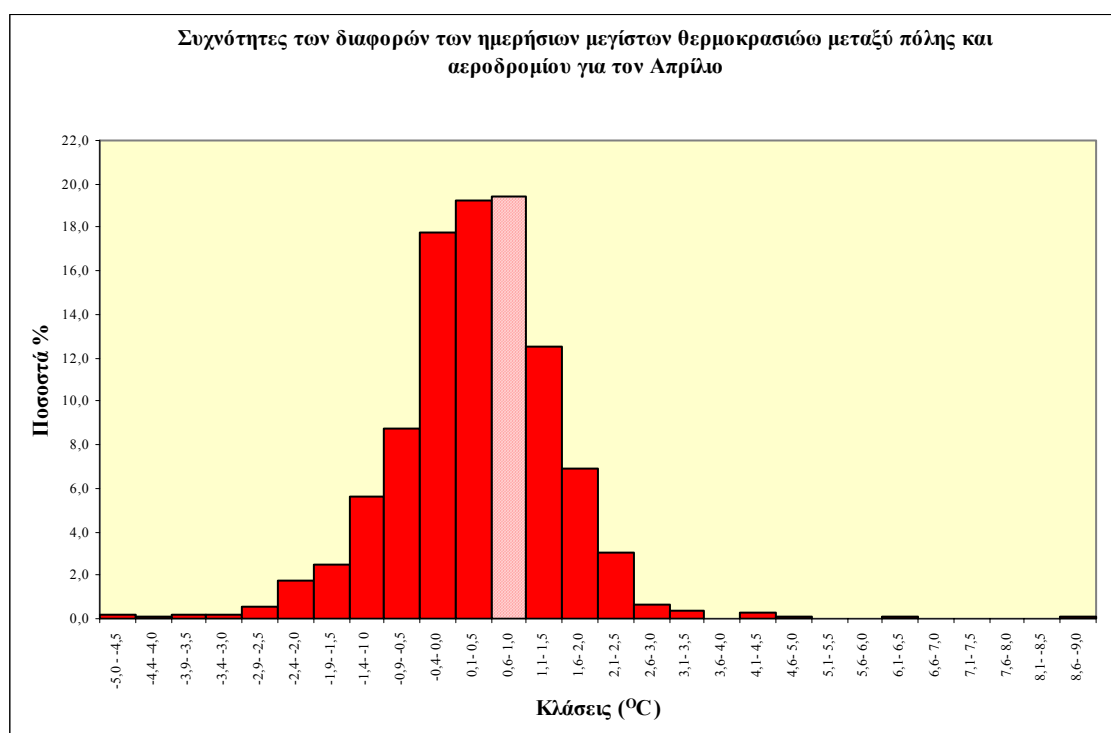
Όσον αφορά στον **Μάρτιο** (σχήμα 3.6.γ.) η μεγαλύτερη συχνότητα των διαφορών των μεγίστων θερμοκρασιών παρουσιάζεται μεταξύ  $-0,4$  και  $0,0^{\circ}\text{C}$  όπως σημειώθηκε και κατά τους δύο προηγούμενους μήνες και μάλιστα σε ακόμη

υψηλότερο ποσοστό το οποίο φτάνει το 20,9%. Τα ποσοστά των συχνοτήτων για τιμές θερμοκρασίας από  $-1,4$  έως  $2,0^{\circ}\text{C}$  είναι αρκετά σημαντικά, ενώ λιγότερο σημαντικά από  $-2,4$  έως  $-1,5^{\circ}\text{C}$  και από  $2,1$  έως  $3,0^{\circ}\text{C}$ . Έστω και σε πολύ μικρά ποσοστά ( $<1\%$ ) καταγράφονται διαφορές στις θερμοκρασίες, εκ των οποίων οι δύο ακραίες τιμές είναι οι  $-6,2^{\circ}\text{C}$  και  $9,2^{\circ}\text{C}$ . Αυτό σημαίνει ότι η Μίκρα παρουσιάζεται μέχρι και κατά  $6,2^{\circ}\text{C}$  θερμότερη από το Α.Π.Θ. σε ποσοστό που μόλις φτάνει το 0,1%. Αυτή είναι και η μέγιστη αρνητική διαφορά μεταξύ των σταθμών. Από την άλλη, το κέντρο της πόλης έχει θερμοκρασία μέχρι και  $9,2^{\circ}\text{C}$  μεγαλύτερη από αυτή του σταθμού της Μίκρας σε πολύ μικρό βέβαια και πάλι ποσοστό, ήτοι 0,1%.



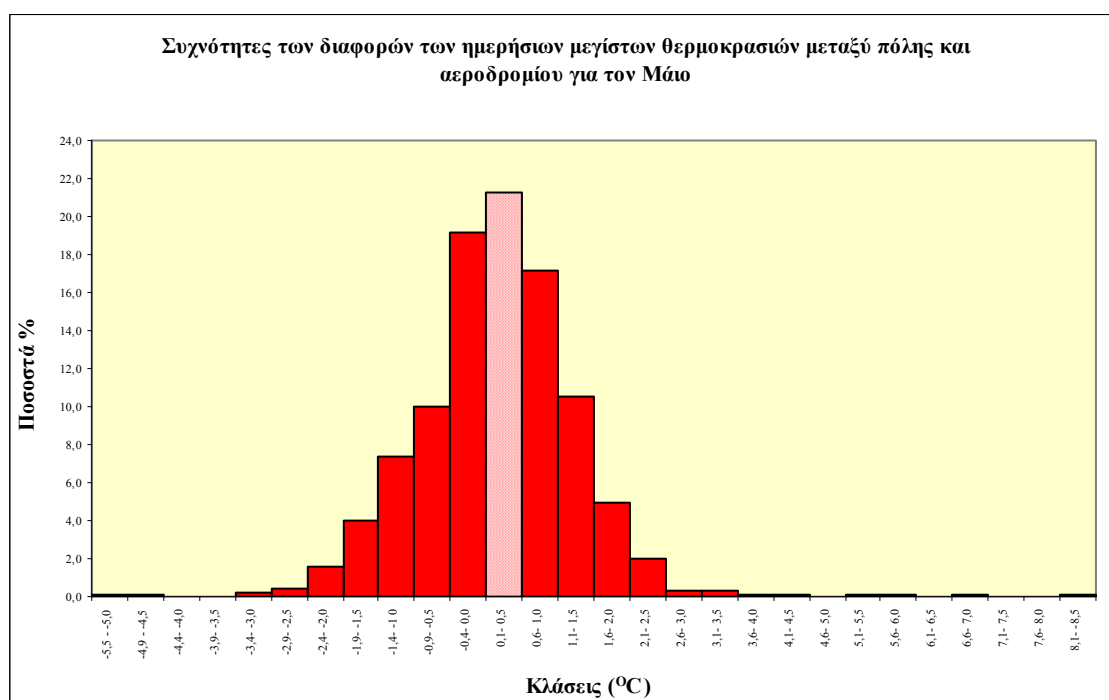
**Σχήμα 3.6.γ.** Συχνότητες των διαφορών των ημερήσιων μεγίστων θερμοκρασιών μεταξύ πόλης και αεροδρομίου για τον Μάρτιο.

Συνεχίζοντας τη μελέτη, στον **Απρίλιο** (σχήμα 3.6.δ.) η μεγαλύτερη συχνότητα των διαφορών των απόλυτα μεγίστων θερμοκρασιών εμφανίζεται μεταξύ 0,6 και 1,0°C σε ποσοστό 19,5%. Και στον μήνα αυτό περιέχονται αρκετά σημαντικά ποσοστά συχνοτήτων για θερμοκρασίες από -1,4 έως 2,0°C, ενώ λιγότερο σημαντικά είναι για τις κλάσεις -2,4 έως -1,5°C και 2,1 έως 2,5°C. Έστω και για ποσοστά μικρότερα από 1% καταγράφονται διαφορές στις θερμοκρασίες, οι οποίες κυμαίνονται σε αρκετά υψηλές τιμές. Όμως το μεγαλύτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν η υψηλότερη αρνητική και η υψηλότερη θετική διαφορά. Έτσι η Μίκρα για τον μήνα αυτό παρουσιάζεται μέχρι και κατά 5,0°C θερμότερη από το Α.Π.Θ. (σε ποσοστό 0,2%), που είναι και η μέγιστη αρνητική διαφορά μεταξύ των σταθμών, ενώ το κέντρο της πόλης έχει θερμοκρασία μέχρι και 8,7°C μεγαλύτερη από αυτή του σταθμού της Μίκρας (σε ποσοστό 0,1%).



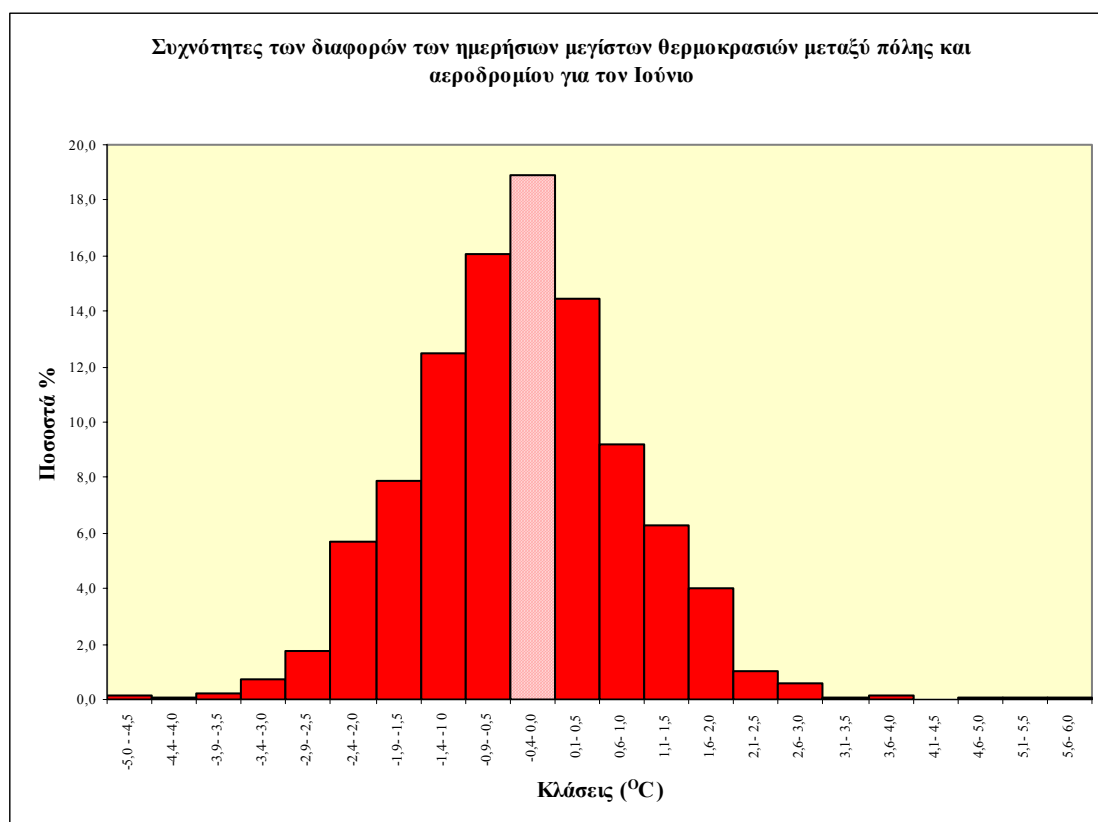
**Σχήμα 3.6.δ.** Συχνότητες των διαφορών των ημερήσιων μεγίστων θερμοκρασιών μεταξύ πόλης και αεροδρομίου για τον Απρίλιο.

Η μεγαλύτερη συχνότητα των διαφορών των μεγίστων θερμοκρασιών τον **Μάιο** (σχήμα 3.6.ε.) βρίσκεται μεταξύ 0,1 και 0,5°C με ποσοστό 21,3%, που είναι και το μεγαλύτερο συγκριτικά με τους υπόλοιπους μήνες που προηγήθηκαν αλλά και που ακολουθούν. Αρκετά σημαντικά είναι τα ποσοστά των συχνοτήτων για τιμές θερμοκρασίας από -1,4 έως 2,0°C, ενώ λιγότερο σημαντικά είναι για θερμοκρασίες από -2,4 έως -1,5°C και από 2,1 έως 2,5°C. Οι διαφορές που χρήζουν ιδιαίτερης προσοχής είναι οι άκρες όπως φαίνεται και στο αντίστοιχο σχήμα. Η Μίκρα για τον συγκεκριμένο μήνα είναι μέχρι και κατά 5,5°C θερμότερη από το Α.Π.Θ. έστω και σε πολύ μικρό ποσοστό (0,1%), ενώ το κέντρο της πόλης έχει θερμοκρασία μέχρι και 8,5°C μεγαλύτερη από αυτή της περιφέρειας (σε ποσοστό 0,1%).



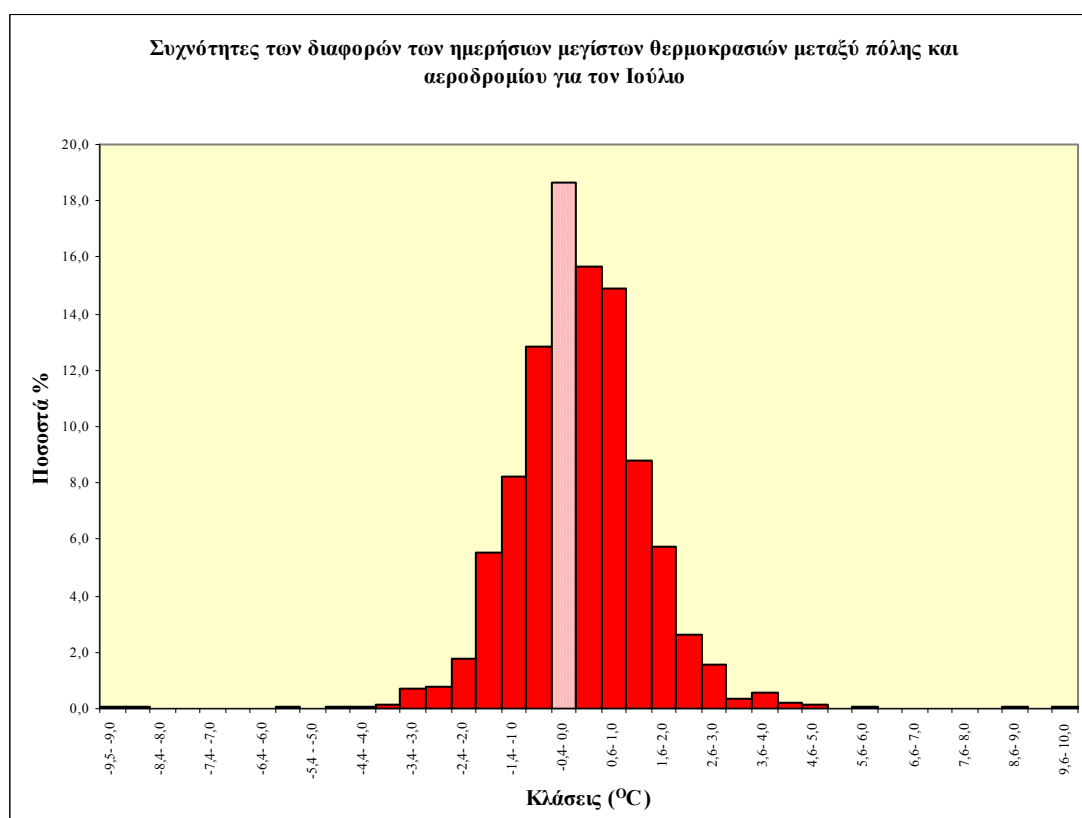
**Σχήμα 3.6.ε.** Συχνότητες των διαφορών των ημερήσιων μεγίστων θερμοκρασιών μεταξύ πόλης και αεροδρομίου για τον Μάιο.

Περνώντας στον **Ιούνιο** (σχήμα 3.6.στ.) η μεγαλύτερη συχνότητα των διαφορών των μεγίστων θερμοκρασιών κυμαίνεται μεταξύ  $-0,4$  και  $0,0^{\circ}\text{C}$  σε ποσοστό μικρότερο του προηγούμενου μήνα, δηλαδή 18,9%. Αρκετά σημαντικά είναι τα ποσοστά των συχνοτήτων για τιμές θερμοκρασίας από  $-2,4$  έως  $2,0^{\circ}\text{C}$ , ενώ δεν απουσιάζουν ούτε τα λιγότερο σημαντικά τα οποία αντιστοιχούν σε θερμοκρασίες από  $-2,9$  έως  $-2,5^{\circ}\text{C}$  και από  $2,1$  έως  $2,5^{\circ}\text{C}$ . Έστω και σε πολύ μικρά ποσοστά ( $<1\%$ ) καταγράφονται διαφορές στις θερμοκρασίες, οι σημαντικότερες από τις οποίες είναι εκείνη των  $-5,0^{\circ}\text{C}$  και εκείνη των  $5,8^{\circ}\text{C}$ . Από αυτές τις ακραίες διαφορές προκύπτει ότι η Μίκρα για τον μήνα αυτό παρουσιάζεται μέχρι και κατά  $5,0^{\circ}\text{C}$  θερμότερη από το Α.Π.Θ. (σε ποσοστό 0,2%), που είναι και η μέγιστη αρνητική διαφορά μεταξύ των σταθμών, ενώ το κέντρο της πόλης έχει θερμοκρασία μέχρι και  $5,8^{\circ}\text{C}$  μεγαλύτερη από αυτή του σταθμού της Μίκρας (σε ποσοστό 0,1%).



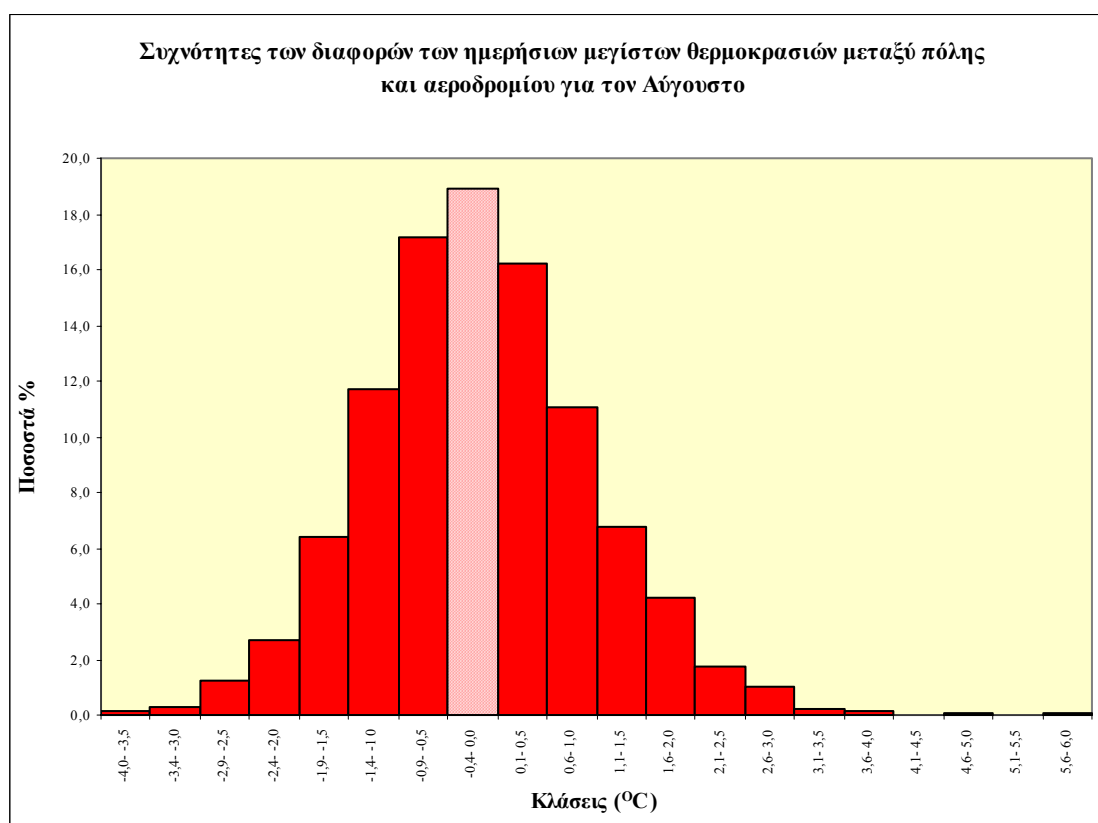
**Σχήμα 3.6.στ.** Συχνότητες των διαφορών των ημερήσιων μεγίστων θερμοκρασιών μεταξύ πόλης και αεροδρομίου για τον Ιούνιο.

Σε ότι αφορά τον **Ιούλιο** (σχήμα 3.6.ζ.) η μεγαλύτερη συχνότητα των διαφορών των απόλυτα μεγίστων θερμοκρασιών βρίσκεται μεταξύ  $-0,4$  και  $0,0^{\circ}\text{C}$  σε ποσοστό ελάχιστα μικρότερο από το αντίστοιχο του Ιουνίου, δηλαδή 18,7%. Στο σχήμα όπου φαίνονται οι συχνότητες εμφάνισης των διαφορών παρατηρείται ότι αρκετά σημαντικά είναι τα ποσοστά για τιμές θερμοκρασίας από  $-1,9$  έως  $2,0^{\circ}\text{C}$ , ενώ για θερμοκρασίες από  $-2,4$  έως  $-2,0^{\circ}\text{C}$  και από  $2,1$  έως  $3,0^{\circ}\text{C}$  τα ποσοστά χαρακτηρίζονται ως λιγότερο σημαντικά. Κατά τον Ιούλιο σημειώνονται υψηλές διαφορές στις θερμοκρασίες, οι οποίες ακόμη κι αν συναντώνται σε πολύ μικρά ποσοστά ( $<1\%$ ) δεν μπορούν να περάσουν απαρατήρητες. Γι' αυτό η Μίκρα παρουσιάζεται μέχρι και κατά  $9,1^{\circ}\text{C}$  θερμότερη από το Α.Π.Θ. (σε ποσοστό 0,1%), ενώ το κέντρο της πόλης υπήρξε μέχρι και κατά  $9,6^{\circ}\text{C}$  πιο θερμό από τη Μίκρα σε ποσοστό 0,1%.



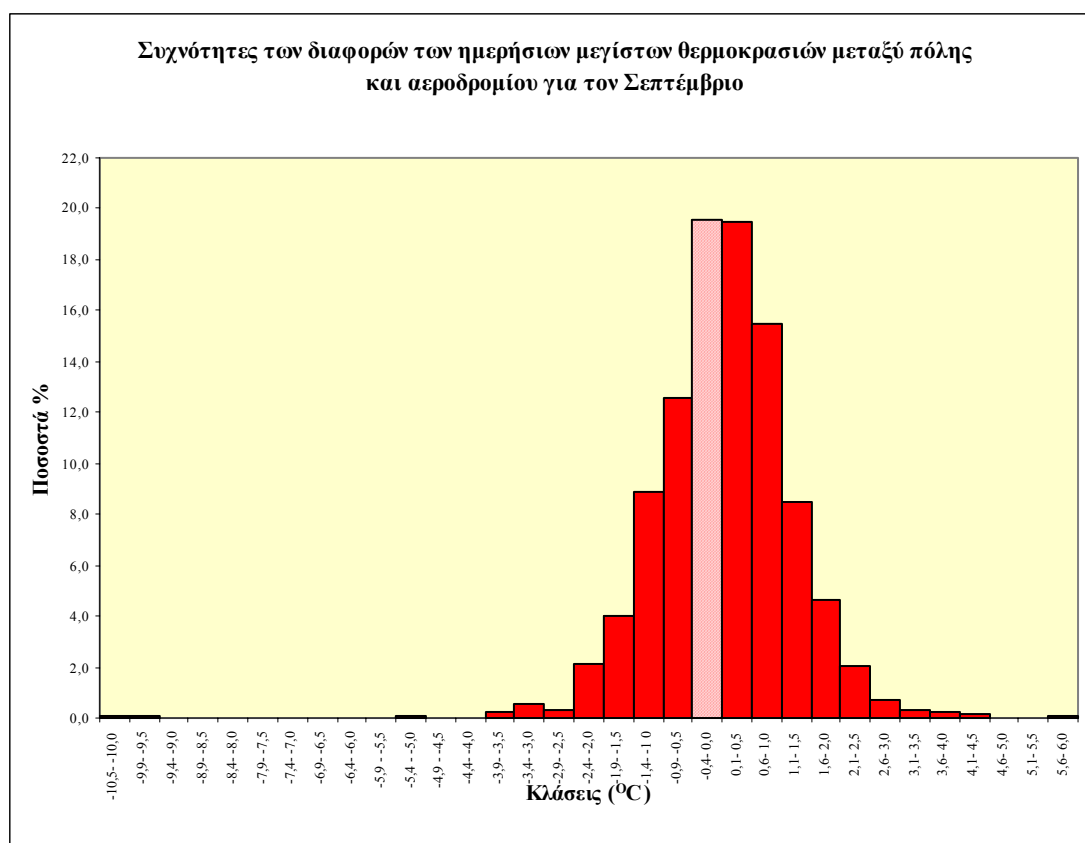
**Σχήμα 3.6.ζ.** Συχνότητες των διαφορών των ημερήσιων μεγίστων θερμοκρασιών μεταξύ πόλης και αεροδρομίου για τον Ιούλιο.

Στη συνέχεια και σε ότι αφορά τον **Αύγουστο** (σχήμα 3.7.η.) η μεγαλύτερη συχνότητα των διαφορών των μεγίστων θερμοκρασιών παρουσιάζεται μεταξύ  $-0,4$  και  $0,0^{\circ}\text{C}$  σε ποσοστό ίδιο με του Ιουνίου (18,9%). Αρκετά σημαντικά ποσοστά είναι αυτά που κυμαίνονται από  $-1,9$  έως  $1,5^{\circ}\text{C}$ , ενώ λιγότερο σημαντικά είναι για θερμοκρασίες από  $-2,9$  έως  $-2,0^{\circ}\text{C}$  και από  $1,6$  έως  $3,0^{\circ}\text{C}$ . Αρκετά σημαντικές διαφορές στις θερμοκρασίες μεταξύ των δύο σταθμών σημειώνονται έστω και για ποσοστά χαμηλότερα του 1%. Από αυτές τις διαφορές ξεχωρίζουν οι δύο ακραίες, δηλαδή οι  $-3,8^{\circ}\text{C}$  και οι  $5,9^{\circ}\text{C}$ . Συνεπώς, η Μίκρα είναι μέχρι και κατά  $3,8^{\circ}\text{C}$  θερμότερη από το Α.Π.Θ. (σε ποσοστό 0,2%), ενώ το κέντρο της πόλης έχει θερμοκρασία μέχρι και  $5,9^{\circ}\text{C}$  μεγαλύτερη από αυτή του σταθμού της Μίκρας, σε ποσοστό 0,1%.



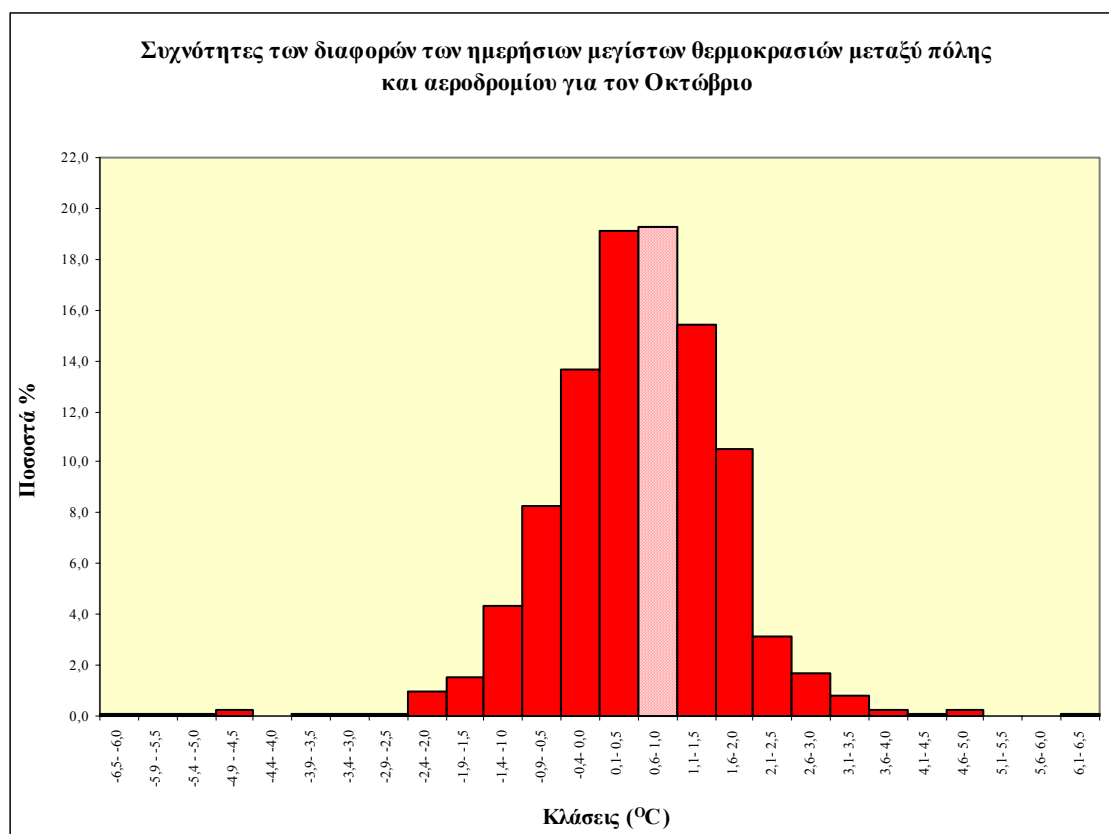
**Σχήμα 3.6.η.** Συχνότητες των διαφορών των ημερήσιων μεγίστων θερμοκρασιών μεταξύ πόλης και αεροδρομίου για τον Αύγουστο.

Για τον **Σεπτέμβριο** (σχήμα 3.6.θ.) η μεγαλύτερη συχνότητα των διαφορών των μεγίστων θερμοκρασιών εμφανίζεται σε δύο κλάσεις, τόσο δηλαδή μεταξύ  $-0,4$  και  $0,0^{\circ}\text{C}$  όσο και από  $0,1$  έως  $0,5^{\circ}\text{C}$ , σε ποσοστό 19,5%. Σημειώνεται ότι αρκετά σημαντικά είναι τα ποσοστά για τιμές θερμοκρασίας από  $-1,4$  έως  $1,5^{\circ}\text{C}$ , ενώ λιγότερο σημαντικά είναι για θερμοκρασίες από  $-2,4$  έως  $-1,5^{\circ}\text{C}$  και από  $1,6$  έως  $2,5^{\circ}\text{C}$ . Όμως έστω και σε πολύ μικρά ποσοστά σημειώνονται διαφορές στις θερμοκρασίες, από τις οποίες οι εντονότερες είναι η μεγαλύτερη αρνητική διαφορά, όπου η Μίκρα για τον μήνα αυτό παρουσιάζεται μέχρι και κατά  $10,3^{\circ}\text{C}$  θερμότερη από το Α.Π.Θ. (σε ποσοστό 0,1%) και η μεγαλύτερη θετική διαφορά, όπου η πόλη έχει θερμοκρασία μέχρι και  $5,8^{\circ}\text{C}$  μεγαλύτερη από τη Μίκρα (σε ποσοστό 0,1%).



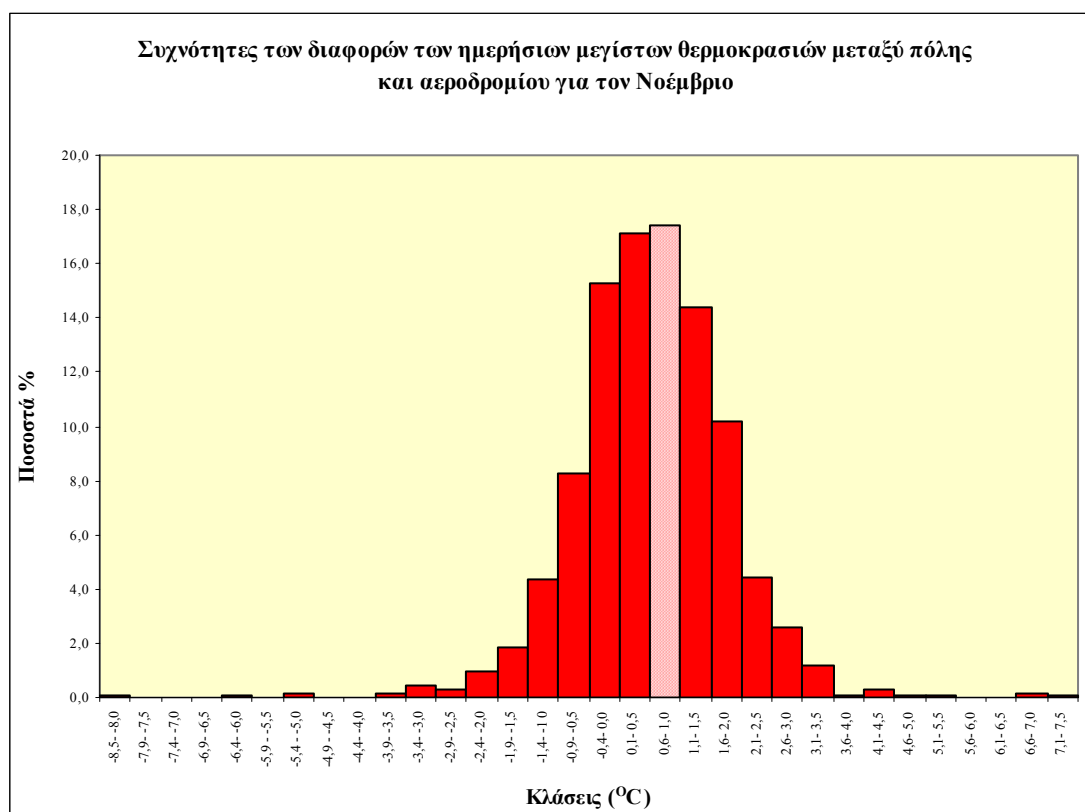
**Σχήμα 3.6.θ.** Συχνότητες των διαφορών των ημερήσιων μεγίστων θερμοκρασιών μεταξύ πόλης και αεροδρομίου για τον Σεπτέμβριο.

Τον **Οκτώβριο** (σχήμα 3.6.1.) η μεγαλύτερη συχνότητα των διαφορών των μεγίστων θερμοκρασιών παρουσιάζεται μεταξύ 0,6 και 1,0°C σε ποσοστό 19,3%. Επίσης, από -0,9 έως 2,0°C τα ποσοστά είναι αρκετά σημαντικά, ενώ λιγότερο σημαντικά είναι για θερμοκρασίες από -2,4 έως -1,0°C και από 2,1 έως 3,0°C. Οι δύο ακραίες τιμές στις διαφορές των απόλυτα μεγίστων θερμοκρασιών είναι οι -6,1°C και οι 6,2°C, γεγονός που σημαίνει ότι η Μίκρα κατά τον Οκτώβριο παρουσιάζεται μέχρι και ως 6,1°C θερμότερη από το Α.Π.Θ. (σε ποσοστό 0,1%), ενώ το κέντρο της πόλης έχει θερμοκρασία μέχρι και 6,2°C μεγαλύτερη από αυτή του σταθμού της Μίκρας (σε ποσοστό 0,1%).



