



ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΦΥΣΙΚΗΣ
ΤΟΜΕΑΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ – ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Μελέτη της θερμοκρασίας της επιφάνειας του εδάφους με την βοήθεια δεδομένων
μέσω του αισθητήρα MODIS για την ευρύτερη περιοχή της Αττικής

Παπαχρήστου Αθανάσιος
Α.Μ. 1110200800138

Επιβλέπων:
Φλόκα Έλενα, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια

ΑΘΗΝΑ
Νοέμβριος 2018

Πρόλογος

Τα τελευταία χρόνια έχει σημειωθεί αύξηση του αριθμού και της διαθεσιμότητας δεδομένων από το διάστημα μέσω των αισθητήρων που είναι τοποθετημένοι σε δορυφόρους η χρήση των οποίων έχει αυξηθεί σημαντικά στους τομείς της μετεωρολογίας και κλιματολογίας. Τα δεδομένα που μπορούμε να αποκτήσουμε δεν αφορούν μόνο παγκόσμια αλλά και τοπική κλίμακα.

Με την μακροχρόνια παρακολούθηση της θερμοκρασίας της επιφάνειας του εδάφους (Land Surface Temperature, LST) μπορεί να γίνει εκτίμηση των ροών ενέργειας μεταξύ επιφάνειας και ατμόσφαιρας και γενικότερα για την διαμόρφωση του κλίματος. Όσο αφορά σε τοπική κλίμακα μπορεί να γίνει εκτίμηση της επίδρασης των αστικών περιοχών στο περιβάλλον. Στην παρούσα πτυχιακή εργασία θα επικεντρωθούμε στη μελέτη των δεδομένων που αφορούν την θερμοκρασία της επιφάνειας του εδάφους (Land Surface Temperature, LST) σε τοπική κλίμακα.

Η παρούσα Πτυχιακή Εργασία εκπονήθηκε στα πλαίσια του προπτυχιακού προγράμματος σπουδών του Τμήματος Φυσικής του Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών, κατά το ακαδημαϊκό έτος [2017-2018], υπό την επίβλεψη της αναπληρώτριας καθηγήτριας του τμήματος Φυσικής του Τομέα Περιβάλλοντος και Μετεωρολογίας κ. Φλόκας Έλενας και την βοήθεια του Δρ. Μαυράκη Αναστάσιου.

Θέλω να ευχαριστήσω θερμά την καθηγήτρια Φλόκα Έλενα για την συνεχή καθοδήγηση και υποστήριξη ώστε να εκπονηθεί η παρούσα Πτυχιακή Εργασία. Ευχαριστώ επίσης θερμά τον Δρ. Μαυράκη Αναστάσιο για την πολύτιμη βοήθεια του στη συλλογή και επεξεργασία των δεδομένων και τις χρήσιμες πληροφορίες στο αντικείμενο της δορυφορικής τηλεπισκόπησης.

Περίληψη

Η θερμοκρασία της επιφάνειας του εδάφους (LST) είναι μια θεμελιώδης μεταβλητή στη φυσική των διεργασιών της επιφάνειας της γης τόσο σε περιφερειακό όσο και σε παγκόσμιο επίπεδο. Η σημασία της LST αναγνωρίζεται όλο και περισσότερο και υπάρχει έντονο ενδιαφέρον για την ανάπτυξη μεθοδολογιών μέτρησης της από το διάστημα. Η γνώση της LST παρέχει πληροφορίες σχετικά με τις χρονικές και χωρικές μεταβολές της κατάστασης της ισορροπίας της επιφάνειας και έχει θεμελιώδη σημασία σε πολλές εφαρμογές. Χρησιμοποιείται ευρέως σε ποικίλους τομείς όπως η εξατμισοδιαπνοή, η μελέτη του κλίματος, ο υδρολογικός κύκλος, η παρακολούθηση της βλάστησης, το αστικό κλίμα και οι περιβαλλοντικές μελέτες

Σε τοπικό επίπεδο, όσο αφορά τα αστικά κέντρα, η ισορροπία της ακτινοβολίας, οι ροές θερμότητας καθώς και άλλα κλιματικά φαινόμενα, έχουν επηρεαστεί έντονα από ανθρωπογενείς δομές και ανθρώπινες δραστηριότητες. Ένα από τα αποτελέσματα είναι η ενίσχυση του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας (Urban Heat Island, UHI) το οποίο αποτυπώνεται μέσω της LST. Η παρακολούθηση και η μελέτη της LST είναι πολύτιμη για την αξιολόγηση και την εκτίμηση της έντασης και έκτασης αυτού του φαινομένου.

Σκοπός της διπλωματικής εργασίας είναι η μελέτη της LST μέσω του αισθητήρα MODIS, που είναι τοποθετημένος στον δορυφόρο TERRA και του προϊόντος MOD11A2. Έχει γίνει εκτίμηση των δεδομένων: LST Day 1km, LST Day 1km Land Cover Mask, LST Night 1km, LST Night 1km Land Cover Mask. Χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα του εθνικού εργαστηρίου Oak Ridge National Laboratory Distributed Active Archive Center (ORNLDAAC) <https://daac.ornl.gov> για τη χρονική περίοδο 2000-2017 για την περιοχή των Μεγάρων σε εύρος 3x5km, του Θριάσιου πεδίου σε εύρος 11x5km, την ευρύτερη περιοχή της Αθήνας χωρισμένη σε βόρειο, κεντρικό και νότιο τμήμα εύρους 3x5km το κάθε ένα και της περιοχής των Μεσογείων σε εύρος 3x5km.

Αρχικά πριν την μελέτη της LST γίνεται μια μελέτη των τιμών θερμοκρασιών του αέρα, για τις περιοχές της Ελευσίνας, του Ελληνικού και του Ελ. Βενιζέλος, χρησιμοποιώντας δεδομένα από την ιστοσελίδα <https://www.wunderground.com> για την χρονική περίοδο 2000-2017 και για τις αντίστοιχες ημερομηνίες με αυτές των δορυφορικών δεδομένων.

Παρατηρήθηκε ότι ενώ ορισμένες περιοχές εμφανίζουν ελάχιστες τιμές LST κατά την διάρκεια της ημέρας, την νύχτα οι τιμές της LST εμφανίζονται υψηλότερες και αντίστοιχα περιοχές με μεγάλες τιμές κατά την διάρκεια της ημέρας την νύχτα παρουσιάζουν χαμηλότερες τιμές LST. Δηλαδή υπάρχουν περιοχές οι οποίες δεν ψύχονται όσο θα έπρεπε κατά την διάρκεια της νύχτας με αποτέλεσμα να παραμένουν θερμότερες.

Στη διάρκεια της ημέρας για τα δεδομένα day-night τα Μεσόγεια παρουσιάζουν τις μέγιστες τιμές LST. Παρατηρήθηκε κατά την διάρκεια της νύχτας ότι η περιοχή που παρουσιάζει τις

μέγιστες τιμές LST με βάση τα δεδομένα day-night είναι αυτή του νότιου τμήματος της Αθήνας όπου είναι θερμότερη σε σχέση με το Θριάσιο έως και $4,5^{\circ}\text{C}$, αυτή η διαφορά παρατηρείται τον μήνα Δεκέμβριο. Με βάση τα δεδομένα day-night LCM η περιοχή του κεντρικού τμήματος της Αθήνας είναι θερμότερη από τα Μεσόγεια έως και $3,6^{\circ}\text{C}$ με την διαφορά αυτή να παρατηρείται τον μήνα Απρίλιο. Την ημέρα με βάση τα δεδομένα day-night η περιοχή που παρουσιάζει τις μέγιστες τιμές LST είναι τα Μεσόγεια με εξαίρεση τους μήνες Ιούλιο και Αύγουστο όπου τις μέγιστες τιμές της παρουσιάζει το Θριάσιο με την διαφορά να παρατηρείται στους $0,2^{\circ}\text{C}$ και $0,4^{\circ}\text{C}$ αντίστοιχα, ενώ η περιοχή που παρουσιάζει τις ελάχιστες τιμές LST είναι το νότιο τμήμα της Αθήνας. Με βάση τα δεδομένα day-night LCM επίσης τα Μεσόγεια είναι η περιοχή που παρουσιάζει τις μέγιστες τιμές LST ενώ η περιοχή που παρουσιάζει τις ελάχιστες τιμές LST είναι επίσης το νότιο τμήμα της Αθήνας. Την νύχτα με βάση τα δεδομένα day-night το νότιο τμήμα της Αθήνας είναι η περιοχή που παρουσιάζει τις μέγιστες τιμές ενώ τις ελάχιστες το Θριάσιο με εξαίρεση τον μήνα Ιούλιο όπου τα Μεσόγεια εμφανίζουν την χαμηλότερη LST με μια διαφορά στους $0,1^{\circ}\text{C}$. Με βάση τα δεδομένα day-night LCM το κεντρικό τμήμα της Αθήνας είναι η περιοχή που παρουσιάζει τις μέγιστες τιμές LST και η περιοχή που παρουσιάζει τις ελάχιστες τιμές LST είναι τα Μεσόγεια.

Abstract

Land Surface Temperature (LST) is a fundamental variable in the physics of processes of the Earth surface both regional and global level. The meaning of LST is becoming more and more acknowledged and there is intense interest in developing measurement methods from space. The knowledge of LST provides information about temporal and spatial changes of the state of equilibrium of surface and has a fundamental meaning in many applications. It is used vastly in many fields, such as the evapotranspiration, the climate study, the hydrological cycle, the monitoring of vegetation, the urban climate and the environmental studies.

At a local scale, concerning the urban centers, the equilibrium of radiation, the temperature flows and many other climate phenomena have been intensely affected by anthropogenic structures and human activities. One of the results is the enhancement of the phenomenon of Urban Heat Island (UHI), which is depicted through LST. The monitoring and the study of LST is valuable for the evaluation and the assessment of the intensity and the extent of this phenomenon.

The aim of this study is to investigate the LST through the MODIS sensor, which is located in the satellite TERRA, and the product MOD11A2. The data have been estimated: LST Day 1km, LST Day 1km Land Cover Mask, LST Night 1km, LST Night 1km Land Cover Mask.

Data from the national laboratory: Oak Ridge National Laboratory Distributed Active Archive Center (ORNLDAAC) <https://daac.ornl.gov> have been used for the time span between 2000 and 2017 for the region of Megara in a range of 3x5km, of Thriasio Field in a range of 11x5km, and the area of Athens divided in north, central and south part in a range of 3x5km each and for the Mesogia area in range of 3x5km.

Moreover, the correlation between satellite data with values of air temperature, which have been measured by meteorological stations, located in the areas of Elefsina, Elliniko and the airport Eleftherios Venizelos, using data from the website: <https://www.wunderground.com>.

It was found that some areas appear minimum values of LST during the day, but the values are higher during the night and respectively, some areas appear maximum values of LST during the day, but the values are lower during the night. That means, there are areas that are not cool as they should be during the night, so they remain warmer. During the day, for the day-night data, the area of Mesogia appear the maximum values of LST, except of July and August which the maximum values present in the area of Thriasio with the deference at 0.2°C and 0.4°C, respectively, but the area, which presents the minimum values of LST, is the southern suburbs of Athens. Based on day-night LCM data, also Mesogia area presents the maximum values of LST, and on the other hand, the area which appear the minimum values LST is, also, the south suburb of Athens. During the night, the area which presents the maximum values of LST, based on the day-night LCM data, is the center of Athens, and the minimum values present at Triasio Field, except of July in which Mesogia appear the minimum LST with

difference at 0.1°C. Based on day-night LCM data, the center of Athens appears the maximum LST values and the Mesogia area presents the minimum LST values.

