

The diagram illustrates the Urban Heat Island effect. It features a city skyline with various buildings and a car. A large, yellow, bell-shaped curve is superimposed over the city, representing the temperature profile. The curve is higher over the city and lower over the surrounding rural areas, which are depicted with trees and fields. The title 'Urban Heat Island' is written in red at the top right. The logo of the University of West Attica is in the top left corner.

Urban Heat Island

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ
UNIVERSITY OF WEST ATTICA

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Μελέτη του φαινομένου της θερμής αστικής νησίδας στην ευρύτερη περιοχή των αθηνών

Φοιτητής : Τόλιας Νικόλαος

ΑΜ : 4716147304

Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής

Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών

Επιβλέπων Καθηγητής: Δρ Κων/νος Μουστρίης

Αιγάλεω Φεβρουάριος 2023

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή

Όνοματεπώνυμο	Υπογραφή
Κωνσταντίνος Μουστράς	
Κλεοπάτρα Ντούρου	
Τσίτσας Χρήστος	

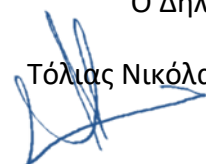
ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ/ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο/η κάτωθι υπογεγραμμένος/η Τόλιας Νικόλαος του Ορέστη , με αριθμό μητρώου 4716147304 φοιτητής του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής της Σχολής Μηχανολόγων του Τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών , δηλώνω υπεύθυνα ότι:

«Είμαι συγγραφέας αυτής της πτυχιακής/διπλωματικής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος.

Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του πτυχίου μου».

Ο Δηλών
Τόλιας Νικόλαος



ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε από τον σπουδαστή Τόλια Νικόλαο φοιτητή του τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών κατά το ακαδημαϊκό έτος 2022-2023 υπό την επίβλεψη του καθηγητή Δρ. Κωσταντίνου Μουστρή .

Τα αποτελέσματα της παρούσας διπλωματικής εργασίας αντλήθηκαν από δεδομένα που συλλέχθηκαν χάρη στις μετρήσεις του Εθνικού Αστεροσκοπείου της Αθήνας.

Ευχαριστώ θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή Δρ. Μουστρή Κωσταντίνο για την στήριξη και την καθοδήγηση που παρείχε κατά τη διάρκεια της παρούσας εργασίας και στην συνέχεια την οικογένεια και τους φίλους μου ,για τις συμβουλές ,την υποστήριξη και την υπομονή που επέδειξαν κατά το διάστημα εκπόνησης της εργασίας αυτής.

Περιεχόμενα

Περίληψη.....	7
Abstract.....	8

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΤΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΤΗΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΑΣΤΙΚΗΣ ΝΗΣΙΔΑΣ

1. 1 Εισαγωγή.....	9
1.2 Η ιστορία του φαινομένου.....	12
1.3 Ορισμός της θερμικής αστικής νησίδας	12
1.4 Αίτια εμφάνισης.....	13
1.5 Η θερμή αστική νησίδα στην Αθήνα.....	21
1.6 Επιπτώσεις.....	23

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

2.1 Εισαγωγή	21
2.2 Μετεωρολογικά δεδομένα.....	21
2.3 Μεθοδολογία υπολογισμών.....	24
2.4 Συγκέντρωση υπολογιστικών δεδομένων.....	25

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΩΝ

3.1 Εισαγωγή	35
--------------------	----

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΣΥΝΟΨΗ

4.1 Σχολιασμός γραφημάτων.....	41
4.2 Τα συμπεράσματα της μελέτης.....	51
4.3 Τεχνικές αντιμετώπισης.....	53
4.4 Βιβλιογραφία.....	54
4.5 Ηλεκτρονικές πηγές.....	58

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Έρευνες των τελευταίων ετών κατέστησαν την ανατολική Μεσόγειο ως μια από τις πιο θερμές και ευάλωτες στην κλιματική αλλαγή περιοχές. Πιο συγκεκριμένα, στην Αθήνα παρατηρείται μια σταδιακή αύξηση των θερμοκρασιών τα τελευταία χρόνια που παράλληλα με την εμφάνιση ιδιαίτερα θερμών ημερών ανά περιοχές, κάνει ενδιαφέρουσα την περαιτέρω αναζήτηση του συμβάντος αυτού.

Μέσω αυτής της διπλωματικής εργασίας θα γίνει ανάλυση του φαινομένου της θερμής αστικής νησίδας και θα εξεταστεί εάν αυτό το φαινόμενο αποτυπώνεται και στην περίπτωση της πόλης των Αθηνών.

Για να επιτευχθεί ο στόχος της εργασίας συλλέχθηκαν δεδομένα από την ιστοσελίδα του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών από μία σειρά από σταθερούς σταθμούς στην ευρύτερη περιοχή, τα οποία υποβλήθηκαν σε επεξεργασία και τροποποιήθηκαν έτσι ώστε να γίνουν εύχρηστα σε μεταγενέστερες μελέτες.

Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται μια εισαγωγή στην ιστορία του φαινομένου και αναλύεται ο ορισμός του. Έπειτα αιτιολογούνται οι λόγοι εμφάνισης της θερμής αστικής νησίδας σε μια περιοχή όπως αυτή της Αθήνας και παρουσιάζονται οι επιπτώσεις.

Στο δεύτερο κεφάλαιο επεξηγείται η συλλογή και η επεξεργασία των δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν από το Αστεροσκοπείο.

Στη συνέχεια, στο τρίτο κεφάλαιο γίνεται η γραφική απεικόνιση των μετρήσεων διαφοράς θερμοκρασίας και παρουσιάζονται αποτελέσματα ανά περιοχή και μήνα.

Τέλος, στο τέταρτο κεφάλαιο ακολουθούν οι σχολιασμοί των γραφημάτων, τα συμπεράσματα της έρευνας, τεχνικές αντιμετώπισης καθώς και στοιχεία της βιβλιογραφίας και των πηγών που χρησιμοποιήθηκαν.

Abstract

Research in recent years has established that the eastern Mediterranean is one of the warmest and most vulnerable regions to climate change. More specifically, in Athens, a gradual increase in temperatures has been observed in recent decades, which, along with the appearance of particularly hot days by region, makes the founding of its research even more attractive.

Through this thesis, the phenomenon of the urban hot island will be analyzed and whether this is reflected in the case of the city of Athens will be examined.

In order to serve the purpose of this thesis, data was collected from the website of the National Observatory of Athens, which were processed and modified so that they become easy to use in later studies.

In the first chapter, there is an introduction to the phenomenon's history and its definition is analyzed. The reasons for the urban heat island appearance are justified and the impacts are presented.

The second chapter explains the collection and processing of the data used by the Observatory.

Then, in the third chapter, the temperature difference measurements are graphically depicted and results are presented by region and month.

Finally, in the fourth chapter, the annotations of the graphs are presented followed by the conclusions of the research as well as elements of the bibliography and the sources used.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΤΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΤΗΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΑΣΤΙΚΗΣ ΝΗΣΙΔΑΣ

1. 1 Εισαγωγικά

Σε αυτό το κεφάλαιο θα παρατεθεί η ιστορία και η προέλευση του φαινομένου της θερμής αστικής νησίδας. Έπειτα , θα αναλυθεί σε πρώτη φάση το φαινόμενο αυτό και θα δοθεί ο ορισμός του. Στη συνέχεια , θα παρουσιαστούν επεξηγηματικά τα αίτια εμφάνισης και η επιρροή της ανθρώπινης δραστηριότητας σε αυτά.Επιπλέον θα αναφερθούν τα κλιματικά χαρακτηριστικά της Αθήνας και οι διαφορές που εντοπίστηκαν την τελευταία δεκαετία. Εν κατακλείδι , αναλύονται οι επιπτώσεις που επιφέρει η αστική θερμική νησίδα προς το περιβάλλον αλλά και προς τον ίδιο τον άνθρωπο , τόσο σε ατομικό όσο και σε κοινωνικό επίπεδο.

Η αστικοποίηση έχει οδηγήσει σε σημαντικές αλλαγές στα πρότυπα χρήσης γης, τα οποία με τη σειρά τους έχουν μεταβάλει τα επιφανειακά χαρακτηριστικά των αστικών περιοχών. Η αυξημένη πυκνότητα των ανθρώπινων οικισμών, η επέκταση των αδιαπέρατων επιφανειών, όπως οι δρόμοι, τα πεζοδρόμια και τα κτίρια, και η μείωση των χώρων πρασίνου έχουν οδηγήσει σε σημαντικές τροποποιήσεις του τοπικού κλίματος, με αποτέλεσμα την αύξηση της αστικής θερμοκρασίας σε σύγκριση με τις γύρω αγροτικές περιοχές.

Το φαινόμενο UHI προκαλείται από ένα συνδυασμό παραγόντων, όπως η θερμότητα που παράγεται από ανθρώπινες δραστηριότητες όπως οι μεταφορές, η βιομηχανία και η κατανάλωση ενέργειας από τα κτίρια, η απορρόφηση και η κατακράτηση της ηλιακής ακτινοβολίας από αστικές επιφάνειες όπως η ασφάλτος και το σκυρόδεμα και η μείωση της ψυκτικής επίδρασης της βλάστησης λόγω της απώλειας χώρων πρασίνου. Αυτοί οι παράγοντες επηρεάζουν την αντανάκλαση της ηλιακής ακτινοβολίας και την απορρόφηση της θερμότητας, οδηγώντας σε αύξηση της θερμοκρασίας στο κέντρο της πόλης. Το αποτέλεσμα είναι ένα θερμότερο αστικό περιβάλλον, με επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία, τις αστικές υποδομές και το περιβάλλον.

Το φαινόμενο αυτό έχει καταγραφεί σε πολλές πόλεις του κόσμου, ωστόσο, έχουν αναφερθεί διακριτές διαφορές μεταξύ των UHI πόλεων σε εύκρατες και τροπικές ή υποτροπικές περιοχές. Οι διαφορές αυτές αφορούν κυρίως το μέγεθος του UHI (το οποίο είναι γενικά μεγαλύτερο στις εύκρατες περιοχές) αλλά και τον χρόνο εμφάνισης της μέγιστης έντασης του UHI (Chow and Roth, 2006)

Οι UHI που εκτιμώνται από τυποποιημένους σταθερούς σταθμούς μπορεί να διαφέρουν πολύ από εκείνες που προκύπτουν από μη τυποποιημένους σταθερούς σταθμούς ή κινητές διασχίσεις. Ο Οκε

(2009) τονίζει την ανάγκη υιοθέτησης κοινών πρωτοκόλλων στην έρευνα για την αστική θερμική νησίδα (UHI) και τη χρήση της στην εφαρμοσμένη κλιματολογία. Μια εύκυρη μελέτη , απαιτεί ιδιαίτερη προσοχή σε θέματα κλίμακας , πειραματικού σχεδιασμού , κριτική ικανότητα ταξινόμησης περιοχών , έκθεσης οργάνων και δεδομένων.

Το ζήτημα του φαινομένου UHI είναι μια παγκόσμια πρόκληση, με σημαντικές διακυμάνσεις σε διάφορες περιοχές και πόλεις. Το μέγεθος του φαινομένου UHI εξαρτάται από το τοπικό κλίμα, τα πρότυπα χρήσης γης και τη μορφολογία των πόλεων, μεταξύ άλλων παραγόντων. Ως εκ τούτου, η κατανόηση των κινητήριων δυνάμεων και των επιπτώσεων του φαινομένου UHI είναι ζωτικής σημασίας για την ανάπτυξη αποτελεσματικών πολιτικών και στρατηγικών για τον μετριασμό των αρνητικών συνεπειών του.

Ο Stone (2007) αναφέρει ότι η ένταση της UHI αυξήθηκε κατά μέσο όρο κατά 0,05 °C/δεκαετία στις μεγάλες πόλεις των ΗΠΑ από το 1951-2000, με σαφή διαχωρισμό των τάσεων μεταξύ των βορειοανατολικών και των νότιων πόλεων. Στηρίζοντας τη θεωρία τους σε ιστορικά δευδομένα θερμοκρασίας αέρα για τη Νέα Υόρκη, οι Gaffin et al. (2008) αναφέρουν ότι το 33% της παρατηρούμενης αύξησης της θερμοκρασίας στην πόλη μελέτης αποδίδεται στο φαινόμενο της θερμής αστικής νησίδας , ενώ τα υπόλοιπα 66% στην γενικότερη παγκόσμια αυξητική πορεία της θερμοκρασίας. Στην περίπτωση , μάλιστα , των γρήγορα αναπτυσσόμενων χωρών , το μερίδιο ευθύνης της θερμής αστικής νησίδας είναι σημαντικά μεγαλύτερο. Οι Ren et al. (2007) αναφέρουν ότι έως και το 80% της τοπικής αύξησης της θερμοκρασίας στο Πεκίνο από το 1961 μπορεί να οφείλεται στην ενίσχυση της UHI, παρόλο με το χρόνο έχει καταγραφεί σε πόλεις με αυξανόμενη αστικοποίηση, π.χ. στη Σεούλ της Κορέας (Kim and Baik, 2004)

Συμπερασματικά, το φαινόμενο UHI είναι ένα σύνθετο και πολυδιάστατο ζήτημα που απαιτεί μια ολιστική και ολοκληρωμένη προσέγγιση για την αντιμετώπισή του. Το φαινόμενο UHI έχει σημαντικές συνέπειες για την ανθρώπινη υγεία, τις αστικές υποδομές και το περιβάλλον και απαιτεί επείγουσα δράση για τον μετριασμό των αρνητικών συνεπειών του. Η παρούσα διατριβή έχει ως στόχο να συμβάλει στον αυξανόμενο όγκο γνώσεων σχετικά με το φαινόμενο UHI και να παράσχει τεκμηριωμένες συστάσεις για τους υπεύθυνους χάραξης πολιτικής και τους πολεοδόμους για την ανάπτυξη αποτελεσματικών στρατηγικών και πολιτικών για τον μετριασμό του φαινομένου UHI και την προώθηση της βιώσιμης αστικής ανάπτυξης.

1.2 Η ιστορία του φαινομένου

Το φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας (UHI) έχει αναγνωριστεί εδώ και πάνω από έναν αιώνα. Οι πρώτες μελέτες σχετικά με το φαινόμενο UHI χρονολογούνται από τα τέλη του 19ου αιώνα, όταν οι ερευνητές παρατήρησαν ότι οι αστικές περιοχές ήταν σταθερά θερμότερες από τις γύρω αγροτικές περιοχές.

Μία από τις πρώτες μελέτες του φαινομένου UHI διεξήχθη από τον Luke Howard στις αρχές του 19ου αιώνα. (Mills 2007). Ο Howard, ένας Άγγλος φαρμακοποιός και μετεωρολόγος, παρατήρησε ότι η θερμοκρασία στην πόλη του Λονδίνου ήταν υψηλότερη από ό,τι στη γύρω ύπαιθρο. Απέδωσε το φαινόμενο αυτό στην αυξημένη παραγωγή θερμότητας από τις ανθρώπινες δραστηριότητες στην πόλη, όπως η καύση άνθρακα για θέρμανση και βιομηχανία. Επιπλέον διατηρούσε ένα ημερολόγιο γεμάτο παρατηρήσεις και συγκεντρωτικά άρθρα εφημερίδων για κάθε εκδήλωση μετεωρολογικού ενδιαφέροντος. Ο πρώτος τόμος και των δύο εκδόσεων περιέχει την ανάλυσή του κλίματος στην ευρύτερη περιοχή του Λονδίνου και είναι οργανωμένο ανάλογα με τη καθεμία ατμοσφαιρική ιδιοκτησία.

Στις αρχές του 20ού αιώνα, οι ερευνητές άρχισαν να διερευνούν τα αίτια του φαινομένου UHI. Το πρωτοποριακό έργο του Milutin Milankovitch τη δεκαετία του 1920 παρείχε μια θεωρητική βάση για την κατανόηση του φαινομένου UHI. Ο Milankovitch, ένας Σέρβος αστρονόμος και γεωφυσικός, πρότεινε ότι το φαινόμενο UHI προκαλείται από την απορρόφηση και τη συγκράτηση της ηλιακής ακτινοβολίας από αστικές επιφάνειες όπως τα κτίρια και τα πεζοδρόμια.

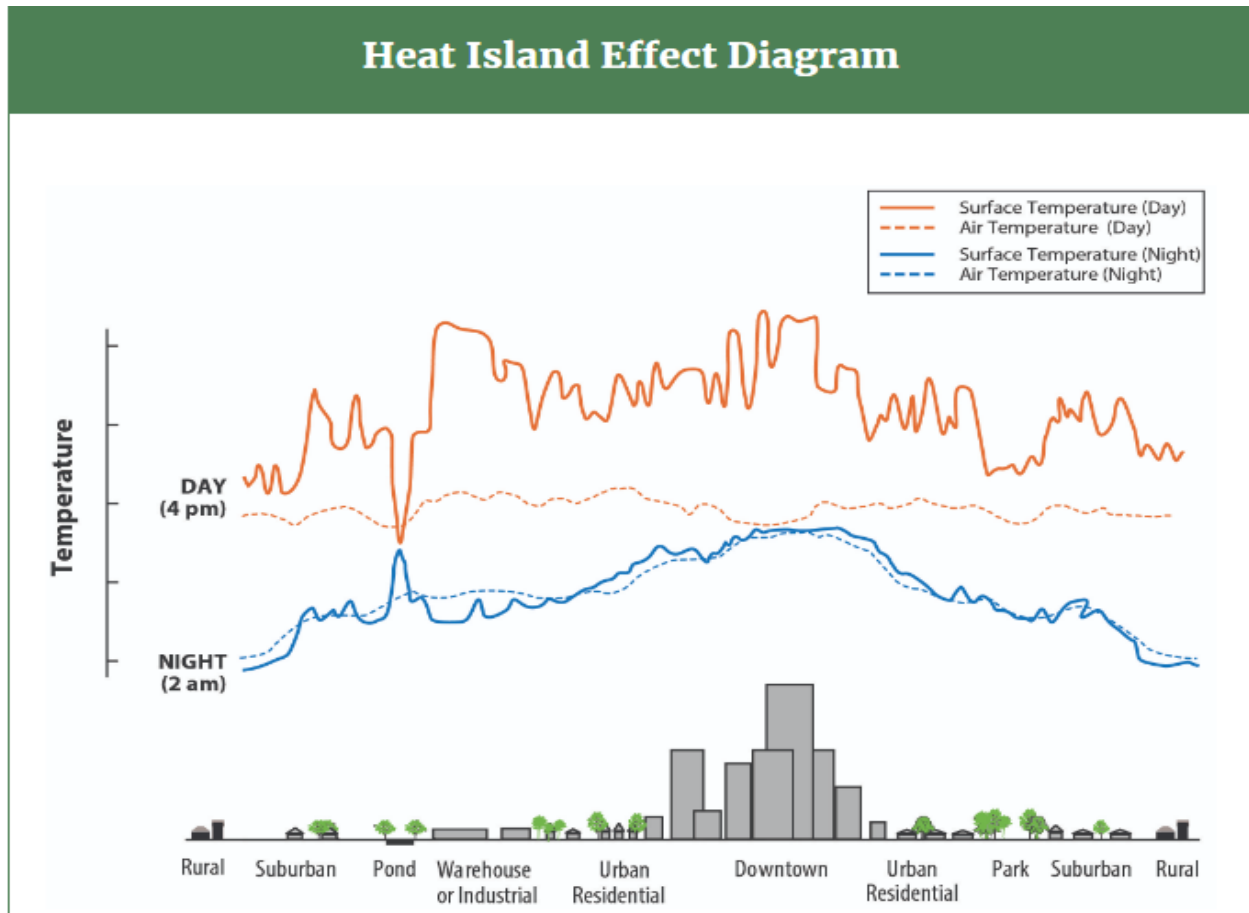
Από τη δεκαετία του 1990, η έρευνα σχετικά με το φαινόμενο UHI έχει επεκταθεί και περιλαμβάνει ένα ευρύτερο φάσμα επιστημονικών κλάδων, συμπεριλαμβανομένου του πολεοδομικού σχεδιασμού, της αρχιτεκτονικής και της μηχανικής. Οι ερευνητές έχουν διερευνήσει νέες στρατηγικές και τεχνολογίες για τον μετριασμό του φαινομένου UHI, όπως οι πράσινες στέγες, τα αστικά δάση και οι ψυχρές στέγες. Έχουν επίσης διερευνήσει το δυνητικό οικονομικό και κοινωνικό κόστος που συνδέεται με το φαινόμενο UHI, όπως η αυξημένη κατανάλωση ενέργειας, το κόστος υγειονομικής περίθαλψης και η μειωμένη παραγωγικότητα.