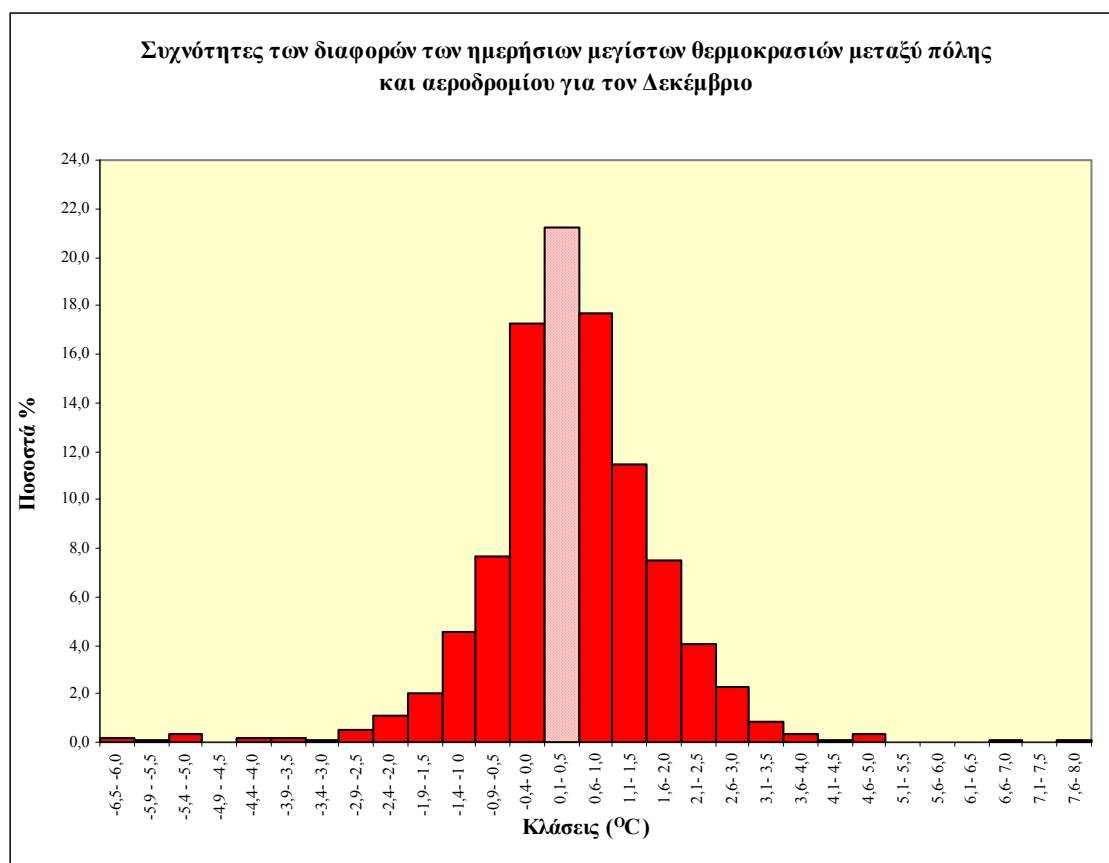
**Σχήμα 3.6.1.** Συχνότητες των διαφορών των ημερήσιων μεγίστων θερμοκρασιών μεταξύ πόλης και αεροδρομίου για τον Οκτώβριο.

Στη συνέχεια μελετώντας τον **Νοέμβριο**, φαίνεται από το σχήμα 3.6.ια. ότι η μεγαλύτερη συχνότητα των διαφορών των μεγίστων θερμοκρασιών σημειώνεται μεταξύ 0,6 και 1,0°C σε ποσοστό μικρότερο από αυτό του προηγούμενου μήνα (17,4%). Παρατηρείται επίσης ότι αρκετά σημαντικά είναι τα ποσοστά για τιμές θερμοκρασίας από -1,4 έως 2,5°C, ενώ λιγότερο σημαντικά είναι για θερμοκρασίες από -1,9 έως -1,5°C και από 2,6 έως 3,5°C. Η Μίκρα για τον μήνα αυτό παρουσιάζεται μέχρι και ως 8,1°C θερμότερη από το Α.Π.Θ. (σε ποσοστό 0,1%), που είναι και η μέγιστη αρνητική διαφορά μεταξύ των σταθμών, ενώ το κέντρο της πόλης έχει θερμοκρασία μέχρι και 7,4°C μεγαλύτερη από αυτή του σταθμού της Μίκρας σε ποσοστό 0,1%, που είναι και η μέγιστη θετική διαφορά μεταξύ των δύο σταθμών.



**Σχήμα 3.6.ια.** Συχνότητες των διαφορών των ημερήσιων μεγίστων θερμοκρασιών μεταξύ πόλης και αεροδρομίου για τον Νοέμβριο.

Τέλος, τον **Δεκέμβριο** (σχήμα 3.6.ιβ.) η μεγαλύτερη συχνότητα των διαφορών των μεγίστων θερμοκρασιών σημειώνεται μεταξύ 0,1 και 0,5°C σε ποσοστό 21,2%. Από το ανάλογο σχήμα φαίνεται ότι αρκετά σημαντικά είναι τα ποσοστά για τιμές θερμοκρασίας από -1,4 έως 2,5°C, ενώ λιγότερο σημαντικά είναι για θερμοκρασίες από -2,4 έως -1,5°C και από 2,6 έως 3,0°C. Όμως έστω και σε πολύ μικρά ποσοστά (<1%) σημειώνονται διαφορές στις θερμοκρασίες οι οποίες κατατάσσονται σε διάφορες κλάσεις, όμως οι κυριότερες από αυτές είναι η διαφορά των -6,5°C και εκείνη των 7,7°C. Η Μίκρα λοιπόν για τον τελευταίο μήνα του έτους παρουσιάζεται μέχρι και ως 6,5°C θερμότερη από το Α.Π.Θ. (σε ποσοστό 0,2%), ενώ στο κέντρο της Θεσσαλονίκης έχει καταγραφεί θερμοκρασία μέχρι και κατά 7,7°C μεγαλύτερη από ότι στη Μίκρα (σε ποσοστό 0,1%).



**Σχήμα 3.6.ιβ.** Συχνότητες των διαφορών των ημερήσιων μεγίστων θερμοκρασιών μεταξύ πόλης και αεροδρομίου για τον Δεκέμβριο.

Στη συνέχεια, για τις ημερήσιες απόλυτα μέγιστες διαφορές θερμοκρασιών, υπολογίζεται το πλήθος των ημερών που αντιστοιχούν σε κάθε μήνα και κατά συνέπεια για τους μήνες με 31 ημέρες το σύνολο των ημερών είναι 1333, για τους μήνες με 30 ημέρες είναι 1290 και για τον Φεβρουάριο είναι 1215 ημέρες. Αξίζει να τονιστεί ότι καταγράφηκαν αρκετά υψηλές διαφορές στις θερμοκρασίες κέντρου και περιφέρειας ( $2,1^{\circ}\text{C} < \Delta T < 9,6^{\circ}\text{C}$ ), έστω κι αν αυτές οι διαφορές σημειώθηκαν με συχνότητα εμφάνισης χαμηλότερη του 1%. Για κάθε μήνα ξεχωριστά υπολογίστηκε το άθροισμα των ποσοστών που αντιστοιχούν στις κλάσεις που αντιπροσωπεύουν συχνότητες  $< 1\%$  και στη συνέχεια τα ποσοστά αυτά ανάχθηκαν στο σύνολο των ημερών του κάθε μήνα για όλα τα έτη.

Προέκυψε λοιπόν αρχικά για τον **Ιανουάριο** ότι για 13 από τις 1333 ημέρες η πόλη υπήρξε θερμότερη από την περιφέρεια κατά  $3,6^{\circ}\text{C}$  και περισσότερους βαθμούς και μάλιστα έστω και για 1 ημέρα η διαφορά έφτασε τους  $7,6^{\circ}\text{C}$ . Τον **Φεβρουάριο** 11 εκ των 1215 ήταν οι μέρες των μεγαλύτερων διαφορών (συχνότητες  $< 1\%$ ) και σε 1 ημέρα η διαφορά άγγιξε τους  $6,7^{\circ}\text{C}$ . Συνεχίζοντας, τον **Μάρτιο** οι μέρες που συγκεντρώθηκαν και που αντιπροσωπεύουν συχνότητες εμφάνισης των διαφορών με πολύ μικρά ποσοστά είναι 13 και η μέγιστη διαφορά ( $9,2^{\circ}\text{C}$ ) παρουσιάστηκε σε 1 ημέρα. Τον **Απρίλιο** για 13 από τις 1290 ημέρες το κέντρο της Θεσσαλονίκης βρέθηκε πιο θερμό από τη Μίκρα (με τιμές  $> 2,6^{\circ}\text{C}$ ) και η μεγαλύτερη των διαφορών ( $8,7^{\circ}\text{C}$ ) σημειώθηκε για 1 ημέρα.

Τον **Μάιο** οι μέρες με μεγάλες διαφορές θερμοκρασίας έστω και σε πολύ μικρά ποσοστά ήταν 15 και για συχνότητα εμφάνισης  $0,1\%$  που ερμηνεύεται σε 1 ημέρα η διαφορά έφτασε τους  $8,5^{\circ}\text{C}$ . Μια μέρα λιγότερη από τον προηγούμενο μήνα, δηλαδή σε 14 ημέρες τον **Ιούνιο** ο σταθμός του Α.Π.Θ. κατέγραψε θερμοκρασίες μεγαλύτερες από  $2,6^{\circ}\text{C}$  σε σχέση με το σταθμό της Μίκρας, ενώ υπήρξε διαφορά μέχρι και  $5,8^{\circ}\text{C}$  έστω κι αν αυτό συνέβη για 1 ημέρα. Όσον αφορά τον **Ιούλιο**, οι ημέρες με μεγάλες διαφορές αυξάνονται και φτάνουν τις 21 (θερμοκρασία  $> 3,1^{\circ}\text{C}$ ) και έστω και για 1 ημέρα το κέντρο ξεπέρασε θερμοκρασιακά την περιφέρεια κατά  $9,6^{\circ}\text{C}$ . Πολύ λιγότερες βρέθηκαν οι αντίστοιχες ημέρες τον **Αύγουστο** (7 ημέρες) με

διαφορά στη θερμοκρασία από 3,1°C και πάνω, ενώ οι 5,9°C που είναι η μέγιστη διαφορά σημειώθηκαν για 1 ημέρα από τις 1333.

Στη συνέχεια, τόσο τον **Σεπτέμβριο** όσο και τον **Οκτώβριο** το σύνολο των ημερών με αρκετά μεγάλες διαφορές στη θερμοκρασία των δύο σταθμών (>2,6°C και >3,1°C αντίστοιχα) έφτασε τις 19 ενώ έστω και για 1 ημέρα από τις 1290 και 1333 αντιστοίχως η διαφορά ήταν για τους δύο μήνες 5,8°C και 6,2°C. Προχωρώντας στον προτελευταίο μήνα, τον **Νοέμβριο**, 10 από τις 1290 ημέρες βρέθηκαν ότι αντικατοπτρίζουν συχνότητες εμφάνισης διαφορών απόλυτα μεγίστων θερμοκρασιών <1%, ενώ παρατηρήθηκε διαφορά που έφτασε τους 7,4°C έστω και σε 1 ημέρα. Τέλος κατά τον **Δεκέμβριο** για 23 ημέρες η πόλη υπήρξε θερμότερη από την περιφέρεια από 3,1°C και περισσότερο, ενώ επισημάνθηκε διαφορά θερμοκρασίας 7,7°C έστω και για 1 ημέρα από τις 1333.

Κατά συνέπεια, το σύνολο των ημερών κατά τις οποίες καταγράφονται αρκετά υψηλές διαφορές στις απόλυτα μέγιστες θερμοκρασίες μεταξύ των σταθμών του Α.Π.Θ. και της Μίκρας (>2,6°C) είναι για κάθε μήνα ξεχωριστά σημαντικό. Παρατηρώντας γενικά τα διαγράμματα των συχνοτήτων των διαφορών των μεγίστων θερμοκρασιών (σχήμα 3.6..α-3.6..β.) μεταξύ του κέντρου της πόλης και της περιφέρειας, προκύπτει ότι κατά τη διάρκεια όλων σχεδόν των χειμερινών μηνών του έτους το μεγαλύτερο ποσοστό των τιμών των διαφορών της θερμοκρασίας βρίσκεται δεξιά της επικρατέστερης τιμής, ενώ κατά τη μετάβαση από το χειμώνα στο θέρος το φαινόμενο αντιστρέφεται, με αποτέλεσμα το μεγαλύτερο πλήθος των διαφορών των θερμοκρασιών να βρίσκεται στα αριστερά της επικρατούσας τιμής.

Αξίζει επίσης να σημειωθεί ότι η πόλη εμφανίζεται πιο θερμή από την περιφέρεια κατά τη μελέτη των μεγίστων τιμών καθώς οι θετικές τιμές των διαφορών της θερμοκρασίας είναι εμφανώς περισσότερες. Στους έξι από τους δώδεκα μήνες του έτους η κλάση με το υψηλότερο ποσοστό είναι αυτή των - 0,4 έως 0,0°C. Αναλυτικά οι μήνες αυτοί είναι οι Ιανουάριος, Φεβρουάριος, Μάρτιος, Ιούνιος, Ιούλιος και Αύγουστος, με διαφορετικό βέβαια ποσοστό για καθέναν από αυτούς.

Στον πίνακα 3.6. που ακολουθεί περιέχονται τα ποσοστά των διαφορών των ημερήσιων απόλυτα μεγίστων θερμοκρασιών μεταξύ των σταθμών του Α.Π.Θ. και

της Μίκρας για κάθε μήνα. Είναι χαρακτηριστικό ότι στην περίπτωση των απόλυτα μεγίστων θερμοκρασιών τα ποσοστά διαμορφώνονται σε χαμηλότερα επίπεδα απ' ότι των ελαχίστων, με μικρότερη τιμή εκείνη του Ιουνίου (36,0%) και μεγαλύτερη το 70,6% του Οκτωβρίου.

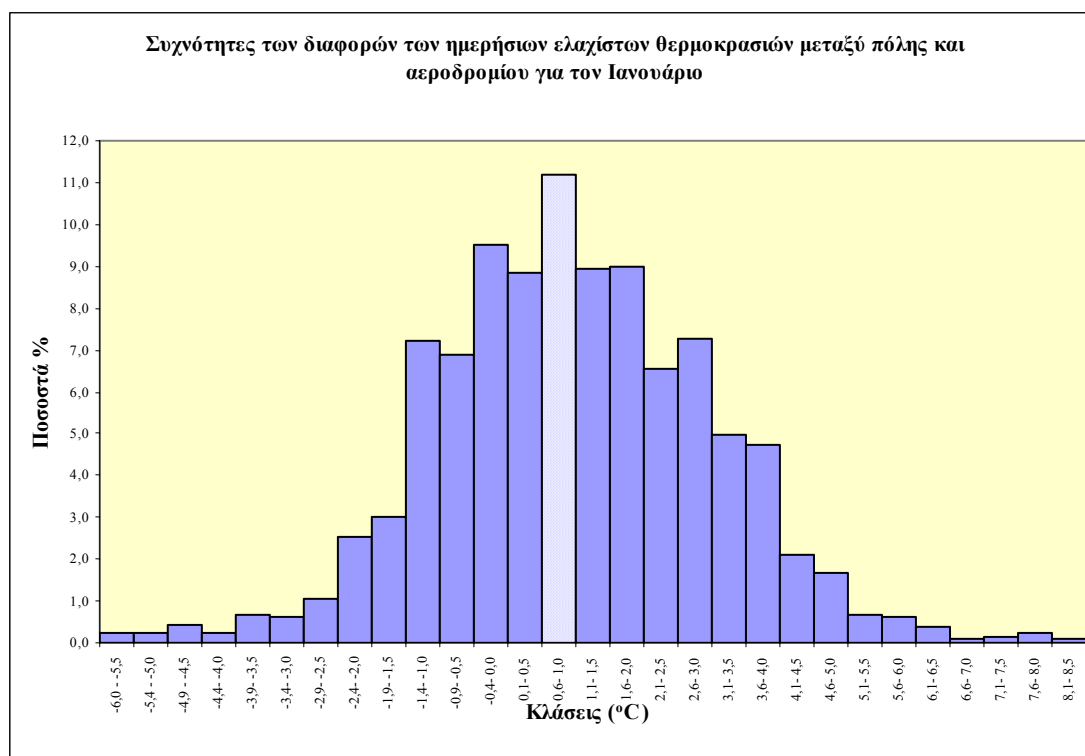
**Πίνακας 3.6.** Οι επί τοις εκατό συχνότητες των θετικών διαφορών των ημερήσιων απόλυτα μεγίστων θερμοκρασιών μεταξύ πόλης και αεροδρομίου.

| ΜΗΝΕΣ | Ι    | Φ    | Μ    | Α    | Μ    | Ι    | Ι    | Α    | Σ    | Ο    | Ν    | Δ    |
|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| %     | 60,0 | 61,7 | 56,0 | 62,6 | 57,1 | 36,0 | 50,9 | 41,5 | 51,6 | 70,6 | 68,0 | 65,9 |

### **3.7. Συχνότητες των διαφορών των ημερήσιων απολύτως ελαχίστων θερμοκρασιών ανά μήνα**

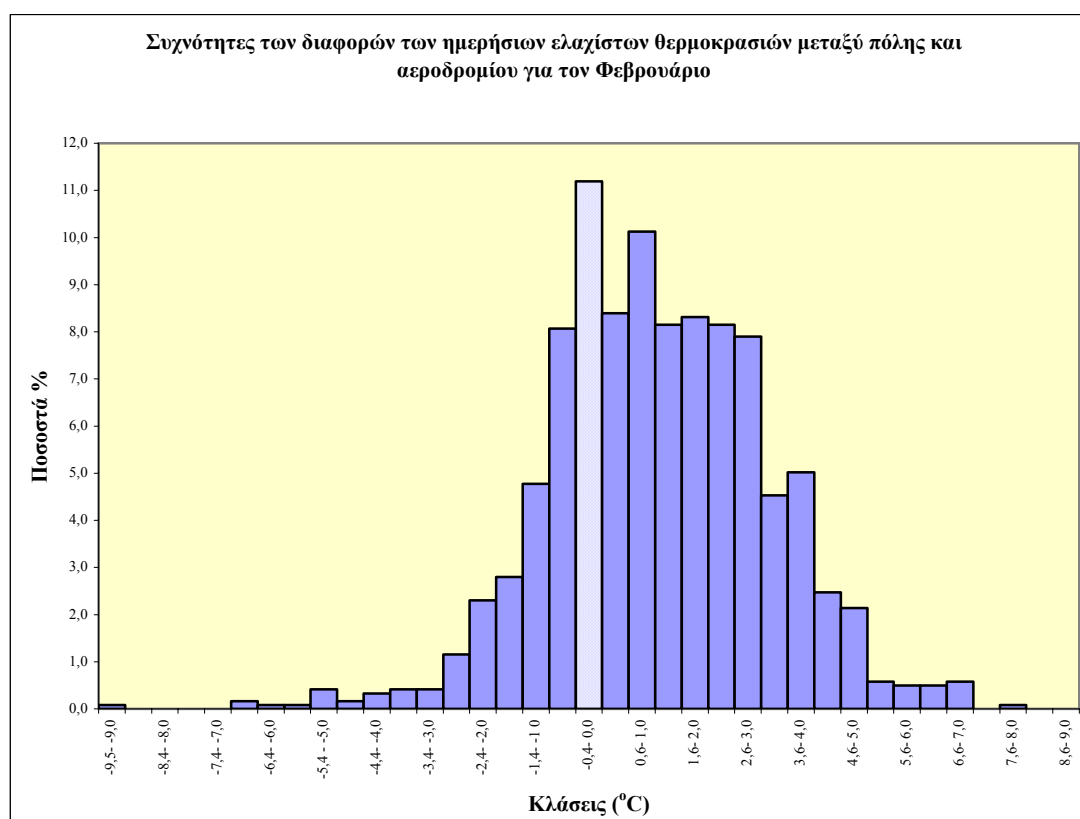
Συνεχίζοντας τη μελέτη των συχνοτήτων των διαφορών των θερμοκρασιών των ημερήσιων τιμών των σταθμών Α.Π.Θ. και Μίκρας, θα μελετηθεί η κατανομή των απόλυτα ελαχίστων θερμοκρασιών αναλυτικά για κάθε μήνα του έτους. (σχήμα 3.7.α-3.7.ιβ.). Όπως και στις απόλυτα μέγιστες διαφορές θερμοκρασιών, έτσι και σ' αυτή την παράγραφο ισχύει ο προσδιορισμός των συχνοτήτων εμφάνισης όσον αφορά στο ποια ποσοστά θεωρούνται σημαντικά και μη σημαντικά. Επομένως, ως αρκετά σημαντικά ποσοστά είναι αυτά από 4% και πάνω, λιγότερο σημαντικά μεταξύ 1% και 4% και πολύ μικρά ποσοστά αυτά που είναι από 1% και κάτω.

Αναλυτικότερα, για τον **Ιανουάριο** (σχήμα 3.7.α.) το μεγαλύτερο ποσοστό των διαφορών των ελαχίστων θερμοκρασιών εμφανίζεται μεταξύ των τιμών 0,6-1,0°C και έχει τιμή 11,2%. Αρκετά σημαντικά είναι τα ποσοστά των συχνοτήτων των διαφορών αυτών για τιμές θερμοκρασίας από -1,4 έως 4,0°C, ενώ λιγότερο σημαντικά είναι για θερμοκρασίες από -2,9 έως -1,5°C και από 4,1 έως 5,0°C. Ωστόσο, αξίζει να σημειωθεί ότι υπάρχουν για το μήνα αυτό, έστω και σε πολύ μικρά ποσοστά (<1%) διαφορές θερμοκρασιών από -6,0 έως -3,0°C αλλά και από 5,1 έως ακόμη και 8,5°C. Εξάλλου, αξίζει να αναφερθεί ότι η Μίκρα υπερτερεί θερμοκρασιακά του κέντρου της Θεσσαλονίκης κατά 5,6°C (σε ποσοστό 0,2%), που είναι και η μέγιστη αρνητική διαφορά μεταξύ των σταθμών, ενώ το κέντρο της πόλης παρουσιάζεται κατά 8,5°C θερμότερο από το σταθμό της Μίκρας (σε ποσοστό 0,1%).



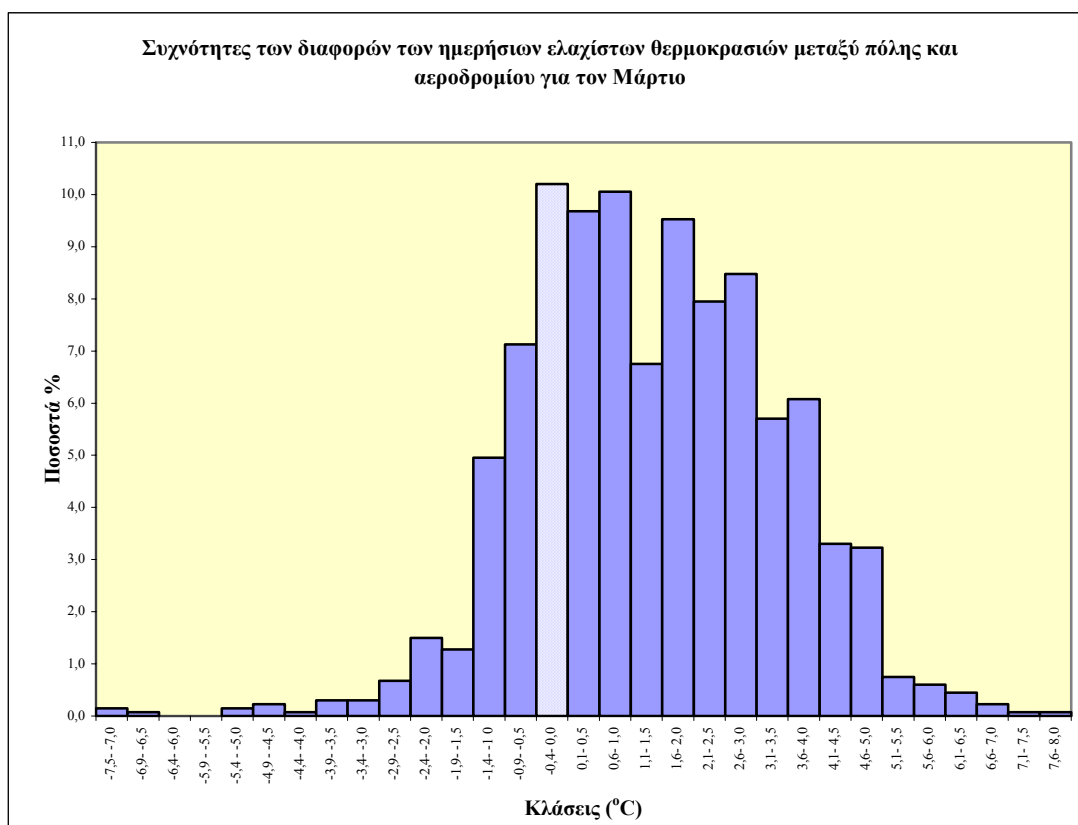
**Σχήμα 3.7.α.** Συχνότητες των διαφορών των ημερήσιων ελαχίστων θερμοκρασιών μεταξύ πόλης και αεροδρομίου για τον Ιανουάριο.

Για τον **Φεβρουάριο** (σχήμα 3.7.β.) το μεγαλύτερο ποσοστό των διαφορών των ελαχίστων θερμοκρασιών (11,2%) εντοπίζεται στην κλάση  $-0,4-0,0^{\circ}\text{C}$ . Αρκετά σημαντικά φαίνεται πως είναι και σ' αυτή την περίπτωση τα ποσοστά των συχνοτήτων για θερμοκρασίες από  $-1,4$  έως  $4,0^{\circ}\text{C}$ , ενώ λιγότερο σημαντικά είναι για θερμοκρασίες από  $-2,9$  έως  $-2,5^{\circ}\text{C}$  και από  $4,1$  έως  $5,0^{\circ}\text{C}$ . Αξίζει να σημειωθεί ότι για τον Φεβρουάριο, έστω και με πολύ χαμηλές συχνότητες εμφάνισης, σημειώνονται διαφορές ακόμη και της τάξεως των  $-9,3^{\circ}\text{C}$  (όπου θερμότερη εμφανίζεται η Μίκρα σε σχέση με το Α.Π.Θ.) αλλά όμως και διαφορές της τάξης των  $9^{\circ}\text{C}$ , όπου η πόλη της Θεσσαλονίκης εμφανίζεται θερμότερη του αεροδρομίου της Μίκρας. Τα ποσοστά αυτά βέβαια είναι μικρότερα ή ίσα του 0,1%.



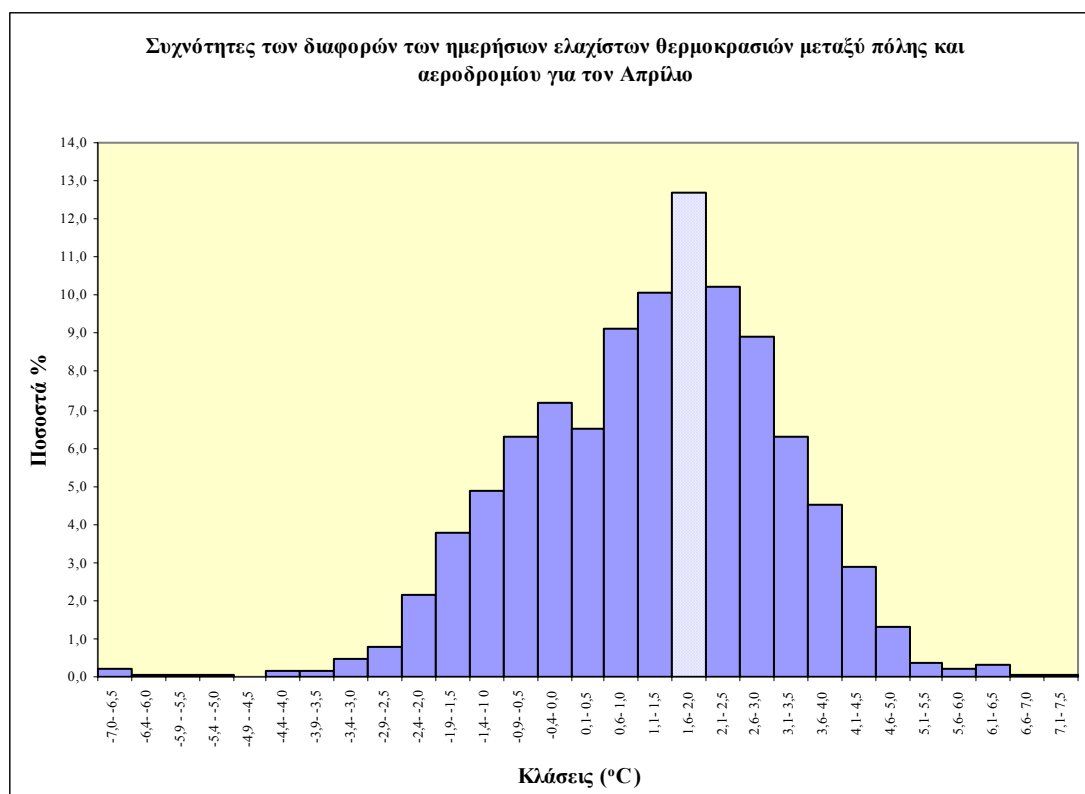
**Σχήμα 3.7.β.** Συχνότητες των διαφορών των ημερήσιων ελαχίστων θερμοκρασιών μεταξύ πόλης και αεροδρομίου για τον Φεβρουάριο.

Για τον **Μάρτιο** (σχήμα 3.7.γ.) η μεγαλύτερη συχνότητα των διαφορών των ελαχίστων θερμοκρασιών (10,2%) παρουσιάζεται μεταξύ  $-0,4-0,0^{\circ}\text{C}$ . Αρκετά σημαντικά είναι τα ποσοστά των συχνοτήτων για τιμές θερμοκρασίας από  $-1,4$  έως  $4,0^{\circ}\text{C}$ , ενώ λιγότερο σημαντικά είναι για θερμοκρασίες από  $-2,4$  έως  $-1,5^{\circ}\text{C}$  και από  $4,1$  έως  $5,0^{\circ}\text{C}$ . Έστω και σε πολύ μικρά ποσοστά ( $<1\%$ ) καταγράφονται διαφορές στις θερμοκρασίες για διάφορες κλάσεις, με πιο σημαντικές αυτές των  $-7,3^{\circ}\text{C}$  (η Μίκρα δηλαδή παρουσιάζεται μέχρι και κατά  $7,3^{\circ}\text{C}$  θερμότερη από το Α.Π.Θ., σε ποσοστό 0,2%), αλλά και διαφορές της τάξης των  $8^{\circ}\text{C}$  όπου το κέντρο της πόλης είναι θερμότερο μέχρι και κατά  $8^{\circ}\text{C}$  από τη Μίκρα (σε ποσοστό 0,1%).



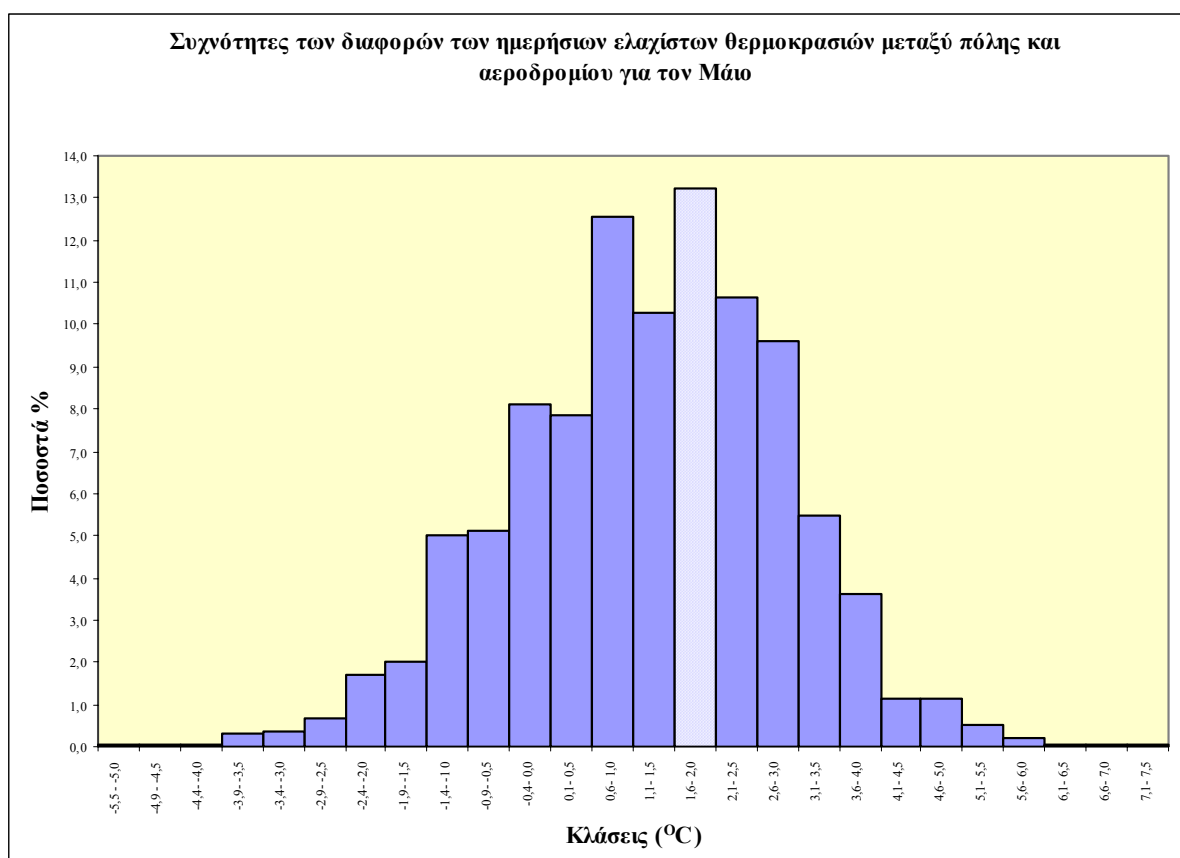
**Σχήμα 3.7.γ.** Συχνότητες των διαφορών των ημερήσιων ελαχίστων θερμοκρασιών μεταξύ πόλης και αεροδρομίου για το Μάρτιο.