Περιεχόμενα

Πρόλογος.....	i
Περίληψη.....	ii
Abstract.....	iv
Περιεχόμενα.....	vi
Ευρετήριο σχημάτων.....	viii
Ευρετήριο πινάκων.....	xi
Κεφάλαιο 1 Εισαγωγή.....	1
Κεφάλαιο 2 Θεωρητικό Υπόβαθρο.....	3
2.1 Θερμοκρασία Επιφάνειας του Εδάφους (LST).....	3
2.2 Δορυφορική Τηλεπισκόπηση.....	3
2.3 Απεικονιστική φασματομετρία.....	6
2.4 Δομή πολυφασματικών δορυφορικών εικόνων.....	6
2.5 Διακριτική ικανότητα.....	6
2.6 Παθητικοί και Ενεργητικοί αισθητήρες.....	7
2.7 Οι δορυφόροι Terra και Aqua.....	9
2.8 Αισθητήρας MODIS.....	9
2.9 Εκτίμηση της LST από το διάστημα.....	11
2.10 Μέθοδος πολλαπλών καναλιών.....	11
2.11 Γραμμικός αλγόριθμος split-window.....	12
2.12 Μέτρηση της LST σε διάφορα βάθη και στην επιφάνεια.....	12
2.13 Ημερήσιες και ετήσιες διακυμάνσεις της LST.....	14
2.14 Το φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας (Urban Heat Island UHI).....	18
2.15 Επιφανειακή θερμική αστική νησίδα (Surface Urban Heat Island SUHI).....	20
2.16 Ένταση UHI.....	20
Κεφάλαιο 3 Δεδομένα-Μεθοδολογία.....	21
3.2 Δεδομένα LST.....	22
3.3 Το προϊόν MOD11A2.....	23
3.4 Διαδικασία λήψης δορυφορικών δεδομένων.....	25
3.5 Η περιοχή της Αττικής.....	25
3.6 Περιοχές Μελέτης.....	26
3.7 Επίγειοι σταθμοί.....	28
3.8 Μελέτη της LST.....	29
Κεφάλαιο 4 Αποτελέσματα-Συζήτηση.....	31
4.1 Μεταβολές της θερμοκρασίας με βάση τους επίγειους σταθμούς.....	31
4.1.1 Ενδοετήσιες μεταβολές θερμοκρασίας.....	31
4.1.2 Υπερετήσιες μεταβολές θερμοκρασίας.....	34
4.2 Ενδοετήσιες μεταβολές της LST.....	36
4.2.1 Μέγαρα.....	36
4.2.2 Θριάσιο.....	41
4.2.3 Βόρειο τμήμα της Αθήνας.....	45
4.2.4 Κεντρικό τμήμα της Αθήνας.....	49
4.2.5 Νότιο τμήμα της Αθήνας.....	53

4.2.6 Μεσόγεια.....	57
4.3 Υπερετήσιες μεταβολές της LST.....	61
4.3.1 Μέγαρα.....	61
4.3.2 Θριάσιο.....	64
4.3.3 Βόρειο τμήμα της Αθήνας.....	67
4.3.4 Κεντρικό τμήμα της Αθήνας.....	70
4.3.5 Νότιο τμήμα της Αθήνας.....	73
4.3.6 Μεσόγεια.....	76
4.4 Σύγκριση τιμών LST μεταξύ των περιοχών.....	79
4.4.1 Ενδοετήσια σύγκριση τιμών.....	79
4.4.2 Υπερετήσια σύγκριση τιμών.....	91
Κεφάλαιο 5 Συμπεράσματα.....	102
Βιβλιογραφία.....	108
Διαδικτυακές πηγές.....	109

Ευρετήριο σχημάτων

Σχήμα 2.1. Το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα.....	4
Σχήμα 2.2. Αρχή δορυφορικής τηλεπισκόπησης.....	5
Σχήμα 2.3. Γεωθερμόμετρα, (α) υπο κλίση 45°, (β) οριζόντιο.....	13
Σχήμα 2.4. Γεωθερμόμετρα, γενική εικόνα τοποθέτησης στο έδαφος.....	14
Σχήμα 2.5. Θερμογράφος βάθους εδάφους.....	14
Σχήμα 2.6 Μεταβολή των μέσων μεγίστων και ελαχίστων της LST ως συνάρτηση του βάθους.....	17
Σχήμα 2.7. Ημερήσιο εύρος της LST για τρία βάθη.....	18
Σχήμα 2.8. Ετήσιες κυμάνσεις των εβδομαδιαίων μέσων τιμών της LST σε δυο βάθη.....	18
Σχήμα 2.9. Τυπικό προφίλ UHI.....	19
Σχήμα 4.10. Μέσες μηνιαίες τιμές θερμοκρασίας αέρα day.....	31
Σχήμα 4.11. Μέσες μηνιαίες τιμές θερμοκρασίας αέρα night.....	32
Σχήμα 4.12. Μέγιστη ετήσια τιμή θερμοκρασίας αέρα day.....	34
Σχήμα 4.13. Μέγιστη ετήσια τιμή θερμοκρασίας αέρα night.....	35
Σχήμα 4.14. Εύρος περιοχής μελέτης για την περιοχή των Μεγάρων.....	36
Σχήμα 4.15. (α) Επίκεντρο περιοχής μελέτης της περιοχής των Μεγάρων, (β) συνάθροιση από εικονοστοιχεία των 500m σε έκταση 3x5km.....	37
Σχήμα 4.16. Μέγιστη, ελάχιστη και μέση μηνιαία τιμή LST day της περιοχής των Μεγάρων.....	38
Σχήμα 4.17. Μέγιστη, ελάχιστη και μέση μηνιαία τιμή LST night της περιοχής των Μεγάρων.....	38
Σχήμα 4.18. Μέγιστη, ελάχιστη και μέση μηνιαία τιμή LST day LCM της περιοχής των Μεγάρων.....	39
Σχήμα 4.19. Μέγιστη, ελάχιστη και μέση μηνιαία τιμή LST night LCM της περιοχής των Μεγάρων.....	40
Σχήμα 4.20. Εύρος περιοχής μελέτης για την περιοχή του Θριάσιου.....	41
Σχήμα 4.21. (α) Επίκεντρο περιοχής μελέτης της περιοχής του Θριάσιου, (β) συνάθροιση από εικονοστοιχεία των 500m σε 11x5km.....	41
Σχήμα 4.22. Μέγιστη, ελάχιστη και μέση μηνιαία τιμή LST day της περιοχής του Θριάσιου.....	42
Σχήμα 4.23. Μέγιστη, ελάχιστη και μέση μηνιαία τιμή LST night της περιοχής του Θριάσιου.....	43
Σχήμα 4.24. Μέγιστη, ελάχιστη και μέση μηνιαία τιμή LST day LCM της περιοχής του Θριάσιου.....	44
Σχήμα 4.25. Μέγιστη, ελάχιστη και μέση μηνιαία τιμή LST night LCM της περιοχής του Θριάσιου.....	44
Σχήμα 4.26. Εύρος περιοχής μελέτης του βόρειου τμήματος της Αθήνας.....	45
Σχήμα 4.27. (α) Επίκεντρο περιοχής μελέτης του βόρειου τμήματος της Αθήνας, (β) συνάθροιση από εικονοστοιχεία των 500m σε 3x5km.....	45

Σχήμα 4.28. Μέγιστη, ελάχιστη και μέση μηνιαία τιμή LST day του βόρειου τμήματος της Αθήνας.....	46
Σχήμα 4.29. Μέγιστη, ελάχιστη και μέση μηνιαία τιμή LST night του βόρειου τμήματος της Αθήνας.....	47
Σχήμα 4.30. Μέγιστη, ελάχιστη και μέση μηνιαία τιμή LST day LCM του βόρειου τμήματος της Αθήνας.....	48
Σχήμα 4.31. Μέγιστη, ελάχιστη και μέση μηνιαία τιμή LST night LCM του βόρειου τμήματος της Αθήνας.....	48
Σχήμα 4.32. Εύρος περιοχής μελέτης του κεντρικού τμήματος της Αθήνας.....	49
Σχήμα 4.33. (α) Επίκεντρο περιοχής μελέτης του κεντρικού τμήματος της Αθήνας, (β) συνάθροιση από εικονοστοιχεία των 500m σε 3x5km.....	49
Σχήμα 4.34. Μέγιστη, ελάχιστη και μέση μηνιαία τιμή LST day του κεντρικού τμήματος της Αθήνας.....	50
Σχήμα 4.35. Μέγιστη, ελάχιστη και μέση μηνιαία τιμή LST night του κεντρικού τμήματος της Αθήνας.....	51
Σχήμα 4.36. Μέγιστη, ελάχιστη και μέση μηνιαία τιμή LST day LCM του κεντρικού τμήματος της Αθήνας.....	52
Σχήμα 4.37. Μέγιστη, ελάχιστη και μέση μηνιαία τιμή LST night LCM του κεντρικού τμήματος της Αθήνας.....	52
Σχήμα 4.38. Εύρος περιοχής μελέτης του νότιου τμήματος της Αθήνας.....	53
Σχήμα 4.39. (α) Επίκεντρο περιοχής μελέτης του νότιου τμήματος της Αθήνας, (β) συνάθροιση από εικονοστοιχεία των 500m σε 3x5km.....	53
Σχήμα 4.40. Μέγιστη, ελάχιστη και μέση μηνιαία τιμή LST day του νότιου τμήματος της Αθήνας.....	54
Σχήμα 4.41. Μέγιστη, ελάχιστη και μέση μηνιαία τιμή LST night του νότιου τμήματος της Αθήνας.....	55
Σχήμα 4.42. Μέγιστη, ελάχιστη και μέση μηνιαία τιμή LST day LCM του νότιου τμήματος της Αθήνας.....	56
Σχήμα 4.43. Μέγιστη, ελάχιστη και μέση μηνιαία τιμή LST night LCM του νότιου τμήματος της Αθήνας.....	56
Σχήμα 4.44. Εύρος περιοχής μελέτης της περιοχής των Μεσογείων.....	57
Σχήμα 4.45. (α) Επίκεντρο περιοχής μελέτης της περιοχής των Μεσογείων, (β) συνάθροιση από εικονοστοιχεία των 500m σε 3x5km.....	57
Σχήμα 4.46. Μέγιστη, ελάχιστη και μέση μηνιαία τιμή LST day της περιοχής των Μεσογείων.....	58
Σχήμα 4.47. Μέγιστη, ελάχιστη και μέση μηνιαία τιμή LST night της περιοχής των Μεσογείων.....	59
Σχήμα 4.48. Μέγιστη, ελάχιστη και μέση μηνιαία τιμή LST day LCM της περιοχής των Μεσογείων.....	60
Σχήμα 4.49. Μέγιστη, ελάχιστη και μέση μηνιαία τιμή LST night LCM της περιοχής των Μεσογείων.....	60
Σχήμα 4.50. Μεταβολές της LST day για κάθε έτος της περιοχής των Μεγάρων.....	61
Σχήμα 4.51. Μεταβολές της LST night για κάθε έτος της περιοχής των Μεγάρων.....	62

Σχήμα 4.52. Μεταβολές της LST day LCM για κάθε έτος της περιοχής των Μεγάρων.....	63
Σχήμα 4.53. Μεταβολές της LST night LCM για κάθε έτος της περιοχής των Μεγάρων.....	63
Σχήμα 4.54. Μεταβολές της LST day για κάθε έτος της περιοχής του Θριάσιου.....	64
Σχήμα 4.55. Μεταβολές της LST night για κάθε έτος της περιοχής του Θριάσιου.....	65
Σχήμα 4.56. Μεταβολές της LST day LCM για κάθε έτος της περιοχής του Θριάσιου.....	66
Σχήμα 4.57. Μεταβολές της LST night LCM για κάθε έτος της περιοχής του Θριάσιου.....	66
Σχήμα 4.58. Μεταβολές της LST day για κάθε έτος του βόρειου τμήματος της Αθήνας.....	67
Σχήμα 4.59. Μεταβολές της LST night για κάθε έτος του βόρειου τμήματος της Αθήνας.....	68
Σχήμα 4.60. Μεταβολές της LST day LCM για κάθε έτος του βόρειου τμήματος της Αθήνας..	69
Σχήμα 4.61. Μεταβολές της LST night LCM για κάθε έτος του βόρειου τμήματος της Αθήνας.....	69
Σχήμα 4.62. Μεταβολές της LST day για κάθε έτος του κεντρικού τμήματος της Αθήνας.....	70
Σχήμα 4.63. Μεταβολές της LST night για κάθε έτος του κεντρικού τμήματος της Αθήνας.....	71
Σχήμα 4.64. Μεταβολές της LST day LCM για κάθε έτος του κεντρικού τμήματος της Αθήνας.....	72
Σχήμα 4.65. Μεταβολές της LST night LCM για κάθε έτος του κεντρικού τμήματος της Αθήνας.....	72
Σχήμα 4.66. Μεταβολές της LST day για κάθε έτος του νότιου τμήματος της Αθήνας.....	73
Σχήμα 4.67. Μεταβολές της LST night για κάθε έτος του νότιου τμήματος της Αθήνας.....	74
Σχήμα 4.68. Μεταβολές της LST day LCM για κάθε έτος του νότιου τμήματος της Αθήνας.....	75
Σχήμα 4.69. Μεταβολές της LST night LCM για κάθε έτος του νότιου τμήματος της Αθήνας..	75
Σχήμα 4.70. Μεταβολές της LST day για κάθε έτος της περιοχής των Μεσογείων.....	76
Σχήμα 4.71. Μεταβολές της LST night για κάθε έτος της περιοχής των Μεσογείων.....	77
Σχήμα 4.72. Μεταβολές της LST day LCM για κάθε έτος της περιοχής των Μεσογείων.....	78
Σχήμα 4.73. Μεταβολές της LST night LCM για κάθε έτος της περιοχής των Μεσογείων.....	78
Σχήμα 4.74. Μέσες μηνιαίες τιμές LST day των περιοχών μελέτης.....	79
Σχήμα 4.75. Μέσες μηνιαίες τιμές LST night των περιοχών μελέτης.....	80
Σχήμα 4.76. Μέσες μηνιαίες τιμές LST day LCM των περιοχών μελέτης.....	85
Σχήμα 4.77. Μέσες μηνιαίες τιμές LST night LCM των περιοχών μελέτης.....	86
Σχήμα 4.78. Μέγιστες ετήσιες τιμές LST day των περιοχών μελέτης.....	91
Σχήμα 4.79. Μέγιστες ετήσιες τιμές LST night των περιοχών μελέτης.....	92
Σχήμα 4.80. Μέγιστες ετήσιες τιμές LST day LCM των περιοχών μελέτης.....	97
Σχήμα 4.79. Μέγιστες ετήσιες τιμές LST night LCM των περιοχών μελέτης.....	97