1.3 Ορισμός της θερμικής αστικής νησίδας

Το φαινόμενο της θερμής αστικής νησίδας παρουσιάζεται ως τα σύγχρονα προβλήματα τα οποία καλούνται επιστήμονες και ειδικοί να επιλύσουν. Εξ ορισμού, περιγράφει την συγκέντρωση υψηλών θερμοκρασιών στο κέντρο μιας πόλης σε σύγκριση πάντα με τις θερμοκρασίες που επικρατούν στα προάστια της ίδιας περιοχής. Παρατηρείται συνήθως μετά τη δύση του ήλιου και όταν δεν επικρατούν ισχυροί άνεμοι στην περιοχή και οφείλεται αρχικά στην αυξημένη εκπομπή θερμότητας που υπάρχει στο κέντρο κάθε πόλης λόγω της ανθρωπογενούς δραστηριότητας, την έλλειψη πρασίνου αλλά και από τα οικοδομικά υλικά και τους δρόμους που λόγω σύστασης γίνονται δέκτες ηλιακής ακτινοβολίας (Hibbard 2017).

Το φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας (UHI) αναφέρεται στο φαινόμενο κατά το οποίο οι αστικές περιοχές παρουσιάζουν υψηλότερες θερμοκρασίες από τις γύρω αγροτικές περιοχές. Το φαινόμενο UHI προκαλείται από ένα συνδυασμό παραγόντων, όπως η απορρόφηση και η κατακράτηση της ηλιακής ακτινοβολίας από τις αστικές επιφάνειες, η έκλυση θερμότητας από ανθρώπινες δραστηριότητες όπως οι μεταφορές και η βιομηχανία και η μείωση της φυσικής βλάστησης στις αστικές περιοχές.

Το φαινόμενο UHI μπορεί να παρατηρηθεί σε πόλεις όλων των μεγεθών, από μικρές πόλεις έως μεγάλες μητροπόλεις. Το μέγεθος του φαινομένου UHI εξαρτάται από διάφορους παράγοντες, όπως το μέγεθος και η πυκνότητα των αστικών περιοχών, ο τύπος και η ποσότητα της βλάστησης και το τοπικό κλίμα.



Εικόνα 1 : Ένα τυπικό διάγραμμα θερμής αστικής νησίδας.

Στο διάγραμμα επίδρασης θερμικής νησίδας, τα αστικά πάρκα, οι λίμνες και οι κατοικημένες περιοχές είναι πιο δροσερές από τις περιοχές στο κέντρο της πόλης. Οι επιφανειακές θερμοκρασίες ποικίλλουν περισσότερο από τις θερμοκρασίες του ατμοσφαιρικού αέρα κατά τη διάρκεια της ημέρας, αλλά είναι γενικά παρόμοιες τη νύχτα (Simmons 2008).

1.4 Αίτια εμφάνισης

Κτήρια ,δρόμοι και άλλα οικοδομήματα απορροφούν και εκπέμπουν την ακτινοβολία του ήλιου σε μεγαλύτερο βαθμό σε σχέση με πιο φυσικά τοπία όπως μια λίμνη ή ένα δάσος. Οι αστικές περιοχές λοιπόν που συνηθίζεται να έχουν πληθώρα από οικοδομήματα και ταυτόχρονα έλλειψη σε πράσινο και φυσικά στοιχεία, σχηματίζουν μια φαινομενική νησίδα στην οποία επικρατούν θερμοκρασίες υψηλότερες σε σχέση με τις γύρω περιοχές. Αυτές οι περιοχές συγκέντρωσης μεγάλης θερμοκρασίας χαρακτηρίζονται ως θερμικές αστικές νησίδες.(F.M. Hoffman, D. Huntzinger, 2017.)

Δεδομένου ότι το προαναφερθέν φαινόμενο είναι ένα κατάλοιπο του σύγχρονου πολιτισμού , υπάρχουν αρκετά στοιχεία της σύγχρονης καθημερινότητας επιδρούν σε αυτό το συμβάν . Πιο συγκεκριμένα , Το φαινόμενο UHI προκαλείται από ένα συνδυασμό φυσικών και ανθρώπινων παραγόντων. Ο πρωταρχικός φυσικός παράγοντας είναι η απορρόφηση και η κατακράτηση της ηλιακής ακτινοβολίας από τις αστικές επιφάνειες, όπως τα κτίρια, τα πεζοδρόμια και οι στέγες. Αυτές οι επιφάνειες έχουν υψηλό albedo (μέτρο ανακλαστικότητας), που σημαίνει ότι αντανακλούν λιγότερο ηλιακό φως και απορροφούν περισσότερη θερμότητα από ό,τι οι φυσικές επιφάνειες, όπως η βλάστηση και το έδαφος. Ως αποτέλεσμα, οι αστικές επιφάνειες μπορούν να θερμανθούν πολύ περισσότερο από τις αγροτικές περιοχές κατά τη διάρκεια της ημέρας και μπορούν επίσης να διατηρήσουν τη θερμότητα για μεγαλύτερα χρονικά διαστήματα, με αποτέλεσμα οι αστικές περιοχές να παραμένουν θερμότερες τη νύχτα.

Οι ανθρώπινες δραστηριότητες, όπως οι μεταφορές, η βιομηχανία και η κατανάλωση ενέργειας, συμβάλλουν επίσης στο φαινόμενο UHI. Τα οχήματα, τα εργοστάσια και οι σταθμοί παραγωγής ενέργειας απελευθερώνουν θερμότητα στην ατμόσφαιρα, η οποία μπορεί να αυξήσει τις θερμοκρασίες στις αστικές περιοχές. Η χρήση κλιματιστικών και άλλων τεχνολογιών ψύξης μπορεί επίσης να συμβάλει στο φαινόμενο UHI απελευθερώνοντας θερμότητα στο περιβάλλον.

Η μείωση της φυσικής βλάστησης στις αστικές περιοχές είναι ένας άλλος σημαντικός παράγοντας που συμβάλλει στο φαινόμενο UHI. Η βλάστηση συμβάλλει στην ψύξη του περιβάλλοντος απορροφώντας την ηλιακή ακτινοβολία, απελευθερώνοντας υδρατμούς μέσω της διαπνοής και σκιάζοντας το έδαφος. Καθώς οι πόλεις επεκτείνονται και οι φυσικοί βιότοποι αντικαθίστανται από κτίρια και πεζοδρόμια, τα ψυκτικά αποτελέσματα της βλάστησης χάνονται, συμβάλλοντας σε υψηλότερες θερμοκρασίες στις αστικές περιοχές.

Είτε στη μορφή των δέντρων, φυτών , λίμνης η ποταμιού , η παρουσία χλωρίδας σε μία πόλη προσφέρει σημεία σκιάς και εξατμίζει σε μεγάλο βαθμό την υγρασία καθώς απορροφάτε από τους φυτικούς οργανισμούς. Στην αντίπερα όχθη , κτήρια και οικοδομήματα επιφέρουν λιγότερη σκιά και περισσότερη υγρασία , συνεισφέροντας στην αύξηση τής θερμοκρασίας.

Τα συμβατικά ανθρωπογενή υλικά που χρησιμοποιούνται στο αστικό περιβάλλον, όπως πεζοδρόμια ή στέγες τείνουν να απορροφούν και να εκπέμπουν περισσότερη ηλιακή θερμότητα σε σύγκριση με τα δέντρα, τη βλάστηση και άλλες φυσικές επιφάνειες.

Οι ήρεμες και καθαρές καιρικές συνθήκες έχουν ως αποτέλεσμα πιο έντονες θερμικές νησίδες, μειοδοποιώντας την ποσότητα ηλιακής ενέργειας που φτάνει στις αστικές επιφάνειες και ελαχιστοποιώντας την ποσότητα θερμότητας που μπορεί να μεταφερθεί. Αντίθετα, οι ισχυροί άνεμοι και η νεφοκάλυψη καταστέλλουν το σχηματισμό θερμικών νησίδων. Τα γεωγραφικά χαρακτηριστικά μπορούν επίσης να επηρεάσουν το φαινόμενο της θερμικής νησίδας. Για παράδειγμα, τα κοντινά βουνά μπορούν να εμποδίσουν τον άνεμο να φτάσει σε μια πόλη ή να δημιουργήσουν μοτίβα ανέμου που περνούν μέσα από μια πόλη.

Επιπλέον, ο σχεδιασμός και η διάταξη των αστικών περιοχών μπορεί επίσης να συμβάλει στο φαινόμενο UHI. Για παράδειγμα, οι αστικές περιοχές με ψηλά κτίρια και στενούς δρόμους μπορούν να δημιουργήσουν "αστικά φαράγγια" που παγιδεύουν τη θερμότητα και περιορίζουν τη ροή των δροσιστικών ανέμων. Ο προσανατολισμός των κτιρίων και των δρόμων μπορεί επίσης να επηρεάσει την ποσότητα του ηλιακού φωτός και της σκιάς που δέχονται οι αστικές επιφάνειες, γεγονός που μπορεί να συμβάλει στο φαινόμενο UHI.

Η κλιματική αλλαγή αναμένεται επίσης να επιδεινώσει το φαινόμενο UHI. Καθώς οι παγκόσμιες θερμοκρασίες αυξάνονται, οι αστικές περιοχές θα παρουσιάζουν ακόμη υψηλότερες θερμοκρασίες, οδηγώντας σε αυξημένες ασθένειες που σχετίζονται με τη ζέστη, κατανάλωση ενέργειας και περιβαλλοντικές επιπτώσεις.

Συνολικά, το φαινόμενο UHI είναι ένα πολύπλοκο φαινόμενο που επηρεάζεται από διάφορους φυσικούς και ανθρώπινους παράγοντες. Η κατανόηση των αιτιών του φαινομένου UHI είναι απαραίτητη για την ανάπτυξη αποτελεσματικών στρατηγικών για τον μετριασμό των επιπτώσεών του και την προώθηση της βιώσιμης αστικής ανάπτυξης.

1.5 Θερμή αστική νησίδα στην Αθήνα

Η παρούσα μελέτη επικεντρώνεται στην πόλη της Αθήνας, μια μεγάλη αστική περιοχή της Ανατολικής Μεσογείου, η οποία βιώνει την περιφερειακή αύξηση της θερμοκρασίας αλλά και τις επιπτώσεις της αστικοποίησης.

Η Αθήνα, η πρωτεύουσα της Ελλάδας, είναι μια από τις πιο πυκνοκατοικημένες πόλεις της Ευρώπης, με πληθυσμό άνω των 3,7 εκατομμυρίων ανθρώπων στη μητροπολιτική της περιοχή. Η πόλη συγκροτώνει το μεγαλύτερο μέρος των εμπορικών, οικονομικών, κοινωνικών και πολιτιστικών δραστηριοτήτων της χώρας. Σύμφωνα με τη Eurostat, η ευρύτερη αστική ζώνη της Αθήνας είναι η όγδοη πολυπληθέστερη στην Ευρωπαϊκή Ένωση.

Οι οικονομικοί μετανάστες αναμένεται να έχουν αυξήσει ακόμη περισσότερο τον πληθυσμό της πόλης. Η αύξηση του πληθυσμού είναι ιδιαίτερα μεγάλη μετά τον Δεύτερο Παγκόσμιο Πόλεμο και συνδυάστηκε με μεγάλο αριθμό αυτοκινήτων που οδήγησε σε κακή ποιότητα αέρα και κυκλοφοριακά προβλήματα. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η αύξηση του αριθμού των αυτοκινήτων, ο οποίος αυξήθηκε από είκοσι ανά χίλιους κατοίκους το 1964, σε 440 ανά τον ίδιο αριθμό το 2008.

Η Αθήνα βρίσκεται σε μια περιοχή με μεσογειακό κλίμα, που χαρακτηρίζεται από θερμά και ξηρά καλοκαίρια και ήπιους και υγρούς χειμώνες. Το φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας (UHI) αποτελεί σημαντικό περιβαλλοντικό ζήτημα στην Αθήνα, με τις θερμοκρασίες στις αστικές περιοχές να φτάνουν συχνά σε επίπεδα υψηλότερα από εκείνα των γύρω αγροτικών περιοχών. Αυτό έχει διάφορες αρνητικές επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία, το αστικό περιβάλλον και την κατανάλωση ενέργειας. Κατά τη διάρκεια των τελευταίων δεκαετιών (και πριν από την ελληνική κρίση που ξεκίνησε το 2009), το επίπεδο του τρόπου ζωής στην Αθήνα σημείωσε σημαντική άνοδο, με αποτέλεσμα την αύξηση της κατανάλωσης προϊόντων και υπηρεσιών και την εντατικοποίηση των δραστηριοτήτων που με τη σειρά τους οδήγησαν σε αυξημένες ανθρωπογενείς εκπομπές.

Το φαινόμενο UHI στην Αθήνα προκαλείται από ένα συνδυασμό φυσικών και ανθρωπογενών παραγόντων. Ένας από τους πρωταρχικούς φυσικούς παράγοντες είναι η γεωγραφική θέση της Αθήνας. Περιβάλλεται από βουνά που εμποδίζουν τη διασπορά των αερίων μαζών, οδηγώντας σε στάσιμες συνθήκες αέρα και μειωμένη κυκλοφορία του αέρα. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη συσσώρευση ρύπων και την αύξηση των θερμοκρασιών στις αστικές περιοχές.

Οι ανθρώπινες δραστηριότητες, όπως οι μεταφορές, η βιομηχανία και η κατανάλωση ενέργειας, συμβάλλουν επίσης στο φαινόμενο UHI στην Αθήνα. Η πόλη έχει υψηλή συγκέντρωση μηχανοκίνητων οχημάτων, τα οποία απελευθερώνουν θερμότητα και ρύπους στην ατμόσφαιρα. Οι βιομηχανίες και τα εργοστάσια παραγωγής ενέργειας συμβάλλουν επίσης στο φαινόμενο UHI απελευθερώνοντας θερμότητα και ατμοσφαιρικούς ρύπους στο περιβάλλον. Η χρήση κλιματιστικών και άλλων τεχνολογιών ψύξης στα κτίρια συμβάλλει επίσης στο φαινόμενο UHI απελευθερώνοντας θερμότητα στο περιβάλλον. Οι πωλήσεις συσκευών κλιματισμού στην Ελλάδα δεκαπλασιάστηκαν μεταξύ 1990 και 1996. (Katsouyanni et al., 1988)

Η μείωση της φυσικής βλάστησης στην Αθήνα είναι ένας άλλος σημαντικός παράγοντας που συμβάλλει στο φαινόμενο UHI. Η πόλη διαθέτει περιορισμένο αριθμό χώρων πρασίνου και η φυσική βλάστηση αντικαθίσταται συχνά από αδιαπέραστες επιφάνειες, όπως το σκυρόδεμα και η άσφαλτος. Αυτό οδηγεί στην απώλεια των ψυκτικών επιδράσεων της βλάστησης, η οποία συμβάλλει στη μείωση των θερμοκρασιών στις αστικές περιοχές.

Ο σχεδιασμός και η διάταξη της Αθήνας συμβάλλουν επίσης στο φαινόμενο UHI. Η πόλη έχει μεγάλη συγκέντρωση ψηλών κτιρίων και στενών δρόμων, τα οποία δημιουργούν "αστικά φαράγγια" που παγιδεύουν τη θερμότητα και περιορίζουν τη ροή των δροσιστικών αερίων.

Επιπλέον, ο προσανατολισμός των κτιρίων και των δρόμων μπορεί επίσης να επηρεάσει την ποσότητα του ηλιακού φωτός και της σκιάς που δέχονται οι αστικές επιφάνειες, γεγονός που μπορεί να συμβάλει στο φαινόμενο UHI.

Η θετική τάση της μέσης θερμοκρασίας του αέρα στην Αθήνα έχει αναφερθεί ότι συνοδεύεται από ταυτόχρονη αύξηση της συχνότητας των θερμών ημερών, αλλά και της συχνότητας, της διάρκειας και της έντασης των κυμάτων καύσωνα στην περιοχή (Founda et al., 2004, Theoharatos et al., 2010, Founda, 2011). Η παρατηρούμενη αύξηση της θερμοκρασίας του αέρα της Αθήνας είναι πιθανώς η συνδυασμένη επίδραση της περιφερειακής αύξησης της θερμοκρασίας στην περιοχή της Ανατολικής Μεσογείου και της Ελλάδας και της αστικοποίησης (Founda, 2011). Οι Kostoroulou et al. (2014) αναφέρουν ρυθμό αύξησης της θερμοκρασίας 0,4-0,5 °C/δεκαετία σε πολλές περιοχές της Ανατολικής Μεσογείου και οι Nastos et al. (2011) αναφέρουν τάσεις αύξησης της θερμοκρασίας στις περισσότερες ελληνικές περιοχές κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού.

Η πιθανή επίδραση της αστικής επίδρασης στο κλίμα της Αθήνας είχε εισαχθεί σε πολύ πρώιμες μελέτες σχετικά με τις τάσεις της θερμοκρασίας του αέρα στην πόλη (π.χ. Karariperis, 1954). Οι Katsoulis και Theoharatos (1985) εκτίμησαν το μέγεθος της νυχτερινής UHI στην Αθήνα σε μια τάξη μεγέθους 2-3 °C, ενώ άλλες μελέτες αναφέρουν ότι η αστική επίδραση στο κλίμα της Αθήνας είναι μεγαλύτερη στη θερμοκρασία του αέρα κατά τη διάρκεια της ημέρας το καλοκαίρι (Philandras et al., 1999).

Πολυάριθμες μελέτες έχουν δείξει πλέον ότι η θερμική νησίδα είναι ένα πολύ καλά τεκμηριωμένο φαινόμενο στην Αθήνα (Santamouris et al., 1999, Santamouris et al., 2001, Livada et al., 2002, Mihalakakou et al., 2002, Kassomenos and Katsoulis, 2006). Τα αποτελέσματα ωστόσο διαφέρουν, ανάλογα με τις επιλεγμένες περιοχές, την εποχή και τη χρησιμοποιούμενη μέθοδο. Οι Santamouris et al. (2001) αναφέρουν μια έντονη ένταση UHI στην Αθήνα που μπορεί να φτάσει έως και τους 10 °C μεταξύ των αγροτικών περιοχών και της κεντρικής ζώνης της πόλης όσον αφορά τη μέγιστη θερμοκρασία του καλοκαιριού, ενώ οι Livada et al. (2002) αναφέρουν μια ένταση UHI της τάξης των 4-5 °C μεταξύ των αστικών και των προαστιακών περιοχών. Ένα κυρίαρχο χαρακτηριστικό της UHI που επισημαίνεται από τις περισσότερες μελέτες, είναι ο τοπικός της χαρακτήρας, με αποτέλεσμα την έντονη χωρική μεταβλητότητα της έντασής της. Οι Zouliá et al. (2008) αναφέρουν ότι η ευεργετική επίδραση ενός πάρκου στο κέντρο της Αθήνας, εξαφανίζεται σε απόσταση μόλις λίγων μέτρων έξω από το πάρκο.

Το φαινόμενο UHI στην Αθήνα έχει διάφορες αρνητικές επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία. Οι υψηλές θερμοκρασίες μπορεί να οδηγήσουν σε θερμικό στρες, αφυδάτωση και ασθένειες που σχετίζονται με τη ζέστη, ιδίως σε ευάλωτους πληθυσμούς όπως οι ηλικιωμένοι και τα παιδιά. Το φαινόμενο UHI μπορεί επίσης να επιδεινώσει την ατμοσφαιρική ρύπανση, οδηγώντας σε αναπνευστικά προβλήματα και άλλα ζητήματα υγείας. Επιπλέον, το φαινόμενο UHI μπορεί να αυξήσει την κατανάλωση ενέργειας στην Αθήνα, καθώς οι κάτοικοι και οι επιχειρήσεις βασίζονται στον κλιματισμό και σε άλλες τεχνολογίες ψύξης για να διατηρήσουν άνετες εσωτερικές θερμοκρασίες.