Για τον **Απρίλιο** (σχήμα 3.7.δ.) η μεγαλύτερη συχνότητα των διαφορών των ελαχίστων θερμοκρασιών εμφανίζεται μεταξύ  $1,6-2,0^{\circ}\text{C}$  σε ποσοστό 12,7%. Σημαντικά είναι τα ποσοστά των συχνοτήτων για τιμές θερμοκρασίας από  $-0,9$  έως  $3,5^{\circ}\text{C}$ , ενώ λιγότερο σημαντικά είναι για θερμοκρασίες από  $-2,4$  έως  $-1,0^{\circ}\text{C}$  και από  $3,6$  έως  $5,0^{\circ}\text{C}$ . Ωστόσο καταγράφονται και διαφορές με πολύ μικρή συχνότητα εμφάνισης ( $<0,1\%$ ), δηλαδή διαφορές μέχρι και  $-7,0^{\circ}\text{C}$  (όπου και πάλι η Μίκρα παρουσιάζεται μέχρι και κατά  $7,0^{\circ}\text{C}$  θερμότερη από το Α.Π.Θ., σε ποσοστό 0,2%), ενώ το κέντρο της πόλης μπορεί να έχει θερμοκρασία μέχρι και  $7,4^{\circ}\text{C}$  μεγαλύτερη από εκείνη του σταθμού της Μίκρας σε πολύ μικρά ποσοστά ( $<0,1\%$ ).



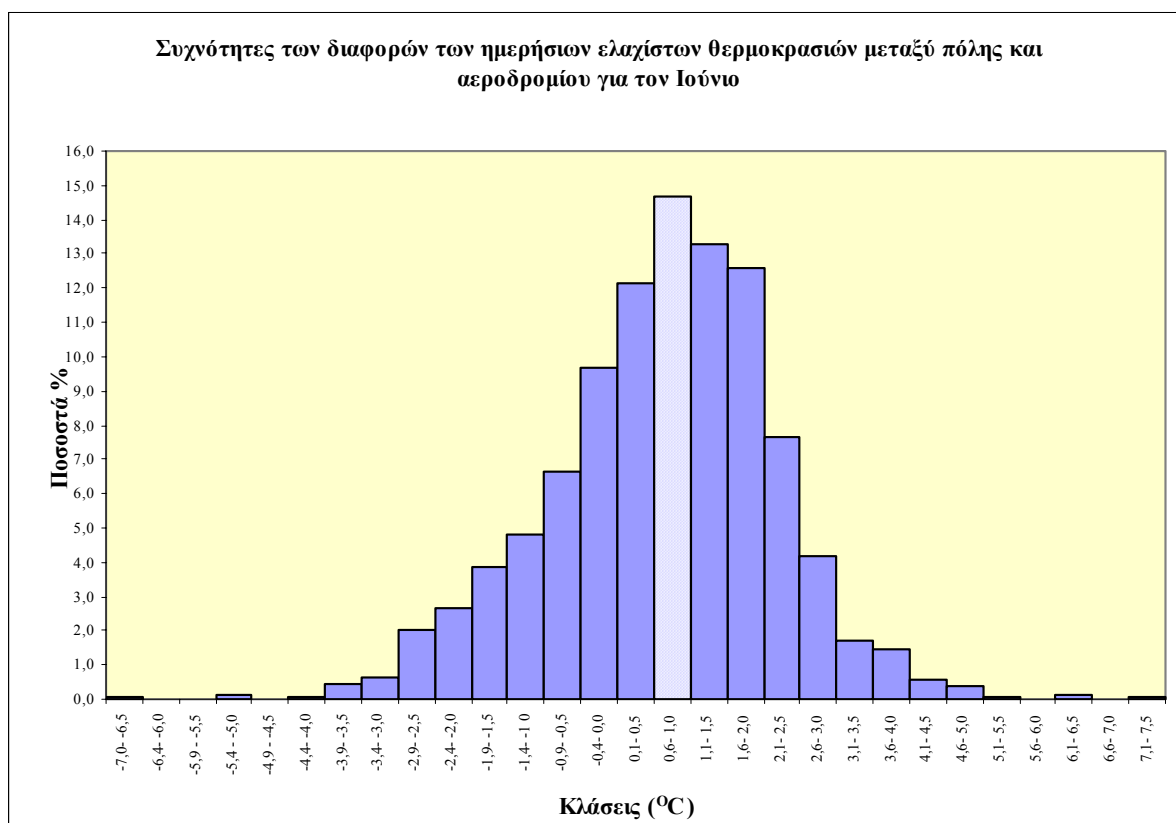
**Σχήμα 3.7.δ.** Συχνότητες των διαφορών των ημερήσιων ελαχίστων θερμοκρασιών μεταξύ πόλης και αεροδρομίου για τον Απρίλιο.

Για τον **Μάιο** (σχήμα 3.7.ε.) η κλάση με τη μεγαλύτερη συχνότητα είναι αυτή των 1,6–2,0°C, σε ποσοστό 13,2%. Αρκετά σημαντικά είναι τα ποσοστά των συχνοτήτων για τιμές θερμοκρασίας από –1,4 έως 3,5°C, ενώ λιγότερο σημαντικά είναι για θερμοκρασίες από –2,4 έως –1,5°C και από 3,6 έως 5,0°C. Έστω και σε πολύ μικρά ποσοστά (<1%) καταγράφονται διαφορές στις θερμοκρασίες, οι οποίες κυμαίνονται από –5,5 έως –2,5°C και από 5,1 έως 7,5°C, που σημαίνει ότι η Μίκρα είναι δυνατόν να παρουσιάζεται μέχρι και κατά 5,1°C θερμότερη από ότι το Α.Π.Θ. (σε ποσοστό 0,1%). Αυτή άλλωστε είναι και η μεγαλύτερη αρνητική διαφορά μεταξύ των σταθμών για τον συγκεκριμένο μήνα, ενώ το κέντρο της πόλης μπορεί να έχει θερμοκρασία μέχρι και 7,2°C υψηλότερη από αυτή του σταθμού της Μίκρας (σε ποσοστό 0,1%).



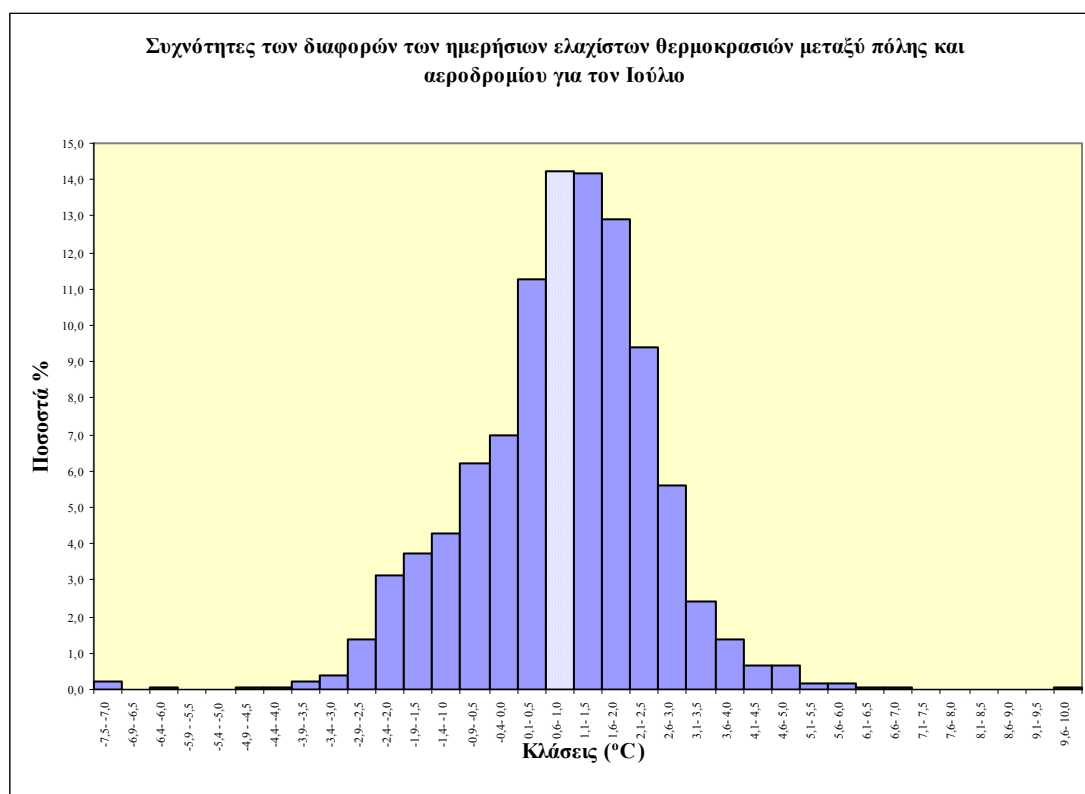
**Σχήμα 3.7.ε.** Συχνότητες των διαφορών των ημερήσιων ελαχίστων θερμοκρασιών μεταξύ πόλης και αεροδρομίου για τον Μάιο.

Για τον **Ιούνιο** (σχήμα 3.7.στ.) η υψηλότερη συχνότητα των διαφορών κείται μεταξύ 0,6 και 1,0°C, σε ποσοστό 14,7%. Με ποσοστά εμφάνισης >4% σημειώνονται τιμές θερμοκρασίας μεταξύ -1,4 και 2,5°C, ενώ με λιγότερο σημαντικά ποσοστά εμφάνισης (από 1% έως 4%) θερμοκρασίες από -2,9 έως -1,5°C και από 2,6 έως 4,0°C. Όπως και στους προηγούμενους μήνες σε πολύ μικρά ποσοστά (<1%) καταγράφονται διαφορές στις θερμοκρασίες, από τις οποίες οι πιο σημαντικές είναι αυτή των -6,6°C, όπου η Μίκρα για τον μήνα αυτό παρουσιάζεται μέχρι και κατά 6,6°C θερμότερη από το Α.Π.Θ. σε ποσοστό 0,1%, αλλά και εκείνη των 7,4°C (όπου το κέντρο της πόλης είναι θερμότερο μέχρι και κατά 7,4°C από τη Μίκρα, σε ποσοστό 0,1%).



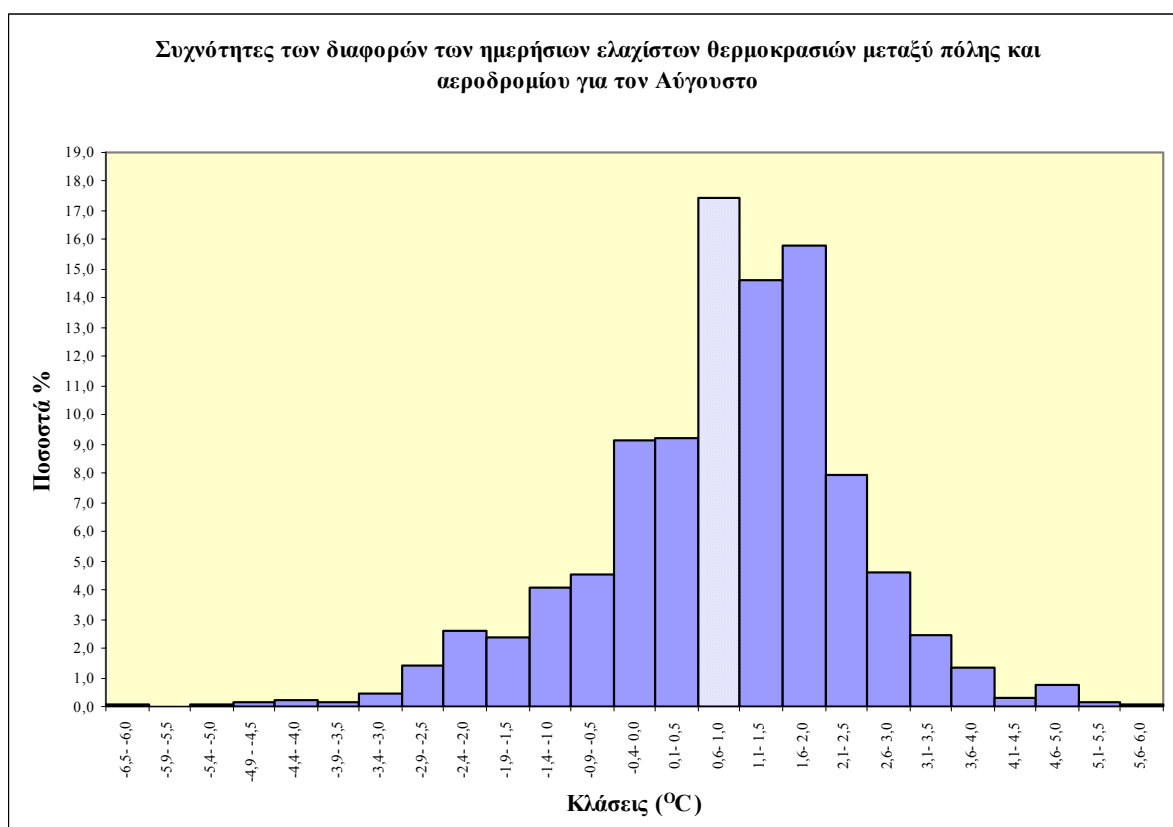
**Σχήμα 3.7.στ.** Συχνότητες των διαφορών των ημερήσιων ελαχίστων θερμοκρασιών μεταξύ πόλης και αεροδρομίου για τον Ιούνιο.

Όσον αφορά στον **Ιούλιο** (σχήμα 3.7.ζ.) η μεγαλύτερη συχνότητα των διαφορών των ελαχίστων θερμοκρασιών μεταξύ των δύο σταθμών παρουσιάζεται μεταξύ  $0,6-1,0^{\circ}\text{C}$  (14,3%). Παρατηρείται επίσης ότι αρκετά σημαντικά είναι τα ποσοστά για τιμές θερμοκρασίας από  $-1,4$  έως  $3,0^{\circ}\text{C}$ , ενώ λιγότερο σημαντικά για θερμοκρασίες από  $-2,9$  έως  $-1,5^{\circ}\text{C}$  και από  $3,1$  έως  $4,0^{\circ}\text{C}$ . Σε πολύ μικρά ποσοστά (<1%) σημειώνονται και πάλι διαφορές θερμοκρασιών σημαντικά υψηλές. Έτσι η Μίκρα για τον μήνα αυτό παρουσιάζεται ακόμη και κατά  $7,5^{\circ}\text{C}$  θερμότερη από το Α.Π.Θ. έστω και σε πολύ μικρό ποσοστό (0,2%), που αποτελεί και τη μέγιστη αρνητική διαφορά μεταξύ των σταθμών, ενώ το κέντρο της πόλης έχει θερμοκρασία μέχρι και  $9,8^{\circ}\text{C}$  υψηλότερη από την περιφέρεια (σε ποσοστό 0,1%).



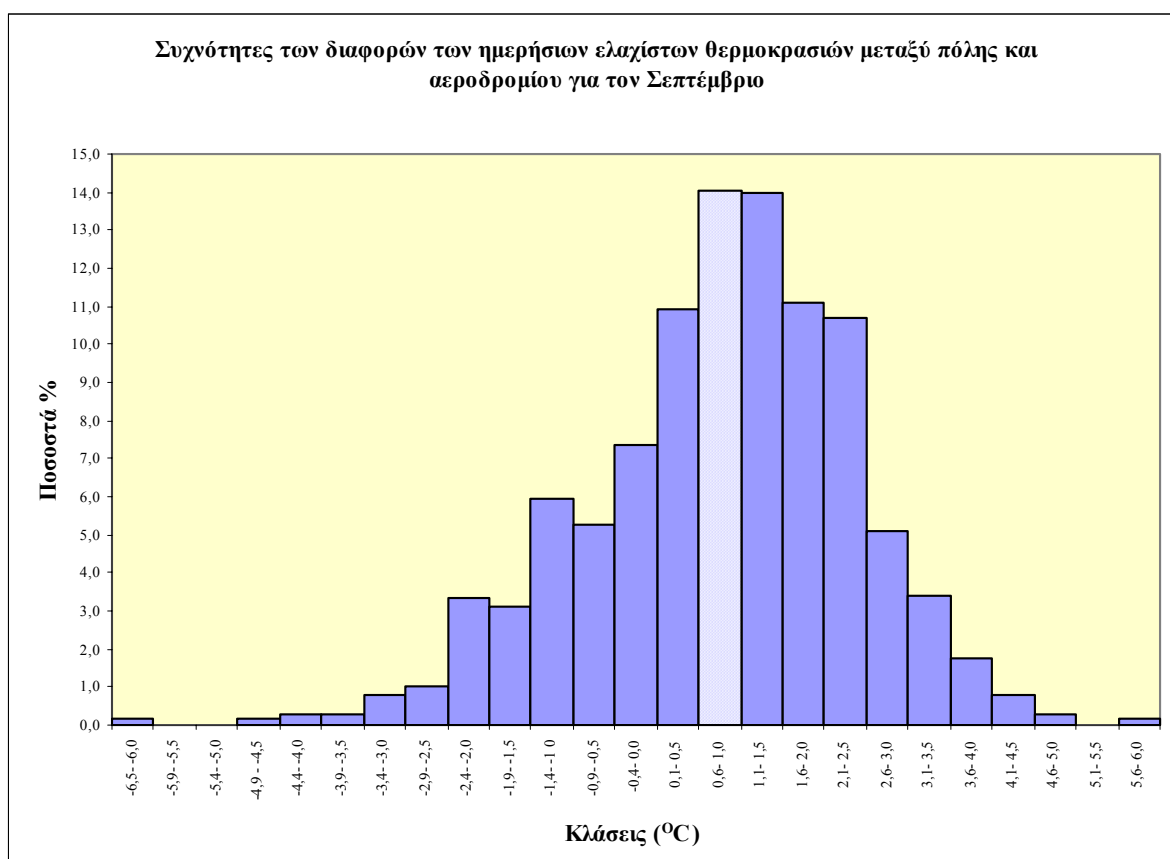
**Σχήμα 3.7.ζ.** Συχνότητες των διαφορών των ημερήσιων ελαχίστων θερμοκρασιών μεταξύ πόλης και αεροδρομίου για τον Ιούλιο.

Για τον **Αύγουστο** (σχήμα 3.7.η.) η μεγαλύτερη συχνότητα των διαφορών των ελαχίστων θερμοκρασιών παρουσιάζεται και πάλι μεταξύ  $0,6-1,0^{\circ}\text{C}$  σε ποσοστό υψηλότερο όμως απ' ότι προηγουμένως, δηλαδή  $17,4\%$ . Παρατηρείται επίσης ότι αρκετά σημαντικά είναι τα ποσοστά των διαφορών από  $-0,4$  έως  $2,5^{\circ}\text{C}$ , ενώ λιγότερο σημαντικά είναι για τις διαφορές από  $-2,9$  έως  $-0,5^{\circ}\text{C}$  και από  $2,6$  έως  $4,0^{\circ}\text{C}$ . Αξίζει να σημειωθεί ότι και για τον Αύγουστο καταγράφονται διαφορές θερμοκρασιών που φτάνουν ακόμη και τους  $-6,1^{\circ}\text{C}$  (δηλαδή η Μίκρα είναι θερμότερη από το Α.Π.Θ. σε ποσοστό  $0,1\%$ ) που αντιστοιχεί και στη μέγιστη αρνητική διαφορά μεταξύ των σταθμών), αλλά και διαφορές που αγγίζουν τους  $5,7^{\circ}\text{C}$  (γεγονός που σημαίνει και πάλι ότι το κέντρο της πόλης έχει θερμοκρασία μέχρι και  $5,7^{\circ}\text{C}$  υψηλότερη της Μίκρας σε ποσοστό  $0,1\%$ ).



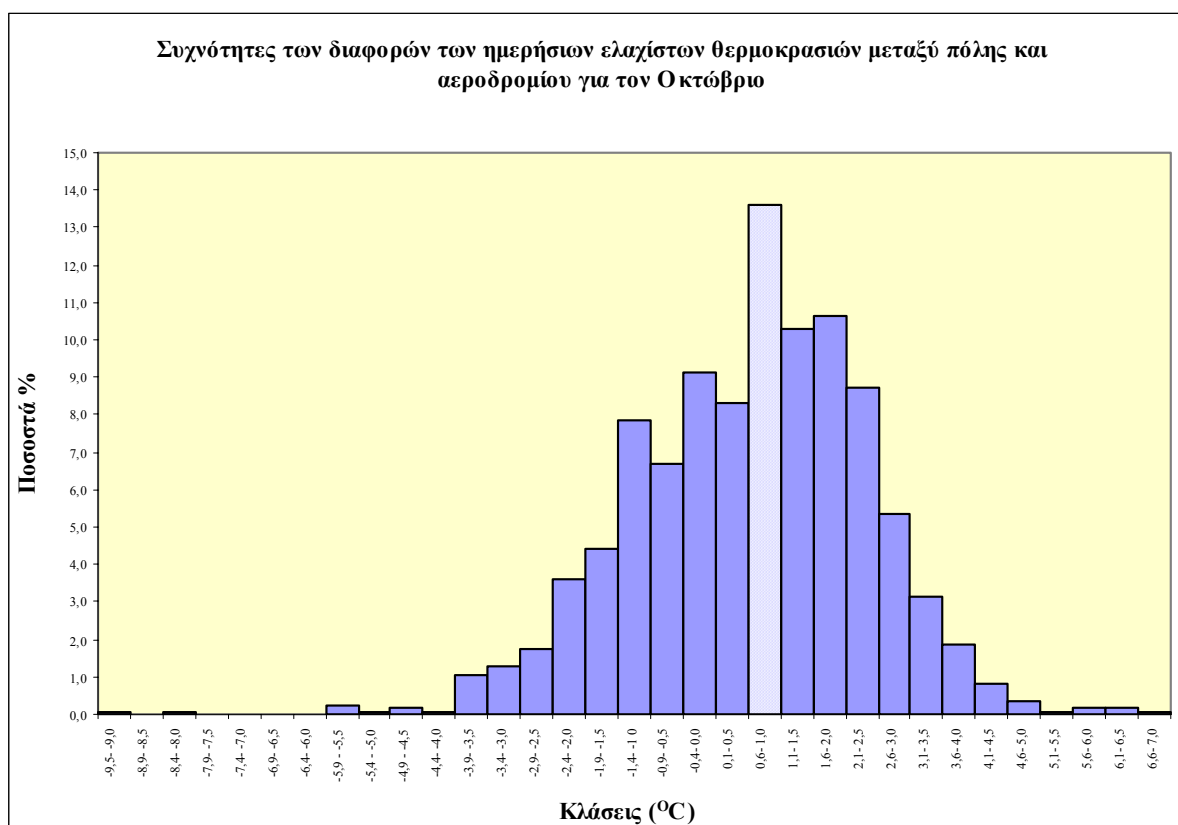
**Σχήμα 3.7.η.** Συχνότητες των διαφορών των ημερήσιων ελαχίστων θερμοκρασιών μεταξύ πόλης και αεροδρομίου για τον Αύγουστο.

Για το **Σεπτέμβριο** (σχήμα 3.7.θ.) η μεγαλύτερη συχνότητα των διαφορών των ελαχίστων θερμοκρασιών παρουσιάζεται στην κλάση μεταξύ  $0,6-1,0^{\circ}\text{C}$ , σε ποσοστό που φτάνει το 14,0%. Αρκετά σημαντικά είναι και τα ποσοστά που σημειώνονται για τιμές θερμοκρασίας από  $-1,4$  έως  $3,0^{\circ}\text{C}$ , ενώ λιγότερο σημαντικά είναι για τις θερμοκρασίες μεταξύ  $-2,9$  και  $-1,5^{\circ}\text{C}$  αλλά και μεταξύ  $3,1$  και  $4,0^{\circ}\text{C}$ . Και στην περίπτωση του Σεπτεμβρίου όμως, έστω και σε πολύ μικρά ποσοστά σημειώνονται διαφορές στις θερμοκρασίες, με περισσότερο σημαντικές αυτές των  $-6,2^{\circ}\text{C}$  και των  $5,8^{\circ}\text{C}$ , σε ποσοστά 0,2% και στις δύο περιπτώσεις.



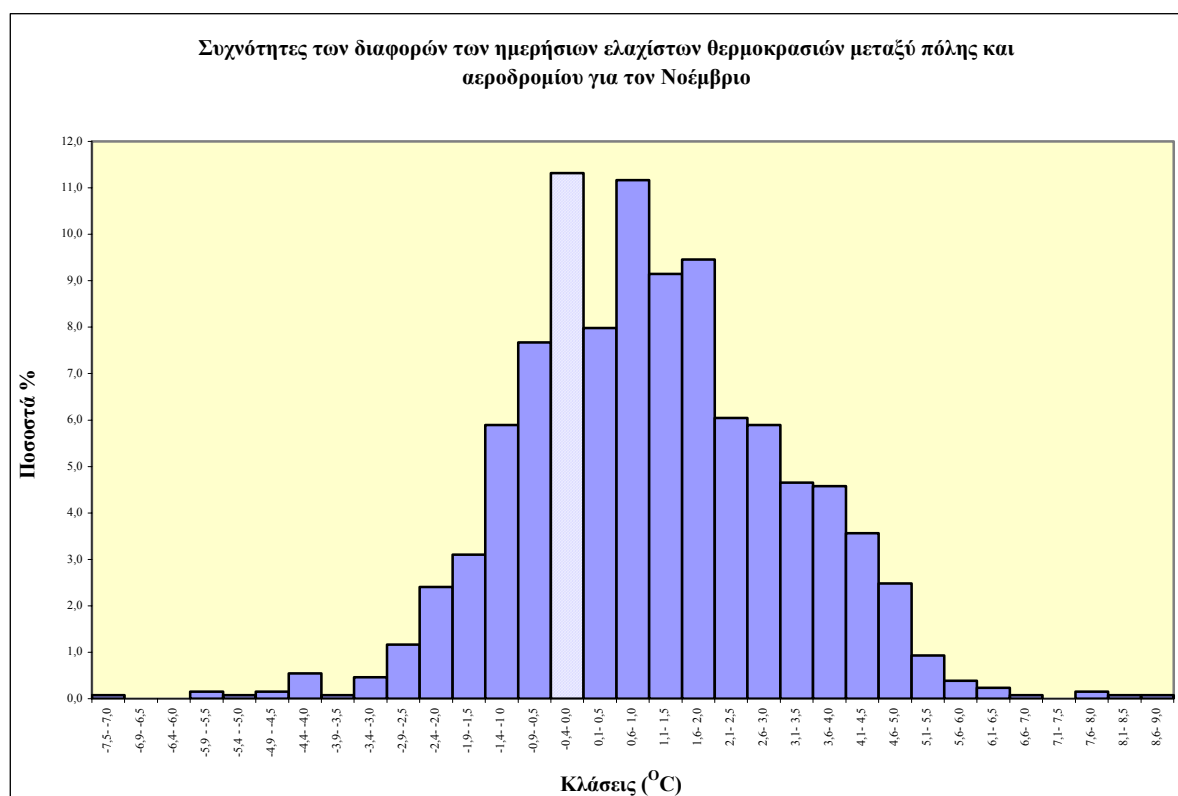
**Σχήμα 3.7.θ.** Συχνότητες των διαφορών των ημερήσιων ελαχίστων θερμοκρασιών μεταξύ πόλης και αεροδρομίου για το Σεπτέμβριο.

Σε ότι αφορά τον **Οκτώβριο** (σχήμα 3.7.ι.) η μεγαλύτερη συχνότητα των διαφορών των ελαχίστων θερμοκρασιών (13,6%) παρουσιάζεται σε μια κλάση, δηλαδή από 0,6 έως 1,0°C, όπως και κατά τους τέσσερις προηγούμενους μήνες. Σημειώνεται ότι αρκετά σημαντικά (>4%) είναι τα ποσοστά για τιμές θερμοκρασίας από -1,9 έως 3,0°C, ενώ λιγότερο σημαντικά είναι για θερμοκρασίες από -3,9 έως -2,0°C και από 3,1 έως 4,0°C. Όμως είναι εντυπωσιακό έστω και σε ποσοστά <1% σημειώνονται έντονες διαφορές στις θερμοκρασίες, καθώς η Μίκρα για τον Οκτώβριο παρουσιάζεται μέχρι και ως 9,1°C θερμότερη από το Α.Π.Θ. (σε ποσοστό 0,1%), που είναι και η μέγιστη αρνητική διαφορά μεταξύ των σταθμών για το μήνα αυτό, ενώ το κέντρο της πόλης έχει θερμοκρασία μέχρι και 6,7°C υψηλότερη από αυτή του αεροδρομίου (σε ποσοστό 0,1%).



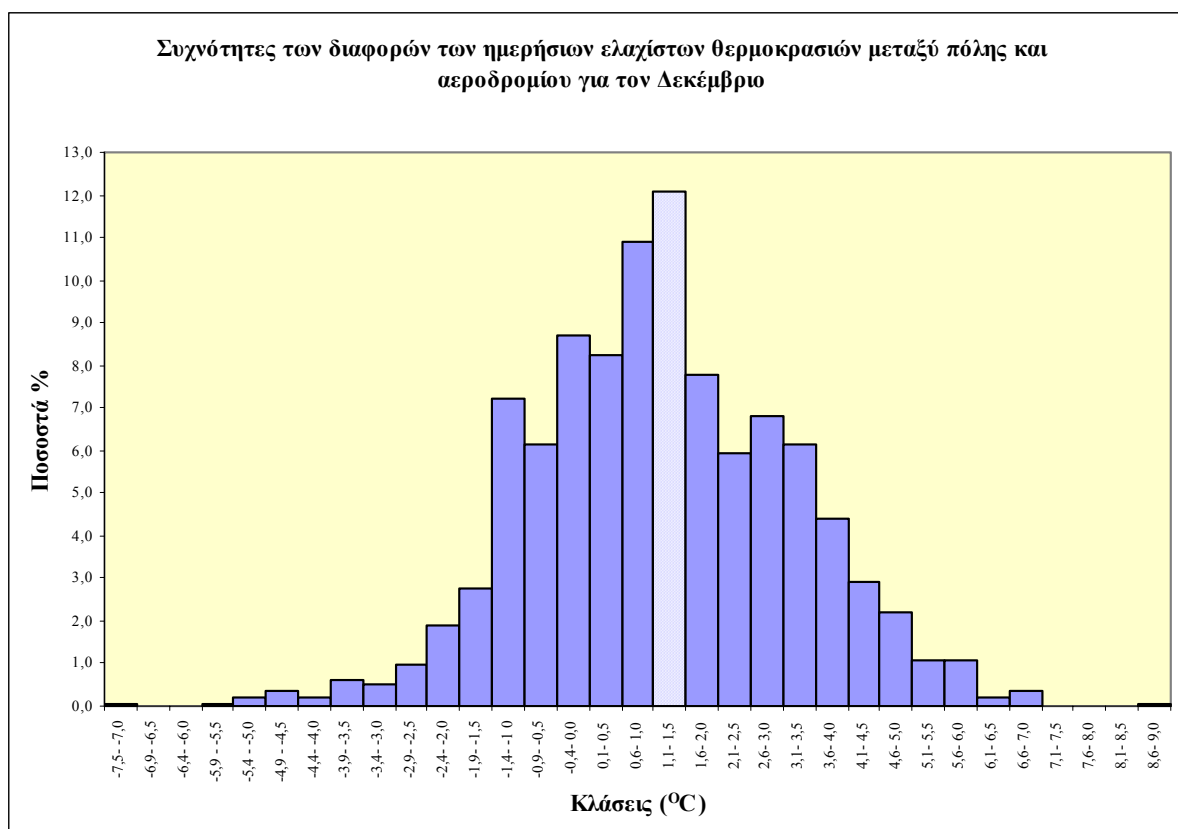
**Σχήμα 3.7.ι.** Συχνότητες των διαφορών των ημερήσιων ελαχίστων θερμοκρασιών μεταξύ πόλης και αεροδρομίου για τον Οκτώβριο.

Για τον **Νοέμβριο** (σχήμα 3.7.ια.) η μεγαλύτερη συχνότητα των διαφορών των ελαχίστων θερμοκρασιών σημειώνεται μεταξύ  $-0,4$  και  $0,0^{\circ}\text{C}$  σε ποσοστό 11,3%. Από το αντίστοιχο γράφημα προκύπτει ότι αρκετά σημαντικά είναι τα ποσοστά για τιμές θερμοκρασίας από  $-1,4$  έως  $4,0^{\circ}\text{C}$ , ενώ λιγότερο σημαντικά (1%-4%) είναι για θερμοκρασίες από  $-2,9$  έως  $-1,5^{\circ}\text{C}$  και από  $4,1$  έως  $5,0^{\circ}\text{C}$ . Όμως, όπως και σε όλους τους προηγούμενους μήνες, έτσι και στην περίπτωση αυτή έστω και σε πολύ μικρά ποσοστά (<1%) σημειώνονται διαφορές στις θερμοκρασίες, με κυριότερες εκείνες των  $-7,2^{\circ}\text{C}$  και των  $8,7^{\circ}\text{C}$ . Το γεγονός αυτό σημαίνει ότι η Μίκρα για τον μήνα αυτό παρουσιάζεται μέχρι και κατά  $7,2^{\circ}\text{C}$  θερμότερη από το Α.Π.Θ. (σε ποσοστό 0,1%). Αυτή η τιμή αντιστοιχεί και στη μέγιστη αρνητική διαφορά μεταξύ των σταθμών για το μήνα αυτό. Επίσης, σημαίνει ότι το κέντρο της πόλης είναι θερμότερο ως και  $8,7^{\circ}\text{C}$  από τη Μίκρα (σε ποσοστό 0,1%).



**Σχήμα 3.7.ια.** Συχνότητες των διαφορών των ημερήσιων ελαχίστων θερμοκρασιών μεταξύ πόλης και αεροδρομίου για το Νοέμβριο.

Τέλος, για τον **Δεκέμβριο** (σχήμα 3.7.ιβ.) η μεγαλύτερη συχνότητα των διαφορών των ελαχίστων θερμοκρασιών σημειώνεται μεταξύ 1,1 και 1,5°C σε ποσοστό 12,1%. Από το σχήμα φαίνεται ότι αρκετά σημαντικά είναι τα ποσοστά για τιμές θερμοκρασίας από -1,4 έως 4,0°C, ενώ λιγότερο σημαντικά είναι για θερμοκρασίες από -2,9 έως -1,5°C και από 4,1 έως 6,0°C. Τονίζεται ότι έστω και σε πολύ μικρά ποσοστά σημειώνονται διαφορές στις θερμοκρασίες, οι οποίες φτάνουν μέχρι και τους -7,5°C αλλά και τους 9,0°C. Δηλαδή η Μίκρα για τον μήνα αυτό εμφανίζεται μέχρι και κατά 7,4°C θερμότερη από το Α.Π.Θ. (σε ποσοστό 0,1%). Το κέντρο της πόλης κάποιες ημέρες (ποσοστό 0,1%) έχει θερμοκρασία μέχρι και 8,8°C μεγαλύτερη απ' ότι η Μίκρα.