Ευρετήριο πινάκων

Πίνακας 2.1. Χαρακτηριστικά του φασματο-ραδιόμετρου MODIS.....	10
Πίνακας 2.2. Οι φασματικές ζώνες του MODIS.....	10
Πίνακας 3.3. Προϊόντα MODIS δεδομένων επιφάνειας του εδάφους.....	21
Πίνακας 3.4. Χαρακτηριστικά MOD11A2.....	23
Πίνακας 3.5. Χαρακτηριστικά δεδομένων MODIS.....	24
Πίνακας 3.6. Συντεταγμένες και εύρος περιοχή μελέτης.....	29
Πίνακας 3.7. Τύπος κάλυψης εδάφους.....	30

Κεφάλαιο 1 Εισαγωγή

Η αστικοποίηση οδηγεί σε σημαντικές αλλαγές στην κάλυψη και την χρήση της γης με αποτέλεσμα τη μεταβολή του ενεργειακού ισοζυγίου, το οποίο καθορίζει τη μεταφορά θερμότητας και μάζας μεταξύ της επιφάνειας του εδάφους και της επιφάνειας της ατμόσφαιρας όπου τελικά επηρεάζει το τοπικό, περιφερειακό και ακόμη και παγκόσμιο κλίμα. Το αυξανόμενο ποσοστό της αποτελεί σημαντική ανησυχία, αναμένεται ότι οι αστικές περιοχές να αυξηθούν περισσότερο από 1,5 εκατομμύριο τετραγωνικά χιλιόμετρα μέχρι το 2030.

Η LST έχει κεντρικό ρόλο στην ενεργειακή ισορροπία της επιφάνειας της γης, επηρεάζει τις ανταλλαγές ενέργειας, ρυθμίζει τη θερμοκρασία του αέρα των χαμηλότερων στρωμάτων της αστικής ατμόσφαιρας τα οποία επηρεάζουν την άνεση των κατοίκων των πόλεων. Μεταβάλλεται ταχύτατα τόσο στο χώρο όσο και στον χρόνο, λόγω της έντονης ετερογένειας των επιφανειακών χαρακτηριστικών όπως η βλάστηση, η τοπογραφία.

Η LST ποικίλλει ανάλογα με την επιφάνεια και ο επαρκής χαρακτηρισμός της κατανομής της και της χρονικής εξέλιξης της απαιτούνται μετρήσεις με λεπτομερή χωρική και χρονική δειγματοληψία. Δεδομένης της πολυπλοκότητας της θερμοκρασίας της επιφάνειας, οι μετρήσεις εδάφους δεν μπορούν πρακτικά να παρέχουν τιμές σε ευρείες περιοχές. Με την ανάπτυξη της τηλεπισκόπησης από το διάστημα, τα δορυφορικά δεδομένα προσφέρουν τη μοναδική δυνατότητα μέτρησης της LST σε ολόκληρη την υδρόγειο με επαρκώς υψηλή χρονική και χωρική ανάλυση.

Μελέτες έχουν δείξει την επίδραση που έχουν στην LST οι δραστικές αλλαγές στην κάλυψη της γης. Οι αλλαγές στην χρήση και στη κάλυψη εδάφους μεταβάλλουν το ποσοστό της ανακλώμενης ακτινοβολίας με συνέπεια την μεταβολή του ενεργειακού ισοζυγίου.

Περιοχές που μετατράπηκαν από ανοιχτά δάση σε οικισμούς και περιοχές στις οποίες μειώθηκε σε μεγάλο βαθμό η βλάστηση παρουσίασαν αύξηση της LST λόγω της μείωσης των εξατμιστικών επιφανειών. Ένα χαρακτηριστικό των αστικών περιοχών είναι ότι παρουσιάζετε αύξηση της LST στα κέντρα των πόλεων απ' ότι στα προάστια αυτών, καθώς και σε περιοχές που υπάρχει έντονη βιομηχανική δραστηριότητα. Αντίθετα δεν παρατηρείτε αύξηση σε παράκτιες περιοχές καθώς και σε αυτές που βρίσκονται κοντά σε μεγάλες υδατικές εκτάσεις.

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν οι άγονες περιοχές που χαρακτηρίζονται από εκτεθειμένο έδαφος, αμμώδεις, βραχώδεις ή που καλύπτονται από πάγο, χιόνι ή παραμένουν υγρές μέσα από σύντομες καλοκαιρινές περιόδους. Οι περιοχές με χιόνι ή πάγο ανακλούν την ηλιακή ακτινοβολία και διατηρούν χαμηλές τιμές LST, και οι περιοχές που παρουσιάζουν υγρές συνθήκες εδάφους την περιορίζουν καθώς η απορρόφηση της ηλιακής ακτινοβολίας καταναλώνεται σε εξάτμιση.

Αύξηση της LST παρουσιάζουν οι περιοχές με γυμνό έδαφος και που εκτίθενται για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα στην ηλιακή ακτινοβολία, με τις τιμές της LST να σημειώνει ακραίες μέγιστες τιμές σε αυτές που καλύπτονται από ερήμους.

Η μελέτη της LST στην περιοχή της Αττικής παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον καθώς πρόκειται ολοκληρωτικά για αστική περιοχή. Σήμερα ο πληθυσμός της είναι αστικός κατά 99% και συγκεντρωμένος στο πολεοδομικό συγκρότημα με μόλις το 1% αγροτικό πληθυσμό και κατανέμεται κυρίως στην ανατολικά Αττική, στη Τροιζηνία και στα νησιά του Αργοσαρωνικού. Σε ότι αφορά τα πολεοδομικά δεδομένα θεωρείται πλέον ότι η κατασκευή των νέων Αθηναϊκών οδικών έργων (κυρίως της «Αττικής» οδού) σε συνδυασμό με την κατασκευή του διεθνούς αερολιμένα στα Μεσόγεια συνέβαλαν στη γέννηση μίας νέας Αθηναϊκής περιφέρειας και την ένταξη μεγάλων εκτάσεων αγροτικής γης και δασικών εκτάσεων στις αστικές ζώνες. Οι νέες επεκτάσεις συναντώνται σε δυο μορφές, ως διόγκωση των μικρών κωμοπόλεων και πόλεων στο τόξο του νέου περιφερειακού άξονα της Αθήνας της «Αττικής» οδού και του άξονα προς βορρά, όπως και η αστική διάχυση στον μεταξύ τους χώρο αλλά και κατά μήκος των ακτών ή εντός δασικών ορεινών και ημιορεινών περιοχών. Οι διάχυτες χρήσεις οι οποίες αναπτύχθηκαν εκτός των νέων αστικών κέντρων κατηγοριοποιούνται και κατανέμονται με απόλυτο σχεδόν τρόπο. Η κατοικία (κύρια και παραθεριστική) καταλαμβάνει τις ακτές του Ευβοϊκού και του ανατολικού Σαρωνικού, στις παρυφές των ορεινών όγκων της Πεντέλης, Πάρνηθας, του ανατολικού Υμηττού και της Λαυρεωτικής. Το εμπόριο και οι υπηρεσίες χωροθετούνται κυρίως στην περιοχή των Μεσογείων, ενώ οι μεταφορές και η βιομηχανία στην περιοχή του Θριάσιου πεδίου και κατά μήκος του οδικού άξονα προς βορρά

Σκοπός είναι η μέτρηση της θερμοκρασίας της επιφάνειας του εδάφους με τη βοήθεια του αισθητήρα MODIS, που είναι τοποθετημένος στον δορυφόρο TERRA και του προϊόντος Γης, MOD11A2 8 ημερών της έκδοσης 6, σε τέσσερα αστικά κέντρα της Αττικής, τα Μέγαρα, το Θριάσιο, την Αθήνα και τα Μεσόγεια, για την χρονική περίοδο 2000-2017 καθώς και η σύγκριση μεταξύ τους.

Κεφάλαιο 2 Θεωρητικό Υπόβαθρο

2.1 Θερμοκρασία Επιφάνειας του Εδάφους (LST)

Η θερμοκρασία της επιφάνειας του εδάφους (LST) είναι μια από τις σημαντικότερες παραμέτρους στις φυσικές διεργασίες της επιφανειακής ενέργειας και της υδατικής ισορροπίας καθώς σχετίζεται με την ανταλλαγή της μεγάλου μήκους ακτινοβολίας και την ροή θερμότητας στη διεπιφάνεια επιφάνειας-ατμόσφαιρας.

Η γνώση της LST παρέχει πληροφορίες σχετικά με τις χωρικές και χρονικές μεταβολές της κατάστασης ισορροπίας της επιφάνειας και της ατμόσφαιρας. Χρησιμοποιείτε ευρέως σε πολλούς τομείς όπως στη μελέτη της αλλαγής του κλίματος, την εξατμισοδιαπνοή, στον υδρολογικό κύκλο και στην παρακολούθηση της βλάστησης.

Σε τοπικό επίπεδο η γνώση της LST μας δίνει πληροφορίες για την κατανόηση των αλληλεπιδράσεων του ανθρώπου με το περιβάλλον, όπως για παράδειγμα η χρήση γης και η ενίσχυση του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας (UHI).

Λόγω της έντονης ετερογένειας των επιφανειακών χαρακτηριστικών όπως η βλάστηση, τη τοπογραφία και τη μορφολογία του εδάφους, ο επαρκής χαρακτηρισμός της κατανομής της LST και η χρονική της εξέλιξη απαιτεί μετρήσεις με λεπτομερή χωρική και χρονική δειγματοληψία. Οι μετρήσεις εδάφους δεν μπορούν πρακτικά να παρέχουν τιμές μεγάλου εύρους. Με την ανάπτυξη της τηλεπισκόπησης από το διάστημα, τα δορυφορικά δεδομένα μέχρι στιγμής μας προσφέρουν την μοναδική δυνατότητα μέτρησης της LST σε παγκόσμιο επίπεδο.

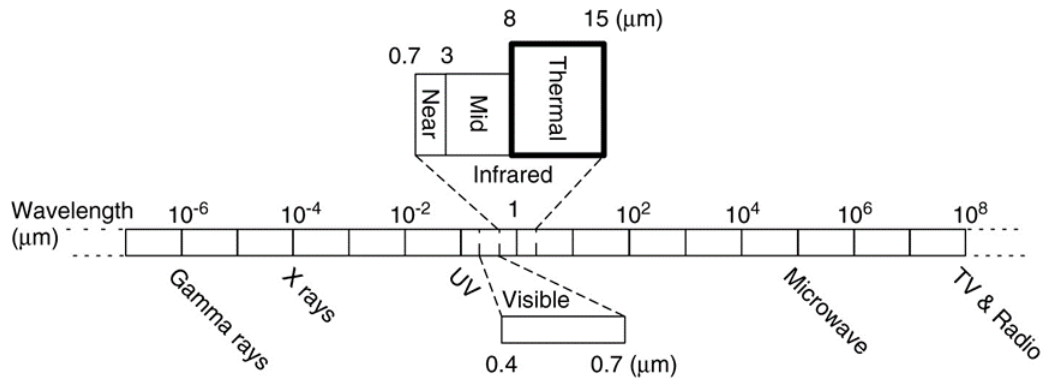
2.2 Δορυφορική Τηλεπισκόπηση

Η τηλεπισκόπηση ορίζεται ως η επιστήμη και η μεθοδολογία απόκτησης πληροφοριών σχετικά με αντικείμενο μια περιοχή ή ένα φαινόμενο μέσω της ανάλυσης δεδομένων που έχουν αποκτηθεί από μια συσκευή που δεν έρχεται σε επαφή με το αντικείμενο την περιοχή ή το φαινόμενο που βρίσκεται υπό έρευνα.