Έχουν προταθεί διάφορες στρατηγικές για τον μετριασμό του φαινομένου UHI στην Αθήνα. Η αύξηση των χώρων πρασίνου και της φυσικής βλάστησης στην πόλη μπορεί να συμβάλει στη μείωση των θερ-

μοκρασιών και στη βελτίωση της ποιότητας του αέρα. Η προώθηση των βιώσιμων μεταφορών, όπως οι δημόσιες συγκοινωνίες και η ποδηλασία, μπορεί επίσης να μειώσει τις εκπομπές και την έκλυση θερμότητας από τα οχήματα. Στρατηγικές αστικού σχεδιασμού, όπως η χρήση πράσινων στεγών και ψυχρών στεγών, μπορούν να συμβάλουν στη μείωση της απορρόφησης της ηλιακής ακτινοβολίας από τα κτίρια και τα πεζοδρόμια, μειώνοντας το φαινόμενο UHI.

Συμπερασματικά, το φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας είναι ένα σημαντικό περιβαλλοντικό ζήτημα στην Αθήνα, με τις θερμοκρασίες στις αστικές περιοχές να φτάνουν συχνά σε επίπεδα υψηλότερα από εκείνα των γύρω αγροτικών περιοχών. Το φαινόμενο UHI προκαλείται από ένα συνδυασμό φυσικών και ανθρωπογενών παραγόντων, όπως η γεωγραφική θέση της Αθήνας, οι ανθρώπινες δραστηριότητες, όπως οι μεταφορές και η κατανάλωση ενέργειας, η μείωση της φυσικής βλάστησης και ο σχεδιασμός και η διάταξη της πόλης. Το φαινόμενο UHI έχει διάφορες αρνητικές επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία, το αστικό περιβάλλον και την κατανάλωση ενέργειας. Για τον μετριασμό του φαινομένου UHI έχουν προταθεί διάφορες στρατηγικές, όπως η αύξηση της ποσότητας των χώρων πρασίνου και της φυσικής βλάστησης, η προώθηση βιώσιμων μεταφορών και η εφαρμογή στρατηγικών αστικού σχεδιασμού που μειώνουν την απορρόφηση της ηλιακής ακτινοβολίας από τα κτίρια και τα πεζοδρόμια.

1.6 Επιπτώσεις

Το φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας (UHI) στην Αθήνα έχει διάφορες αρνητικές συνέπειες για την ανθρώπινη υγεία, το αστικό περιβάλλον και την κατανάλωση ενέργειας. Σε αυτή την ενότητα, θα συζητήσουμε αυτές τις συνέπειες λεπτομερώς.

Ανθρώπινη υγεία:

Το φαινόμενο UHI στην Αθήνα μπορεί να έχει σοβαρές επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία, ιδίως κατά τους θερμούς καλοκαιρινούς μήνες. Οι υψηλές θερμοκρασίες μπορεί να οδηγήσουν σε θερμική εξάντληση, αφυδάτωση και θερμοπληξία, ιδίως σε ευάλωτους πληθυσμούς όπως οι ηλικιωμένοι, τα παιδιά και όσοι έχουν προϋπάρχουσες ιατρικές παθήσεις. Το φαινόμενο UHI μπορεί επίσης να επιδεινώσει τις υπάρχουσες αναπνευστικές παθήσεις, όπως το άσθμα, και να οδηγήσει σε αυξημένο κίνδυνο καρδιαγγειακών παθήσεων. Επιπλέον, οι υψηλές θερμοκρασίες μπορούν επίσης να επηρεάσουν τη γνωστική λειτουργία, οδηγώντας σε μειωμένη παραγωγικότητα και αυξημένο κίνδυνο ατυχημάτων. Πολλοί φυσιολογικοί, ψυχολογικοί και κοινωνικοοικονομικοί παράγοντες συμβάλλουν σε αυτόν τον κίνδυνο. Οι ηλικιωμένοι είναι πιο πιθανό να έχουν κακή υγεία, να είναι λιγότερο κινητικοί και πιο απομονωμένοι, να είναι πιο ευαίσθητοι στην υψηλή θερμοκρασία και να ζουν με μειωμένα εισοδήματα. (Gamble, J.L., B. J. Hurley, P.A. Schultz, W.S. Jaglom, N. Krishnan, and M. Harris. 2013).

Οι ταχύτεροι ρυθμοί αναπνοής των παιδιών σε σχέση με το μέγεθος του σώματος, τον χρόνο που περνούν σε εξωτερικούς χώρους και το αναπτυσσόμενο αναπνευστικό τους σύστημα αυξάνουν τις πι-

θανότητές τους για επιδείνωση άσθματος και άλλων πνευμονοπαθειών που προκαλούνται από την ατμοσφαιρική ρύπανση του όζοντος και την αιθαλομίχλη, η οποία συνήθως αυξάνεται κατά τη διάρκεια των κυμάτων καύσωνα. (Gamble, J.L. (ed.), K.L. Ebi, F.G. Sussman, T.J. Wilbanks).

Αστικό περιβάλλον:

Το φαινόμενο UHI στην Αθήνα μπορεί επίσης να έχει σημαντικό αντίκτυπο στο αστικό περιβάλλον. Μία από τις πρωταρχικές συνέπειες είναι η αύξηση των επιπέδων ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Το φαινόμενο UHI μπορεί να οδηγήσει στη συσσώρευση ατμοσφαιρικών ρύπων, όπως οξείδια του αζώτου και σωματίδια, που μπορεί να έχουν σοβαρές επιπτώσεις στην υγεία του αναπνευστικού συστήματος. Το φαινόμενο UHI μπορεί επίσης να οδηγήσει στο σχηματισμό όζοντος, το οποίο είναι επιβλαβές για την ανθρώπινη υγεία και μπορεί να προκαλέσει ζημιές στις καλλιέργειες και τη βλάστηση.

Το φαινόμενο UHI μπορεί επίσης να επηρεάσει τον κύκλο του νερού στις αστικές περιοχές. Οι υψηλές θερμοκρασίες μπορούν να οδηγήσουν σε αυξημένους ρυθμούς εξάτμισης, οι οποίοι μπορούν να επηρεάσουν τη διαθεσιμότητα των υδάτινων πόρων. Επιπλέον, το φαινόμενο UHI μπορεί να οδηγήσει σε αλλαγές στα πρότυπα βροχόπτωσης, με τις αστικές περιοχές να βιώνουν λιγότερες βροχοπτώσεις από τις γύρω αγροτικές περιοχές. Αυτό μπορεί να έχει σοβαρές επιπτώσεις στη διαχείριση των υδάτων στις αστικές περιοχές, συμπεριλαμβανομένης της παροχής νερού και του ελέγχου των πλημμυρών.

Κατανάλωση ενέργειας:

Το φαινόμενο UHI στην Αθήνα μπορεί επίσης να έχει επιπτώσεις στην κατανάλωση ενέργειας. Οι υψηλές θερμοκρασίες στις αστικές περιοχές μπορεί να οδηγήσουν σε αυξημένη ζήτηση ενέργειας, καθώς οι κάτοικοι και οι επιχειρήσεις βασίζονται στον κλιματισμό και σε άλλες τεχνολογίες ψύξης για να διατηρούν άνετες θερμοκρασίες στους εσωτερικούς χώρους. Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε αυξημένη κατανάλωση ενέργειας και υψηλότερους λογαριασμούς ενέργειας. Επιπλέον, το φαινόμενο UHI μπορεί επίσης να επηρεάσει την αποδοτικότητα των ενεργειακών υποδομών, όπως οι σταθμοί παραγωγής ενέργειας, γεγονός που μπορεί να οδηγήσει σε αυξημένη κατανάλωση ενέργειας και υψηλότερες εκπομπές. Οι θερμικές νησίδες αυξάνουν τη ζήτηση για κλιματισμό για ψύξη κτιρίων.

Σε μια αξιολόγηση περιπτώσιολογικών μελετών που καλύπτουν τοποθεσίες σε πολλές χώρες, η ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας για κλιματισμό αυξήθηκε περίπου 1–9% για κάθε αύξηση θερμοκρασίας 1°C. (Santamouris, M. 2020) Αυτή η αύξηση της ζήτησης συμβάλλει σε υψηλότερες δαπάνες ηλεκτρικής ενέργειας. Οι θερμικές νησίδες αυξάνουν τόσο τη συνολική ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας, όσο και τη ζήτηση ενέργειας αιχμής. (Zamuda, C., D.E. Bilello, G. Conzelmann, E. Mecray, A. Satsangi, V. Tidwell, and B.J. Walker. 2018)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

2.1 Εισαγωγή

Στο παρόν κεφάλαιο θα παρουσιαστεί η μεθοδολογία υπολογισμού των μετρήσεων που χρησιμοποιήθηκε καθώς και η γραφική αναπαράσταση αυτών σε πίνακες και αποτελέσματα.

2.2 Μετεωρολογικά δεδομένα

Για τον τελικό υπολογισμό των μετρήσεων και την μετέπειτα επεξεργασία τους , συλλέχθηκαν δεδομένα από την ιστοσελίδα του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών, για 9 περιοχές –σταθμούς . Οι περιοχές αυτές , είναι προσεκτικά επιλεγμένες με τέτοιο μοτίβο, έτσι ώστε να περιέχουν ένα κεντρικό σταθμό και έπειτα σταθμούς σε διάφορα μικροκλίματα που υπάρχουν μέσα στο λεκανοπέδιο Αθηνών έτσι ώστε να υπάρχει ικανοποιητική εκπροσώπηση μεγάλης έκτασης του τομέα που εξετάζεται

Η επιλογή του κεντρικού σταθμού προήρθε από μια μελέτη στις υποψήφιες περιοχές της Αθήνας που αναμένεται η πιο υψηλή θερμοκρασία. Στην περίπτωση μας οι αμπελόκηποι και το γκάζι παρουσιάζουν τις πιο υψηλές θερμοκρασίες. Έπειτα , παρατηρήθηκε ότι οι θερμοκρασίες του σταθμού στην Τεχνόπολη παραμένουν σταθερά πιο χαμηλές , της τάξεως 0.2-0.4 βαθμών κελσίου σε σύγκριση πάντα με αυτόν στους Αμπελόκηπους. Επομένως , ορίστηκε ο τελευταίος ως κεντρικός σταθμός .Στην συνέχεια , επιλέχθηκαν σταθμοί , οι οποίοι σταδιακά , μας οδηγούν σε όλο και πιο αποκεντρωμένα σημεία της Αττικής.

Οι περιοχές-σταθμοί λοιπόν που επιλέχθηκαν για την αναπαράσταση των δεδομένων είναι το Γκάζι , η Αγία Παρασκευή , ο Διόνυσος , η Πάρνηθα , το Πέραμα , ο Πειραιάς , η Βάρη και η Ελευσίνα , όπως είναι ορατό και από το παρακάτω διάγραμμα.

MONTHLY CLIMATOLOGICAL SUMMARY for MAY. 2021

NAME: Pinia ELEV: 184 m LAT: 37deg 48min LONG: 21deg 36min

TEMPERATURE (°C), RAIN (mm), WIND SPEED (km/hr)

DAY	MEAN TEMP	HIGH	TIME	LOW	TIME	MAX RH	MIN RH	RAIN	AVG WIND SPEED	HIGH	TIME	DOM DIR
01	23.3	33.2	15:20	14.4	04:20	74	23	0.0	4.2	25.7	21:00	SSW
02	24.6	30.9	13:50	18.0	23:10	81	23	0.0	6.0	33.8	04:00	NW
03	21.4	28.6	15:40	14.9	06:50	86	28	0.0	6.1	32.2	22:40	NW
04	19.3	25.6	13:00	12.3	23:50	86	37	0.0	5.8	25.7	17:00	NW
05	17.9	26.0	15:40	10.2	05:00	81	27	0.0	4.1	24.1	17:00	NW
06	17.5	23.7	15:10	11.5	05:10	89	58	0.0	4.7	24.1	14:30	NW
07	19.6	27.6	14:00	12.2	05:20	89	37	0.0	4.6	30.6	14:50	ESE
08	20.9	27.1	15:40	14.6	22:50	80	33	0.0	6.5	33.8	17:40	NW
09	20.4	27.0	13:50	13.4	02:00	85	44	0.0	5.8	29.0	13:20	E
10	19.1	27.4	15:20	11.6	06:50	89	32	0.0	4.4	20.9	15:20	ESE
11	18.6	27.7	15:30	10.3	05:40	89	35	0.0	4.4	24.1	16:30	ESE
12	18.2	25.3	14:30	11.6	06:50	90	42	0.0	5.1	30.6	15:00	ESE
13	17.9	24.3	14:40	12.3	06:20	92	50	0.0	5.3	32.2	14:50	ESE
14	17.5	23.6	14:20	10.8	07:00	92	45	0.0	4.7	29.0	14:10	ESE
15	15.6	21.9	11:20	10.4	04:50	91	46	6.0	4.9	41.8	14:50	S
16	17.2	22.2	14:40	12.0	06:40	90	54	0.0	6.1	30.6	16:20	NW
17	17.8	25.6	13:40	10.2	06:00	91	40	0.0	6.2	29.0	17:10	ESE
18	20.1	26.8	14:50	12.1	06:50	87	30	0.0	5.9	24.1	12:20	NW
19	18.8	26.4	14:10	10.4	05:30	89	31	0.0	5.3	29.0	14:20	ESE
20	17.9	23.8	13:40	12.2	04:50	93	37	0.0	6.7	33.8	16:30	NW
21	17.6	22.8	15:30	12.4	05:40	83	38	0.0	8.3	33.8	12:50	NW
22	18.0	25.2	15:30	10.1	07:10	86	38	0.0	5.0	22.5	16:40	ESE
23	18.9	28.1	14:40	9.2	06:40	89	21	0.0	5.9	25.7	13:40	ESE
24	22.1	33.2	15:30	12.5	05:50	80	32	0.0	4.9	20.9	17:20	ESE
25	24.2	33.8	14:40	16.5	07:00	74	25	0.0	4.5	24.1	14:00	ESE
26	22.2	30.9	14:00	14.3	06:20	82	30	0.0	4.9	22.5	14:30	NW
27	20.3	28.2	14:50	12.8	05:10	90	35	0.0	6.5	30.6	12:50	NW
28	19.8	26.6	14:30	12.5	05:20	82	34	0.0	6.0	30.6	16:30	NW
29	19.6	27.9	14:50	11.6	06:56	89	35	0.0	5.2	27.4	16:20	ESE
30	19.8	26.8	14:40	13.7	04:50	83	34	0.0	4.8	32.2	13:40	NW
31	18.7	24.4	14:30	12.6	04:50	89	39	0.0	6.6	32.2	15:00	NW
	19.5	33.8	25	9.2	23	86.2	35.9	6.0	5.5	41.8	15	NW

Πίνακας 1 : Το αρχικό περιεχόμενο του αρχείου μετρήσεων

2.3 Μεθοδολογία υπολογισμών

Για την μελέτη και την επεξεργασία των μετρήσεων που προαναφέρθηκαν , αποσπάστηκαν από το αρχείο μετρήσεων για κάθε σταθμό τα στοιχεία της ημερομηνίας , μέσης ,μέγιστης και ελάχιστης θερμοκρασίας , για το χρονικό διάστημα Σεπτεμβρίου 2019 με 2021.

Τα δεδομένα αυτά μεταφέρθηκαν σε ένα φύλλο EXCEL , όπου ορίστηκε ο σταθμός των Αμπελοκήπων ως σταθμός 0 και έγινε η σύγκριση των στοιχείων της θερμοκρασίας αυτού με τους υπόλοιπους 8 επιλεγμένους σταθμούς.

MONTH	DATE	MEAN T	MAX T	MIN T	MEAN	MAX	MIN	ΔT MEAN	ΔT MAX	ΔT MIN
September	9/1/2019	25.1	29	22.4	26.8	30.7	23.6	=H3-C3	1.7	1.2
September	9/2/2019	26	30.7	22.2	27.7	32.6	23.1	1.7	1.9	0.9
September	9/3/2019	26.2	30.3	22.7	27.8	32.1	23.6	1.6	1.8	0.9
September	9/4/2019	25.7	29.1	23.1	27.4	31.2	23.7	1.7	2.1	0.6
September	9/5/2019	24.8	28.1	22.1	26.8	30.1	23.9	2	2	1.8
September	9/6/2019	25.4	28.9	22.7	27.1	30.5	24.1	1.7	1.6	1.4
September	9/7/2019	24.5	28.3	21.7	26.3	30.7	23	1.8	2.4	1.3
September	9/8/2019	24.7	29.1	21.4	26.5	30.8	22.6	1.8	1.7	1.2
September	9/9/2019	24.4	28.7	21.6	26.6	30.5	23.3	2.2	1.8	1.7
September	9/10/2019	24.3	28.9	20.8	26.3	30.8	23.1	2	1.9	2.3
September	9/11/2019	23.8	27.2	20.9	25.7	29.3	22.7	1.9	2.1	1.8
September	9/12/2019	24.1	28.2	21.2	25.9	30	22.7	1.8	1.8	1.5
September	9/13/2019	23.2	25.6	21.2	24.9	27.6	21.9	1.7	2	0.7
September	9/14/2019	24.1	26.9	21.8	25.7	29.1	23.1	1.6	2.2	1.3
September	9/15/2019	24	26.7	22.5	25.3	28.3	23.4	1.3	1.6	0.9
September	9/16/2019	23.3	28.3	20.5	25.3	29.7	21.7	2	1.4	1.2
September	9/17/2019	24	30.5	19.2	25.2	30.4	20.6	1.2	-0.1	1.4
September	9/18/2019	24.3	30.7	19.7	25.3	29.8	21.6	1	-0.9	1.9
September	9/19/2019	23.2	27.7	20.1	25.4	29.1	21.8	2.2	1.4	1.7
September	9/20/2019	20.8	25.1	18	22.7	26.4	19.3	1.9	1.3	1.3
September	9/21/2019	18.9	21.4	16.7	20.4	23.4	18.6	1.5	2	1.9
September	9/22/2019	18.7	23.9	15.9	20.8	25.5	17.2	2.1	1.6	1.3
September	9/23/2019	20.6	26.3	16.2	21.8	25.7	18.2	1.2	-0.6	2
September	9/24/2019	20.9	23.2	19.2	22.3	24.1	21.1	1.4	0.9	1.9
September	9/25/2019	21	25.8	18.2	22.9	27.1	20	1.9	1.3	1.8
September	9/26/2019	22.1	27.3	17.8	23.2	27.3	19.6	1.1	0	1.8
September	9/27/2019	22.5	26.7	19.7	24.3	28.8	21.1	1.8	2.1	1.4
September	9/28/2019	22.7	26.8	20.1	24.1	28.6	20.4	1.4	1.8	0.3
September	9/29/2019	22.7	28.8	18.7	23.9	28.4	19.7	1.2	-0.4	1
September	9/30/2019	23.7	30	19.5	24.7	29.4	20.9	1	-0.6	1.4
October	10/1/2019	23.9	29.9	20.6	25	29.5	21.1	1.1	-0.4	0.5
October	10/2/2019	22.8	28.8	19.7	24.1	28.1	20.9	1.3	-0.7	1.2
October	10/3/2019	21.7	27.8	18.5	23.3	27.3	21.3	1.6	-0.5	2.8
October	10/4/2019	22.4	27.7	18.8	23.6	27.5	20.9	1.2	-0.2	2.1
October	10/5/2019	20.5	24.4	17.4	22	25.5	19.1	1.5	1.1	1.7
October	10/6/2019	20.5	25	17.7	22.4	26.4	19.6	1.9	1.4	1.9
October	10/7/2019	18.4	21.2	17.2	20.6	22.7	18.8	2.2	1.5	1.6
October	10/8/2019	17.6	20.5	15.6	19.1	22.2	17.6	1.5	1.7	2
October	10/9/2019	17.9	23.1	14.6	20.1	24.5	17	2.2	1.4	2.4
October	10/10/2019	19.6	25.6	15.9	20.9	25	17.6	1.3	-0.6	1.7
October	10/11/2019	20.6	23.9	18.6	22.6	26	20.2	2	2.1	1.6
October	10/12/2019	21.6	25.9	18.9	23	27.2	19.8	1.4	1.3	0.9

Πίνακας 2 : Οργάνωση και μεταφορά των μετρήσεων στο αρχείο EXCEL

Όπως είναι φανερό και στον πίνακα 2 , γίνεται η αφαίρεση των θερμοκρασιών του θεωρητικά πιο δροσερού σταθμού από αυτόν των Αμπελοκήπων , που έχουμε θεωρήσει ως πιο ζεστό για κάθε μέρα του χρόνου , από το χρονικό διάστημα που εξετάζεται.