**Σχήμα 3.7.ιβ.** Συχνότητες των διαφορών των ημερήσιων ελαχίστων θερμοκρασιών μεταξύ πόλης και αεροδρομίου για το Δεκέμβριο.

Συμπερασματικά, θα μπορούσε να παρατηρηθεί ότι κατά τους ψυχρούς μήνες του έτους το μεγαλύτερο μέρος των τιμών των διαφορών της θερμοκρασίας βρίσκεται δεξιά της επικρατέστερης τιμής, ενώ κατά τη μετάβαση προς τους θερινούς μήνες του έτους το φαινόμενο αντιστρέφεται, με αποτέλεσμα το μεγαλύτερο πλήθος των διαφορών των θερμοκρασιών να βρίσκεται στα αριστερά της επικρατούσας τιμής. Πρέπει επίσης να τονιστεί γενικά και εξετάζοντας τις ελάχιστες ημερήσιες θερμοκρασίες, ότι η πόλη είναι θερμότερη από την περιφέρεια, καθώς οι θετικές τιμές των διαφορών της θερμοκρασίας είναι αριθμητικά περισσότερες και με πολύ υψηλά ποσοστά συχνοτήτων. Επιπλέον, αξίζει να σημειωθεί ότι πριν από τη χαμηλότερη ή την υψηλότερη διαφορά, σχεδόν σε κάθε μήνα υπάρχουν κενά, δηλαδή μηδενικά ποσοστά συχνοτήτων διαφορών των ελαχίστων θερμοκρασιών.

Καθώς το σύνολο των εξεταζόμενων ετών για τους σταθμούς Α.Π.Θ. και Μίκρας είναι 43 χρόνια, υπολογίζεται το πλήθος των ημερών που αντιστοιχούν σε κάθε μήνα. Έτσι, για τους μήνες με 31 ημέρες το σύνολο των ημερών είναι 1333, για τους μήνες με 30 ημέρες είναι 1290 και για τον Φεβρουάριο είναι 1215 ημέρες.

Ξεκινώντας λοιπόν από τον πρώτο μήνα του έτους, τον **Ιανουάριο**, από τις 1333 ημέρες οι 29 από αυτές δίνουν σημαντικές διαφορές απολύτων ελαχίστων θερμοκρασιών μεταξύ των δύο σταθμών. Αυτό σημαίνει ότι για 29 ημέρες η πόλη βρέθηκε ότι ήταν από 5,1°C και πάνω θερμότερη από την περιφέρεια και έστω και για 1 ημέρα από τις 1333 η πόλη βρέθηκε θερμότερη από τη Μίκρα κατά 8,5°C. Για τον **Φεβρουάριο** από τις 1215 ημέρες οι 29 εμφανίζουν αρκετά υψηλές διαφορές θερμοκρασίας μεταξύ των δύο σταθμών.

Τον **Μάρτιο** προκύπτουν 30 ημέρες κατά τις οποίες η πόλη είναι θερμότερη της περιφέρειας κατά 5,1°C και περισσότερο. Έστω και για 1 ημέρα για τον συγκεκριμένο μήνα ο σταθμός του Α.Π.Θ. κατέγραψε θερμοκρασία υψηλότερη από εκείνον της Μίκρας κατά 8°C. Όσον αφορά στον **Απρίλιο**, 14 ημέρες από τις 1290 του Απριλίου παρουσιάζουν αρκετά υψηλές διαφορές στη θερμοκρασία μεταξύ Α.Π.Θ. και Μίκρας και η πόλη είναι θερμότερη κατά 7,4°C από τη Μίκρα έστω και για μια ημέρα για τον Απρίλιο.

Για το **Μάιο** οι μέρες που απαντούν σε ποσοστό <1% είναι 13, γεγονός που υποδηλώνει ότι για 13 από τις 1333 ημέρες το κέντρο της πόλης ήταν πιο θερμό από

την περιφέρεια, κατά  $5,1^{\circ}\text{C}$  ή και περισσότερο, καθώς και ότι έστω και για 1 ημέρα η υψηλότερη διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ Α.Π.Θ. και Μίκρας ήταν  $7,2^{\circ}\text{C}$ , πάντα με το Α.Π.Θ. να υπερισχύει θερμοκρασιακά. Προχωρώντας στον **Ιούνιο**, παρατηρείται ότι για 16 ημέρες από το σύνολο των 1290 το κέντρο παρουσιάζεται θερμότερο της περιφέρειας κατά  $4,1^{\circ}\text{C}$  και πάνω. Εξάλλου, η υψηλότερη διαφορά μεταξύ των ελαχίστων θερμοκρασιών ( $7,5^{\circ}\text{C}$ ) συναντάται σε ποσοστό 0,1%, που σημαίνει ότι και πάλι για 1 ημέρα η πόλη βρέθηκε ότι ήταν θερμότερη από το αεροδρόμιο με διαφορά  $7,4^{\circ}\text{C}$ .

Κατά τον **Ιούλιο**, για 25 ημέρες εκ των 1333 για όλη τη χρονική περίοδο και για τον συγκεκριμένο μήνα οι διαφορές στη θερμοκρασία είναι υψηλότερες από  $4,1^{\circ}\text{C}$ . Στην τελευταία κλάση αντιστοιχεί η μέγιστη διαφορά ( $9,8^{\circ}\text{C}$ ), όπου έστω και για 1 ημέρα το κέντρο σημειώνει την υψηλότερη θερμοκρασία από την περιφέρεια. Στη συνέχεια εξετάζοντας τον **Αύγουστο**, το σύνολο των συχνοτήτων εμφάνισης των διαφορών συγκεντρώθηκε και βρέθηκε ότι για 17 από τις 1333 ημέρες η πόλη ήταν πιο θερμή από τη Μίκρα με διαφορά που ξεκινάει από τους  $4,1^{\circ}\text{C}$  και καταλήγει στην υψηλότερη των διαφορών η οποία είναι οι  $5,7^{\circ}\text{C}$ . Η διαφορά αυτή εμφανίστηκε για 1 ημέρα μόνο για τον συγκεκριμένο μήνα.

Σε ότι αφορά τον **Σεπτέμβριο**, τα αποτελέσματα φανερώνουν ότι για 16 ημέρες η πόλη υπερτερεί θερμοκρασιακά της Μίκρας με διαφορά θερμοκρασίας από  $4,1^{\circ}\text{C}$  και περισσότερο. Ωστόσο, στην περίπτωση του Σεπτεμβρίου, η μεγαλύτερη διαφορά στη θερμοκρασία των σταθμών βρέθηκε ότι καταγράφηκε για 2 ημέρες από τις 1290 του συνόλου και αυτή ανέρχεται στους  $5,8^{\circ}\text{C}$ . Για τον **Οκτώβριο** 22 ημέρες παρουσιάζουν διαφορές στη θερμοκρασία από  $4,1^{\circ}\text{C}$  και πάνω. Επιπλέον, καθώς η μέγιστη διαφορά στη θερμοκρασία είναι αυτή των  $6,7^{\circ}\text{C}$ , πρέπει να σημειωθεί ότι για 22 ημέρες η θερμοκρασία στο κέντρο της Θεσσαλονίκης υπερείχε κατά  $6,7^{\circ}\text{C}$  της Μίκρας για τον Οκτώβριο.

Συνεχίζοντας για τον **Νοέμβριο**, το άθροισμα των ποσοστών που αντιστοιχούν στις κλάσεις αυτές μεταφράζεται σε 25 ημέρες. Δηλαδή από τις 1290 ημέρες για τον συγκεκριμένο μήνα οι 25 από αυτές δίνουν σημαντικές διαφορές απολύτων ελαχίστων θερμοκρασιών μεταξύ των δύο σταθμών και έστω και για μια

ημέρα από τις 1290 η πόλη βρέθηκε θερμότερη από τη Μίκρα κατά  $8,7^{\circ}\text{C}$ . Τέλος όσον αφορά στον **Δεκέμβριο**, προκύπτει ότι για 9 ημέρες από το σύνολο των 1333 οι διαφορές της θερμοκρασίας ξεπερνούν τους  $6,1^{\circ}\text{C}$ , η πόλη δηλαδή είναι θερμότερη από τη Μίκρα κατά  $6,1^{\circ}\text{C}$  ή και παραπάνω. Οι  $8,8^{\circ}\text{C}$  αντιπροσωπεύουν την υψηλότερη διαφορά στις θερμοκρασίες των δύο σταθμών, διαφορά η οποία σημειώθηκε έστω για 1 μόνο ημέρα. Επομένως, το σύνολο των ημερών κατά τις οποίες καταγράφονται υψηλές διαφορές στις ελάχιστες θερμοκρασίες μεταξύ των σταθμών του Α.Π.Θ. και της Μίκρας ( $>4,1^{\circ}\text{C}$ ) δεν μπορεί σε καμία περίπτωση να περάσει απαρατήρητο, καθώς είναι για όλους τους μήνες αρκετά σημαντικό.

Ο πίνακας 3.7. που ακολουθεί περιέχει το ποσοστό των θετικών διαφορών των ημερήσιων απολύτων ελαχίστων θερμοκρασιών μεταξύ των σταθμών του Α.Π.Θ. και της Μίκρας για κάθε μήνα ξεχωριστά. Παρατηρείται ότι τα ποσοστά των θετικών διαφορών είναι μεγαλύτερα από το 63%, που σημαίνει ότι σε υψηλό ποσοστό όλο το έτος η πόλη εμφανίζεται θερμότερη από την περιφέρεια, γεγονός που θα πρέπει να αποδοθεί στην αστικοποίηση της περιοχής. Αναλυτικά τονίζεται ότι το φαινόμενο αυτό είναι εντονότερο κατά το Μάιο με ποσοστό 76,4% θετικών διαφορών, ακολουθεί ο Αύγουστος με ποσοστό 74,7% και οι μεταβατικοί μήνες Απρίλιος (73,6%) και Μάρτιος (73,0%). Χαμηλότερο ποσοστό αλλά εξίσου αξιόλογο καταγράφεται τον Οκτώβριο (63,5%) και τον Νοέμβριο (66,9%).

**Πίνακας 3.7.** Οι επί τοις εκατό συχνότητες των θετικών διαφορών των ημερήσιων απόλυτα ελαχίστων θερμοκρασιών μεταξύ πόλης και αεροδρομίου.

| ΜΗΝΕΣ | Ι    | Φ    | Μ    | Α    | Μ    | Ι    | Ι    | Α    | Σ    | Ο    | Ν    | Δ    |
|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| %     | 67,3 | 67,6 | 73,0 | 73,6 | 76,4 | 68,9 | 73,2 | 74,7 | 72,2 | 63,5 | 66,9 | 70,2 |

Οι θετικές διαφορές των ημερήσιων απόλυτα μεγίστων θερμοκρασιών ανέρχονται σε ποσοστό **56,8%**, ενώ οι αρνητικές καλύπτουν το 38,5% και οι μηδενικές το 4,7%. Όσον αφορά στις ημερήσιες απολύτως ελάχιστες θερμοκρασίες, το ποσοστό των θετικών διαφορών είναι **70,6%** ενώ των αρνητικών 26,7% και των μηδενικών διαφορών είναι 2,7%.

Σε εργασία στην οποία μελετήθηκαν οι διαφορές της θερμοκρασίας μεταξύ των περιοχών Θεσσαλονίκης και Μίκρας για τη χρονική περίοδο 1974-1981 (Βογγόλη Κ. και Γκουγκούσης Σ., 1988), κατά τις ώρες 08:00, 14:00 και 20:00, πραγματοποιήθηκε ο καταμερισμός των θετικών και αρνητικών διαφορών θερμοκρασίας. Για τις 08:00 βρέθηκε ότι η περιοχή της Θεσσαλονίκης εμφανίζεται συστηματικά θερμότερη από αυτή της Μίκρας σε ποσοστό **80,9%**, ενώ το ποσοστό των αρνητικών διαφορών είναι 15,9% και των μηδενικών 2,9%. Για τις 14:00 τα ποσοστά κατανομής των θετικών, αρνητικών και μηδενικών διαφορών είναι **61,6%**, 33,2% και 4,9% αντίστοιχα, ενώ για τις 20:00 είναι **66,8%**, 28,5% και 4,4% αντίστοιχα.

Τα αποτελέσματα που προέκυψαν αποτελούν σαφή ένδειξη για την εμφάνιση θερμής αστικής νησίδας τις πρωινές ώρες, όπου σημειώνονται και οι ελάχιστες θερμοκρασίες. Τα κτίρια επανεκπέμπουν κατά τη διάρκεια της νύχτας μέχρι και τις πρωινές ώρες την απορροφημένη, από την προηγούμενη ημέρα, ηλιακή ακτινοβολία, γεγονός που δημιουργεί αυτή τη διαφορά θερμοκρασίας με τη Μίκρα, το κατώτερο ατμοσφαιρικό στρώμα της οποίας έχει ψυχθεί κατά τη διάρκεια της νύχτας και αρχίζει να ζεσταίνεται με την ανατολή του ηλίου.

Κατά τη διάρκεια της ημέρας και προς τις μεσημεριανές ώρες και μετά, όπου εμφανίζονται και οι μέγιστες θερμοκρασίες, γίνεται φανερό ότι υπερτερεί και πάλι ως προς τη θερμοκρασία το κέντρο της πόλης σε σχέση με τα περίχωρα, η υπεροχή όμως της πόλης αυτής δεν είναι τόσο έντονη. Αυτό οφείλεται στον τρόπο με τον οποίο επηρεάζει τη διάδοση της ηλιακής ακτινοβολίας μια ατμόσφαιρα βεβαρυμένη με ρύπους.

Σύμφωνα με σχετική εργασία ( Σαχσαμάνογλου και Μπλούτσος, 1984), η ένταση της άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας που παρατηρείται μέσα στην πόλη της Θεσσαλονίκης και συγκεκριμένα στην περιοχή του Πανεπιστημίου, παρουσιάζει εξασθένηση σε ποσοστό 10-20%. Αντίθετα, η διάχυτη ηλιακή ακτινοβολία, αυξάνεται κατά ποσοστό που σε ορισμένες περιπτώσεις ξεπερνά το 40%. Επομένως στην περιοχή της Μίκρας, η οποία παρουσιάζει αρκετά χαμηλότερη ατμοσφαιρική ρύπανση από τη Θεσσαλονίκη, λόγω μικρότερης κτιριακής και βιομηχανικής ανάπτυξης, δεν προκαλείται σημαντική εξασθένηση της άμεσης και αύξησης της

διάχυτης ηλιακής ακτινοβολίας. Αντίθετα, η πλούσια σε ρύπους ατμόσφαιρα του κέντρου της πόλης ευνοεί την αύξηση της διάχυτης συνιστώσας με αποτέλεσμα η πόλη να παρουσιάζει και πάλι υψηλότερες θερμοκρασίες, εκτός από την περίοδο του θέρους.

Κατά τις βραδινές ώρες, όταν και οι δύο περιοχές παύουν να δέχονται ακτινοβολία από τον ήλιο, η πόλη εξακολουθεί να είναι θερμότερη επειδή τα κτίρια επανεκπέμπουν μέρος της ηλιακής θερμότητας που απορρόφησαν κατά τη διάρκεια της ημέρας, κάτι που δε συμβαίνει σε μεγάλο βαθμό με τη Μίκρα, λόγω της περιορισμένης, συγκριτικά με την πόλη, οικοδομικής ανάπτυξης (Βογγόλη και Γκουγκούσης, 1988).

Αυτό επιβεβαιώνεται και από τη μελέτη που έγινε από τους Balafoutis και Makrogiannis (1998), κατά την οποία υπολογίστηκε η ετήσια πορεία των διαφορών των ελαχίστων θερμοκρασιών μεταξύ Θεσσαλονίκης και Μίκρας κατά την περίοδο 1950 - 1995. Επιλέχθηκε μια τυχαία νύχτα ανέφελη με νότιο άνεμο, ο οποίος ερχόταν από την ακτή με ταχύτητα πάνω από 3 m/sec (12<sup>η</sup> Οκτωβρίου 1997 στις 20:30 UTC). Η θερμοκρασία που σημειώθηκε ήταν υψηλότερη γύρω από το κέντρο της πόλης και εξασθενούσε προς την περιφέρεια και η διαφορά της θερμοκρασίας από τα αστικά περιθώρια ως το κέντρο της πόλης βρέθηκε μεγαλύτερη από 2,5°C, σχεδόν τέσσερις ώρες μετά τη δύση του ηλίου.

Στο σημείο αυτό όμως θα μπορούσε να αναφερθεί και η σημασία της θαλάσσιας αύρας στη δημιουργία του φαινομένου της Θ.Α.Ν. Ως γνωστόν η πόλη της Θεσσαλονίκης και τα περίχωρά της βρέχονται κατά ένα μέρος από θάλασσα. Η θαλάσσια αύρα αναπτύσσεται μετά την ανατολή του ηλίου, κατά τη δέκατη με δωδέκατη πρωινή ώρα. Η ταχύτητα της φτάνει μέχρι και τα 2-4 m/sec περίπου και εκτείνεται μέσα στη χέρσο γύρω στα 40-50 km ενώ το ύψος της φτάνει στα 1-2 km (Μακρογιάννης και Σαχσαμάνογλου, 1997). Η πνοή αυτού του τοπικού ανέμου έχει ως αποτέλεσμα να μην επιτρέπει τη δημιουργία τόσο υψηλών θερμοκρασιών στην ύπαιθρο, στο κέντρο της πόλης όμως όπου τα εμπόδια των κτιριακών συγκροτημάτων είναι πολλά, η αύρα δεν μπορεί να εισχωρήσει κι έτσι οι θερμοκρασίες στην «καρδιά» της Θεσσαλονίκης παραμένουν υψηλές και οι θερμοκρασιακές διαφορές μεταξύ Α.Π.Θ. και Μίκρας αυξάνονται.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4**

### **4.1. Γενικά χαρακτηριστικά των τύπων κυκλοφορίας**

Οι P. Maheras et al (2000) ανέπτυξαν μια αυτόματη ταξινόμηση των τύπων κυκλοφορίας χρησιμοποιώντας χωρικές μεθόδους τοπολογίας και γεωμετρίας για μια περίοδο πάνω από 40 έτη (1958-1997) για την Ελλάδα. Η ταξινόμηση βασίστηκε στο MSLP και σε δεδομένα των 500hPa. Αρχικά γίνεται ανάλυση της μεθόδου και στη συνέχεια οι 20 τύποι κυκλοφορίας που προέκυψαν (6 αντικυκλωνικοί, 8 κυκλωνικοί, 2 μικτοί και 4 ειδικοί τύποι) αναλύονται και περιγράφονται. Επίσης, αναλύονται σε εποχιακή και ετήσια χρονική κλίμακα η κατανομή των συχνοτήτων των τύπων κυκλοφορίας και περιγράφεται η ετήσια κατανομή και η ετήσια τάση των τύπων κυκλοφορίας. Τα αποτελέσματα της ταξινόμησης έδειξαν ότι σε ετήσιο επίπεδο οι συχνότητες των κυκλωνικών τύπων είναι υψηλότερες από εκείνες των αντικυκλωνικών τύπων. Ωστόσο, σαν σύνολο, οι ασταθείς τύποι είναι παρόμοιοι με τους σταθερούς, σε ετήσια κλίμακα. Υπάρχουν διαφορές μόνο σε εποχιακή βάση.

Οι Μαχαίρας et al (2000) αναφέρουν τις κυριότερες κατατάξεις τύπων κυκλοφορίας οι οποίες είναι συνοπτικές και στηρίζονται κυρίως στην ερμηνεία των συνοπτικών χαρτών και στις συνθήκες κίνησης. Δύο είναι οι κατηγορίες των κατατάξεων τύπων κυκλοφορίας, οι εμπειρικές (Lamb 1972, Hess and Brezowsky 1969, Maheras 1988 και 1989 και Kassomenos et al 1998) και οι αντικειμενικές κατατάξεις. Σύμφωνα με τους Goodess and Palutikof (1998) οι αντικειμενικές κατατάξεις τύπων κυκλοφορίας διακρίνονται με τη σειρά τους σε δύο κατηγορίες.

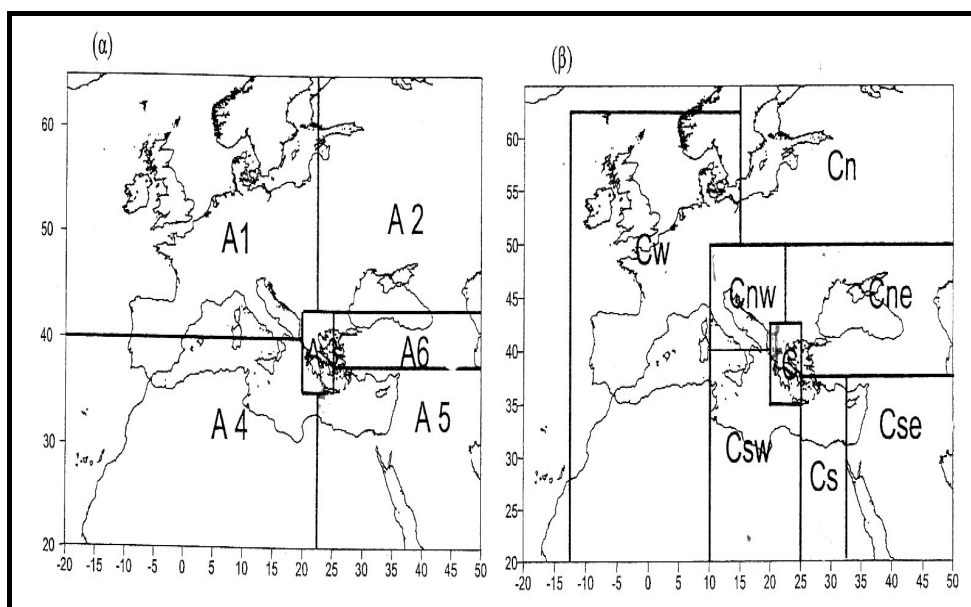
Η πρώτη, χρησιμοποιώντας μαθηματικές μεθόδους αναπαράγει ήδη υπάρχουσες κατατάξεις τύπων καιρού (Lamb 1972, Hess and Brezowsky 1969). Η δεύτερη κατηγορία χρησιμοποιώντας στατιστικές μεθόδους όπως ανάλυση σε κύριες συνιστώσες, Cluster Ανάλυση (Maheras 1988, Bogardi et al 1993, Yarnal 1993, Matyasovszky et al 1995), Κανονική Ανάλυση, δημιουργεί νέες κατατάξεις οι οποίες δε σχετίζονται άμεσα με προηγούμενες εμπειρικές κατατάξεις. Μια αυτόματη κατάταξη έχει το πλεονέκτημα της χρησιμοποίησης μεγάλου πλήθους δεδομένων,

επιλογής μεγάλου πλήθους παραμέτρων, βελτίωση των χρησιμοποιημένων μεθόδων, ανάπτυξη νέων μεθόδων κατάταξης και σχετικά εύκολη ερμηνεία των αποτελεσμάτων.

Στην εργασία των Μαχαίρα et al (2000) χρησιμοποιούνται οι ημερήσιες τιμές γεωδυναμικών υψών στα 500hPa για την περίοδο 1958–2000. Επιχειρείται μια αντικειμενική κατάταξη των τύπων κυκλοφορίας, κατασκευάζονται τα ιστογράμματα με τις επί τοις εκατό συχνότητες των τύπων κυκλοφορίας σε εποχιακή κλίμακα για την υπό μελέτη περίοδο, κατασκευάζονται τα διαγράμματα των τάσεων των συχνοτήτων των τύπων κυκλοφορίας (εποχιακά) καθώς και οι χάρτες κατά τύπο κυκλοφορίας. Στον ευρύτερο ελλαδικό χώρο συνολικά βρέθηκαν και διατυπώθηκαν έξι (6) αντικυκλωνικοί τύποι καιρού και οκτώ (8) υφεσιακοί τύποι.

Προκειμένου να γίνει μια ταξινόμηση των ημερών της θερμής αστικής νησίδας στους τύπους κυκλοφορίας, χρησιμοποιήθηκε η αυτόματη κατάταξη τύπων κυκλοφορίας η οποία πραγματοποιήθηκε από τους Maheras et al. (2000) και η οποία βασίζεται στην χρησιμοποίηση ημερήσιων στοιχείων γεωδυναμικών υψών της επιφάνειας και των 500 hPa για οκτώ κομβικά σημεία της περιοχής μελέτης. Μετά την κατάλληλη επεξεργασία των δεδομένων, χρησιμοποιώντας χωρικές μεθόδους γεωμετρίας και τοπολογίας, προέκυψαν έξι αντικυκλωνικοί και οκτώ κυκλωνικοί τύποι. Στο σημείο αυτό πρέπει να σημειωθεί ότι η ταξινόμηση στους τύπους κυκλοφορίας έγινε από το 1959 έως το 2000 (παρόλο που τα αρχικά δεδομένα ανήκουν στην περίοδο 1959–2001), κι αυτό γιατί η επεξεργασία με σκοπό την κατάταξη των ημερών σε τύπους κυκλοφορίας έχει ολοκληρωθεί μέχρι το έτος 2000.

Με σκοπό να μελετηθεί αν και κατά πόσο το φαινόμενο της θερμής αστικής νησίδας γίνεται εντονότερο κατά τη διάρκεια της ψυχρής ή της θερμής περιόδου του έτους, ορίστηκε ως ψυχρή περίοδος αυτή μεταξύ 7 Οκτωβρίου έως 30 Απριλίου, ενώ ως θερμή περίοδος εκείνη μεταξύ 1 Μαΐου έως 6 Οκτωβρίου (Maheras et al, 2000). Τόσο για την ψυχρή όσο και για τη θερμή περίοδο οι διαφορές των ελαχίστων τιμών της θερμοκρασίας μεταξύ των σταθμών του Α.Π.Θ. και της Μίκρας ταξινομήθηκαν με βάση τους 14 τύπους κυκλοφορίας για τον ελληνικό χώρο (σχήμα 4.1).



**Σχήμα 4.1.** Θέσεις των κέντρων των αντικυκλωνικών τύπων κυκλοφορίας (α) και των υφεσιακών τύπων κυκλοφορίας (β) (Μαχαίρας και άλλοι, 2000).

Στη συνέχεια ακολουθεί μια περιληπτική περιγραφή των δεκατεσσάρων τύπων κυκλοφορίας. Ο αντικυκλωνικός τύπος A1 που εμφανίζεται κατά τη διάρκεια του χειμώνα έχει μεγαλύτερη ένταση απ' ότι κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού. Το κέντρο των θετικών ανωμαλιών φαίνεται πως βρίσκεται βορειοανατολικά της Ιταλίας στην περιοχή της Αδριατικής και οι ασθενείς θετικές ή αρνητικές ανωμαλίες κυριαρχούν πάνω από την ελληνική περιοχή. Ο αντικυκλωνικός τύπος A2 έχει επίσης μεγαλύτερη ένταση το χειμώνα απ' ότι το καλοκαίρι. Ο άξονας της ράχης παρουσιάζεται συνήθως κεκλιμένος από την κεντρική Μεσόγειο προς τη Ρωσία, ενώ οι πιο ασθενείς θετικές ανωμαλίες εντοπίζονται πάνω από την περιοχή της Ελλάδας. Στον τύπο A3 το κέντρο των θετικών ανωμαλιών εντοπίζεται ακριβώς πάνω από την Ελλάδα και εξαπλώνεται στην ευρύτερη περιοχή των Βαλκανίων.

Στον επόμενο αντικυκλωνικό τύπο, τον A4, το κέντρο των θετικών ανωμαλιών βρίσκεται νοτιοδυτικά του ελληνικού χώρου και γενικά πάνω από την κεντρική ή δυτική Μεσόγειο ή βόρεια της Αφρικής. Η κυκλοφορία εδώ είναι ζωνική ή σχεδόν ζωνική. Στον πέμπτο αντικυκλωνικό τύπο A5, το αντικυκλωνικό κέντρο εντοπίζεται νοτιοανατολικά της Ελλάδας. Αρκετά ισχυρές θετικές ανωμαλίες επηρεάζουν την ελληνική περιοχή. Ολοκληρώνοντας με τους 6 αντικυκλωνικούς

τύπους, ο Α6 παρουσιάζει το κέντρο των θετικών ανωμαλιών δυτικά της Ελλάδας. Υπάρχει περίπτωση αυτός ο τύπος καιρού να εμφανίζει ζωνική κυκλοφορία. Πάνω από την Ελλάδα είναι χαρακτηριστικές οι ισχυρές θετικές ανωμαλίες.

Όσον αφορά τους υφεσιακούς τύπους κυκλοφορίας, ξεκινώντας από τον C, παρατηρείται ότι το κέντρο των αρνητικών ανωμαλιών τοποθετείται πάνω από τον ελλαδικό χώρο. Υπάρχει μια σκάφη με κατακόρυφο άξονα, η οποία τοποθετείται δυτικά της Ελλάδας και επεκτείνεται από τη Λιβύη ως τη Σκανδιναβία. Στον επόμενο κυκλωνικό τύπο, τον C<sub>S</sub>, το κέντρο των αρνητικών ανωμαλιών τοποθετείται νότια της ελληνικής περιοχής. Στην περίπτωση αυτή ο άξονας της ράχης συνήθως εντοπίζεται νοτιοανατολικότερα απ' ότι στην προηγούμενη περίπτωση. Στον τύπο C<sub>SW</sub>, το κέντρο των αρνητικών ανωμαλιών εντοπίζεται νοτιοδυτικά της Ελλάδας. Ο άξονας των ανωμαλιών συνήθως είναι κεκλιμένος και εκτείνεται από την Τυνησία ως και τη Νότια Σκανδιναβία. Στον κυκλωνικό τύπο C<sub>NW</sub> το κέντρο των αρνητικών ανωμαλιών βρίσκεται βορειοδυτικά της Ελλάδας. Ο άξονας των ανωμαλιών συνήθως κλίνει και εκτείνεται από την Αλγερία ως τη Σκανδιναβία.

Σχετικά με τον υφεσιακό τύπο C<sub>NE</sub>, το κέντρο των αρνητικών ανωμαλιών εντοπίζεται βορειοανατολικά της ελληνικής περιοχής. Ο άξονας της σκάφης είναι συνήθως κατακόρυφος και εκτείνεται από την Αίγυπτο ως την ανατολική Σκανδιναβία. Στον τύπο C<sub>SE</sub> το κέντρο των ανωμαλιών βρίσκεται νοτιοδυτικά της Ελλάδας. Οι ασθενείς αρνητικές ανωμαλίες επικρατούν πάνω από τον ελληνικό χώρο. Στον υφεσιακό τύπο C<sub>N</sub> το κέντρο των αρνητικών ανωμαλιών εντοπίζεται βόρεια της Ελλάδας και συνήθως πιο βόρεια από τις 50° N. και στην επιφάνεια αλλά και στα υψηλότερα επίπεδα η κυκλοφορία είναι ζωνική. Τέλος, για τον υφεσιακό τύπο C<sub>W</sub> παρατηρείται ότι οι αρνητικές ανωμαλίες εντοπίζονται δυτικά από την ελληνική περιοχή και αρκετά μακριά απ' αυτή. Η κυκλοφορία συνήθως είναι ημί-μεσημβρινή.

## **4.2. Συχνότητες εμφάνισης των τύπων κυκλοφορίας κατά τις ημέρες της θερμής αστικής νησίδας**

### ***4.2.1. Θερμή περίοδος***

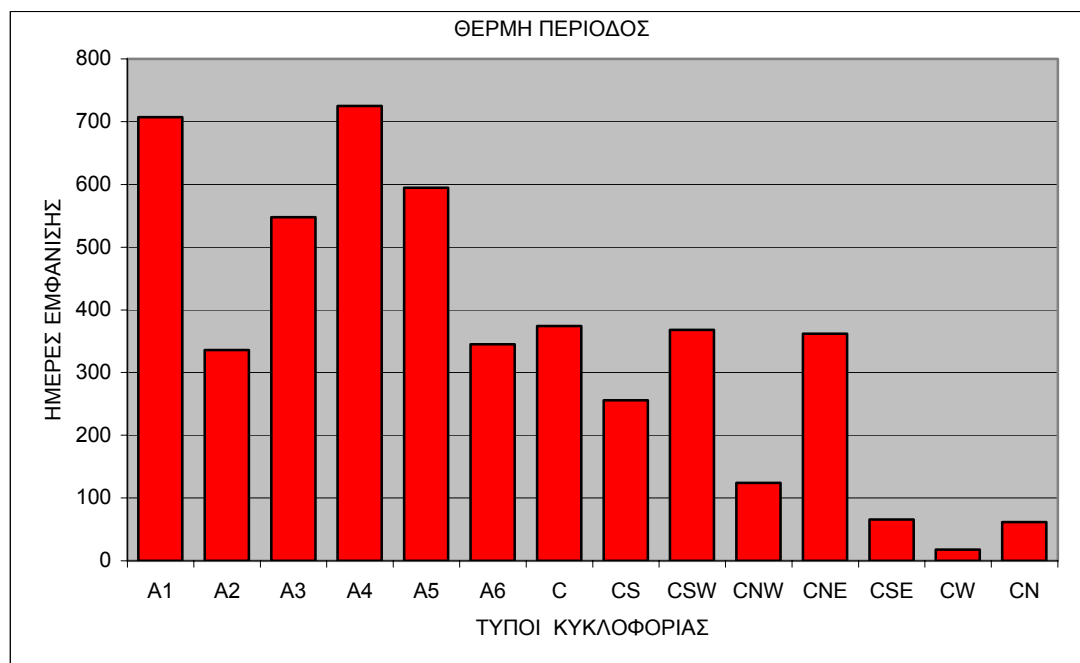
Στον πίνακα 4.2.1. καθώς και στο σχήμα 4.2.1. που αφορούν στη **θερμή περίοδο**, παρατηρείται ότι για την περίοδο μελέτης (1959 – 2000) και λαμβάνοντας υπ' όψιν μόνο τις **θετικές** διαφορές των απολύτως **ελαχίστων** θερμοκρασιών μεταξύ πόλης και αεροδρομίου (νυχτερινή θερμή αστική νησίδα), τη μεγαλύτερη συχνότητα εμφάνισης παρουσιάζει ο τύπος κυκλοφορίας A4 με 725 ημέρες εμφάνισης από το σύνολο των 4886 ημερών (ποσοστό εμφάνισης 14,8%). Ακολουθεί με ελάχιστη διαφορά ημερών (707 ημέρες) ο A1 με ποσοστό εμφάνισης 14,5%. Έπεται στη συνέχεια ο A5 (595 ημέρες) με ποσοστό εμφάνισης 12,2%, ο A3 (548 ημέρες) με ποσοστό 11,2%, ο A6 (345 ημέρες) με ποσοστό 7,1% και τέλος ο A2 (336 ημέρες) με τα χαμηλότερο ποσοστό εμφάνισης (6,9%).