Ως δορυφορική τηλεπισκόπηση ορίζεται η διαδικασία λήψης πληροφοριών μέσω αισθητήρων που φέρονται σε δορυφόρους παρατήρησης της γης.

Ο γενικός όρος διατυπώθηκε τη δεκαετία το '60 με την εκτόξευση του πρώτου μετεωρολογικού δορυφόρου TIROS-1 (Television InfraRed Observation Satellite Television). Το πρόγραμμα TIROS ήταν το πρώτο πειραματικό βήμα της NASA για να προσδιορίσει εάν οι δορυφόροι θα μπορούσαν να είναι χρήσιμοι στη μελέτη της Γης. Εκείνη την εποχή, η αποτελεσματικότητα των δορυφορικών παρατηρήσεων δεν ήταν ακόμη αποδεδειγμένη. Δεδομένου ότι οι δορυφόροι ήταν μια νέα τεχνολογία, το πρόγραμμα TIROS εξέτασε επίσης

διάφορα ζητήματα σχεδιασμού για διαστημικά σκάφη: όργανα, δεδομένα και επιχειρησιακές παραμέτρους.



Σχήμα 2.1. Το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα. Το θερμικό υπέρυθρο διακρίνεται με έντονους χαρακτήρες.

Η δορυφορική τηλεπισκόπηση επιτυγχάνεται με την ανίχνευση ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας (Electromagnetic Radiation EMR) από αισθητήρες σε μια πλατφόρμα τηλεανίχνευσης.

Μέσα στο φάσμα EMR το μήκος κύματος των ακτινοβολιών που χρησιμοποιούνται για μετρήσεις της LST βρίσκεται στο θερμικό υπέρυθρο (Thermal Infrared TIR). Οι δορυφορικοί αισθητήρες TIR λαμβάνουν το EMR, το οποίο μπορεί να ποσοτικοποιηθεί με τη μορφή μετρήσεων της ακτινοβολίας στη κορυφή της ατμόσφαιρας (Top of Atmosphere TOA).

Αυτό περιλαμβάνει την εκπεμπόμενη ακτινοβολία που εκπέμπεται από το έδαφος, τη φωτεινή ακτινοβολία από την ατμόσφαιρα και την ακτινοβολία που εκπέμπεται από την ατμόσφαιρα και που ανακλάται από το έδαφος.

Κατά τη διάρκεια της ημέρας υπάρχει εκπομπή και ανάκλαση του EMR, αλλά κατά τη διάρκεια της νύχτας το EMR περιορίζεται σε εκπομπές μόνο TIR ,μεταξύ 8 και 15 μm

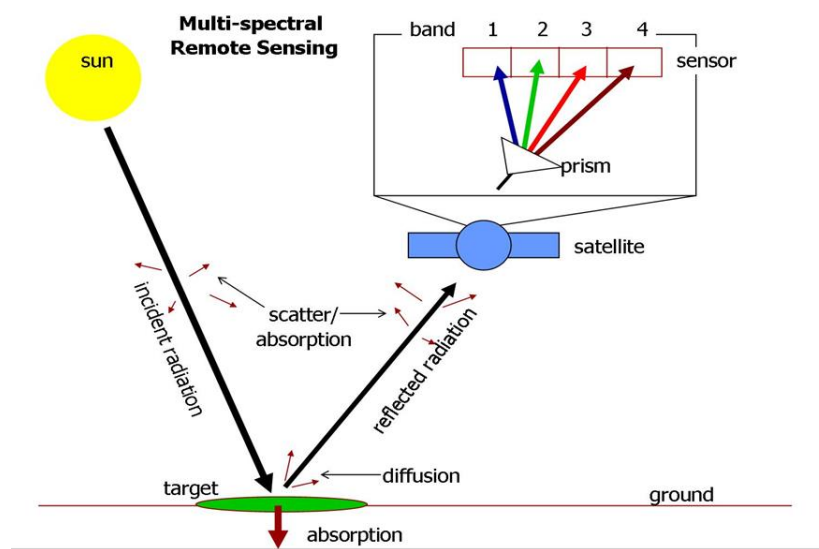
Ο αντίστροφος του νόμου του Planck (η ενέργεια που εκπέμπεται από μια επιφάνεια σχετίζεται άμεσα με τη θερμοκρασία της) χρησιμοποιείται για να εξαγάγει τις θερμοκρασίες μέλανου σώματος/φωτεινότητας από τις ακτινοβολίες της TOA.

Οι ακτινοβολίες TOA μετατρέπονται έπειτα σε LST, διορθώνονται κατά τρεις κύριους παράγοντες που αφορούν αποτελέσματα της ατμοσφαιρικής εξασθένηση, τις γωνιακές επιδράσεις και τις τιμές της φασματικής εκπομπής στην επιφάνεια. Η ατμοσφαιρική εξασθένηση (απορρόφηση, ανάκλαση ή διάθλαση και σκέδαση) θα μεταβάλει το EMR καθώς

περνά μέσα από την ατμόσφαιρα, με αποτέλεσμα διαφορές μεταξύ των ακτινοβολιών της TOA και της LST.

Στα μήκη κύματος της TIR, η μεγαλύτερη εξασθένηση οφείλεται σε υδρατμούς και αερολύματα. Οι γωνιακές επιδράσεις είναι προϊόν των γωνιών θέασης και έχουν ως αποτέλεσμα την μετατόπιση του μήκους κύματος, η οποία πρέπει να αντισταθμίζεται όταν υπολογίζονται οι ακτινοβολίες.

Η φασματική εκπομπή αναφέρεται στη σχετική ικανότητα μιας επιφάνειας να εκπέμπει ακτινοβολία και μπορεί να μεταβάλλεται σε μεγάλο βαθμό λόγω της ετερογένειας της γης και επηρεάζεται από την κάλυψη της επιφάνειας, την βλάστηση και την υγρασία του εδάφους. Η ποσοτικοποίηση της ακτινοβολίας επιτυγχάνεται λαμβάνοντας υπόψη την αναλογία της ενέργειας που εκπέμπεται από μια επιφάνεια σε σχέση με την ενέργεια που εκπέμπεται από ένα μέλαν σώμα στην ίδια θερμοκρασία. Ωστόσο, οι υπολογισμοί είναι πολύπλοκοι επειδή οι φυσικές επιφάνειες δεν συμπεριφέρονται σαν ένα μέλαν σώμα και επομένως χρειάζονται διορθώσεις χρησιμοποιώντας τυπικές τιμές εκπομπής.



Σχήμα 2.2. Αρχή δορυφορικής τηλεπισκόπησης.

2.3 Απεικονιστική φασματομετρία

Η απεικονιστική φασματομετρία βασίζεται στις μετρήσεις με φασματόμετρα σε σχετικά συνεχείς και κοντινές περιοχές του Η/Μ φάσματος. Οι μετρήσεις αυτές για κάθε εικονοστοιχείο, που αντιπροσωπεύει μία ορισμένη έκταση της επιφάνειας της γης αντιστοιχούν σε διάφορα μήκη κύματος. Τα διάφορα εικονοστοιχεία τοποθετημένα με χωρική συνέχεια που αντιστοιχούν στην ευρύτερη περιοχή σάρωσης και που καταγράφονται στο ίδιο μήκος κύματος δημιουργούν με αυτόν τον τρόπο ένα φασματικό κανάλι (ή φασματική "μπάντα") που με την σειρά του είναι το ένα από τα πολλά φασματικά κανάλια που συνθέτουν μία δορυφορική εικόνα.

Η υπερ-φασματική τηλεπισκόπηση αναφέρεται σε δορυφορικές εικόνες με πολλά φασματικά κανάλια (περισσότερα από 15). Η ούλτρα-φασματική τηλεπισκόπηση αν και σήμερα αποτελεί ένα μελλοντικό σχέδιο θα αναφέρεται σε δορυφορικές εικόνες που θα αποτελούνται από εκατοντάδες φασματικά κανάλια.

2.4 Δομή πολυφασματικών δορυφορικών εικόνων

Μια πολυφασματική δορυφορική εικόνα αποτελείται από πολλές εικόνες της ίδιας περιοχής της επιφάνειας της γης καταγεγραμμένες την ίδια χρονική στιγμή αλλά σε διαφορετικό μήκος κύματος. Τα διάφορα αντικείμενα στην επιφάνεια της γης, δηλαδή ουσιαστικά οι διαφορετικές καλύψεις γης, αντιδρούν διαφορετικά στην ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία, έτσι εμφανίζονται φωτεινότερα ή σκοτεινότερα ανάλογα με το μήκος κύματος του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος που προσπίπτει σε αυτά. Με αυτόν τον τρόπο καταλήγουμε να έχουμε εικόνες ακριβώς της ίδιας περιοχής καταγεγραμμένες την ίδια χρονική στιγμή αλλά με διαφορετική φωτεινή ένταση στις διαφορετικές περιοχές τους.

Συνεπώς μία πολυφασματική δορυφορική εικόνα αποτελείται από τόσες επιμέρους εικόνες όσες και τα μήκη κύματος που καταγράφεται ή ίδια ακριβώς περιοχή την ίδια ακριβώς χρονική στιγμή και οι εικόνες αυτές είναι απολύτως υπερθέσιμες μεταξύ τους δηλαδή το κάθε εικονοστοιχείο απεικονίζει ακριβώς την ίδια περιοχή στα διαφορετικά μήκη κύματος. Κάθε μια από τις πολλές μονοφασματικές εικόνες που αποτελείται μια πολυφασματική δορυφορική εικόνα ονομάζεται φασματικό κανάλι ή φασματική μπάντα.

2.5 Διακριτική ικανότητα

Η ποιότητα των δορυφορικών εικόνων εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά των φασματόμετρων που διαθέτουν οι αντίστοιχοι δορυφόροι. Οι βασικές κατηγορίες συνθέτουν την διακριτική ικανότητα των δορυφόρων και είναι οι εξής :

1. Η χωρική διακριτική ικανότητα (spatial resolution)

Αναφέρεται στο ελάχιστο μέγεθος της γήινης επιφάνειας που μπορεί να διακρίνει ο αισθητήρας, δηλαδή στην γήινη έκταση που αντιπροσωπεύει ένα εικονοστοιχείο (pixel) της εικόνας του.

2. Η φασματική διακριτική ικανότητα (spectral resolution)

Αναφέρεται στον αριθμό των μηκών κύματος που μπορεί να καταγράψει την επιφάνεια της γης ο αισθητήρας, ουσιαστικά αναφέρεται στον αριθμό των φασματικών καναλιών από τα οποία αποτελείται η δορυφορική εικόνα.

3. Η ραδιομετρική διακριτική ικανότητα (radiometric resolution)

Αναφέρεται στον αριθμό των διαφορετικών διαβαθμίσεων της έντασης της καταγεγραμμένης ακτινοβολίας, πρόκειται για τον αριθμό των bits που περιέχει η τιμή του εικονοστοιχείου στο δυαδικό σύστημα και που αντιστοιχούν σε συγκεκριμένο ακέραιο αριθμό.

4. Η χρονική διακριτική ικανότητα (temporal resolution)

Αναφέρεται στη συχνότητα λήψης εικόνων για την ίδια περιοχή.

2.6 Παθητικοί και Ενεργητικοί αισθητήρες

1. Παθητικοί αισθητήρες

Οι παθητικοί αισθητήρες δεν εκπέμπουν οι ίδιοι ακτινοβολία αλλά ανιχνεύουν και καταγράφουν την ανακλώμενη ηλιακή και θερμική ακτινοβολία στο ορατό και υπέρυθρο του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος.