Το ζητούμενο από αυτή τη διεργασία είναι να βρεθούν οι τιμές των ΔT (θερμοκρασιακής διαφοράς) μεταξύ του σταθμού των Αμπελοκήπων και των υπολοίπων σταθμών.

Βάση της θεωρίας του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας αναμένεται το ΔT αυτό να έχει θετικό πρόσημο και πιο συγκεκριμένα , όσο απομακρυνόμαστε από το κέντρο των Αθηνών η τιμή του ΔT να αυξάνεται, καθώς η θερμοκρασία του εκάστοτε σταθμού αναμένεται να μικραίνει.

2.4 Συγκέντρωση υπολογιστικών δεδομένων.

Εφόσον ολοκληρώθηκαν οι υπολογισμοί τα δεδομένα συλλέχθηκαν σε πίνακες και χρησιμοποιήθηκαν για τη δημιουργία διαγραμμάτων που θα παρουσιαστούν στην επόμενη ενότητα προς σχολιασμό.

Για την καλύτερη παρουσίαση και ανάλυση των δεδομένων, επιλέχθηκαν οι μέσες θερμοκρασιακές διαφορές μέσης, μέγιστης και ελάχιστης θερμοκρασίας. Τα στοιχεία αυτά οργανώθηκαν σε πίνακες έτσι ώστε να είναι ορατές οι διαφορές του κάθε μήνα και να σχολιαστούν αντίστοιχα.

month	mean	max	min
September	1.54	1.27	1.44
October	1.35	0.80	1.19
November	1.18	1.08	0.79
December	1.17	0.94	1.16
January	1.07	0.63	1.06
February	1.20	0.91	1.16
March	1.39	1.04	1.37
April	1.37	0.74	1.45
May	1.34	0.79	1.60
June	1.48	0.88	1.83
July	1.78	1.68	1.70
August	1.58	1.32	1.58

Πίνακας 3 : Μέση , μέγιστη και ελάχιστη θερμοκρασιακή διαφορά για τον σταθμό Αμπελόκηποι

month	mean	max	min
September	0.21	-0.03	0.67
October	0.35	-0.16	1.17
November	0.21	-0.34	0.92
December	0.25	-0.36	0.86
January	0.40	-0.24	1.24
February	0.57	-0.16	1.63
March	0.33	-0.15	1.12
April	0.44	0.15	1.15
May	0.62	0.44	1.26
June	0.42	0.27	0.93
July	0.29	0.29	0.78
August	0.47	0.33	1.15

Πίνακας 4 : Μέση , μέγιστη και ελάχιστη θερμοκρασιακή διαφορά για τον σταθμό Γκάζι

month	mean	max	min
September	4.12	3.76	4.01
October	3.35	3.11	3.07
November	3.68	3.84	3.04
December	3.70	3.83	3.30
January	3.59	3.75	3.21
February	3.52	3.51	3.29
March	3.90	3.67	3.69
April	3.39	3.03	3.14
May	2.96	2.48	2.99
June	3.47	2.87	3.35
July	4.63	4.39	4.77
August	4.09	3.93	4.04

Πίνακας 5 : Μέση , μέγιστη και ελάχιστη θερμοκρασιακή διαφορά για τον σταθμό Διόνυσος

month	mean	max	min
September	9.09	9.78	8.25
October	7.49	8.32	6.65
November	8.81	9.67	8.07
December	8.59	9.06	8.01
January	9.21	9.78	8.56
February	8.44	9.22	7.93
March	9.17	9.88	8.44
April	8.20	8.91	7.29
May	7.37	8.10	6.55
June	8.12	8.47	7.15
July	9.49	9.98	8.60
August	8.45	9.05	7.73

Πίνακας 6 : Μέση , μέγιστη και ελάχιστη θερμοκρασιακή διαφορά για τον σταθμό Πάρνηθα

month	mean	max	min
September	-0.52	-0.56	-0.58
October	-0.84	-0.37	-1.26
November	-0.84	-0.86	-0.90
December	-0.89	-0.91	-0.72
January	-0.55	-0.42	-0.75
February	-0.17	-0.24	-0.12
March	-0.67	-0.71	-0.58
April	0.09	0.66	-0.30
May	0.88	1.09	0.49
June	0.86	0.93	0.57
July	0.48	0.30	0.41
August	0.64	0.96	-0.02

Πίνακας 7 : Μέση , μέγιστη και ελάχιστη θερμοκρασιακή διαφορά για τον σταθμό Πέραμα

month	mean	max	min
September	-0.95	-0.69	-1.06
October	-0.46	0.17	-1.00
November	-0.74	-0.63	-0.77
December	-0.59	-0.46	-0.66
January	0.33	0.12	0.48
February	0.89	1.02	0.89
March	-0.69	-0.28	-0.91
April	0.82	1.44	0.14
May	2.74	2.25	3.47
June	1.84	2.29	1.06
July	0.89	0.87	0.75
August	-0.02	0.21	-0.44

Πίνακας 8 : Μέση , μέγιστη και ελάχιστη θερμοκρασιακή διαφορά για τον σταθμό Πειραιά

month	mean	max	min
September	-0.43	-1.16	0.55
October	-0.03	-0.95	0.97
November	-0.53	-1.22	0.34
December	-0.75	-1.42	0.24
January	0.00	-0.32	0.95
February	0.10	-0.58	1.52
March	0.40	-0.10	1.41
April	1.48	1.09	2.20
May	1.56	0.74	2.60
June	2.10	1.69	2.70
July	0.92	-0.05	2.22
August	0.19	-0.58	1.53

Πίνακας 9 : Μέση , μέγιστη και ελάχιστη θερμοκρασιακή διαφορά για τον σταθμό Βάρη

month	mean	max	min
September	3.42	3.08	3.82
October	3.80	3.96	3.85
November	2.39	0.91	3.80
December	-0.26	-1.68	1.20
January	-4.11	-5.56	-2.99
February	-6.63	-8.33	-5.37
March	-9.20	-10.56	-7.83
April	-4.72	-5.14	-4.47
May	-0.65	-1.40	0.06
June	-1.17	-1.67	-0.75
July	0.11	-0.50	0.53
August	2.84	2.76	3.04

Πίνακας 10 : Μέση , μέγιστη και ελάχιστη θερμοκρασιακή διαφορά για τον σταθμό Ελευσίνα

Στη συνέχεια μέσω των εντολών “!UINQUE” και “!VLOOKUP” έγινε η εύκολη και γρήγορη οργάνωση των μέσων τιμών ΔΤ κάθε σταθμού , για κάθε μήνα του χρόνου. Αυτά τα στοιχεία συνέβαλλαν στην δημιουργία ενός νέου πίνακα μέσω του οποίου θα γίνει καλύτερα η γραφική απεικόνιση των δεδομένων.

Με τον ίδιο τρόπο ακριβώς συλλέχθηκαν τα δεδομένα για την μέση μέγιστη και ελάχιστη θερμοκρασία αντίστοιχα.

MO/ST	GAZI	AG. PARASKEV	DIONYSOS	PARNITHA	PERAMA	PEIRAIAS	VARI	ELEYSINA
September	0.21	1.54	4.12	9.09	-0.52	-0.95	-0.43	3.42
October	0.35	1.35	3.35	7.49	-0.84	-0.46	-0.03	3.80
November	0.21	1.18	3.68	8.81	-0.84	-0.74	-0.53	2.39
December	0.25	1.17	3.70	8.59	-0.89	-0.59	-0.75	-0.26
January	0.40	1.07	3.59	9.21	-0.55	0.33	0.00	-4.11
February	0.57	1.20	3.52	8.44	-0.17	0.89	0.10	-6.63
March	0.33	1.39	3.90	9.17	-0.67	-0.69	0.40	-9.20
April	0.44	1.37	3.39	8.20	0.09	0.82	1.48	-4.72
May	0.62	1.34	2.96	7.37	0.88	2.74	1.56	-0.65
June	0.42	1.48	3.47	8.12	0.86	1.84	2.10	-1.17
July	0.29	1.78	4.63	9.49	0.48	0.89	0.92	0.11
August	0.47	1.58	4.09	8.45	0.64	-0.02	0.19	2.84

Πίνακας 10 : Μέση θερμοκρασιακή διαφορά

MO/ST	GAZI	AG. PARASKEV	DIONYSOS	PARNITHA	PERAMA	PEIRAIAS	VARI	ELEYSINA
September	-0.03	1.27	3.76	9.78	-0.56	-0.69	-1.16	3.08
October	-0.16	0.80	3.11	8.32	-0.37	0.17	-0.95	3.96
November	-0.34	1.08	3.84	9.67	-0.86	-0.63	-1.22	0.91
December	-0.36	0.94	3.83	9.06	-0.91	-0.46	-1.42	-1.68
January	-0.24	0.63	3.75	9.78	-0.42	0.12	-0.32	-5.56
February	-0.16	0.91	3.51	9.22	-0.24	1.02	-0.58	-8.33
March	-0.15	1.04	3.67	9.88	-0.71	-0.28	-0.10	-10.56
April	0.15	0.74	3.03	8.91	0.66	1.44	1.09	-5.14
May	0.44	0.79	2.48	8.10	1.09	2.25	0.74	-1.40
June	0.27	0.88	2.87	8.47	0.93	2.29	1.69	-1.67
July	0.29	1.68	4.39	9.98	0.30	0.87	-0.05	-0.50
August	0.33	1.32	3.93	9.05	0.96	0.21	-0.58	2.76

Πίνακας 10 : Μέγιστη θερμοκρασιακή διαφορά

MO/ST	GAZI	AG. PARASKEVI	DIONYSOS	PARNITHA	PERAMA	PEIRAIAS	VARI	ELEYSINA
September	0.67	1.44	4.01	8.25	-0.58	-1.06	0.55	3.82
October	1.17	1.19	3.07	6.65	-1.26	-1.00	0.97	3.85
November	0.92	0.79	3.04	8.07	-0.90	-0.77	0.34	3.80
December	0.86	1.16	3.30	8.01	-0.72	-0.66	0.24	1.20
January	1.24	1.06	3.21	8.56	-0.75	0.48	0.95	-2.99
February	1.63	1.16	3.29	7.93	-0.12	0.89	1.52	-5.37
March	1.12	1.37	3.69	8.44	-0.58	-0.91	1.41	-7.83
April	1.15	1.45	3.14	7.29	-0.30	0.14	2.20	-4.47
May	1.26	1.60	2.99	6.55	0.49	3.47	2.60	0.06
June	0.93	1.83	3.35	7.15	0.57	1.06	2.70	-0.75
July	0.78	1.70	4.77	8.60	0.41	0.75	2.22	0.53
August	1.15	1.58	4.04	7.73	-0.02	-0.44	1.53	3.04

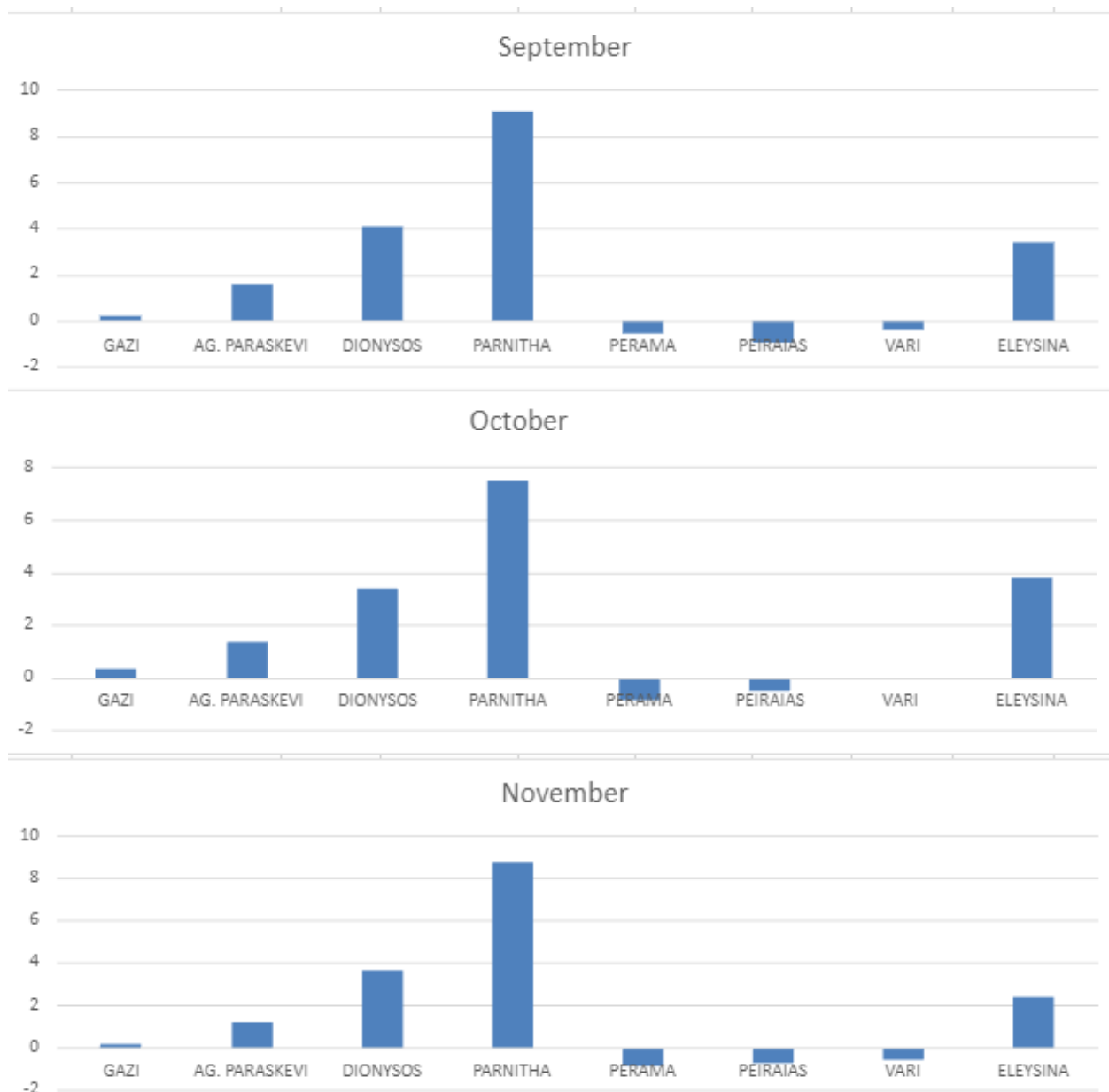
Πίνακας 10 : Ελάχιστη θερμοκρασιακή διαφορά

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

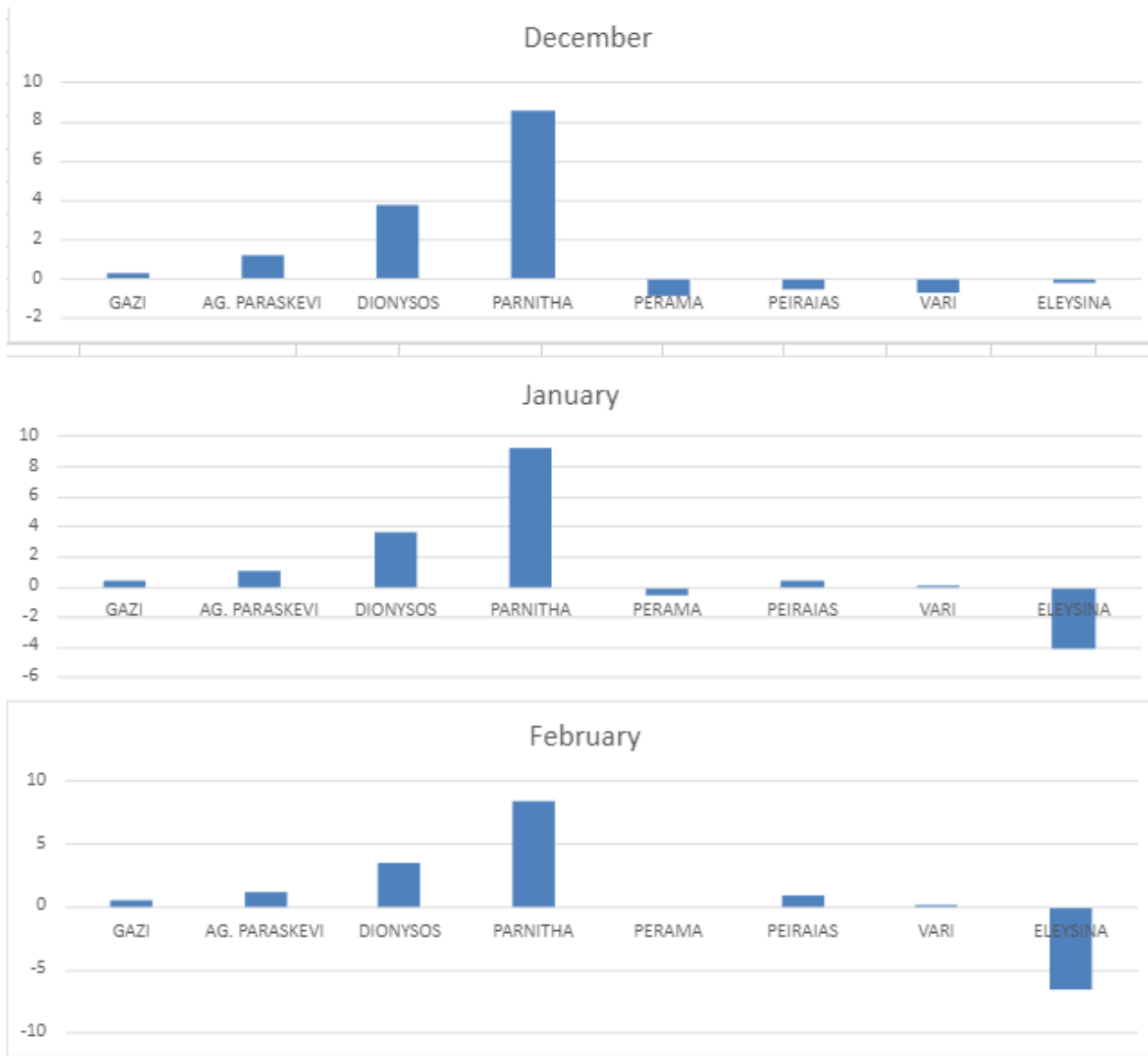
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΩΝ

3.1 Εισαγωγή

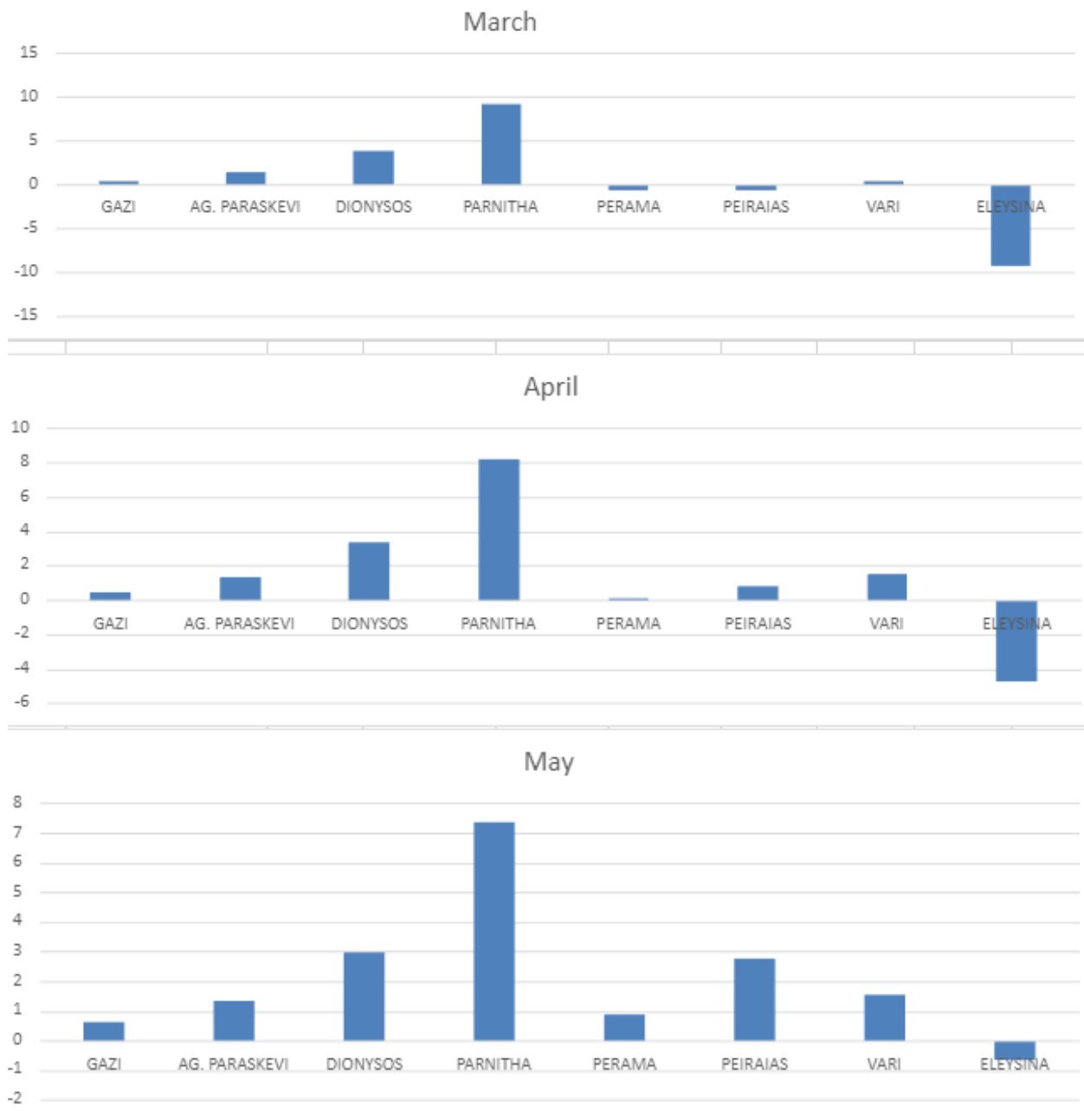
Στο κεφάλαιο αυτό θα ακολουθήσει η παρουσίαση των δεδομένων μέσης μέγιστης και ελάχιστης διαφοράς θερμοκρασίας μεταξύ των σταθμών με τα στοιχεία που έχουν συγκεντρωθεί από τα προηγούμενα κεφάλαια. Για την βέλτιστη παρουσίαση προβάλλονται ανά τρίμηνο με ξεχωριστά δεδομένα προς σχολιασμό για κάθε διάγραμμα. Τα διαγράμματα αυτά εμπεριέχουν την θερμοκρασιακή διαφορά που υπάρχει από τον κεντρικό επιλεγμένο σταθμό των Αμπελοκήπων. Τα αποτελέσματα που προκύπτουν είναι σε βαθμούς κελσίου, για τη μέση μέγιστη και ελάχιστη θερμοκρασία που επικρατεί, για διάστημα από Σεπτέμβριο του 2019 έως τον ίδιο μήνα του 2021.



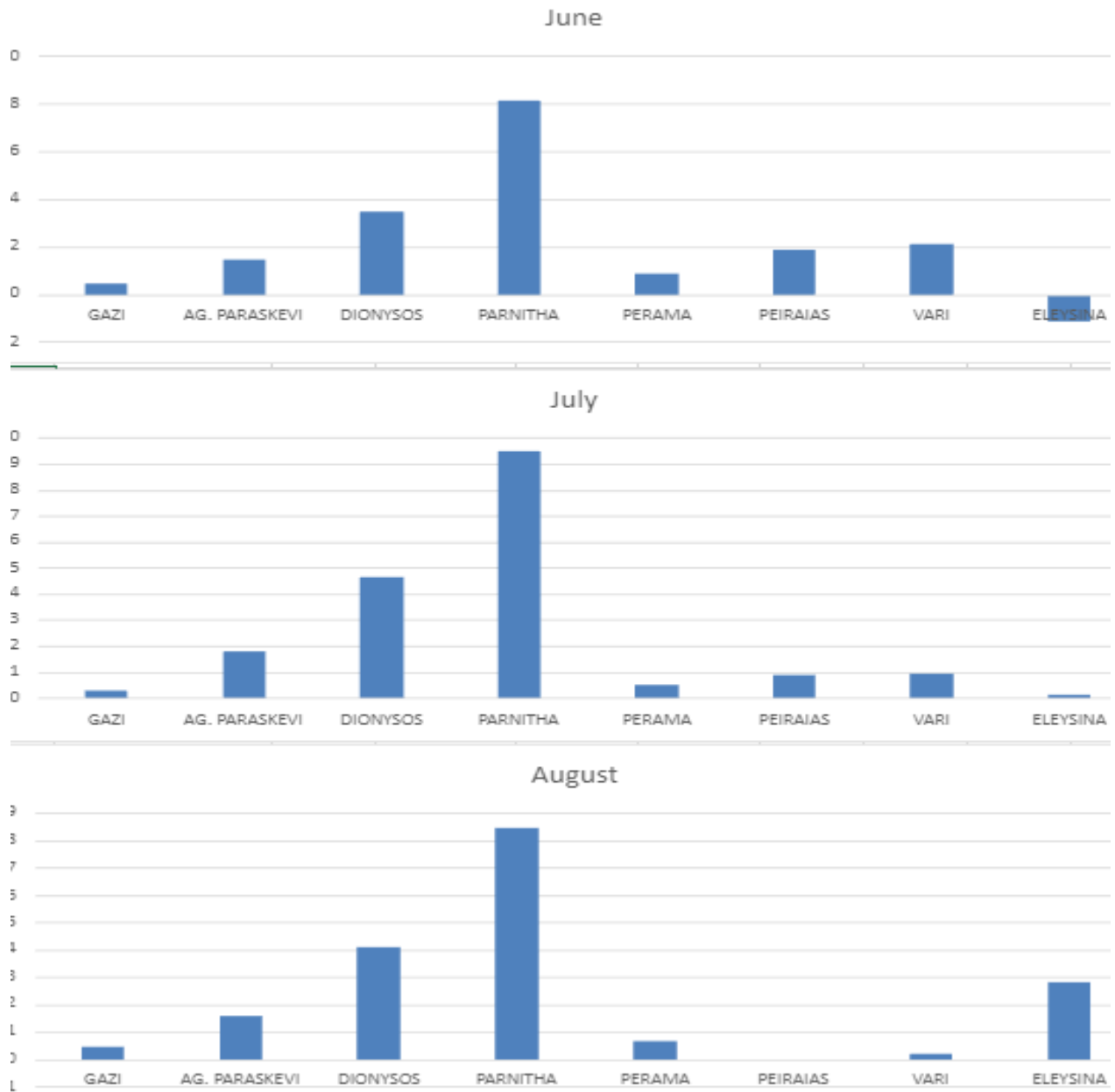
Διάγραμμα 1 : Διαφορά μέσων θερμοκρασιών κάθε σταθμού τον Σεπτέμβρη , Οκτώβρη , Νοέμβρη



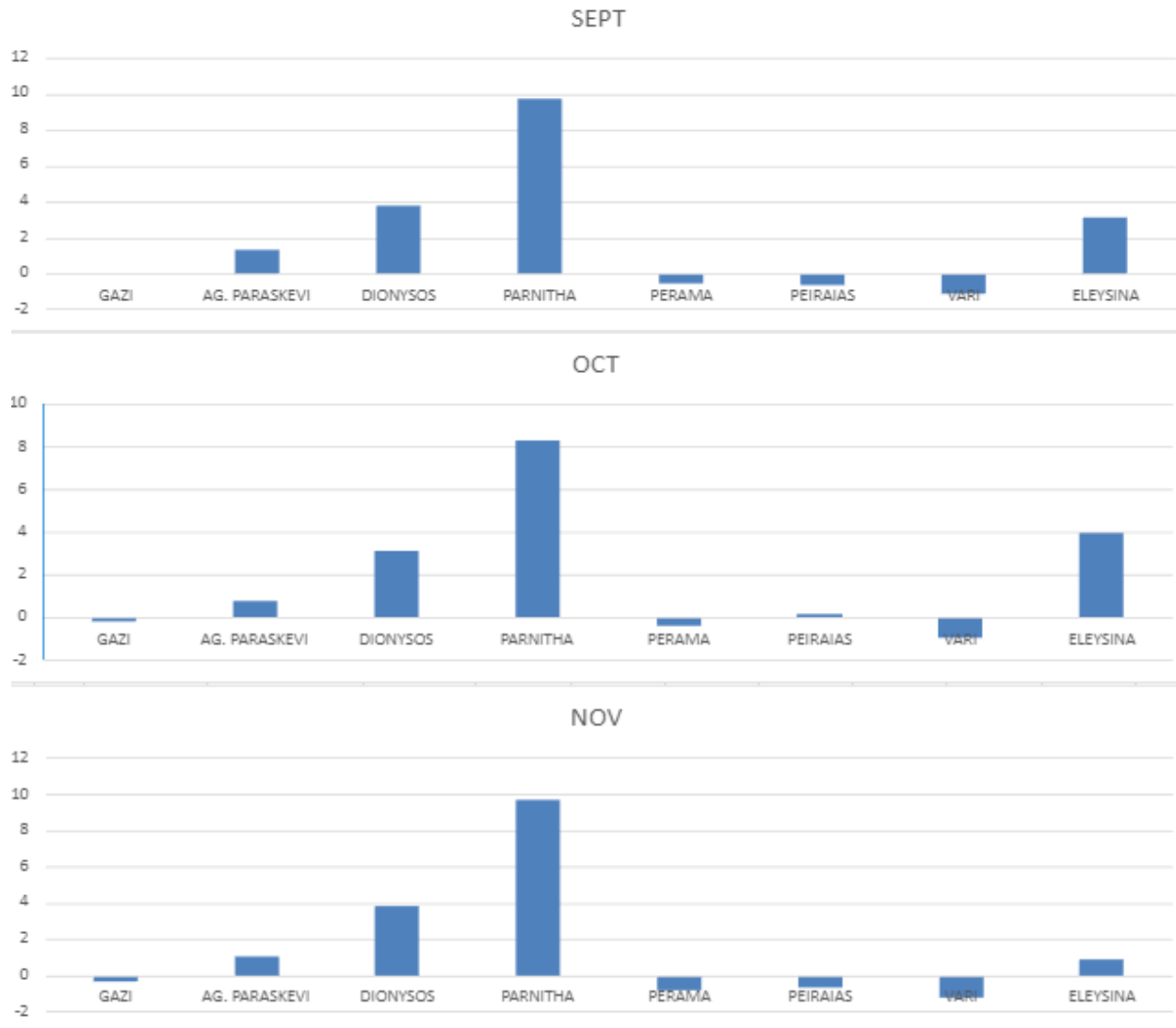
Διάγραμμα 2 : Διαφορά μέσων θερμοκρασιών κάθε σταθμού τον Δεκέμβρη , Γενάρη , Φλεβάρη



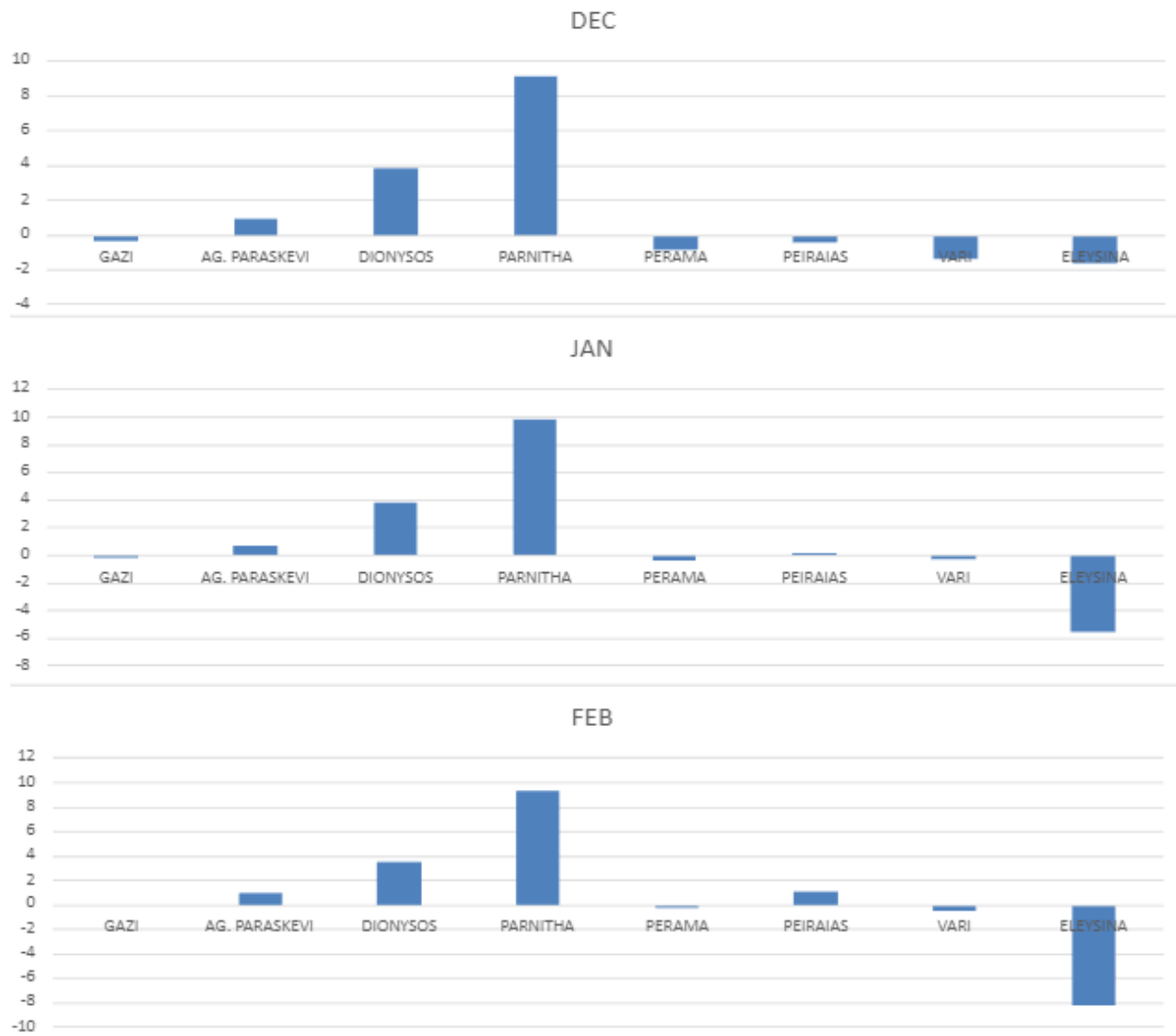
Διάγραμμα 3 : Διαφορά μέσων θερμοκρασιών κάθε σταθμού τον Μάρτη , Απρίλη , Μάιο



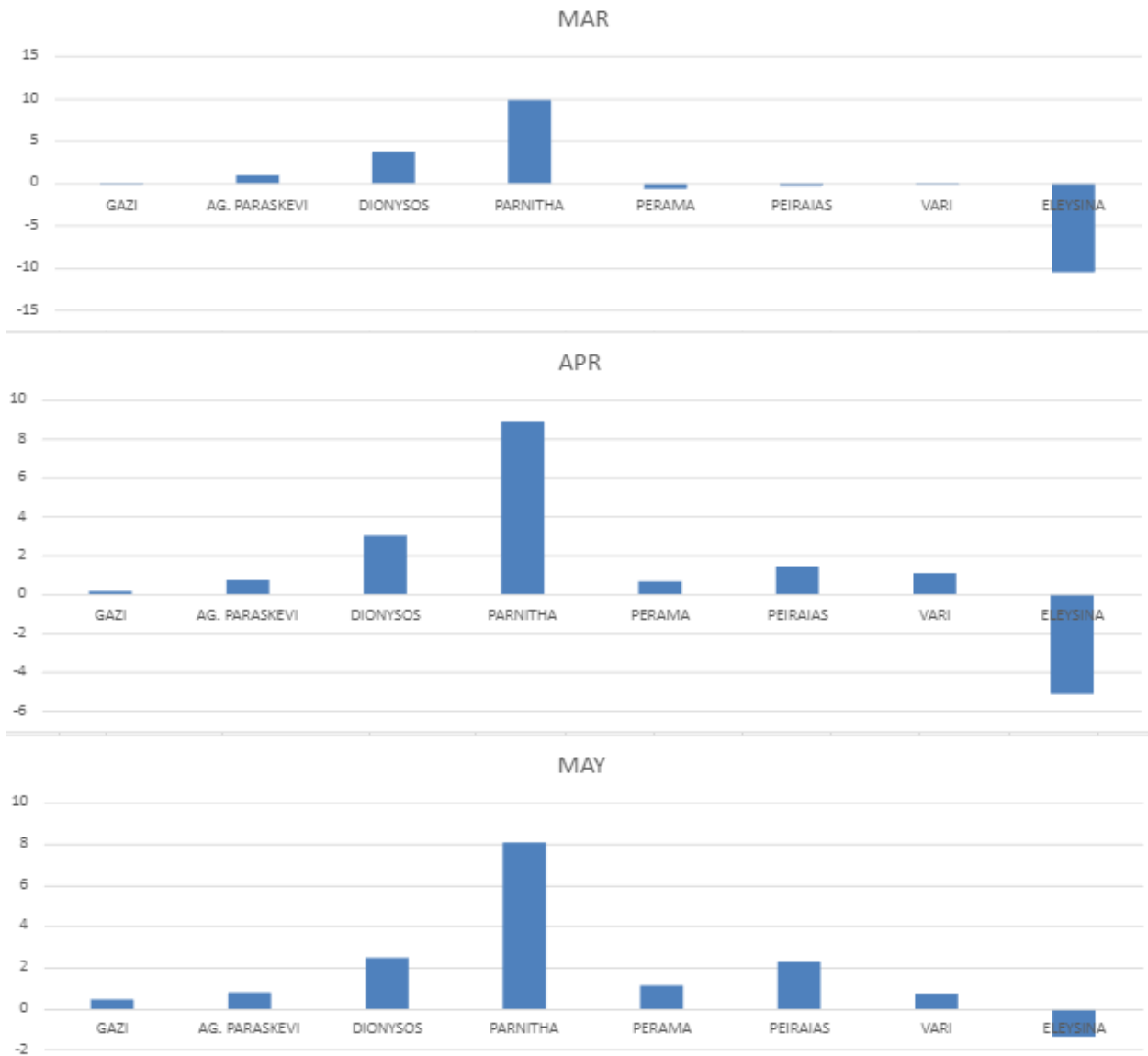
Διάγραμμα 4 : Διαφορά μέσων θερμοκρασιών κάθε σταθμού τον Ιούνιο , Ιούλιο , Αύγουστο