Τα χαμηλότερα ποσοστά εμφάνισης (κάτω των 100 ημερών) σημειώνουν οι τύποι Cse (1,4%), Cw (0,4%) και Cn (1,3%), με τον Cw να παρουσιάζεται εντελώς ασήμαντος εφόσον εμφανίζεται μόνο τις 18 από τις 4886 ημέρες. Αθροίζοντας τα ποσοστά εμφάνισης των αντικυκλωνικών και των υφεσιακών τύπων κυκλοφορίας ξεχωριστά, προκύπτουν τα ποσοστά 66,7% και 33,3% αντίστοιχα. Παρατηρείται δηλαδή ότι οι αντικυκλωνικοί τύποι κυκλοφορίας για ημέρες με Θ.Α.Ν. υπερέχουν κατά το διπλάσιο σχεδόν, σε σύγκριση με τους υφεσιακούς.

Από τον πίνακα 4.2.1. διαπιστώνεται ότι ο τύπος κυκλοφορίας που δίνει τις μεγαλύτερες, κατά μέσο όρο, διαφορές (1,86°C) μεταξύ πόλης και Μίκρας είναι ο Cw, δηλαδή ο τύπος κυκλοφορίας με τη μικρότερη συχνότητα, ενώ εκείνος που δίνει τις μικρότερες διαφορές (1,52°C) είναι ο C. Τονίζεται όμως ότι τόσο στην περίπτωση των αντικυκλωνικών όσο και των υφεσιακών τύπων, οι διαφορές στις ελάχιστες θερμοκρασίες είναι πάντα >1°C.

**Πίνακας 4.2.1.** Οι ημέρες και οι αντίστοιχες συχνότητες εμφάνισης των 14 τύπων κυκλοφορίας στο σύνολο των ημερών της θερμής περιόδου.

| <i>Τύποι<br/>Κυκλοφορίας</i> | <i>Ημέρες εμφάνισης</i> | <i>Συχνότητες εμφάνισης %</i> | <i>Μέσες τιμές<br/><math>\Delta\theta(^{\circ}\text{C})</math></i> |
|------------------------------|-------------------------|-------------------------------|--------------------------------------------------------------------|
| <i>A1</i>                    | 707                     | 14,5                          | 1,64                                                               |
| <i>A2</i>                    | 336                     | 6,9                           | 1,69                                                               |
| <i>A3</i>                    | 548                     | 11,2                          | 1,65                                                               |
| <i>A4</i>                    | 725                     | 14,8                          | 1,56                                                               |
| <i>A5</i>                    | 595                     | 12,2                          | 1,57                                                               |
| <i>A6</i>                    | 345                     | 7,1                           | 1,75                                                               |
| <i>C</i>                     | 374                     | 7,7                           | 1,52                                                               |
| <i>Cs</i>                    | 256                     | 5,2                           | 1,77                                                               |
| <i>Csw</i>                   | 368                     | 7,5                           | 1,68                                                               |
| <i>Cnw</i>                   | 124                     | 2,5                           | 1,67                                                               |
| <i>Cne</i>                   | 362                     | 7,4                           | 1,71                                                               |
| <i>Cse</i>                   | 66                      | 1,4                           | 1,79                                                               |
| <i>Cw</i>                    | 18                      | 0,4                           | 1,86                                                               |
| <i>Cn</i>                    | 62                      | 1,3                           | 1,53                                                               |



**Σχήμα 4.2.1.** Γραφική παράσταση των ημερών εμφάνισης Θ.Α.Ν. για κάθε έναν από τους 14 τύπους κυκλοφορίας για τη θερμή περίοδο.

**4.2.2. Ψυχρή περίοδος**

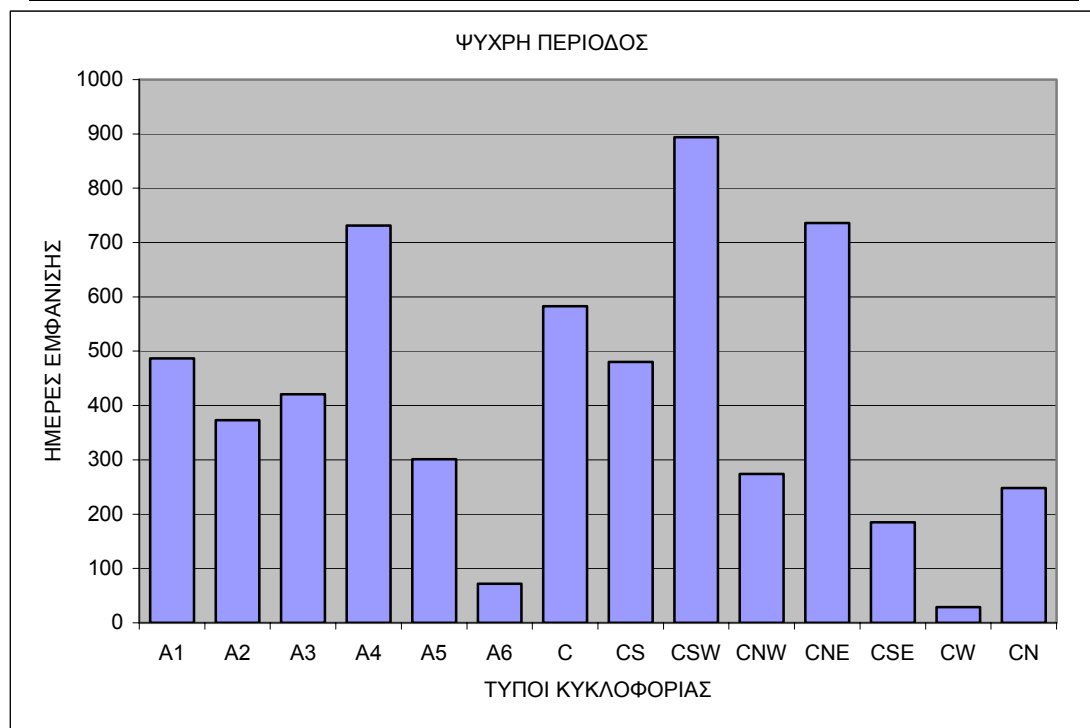
Στον πίνακα 4.2.2. αλλά και στο σχήμα 4.2.2. που αναφέρονται στην *ψυχρή περίοδο* του έτους (το σύνολο των ημερών με νυχτερινή θερμή αστική νησίδα είναι ίσο με 5814), ο υφεσιακός τύπος Csw είναι εκείνος που σημειώνει την υψηλότερη συχνότητα εμφάνισης (15,4%), δηλαδή 894 ημέρες. Ακολουθούν με περίπου ίσα ποσοστά (12,7% και 12,6% αντίστοιχα) ο Cne (736 ημέρες) και ο A4 (731 ημέρες).

Εξάλλου, οι τύποι κυκλοφορίας με τις λιγότερες ημέρες εμφάνισης (λιγότερες από 100) είναι οι Cw (0,5%), και A6 (1,2%) αντίστοιχως. Ο Cw εμφανίζεται μόνο 29 ημέρες από τις 5814 ημέρες, γεγονός που δείχνει ότι είναι ιδιαίτερα ασήμαντη η παρουσία του. Συνολικά οι έξι αντικυκλωνικοί τύποι κυκλοφορίας εμφανίζονται με συχνότητα 41% ενώ οι υφεσιακοί με ποσοστό 59%. Αυτό σημαίνει ότι κατά τη ψυχρή περίοδο οι υφεσιακοί τύποι κυκλοφορίας υπερέχουν των αντικυκλωνικών με μικρή διαφορά. Ωστόσο, οι μέσες τιμές των διαφορών των ελαχίστων θερμοκρασιών, φαίνεται πως για την ψυχρή περίοδο είναι γενικά μεγαλύτερες για κάθε τύπο κυκλοφορίας, σε σχέση με τις αντίστοιχες της θερμής περιόδου. Ειδικότερα, ο τύπος κυκλοφορίας στον οποίο καταγράφεται η μέγιστη διαφορά (2,83°C) είναι ο αντικυκλωνικός τύπος A4.

Οι Balafoutis and Makrogiannis (1998) μελέτησαν για την ψυχρή περίοδο Οκτωβρίου – Μαρτίου τις διαφορές των ελαχίστων θερμοκρασιών μεταξύ πόλης και αεροδρομίου και τις ταξινόμησαν με βάση τους 13 τύπους κυκλοφορίας κατά Λιβαδά (1962). Η ανάλυση των αποτελεσμάτων αποδεικνύει τον σημαντικό ρόλο της αντικυκλωνικής κυκλοφορίας στο σχηματισμό της θερμής αστικής νησίδας, καθώς ο τύπος κυκλοφορίας A4 βρέθηκε ότι δημιουργεί τη μέγιστη διαφορά των ελαχίστων θερμοκρασιών μεταξύ πόλης και υπαίθρου (1,93°C), όπως παρατηρήθηκε και στην παρούσα εργασία.

**Πίνακας 4.2.2.** Οι ημέρες και οι αντίστοιχες συχνότητες εμφάνισης των 14 τύπων κυκλοφορίας στο σύνολο των ημερών της ψυχρής περιόδου.

| Τύποι Κυκλοφορίας | Ημέρες εμφάνισης | Συχνότητες εμφάνισης % | Μέσες τιμές ΔΘ (°C) |
|-------------------|------------------|------------------------|---------------------|
| A1                | 487              | 8,4                    | 2,52                |
| A2                | 373              | 6,4                    | 2,11                |
| A3                | 421              | 7,2                    | 2,02                |
| A4                | 731              | 12,6                   | 2,83                |
| A5                | 301              | 5,2                    | 1,85                |
| A6                | 72               | 1,2                    | 1,91                |
| C                 | 583              | 10,0                   | 1,89                |
| Cs                | 480              | 8,3                    | 2,21                |
| Csw               | 894              | 15,4                   | 2,09                |
| Cnw               | 274              | 4,7                    | 1,81                |
| Cne               | 736              | 12,7                   | 2,15                |
| Cse               | 185              | 3,2                    | 2,80                |
| Cw                | 29               | 0,5                    | 2,40                |
| Cn                | 248              | 4,3                    | 1,77                |



**Σχήμα 4.2.2.** Γραφική παράσταση των ημερών εμφάνισης Θ.Α.Ν. για κάθε έναν από τους 14 τύπους κυκλοφορίας για την ψυχρή περίοδο.

**4.2.3. Θερμή – Ψυχρή περίοδος**

Από τους έξι αντικυκλωνικούς τύπους της θερμής περιόδου, εκείνος που δίνει το υψηλότερο ποσοστό (επί του συνόλου των αντικυκλωνικών τύπων κυκλοφορίας) περιπτώσεων θερμής αστικής νησίδας (διαφορές ελαχίστων θερμοκρασιών  $>0^{\circ}\text{C}$ ) είναι ο τύπος κυκλοφορίας A4 (22,3%) και ακολουθεί ο A1 με ελάχιστα μικρότερο ποσοστό (21,7%). Τα μικρότερα ποσοστά ανήκουν στους τύπους A2 και A6 (10,3% και 10,6% αντίστοιχα). Όσον αφορά στους αντικυκλωνικούς τύπους της ψυχρής περιόδου, βρέθηκε ότι ο A4 της ψυχρής περιόδου υπερέχει σημαντικά των υπολοίπων πέντε τύπων, με ποσοστό 30,6%. Αμέσως επόμενος είναι ο A1 (20,4%). Το χαμηλότερο ποσοστό (3,0%) εμφανίζει ο τύπος καιρού A6.

Επομένως, τόσο κατά τη θερμή όσο και κατά την ψυχρή περίοδο του έτους, για το σύνολο των ετών που εξετάζονται, ο τύπος κυκλοφορίας A4 είναι εκείνος που δίνει τα πιο σημαντικά ποσοστά, τα οποία βέβαια συνοδεύονται και από ημέρες θερμής αστικής νησίδας. Από την άλλη, και για τις δύο περιόδους προέκυψε ότι ο A6 είναι εκείνος ο τύπος κυκλοφορίας ο οποίος δίνει μεν επεισόδια θερμής αστικής νησίδας, αλλά σε πολύ μικρότερο βαθμό.

Μελετώντας με όμοιο τρόπο τους υφειακούς τύπους κυκλοφορίας, αρχικά για τη θερμή περίοδο βρέθηκε ότι ο C είναι εκείνος ο τύπος ο οποίος δίνει το μεγαλύτερο ποσοστό (22,9%) και ακολουθούν με ελάχιστη διαφορά οι Csw και Cne (22,6% και 22,2% αντίστοιχα). Το χαμηλότερο ποσοστό αντιστοιχεί στον τύπο κυκλοφορίας δυτικής συνιστώσας Cw (1,1%). Για την ψυχρή περίοδο ο Csw με ποσοστό 26,1% υπερτερεί σε σχέση με τους υπόλοιπους επτά υφειακούς τύπους. Ωστόσο, τόσο ο C όσο και ο Cne εμφανίζουν αρκετά σημαντικά ποσοστά (24,4% και 21,5% αντίστοιχα). Ο τύπος κυκλοφορίας με το χαμηλότερο ποσοστό, το οποίο μπορεί να θεωρηθεί και αμελητέο (0,8%) είναι ο Cw.

Σε γενικές γραμμές λοιπόν, ύστερα από τα παραπάνω προκύπτει ότι τόσο για τη θερμή όσο και για την ψυχρή περίοδο, οι υφειακοί τύποι που ευνοούν τη θερμή αστική νησίδα είναι ο C αλλά και ο Cne, ενώ εκείνος που δεν την ευνοεί είναι ο Cw, εξαιτίας της πολύ μικρής συχνότητας εμφάνισης.

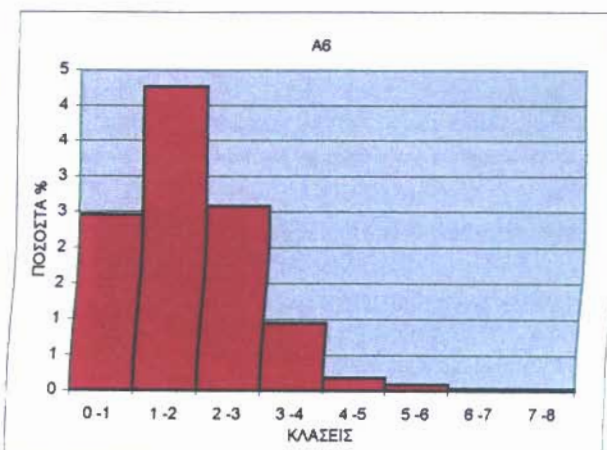
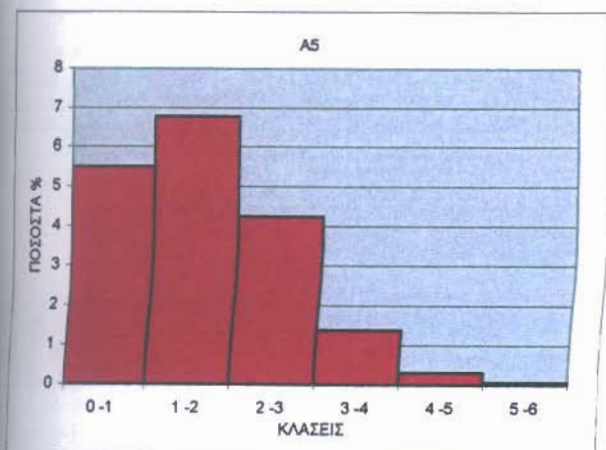
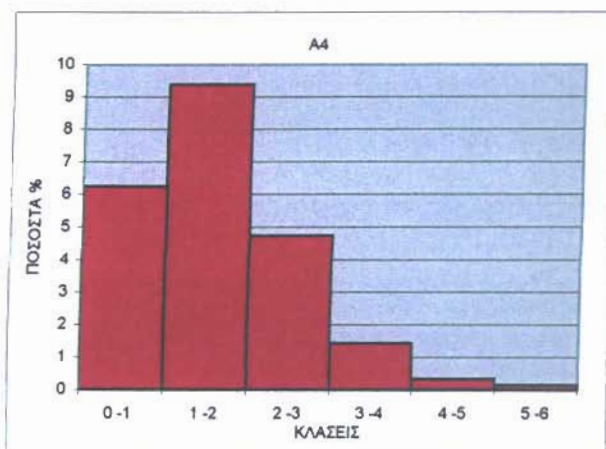
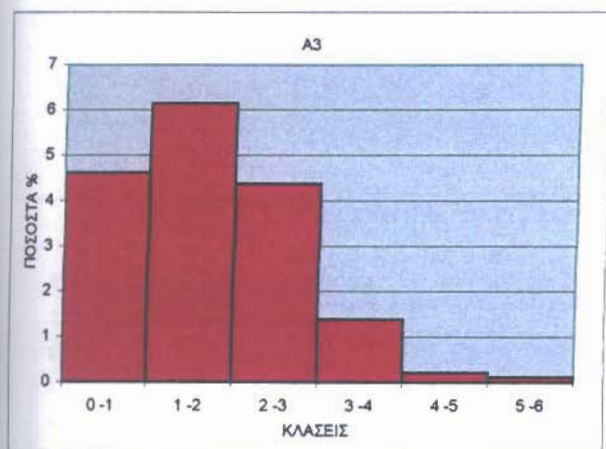
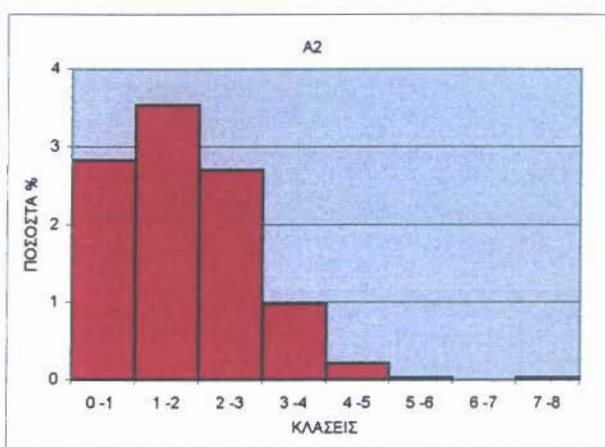
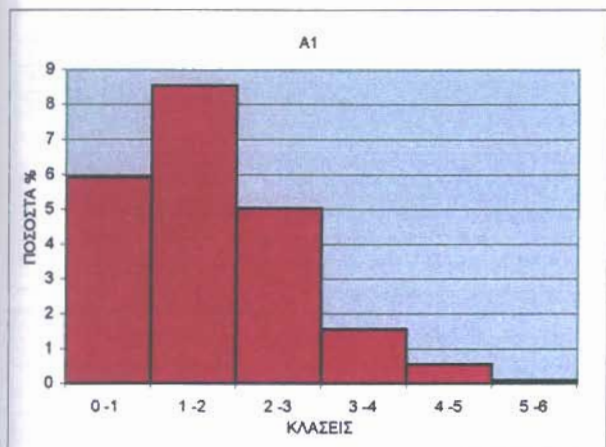
**4.3. Συχνότητες κατανομής του μεγέθους της θερμής αστικής νησίδας για κάθε τύπο κυκλοφορίας για τη θερμή και ψυχρή περίοδο του έτους**

Για την αποτελεσματικότερη μελέτη της κατανομής του μεγέθους της θερμής αστικής νησίδας στους τύπους κυκλοφορίας έγινε ο χωρισμός των δεδομένων (των διαφορών  $\Delta T = T_{A.P.\Theta.} - T_{M.K.P.A.S.}$ ) σε κλάσεις με εύρος  $1^{\circ}\text{C}$ . Στη συνέχεια έγινε η αναγωγή των απολύτων συχνοτήτων που προέκυψαν σε σχετικές, λαμβάνοντας υπόψη το σύνολο τιμών αφενός μεν της θερμής αφετέρου δε της ψυχρής περιόδου, χωριστά για τους αντικυκλωνικούς και υφεσιακούς τύπους κυκλοφορίας.

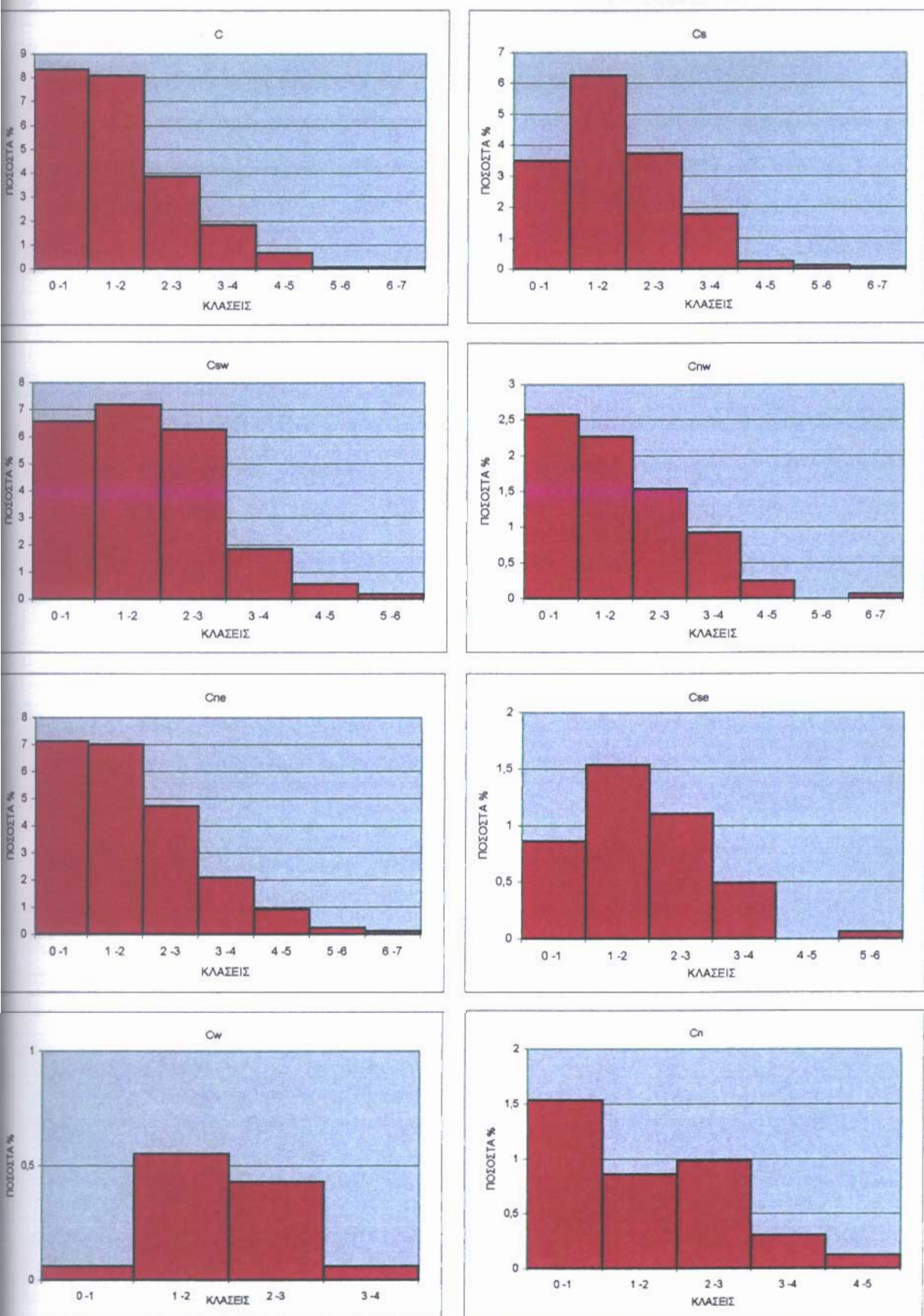
**4.3.1. Θερμή περίοδος (σχήματα 4.3.1.α. και 4.3.1.β.)**

Όσον αφορά στους αντικυκλωνικούς τύπους κυκλοφορίας παρατηρείται ότι και στους έξι από αυτούς την υψηλότερη συχνότητα εμφανίζει η κλάση  $1^{\circ}\text{C}-2^{\circ}\text{C}$ , με διαφορετικό ποσοστό. Το ποσοστό αυτό είναι πολύ σημαντικό για τους A1 και A4, ήτοι 8,5% και 9,4% αντίστοιχα (οι οποίοι είναι και οι τύποι κυκλοφορίας με την υψηλότερη συχνότητα εμφάνισης). Αξίζει επίσης να σημειωθεί ότι η κλάση  $5^{\circ}\text{C}-6^{\circ}\text{C}$  εμφανίζεται σε όλους τους τύπους κυκλοφορίας, έστω και με μικρή συχνότητα ( $<1\%$ ), ενώ στους A2 και A6 (αμφότεροι με τις μικρότερες συχνότητες εμφάνισης) καταγράφονται διαφορές μέχρι και  $7^{\circ}\text{C}$ .

Η ομαλότητα που παρατηρήθηκε στην κατανομή του μεγέθους της Θ.Α.Ν. σε όλους τους αντικυκλωνικούς τύπους κυκλοφορίας δεν παρατηρείται στους υφεσιακούς. Η πολυπληθέστερη κλάση δεν είναι παντού η  $1^{\circ}\text{C}-2^{\circ}\text{C}$ , αλλά σε κάποιους από αυτούς είναι η  $0^{\circ}\text{C}-1^{\circ}\text{C}$  (C, Cnw, Cne, Cn). Οι ακραίες διαφορές θερμοκρασιών στην περίπτωση των υφεσιακών τύπων κυκλοφορίας συγκεντρώνονται στην κλάση  $6^{\circ}\text{C}-7^{\circ}\text{C}$  με πολύ μικρά ποσοστά και μόνο στους C, Cs, Cnw και Cne. Θα πρέπει να τονιστεί εξάλλου ο μικρός αριθμός ημερών που περιλαμβάνονται στον τύπο κυκλοφορίας Cw (μόνο 18 ημέρες στο σύνολο των 1630 των υφεσιακών τύπων καιρού) και ίσως θα ήταν παρακινδυνευμένο να γίνει γι' αυτόν μια περαιτέρω ανάλυση. Απλώς καλό θα ήταν να αναφερθεί ότι στον τύπο αυτό διαμορφώνονται κατά μέσο όρο οι μεγαλύτερες διαφορές θερμοκρασιών.



Σχήμα 4.3.1.α. Συχνότητες των διαφορών των ελαχίστων θερμοκρασιών μεταξύ πόλης και αεροδρομίου για τη θερμή περίοδο για τους έξι αντικυκλωνικούς τύπους κυκλοφορίας.



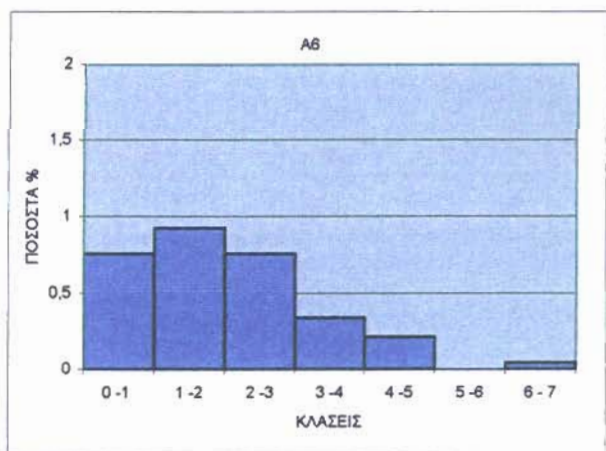
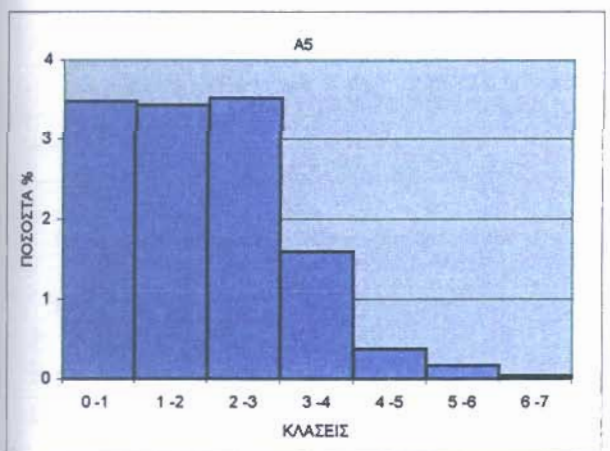
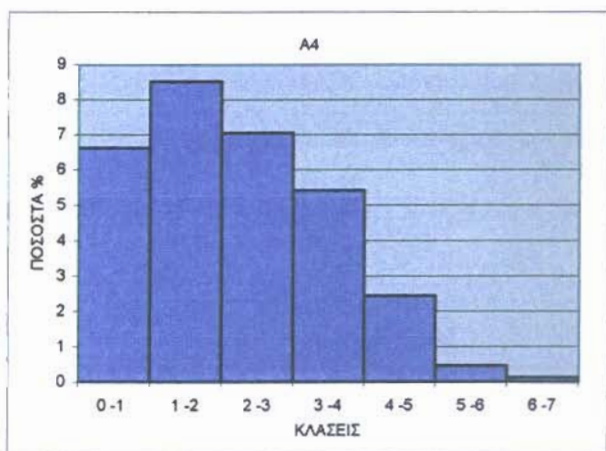
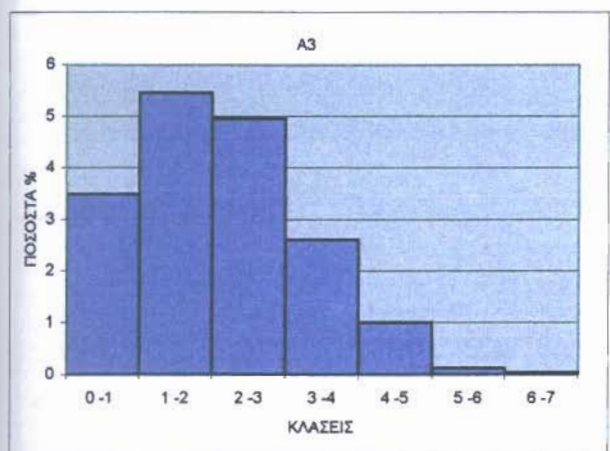
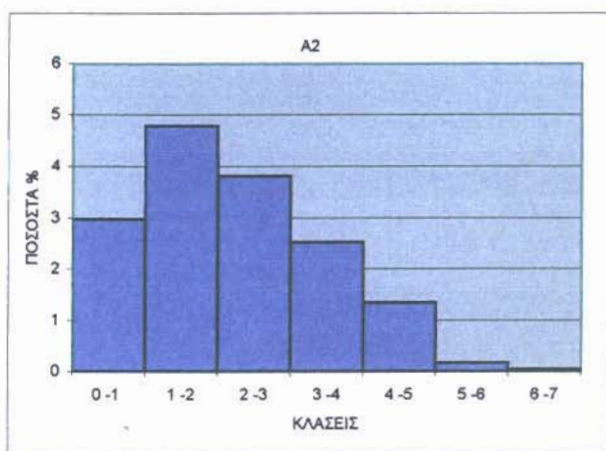
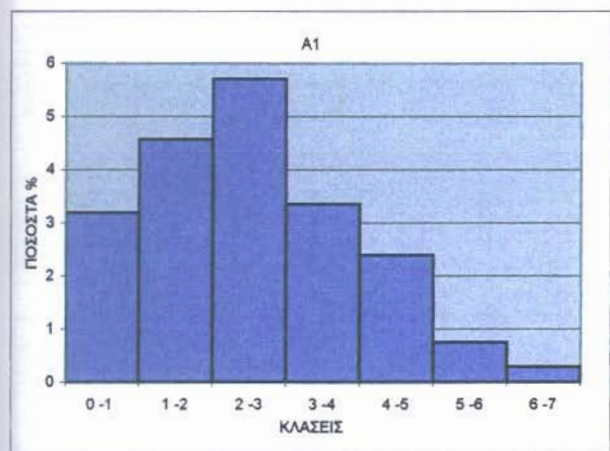
Εχθήμα 4.3.1.β. Συχνότητες των διαφορών των ελαχίστων θερμοκρασιών μεταξύ πόλης και περιδρομίου για τη θερμή περίοδο για τους οκτώ υφειακούς τύπους κυκλοφορίας.