Οι περισσότεροι δορυφόροι είναι εφοδιασμένοι με έναν πολυφασματικό σαρωτή ο οποίος καταγράφει το ηλεκτρομαγνητικό σήμα που προέρχεται από την ίδια περιοχή της γήινης επιφάνειας την ίδια χρονική στιγμή αλλά σε διαφορετικά μήκη κύματος, παρέχοντας με αυτόν τον τρόπο τα διαφορετικά φασματικά κανάλια μιας πολυφασματικής δορυφορικής εικόνας.

Οι δορυφόροι αυτοί περιλαμβάνουν διαφόρων τύπων όργανα τα κυριότερα των οποίων καταγράφουν στα ορατό, εγγύς υπέρυθρο, θερμικό υπέρυθρο, και τμήματα της περιοχής των μικροκυμάτων του Η/Μ φάσματος. Αυτά είναι:

Επιταχυνσιόμετρο: Καταγράφει την γραμμική επιτάχυνση σε μία ή περισσότερες διαστάσεις καθώς και την γωνιακή επιτάχυνση.

Ραδιόμετρο: Μετρά ποσοτικά την ένταση της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας σε ορισμένα τμήματα του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος. Υπάρχουν ραδιόμετρα για το ορατό, το υπέρυθρο ή τα μικροκύματα.

Απεικονιστικό Ραδιόμετρο: Έχει την ιδιότητα να σαρώνει και να δημιουργεί έναν δισδιάστατο πίνακα εικονοστοιχείων από τον οποίο δημιουργείται και η δορυφορική εικόνα ενός φασματικού καναλιού.

Φασματόμετρο: Είναι ένα όργανο που ανιχνεύει, μετρά και αναλύει το φασματικό περιεχόμενο της προσπίπτουσας ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας.

Φασματο-ραδιόμετρο: Μετρά την ένταση της ακτινοβολίας σε πολλαπλά φασματικά κανάλια

Υπερφασματικό ραδιόμετρο: Είναι ένας εξελιγμένος πολυφασματικός αισθητήρας που ανιχνεύει εκατοντάδες φασματικά κανάλια πολύ μικρού εύρους, στο ορατό, το υπέρυθρο και το μέσο υπέρυθρο μήκος κύματος του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος. Με αυτόν τον τρόπο πετυχαίνει τον διαχωρισμό διαφορετικών καλύψεων γης που αλλάζουν φασματικές ιδιότητες ανά πολύ μικρά διαστήματα μήκους κύματος.

Ηχώμετρο: Είναι ένα όργανο που μετρά τις κατακόρυφες κατανομές ατμοσφαιρικών παραμέτρων όπως η θερμοκρασία, η ατμοσφαιρική πίεση και συνθετική πολυφασματική πληροφορία.

2. Ενεργητικοί αισθητήρες

Οι ενεργητικοί αισθητήρες έχουν την δυνατότητα να εκπέμπουν δική τους ακτινοβολία, το σήμα της οποίας ανακλάται, διαθλάται ή διαχέεται στην γήινη επιφάνεια ή ατμόσφαιρα και να το καταγράφουν στην επιστροφή του.

Τα πλεονεκτήματά τους είναι ότι διαπερνούν τα σύννεφα, την σχετικά χαμηλή βροχή και το χιόνι και άρα δεν εξαρτώνται από καιρικές συνθήκες, ούτε από συνθήκες φωτισμού του ήλιου δηλαδή είναι επιχειρησιακά ημέρα και νύκτα. Έχουν επίσης την δυνατότητα να διαπερνούν την βλάστηση και το έδαφος μέχρι βάθους περίπου ενός μέτρου. Με διάφορες μεθόδους μπορούν να εκτιμήσουν την υγρασία του επιφανειακού στρώματος του εδάφους. Τέλος χρησιμοποιούνται σε διάφορες εφαρμογές όπως η γεωργία και η δασολογία, η γεωλογία, η υδρολογία, η ωκεανογραφία και η καταγραφή και μελέτη των πάγων στην γήινη επιφάνεια.

Επίσης η καταμέτρηση της χρονικής διαφοράς μεταξύ του εκπεμπόμενου και του επιστρέφοντος σήματος χρησιμεύει για τον υπολογισμό αποστάσεων και υψομετρικών διαφορών. Βέβαια τα κυριότερα ελαττώματα των ραντάρ είναι ότι λόγω της χαμηλής εκπεμπόμενης ακτινοβολίας το σήμα που καταγράφουν μπορεί να αλλοιωθεί από παρεμβολές και επιπλέον το σήμα τους δεν έχει πολυφασματικά χαρακτηριστικά.

2.7 Οι δορυφόροι Terra και Aqua

Ο δορυφόρος Terra αποτελεί τη ναυαρχίδα του συστήματος παρατήρησης της γης (EOS) και αντιπροσωπεύει τις δυνατότητες της NASA στην διαστημική παρατήρηση της γης. Συλλέγει πολλαπλά δεδομένα, τα οποία χρησιμοποιούνται στην έρευνα που αφορά τους την μελέτη για την επιφάνεια της γης, τον αέρα, τους ωκεανούς και τους πάγους.

Ο δορυφόρος Terra εκτοξεύτηκε στις 18 Δεκεμβρίου του 1999 σε ηλιοσύγχρονη τροχιά και άρχισε να στέλνει δεδομένα προς τη γη το Φεβρουάριο του 2000.

Η αρχική διάρκεια ζωής του δορυφόρου ήταν τα 6 χρόνια, όμως ο Terra συνεχίζει μετά από 15 χρόνια να δίνει πολύτιμες πληροφορίες για τον πλανήτη (2,5 φορές μεγαλύτερη διαρκεί ζωής σε σχέση με την αρχικά προγραμματισμένη). Το γεγονός αυτό οφείλεται στην εξαιρετική κατασκευή του δορυφόρου.

Ο δορυφόρος Terra φέρει συνολικά 5 όργανα, που είναι τα ακόλουθα:

ASTER (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer)

CERES (Clouds and Earth's Radiant Energy System)

MISR (Multi-angle Imaging Spectroradiometer)

MODIS (Moderate-resolution Imaging Spectroradiometer)

MOPITT (Measurements of Pollution in the Troposphere)

Χάρη στα 5 όργανα, ο Terra έχει τη δυνατότητα να συγκεντρώνει συμπληρωματικές παρατηρήσεις από την επιφάνεια της γης και την ατμόσφαιρα.

Τέλος ο δορυφόρος Aqua που θεωρείται ο δίδυμος του δορυφόρου Terra διαθέτει εκτός του φασματο-ραδιόμετρου MODIS και του ραδιόμετρου CERES τα οποία διαθέτει και ο δορυφόρος Terra, τους ηχητικούς αισθητήρες AIRS και AMSU-A και το ραδιόμετρο σάρωσης μικροκυμάτων AMSR-E.

2.8 Αισθητήρας MODIS

Το φασματο-ραδιόμετρο MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer Moderate) καλύπτει μια περιοχή πλάτους 2330km και απεικονίζει την γη σε 36 φασματικές ζώνες σε μήκη κύματος μεταξύ 0.405μm και 14.385μm. Συλλέγει δεδομένα από την ίδια περιοχή κάθε μια με δύο ημέρες με χωρική ανάλυση 250m, 500m και 1000m. Ο μέσος όρος του ρυθμού συλλογής δεδομένων είναι 6.1 megabits ανά sec.

Πίνακας 2.1. Χαρακτηριστικά του φασματο-ραδιόμετρου MODIS.

Orbit	705 km, 10:30 a.m. descending node or 1:30 p.m. ascending node, sun-synchronous, near-polar, circular
Scan Rate	20.3 rpm, cross track
Swath Dimensions	2,330 km (across track) by 10 km (along track at nadir)
Telescope	17.78 cm diam. off-axis, afocal (collimated), with intermediate field stop
Size	1.0 m× 1.6 m× 1.0 m
Weight	250 kg
Power	225 W (orbital average)
Data Rate	11 Mbps (peak daytime)
Quantization	12 bits
Spatial Resolution	250 m (bands 1 – 2)
(at nadir)	500 m (bands 3 – 7), 1,000 m (bands 8 – 36)
Design Life	5 years

Πίνακας 2.2. Οι φασματικές ζώνες του MODIS.

Band nr.	Bandwidth (nm)	Spectral domain	Spatial res. (m)
1	620 – 670	Shortwave / VIS	250
2	841 – 876	Shortwave / NIR	250
3	459 – 479	Shortwave / VIS	500
4	545 – 565	Shortwave / VIS	500
5	1230 - 1250	Shortwave / NIR	500
6	1628 - 1652	Shortwave infrared/ SWIR	500
7	2105 - 2155	Shortwave infrared/ SWIR	1000
8	405 - 420	Shortwave / VIS	1000
9	438 - 448	Shortwave / VIS	1000
10	483 - 493	Shortwave / VIS	1000
11	526 - 536	Shortwave / VIS	1000
12	546 - 556	Shortwave / VIS	1000
13	662 - 672	Shortwave / VIS	1000
14	673 - 683	Shortwave / VIS	1000
15	743 - 753	Shortwave / VIS	1000
16	862 - 877	Shortwave / NIR	1000
17	890 - 920	Shortwave / NIR	1000
18	931 - 941	Shortwave / NIR	1000
19	915 - 965	Shortwave / NIR	1000
20	3660 – 3840	Longwave thermal infrared/ TIR	1000
21	3929 – 3989	Longwave thermal infrared/ TIR	1000
22	3929 - 3989	Longwave thermal infrared/ TIR	1000
23	4020 – 4080	Longwave thermal infrared/ TIR	1000
24	4433 – 4498	Longwave thermal infrared/ TIR	1000
25	4482 – 4549	Longwave thermal infrared/ TIR	1000
26	1360 – 1390	Shortwave / NIR	1000
27	6535 - 6895	Longwave thermal infrared/ TIR	1000
28	7175 - 7475	Longwave thermal infrared/ TIR	1000
29	8400 - 8700	Longwave thermal infrared/ TIR	1000
30	9580 - 9880	Longwave thermal infrared/ TIR	1000
31	10780 - 11280	Longwave thermal infrared/ TIR	1000
32	11770 - 12270	Longwave thermal infrared/ TIR	1000
33	13185 - 13485	Longwave thermal infrared/ TIR	1000
34	13485 - 13785	Longwave thermal infrared/ TIR	1000
35	13785 - 14085	Longwave thermal infrared/ TIR	1000
36	14085 - 14385	Longwave thermal infrared/ TIR	1000

2.9 Εκτίμηση της LST από το διάστημα

Τις τελευταίες δεκαετίες, η εκτίμηση LST από δορυφορικές μετρήσεις έχει βελτιωθεί σημαντικά. Έχουν προταθεί πολλοί αλγόριθμοι για την ανάκτηση της . Αυτοί οι αλγόριθμοι μπορούν να ομαδοποιηθούν σε τρεις κατηγορίες: μέθοδος με ένα κανάλι, μέθοδος πολλαπλών καναλιών και μέθοδος πολλαπλών γωνιών, υπό την προϋπόθεση ότι η εκπομπή επιφάνειας εδάφους (Land Surface Emissivity LSE) είναι γνωστή a priori.

Εάν οι LSEs δεν είναι γνωστοί, τότε οι αλγόριθμοι μπορούν να ταξινομηθούν σε τρεις τύπους: μέθοδο βηματικής ανάκτησης, ταυτόχρονη ανάκτηση LSEs και LST με γνωστές ατμοσφαιρικές πληροφορίες και ταυτόχρονη ανάκτηση με άγνωστες ατμοσφαιρικές πληροφορίες.

2.10 Μέθοδος πολλαπλών καναλιών

Η χρήση της μεθόδου ενός καναλιού απαιτεί ότι το LSE είναι γνωστό a priori για κάθε εικονοστοιχείο καθώς και ακριβές μοντέλο μεταφοράς ακτινοβολίας (Radiative Transfer Model RTM) και ακριβή γνώση των ατμοσφαιρικών προφίλ πάνω από την περιοχή μελέτης στη δορυφορική υπέρβαση. Αυτές οι απαιτήσεις είναι δύσκολες ή ακόμη και αδύνατες να ικανοποιηθούν στις περισσότερες πρακτικές καταστάσεις.