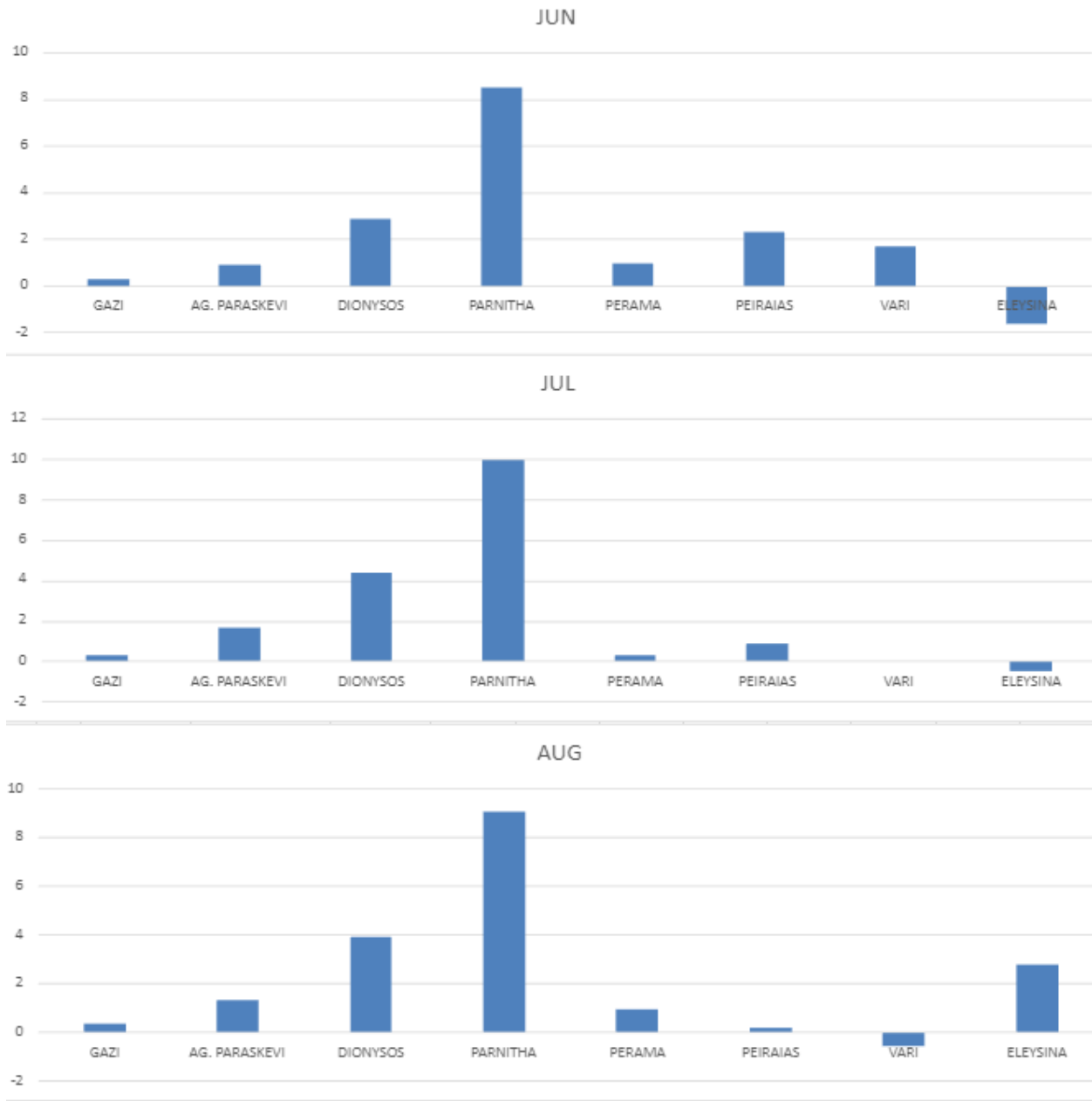
Διάγραμμα 5 : Διαφορά μέγιστων θερμοκρασιών κάθε σταθμού τον Σεπτέμβρη , Οκτώβρη , Νοέμβρη



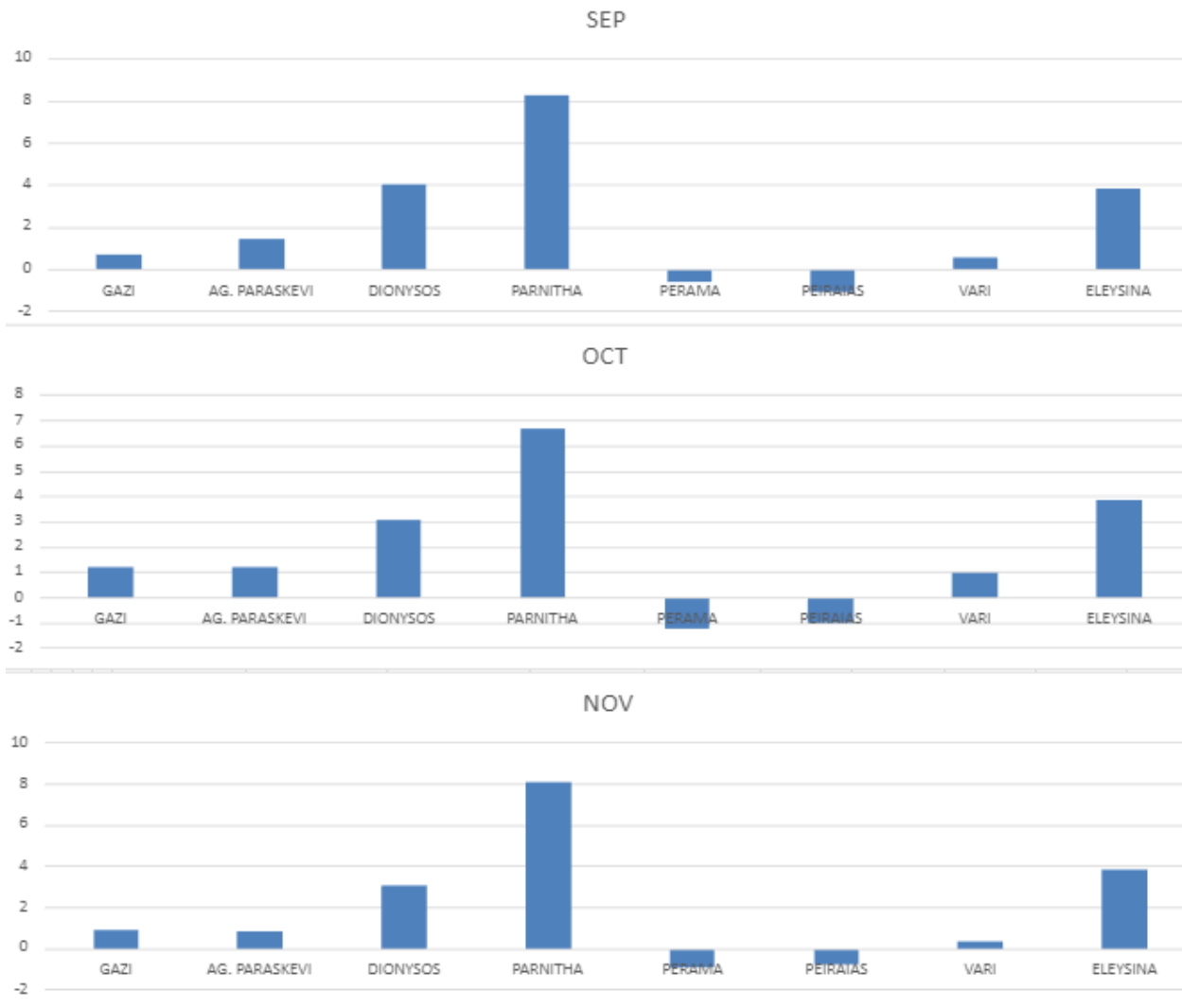
Διάγραμμα 6 : Διαφορά μέγιστων θερμοκρασιών κάθε σταθμού τον Δεκέμβρη , Γενάρη , Φλεβάρη



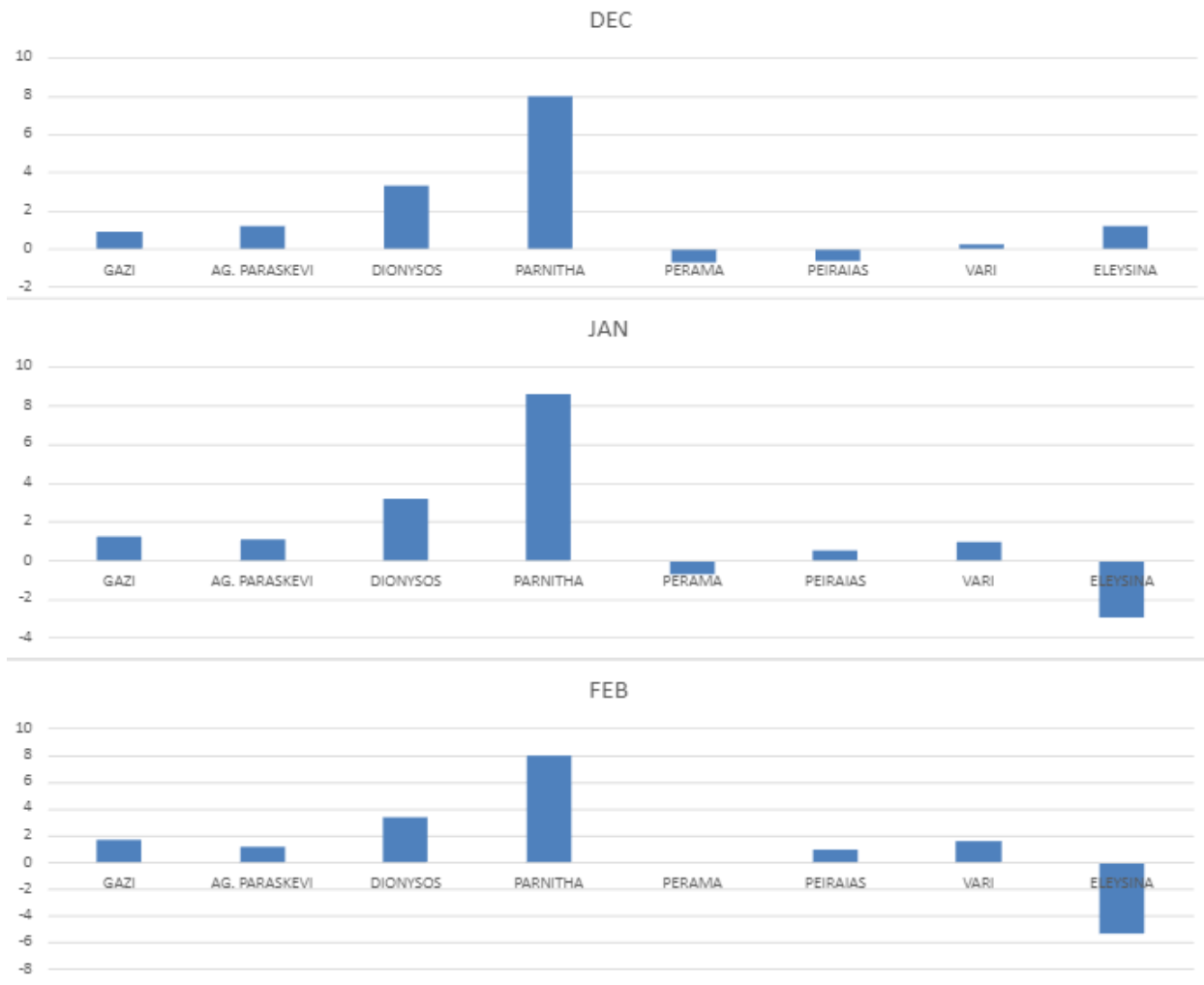
Διάγραμμα 7 : Διαφορά μέγιστων θερμοκρασιών κάθε σταθμού τον Μάρτη , Απρίλη , Μάιο



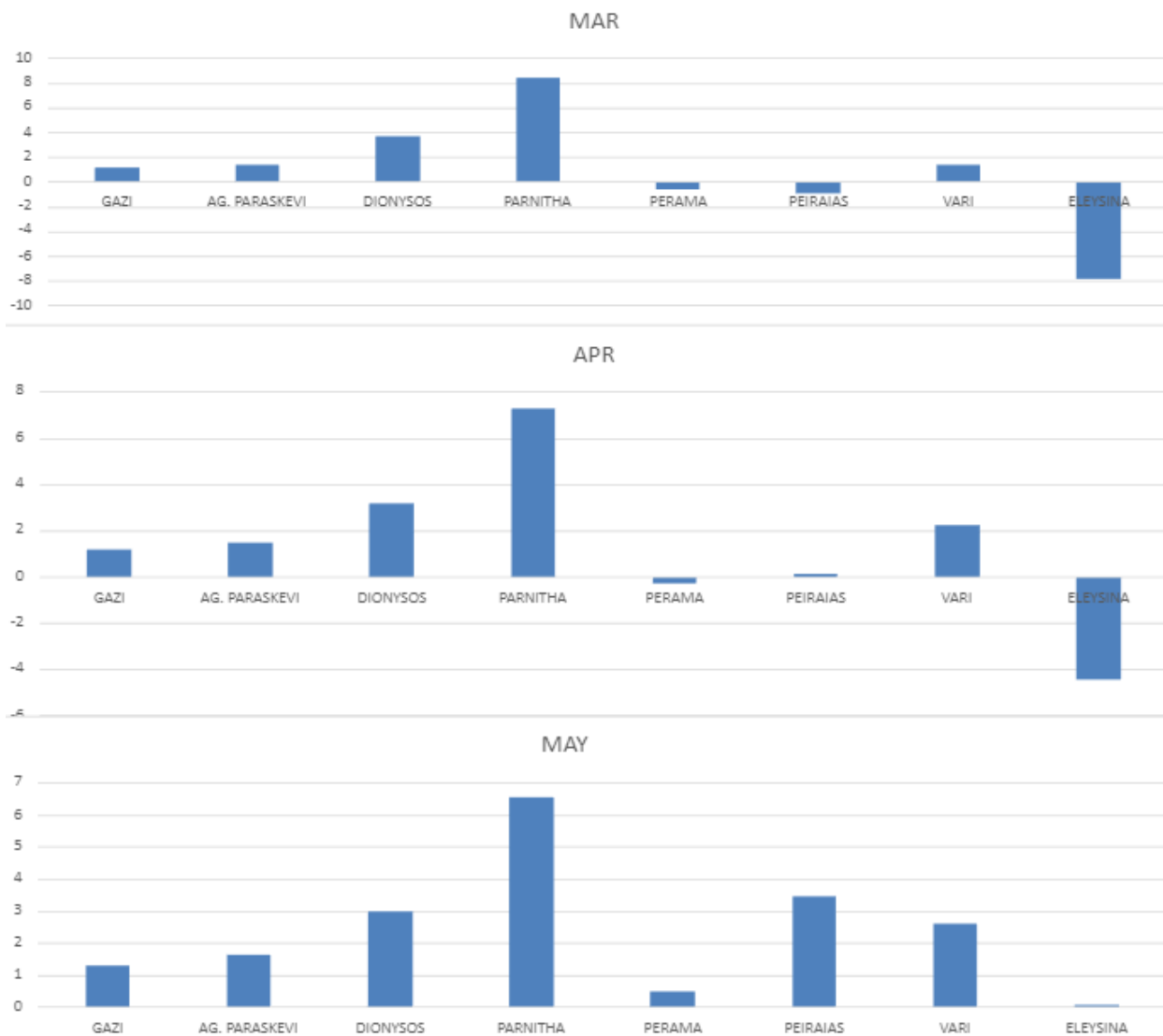
Διάγραμμα 8 : Διαφορά μέγιστων θερμοκρασιών κάθε σταθμού τον Ιούνιο , Ιούλιο , Αύγουστο



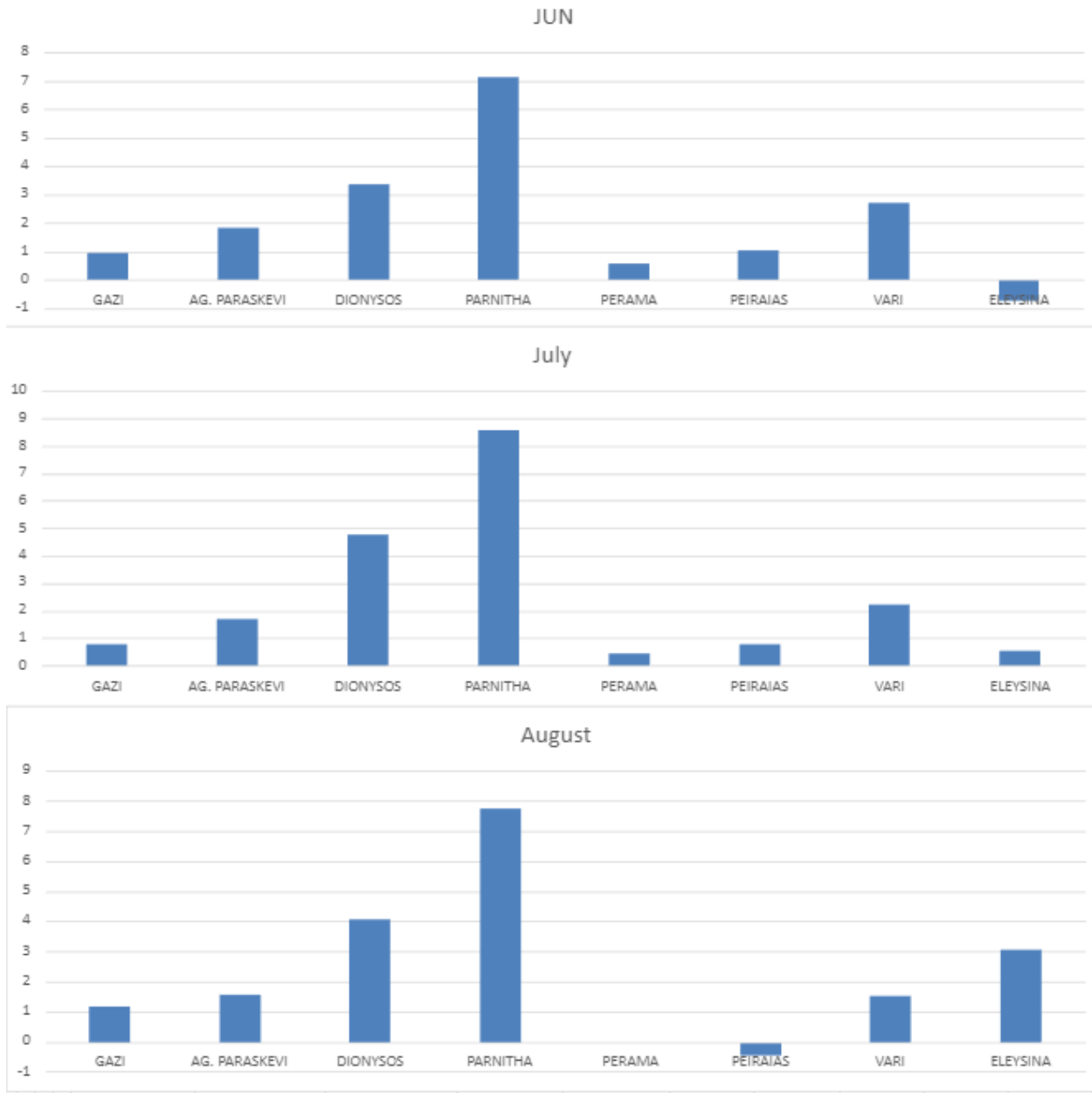
Διάγραμμα 9 : Διαφορά ελάχιστων θερμοκρασιών κάθε σταθμού τον Σεπτέμβρη , Οκτώβρη , Νοέμβρη



Διάγραμμα 10 : Διαφορά ελάχιστων θερμοκρασιών κάθε σταθμού τον Δεκέμβρη , Γενάρη , Φλεβάρη



Διάγραμμα 11 : Διαφορά ελάχιστων θερμοκρασιών κάθε σταθμού τον Μάρτη , Απρίλη , Μάιο



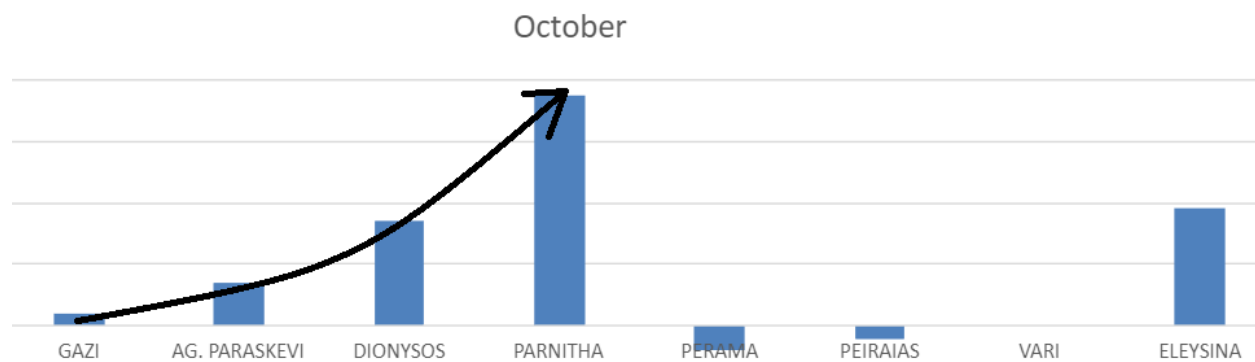
Διάγραμμα 12 : Διαφορά ελάχιστων θερμοκρασιών κάθε σταθμού τον Ιούνιο , Ιούλιο , Αύγουστο

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΣΥΝΟΨΗ

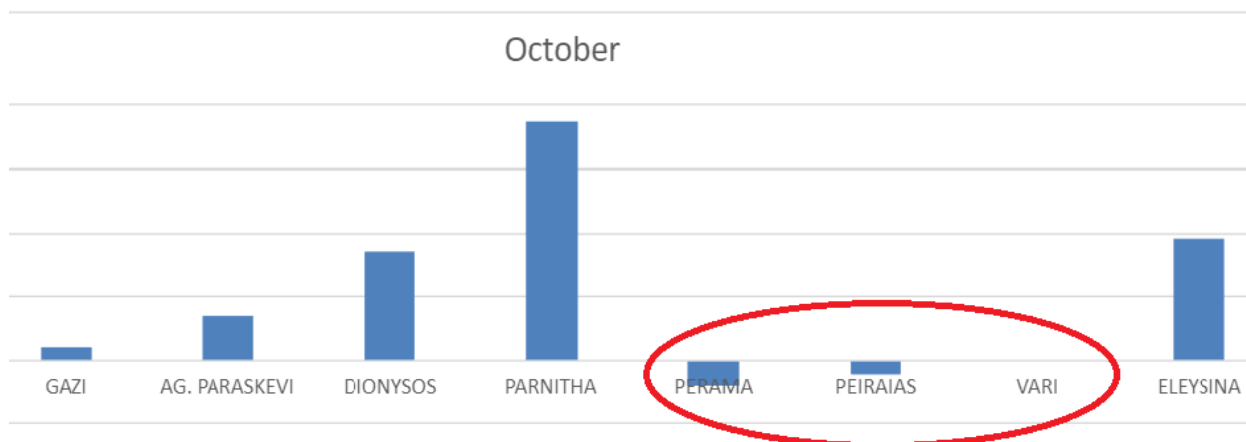
4.1 Σχολιασμός γραφημάτων

Αρχικά μέσω των αποτελεσμάτων που προκύπτουν από τα διαγράμματα, παρατηρείται η ανοδική πορεία του ΔT μεταξύ των σταθμών, όσο απομακρύνονται από τον κεντρικό σταθμό, ανεξαιρέτως σύγκρισης μέσης μέγιστης ή ελάχιστης θερμοκρασίας. Επιπροσθέτως η αυξητική αυτή τάση, παραμένει ίδια κατά την διάρκεια του έτους, με μία μικρή αύξηση κατά τους καλοκαιρινούς μήνες.