**4.3.2. Ψυχρή περίοδος (σχήματα 4.3.2.α. και 4.3.2.β.)**

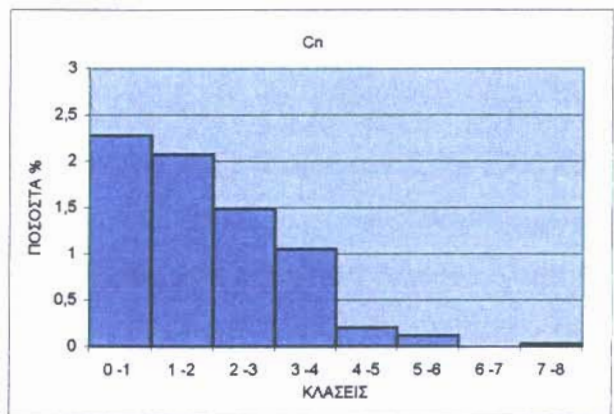
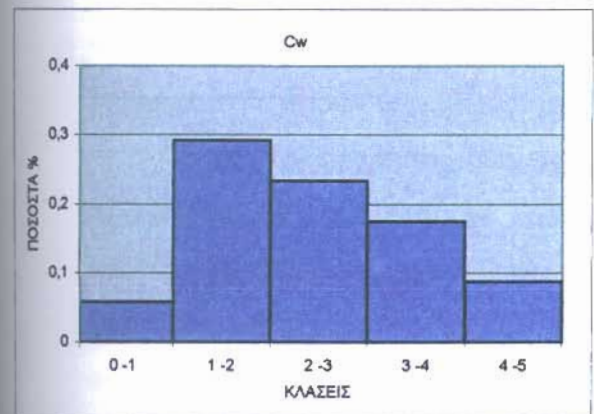
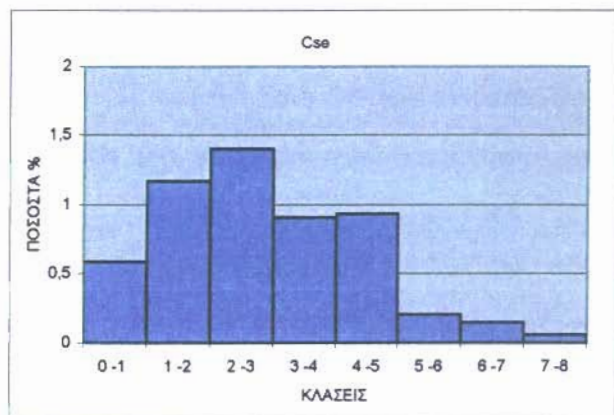
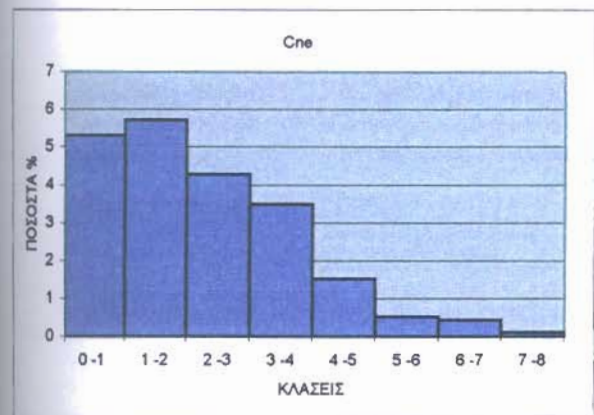
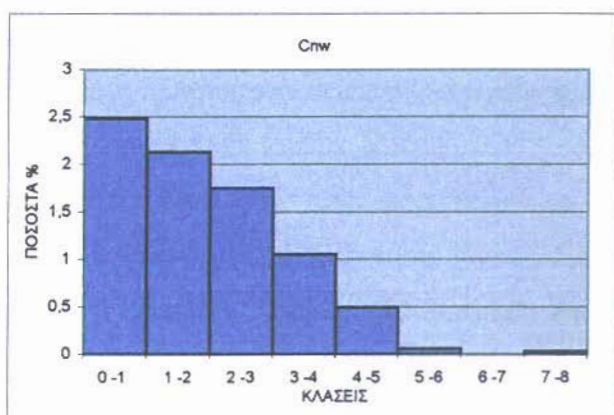
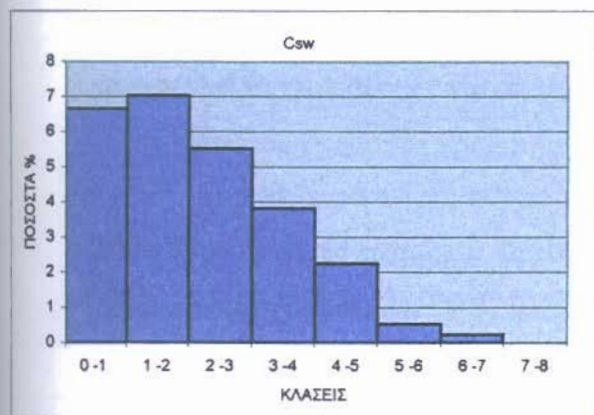
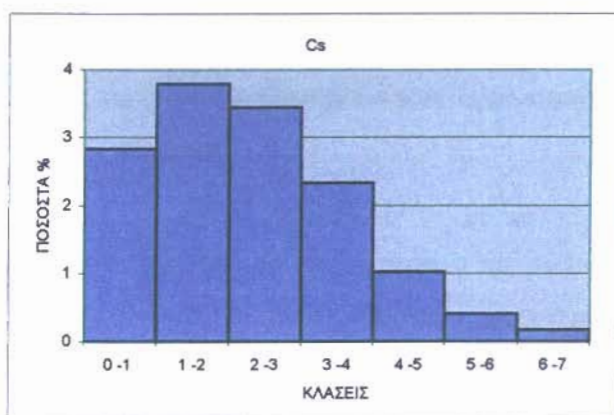
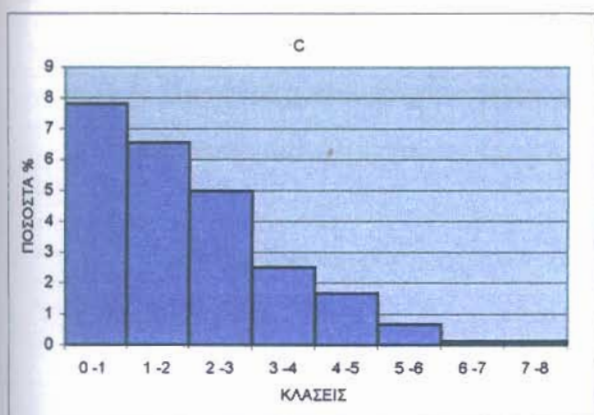
Η κατανομή στους αντικυκλωνικούς τύπους κυκλοφορίας μοιάζει πολύ με εκείνη της θερμής περιόδου για τους ίδιους τύπους κυκλοφορίας, με κάποιες όμως διαφοροποιήσεις. Η πολυπληθέστερη κλάση στην περίπτωση της ψυχρής περιόδου είναι η 2°C-3°C για τους τύπους κυκλοφορίας A1 και A5, ενώ για τους υπολοίπους όπως και προηγούμενα είναι η κλάση 1°C-2°C.

Κατά την ψυχρή περίοδο και με την επικράτηση του τύπου κυκλοφορίας A1 είναι δυνατόν να καταγραφούν διαφορές μεταξύ πόλης και περιφέρειας που αγγίζουν τους 7°C. Η κλάση 6°C-7°C κάνει την εμφάνισή της σε όλους τους αντικυκλωνικούς τύπους κυκλοφορίας. Σημειώνεται επίσης ότι ο τύπος κυκλοφορίας A6 έχει πολύ μικρή συμμετοχή (72 ημέρες στο σύνολο των 2385 των αντικυκλωνικών τύπων καιρού)

Όσον αφορά στους υφεσιακούς τύπους κυκλοφορίας πολυπληθέστερες κλάσεις όπως και στη θερμή περίοδο είναι οι 0°C-1°C και 1°C-2°C, ενώ ο τύπος κυκλοφορίας Cw έχει πολύ μικρή συμμετοχή και κατά την ψυχρή εποχή (29 μόλις ημέρες σε σύνολο 3430 ημερών με υφεσιακούς τύπους κυκλοφορίας). Οι μέγιστες διαφορές που καταγράφονται φτάνουν και τους 7°C-8°C (Cne).



Σχήμα 4.3.2.α. Συχνότητες των διαφορών των ελαχίστων θερμοκρασιών μεταξύ πόλης και αεροδρομίου για την ψυχρή περίοδο για τους έξι αντικυκλωνικούς τύπους κυκλοφορίας.



Σχήμα 4.3.2.β. Συχνότητες των διαφορών των ελαχίστων θερμοκρασιών μεταξύ πόλης και αεροδρομίου για την ψυχρή περίοδο για τους οκτώ υφειακούς τύπους κυκλοφορίας.

**4.4. Κατάταξη των συχνοτήτων εμφάνισης των αντικυκλωνικών και υφεσιακών τύπων κυκλοφορίας για τη θερμή και ψυχρή περίοδο**

Μια διαφορετική σχηματική απεικόνιση σχετικά με το πόσο ο κάθε τύπος κυκλοφορίας ευνοεί το φαινόμενο της θερμής αστικής νησίδας και σε τι ποσοστό, είναι αυτή που παρουσιάζεται στα διαγράμματα 4.4.α και 4.4.β. Για κάθε περίοδο (θερμή και ψυχρή) αθροίστηκαν τα επιμέρους ποσοστά εμφάνισης των αντικυκλωνικών και υφεσιακών τύπων κυκλοφορίας και ακολούθησε μια κατάταξη αυτών των συχνοτήτων σε σχέση με τις διάφορες κλάσεις των θετικών διαφορών των ελαχίστων θερμοκρασιών μεταξύ των σταθμών του Α.Π.Θ. και της Μίκρας.

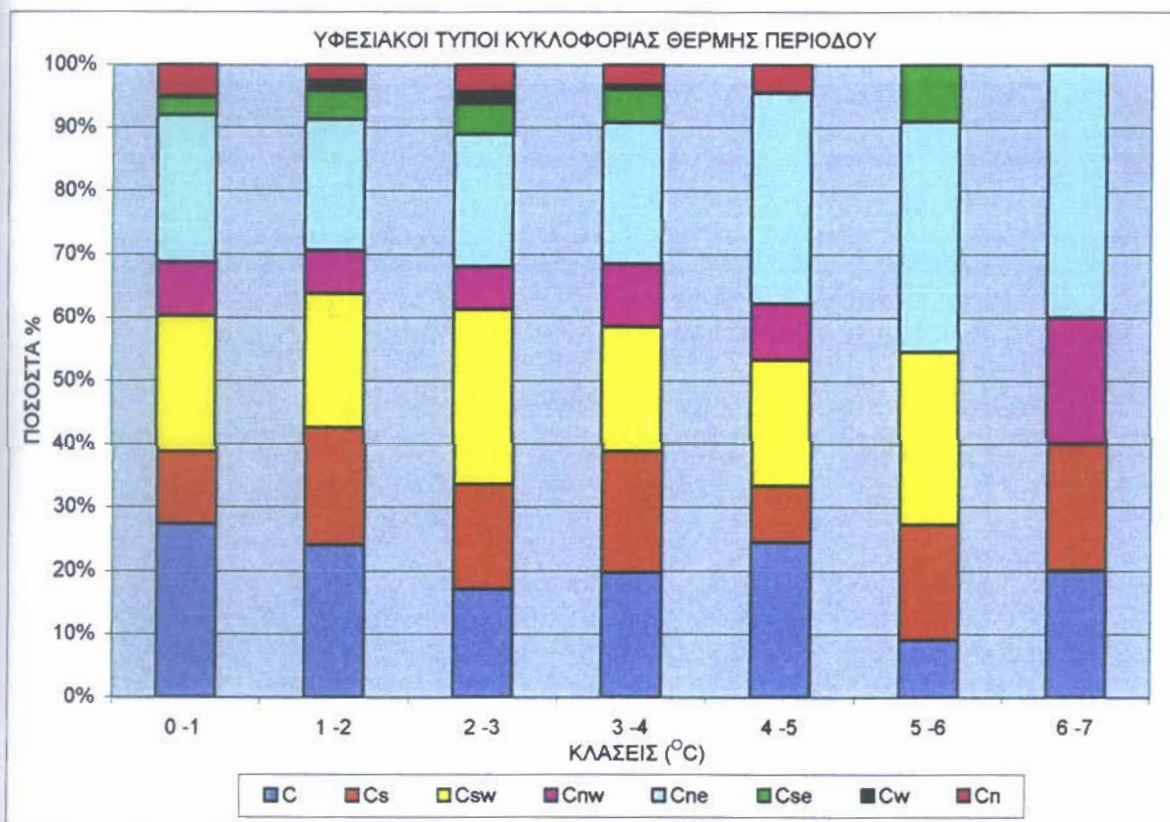
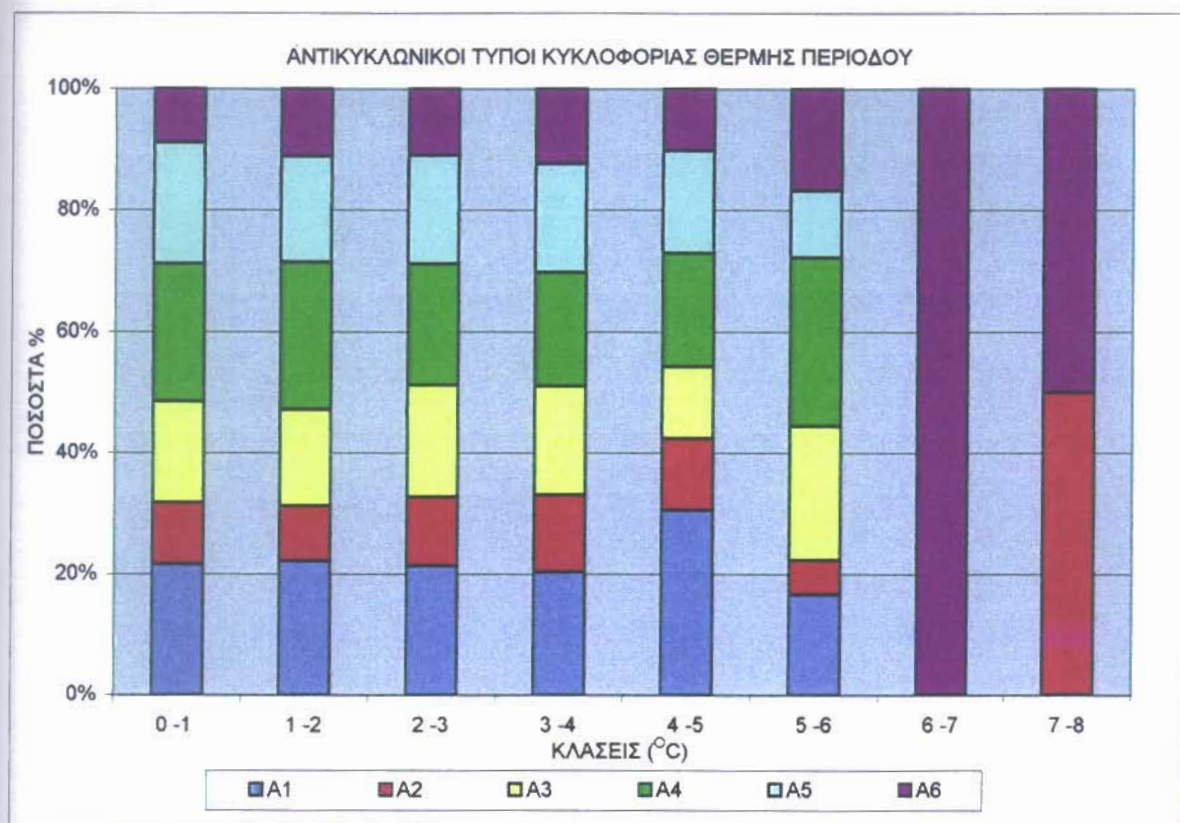
Από το πρώτο ραβδόγραμμα που αντιπροσωπεύει τους αντικυκλωνικούς τύπους της θερμής περιόδου, διαπιστώνεται η ύπαρξη θερμής αστικής νησίδας με θερμοκρασιακές διαφορές που φτάνουν ως και τους 8°C. Όμως, ενώ διαφορές στη θερμοκρασία μεταξύ πόλης και αεροδρομίου μέχρι και 6°C καταγράφονται κατά την επικράτηση όλων των αντικυκλωνικών τύπων καιρού με διάφορα ποσοστά, ωστόσο μόνο κατά την επικράτηση του Α6 σημειώνεται ΔΘ που ανήκει σε θερμοκρασία της τάξεως των 6°C–7°C και μόνο η εμφάνιση των Α2 και Α6 δίνει ΔΘ που ανήκουν στο διάστημα 7–8°C σε ποσοστά 50% ο καθένας (τα ποσοστά αυτά προέκυψαν με αναγωγή επί τοις 100%).

Όλοι οι υφεσιακοί τύποι κυκλοφορίας της θερμής περιόδου συμβάλλουν στη δημιουργία θερμής αστικής νησίδας με αρκετά μεγάλες θερμοκρασιακές διαφορές, οι οποίες πλησιάζουν τους 4°C–5°C. Όμως παρατηρείται ότι οι τρεις τελευταίοι κυκλωνικοί τύποι κυκλοφορίας δεν ενισχύουν το φαινόμενο, καθώς οι Cse, Cw και Cn απουσιάζουν από τις κλάσεις της κλίμακας των 4°C–5°C και 6°C–7°C, ενώ στη δημιουργία διαφορών θερμοκρασίας 5°C–6°C οι Cw και Cn δεν λαμβάνουν μέρος.

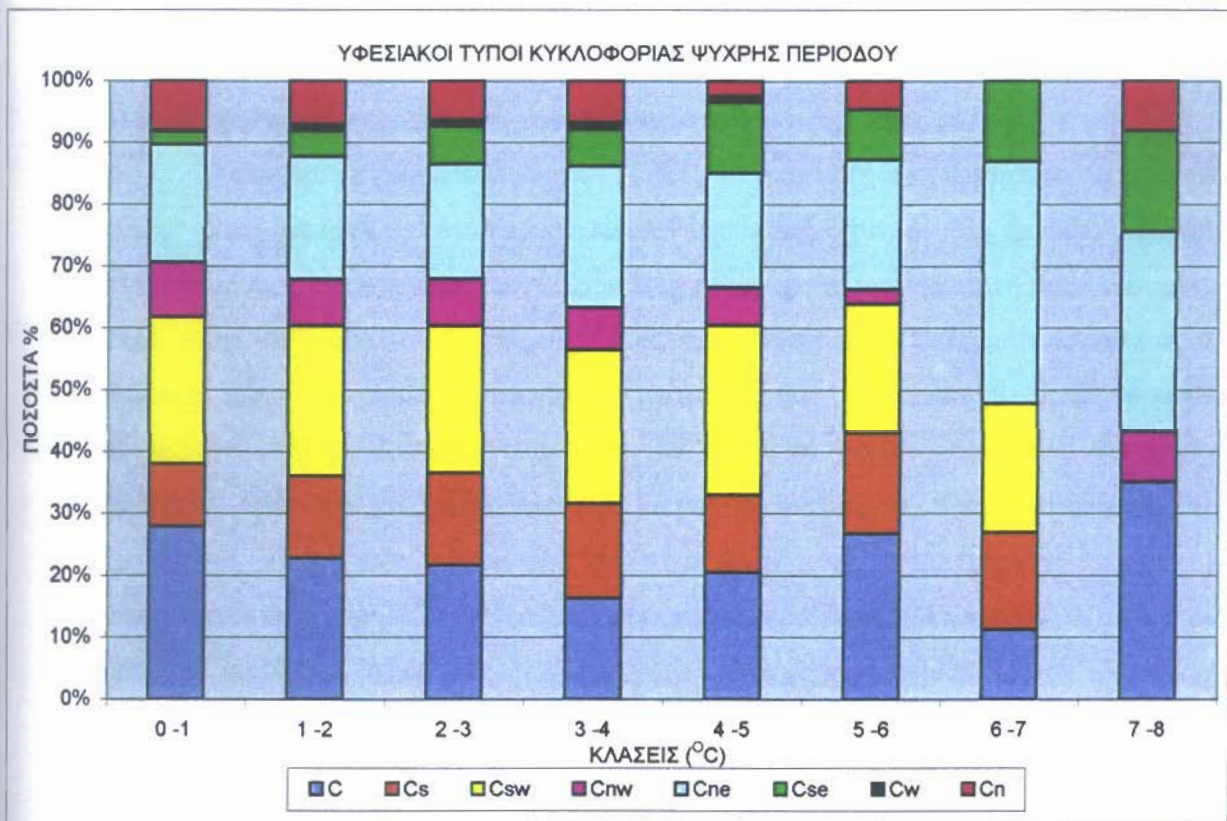
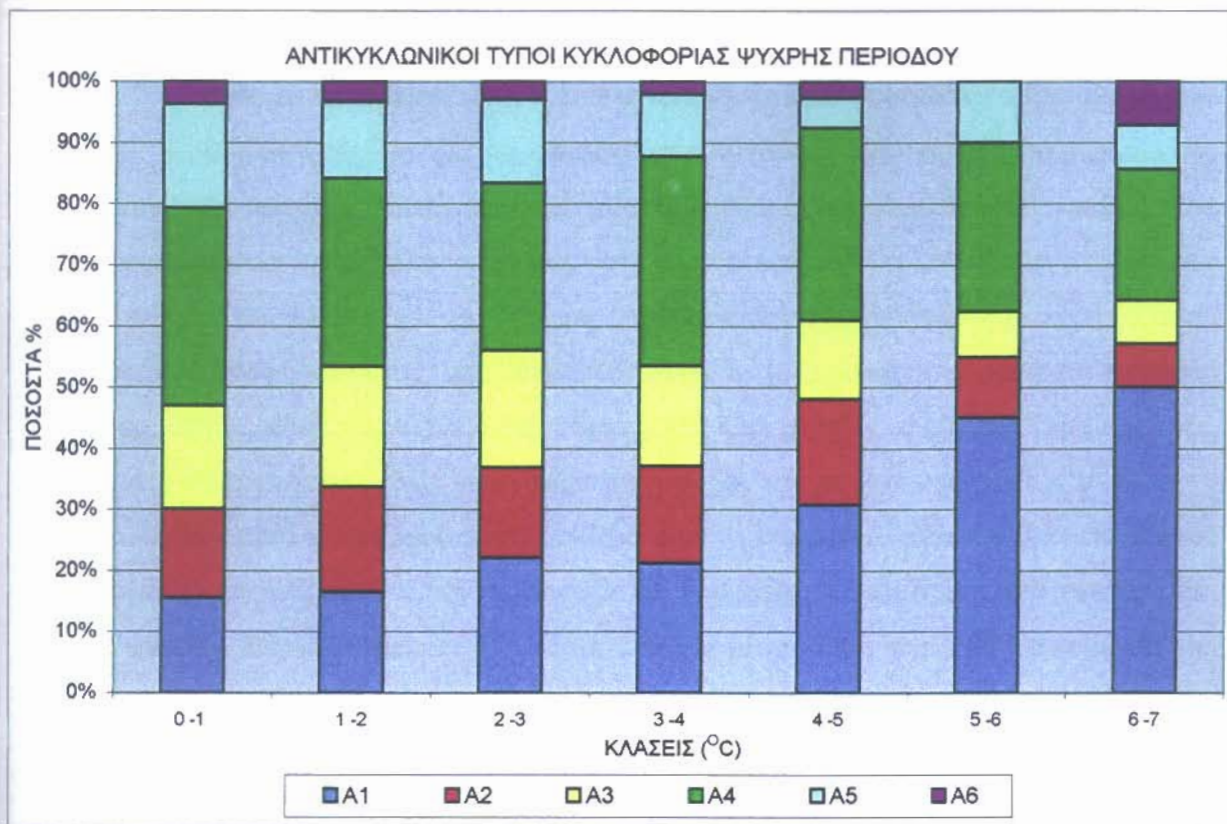
Κατά την ψυχρή περίοδο, αυτό που φαίνεται στα διαγράμματα 4.4.β είναι ότι οι ακραίες τιμές στις διαφορές των θερμοκρασιών έχουν λίγο μεγαλύτερο εύρος, καθώς για τους υφεσιακούς τύπους κυκλοφορίας καταγράφεται διαφορά μεταξύ πόλης και αεροδρομίου μέχρι και 8°. Από την κατανομή των συχνοτήτων των έξι αντικυκλωνικών τύπων της ψυχρής περιόδου, προκύπτει ότι το φαινόμενο της θερμής

αστικής νησίδας έχει αρκετά μεγάλη ένταση ( $\Delta\theta$  μέχρι και  $6-7^{\circ}\text{C}$ ) κατά την εμφάνιση και των έξι τύπων κυκλοφορίας. Ωστόσο, μια εξαίρεση στην προηγούμενη διαπίστωση είναι ότι για θερμοκρασίες της κλάσης των  $5^{\circ}\text{C}$  -  $6^{\circ}\text{C}$  δεν συνέβαλε ούτε στο ελάχιστο ποσοστό ο Α6.

Στην τελευταία γραφική παράσταση, αυτή των συχνοτήτων των οκτώ υφεσιακών τύπων κυκλοφορίας της ψυχρής περιόδου, παρατηρείται ότι για κλάσεις της τάξεως μέχρι και  $4^{\circ}\text{C}$ - $5^{\circ}\text{C}$  εμφανίζονται όλοι οι υφεσιακοί τύποι. Από τις κλάσεις  $5^{\circ}\text{C}$ - $6^{\circ}\text{C}$  μέχρι και  $7^{\circ}\text{C}$ - $8^{\circ}\text{C}$  απουσιάζει εντελώς ο Cw, ο Cn δεν εμφανίζεται καθόλου σε  $\Delta\theta$  μεταξύ  $6^{\circ}\text{C}$ - $7^{\circ}\text{C}$  και από θερμοκρασιακές διαφορές ανάμεσα σε  $7^{\circ}\text{C}$ - $8^{\circ}\text{C}$  λείπει ο Csw.



**Σχήμα 4.4.α.** Ιστογράμματα των συχνοτήτων των έξι αντικυκλωνικών και των οκτώ υφεσιακών τύπων κυκλοφορίας για τη θερμή περίοδο, σε σχέση με τις χωρισμένες κατά κλάσεις διαφορές των ελαχίστων θερμοκρασιών μεταξύ πόλης και αεροδρομίου.



Σχήμα 4.4.β. Ιστογράμματα των συχνοτήτων των έξι αντικυκλωνικών και των οκτώ υφεσιακών τύπων κυκλοφορίας για την ψυχρή περίοδο, σε σχέση με τις χωρισμένες κατά κλάσεις διαφορές των ελαχίστων θερμοκρασιών μεταξύ πόλης και αεροδρομίου.

Βιβλιοθήκη "Θεόφραστος" - Τμήμα Γεωλογίας - Α.Π.Θ.

Ύστερα από τα παραπάνω, μια γενικότερη διαπίστωση είναι ότι το φαινόμενο της θερμής αστικής νησίδας παρουσιάζεται εντονότερο κατά την ψυχρή περίοδο του έτους και κατά την επικράτηση αντικυκλωνικών τύπων κυκλοφορίας, καθώς τότε σημειώνονται οι μεγαλύτερες διαφορές στις ελάχιστες θερμοκρασίες μεταξύ των σταθμών του Α.Π.Θ. και της Μίκρας. Αυτοί οι τύποι κυκλοφορίας χαρακτηρίζονται στην πλειοψηφία τους από ανέφελο ουρανό (επομένως σημειώνεται εκπομπή θερμότητας κατά τη διάρκεια της νύχτας) και από χαμηλές ελάχιστες θερμοκρασίες. Αυτό το φαινόμενο είναι εντονότερο σε μια μη αστική περιοχή, καθώς μέσα στην πόλη τα κτίρια και οι δρόμοι απελευθερώνουν τη θερμότητα που συγκέντρωναν κατά τη διάρκεια της ημέρας, οπότε και η πόλη εμφανίζεται θερμότερη από την ύπαιθρο (Arseni – Papadimitriou et al, 1998). Στην εργασία τους περί του φαινομένου της Θ.Α.Ν. στη Θεσσαλονίκη κατά την περίοδο 1960 – 1990, οι Arseni – Papadimitriou et al έδειξαν ότι από το 1978 και μετά υπάρχει μια αισθητή φθίνουσα τάση στις διαφορές των ελαχίστων θερμοκρασιών μεταξύ πόλης και αεροδρομίου, που σημειώνονται κατά τη επικράτηση των αντικυκλωνικών τύπων κυκλοφορίας. Αυτό το γεγονός πρέπει να αποδοθεί στην αύξηση του φαινομένου της Θ.Α.Ν. πάνω από τη Μίκρα και όχι στην εξασθένηση του φαινομένου στο κέντρο της πόλης.

Σύμφωνα με τον Μπαλαφούτη (1985), οι διαφορές στη θερμοκρασία μεταξύ πόλης και υπαίθρου, όταν επικρατούν ασθενείς άνεμοι ή άπνοια δηλαδή αντικυκλωνική κυκλοφορία, συντελούν στη δημιουργία μιας κλειστής κυκλοφορίας αέρα κατά τη διάρκεια της νύχτας. Στην περίπτωση αυτή υπάρχουν επιφανειακά ρεύματα αέρα που προέρχονται από τις παρυφές και συγκλίνουν προς το θερμικό κέντρο της πόλης. Δημιουργείται έτσι ένα ανοδικό ρεύμα σύγκλισης, το οποίο βρίσκεται κάτω από το οριακό στρώμα. Το ρεύμα αυτό συντελεί στη μετατόπιση της κατώτερης βάσης τους στρώματος της αναστροφής της θερμοκρασίας σε αρκετό ύψος πάνω από την πόλη. Ο αέρας που ανυψώνεται αποκλίνει προς τα έξω και κατόπιν καθιζάνει πάλι στις παρυφές της πόλης για να κλείσει τον δακτύλιο κυκλοφορίας, ώσπου ενώνεται με το ρεύμα εισροής. Η κυκλοφορία αυτή θα μπορούσε να είναι ευεργετική για τη Θεσσαλονίκη αν δεν υπήρχαν οι ρυπογόνες βιομηχανίες ακριβώς γύρω από την πόλη. Πράγματι ο ανυψούμενος αέρας πάνω από την πόλη παρασύρει τους ρύπους των χαμηλών πηγών (θέρμανση, αυτοκίνητα) και

καθαρίζει κάπως τον αέρα στους χώρους διαβίωσης του ανθρώπου. Όμως τα ρυπογόνα προϊόντα των βιομηχανιών οδηγούνται από τα επιφανειακά ρεύματα της υπαίθρου μέσα στο χώρο της θερμής αστικής νησίδας. Η ανοδική κίνηση του αέρα δεν είναι αρκετά ισχυρή για να διασπάσει της αναστροφή της θερμοκρασίας με συνέπεια τη δημιουργία ενός συνεχούς στρώματος ρυπογόνων ουσιών, το οποίο ασκεί μείωση στην εισερχόμενη ηλιακή ακτινοβολία. Παράλληλα, οι ανοδικές κινήσεις πάνω από την πόλη περιορίζουν σημαντικά την εμφάνιση των φαινομένων ομίχλης, δρόσου και πάχνης.

#### **4.5. Επεισόδια των ημερών της θερμής αστικής νησίδας για κάθε έναν από τους τύπους κυκλοφορίας**

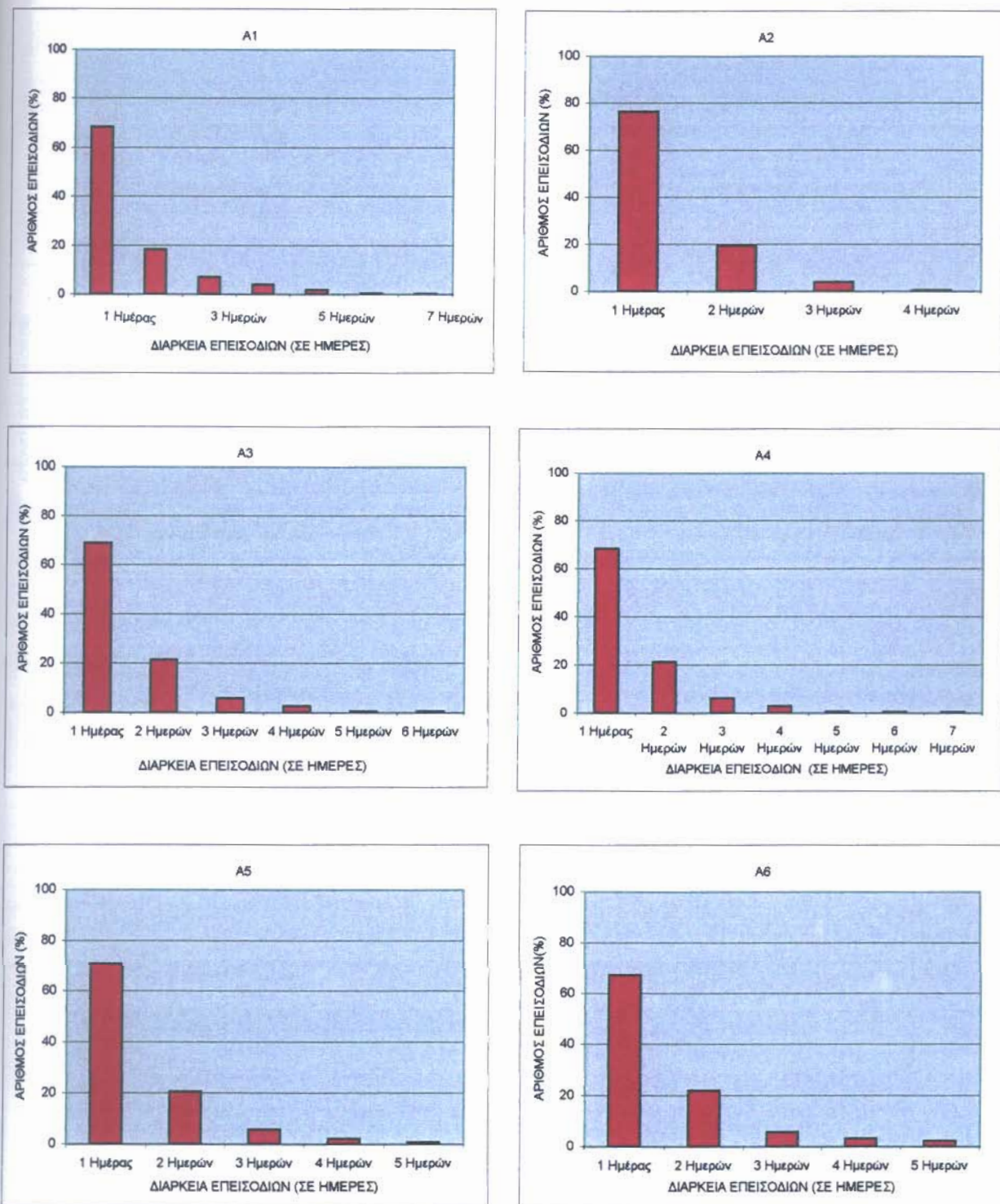
Στην ενότητα που ακολουθεί, εξετάζονται για τη χρονική περίοδο της παρούσας μελέτης, τα επεισόδια των ημερών της θερμής αστικής νησίδας για κάθε τύπο κυκλοφορίας ξεχωριστά, αρχικά για τη θερμή περίοδο και στη συνέχεια για την ψυχρή περίοδο του έτους. Από την επεξεργασία των δεδομένων προέκυψαν τα σχήματα 4.5.α., 4.5.β., 4.5.γ., και 4.5.δ.

Για τον αντικυκλωνικούς τύπους της θερμής περιόδου, υπολογίστηκαν και προέκυψαν επεισόδια με διάρκεια μίας ημέρας έως και επτά ημερών. Οι τύποι A1 και A4 παρουσίασαν επεισόδια θερμής αστικής νησίδας διάρκειας μέχρι και 7 ημερών, ενώ ο A2 είναι εκείνος που το μεγαλύτερο επεισόδιο που εμφανίζει διαρκεί 4 ημέρες. Όπως παρατηρείται και στα αντίστοιχα σχήματα, όσο η διάρκεια σε ημέρες των επεισοδίων αυξάνει, τόσο ο αριθμός των επεισοδίων σταδιακά μειώνεται.