Για την απόκτηση της LST από δορυφορικά δεδομένα με επαρκή ακρίβεια σε παγκόσμια ή περιφερειακή κλίμακα, πρέπει να αναπτυχθούν και άλλες μέθοδοι. Μια εναλλακτική προσέγγιση που χρησιμοποιείται στους ωκεανούς χρησιμοποιεί τη διαφορική ατμοσφαιρική απορρόφηση στα δύο γειτονικά κανάλια με κέντρο 11 και 12 μm στον λεγόμενο αλγόριθμο split-window (SW) που προτάθηκε αρχικά από τον **McMillin (1975)** η οποία δεν απαιτεί καμία πληροφορία σχετικά με τα ατμοσφαιρικά προφίλ κατά τη στιγμή της απόκτησης.

Από τότε, αναπτύχθηκαν και τροποποιήθηκαν διάφορες τεχνικές SW για την επιτυχή ανάκτηση της θερμοκρασίας της επιφάνειας της θάλασσας (Sea Surface Temperature). Η μέθοδος SW για την εκτίμηση του SST από τις διαστημικές μετρήσεις είχαν μεγάλη επιτυχία και μα αποτέλεσμα να γίνουν πολλές προσπάθειες από τα τέλη της δεκαετίας του '80 για την επέκταση της μεθόδου SW για την ανάκτηση της LST. Με τροποποιήσεις για την αντιμετώπιση των χωροχρονικών και φασματικών μεταβολών του LSE, τη μεγάλη διαφορά μεταξύ της LST και της θερμοκρασίας του αέρα, της συνολικής στήλης υδρατμού (Water Vapor WV) στην ατμόσφαιρα και της οπτικής γωνίας (Viewing Zenith Angle VZA), έχουν προταθεί αλγόριθμοι SW για ανάκτηση της LST. Αυτοί οι αλγόριθμοι υποθέτουν ότι τα LSEs και στα δύο κανάλια SW είναι γνωστά εκ των προτέρων.

2.11 Γραμμικός αλγόριθμος split-window

Ένας γραμμικός αλγόριθμος SW μπορεί να αναπτυχθεί με τη χρησιμοποίηση της διαφορικής απορρόφησης σε δύο γειτονικά κανάλια TIR i, j στα 10-12,5 μm γραμμικοποίησης του RTE σε σχέση με τη θερμοκρασία ή το μήκος κύματος. Αυτός ο αλγόριθμος εκφράζει την LST ως απλό γραμμικό συνδυασμό των δύο θερμοκρασιών λαμπρότητας T_i και T_j που μετριοούνται στα δύο κανάλια. Ένας τυπικός γραμμικός αλγόριθμος split-window μπορεί να γραφτεί ως:

$$LST = a_0 + a_1 T_i + a_2 (T_i - T_j) \quad (2.1)$$

όπου a_k ($k = 0, 1$, και 2) είναι συντελεστές που εξαρτώνται κυρίως από την λειτουργία φασματικής ανταπόκρισης των καναλιών g_i (λ) και g_j (λ), τους συντελεστές ακτινοβολίας ε_i και ε_j , της WV και της VZA.

Οι Wan και Dozier (1996) ανέπτυξαν ένα γενικευμένο split-window (generalized split-window GSW) αλγόριθμο, για την ανάκτηση της LST από τον μέτριας ανάλυσης Απεικονιστικού Φασματο-ραδιόμετρου, MODIS στα κανάλια TIR i (κανάλι 31) και j (κανάλι 32). Ο αλγόριθμος GSW μπορεί να γραφτεί ως:

$$T_s = C + (A_1 + A_2 \frac{1-\varepsilon}{\varepsilon} + A_3 \frac{\Delta\varepsilon}{\varepsilon^2}) \frac{T_{31}-T_{32}}{2} + (B_1 + B_2 \frac{1-\varepsilon}{\varepsilon} + B_3 \frac{\Delta\varepsilon}{\varepsilon^2}) \frac{T_{31}-T_{32}}{2} \quad (2.2)$$

Όπου:

$\varepsilon = 0,5 (\varepsilon_{31} + \varepsilon_{32})$ και $\Delta\varepsilon = \varepsilon_{31} - \varepsilon_{32}$ είναι ο μέσος όρος και η διαφορά των επιφανειακών εκπομπών στις ζώνες MODIS 31 και 32.

T_{31} και T_{32} είναι θερμοκρασίες λαμπρότητας σε αυτές τις δύο ζώνες.

Οι συντελεστές C , A_i και B_i , $i = 1, 2, 3$ δίνονται με παρεμβολή σε ένα σύνολο πολυδιάστατων πινάκων αναζήτησης (LUT).

2.12 Μέτρηση της LST σε διάφορα βάθη και στην επιφάνεια

Η μέτρηση της θερμοκρασίας εδάφους πραγματοποιείται σε γυμνό έδαφος ή καλυμμένο με χλόη, νότια του μετεωρολογικού σταθμού σε οριζόντιο έδαφος και μη σκιασμένο.

Η μέτρηση της LST σε διάφορα βάθη γίνεται με:

1.Γεωθερμόμετρα.

Πρόκειται για ειδικά υδραργυρικά θερμομέτρα που τοποθετούνται συνήθως υπο κλίση 45°.

Το δοχείο του θερμομέτρου βρίσκεται στο έδαφος σε βάθος έως και 1m περίπου και ο τριχοειδής σωλήνας που περιέχει τον υδραργυρική στήλη και τις κλίμακες μέτρησης βρίσκεται έξω από το έδαφος σε γωνία περίπου 45° ή οριζόντια.

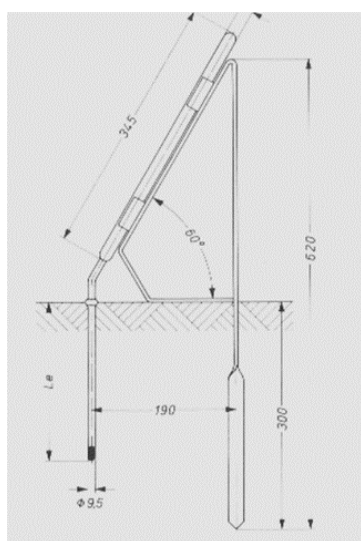
2.Θερμογράφο βάθους εδάφους.

Ο αισθητήρας του θερμοκρασιακού δέκτη αποτελείτε από ένα κυλινδρικό μεταλλικό δοχείο γεμάτο με υγρό π.χ. οινόπνευμα και τοποθετείτε οριζόντια στο επιθυμητό βάθος. Συγκοινωνεί με το δοχείο Burdon μέσω λεπτού μακρύ σωλήνα.

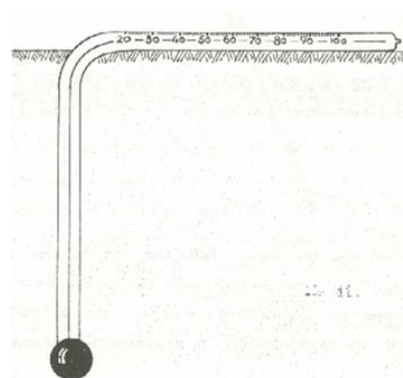
Η μέτρηση της θερμοκρασία της επιφάνειας γίνεται με τα ακροβάθμια θερμομέτρα, πρόκειται για κοινά υδραργυρικά θερμομέτρα τα οποία έρχονται σε άμεση επαφή με την επιφάνεια. Η καταγραφή την ώρα της παρατήρησης γίνεται λαμβάνοντας την τρέχουσα ένδειξη θερμοκρασίας του ελαχιστοβάθμιου θερμομέτρου.

Τα θερμομέτρα τοποθετούνται οριζόντια όπου:

- Σε γυμνό έδαφος καλύπτονται με χώμα πάχους 1-2mm
- Σε χλοερό έδαφος επιφάνειας 1-2m² τοποθετούνται στο μέσο καλυπτόμενα με χλόη ύψους 10cm

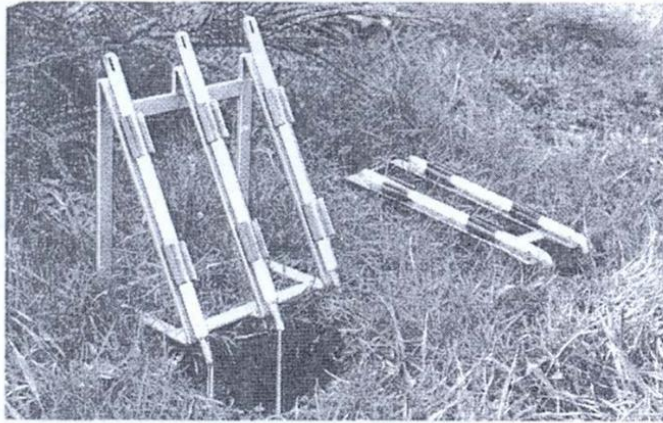


(α)

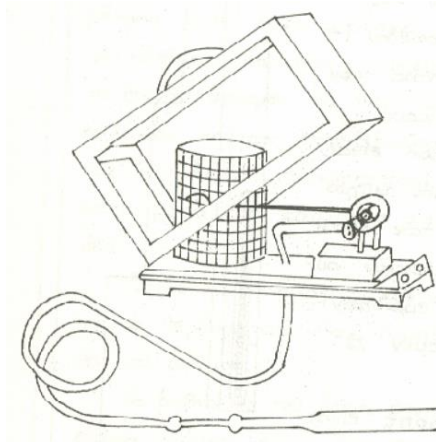


(β)

Σχήμα 2.3. Γεωθερμόμετρα, (α) υπο κλίση 45°, (β) οριζόντιο.



Σχήμα 2.4. Γεωθερμόμετρα, γενική εικόνα τοποθέτησης στο έδαφος.



Σχήμα 2.5. Θερμογράφος βάθους εδάφους.

2.13 Ημερήσιες και ετήσιες διακυμάνσεις της LST

Η LST μεταβάλλεται συνεχώς ανταποκρινόμενη στις ασταθείς μετεωρολογικές συνθήκες οι οποίες δρουν στη διαχωριστική επιφάνεια εδάφους-ατμόσφαιρας. Το σύστημα αυτό επηρεάζεται ανάλογα σε ποια περίοδο της ημέρας και εποχής βρισκόμαστε και από τα διάφορα καιρικά φαινόμενα. Εκτός από τα παραπάνω σημαντικό ρόλο παίζει και οι διάφορες μεταβολές των ιδιοτήτων του εδάφους, όπως η ανακλαστικότητα η θερμοχωρητικότητα και η αγωγιμότητα. Επίσης η μεταβολή των διαφόρων όπως η αγωγιμότητα επηρεάζουν την μεταβολή της LST με το βάθος.

Η γεωγραφική θέση και η βλάστηση είναι εξίσου δυο παράγοντες που επηρεάζουν την μεταβολή της LST. Όλα τα παραπάνω καθιστούν πολύπλοκη την κατανομή της LST.

Οι ημερήσιες και ετήσιες περιοδικές διακυμάνσεις της LST χαρακτηρίζονται από τα παρακάτω:

Κατά την διάρκεια μίας καλοκαιρινής ημέρας η επιφάνεια του εδάφους θερμαίνεται περισσότερο από τον αέρα ενώ κατά τη διάρκεια της νύκτας η LST ελαττώνεται ταχύτερα και σε μεγαλύτερο βαθμό από την αντίστοιχη θερμοκρασία αέρα.

Η μέση LST είναι μεγαλύτερη από την αντίστοιχη του αέρα.

Η ελάχιστη τιμή της LST σημειώνεται χρονικά πολύ κοντά από την αντίστοιχη θερμοκρασία του αέρα.

Η μέγιστη τιμή της LST σημειώνεται κατά μέσο όρο 1-2 ώρες νωρίτερα από την αντίστοιχη του αέρα.

Οι χρονικές στιγμές στις οποίες παρατηρούνται οι μέγιστες και οι ελάχιστες τιμές της LST παρουσιάζουν καθυστέρηση με την αύξηση του βάθους.

Το ημερήσιο θερμοκρασιακό εύρος (ΗΘΕ) όπου είναι η διαφορά της μέγιστης και ελάχιστης τιμής κατά την διάρκεια της ημέρας ελαττώνεται με την αύξηση του βάθους και μάλιστα σε βάθος 70-80cm περίπου η τιμή είναι πρακτικά ίση με μηδέν.

Ακόμα και σε βάθος των 50cm παρατηρείται πάρα πολύ μικρή διαφορά ανάμεσα στη μέγιστη και ελάχιστη τιμή της θερμοκρασίας.