Διάγραμμα 13 : Διαφορά μέσων θερμοκρασιών κάθε σταθμού τον Οκτώβριο

Παρόλο που οι 4 πρώτοι σταθμοί ακολουθούν την αρχική θεωρία, οι υπόλοιποι 4 έχουν διαφορετικά χαρακτηριστικά και με εξαίρεση την περίπτωση της Ελευσίνας που θα σχολιαστεί μεταγενέστερα, η θερμοκρασιακή διαφορά των σταθμών είναι πολύ μικρή και δεν αυξάνεται με γνώμονα την απομάκρυνση από το κέντρο, όπως φαίνεται και στο διάγραμμα 14.



Διάγραμμα 14 : Διαφορά μέσων θερμοκρασιών κάθε σταθμού τον Οκτώβριο

Αυτή η συμπεριφορά έχει εξήγηση και λόγο που συμβαίνει και δεν είναι άλλος από την ύπαρξη της θάλασσας , διότι τα μεγάλα σώματα νερού χρειάζονται περισσότερο χρόνο για να ζεσταθούν ή να κρυώσουν από ό,τι η ξηρά, επομένως οι παράκτιες περιοχές γενικά βλέπουν χαμηλότερες θερμοκρασίες κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού και υψηλότερες θερμοκρασίες κατά τη διάρκεια του χειμώνα από τις περιοχές που βρίσκονται πιο μέσα στην ενδοχώρα. Όταν ο θερμός αέρας από τις εσωτερικές περιοχές συναντά τον ψυχρό θαλάσσιο αέρα, η υγρασία και οι σταγόνες νερού σχηματίζουν ομίχλη, η οποία είναι πολύ λιγότερο συχνή μακρύτερα από τη θάλασσα.

Η απόσταση από τη θάλασσα επηρεάζει τη θερμοκρασία ενός τόπου καθώς η θαλάσσια αύρα που πνέει από τη θάλασσα προς τη στεριά δροσίζει τις παράκτιες περιοχές κατά τη διάρκεια της ημέρας. Το βράδυ, το αεράκι της ξηράς κάνει τη θάλασσα πιο δροσερή. Αυτή η εναλλαγή αερίου διατηρεί την ισορροπία θερμότητας. Ως εκ τούτου, οι περιοχές κοντά στη θάλασσα έχουν χαμηλότερο ημερήσιο και ετήσιο εύρος θερμοκρασιών και απολαμβάνουν ένα μέτριο κλίμα από τις περιοχές που βρίσκονται στο εσωτερικό , επομένως για αυτό και εμφανίζεται η διαφορά θερμοκρασίας ως ελάχιστη.

Σημαντικά φαινόμενα μεταφοράς στην πόλη, σε συνδυασμό με την οριζόντια μεταφορά θερμών αερίων μαζών κατά τη διάρκεια του καύσωνα, αύξησαν τους ρυθμούς θέρμανσης σε σύγκριση με τους παράκτιους σταθμούς και έτσι αυξήθηκε και η ένταση της αστικής νησίδας, στους σταθμούς αυτούς. Σε όλους τους παράκτιους σταθμούς, η μέση μέγιστη και ελάχιστη ημερήσια θερμοκρασία αυξήθηκε .Η ανάπτυξη της τοπικής θαλάσσιας αύρας, οδήγησε στην ανάπτυξη ενός μηχανισμού ψύξης είχε ως αποτέλεσμα την περαιτέρω αύξηση της έντασης της θερμής αστικής νησίδας.

Η περίπτωση της Ελευσίνας

Ο σταθμός της Ελευσίνας παρουσίασε τις περισσότερες διαφοροποιήσεις στις τιμές του ΔT , αποκτώντας άλλες φορές χαμηλότερες και άλλες φορές υψηλότερες θερμοκρασίες, που είναι και φανερό από τον πίνακα 10.

Ωστόσο, παρατηρείται επίσης σημαντική διαφορά θερμοκρασίας την περίοδο της άνοιξης, η οποία βρίσκεται τον σταθμό της Ελευσίνας έως και 9 βαθμούς κελσίου πιο ζεστό από το κέντρο αναφοράς των Αμπελοκήπων.

Η εξήγηση αυτού του φαινομένου βρίσκεται στο γεγονός ότι η Ελευσίνα λόγω της γεωγραφικής θέσης (κοντά στη θάλασσα, σε χαμηλό γεωγραφικό ύψος) αλλά και ότι αποτελεί βάση πολλών βιομηχανικών δραστηριοτήτων (βάσεις ναυτικού, διυλιστήρια, βιομηχανίες), την κατατάσσει στις πιο θερμές περιοχές της Ευρώπης, όχι μόνο της Ελλάδας. Επομένως αυτές οι θερμοκρασιακές διαφορές προκύπτουν από την ειδική περίπτωση που παρουσιάζει η Ελευσίνα και όχι από την αναξιοπιστία των μετρήσεων των υπολοίπων σταθμών.

4.2 Τα συμπεράσματα της μελέτης.

Όσον αναφορά το θεωρητικό μέρος της εργασίας αυτής, παρουσιάστηκε το ιστορικό υπόβαθρο του φαινομένου της θερμής αστικής νησίδας, δώθηκε ο ορισμός και αναλύθηκαν οι υποπεριπτώσεις της. Στη συνέχεια, για να εξεταστεί η ύπαρξη ή μη του φαινομένου, συλλέχθηκαν στοιχεία από το Αστεροσκοπείο αθηνών και μετά από τροποποιήσεις και υπολογισμούς προβλήθηκαν με την μορφή γραφημάτων για καλύτερη κατανόηση του αναγνώστη. Τα διαγράμματα, αποδεικνύουν την αρχική σχηματισμένη θεωρία, ωστόσο υπάρχουν ορισμένες εξαιρέσεις και σημεία που αξίζουν παραπάνω προσοχή και σχολιασμό.

Το φαινόμενο της θερμικής νησίδας είναι ένα φαινόμενο που προκύπτει από την αστικοποίηση και χαρακτηρίζεται από υψηλότερες θερμοκρασίες στις αστικές περιοχές σε σύγκριση με τις αγροτικές περιοχές που τις περιβάλλουν. Η Αθήνα, η πρωτεύουσα και μεγαλύτερη πόλη της Ελλάδας, είναι μια πυκνοκατοικημένη αστική περιοχή που αναμένεται να αντιμετωπίσει σημαντικό φαινόμενο θερμικής νησίδας τα επόμενα χρόνια λόγω της συνεχιζόμενης αστικοποίησης και της κλιματικής αλλαγής.

Η κλιματική αλλαγή αναμένεται να επιδεινώσει το φαινόμενο της θερμικής νησίδας στην Αθήνα αυξάνοντας τη συχνότητα και την ένταση των κυμάτων καύσωνα. Σύμφωνα με τη Διακυβερνητική Επιτροπή για την Κλιματική Αλλαγή (IPCC), η περιοχή της Μεσογείου, συμπεριλαμβανομένης της Ελλάδας, αναμένεται να παρουσιάσει αύξηση της θερμοκρασίας κατά 2-3°C μέχρι το τέλος του 21ου αιώνα. Αυτή η αύξηση της θερμοκρασίας θα επιδεινώσει το φαινόμενο της θερμικής νησίδας στην Αθήνα, η οποία είναι ήδη μία από τις θερμότερες πόλεις της Ευρώπης.

Η αστικοποίηση και οι αλλαγές στις χρήσεις γης αποτελούν κύριους παράγοντες του φαινομένου της θερμικής νησίδας στην Αθήνα. Ο πληθυσμός της πόλης αυξήθηκε ραγδαία τις τελευταίες δεκαετίες, με αποτέλεσμα την επέκταση των αστικών περιοχών και τη μετατροπή γεωργικών και φυσικών εκτάσεων σε δομημένες περιοχές. Ως αποτέλεσμα, στην Αθήνα έχει σημειωθεί σημαντική μείωση της φυτοκάλυψης, η οποία έχει αντικατασταθεί από επιφάνειες που απορροφούν τη θερμότητα, όπως η ασφαλτός, το σκυρόδεμα και τα κτίρια. Η τάση αυτή αναμένεται να συνεχιστεί και στο μέλλον, καθώς ο πληθυσμός και η οικονομία της πόλης συνεχίζουν να αυξάνονται. Οι αστικές περιοχές παρουσιάζουν υψηλό-

τερες θερμοκρασίες από τις αντίστοιχες αγροτικές λόγω του φαινομένου της θερμικής νησίδας. Η διαφορά μπορεί να φτάσει τους 10 βαθμούς Κελσίου σε ακραίες περιπτώσεις.

Η συγκεκριμένη εργασία αναδεικνύει τον ιδιαίτερο τρόπο με τον οποίο επηρεάζει η θερμή αστική νησίδα το μικροκλίμα μίας περιοχής. Είναι γεγονός ότι η εκτενής εξέταση του φαινομένου περιορίζεται από την έλλειψη διαθέσιμων αστικών και μη αστικών σταθμών ωστόσο τα αποτελέσματα μετρήσεων δείχνουν να επαληθεύουν την θεωρία.

Έπειτα από ανάλυση των αποτελεσμάτων παρατηρήθηκε ότι κατά τους θερινούς μήνες η ένταση της θερμής αστικής νησίδας είναι μεγαλύτερη, σε σχέση με τον χειμώνα. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η ένταση της UHI εξαρτάται από παραμέτρους όπως το υψόμετρο, η κάλυψη του εδάφους, η απόσταση από την θάλασα. Αυτό καθιστά ακόμα πιο σημαντική την διεργασία αναζήτησης περιοχών-σταθμών.

Οι υψηλότερες θερμοκρασίες πιθανολογικά σχετίζονται και με την αύξηση την ανθρωπογενούς δραστηριότητας αλλά και με άλλους παράγοντες που έχουν να κάνουν με πολεοδομικά χαρακτηριστικά και επεκτατικές πολιτικές που σαν αποτέλεσμα έχουν την ελαχιστοποίηση του πρασίνου και των φυσικών εδαφικών εκτάσεων μέσα σε μία πόλη.

Η αύξηση του πληθυσμού στην Αθήνα έχει αυξήσει τις ανθρωπογενείς εκπομπές, ιδίως κατά τη διάρκεια της ημέρας, και έτσι έχει ενδεχομένως συμβάλει στην εντατικοποίηση της θερμικής νησίδας. Αν και το μέγεθος της θερμικής νησίδας σε μια πόλη δεν είναι πάντα ανάλογο με τον πληθυσμό της (Oke, 1973, Santamouris, 2007), σχεδόν όλες οι πόλεις με σημαντική αύξηση του πληθυσμού, παρουσιάζουν επίσης μακροπρόθεσμη αστική θέρμανση (Kukla et al., 1986, Lee, 1992).

Σε ετήσια βάση, το εύρος της αστικής θερμικής νησίδας (UHI_{mean}) στην Αθήνα διαπιστώθηκε ότι έχει υποστεί προοδευτική αύξηση με σχεδόν σταθερό ρυθμό 0,2 °C/δεκαετία, αντιπροσωπεύοντας περίπου το ήμισυ του ρυθμού αύξησης της θερμοκρασίας στην Αθήνα. Σε εποχιακή βάση, θετικές τάσεις του πλάτους του UHI_{mean} εντοπίστηκαν σχεδόν σε όλες τις περιπτώσεις. Υψηλότερες τιμές των γραμμικών τάσεων βρέθηκαν το καλοκαίρι και την άνοιξη και χαμηλότερες το χειμώνα και το φθινόπωρο.

Παρόλο που ορισμένες πρόσφατες ερευνητικές μελέτες αναφέρουν μεταβολές των ανθρωπογενών εκπομπών θερμότητας στην Αθήνα, που σχετίζονται με την οικονομική κρίση (π.χ. Vrekoussis et al., 2013, Santamouris et al., 2013), αυτή εξακολουθεί να είναι μια πολύ προσωρινή δήλωση και το φάσμα των μετρήσεων, παρόλη την αξιοπιστία που το χαρακτηρίζει, δεν είναι ικανό να παρουσιάσει σταθερά δεδομένα για μεγάλο διάστημα.

Επομένως, δεν είναι εύκολο για γίνονται εικασίες για την εξέλιξη του φαινομένου αυτού, ωστόσο οι ειδικοί και άτομα της επιστημονικής κοινότητας, έχουν αναπτύξει μοντέλα πρόγνωσης κλίματος, όπως το ατμοσφαιρικό μοντέλο μεσοκλίμακας WRF, έκδοση 4.3.2 (Skamarock et al., 2019), το μοντέλο πολλαπλών στρωμάτων αστικού θόλου BEP/BEM σε κλίμακα υποπλέγματος και το ανθρωποβιομετεωρολογικό μοντέλο μικροκλίμακας RayMan Pro.

Μία άλλη ενδιαφέρουσα προσέγγιση στο ζήτημα της πρόβλεψης καιρικών συνθηκών και κλίματος είναι τα μοντέλα τεχνητών νευρωνικών δικτύων (ANN), που χρησιμοποιούνται για την εκτίμηση των

τιμών ενός σύνθετου δείκτη ανθρώπινης θερμικής άνεσης ή δυσφορίας, που σχετίζεται με τις συνθήκες αστικής θερμής και ψυχρής νησίδας μέσα σε διάφορες αστικές περιοχές χρησιμοποιώντας ως μοναδικές εισόδους δεδομένα θερμοκρασίας αέρα από έναν τυπικό μετεωρολογικό σταθμό. Ο δείκτης που χρησιμοποιείται στη μελέτη είναι ο Physiologically Equivalent Temperature (PET) index, ο οποίος απαιτεί ως εισροές, μεταξύ άλλων, τη θερμοκρασία του αέρα, τη σχετική υγρασία, ταχύτητα ανέμου και ακτινοβολία.

Για την αξιολόγηση της προβλεπτικής ικανότητας των μοντέλων ANN που αναπτύχθηκαν, διάφοροι στατιστικοί δείκτες αξιολόγησης εφαρμόστηκαν όπως το μέσο σφάλμα μεροληψίας, η ρίζα του μέσου τετραγωνικού σφάλματος, ο δείκτης συμφωνίας, ο συντελεστής προσδιορισμού, το ποσοστό αληθούς πρόβλεψης, το ποσοστό ψευδούς συναγερού και ο δείκτης επιτυχίας.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα, φαίνεται ότι τα ANN παρουσιάζουν μια αξιοσημείωτη ικανότητα να εκτιμούν τις ωριαίες τιμές PET εντός διαφόρων αστικών συστάδων χρησιμοποιώντας μόνο τις ωριαίες τιμές του αέρα θερμοκρασίας. Αυτό είναι πολύ σημαντικό σε περιπτώσεις όπου πρέπει να αναλυθούν οι συνθήκες θερμικής άνεσης-δυσφορίας του ανθρώπου με τη μόνη διαθέσιμη παράμετρο να είναι η θερμοκρασία του αέρα. Τα μοντέλα ANN φαίνεται να είναι ικανά να αντιμετωπίσουν εκτιμήσεις θερμικής άνεσης σε περιπτώσεις όπου η εφαρμογή πολύπλοκων και απαιτητικών σε εισροές θερμοκρασιών δεν είναι εύκολη. Ωστόσο, θα πρέπει επίσης να αναφερθούν περιορισμοί που τα συνοδεύουν. Η εκπαίδευση των ANN απαιτεί, γενικά, μεγάλο αριθμό χρονοσειρών μετεωρολογικών δεδομένων, τα οποία δεν είναι διαθέσιμα σε ορισμένες περιπτώσεις.

Επιπλέον, στο πλαίσιο της μοντελοποίησης εναλλακτικών σεναρίων για την αντιμετώπιση των επιλογών σχεδιασμού εντός του αστικού πλαισίου για τη βελτίωση των θερμικών συνθηκών, τα μοντέλα αυτά δεν μπορούν να μην μπορούν να χρησιμοποιηθούν διότι κατά γενική ομολογία δεν είναι εύκολα ερμηνεύσιμα. Οι μελλοντικές προσπάθειες θα πρέπει να επικεντρωθούν σε αποτελεσματικές τεχνικές για τον χειρισμό των αποτελεσμάτων των μοντέλων ANN που θα χρησιμοποιηθούν για την ερμηνεία των μοντελοποιημένων σεναρίων στα προβλήματα της αστικής θερμικής νησίδας, λαμβάνοντας υπόψη τις τάσεις αύξησης της θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού. (Konstantinos Moustiris Ioannis X. Tsiros Areti Tseliou Panagiotis Nastos 2018)

Με βάση τις τρέχουσες τάσεις και προβλέψεις, υπάρχουν διάφορα πιθανά σενάρια για το μέλλον του φαινομένου της θερμικής νησίδας στην Αθήνα. Εάν συνεχιστούν οι τρέχουσες τάσεις, η Αθήνα θα παρουσιάσει σημαντική αύξηση της θερμοκρασίας και του φαινομένου της θερμικής νησίδας στο μέλλον. Ο πληθυσμός της πόλης αναμένεται να συνεχίσει να αυξάνεται και η αστικοποίηση και οι αλλαγές στις χρήσεις γης θα συνεχιστούν. Ως αποτέλεσμα, οι χώροι πρασίνου της πόλης θα συνεχίσουν να μειώνονται και η χρήση θερμοαπορροφητικών υλικών θα αυξηθεί. Το σενάριο αυτό θα οδηγήσει σε περαιτέρω επιδείνωση της ποιότητας του αέρα και της δημόσιας υγείας, σε αυξημένη κατανάλωση ενέργειας και σε υψηλότερο όστος ψύξης.

Εάν εφαρμοστούν επιτυχώς στρατηγικές μετριασμού, η Αθήνα θα μπορούσε να μειώσει το φαινόμενο της θερμικής νησίδας και τις συναφείς επιπτώσεις του. Η πόλη θα μπορούσε να αυξήσει τους χώρους πρασίνου, να εφαρμόσει τεχνολογίες ψυχρών στεγών και πεζοδρομίων και να μειώσει τις ανθρωπογε-

νείς εκπομπές θερμότητας. Αυτό το σενάριο θα μπορούσε να οδηγήσει σε μείωση της θερμοκρασίας, βελτίωση της ποιότητας του αέρα και μείωση της κατανάλωσης ενέργειας. Ωστόσο, το σενάριο αυτό απαιτεί σημαντικές επενδύσεις, ευαισθητοποίηση του κοινού και υποστήριξη της πολιτικής.