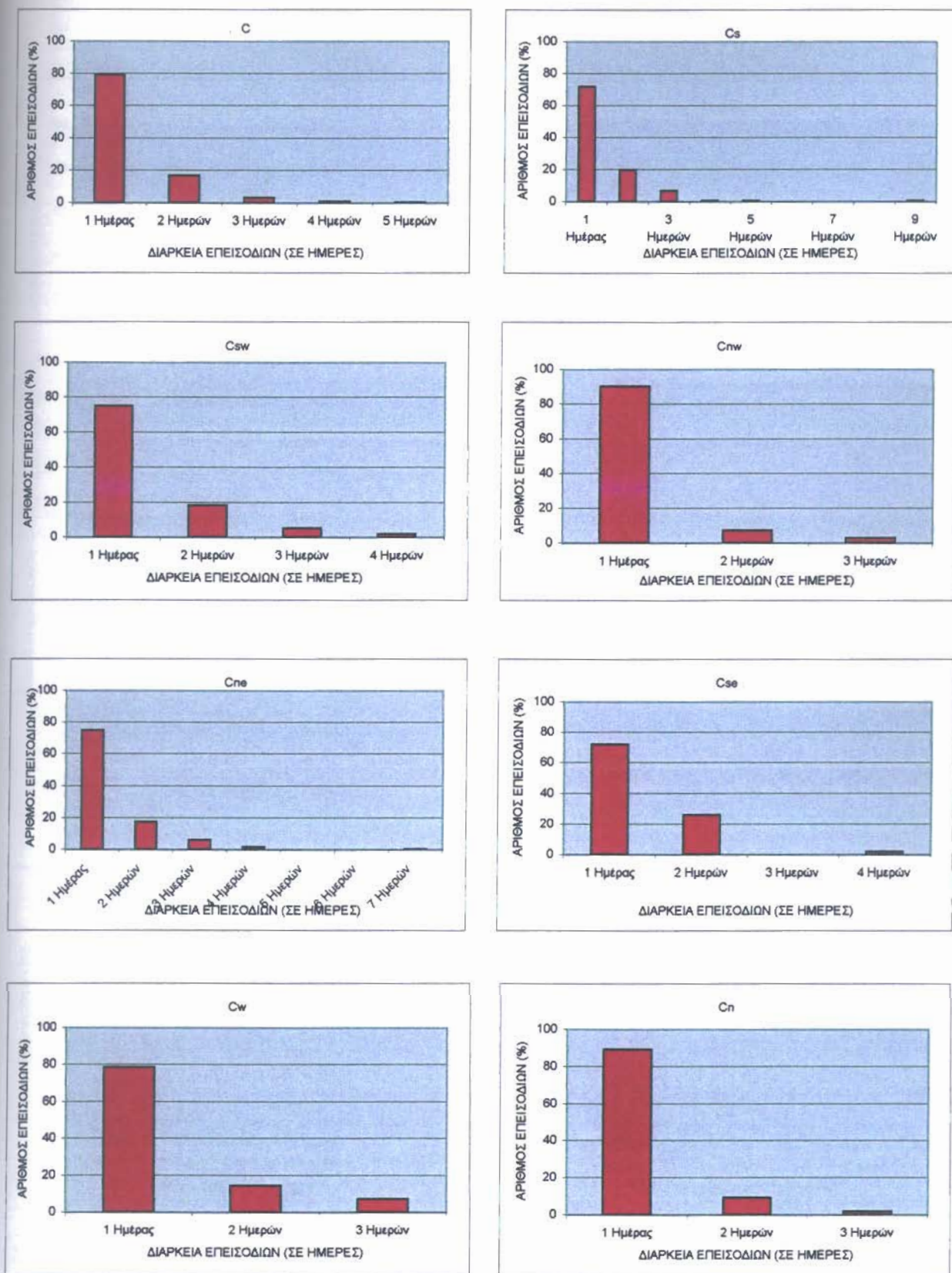
Το ίδιο συμβαίνει και στους υφειακούς τύπους κυκλοφορίας, με τη διαφορά ότι στην περίπτωση αυτή για τον Cs εμφανίζεται έστω και ένα επεισόδιο διάρκειας 9 ημερών. Για τους υπόλοιπους κυκλωνικούς τύπους τα επεισόδια διαρκούν μέχρι το πολύ 7 ημέρες (Cne), ενώ επεισόδια διάρκειας μόνο 3 ημερών αντιστοιχούν στους τύπους Cnw, Cw και Cn.

Προχωρώντας στην ψυχρή περίοδο, η εικόνα είναι παρόμοια. Όσον αφορά στους αντικυκλωνικούς τύπους κυκλοφορίας, το πλήθος των επεισοδίων της θερμής αστικής νησίδας ποικίλει και η διάρκεια των επεισοδίων κυμαίνεται από μιας ημέρας έως επτά ημερών, όπως συμβαίνει και με τους αντικυκλωνικούς της θερμής περιόδου. Επεισόδια μέχρι και 7 ημερών συναντώνται στους τύπους καιρού A2 και A4, ενώ ο A6 εμφανίζει επεισόδια διάρκειας μόνο έως 3 ημερών.

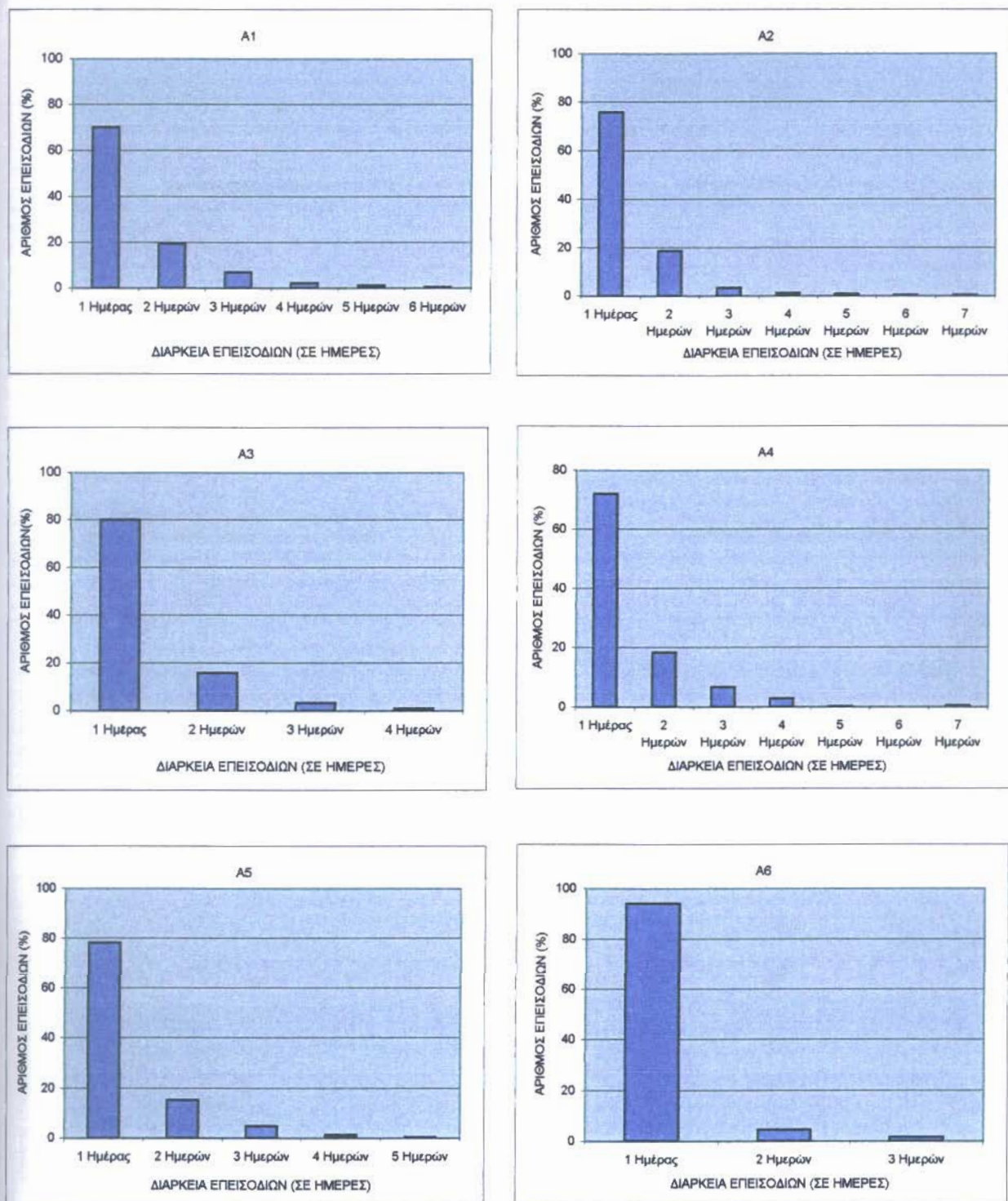
Και στην περίπτωση των υφεσιακών της ψυχρής περιόδου υπάρχει έστω και ένας τύπος (C) κατά την εμφάνιση του οποίου τα επεισόδια θερμής αστικής νησίδας φτάνουν μέχρι και τις 9 ημέρες. Όσο για τους υπόλοιπους κυκλωνικούς τύπους, στον Csw κάποια επεισόδια φτάνουν μέχρι και τις 8 ημέρες, ενώ παρατηρείται και η περίπτωση του τύπου Cw, η παρουσία του οποίου δίνει επεισόδια πολύ μικρής διάρκειας (1 ημέρας και 2 ημερών). Κι εδώ βέβαια φαίνεται από τα σχήματα ότι ο αριθμός των επεισοδίων σταδιακά μειώνεται όσο η διάρκεια σε ημέρες των επεισοδίων αυξάνει.



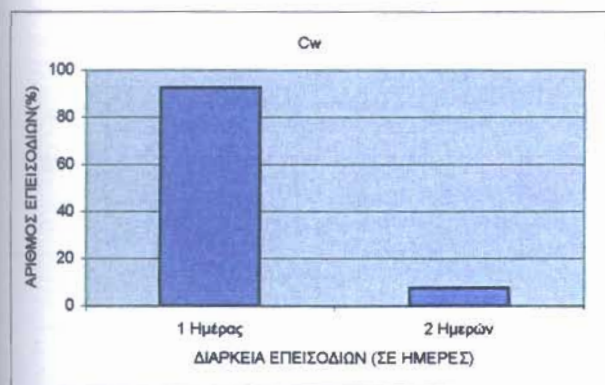
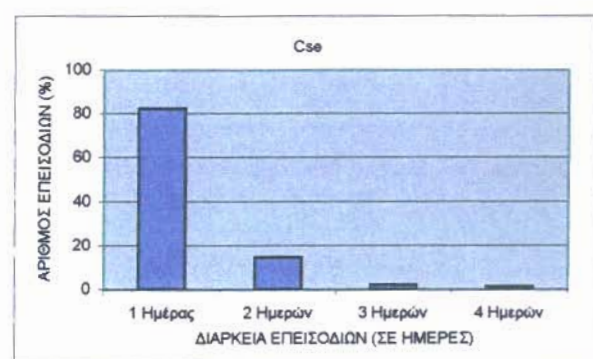
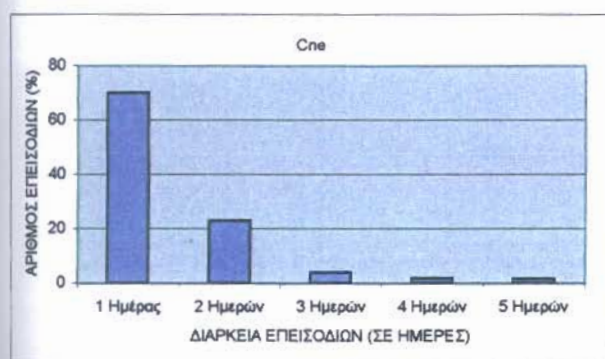
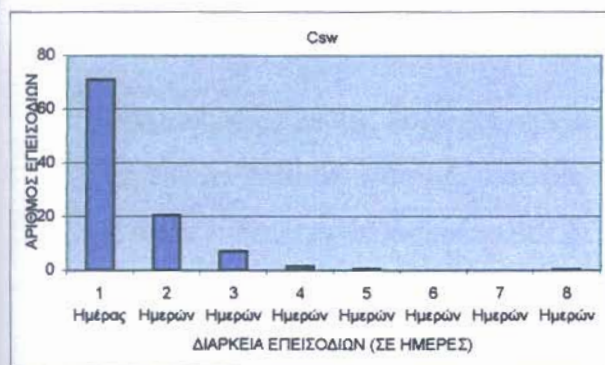
**Σχήμα 4.5.α.** Γραφικές παραστάσεις του πλήθους των επεισοδίων της θερμής αστικής νησίδας σε σχέση με τη διάρκεια αυτών σε ημέρες, για τους έξι αντικυκλωνικούς τύπους κυκλοφορίας για τη θερμή περίοδο.



**Σχήμα 4.5.β.** Γραφικές παραστάσεις του πλήθους των επεισοδίων της θερμής αστικής νησίδας σε σχέση με τη διάρκεια αυτών σε ημέρες, για τους οκτώ υφειακούς τύπους κυκλοφορίας για τη θερμή περίοδο.



**Σχήμα 4.5.γ.** Γραφικές παραστάσεις του πλήθους των επεισοδίων της θερμής αστικής νησίδας σε σχέση με τη διάρκεια αυτών σε ημέρες, για τους έξι αντικυκλωνικούς τύπους κυκλοφορίας για την ψυχρή περίοδο.

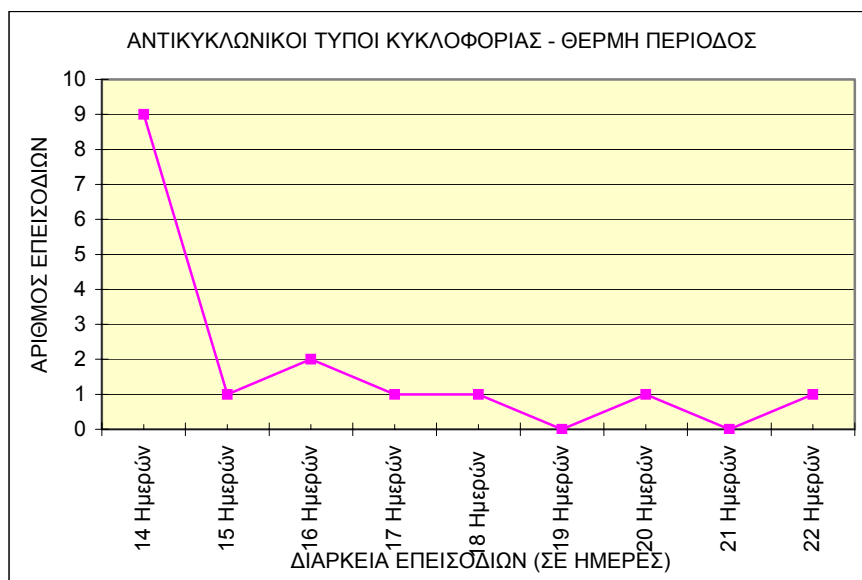


**Σχήμα 4.5.δ.** Γραφικές παραστάσεις του πλήθους των επεισοδίων της θερμής αστικής νησίδας σε σχέση με τη διάρκεια αυτών σε ημέρες, για τους οκτώ υφειαστικούς τύπους κυκλοφορίας για την ψυχρή περίοδο.

#### 4.6. Ακολουθίες των ημερών θερμής αστικής νησίδας για τους αντικυκλωνικούς και τους υφειακούς τύπους κυκλοφορίας

Σκοπός αυτή της ενότητας είναι να μελετηθεί η εμφάνιση καθώς και η εναλλαγή των αντικυκλωνικών όπως και των υφειακών τύπων κυκλοφορίας μέσα στα επεισόδια θερμής αστικής νησίδας για τη θερμή και την ψυχρή περίοδο ξεχωριστά.

Για το λόγο αυτό αρχικά συγκεντρώθηκαν οι ακολουθίες ημερών στις οποίες εμφανίζονται οι έξι αντικυκλωνικοί τύποι κυκλοφορίας για τη θερμή περίοδο και βρέθηκαν επεισόδια θερμής αστικής νησίδας διάρκειας μέχρι και 22 ημερών (σχήμα 4.6.1.α.). Επιλεκτικά αναφέρονται οι ακολουθίες διάρκειας από 14 ημέρες και πάνω ώστε να αποδοθεί μια καλύτερη εικόνα της εναλλαγής των αντικυκλωνικών τύπων, εφόσον και οι ακολουθίες είναι το δυνατόν μεγαλύτερες. Έτσι, με διάρκεια 14 ημερών βρέθηκαν 9 επεισόδια, από τα οποία θα μελετηθούν για λόγους συντομίας τα 3 πρώτα.



**Σχήμα 4.6.1.α.** Ακολουθίες ημερών Θ.Α.Ν. για τους αντικυκλωνικούς τύπους κυκλοφορίας κατά τη θερμή περίοδο.

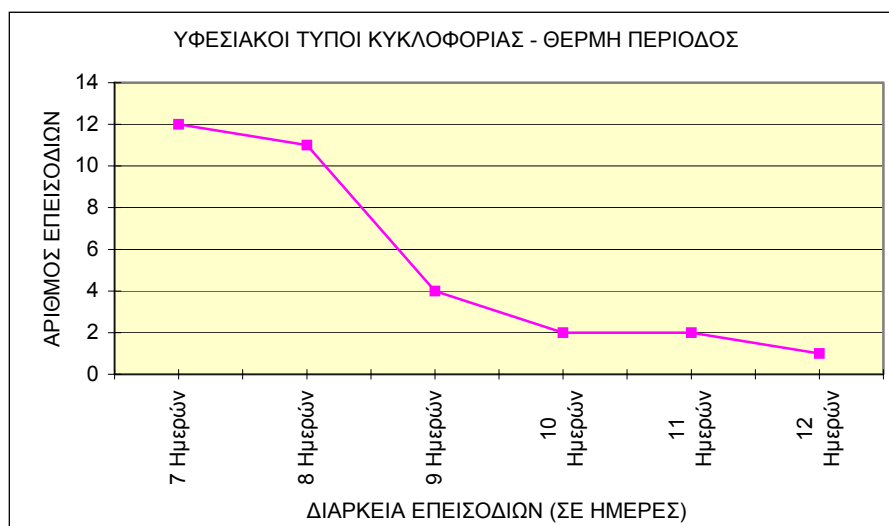
Στο πρώτο λοιπόν επεισόδιο διάρκειας 14 ημερών (20/6/1963-3/7/1963) ο τύπος κυκλοφορίας A5 εμφανίζεται την πρώτη μέρα (A5(1)) και μόνο αυτή, στη συνέχεια ακολουθεί ο A1 για μια μέρα πάλι (A1(1)), ο A6 επαναλαμβάνεται για τρεις μέρες (A6(3)), κατόπιν έρχεται ο A3 ο οποίος διαρκεί μια μόνο μέρα (A3(1)), ξαναεμφανίζεται ο A1 διαρκώντας όμως αυτή τη φορά τρεις ημέρες (A1(3)), επανέρχεται ο A6 για μια μόνο ημέρα (A6(1)) και τη θέση του παίρνει ο A1 με ακολουθία δύο ημερών (A1(2)). Τέλος δύο μεμονωμένες εμφανίσεις κάνουν οι A3 και A4 και μένουν πάνω από την ελληνική περιοχή μόνο επι μια ημέρα ο καθένας (A3(1), (A4(1))). Προχωρώντας στο επόμενο επεισόδιο των 14 ημερών (2/9/1965-15/9/1965), αυτό ξεκινά με την παρουσία του A1(1). Στη συνέχεια οι τύποι κυκλοφορίας έχουν ως εξής: A4(1), A6(3), A5(3), A6(1), A3(1), A6(2) και A5(1). Στην τελευταία ακολουθία των 14 ημερών (27/7/1966-9/8/1966) οι τύποι κυκλοφορίας εναλλάσσονται ως εξής: A1(1), A3(1), A5(3), A4(1), A1(1), A4(1), A3(1), A2(1), A6(2), και A4(1).

Σειρά έχει το επεισόδιο διάρκειας 15 ημερών, το οποίο βρέθηκε ότι είναι μόνο ένα και το οποίο διήρκεσε από 5/9/1982-19/9/1982. Οι αντικυκλωνικοί τύποι κυκλοφορίας εδώ είναι A1(2), A2(1), A5(1), A3(1), A5(1), A6(1), A5(2), A4(1), A5(1), A4(1), A5(1), A2(2). Στη συνέχεια, η ακολουθία διάρκειας 16 ημερών συγκεντρώνει 2 επεισόδια τα οποία διαρκούν από 2/9/1984-17/9/1984 και από 13/7/1987-28/7/1987. στο πρώτο επεισόδιο η σειρά των τύπων είναι A5(2), A2(2), A4(1), A3(2), A5(4), A1(1), A3(1), A2(2) και A4(1). Στο δεύτερο επεισόδιο η εναλλαγή φαίνεται να είναι πιο μονότονη, ήτοι A1(3), A3(1), A1(5), A2(1), A3(6) και A6(2).

Επεισόδια 17, 18, 20 και 22 ημερών βρέθηκαν από ένα σε κάθε περίπτωση, ενώ ακολουθίες 19 και 21 ημερών δεν εντοπίστηκαν. Το επεισόδιο των 17 ημερών είχε διάρκεια από 11/8/1985-27/8/1985 με τους ακόλουθους τύπους κυκλοφορίας: A1(4), A5(2), A6(1), A5(1), A1(1), A3(2), A1(1), A3(1), A6(2) και A5(2), ενώ το επεισόδιο των 18 ημερών κράτησε από 14/5/1994-31/5/1994 και είχε ως εξής: A4(3), A2(1), A3(1), A2(2), A6(1), A4(1), A1(1), A6(5), A4(2) και A1(1). Από 3/9/1987-22/9/1987 βρέθηκε ότι διήρκεσε η ακολουθία των 20 ημερών με την παρακάτω σειρά των τύπων: A4(1), A1(1), A4(1), A1(1), A2(2), A6(2), A5(1), A4(1), A1(1), A2(2),

A1(1), A3(1) και A1(5), ενώ το μεγίστης διάρκειας επεισόδιο (22 ημερών) των αντικυκλωνικών τύπων της θερμής περιόδου επικράτησε από 17/7/1984-7/8/1985 με σειρά A1(4), A3(2), A1(2), A3(1), A1(4), A3(4), A5(1), A3(1), A4(2) και A3(1).

Στη συνέχεια για τους υφεσιακούς τύπους της θερμής και πάλι περιόδου καταγράφηκαν ακολουθίες οι οποίες όμως έχουν διάρκεια μικρότερη από αυτή των αντικυκλωνικών τύπων που περιγράφηκαν πιο πάνω. Έτσι, βρέθηκαν επεισόδια μέχρι και 12 ημερών, από τα οποία θα αναφερθούν τα πιο μακροπρόθεσμα, δηλαδή από 8 ημέρες και πάνω. Τα επεισόδια διάρκειας 8 ημερών είναι συνολικά 11, αλλά στο σημείο αυτό θα αναλυθούν τα τρία από αυτά (σχήμα 4.6.1.β.).



**Σχήμα 4.6.1.β.** Ακολουθίες ημερών Θ.Α.Ν. για τους υφεσιακούς τύπους κυκλοφορίας κατά τη θερμή περίοδο.

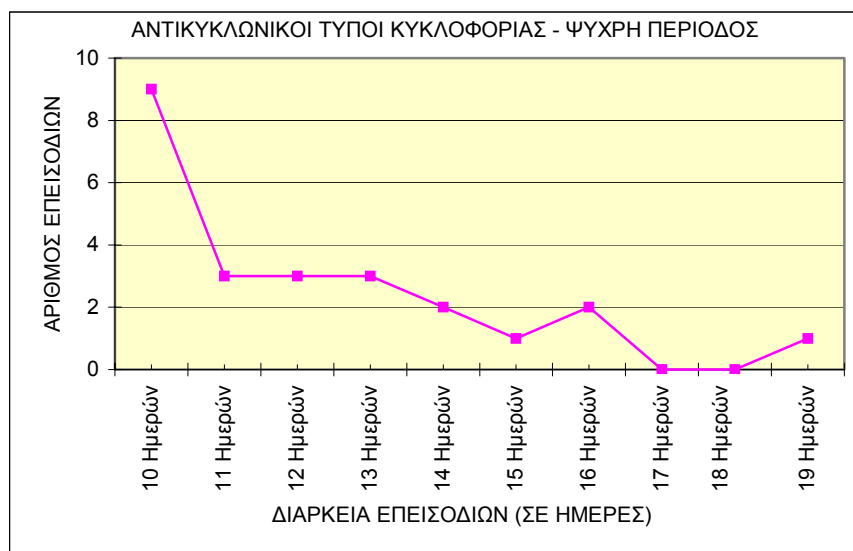
Επομένως, το πρώτο επεισόδιο των 8 ημερών καταγράφηκε από τις 23/9/1961 έως τις 30/9/1961 και οι εναλλαγές των τύπων κυκλοφορίας έχουν ως εξής: Cne(3), Csw(1) Cs(1) Csw(1) Cs(1) Csw(1). Ακολουθεί η αμέσως επόμενη ακολουθία των 8 ημερών (19/9/1965-26/9/1965) με τους υφεσιακούς τύπους να εμφανίζονται με σειρά: Csw(4), Cn(1), Csw(1), C(2). Από τις εναλλαγές Cne(3), ) Csw(1), Cs(3) και Cn(1) χαρακτηρίζεται άλλο ένα επεισόδιο διάρκειας 8 ημερών (11/5/1971-18/5/1971).

Συνεχίζοντας τη μελέτη, ακολουθίες 9 ημερών εντοπίστηκαν 4 συνολικά, από τις οποίες αναφέρονται στις επόμενες σειρές οι δύο. Η πρώτη διήρκεσε από 6/6/1965-

14/6/1965 και η δεύτερη από 22/9/1966-30/9/1966 και η σειρά εμφάνισης των υφεσιακών τύπων καιρού είναι αντίστοιχα: C(2), Cn(2), Cnw(1), C(4) και Cs(3), Csw(2), Cse(4). Δύο είναι τα επεισόδια των 10 ημερών και οι τύποι κυκλοφορίας εναλλάσσονται στο πρώτο (22/8/1978-31/8/1978) ως εξής: Cne(1), Csw(3), Cw(3), Cne(1), Cn(1) και Csw(1) και στο δεύτερο (3/5/1980-12/5/1980) ως ακολούθως: Cne(1), Cw(1), Csw(1), C(2), Cs(1), Cne(1), Csw(1) και C(2).

Έχοντας απομείνει οι ακολουθίες των 11 και 12 ημερών, σημειώνεται ότι η πρώτη αποτελείται από δύο επεισόδια και η δεύτερη από ένα. Ξεκινώντας από την πρώτη, παρατηρείται ότι αυτή εμφανίστηκε στις 1/6/1982 και τελείωσε στις 11/6/1982 και οι υφεσιακοί τύποι κυκλοφορίας ακολουθούν την εξής σειρά εμφάνισης: Cne(1), Cs(8) και Csw(1). Στο δεύτερο επεισόδιο (10/6/1984-20/6/1984) η διαδοχή των τύπων κυκλοφορίας είναι: Cne(1), Csw(2), Cne(2), Csw(2) και Cne(4). Τέλος αναφέρεται και το μοναδικό επεισόδιο διάρκειας 12 ημερών (8/5/1986-19/5/1986) όπου οι τύποι εμφανίζονται με τη σειρά: Cne(3), Csw(1), Cne(3), Cse(1), Cne(2) και Cs(2).

Όσον αφορά στις ακολουθίες της ψυχρής περιόδου, οι αντικυκλωνικοί τύποι εμφανίζονται διαδοχικά μέχρι και επί 19 συνεχόμενες ημέρες. Στο σημείο αυτό θα αναφερθούν επεισόδια 13 ημερών και πάνω (σχήμα 4.6.1.γ.).



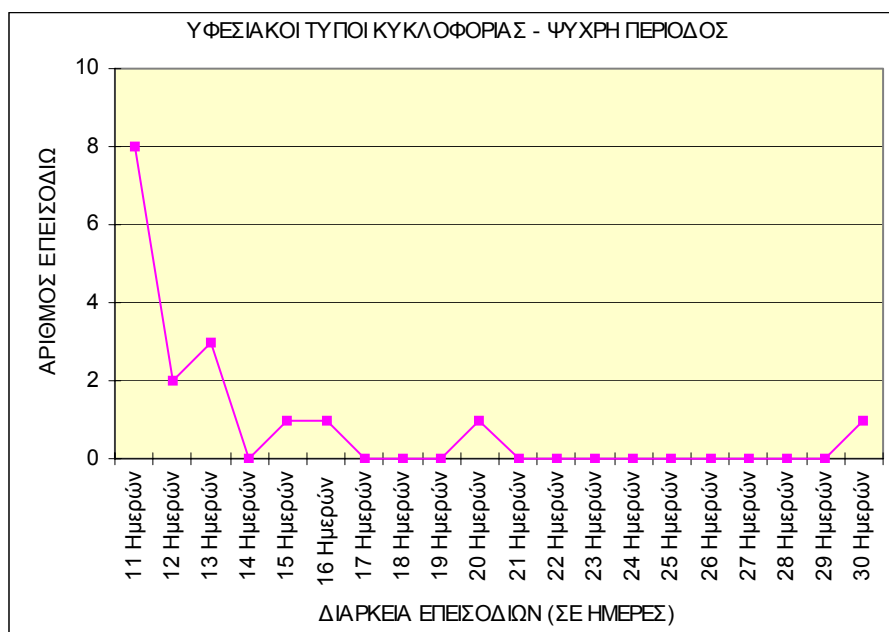
**Σχήμα 4.6.1.γ.** Ακολουθίες ημερών Θ.Α.Ν. για τους αντικυκλωνικούς τύπους κυκλοφορίας κατά τη ψυχρή περίοδο.

Τα επεισόδια 13 ημερών λοιπόν βρέθηκε ότι είναι τρία και από το πρώτο ως το τελευταίο αναφέρονται οι ημερομηνίες διάρκειάς τους και οι εναλλαγές των αντικυκλωνικών τύπων κυκλοφορίας αντίστοιχα: (26/10/1994-7/11/1994), A3(1), A4(3), A2(1), A1(1), A3(3), A1(2), A4(2), (4/11/1996-16/11/1996), A1(2), A2(1), A4(1), A3(1), A1(1), A5(4), A1(3) και (24/3/2000-5/4/2000), A1(1), A3(1), A4(2), A2(1), A4(1), A3(1), A5(1), A6(1), A4(3) και A5(1).

Ακολουθίες 14 ημερών με αντικυκλωνικούς τύπους εντοπίστηκαν στο σύνολο των δεδομένων μόνο δύο, οι οποίες έχουν ως εξής: (1/11/1960-14/11/1960), A1(2), A3(2), A1(1), A2(20), A4(4), A1(1), A3(1), A2(1) και η δεύτερη (18/3/1974-31/3/1974), A1(1), A2(2), A4(1), A2(2), A4(3), A5(2), A4(2) και A5(1). Στη συνέχεια έπεται το μοναδικό επεισόδιο των 15 ημερών: (11/1/1993-25/1/1993), A1(2), A3(2), A1(2), A3(4), A1(1) και A3(4). Δύο επεισόδια με ακολουθίες των 16 ημερών καταγράφονται αμέσως μετά, με το πρώτο να διαρκεί από 18/3/1977 έως 2/4/1977 και το δεύτερο από 25/3/1986 έως 9/4/1986. Στο πρώτο η διαδοχή των αντικυκλωνικών τύπων έχει ως εξής: A1(1), A2(1), A3(2), A6(3), A3(1), A6(1), A2(1), A4(2), A3(2), A4(1) και A5(1), ενώ στο δεύτερο οι τύποι κυκλοφορίας έχουν τη σειρά: A2(7), A1(1), A4(1), A3(1), A4(1), A5(1), A2(1), A1(2) και A2(1).

Τελειώνοντας με τους αντικυκλωνικούς τύπους κυκλοφορίας της ψυχρής περιόδου, πρέπει να σημειωθεί ότι επεισόδια των 17 και 18 ημερών δεν εντοπίστηκαν καθόλου, ενώ βρέθηκε όπως προαναφέρθηκε εξάλλου ένα επεισόδιο 19 ημερών. Η ακολουθία επομένως των 19 ημερών διήρκεσε από 26/3/1989-13/4/1989 και οι τύποι κυκλοφορίας διαδέχονται ο ένας τον άλλον επί 19 ημέρες με τον ακόλουθο τρόπο: A3(1), A4(1), A1(2), A3(1), A2(1), A3(1), A4(3), A3(2), A6(1), A5(2), A1(2), και A5(2).

Η ενότητα αυτή κλείνει με τα επεισόδια των υφεσιακών τύπων κυκλοφορίας για την ψυχρή περίοδο, στα οποία οι ακολουθίες φτάνουν μέχρι και τις 30 συνεχόμενες ημέρες (σχήμα 4.6.1.δ.).



**Σχήμα 4.6.1.δ.** Ακολουθίες ημερών Θ.Α.Ν. για τους υφεσιακούς τύπους κυκλοφορίας κατά τη ψυχρή περίοδο.

Ξεκινώντας από το μοναδικό επεισόδιο των 15 ημερών, αυτό βρέθηκε μεταξύ 9/11/1986-23/11/1986 και η διαδοχή των υφεσιακών τύπων κυκλοφορίας καταγράφηκε ως εξής: Cne(1), Cse(2), Csw(4), Cs(1), Cse(1), Cn(2), C(1), Cn(2) και Cs(1). Επεισόδιο με ακολουθία 16 ημερών βρέθηκε και πάλι ένα: (10/2/1961-25/2/1961), Cs(1), Csw(2), C(3), Cs(1), Csw(2), Cse(1), Cnw(1), Csw(1), C(1), Cs(2), Csw(1).

Επεισόδια 17, 18 και 19 ημερών δεν εντοπίστηκαν. Παρόλα αυτά υπήρξε ένα επεισόδιο 20 ημερών με τα χαρακτηριστικά: (20/2/1979-11/3/1979), Cne(5), Cnw(6), Cn(1), Cne(2), Csw(2), Cse(1), Cnw(1), Cne(1), Cs(1) καθώς και ένα επεισόδιο το οποίο διήρκεσε έναν ολόκληρο μήνα, τον Νοέμβριο του 1978. Στη διάρκεια αυτού του μηνός λοιπόν της ψυχρής περιόδου έκαναν την εμφάνισή τους μόνο υφεσιακοί τύποι κυκλοφορίας με την ακόλουθη σειρά: Csw(2), C(1), Csw(2), C(2), Csw(1), C(1), Csw(2), Cse(1), C(1), Csw(2), Cs(1), Csw(8), Cs(2), Cn(1), Csw(3).

Αυτό που παρατηρήθηκε από τη μελέτη των ακολουθιών της θερμής αστικής νησίδας για τους αντικυκλωνικούς τύπους κυκλοφορίας αρχικά, είναι ότι κατά τη

διάρκεια της θερμής αλλά και της ψυχρής περιόδου του έτους, ο υφεσιακός τύπος κυκλοφορίας που συντελεί κατά κύριο λόγο στην ανατροπή της νησίδας είναι ο Csw. Για τους υφεσιακούς τύπους τόσο κατά τη θερμή όσο και κατά την ψυχρή περίοδο ο αντικυκλωνικός τύπος καιρού που ανατρέπει το φαινόμενο είναι ο A1.

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

#### *Συμπεράσματα*

Διαπιστώνεται ότι και για τους τρεις σταθμούς, παρόλο που οι χρονικές περίοδοι δεν είναι ακριβώς οι ίδιες, οι θερμοκρασίες τους (μέγιστες και ελάχιστες) παρουσιάζουν απλή κύμανση με ένα μέγιστο και ένα ελάχιστο. Οι διαφορές που προκύπτουν μεταξύ των σταθμών αναφέρονται στο εύρος της κύμανσης και ελάχιστα στους μήνες που καταγράφονται οι υψηλότερες και οι χαμηλότερες θερμοκρασίες.