Θεωρητικά οι τιμές του εύρους των μεταβολών της LST ελαττώνεται εκθετικά όταν υπάρχει αριθμητική αύξηση του βάθους των παρατηρήσεων .

Η πρόταση αυτή μπορεί να εκφραστεί από τη σχέση:

$$d_h = d_0 \exp\left(-h \sqrt{\frac{\pi}{kt}}\right) \quad (2.3)$$

d_h : εύρος μεταβολής στο βάθος h

d_0 : εύρος μεταβολής στην επιφάνεια του εδάφους

h: βάθος σε m

k: συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας του εδάφους

t: χρονικό διάστημα που υπολογίζεται η θερμική μεταβολή

από την σχέση (2.3) για $d_h = d_0$ προκύπτει:

$$\frac{h}{h_1} = \sqrt{\frac{kt}{k_1 t_1}} \quad (2.4)$$

αν $k = k_1$

$$\frac{h}{h_1} = \sqrt{\frac{t}{t_1}} \quad (2.5)$$

Δηλαδή τα βάθη στα οποία το θερμοκρασιακό εύρη έχουν την ίδια τιμή είναι ανάλογα των τετραγωνικών ριζών των χρονικών διαστημάτων για τα οποία σημειώνεται το θερμοκρασιακό εύρος.

Στην περίπτωση που το έδαφος είναι ομογενές και οι διακυμάνσεις της LST είναι συμμετρικές το εύρος της ημερήσιας και ετήσιας διακύμανσης καθώς και η στιγμή που σημειώνεται η μέγιστη και ελάχιστη τιμή ακολουθούν τους παρακάτω κανόνες.

Το εύρος της διακύμανσης της θερμοκρασίας ελαττώνεται με γεωμετρική πρόοδο όταν το βάθος αυξάνεται με αριθμητική πρόοδο.

Η καθυστέρηση της στιγμής που σημειώνεται η τιμή της μέγιστης ή της ελάχιστης θερμοκρασίας είναι ανάλογη είναι ανάλογη του βάθους. Σύμφωνα με τον κανόνα αυτό αν στην επιφάνεια η μέγιστη τιμή της θερμοκρασίας σημειώνεται τη 13^η ώρα τότε σε βάθος 36-68cm η τιμή της μέγιστης θερμοκρασίας θα σημειωθεί μετά από 12 ώρες περίπου, δηλαδή την 13^η ώρα της επόμενης ημέρας.

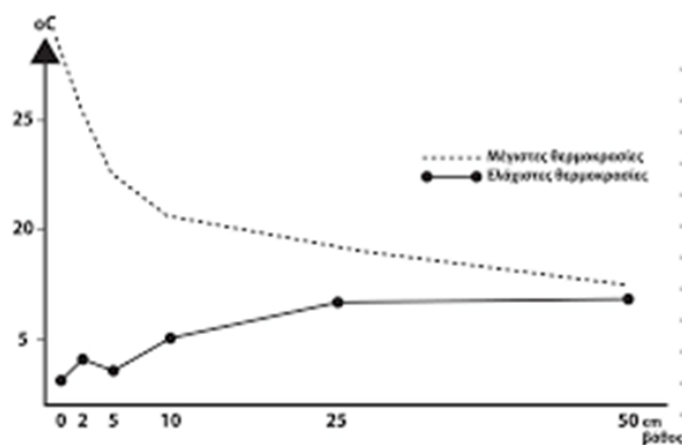
Για ίσες διακυμάνσεις με περιόδους άνισης διάρκειας το εύρος τους μειώνεται κατά την ίδια αναλογία για βάθη ανάλογα των τετραγωνικών ριζών της διάρκειας των περιόδων. Σύμφωνα με τον κανόνα αυτό για δύο ίσες διακυμάνσεις και με περιόδους άνισης διάρκειας π.χ. ημερήσιας και ετήσιας θα έχουμε:

$$\frac{h}{h_1} = \sqrt{\frac{t}{t^1}} \Rightarrow \frac{h}{h_1} = \sqrt{\frac{365}{1}} \quad (2.6)$$

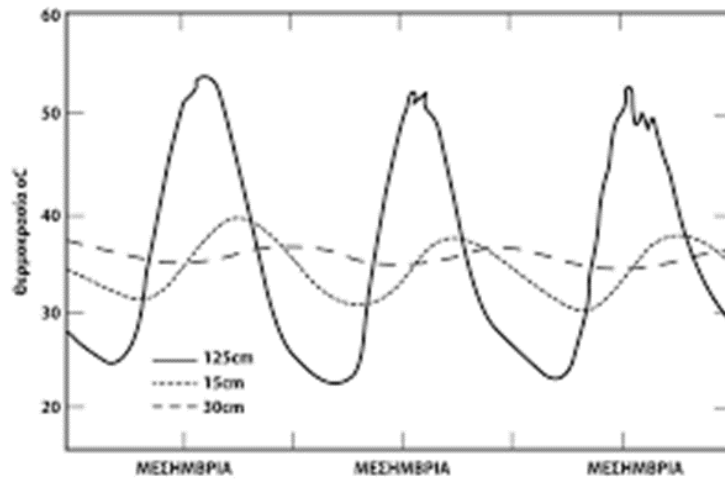
$$\Rightarrow \frac{h}{h_1} = h = 19,1 \text{ x } h_1 \quad (2.7)$$

Δηλαδή αν το εύρος της ημερήσιας κύμανσης υποδιπλασιαστεί για βάθος $h_1 = 12\text{cm}$ τότε το εύρος της ετήσιας κύμανσης θα υποδιπλασιαστεί σε βάθος $h = 229\text{cm}$.

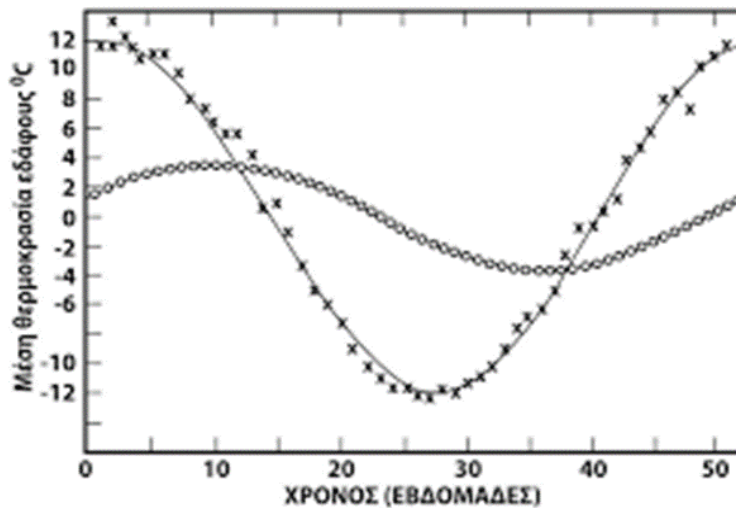
Με την εφαρμογή των παραπάνω προκύπτει ότι η ΗΘΕ μηδενίζεται σε βάθος μικρότερο ή ίσο του 1m. Απεναντίας το ετήσιο θερμοκρασιακό εύρος (ΕΘΕ) μηδενίζεται σε μεγαλύτερα βάθη και μάλιστα αυτά εξαρτώνται από τις τιμές του ΕΘΕ στην επιφάνεια του εδάφους. Συνεπώς το βάθος αυτό είναι μικρό στον Ισημερινό με μικρή τιμή του ΕΘΕ και αυξάνει με το γεωγραφικό πλάτος. Στον Ισημερινό το βάθος αυτό είναι περίπου 6m και στα μέσα γεωγραφικά πλάτη πλησιάζει τα 15m, είναι δε μεγαλύτερο στις περιοχές που παρουσιάζουν μέγιστη τιμή του ΕΘΕ.



Σχήμα 2.6 Μεταβολή των μέσων μεγίστων και ελαχίστων της LST ως συνάρτηση του βάθους.



Σχήμα 2.7. Ημερήσιο εύρος της LST για τρία βάθη.



Σχήμα 2.8. Ετήσιες κυμάνσεις των εβδομαδιαίων μέσων τιμών της LST σε δυο βάθη.

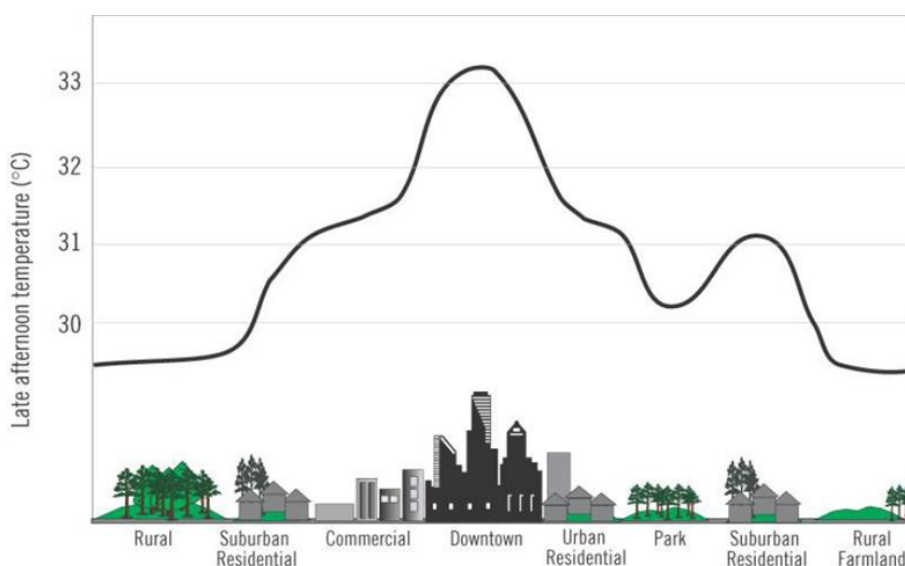
2.14 Το φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας (Urban Heat Island UHI)

Το φαινόμενο UHI περιγράφει την αύξηση της θερμοκρασίας του αστικού περιβάλλοντος σε σύγκριση με το περιβάλλον της υπαίθρου. Οι ατμοσφαιρικές και επιφανειακές θερμοκρασίες εντός των αστικών περιοχών είναι γενικά θερμότερες από τις περιφέρειές τους. Αυτό οφείλεται στην αντικατάσταση των φυσικών πράσινων επιφανειών με μη εξατμιστικά και μη πορώδη αστικά υλικά με υψηλή θερμική χωρητικότητα και χαμηλή ηλιακή ανακλαστικότητα. Τα υλικά αυτά παρουσιάζουν υψηλό βαθμό θερμικής αδράνειας και χαρακτηρίζονται από υψηλό επίπεδο απορρόφησης της ηλιακής ακτινοβολίας, με μεγαλύτερη ικανότητα θερμικής αγωγιμότητας σε σύγκριση με τις φυσικές επιφάνειες.

Τέτοια επιφανειακά υλικά προκαλούν μείωση των πιθανών ρυθμών ψύξης στις αστικές περιοχές, σε σύγκριση με το περιβάλλον τους.

Η ύπαρξη του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας αποδίδεται σε διάφορες αιτίες όπως η παγίδευση τόσο της εισερχόμενης ηλιακής, όσο και της εξερχόμενης μεγάλου μήκους κύματος ακτινοβολίας, η μείωση της τυρβώδους μεταφοράς θερμότητας λόγω της γεωμετρίας των αστικών χαράδρων, μείωση της εξατμισοδιαπνοής και αύξηση της αποθήκευσης θερμότητας λόγω των υλικών κατασκευής καθώς η ατμοσφαιρική ρύπανση οδηγεί σε αύξηση της ακτινοβολίας μεγάλου μήκους κύματος από τον ουρανό. Εξαρτάται από το μέγεθος, τον πληθυσμό και τη βιομηχανική ανάπτυξη της πόλης, σε συνδυασμό με την τοπογραφία, τη φυσική διάταξη, τις περιφερειακές κλιματικές και μετεωρολογικές συνθήκες.

Τα χωρικά χαρακτηριστικά του UHI εξαρτώνται από τη διαμόρφωση και την τοπογραφική ρύθμιση της αστικής περιοχής. Οι αυξημένες θερμοκρασίες που συνδέονται με το φαινόμενο UHI δεν είναι ομοιόμορφες σε ολόκληρη την αστική περιοχή στο σύνολό της, καθώς επηρεάζονται γενικά από χαρακτηριστικά αστικής επιφάνειας.