Δεδομένων των αναμενόμενων επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής, η Αθήνα θα μπορούσε επίσης να επικεντρωθεί σε μέτρα προσαρμογής στην κλιματική αλλαγή για τη μείωση των επιπτώσεων του φαινομένου της θερμικής νησίδας. Αυτό θα μπορούσε να περιλαμβάνει συστήματα προειδοποίησης για τα κύματα καύσωνα, βελτιώσεις στο σχεδιασμό των κτιρίων και αλλαγές στις πολιτικές αστικού σχεδιασμού. Αυτό το σενάριο θα μπορούσε να μειώσει τις αρνητικές επιπτώσεις του φαινομένου της θερμικής νησίδας στην ανθρώπινη υγεία και την κατανάλωση ενέργειας, αλλά δεν αντιμετωπίζει τις βαθύτερες αιτίες του προβλήματος.

Συμπερασματικά, το φαινόμενο της θερμικής νησίδας είναι ένα σημαντικό ζήτημα που θα αντιμετωπίσει η Αθήνα στο μέλλον λόγω της αστικοποίησης και της κλιματικής αλλαγής. Η πόλη θα αντιμετωπίσει υψηλότερες θερμοκρασίες και συναφείς επιπτώσεις, όπως υποβαθμισμένη ποιότητα του αέρα, υποβαθμισμένη ανθρώπινη υγεία και αυξημένη κατανάλωση ενέργειας. Ωστόσο, υπάρχουν διάφορα πιθανά σενάρια για το μέλλον του φαινομένου της θερμικής νησίδας στην Αθήνα, συμπεριλαμβανομένων της συνήθους λειτουργίας, της εφαρμογής στρατηγικών μετριασμού και της προσαρμογής στην κλιματική αλλαγή. Η επιτυχής εφαρμογή των στρατηγικών μετριασμού απαιτεί μια διεπιστημονική προσέγγιση στην οποία εμπλέκονται πολεοδόμοι, αρχιτέκτονες, μηχανικοί, υπεύθυνοι χάραξης πολιτικής και το κοινό.

4.3 Τεχνικές αντιμετώπισης.

Για την αντιμετώπιση των αρνητικών συνεπειών του φαινομένου UHI στην Αθήνα, έχουν προταθεί διάφορες στρατηγικές μετριασμού. Μία από τις πρωταρχικές στρατηγικές είναι η προώθηση των χώρων πρασίνου και του αστικού πρασίνου. Η αύξηση της ποσότητας της βλάστησης στις αστικές περιοχές μπορεί να συμβάλει στη μείωση των θερμοκρασιών και στη βελτίωση της ποιότητας του αέρα. Επιπλέον, οι χώροι πρασίνου μπορούν επίσης να παρέχουν μια σειρά οικοσυστημικών υπηρεσιών, συμπεριλαμβανομένης της ρύθμισης του νερού και της δέσμευσης άνθρακα.

Μια άλλη στρατηγική είναι η προώθηση των βιώσιμων μεταφορών. Η ενθάρρυνση της χρήσης των δημόσιων συγκοινωνιών και της ποδηλασίας μπορεί να μειώσει τις εκπομπές και την έκλυση θερμότητας από τα οχήματα, μειώνοντας έτσι το φαινόμενο UHI. Επιπλέον, η χρήση εναλλακτικών τρόπων μεταφοράς μπορεί επίσης να έχει θετικά οφέλη για την υγεία, συμπεριλαμβανομένης της αυξημένης σωματικής δραστηριότητας και της μειωμένης έκθεσης στην ατμοσφαιρική ρύπανση.

Οι στρατηγικές αστικού σχεδιασμού μπορούν επίσης να διαδραματίσουν ρόλο στον μετριασμό του φαινομένου UHI. Η χρήση ψυχρών στεγών και πράσινων στεγών μπορεί να συμβάλει στη μείωση της απορρόφησης της ηλιακής ακτινοβολίας από τα κτίρια και τα πεζοδρόμια, μειώνοντας έτσι το φαινόμενο UHI. Επιπλέον, ο σχεδιασμός των κτιρίων και των δρόμων μπορεί επίσης να έχει αντίκτυπο στο φαι-

νόμενο UHI. Για παράδειγμα, ο προσανατολισμός των κτιρίων και των δρόμων μπορεί να επηρεάσει την ποσότητα του ηλιακού φωτός και της σκιάς που δέχονται οι αστικές επιφάνειες, γεγονός που μπορεί να συμβάλει στο φαινόμενο UHI.

Στα πλαίσια της συζήτησης για βελτιώσεις και τρόπους αντιμετώπισης, πολλές κοινότητες αναλαμβάνουν δράση για τη μείωση των αστικών θερμικών νησιών χρησιμοποιώντας τις εξής κύριες στρατηγικές:

1) αύξηση δέντρων και φυτικής κάλυψης

Η αυξανόμενη κάλυψη δέντρων και βλάστησης μειώνει τις θερμοκρασίες της επιφάνειας και του αέρα παρέχοντας σκιά και ψύξη μέσω της εξατμισοδιαπνοής. Τα δέντρα και η βλάστηση μπορούν επίσης να μειώσουν την απορροή των ομβρίων και να προστατεύσουν από τη διάβρωση.

2) εγκατάσταση πράσινων στεγών

Πράσινες στέγες - Η καλλιέργεια ενός φυτικού στρώματος (φυτά, θάμνοι, χόρτα και/ή δέντρα) σε μια ταράτσα μειώνει τις θερμοκρασίες της επιφάνειας της στέγης και του περιβάλλοντος αέρα και βελτιώνει τη διαχείριση των ομβρίων υδάτων. Οι πράσινες στέγες που ονομάζονται επίσης «κήποι στον τελευταίο όροφο» ή «οικολογικές στέγες», επιτυγχάνουν αυτά τα οφέλη παρέχοντας σκιά και απομακρύνοντας τη θερμότητα από τον αέρα μέσω της εξατμισοδιαπνοής.

3) εγκατάσταση δροσερών —κυρίως ανακλαστικών— στεγών

Cool Roofs - Η εγκατάσταση μιας δροσερής οροφής – μιας από υλικά ή επιστρώσεις που αντανακλούν σημαντικά το ηλιακό φως και τη θερμότητα μακριά από ένα κτίριο – μειώνει τις θερμοκρασίες της στέγης, αυξάνει την άνεση των ενοίκων και μειώνει τη ζήτηση ενέργειας.

4) χρησιμοποιώντας δροσερά πεζοδρόμια (είτε ανακλαστικά είτε διαπερατά)

Δροσερά πεζοδρόμια - Η χρήση υλικών πλακοστρώσεων σε πεζοδρόμια, χώρους στάθμευσης και δρόμους που παραμένουν πιο δροσερά από τα συμβατικά πεζοδρόμια (ανακλώντας περισσότερη ηλιακή ενέργεια και ενισχύοντας την εξάτμιση του νερού) όχι μόνο ψύχει την επιφάνεια του οδοστρώματος και τον περιβάλλοντα αέρα, αλλά μπορεί επίσης να μειώσει την απορροή των ομβρίων και να βελτιώσει τη νύχτα ορατότητα.

5) αξιοποίηση έξυπνων πρακτικών ανάπτυξης.

Έξυπνη ανάπτυξη - Αυτές οι πρακτικές καλύπτουν μια σειρά από στρατηγικές ανάπτυξης και διατήρησης που συμβάλλουν στην προστασία του φυσικού περιβάλλοντος και ταυτόχρονα κάνουν τις κοινότητές μας πιο ελκυστικές, οικονομικά ισχυρότερες και πιο βιώσιμες. (US. Environmental Protection Agency 2022)

Τα αποτελέσματα της μελέτης μπορούν να είναι πολύ χρήσιμα για τους πολεοδομικούς σχεδιαστές και τους υπεύθυνους λήψης αποφάσεων που στοχεύουν στο σχεδιασμό και την εφαρμογή μέτρων για τον μετριασμό των επιπτώσεων των κυμάτων καύσωνα και της αστικής θερμότητας στην Αττική. Για παράδειγμα, οι προσπάθειες μετριασμού της θερμικής καταπόνησης στον νότιο τομέα του λεκανοπε-

δίου μπορούν να επικεντρωθούν στην αύξηση της ψυκτικής αποτελεσματικότητας της θαλάσσιας αύρας μέσω διαδρόμων εξαερισμού. Περαιτέρω, διαφορετικές στρατηγικές μετριασμού μπορεί να είναι απαραίτητες για τους σταθμούς που βρίσκονται σε διαφορετικές περιοχές της αστικής της Αθήνας. Οι παρεχόμενες πληροφορίες μπορούν να βοηθήσουν τον σχεδιασμό δράσεων για τη θερμική υγεία με σκοπό την προληπτική δημόσια υγεία.

4.4 Βιβλιογραφία

[1] Santamouris, M. 2020. Recent progress on urban overheating and heat island research. Integrated assessment of the energy, environmental, vulnerability and health impact. Synergies with the global climate change. *Energy and Buildings* 207:109482.

[2] Maxwell, K., S. Julius, A. Grambsch, A. Kosmal, L. Larson, and N. Sonti. 2018. Built environment, urban systems, and cities. In *Impacts, Risks, and Adaptation in the United States: Fourth National Climate Assessment, Volume II* [Reidmiller, D.R., C.W. Avery, D.R. Easterling, K.E. Kunkel, K.L.M. Lewis, T.K. Maycock, and B.C. Stewart (eds.)]. U.S. Global Change Research Program, Washington, DC. pp. 438–478.

[3] Zamuda, C., D.E. Bilello, G. Conzelmann, E. Mecray, A. Satsangi, V. Tidwell, and B.J. Walker. 2018. Energy supply, delivery, and demand. In *Impacts, Risks, and Adaptation in the United States: Fourth National Climate Assessment, Volume II* [Reidmiller, D.R., C.W. Avery, D.R. Easterling, K.E. Kunkel, K.L.M. Lewis, T.K. Maycock, and B.C. Stewart (eds.)]. U.S. Global Change Research Program, Washington, DC. pp. 174–201.

[4] Gamble, J.L., B. J. Hurley, P.A. Schultz, W.S. Jaglom, N. Krishnan, and M. Harris. 2013. Climate Change and Older Americans: State of the Science. *Environmental Health Perspectives* 121(1): 15-22.

[5] U.S. Climate Change Science Program. 2008. Analyses of the effects of global change on human health and welfare and human systems. A Report by the U.S. Climate Change Science Program and the Subcommittee on Global Change Research. [Gamble, J.L. (ed.), K.L. Ebi, F.G. Sussman, T.J. Wilbanks (Authors)]. U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC, USA.

[6] Vaidyanathan. A., J. Malilay, P. Schramm, and S. Saha. 2020. Heat-related deaths — United States, 2004–2018. *Morbidity and Mortality Weekly Report* 69(24):729–734.

[7] Somers, K.A., E.S. Bernhardt, B.L. McGlynn, and D.L. Urban. 2016. Downstream dissipation of storm flow heat pulses: A case study and its landscape-level implications. *Journal of the American Water Resources Association* 52(2):281–297.

[8] Hibbard, K.A., F.M. Hoffman, D. Huntzinger, and T.O. West. 2017. Changes in land cover and terrestrial biogeochemistry. In *Climate Science Special Report: Fourth National Climate Assessment, Volume I* [Wuebbles, D.J., D.W. Fahey, K.A. Hibbard, D.J. Dokken, B.C. Stewart, and T.K. Maycock (eds.)]. U.S. Global Change Research Program, Washington, DC. pp. 277–302. doi: 10.7930/J0416V6X.

- [9] Simmons, M.T., B. Gardiner, S. Windhager, and J. Tinsley. 2008. Green roofs are not created equal: The hydrologic and thermal performance of six different extensive green roofs and reflective and non-reflective roofs in a sub-tropical climate. *Urban Ecosystems* 11:339.
- [10] Maxwell, K., S. Julius, A. Grambsch, A. Kosmal, L. Larson, and N. Sonti. 2018. Built environment, urban systems, and cities. In *Impacts, Risks, and Adaptation in the United States: Fourth National Climate Assessment, Volume II* (D.R. Reidmiller, C.W. Avery, D.R. Easterling, K.E. Kunkel, K.L.M. Lewis, T.K. Maycock, and B.C. Stewart [eds.]). U.S. Global Change Research Program, Washington, DC. pp. 438–478. doi: 10.7930/NCA4.2018.CH11.
- [11] Sleeter, B.M., T. Loveland, G. Domke, N. Herold, J. Wickham, and N. Wood. 2018. Land cover and land-use change. In *Impacts, Risks, and Adaptation in the United States: Fourth National Climate Assessment, Volume II* (D.R. Reidmiller, C.W. Avery, D.R. Easterling, K.E. Kunkel, K.L.M. Lewis, T.K. Maycock, and B.C. Stewart [eds.]). U.S. Global Change Research Program, Washington, DC. pp. 202–231. doi: 10.7930/NCA4.2018.CH5.
- [12] Hibbard, K.A., F.M. Hoffman, D. Huntzinger, and T.O. West. 2017. Changes in land cover and terrestrial biogeochemistry In *Climate Science Special Report: Fourth National Climate Assessment, Volume I* (D.J. Wuebbles, D.W. Fahey, K.A. Hibbard, D.J. Dokken, B.C. Stewart, and T.K. Maycock [eds.]). U.S. Global Change Research Program, Washington, DC. pp. 277–302. doi: 10.7930/J0416V6X.
- [13] U.S. Global Change Research Program. 2019. Heat Waves
- [14] U.S. EPA. 2021. Climate Change Indicators: Heat Waves. U.S. Environmental Protection Agency.
- [15] Sarofim, M.C., S. Saha, M.D. Hawkins, D.M. Mills, J. Hess, R. Horton, P. Kinney, J. Schwartz, and A. St. Juliana. 2016. Temperature-related death and illness. In *The Impacts of Climate Change on Human Health in the United States: A Scientific Assessment*. U.S. Global Change Research Program, Washington, DC. pp. 43–68.
- [16] Metaxas, D. A., Bartzokas, A. and Vitsas, A. (1991), "Temperature fluctuations in the Mediterranean area during the last 120 years", *International Journal of Climatology*, vol 11, pp 897–908
- [17] Repapis, C. C. and Zambakas, S. (1983), "A note on the interannual variability in Greece", *Archives for Meteorology, Geophysics and Bioclimatology, Series B*, vol 33, pp 267–274 182
- [18] Nastos, P. T., Founda, D. and Zerefos, C. (2007), "On extreme daily air temperature at Athens, Greece", *EMS7/ECAM8 Abstracts*, vol 4, EMS2007-a-00240, 2007, in 7th EMS Annual Meeting/8th ECAM, Spain
- [19] Hasanean, H. M. (2001), "Fluctuations of surface air temperature in the Eastern Mediterranean", *Theoretical and Applied Climatology*, vol 68, pp 75–87
- [20] Proedrou, M., Theoharatos, G. and Cartalis, C. (1997), "Variations and trends in annual and seasonal air temperatures in Greece determined from ground and satellite measurements", *Theoretical and Applied Climatology*, vol 57, pp 65–78

- [21]Feidas, H., Makrogiannis, T. and Bora-Senta, E. (2004), "Trend analysis of air temperature time series in Greece and their relationship with circulation using surface and satellite data: 1955–2001", *Theoretical and Applied Climatology*, vol 79, pp 185–208
- [22].Founda, D., Papadopoulos, K. H., Petrakis, M., Giannakopoulos, C. and Good, P. (2004), "Analysis of mean, maximum and minimum temperature in Athens from 1897–2001 with emphasis on the last decade: trends, warm events, and cold events", *Global and Planetary Change*, vol 44, pp 27–38
- [23]Founda, D. and Giannakopoulos, C. (2009), "The exceptionally hot summer of 2007 in Athens, Greece – Atypical summer in the future climate?", *Global and Planetary Change*, vol 67, pp 227–236
- [24]Bartzokas, A. and Metaxas, D. A. (1995), "Factor analysis of some climatological elements in Athens, 1931–1992: covariability and climate change", *Theoretical and Applied Climatology*, vol 52, pp 195–205
- [25] Maheras, P., Flocas, H., Tolika, K., Anagnostopoulou, Chr. and Vafiadis, M. (2006), "Circulation types and extreme temperature changes in Greece", *Climate Research*, vol 30, pp 161–174
- [26]Founda, D., Pierros, F., Petrakis, M., Zerefos C. (2015), "Interdecadal variations and trends of the Urban Heat Island in Athens (Greece) and its response to heat waves", *Atmospheric Research*, vol 161–162, pp 1- 13
- [27]Theoharatos, G., Pantavou, K., Mavrakis, A., Spanou, A., Katavoutas, G., Efstathiou, P., Mpekas, P. and Asimakopoulos, D. (2010), "Heat waves observed in 2007 in Athens, Greece: Synoptic conditions, bioclimatological assessment, air quality levels and health effects", *Environmental Research*, vol 110, pp 152–161
- [28]Oke, T. R., Johnson, D. G., Steyn, D. G. and Watson, I. D. (1991), "Simulation of surface urban heat island under ideal conditions at night - Part 2. Diagnosis and causation", *Boundary Layer Meteorology*, vol 56, pp 339–358
- [29]Ohashi, Y., Genchi, Y., Kondo, H., Kikegawa, Y., Yoshikado, H., Hirano, Y. (2007), "Influence of air-conditioning waste heat on air temperature in Tokyo during summer: numerical experiments using an urban canopy model coupled with a building energy model", *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, vol 46, pp 66-81
- [30]Blake, R., Grimm, A., Ichinose, T., Horton, R., Gaffin, S., Jiong, S., Bader, D., Cecil, L.D. (2011), "Urban climate: processes, trends, and projections", In Rosenzweig, C., Solecki, W.D., Hammer, S.A., Mehrotra, S. (Eds.), *Climate Change and Cities: First Assessment Report of the Urban Climate Change Research Network*, Cambridge University Press, pp. 43–81
- [31]Santamouris, M. (2007), "Heat Island research in Europe – the state of the art", *Journal Advances Building Energy Research*, vol 1, pp 123–150
- [32]Giannaros, T.M., Melas, D. (2012), "Study of the urban heat island in a coastal Mediterranean City: the case study of Thessaloniki, Greece", *Atmospheric Research*, vol 118, pp 103–120

[33] Santamouris, M., Papanikolaou, N., Livada, I., Koronakis, I., Georgakis, C., Argiriou, A., Assimakopoulos, D. N. (2001), "On the Impact of Urban Climate to the Energy Consumption of Buildings", *Solar Energy*, vol 70, No. 3, pp 201-216

[34] Livada, I., Santamouris, M., Niachou, K., Papanikolaou, N., Mihalakakou, G. (2002), "Determination of places in the great Athens area where the heat island effect is observed", *Theoretical and Applied Climatology*, vol 71, pp 219–230

[35] Zoulia, I., Santamouris, M., Dimoudi, A. (2008), "Monitoring the effect of urban green areas on the heat island in Athens", *Environmental Monitoring and Assessment*, vol 156, pp 275–292

[36] Moustiris KP, Tsiros IX, Ziomas IC, Paliatsos AG (2009) Artificial neural network models as a useful tool to forecast human thermal comfort using microclimatic and bioclimatic data in the great Athens area (Greece). *J Environ Sci Health A* 45(4):447–453

4.5 Ηλεκτρονικές πηγές

https://el.wikipedia.org/wiki/Αστική_θερμνησίδα

<https://el.wikipedia.org/wiki/Αττική>

<https://dasarxeio.com/2020/01/07/74534/>

<https://www.epa.gov/heatislands/learn-about-heat-islands>

<https://nasa.maps.arcgis.com/apps/MapSeries/index.html?appid=44b9c8738f0e47e68d9e8ae2c530ed08>

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169809515000988>

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969715308755>

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169809517308098>

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128223734000094>

<https://pergamos.lib.uoa.gr/uoa/dl/frontend/file/lib/default/data/1319861/theFile>