Αναλυτικότερα παρατηρείται ότι και οι τρεις σταθμοί παρουσιάζουν τις υψηλότερες μέγιστες τιμές τον ίδιο μήνα, δηλαδή τον Ιούλιο με τη διαφορά ότι τόσο ο σταθμός της Καλαμαριάς όσο και της Μίκρας εμφανίζουν τις υψηλότερες μέγιστες τιμές θερμοκρασίας συγχρόνως στον Ιούλιο και τον Αύγουστο. Εξάλλου, το χαμηλότερο ελάχιστο παρουσιάζεται και για τους τρεις σταθμούς τον ίδιο μήνα, δηλαδή τον Ιανουάριο.

Μελετώντας εν συνεχεία τις μέσες μηνιαίες ελάχιστες τιμές θερμοκρασίας και συγκρίνοντας τους σταθμούς μεταξύ τους, παρατηρείται ότι οι σταθμοί Α.Π.Θ. και Μίκρας εμφανίζουν την υψηλότερη μέγιστη τιμή τον Ιούλιο και ακολουθεί ο Αύγουστος, ενώ στο σταθμό της Καλαμαριάς συμβαίνει το αντίστροφο, δηλαδή ο Αύγουστος παρουσιάζεται με το υψηλότερο μέγιστο και ακολουθεί ο Ιούλιος. Όσον αφορά στις χαμηλότερες ελάχιστες τιμές, η εικόνα είναι ίδια και για τους τρεις σταθμούς, η χαμηλότερη ελάχιστη θερμοκρασία δηλαδή εμφανίζεται τον Ιανουάριο.

Από τη σύγκριση των μέσων μηνιαίων ελαχίστων και μεγίστων τιμών θερμοκρασίας μεταξύ και των τριών μετεωρολογικών σταθμών για την κοινή περίοδο εξέτασης τους, προέκυψε ότι τους μήνες Ιανουάριο, Φεβρουάριο, Μάρτιο, Απρίλιο, Οκτώβριο και Δεκέμβριο οι μέσες μηνιαίες μέγιστες θερμοκρασίες είναι μεγαλύτερες για το σταθμό του Α.Π.Θ. σε σχέση με τους άλλους δύο σταθμούς. Ο σταθμός της Μίκρας παρουσιάζει τις μικρότερες μέσες μηνιαίες μέγιστες θερμοκρασίες σε σχέση με τους άλλους δύο σταθμούς τους μήνες Ιανουάριο, Αύγουστο, Σεπτέμβριο, Οκτώβριο και Δεκέμβριο. Οι μέγιστες θερμοκρασίες στην Καλαμαριά φαίνεται να υπερτερούν από τις αντίστοιχες των άλλων δύο σταθμών τους μήνες Μάιο, Ιούνιο, Ιούλιο, Αύγουστο, Σεπτέμβριο και Νοέμβριο.

Επίσης παρατηρήθηκε ότι τον Μάρτιο και κυρίως τον Απρίλιο οι μέσες μηνιαίες ελάχιστες θερμοκρασίες του Α.Π.Θ. είναι μεγαλύτερες σε σχέση με τους άλλους δύο σταθμούς. Ο σταθμός της Μίκρας παρουσιάζει τις μικρότερες μέσες μηνιαίες ελάχιστες θερμοκρασίες σε σχέση με τους άλλους δύο σταθμούς και για όλους τους μήνες. Οι ελάχιστες θερμοκρασίες στην Καλαμαριά φαίνεται να είναι υψηλότερες απ' ότι στους άλλους δύο σταθμούς σε όλους τους μήνες του έτους πλην των μηνών Μάρτιο και Απρίλιο.

Βρέθηκε ότι μέγιστο εύρος για το σταθμό του Α.Π.Θ. σημειώνεται τους μήνες Ιούνιο και Ιούλιο και έχει τιμή  $10,8^{\circ}\text{C}$  και ακολουθεί ο Αύγουστος με μικρή διαφορά. Το μικρότερο εύρος σημειώνεται τον Ιανουάριο και τον Δεκέμβριο και είναι ίσο με  $7,2^{\circ}\text{C}$ . Για την Καλαμαριά οι αντίστοιχες τιμές διαμορφώνονται ως εξής: μέγιστο εύρος ( $10,6^{\circ}\text{C}$ ) σημειώνεται τον Ιούλιο με δεύτερο στη σειρά το  $10,4^{\circ}\text{C}$  (Ιούνιο) και ελάχιστο το Δεκέμβριο ( $5,1^{\circ}\text{C}$ ). Η διαφορά αυτή είναι χαμηλότερη εκείνης του Α.Π.Θ. κατά περίπου  $2^{\circ}\text{C}$ . Το μέγιστο εύρος για τη Μίκρα ( $11,7^{\circ}\text{C}$ ) καταγράφεται τον Ιούνιο και το ελάχιστο τον Ιανουάριο ( $7,8^{\circ}\text{C}$ ). Γενικότερα παρατηρείται ότι και για τους τρεις σταθμούς οι από μήνα σε μήνα διαφορές των τιμών είναι μεγαλύτερες κατά τους ψυχρούς μήνες σε σχέση με τους θερμούς, γεγονός που επιβεβαιώνει ότι οι θερμοί μήνες είναι περισσότερο σταθεροί από τους ψυχρούς.

Αναφορικά με την κύμανση των μέσων άκρων θερμοκρασιών ανά μήνα, όσον αφορά στις μέσες μέγιστες θερμοκρασίες, σχεδόν σε όλους τους μήνες η Θεσσαλονίκη εμφανίζει υψηλότερες θερμοκρασίες από τη Μίκρα και οι δύο καμπύλες βρίσκονται σε φάση. Μικρές διαφορές παρατηρούνται μεταξύ των καμπυλών Α.Π.Θ. και Μίκρας αφενός και της Καλαμαριάς αφετέρου, της οποίας η καμπύλη βρίσκεται άλλοτε σε φάση και άλλοτε όχι. Παρατηρήθηκε επίσης ότι κατά τους χειμερινούς μήνες τα εύρη μεταβολών είναι μεγάλα, ενώ πλησιάζοντας προς τη θερμή περίοδο αυτά ελαττώνονται. Μετά τον Σεπτέμβριο αρχίζουν τα εύρη να γίνονται πιο σημαντικά και να φτάνουν στις μέγιστες διακυμάνσεις και πάλι, κατά το Δεκέμβριο.

Συνεχίζοντας για τις ελάχιστες θερμοκρασίες, όπως και στην περίπτωση των μεγίστων θερμοκρασιών, η Θεσσαλονίκη εμφανίζεται θερμότερη απ' ότι η Μίκρα (πλην ελαχίστων περιπτώσεων). Οι καμπύλες βρίσκονται σε φάση – υψηλό βαθμό συμμεταβολής – με διακυμάνσεις που αποκτούν τις μεγαλύτερες τιμές τους κατά τους χειμερινούς μήνες και τις χαμηλότερες κατά τους θερμούς. Ανοδική τάση

παρουσιάζουν και οι δύο χρονοσειρές (Α.Π.Θ. και Μίκρα) στο μέσον περίπου της δεκαετίας του '80, κυρίως κατά τους θερμούς μήνες του έτους.

Οι υψηλότερες τιμές της Θεσσαλονίκης και στις δύο προηγούμενες περιπτώσεις θα μπορούσαν να αποδοθούν στους παράγοντες θέρμανση και κυκλοφορία οχημάτων καθώς επίσης και στην απόδοση της θερμότητας κατά τη διάρκεια της νύχτας, η οποία και αποθηκεύεται στα κτίρια και τους δρόμους κατά την ημέρα.

Αξίζει επίσης να αναφερθεί ότι κατά τα πρόσφατα χρόνια οι ελάχιστες τιμές θερμοκρασίας της Θεσσαλονίκης και της Μίκρας πλησιάζουν αρκετά, γεγονός που προβληματίζει, λαμβάνοντας υπόψη και τον βαθμό αστικοποίησης της περιοχής της Μίκρας. Αυτό οφείλεται στο ότι στην περιοχή δημιουργήθηκαν συγκροτήματα κτιρίων που χρησιμοποιούνται για πρώτη κατοικία από τους κατοίκους της Θεσσαλονίκης. Εξάλλου, η οικοδομική δραστηριότητα αυτή ελαττώνει τους χώρους πρασίνου ή αγρών και στη θέση τους δημιουργεί αδιάβροχα εδάφη με συνέπειες στην κατανομή της θερμότητας και της υγρασίας. Παρατηρείται εξάλλου και μια ανοδική πορεία της καμπύλης που αντιπροσωπεύει το σταθμό της Μίκρας, γεγονός που επιβεβαιώνει ότι από τη δεκαετία του '80 και μετά οι ελάχιστες θερμοκρασίες στην περιοχή άρχισαν σταδιακά να αυξάνονται. Αυτό οφείλεται στις αλλαγές του περιβάλλοντος γύρω από το αεροδρόμιο Μακεδονία.

Όσον αφορά τις στατιστικές παραμέτρους, για τις απολύτως μέγιστες τιμές της θερμοκρασίας βρέθηκε ότι οι σταθμοί Α.Π.Θ. και Μίκρα παρουσιάζουν συγχρόνως τόσο την υψηλότερη τιμή της τυπικής απόκλισης, ήτοι τον Μάρτιο με τιμή 2,11°C και 2,04°C αντίστοιχα, όσο και τη μικρότερη τιμή τυπικής απόκλισης, τον Ιούνιο, με τιμές 0,97°C και 1,00°C. Το μέτρο λοξότητας είναι αρνητικό για το Α.Π.Θ. και τη Μίκρα τους μήνες Ιανουάριο, Απρίλιο, Ιούνιο, Αύγουστο, Οκτώβριο, Νοέμβριο και Δεκέμβριο. Η κατανομή δηλαδή της θερμοκρασίας αυτών των μηνών παρουσιάζει αρνητική ασυμμετρία, οι περισσότερες τιμές της, επομένως, βρίσκονται αριστερά της επικρατούσας τιμής. Θετική λοξότητα βρέθηκε για τους υπόλοιπους πέντε μήνες για τους δύο σταθμούς. Για το σταθμό της Μίκρας το μέτρο λοξότητας είναι μηδέν το Μάιο, πράγμα που σημαίνει ότι η κατανομή το μήνα αυτό είναι κανονική. Ο συντελεστής κύρτωσης είναι αρνητικός για το Α.Π.Θ. κατά τους μήνες Ιανουάριο, Απρίλιο, Μάιο, Ιούνιο, Ιούλιο και Αύγουστο, ενώ για τη Μίκρα τους

ίδιους μήνες με εξαίρεση τους μήνες Ιούνιο και Ιούλιο. Στις περιπτώσεις αυτές η καμπύλη είναι πλατύκυρτη.

Για τις απολύτως ελάχιστες θερμοκρασίες, τόσο το Α.Π.Θ. όσο και η Μίκρα εμφανίζουν τη μεγαλύτερη τιμή τυπικής απόκλισης το Νοέμβριο ( $1,82^{\circ}\text{C}$  και  $2,05^{\circ}\text{C}$  αντίστοιχα) και τη μικρότερή της τιμή τον Ιούνιο ( $0,69^{\circ}\text{C}$  και  $0,83^{\circ}\text{C}$  αντίστοιχα). Το γεγονός αυτό αποτελεί ένδειξη της μεγαλύτερης θερμοκρασιακής σταθερότητας του θέρους σε σχέση με τον χειμώνα. Το μέτρο λοξότητας είναι αρνητικό για το Α.Π.Θ. τους μήνες Φεβρουάριο, Μάρτιο, Απρίλιο, Αύγουστο, Οκτώβριο Νοέμβριο και Δεκέμβριο και για τη Μίκρα είναι τους ίδιους μήνες πλην των μηνών Μαρτίου και Αυγούστου. Η κατανομή δηλαδή της θερμοκρασίας αυτούς τους μήνες παρουσιάζει αρνητική ασυμμετρία. Ο συντελεστής κύρτωσης είναι αρνητικός για το Α.Π.Θ. τους μήνες Ιανουάριο, Φεβρουάριο, Ιούλιο, Σεπτέμβριο και Οκτώβριο και για τη Μίκρα τους μήνες Ιανουάριο, Μάιο, Ιούνιο, Ιούλιο, Σεπτέμβριο, Οκτώβριο και Δεκέμβριο. Στις περιπτώσεις αυτές η καμπύλη είναι πλατύκυρτη.

Υπολογίζοντας αρχικά τις μέσες ετήσιες μέγιστες και ελάχιστες τιμές θερμοκρασίας για κάθε έτος και στη συνέχεια τον μέσο όρο αυτών των τιμών, προέκυψε ότι γενικά η πόλη εμφανίζεται θερμότερη από το αεροδρόμιο (Μίκρα), καθώς η διαφορά  $\Delta T$  είναι θετική τόσο στις μέγιστες όσο και στις ελάχιστες θερμοκρασίες. Η διαφορά αυτή βέβαια φαίνεται εντονότερα στις ελάχιστες θερμοκρασίες και αριθμητικά φτάνει σχεδόν τη μονάδα. Παρατηρείται εξάλλου ότι η πόλη εμφανίζεται θερμότερη κατά τις νυχτερινές ώρες σε σύγκριση με την ύπαιθρο, γεγονός που τονίζει ιδιαίτερα την ένταση του φαινομένου της θερμής αστικής νησίδας.

Βρέθηκε εξάλλου ότι οι διαφορές τόσο των ελαχίστων όσο και των μεγίστων θερμοκρασιών κατά την ψυχρή περίοδο είναι υψηλότερες ενώ κατά τη μετάβαση προς τους θερμούς μήνες του έτους καταγράφεται μια πτώση των διαφορών των άκρων τιμών η οποία διαρκεί μέχρι Σεπτέμβριο ή Οκτώβριο περίπου και στη συνέχεια σημειώνεται και πάλι μια ανοδική πορεία των τιμών αυτών.

Παρατηρώντας τα διαγράμματα των συχνοτήτων των διαφορών των μεγίστων θερμοκρασιών μεταξύ του κέντρου της πόλης και της περιφέρειας, προκύπτει ότι κατά τη διάρκεια όλων σχεδόν των χειμερινών μηνών του έτους το μεγαλύτερο ποσοστό των τιμών των διαφορών της θερμοκρασίας βρίσκεται δεξιά της επικρατέστερης τιμής, ενώ κατά τη μετάβαση από το χειμώνα στο θέρους το

φαινόμενο αντιστρέφεται, με αποτέλεσμα το μεγαλύτερο πλήθος των διαφορών των θερμοκρασιών να βρίσκεται στα αριστερά της επικρατούσας τιμής. Αξίζει επίσης να σημειωθεί ότι η πόλη εμφανίζεται πιο θερμή από την περιφέρεια κατά τη μελέτη των μεγίστων τιμών καθώς οι θετικές τιμές των διαφορών της θερμοκρασίας είναι εμφανώς περισσότερες.

Εξάλλου, το σύνολο των ημερών κατά τις οποίες καταγράφονται αρκετά υψηλές διαφορές στις απόλυτα μέγιστες θερμοκρασίες μεταξύ των σταθμών του Α.Π.Θ. και της Μίκρας ( $>2,6^{\circ}\text{C}$ ) είναι για κάθε μήνα ξεχωριστά σημαντικό. Τονίζεται ότι η μεγαλύτερη θετική διαφορά μεταξύ Α.Π.Θ. και Μίκρας αυτή των  $9,6^{\circ}\text{C}$  που καταγράφηκε στις 14 Ιουλίου του έτους 1991 και παρατηρήθηκε έστω και για μία ημέρα, γεγονός που τονίζει ιδιαίτερα την ύπαρξη θερμής αστικής νησίδας.

Από τις συχνότητες των διαφορών των ελαχίστων θερμοκρασιών θα μπορούσε να παρατηρηθεί ότι κατά τους ψυχρούς μήνες του έτους το μεγαλύτερο μέρος των τιμών των διαφορών της θερμοκρασίας βρίσκεται δεξιά της επικρατέστερης τιμής, ενώ κατά τη μετάβαση προς τους θερινούς μήνες του έτους το φαινόμενο αντιστρέφεται, με αποτέλεσμα το μεγαλύτερο πλήθος των διαφορών των θερμοκρασιών να βρίσκεται στα αριστερά της επικρατούσας τιμής. Πρέπει επίσης να τονιστεί γενικά και εξετάζοντας τις ελάχιστες ημερήσιες θερμοκρασίες, ότι η πόλη είναι θερμότερη από την περιφέρεια, καθώς οι θετικές τιμές των διαφορών της θερμοκρασίας είναι αριθμητικά περισσότερες και με πολύ υψηλά ποσοστά συχνότητων.

Από τη μελέτη που πραγματοποιήθηκε στο σύνολο των ημερών κατά τις οποίες καταγράφονται υψηλές διαφορές στις ελάχιστες θερμοκρασίες μεταξύ των σταθμών του Α.Π.Θ. και της Μίκρας ( $>4,1^{\circ}\text{C}$ ) βρέθηκε ότι αυτό είναι για όλους τους μήνες αρκετά σημαντικό. Επίσης, όσον αφορά στην υψηλότερη σε κάθε περίπτωση διαφορά, αυτή έφτασε μέχρι και τους  $14,9^{\circ}\text{C}$  (στις 28 Φεβρουαρίου 1976) γεγονός που τονίζει ιδιαίτερα το μέγεθος της θερμής αστικής νησίδας, παρόλη τη χαμηλή συχνότητα που εμφανίζει.

Όσον αφορά στη μελέτη του φαινομένου της Θ.Α.Ν. σε σχέση με τους τύπους κυκλοφορίας, κατά τη διάρκεια της θερμής περιόδου και λαμβάνοντας υπ' όψιν μόνο τις θετικές διαφορές των απολύτως ελαχίστων θερμοκρασιών μεταξύ πόλης και αεροδρομίου (νυχτερινή θερμή αστική νησίδα), τη μεγαλύτερη συχνότητα εμφάνισης παρουσιάζει ο τύπος κυκλοφορίας Α4. Παρατηρείται επίσης ότι οι αντικυκλωνικοί

τύποι κυκλοφορίας κατά τη διάρκεια της θερμής περιόδου υπερέχουν κατά το διπλάσιο σχεδόν, σε σύγκριση με τους υφεσιακούς. Τονίζεται όμως ότι τόσο στην περίπτωση των αντικυκλωνικών όσο και των υφεσιακών τύπων κυκλοφορίας, οι διαφορές στις ελάχιστες θερμοκρασίες είναι πάντα  $>1^{\circ}\text{C}$ .

Στη συνέχεια, για την ψυχρή περίοδο του έτους ο υφεσιακός τύπος Csw είναι εκείνος που σημειώνει την υψηλότερη συχνότητα εμφάνισης. Συνολικά οι έξι αντικυκλωνικοί τύποι κυκλοφορίας εμφανίζονται με συχνότητα 41% ενώ οι υφεσιακοί με ποσοστό 59%. Αυτό σημαίνει ότι κατά τη ψυχρή περίοδο οι υφεσιακοί τύποι κυκλοφορίας υπερέχουν των αντικυκλωνικών με σημαντική διαφορά. Ωστόσο, οι μέσες τιμές των διαφορών των ελαχίστων θερμοκρασιών, φαίνεται πως για την ψυχρή περίοδο είναι γενικά μεγαλύτερες για κάθε τύπο κυκλοφορίας, σε σχέση με τις αντίστοιχες της θερμής περιόδου. Ειδικότερα, ο τύπος καιρού στον οποίο καταγράφεται η μέση μέγιστη διαφορά ( $2,83^{\circ}\text{C}$ ) είναι ο αντικυκλωνικός τύπος A4.

Τόσο κατά τη θερμή όσο και κατά την ψυχρή περίοδο του έτους, για το σύνολο των ετών που εξετάζονται, ο τύπος κυκλοφορίας A4 είναι εκείνος που δίνει τα πιο σημαντικά ποσοστά, τα οποία βέβαια συνοδεύονται και από ημέρες θερμής αστικής νησίδας, ενώ οι υφεσιακοί τύποι που ευνοούν τη θερμή αστική νησίδα είναι ο C αλλά και ο Cne, ενώ εκείνος που δεν την ευνοεί είναι ο Cw, εξαιτίας της πολύ μικρής συχνότητας εμφάνισης.

Όσον αφορά στους αντικυκλωνικούς τύπους κυκλοφορίας κατά τη θερμή περίοδο παρατηρείται ότι και στους έξι από αυτούς την υψηλότερη συχνότητα εμφανίζει η κλάση  $1^{\circ}\text{C}-2^{\circ}\text{C}$ , με διαφορετικό ποσοστό, ενώ στους A2 και A6 (αμφότεροι με τις μικρότερες συχνότητες εμφάνισης) καταγράφονται διαφορές ακόμη και μεγαλύτερες από  $7^{\circ}\text{C}$ . Η ομαλότητα που παρατηρήθηκε στην κατανομή των τιμών σε όλους τους αντικυκλωνικούς τύπους κυκλοφορίας δεν παρατηρείται στους υφεσιακούς.

Κατά την ψυχρή περίοδο και με την επικράτηση του τύπου κυκλοφορίας A1 είναι δυνατόν να καταγραφούν διαφορές μεταξύ πόλης και περιφέρειας μεγαλύτερες και από  $8^{\circ}\text{C}$ , φτάνοντας σε κάποιες ακραίες περιπτώσεις ακόμη και τους  $15^{\circ}\text{C}$ . Όσον αφορά στους υφεσιακούς τύπους κυκλοφορίας πολυπληθέστερες κλάσεις όπως και στη θερμή περίοδο είναι οι  $0^{\circ}\text{C}-1^{\circ}\text{C}$  και  $1^{\circ}\text{C}-2^{\circ}\text{C}$ , ενώ οι μέγιστες διαφορές που καταγράφονται φτάνουν και τους  $8^{\circ}\text{C}-9^{\circ}\text{C}$  (Cne) ενώ έστω και με πολύ μικρό ποσοστό φτάνουν ακόμη και τους  $13^{\circ}\text{C}$  (Csw).

Μια γενικότερη διαπίστωση είναι ότι το φαινόμενο της θερμής αστικής νησίδας παρουσιάζεται εντονότερο κατά την ψυχρή περίοδο του έτους και κατά την επικράτηση αντικυκλωνικών τύπων κυκλοφορίας, καθώς τότε σημειώνονται οι μεγαλύτερες διαφορές στις ελάχιστες θερμοκρασίες μεταξύ των σταθμών του Α.Π.Θ. και της Μίκρας.

Από την εξέταση των επεισοδίων των ημερών της θερμής αστικής νησίδας για κάθε τύπο κυκλοφορίας ξεχωριστά, αρχικά για τη θερμή περίοδο προέκυψε ότι οι αντικυκλωνικοί τύποι Α1 και Α4 παρουσίασαν επεισόδια θερμής αστικής νησίδας διάρκειας μέχρι και 7 ημερών, ενώ ο Α2 είναι εκείνος που το μεγαλύτερο επεισόδιο που εμφανίζει διαρκεί 4 ημέρες. Στους υφεσιακούς τύπους κυκλοφορίας ο Cs εμφανίζεται έστω και σε ένα επεισόδιο διάρκειας 9 ημερών. Για τους υπόλοιπους κυκλωνικούς τύπους τα επεισόδια διαρκούν μέχρι το πολύ 7 ημέρες (Cne), ενώ επεισόδια διάρκειας μόνο 3 ημερών αντιστοιχούν στους τύπους Cnw, Cw και Cn.

Προχωρώντας στην ψυχρή περίοδο, το πλήθος των επεισοδίων της θερμής αστικής νησίδας ποικίλει και η διάρκεια των επεισοδίων κυμαίνεται από μιας ημέρας έως επτά ημερών. Επεισόδια μέχρι και 7 ημερών συναντώνται στους τύπους κυκλοφορίας Α2 και Α4, ενώ ο Α6 εμφανίζει επεισόδια διάρκειας μόνο έως 3 ημερών. Και στην περίπτωση των υφεσιακών της ψυχρής περιόδου υπάρχει έστω και ένας τύπος (C) κατά την εμφάνιση του οποίου τα επεισόδια θερμής αστικής νησίδας φτάνουν μέχρι και τις 9 ημέρες. Στον Csw κάποια επεισόδια φτάνουν μέχρι και τις 8 ημέρες, ενώ παρατηρείται και η περίπτωση του τύπου Cw, η παρουσία του οποίου δίνει επεισόδια πολύ μικρής διάρκειας (1 ημέρας και 2 ημερών).

Τα τελευταία 50 χρόνια η όποια αύξηση θερμοκρασίας που παρατηρείται στα μεγάλα αστικά κέντρα δεν οφείλεται μόνο στο γεγονός ότι εμφανίζονται υψηλές μέγιστες θερμοκρασίες αλλά, κυρίως, στο ότι πραγματοποιείται άνοδος στις ελάχιστες θερμοκρασίες—δηλαδή κατά τη διάρκεια της νύχτας δεν μειώνεται η ελάχιστη θερμοκρασία λόγω των κτιρίων που εκπέμπουν τεράστια ποσά θερμότητας (Θ.Α.Ν.)—γεγονός που ανεβάζει διαχρονικά τη μέση τιμή θερμοκρασιών.

Το γενικότερο συμπέρασμα που μπορεί να εξάγει κανείς διαβάζοντας αυτή την εργασία είναι ότι, καθόσον η Θεσσαλονίκη είναι ένα μεγάλο αστικό κέντρο, απειλείται από το φαινόμενο της Θερμής Αστικής Νησίδας κατά τις τελευταίες δεκαετίες. Η συνεχής τσιμεντοποίηση, η έλλειψη πρασίνου, η ατμοσφαιρική ρύπανση και το πυκνοκατοικημένο κέντρο είναι οι κυριότεροι λόγοι. Από την άλλη, η περιοχή της Μίκρας που παλαιότερα θεωρούνταν κατεξοχήν ύπαιθρος, τα τελευταία χρόνια

παρουσιάζει εμφανή σημάδια αστικοποίησης, καθώς οι βιομηχανίες αυξάνονται, ο πληθυσμός μεταναστεύει προς την περιοχή όλο και περισσότερο και τα κτίρια πληθαίνουν μέρα με την ημέρα. Εκτός από την ένταση του φαινομένου της Θ.Α.Ν. στο κέντρο της Θεσσαλονίκης, πλέον ο άνθρωπος έχει να αντιμετωπίσει και την έναρξη αυτού στα περίχωρα, γεγονός δυσοίωνο για το μέλλον.

Επομένως το φαινόμενο της «θερμικής νησίδας» δεν αφορά μόνο την πρωτεύουσα της Ελλάδας, όπου το φαινόμενο παρουσιάζεται πλέον ιδιαίτερα έντονο, αλλά έχει αρχίσει να πλήττει σταδιακά όλα τα μεγάλα αστικά κέντρα της χώρας. Παρουσιάζεται σε όλες τις πόλεις που έχουν έντονο κυκλοφοριακό, που το κέντρο τους είναι πυκνοκατοικημένο και ειδικά όπου υπάρχει δόμηση με τα καινούργια μοντέρνα (κυρίως γυάλινα) κτίρια που έχουν μεγάλο συντελεστή θερμοχωρητικότητας, τα οποία λειτουργούν ως θερμοσυσσωρευτές, δηλαδή συσσωρεύουν καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας θερμότητα και την αποβάλλουν τη νύχτα. Στα αστικά κέντρα που υπάρχει αυτός ο συνδυασμός οι ημέρες γίνονται ολοένα και πιο ζεστές και οι νύχτες πιο αποπνικτικές. Ειδικά τις περιόδους εκείνες που συμβαίνει να έχουμε υψηλή θερμοκρασία με υγρασία και αυξημένη ρύπανση, τότε η ζωή των ανθρώπων που ζουν στις πόλεις γίνεται πραγματικά αφόρητη.

***BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ***

- Anagnostopoulou, Ch., H. Flocas, P. Maheras and I. Patrikas, 2004: "Relationship between atmospheric circulation types over Greece and Western-Central Europe during the period 1958–97". *International Journal of Climatology*, 24: 1745–1758.
- Αρσένη-Παπαδημητρίου, Α. και Δ. Γιάννου, 1992: "Εξαιρετικά ψυχρές περίοδοι στη Θεσσαλονίκη κατά την πρόσφατη τριακονταετία". Πρακτικά 1<sup>ου</sup> Πανελληνίου Συνεδρίου Μετεωρολογίας-Κλιματολογίας-Φυσικής της Ατμόσφαιρας, Θεσσαλονίκη, σελ. 105–112.
- Αρσένη-Παπαδημητρίου, Α., Π. Μαχαίρας και Χ. Αναγνωστοπούλου, 2000: "Γεωγραφική κατανομή των ελαχίστων θερμοκρασιών στον ελληνικό χώρο σε συνάρτηση με τους τύπους κυκλοφορίας". 5<sup>ο</sup> Πανελλήνιο Συνέδριο Μετεωρολογίας-Κλιματολογίας και Φυσικής της Ατμόσφαιρας, Θεσσαλονίκη.
- Αρσένη-Παπαδημητρίου, Α., 2004: "Σημειώσεις Αστικής Κλιματολογίας". Τομέας Μετεωρολογίας και Κλιματολογίας, Τμήμα Γεωλογίας, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.
- Arseni-Papadimitriou, A., 1974: "Contribution to the study of air temperature in Thessaloniki". Institute of Meteorology and Climatology, University of Thessaloniki.
- Arseni-Papadimitriou, A., P. Maheras, and Ph. Cuniac, 1998: "The Urban Effect on the the Daily min Temperature in Thessaloniki". Proc.of 3<sup>rd</sup> Congres: Urban Climate and Bioclimate, Lodz, Poland.
- Balafoutis, Ch. And Tim. J. Makrogianis, 1993: "Hourly discomfort conditions in the city of Thessaloniki (North Greece) as they releaved by the relative strain index (RSI)". 5<sup>th</sup> International Conference on Urban Climate, 1–5 September 2003, Lodz, Poland.

- Balafoutis, Ch. And Tim. Makrogiannis, 1998: "Heat Island and Bioclimatic Indexes in the city of Thessaloniki". Acta Universitatis Lodziensis, Folia Geographica Physica 3, 1998.
- Βογγόλη, Κ. και Σ. Γκουγκούσης, 1988: "Η αστική νησίδα θερμότητας στην περιοχή της Θεσσαλονίκης". Διπλωματική Εργασία, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Σχολή Θετικών Επιστημών, Τμήμα Φυσικής, σελ. 5–13.
- Flocas, A. A., A. Arseni-Papadimitriou, 1974: "On the annual variation of air temperature in Thessaloniki". Institute of Meteorology and Climatology, Aristotelian University of Thessaloniki.
- Fortuniak, Krzysztof and Kazimierz Klysic, 1998: "The model of winter night-time temperature distribution in Lodz". Acta Universitatis Lodziensis, Folia Geographica Physica 3.
- Κολυβά-Μαχαίρα, Φ. και Ε. Μπόρα Σέντα, 1998: "Στατιστική-Θεωρία-Εφαρμογές". Σχολή Θετικών Επιστημών, Τμήμα Γεωλογίας, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, σελ. 61–75, Εκδόσεις ΖΗΤΗ.
- Κυριαζόπουλος, Βασ. Δ., 1939: "Το κλίμα της ελληνικής Κεντρικής Μακεδονίας". Υπουργείο Γεωργίας, Υπηρεσία Γεωργικών και Οικονομικών Μελετών, Δημοσιεύματα Εργαστηρίου Γεωργικής Φυσικής και Κλιματολογίας, Αριθμ. 14, σελ. 41–118.
- Kassomenos, P., H. A. Flocas, S. Lykoudis, and M. Petrakis, 1998: "Analysis of Mesoscale Patterns in Relations to Synoptic Conditions over an urban Mediterranean Basin". Theor. Appl. Climatol. 59, 215 – 229.
- Μαχαίρας, Π., Χ. Αναγνωστοπούλου και Ι. Πατρίκας, 2000: "Μια αντικειμενική κατάταξη τύπων κυκλοφορίας στον ελληνικό χώρο". 5<sup>ο</sup> Πανελλήνιο Συνέδριο Μετεωρολογίας – Κλιματολογίας και Φυσικής της Ατμόσφαιρας, Πρακτικά Συνεδρίου, Θεσσαλονίκη 2000.
- Μακρογιάννης, Τ. Ι. και Χ. Σ. Σαχσαμάνογλου, 1997: "Στοιχεία Γενικής Μετεωρολογίας". Τομέας Μετεωρολογίας και Κλιματολογίας, Τμήμα Γεωλογίας, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Εκδόσεις ART of TEXT.

- Maheras, P., I. Patrikas, Th. Karakostas, and Chr. Anagnostopoulou, 2000: "Automatic classification of circulation types in Greece: methodology, description, frequency, variability and trend analysis". Theor. Appl. Climatol. 67, 205-223.
- Makrogiannis, Tim., M. Santamouris, N. Papanikolaou, I. Koronaki, I. Tselepidaki and D. Assimakopoulos, 1998: "The Athens urban climate experiment—temperature distribution". Acta Universitatis Lodziensis, Folia Geographica Physica 3.
- Mihalakakou, G., H. Flocas, M. Santamouris and K. G. Helmis, 2001: "Application of Neural Networks to the Simulation of the Heat Island over Athens, Greece, Using Synoptic Types as a Predictor". Journal of Applied Meteorology: Vol. 41, No. 5, pp. 519–527.
- Moreno–Garcia, M. Carmen, 1994: "Intensity and form of the urban heat island in Barcelona". Department of Geography, Barcelona University, Spain, International Journal of Climatology, Vol. 14, 705–710.
- Μπαλαφούτης, Χ., 1985: "Η κλιματολογία της θερμής αστικής νησίδας στη Θεσσαλονίκη". 4<sup>ο</sup> Σεμινάριο για την προστασία του περιβάλλοντος, 4–7 Νοεμβρίου 1985, Θεσσαλονίκη, σελ. 49–53.
- Μπαλαφούτης, Χ., 1985: "Γενική Κλιματολογία". Τομέας Μετεωρολογίας και Κλιματολογίας, Τμήμα Γεωλογίας, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, σελ. 33–44.
- Oke, T. R., 1979: "Review of Urban Climatology 1973–1976". WMO, Techn. Note, No 169, p. 539, Geneva.
- Σαχσαμάνογλου, Χ., 2001: "Σημειώσεις στο μάθημα Ρύπανση της Ατμόσφαιρας". Τομέας Μετεωρολογίας και Κλιματολογίας, Τμήμα Γεωλογίας, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, σελ. 27.
- Spellman, G., 1995: "The urban climatology of Barcelona—an ideal heat island model?". Journal of Meteorology, Vol. 20, no 198, April 1995.

### ***Ιστοσελίδες:***

[http://en.wikipedia.org/wiki/Urban\\_heat\\_island](http://en.wikipedia.org/wiki/Urban_heat_island)

<http://www.earthsci.unimelb.edu.au/~jon/WWW/uhi-melb.html>

<http://www.realclimate.org/index.php?p=43>

<http://geography.about.com/od/urbaneconomicgeography/a/urbanheatisland.html>

<http://www.hotcities.org/>

<http://www.cc.uoa.gr/~ctrikali/discus/messages/1/1526.html?1160320164>

<http://maps.google.com/>

<http://images.google.gr/images>