Σχήμα 2.9. Τυπικό προφίλ UHI, οι θερμοκρασίες της ατμόσφαιρας ποικίλουν σε διαφορετικά χαρακτηριστικά της επιφάνειας.

2.15 Επιφανειακή Θερμική αστική νησίδα (Surface Urban Heat Island SUHI)

Το φαινόμενο SUHI αναφέρεται στη σχετική θέρμανση των αστικών επιφανειών σε σύγκριση με τις γύρω μη αστικοποιημένες επιφάνειες. Ενώ μπορεί να ανιχνευθεί το ατμοσφαιρικό UHI από τις μετρήσεις της θερμοκρασίας του εδάφους στο έδαφος, το SUHI τυπικά χαρακτηρίζεται ως μέτρηση της θερμοκρασίας εδάφους (LST) με βάση τη χρήση της θερμικής τηλεπισκόπησης. Η SUHI είναι γενικά ισχυρότερη κατά τη διάρκεια της ημέρας αλλά είναι συνήθως εμφανής και κατά τη διάρκεια της νύχτας. Παρόμοια με τα UHI, το μέγεθος του SUHI επηρεάζεται από την ένταση του ήλιου. Η SUHI είναι συνήθως μεγαλύτερη κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού και η έντασή τους τείνει να ποικίλει πολύ περισσότερο από αυτή του UHI. Η διαφορά των ημερήσιων θερμοκρασιών επιφανείας μεταξύ αστικών και αγροτικών περιοχών είναι κατά μέσο όρο 10°C έως 15°C ωστόσο τη νύχτα η διαφορά στις επιφανειακές θερμοκρασίες μεταξύ των δύο τείνει να ανέρχεται μόνο στους 5°C έως 10°C .

2.16 Ένταση UHI

Το UHI είναι συνήθως πιο έντονο κατά τη διάρκεια της νύχτας καθώς η πλειοψηφία των αστικών υλικών τείνουν να απορροφούν θερμότητα κατά τη διάρκεια της ημέρας, η οποία στη συνέχεια απελευθερώνεται αργά μόνο κατά τη διάρκεια των νυχτερινών ωρών. Μέχρι τη στιγμή που οι περισσότερες επιφάνειες της περιφέρειας των αστικών περιοχών έχουν ήδη βιώσει την ψύξη μετά το ηλιοβασίλεμα τα περισσότερα αστικά υλικά θα έχουν μόνο μερική ψύξη, απελευθερώνοντας θερμότητα με πολύ πιο αργό ρυθμό. Το αποτέλεσμα είναι ένα τροποποιημένο αστικό κλίμα, πολύ θερμότερο από το μη αστικοποιημένο περιβάλλον του. Επιπλέον, οι διαφορετικοί ρυθμοί ψύξης μεταξύ των αστικών περιοχών και των περιφερειών τους είναι συνήθως πιο διακριτοί σε ήρεμες και σαφείς νύχτες.

Ενδιαφέρον παρουσιάζει όσο αφορά τις επιφάνειες των παράκτιων περιοχών, εκεί παρατηρείται έντονη συγκέντρωση πηγών θερμότητας και πυκνότητα δόμησης κυρίως κατά τη διάρκεια της νύχτας, κάτι που συνδέεται με το πολεοδομικό σχέδιο των παράκτιων περιοχών που αναπτύσσονται κατά μήκος των ακτών, παράγοντες που επηρεάζουν την επιφανειακή θερμοκρασία εδάφους.

Κεφάλαιο 3 Δεδομένα-Μεθοδολογία

Συνολικά τα προϊόντα καθώς και πληροφορίες σχετικά με αυτά παρέχονται στον σύνδεσμο: https://lpdaac.usgs.gov/dataset_discovery/modis/modis_products_table.

Ορισμένα από τα προϊόντα MODIS που αφορούν δεδομένα της επιφάνειας του εδάφους (MODIS Land Subset Products Offered) παρατίθενται στον Πίνακα 3.1.

Πίνακας 3.3. Προϊόντα MODIS δεδομένων επιφάνειας του εδάφους.

Product	Acronym	Name	Collection	Frequency (Days)	Resolution (Meter)
MCD12Q1	LC	MODIS/Terra+Aqua Land Cover Type Yearly L3	5	annual	500
MCD12Q2	LCD	MODIS/Terra+Aqua Land Cover Dynamics Yearly L3	5	annual	500
MCD15A2H	LAI/FPAR	MODIS/Terra+Aqua Leaf Area Index/FPAR 8-Day L4	6	8	500
MCD15A3H	LAI/FPAR	MODIS/Terra+Aqua Leaf Area Index/FPAR 4-Day L4	6	4	500
MCD43A	BRDF	[Calculated] MODIS/Terra+Aqua BRDF/Albedo 16-Day L3	6	daily	500
MCD43A4	NBAR	MODIS/Terra and Aqua Nadir BRDF-Adjusted Reflectance Daily L3	6	daily	500
MOD09A1	SREF	MODIS/Terra Surface Reflectance 8-Day L3	6	8	500
MOD11A2	TEMP	MODIS/Terra Land Surface Temperature/Emissivity 8-Day L3	6	8	1000
MOD13Q1	NDVI/EVI	MODIS/Terra Vegetation Indices 16-Day L3	6	16	250
MOD15A2H	LAI/FPAR	MODIS/Terra Leaf Area Index/FPAR 8-Day L4	6	8	500

MOD17A2H	GPP	MODIS/Terra Gross Primary Production 8-Day L4	6	8	500
MOD17A3H	NPP	MODIS/Terra Net Primary Production Yearly L4	6	annual	500
MOD21A2	LSTE	MODIS/Terra Land Surface Temperature/3-Band Emissivity 8-Day L3	6	8	1000
MYD09A1	SREF	MODIS/Aqua Surface Reflectance 8-Day L3	6	8	500
MYD11A2	TEMP	MODIS/Aqua Land Surface Temperature/Emissivity 8-Day L3	6	8	1000
MYD13Q1	NDVI/EVI	MODIS/Aqua Vegetation Indices 16-Day L3	6	16	250
MYD15A2H	LAI/FPAR	MODIS/Aqua Leaf Area Index/FPAR 8-Day L4	6	8	500
MYD17A2H	GPP	MODIS/Aqua Gross Primary Production 8-Day L4	6	8	500
MYD17A3H	NPP	MODIS/Aqua Net Primary Production Yearly L4	6	annual	500
MYD21A2	LSTE	MODIS/Aqua Land Surface Temperature/3-Band Emissivity 8-Day L3	6	8	1000

3.2 Δεδομένα LST

Η μελέτη της LST πραγματοποιήθηκε μέσω δορυφορικών δεδομένων του προϊόντος γης MODIS Collection 6 MOD11A2, για την χρονική περίοδο 2000-2017.

Τα δεδομένα MODIS αποκτήθηκαν ελεύθερα μέσα από την ιστοσελίδα <https://daac.ornl.gov> του εθνικού εργαστηρίου ORNLDAAC (Oak Ridge National Laboratory Distributed Active Archive Center).

Το ORNLDAAC είναι ένα κέντρο δεδομένων στο Σύστημα Δεδομένων και Πληροφοριών του συστήματος παρακολούθησης της γης της NASA (Earth Observing System Data and Information System, EOSDIS). Η αποστολή του ORNLDAAC είναι να συγκεντρώσει, να διανείμει και να παρέχει υπηρεσίες δεδομένων για ένα ολοκληρωμένο αρχείο γεωγραφικών βιογεωχημικών και περιβαλλοντικών παρατηρήσεων και μοντέλων για τη διευκόλυνση της έρευνας, της εκπαίδευσης και της λήψης αποφάσεων για την υποστήριξη της επιστήμης της γης της NASA.

3.3 Το προϊόν MOD11A2

Το προϊόν MOD11A2 της έκδοσης 6 παρέχει μια μέση θερμοκρασία επιφάνειας εδάφους (LST) 8 ημερών ανά εικονοστοιχείο σε δίκτυο 1200 x 1200 km. Κάθε τιμή εικονοστοιχείου στο μοντέλο MOD11A2 είναι ένας απλός μέσος όρος όλων των αντίστοιχων pixel MOD11A1 LST που συλλέγονται εντός αυτής της περιόδου των 8 ημερών.

Η περίοδος σύνθεσης 8 ημερών επιλέχθηκε διότι η διπλάσια αυτή περίοδος είναι η ακριβής περίοδος επανάληψης του εδάφους των δορυφόρων Terra και Aqua. Σε αυτό το προϊόν, μαζί με τις ζώνες θερμοκρασίας επιφάνειας ημέρας και νύχτας και τις στρώσεις δείκτη ποιότητας (QC), υπάρχουν επίσης ζώνες MODIS 31 και 32 και οκτώ στρώματα παρατήρησης. Η επικύρωση στο στάδιο 2 έχει επιτευχθεί για όλα τα προϊόντα MODIS LST / Emissivity.

Πίνακας 3.4. Χαρακτηριστικά MOD11A2.

DOI	10.5067/MODIS/MOD11A2.006
Product	Temperature, Emissivity
Dataset	Terra MODIS
Dataset Version	6
Pixel Size	1000
Temporal Granularity	Composites
Spatial Extent	Global
Data Access	DAAC2Disk , Data Pool , Reverb , NASA Earthdata Search , AppEEARS

Στην έκδοση 6 έγιναν οι εξής βελτιώσεις-αλλαγές:

1. Αφαιρέθηκαν LST που έχουν μολυνθεί από σύννεφα, όχι μόνο από προϊόντα LST επιπέδου 3, αλλά και από προϊόντα LST επιπέδου 2, τα οποία περιλαμβάνουν MOD11_L2.
2. Ενημερώθηκε ο πίνακας αναζήτησης συντελεστών (LUT) για τον αλγόριθμο χωριστών παραθύρων με πλήρη ανάλυση παλινδρόμησης των δεδομένων προσομοίωσης MODIS στις ζώνες 31 και 32 σε ευρείες περιοχές επιφανειακών και ατμοσφαιρικών συνθηκών, ιδίως επεκτείνοντας το ανώτερο όριο (LST-Ts-air) σε άγονες και ημιάνυδρες περιοχές και αυξάνοντας την αλληλοεπικάλυψη μεταξύ διαφόρων υποσειρών, προκειμένου να μειωθεί η ευαισθησία του αλγορίθμου στις αβεβαιότητες των δεδομένων εισόδου (δηλαδή, υδρατμός στήλης και θερμοκρασία επιφάνειας αέρα από το MxD07).
3. Έγιναν μικρές προσαρμογές στις τιμές εκπομπής επιφανειακής εκπομπής με βάση την ταξινόμηση, ειδικά για τα γυμνά εδάφη εδάφους και πετρωμάτων.
4. Ρυθμίζει τον αλγόριθμο ημέρας/νύχτας προσαρμόζοντας τα βάρη για να βελτιώσει την απόδοσή του στις περιοχές της ερήμου, όπου ο ενσωματωμένος αλγόριθμος split-window μπορεί να μην λειτουργεί καλά.

5. Δημιούργησε νέα προϊόντα LST για οκτώ ημερήσια και μηνιαία σε ένα πλέγμα 6 χιλιομέτρων, ανταποκρινόμενα στα αιτήματα της κοινότητας χρηστών.

Πίνακας 3.5. Χαρακτηριστικά δεδομένων MODIS.

SDS Layer Name	Description	Units	Data Type	Fill Value	Valid Range	Scaling Factor	Additional Offset
LST_Day_1km	Day Land Surface Temperature	Kelvin	16-bit unsigned integer	0	7500 to 65535	0.02	N/A
QC_Day	Daytime LST Quality Indicators	Bit Field	8-bit unsigned integer	N/A	0 to 255	N/A	N/A
Day_view_time	Local time of day observation	Hours	8-bit unsigned integer	255	0 to 240	0.1	N/A
Day_view_angle	View zenith angle of day observation	Degree	8-bit unsigned integer	255	0 to 130	1.0	-65.0
LST_Night_1km	Night Land Surface Temperature	Kelvin	16-bit unsigned integer	0	7500 to 65635	0.02	N/A
QC_Night	Nighttime LST Quality indicators	Bit Field	8-bit unsigned integer	N/A	0 to 255	N/A	N/A
Night_view_time	Local time of night observation	Hours	8-bit unsigned integer	255	0 to 240	0.1	N/A
Night_view_angle	View zenith angle of night observation	Degree	8-bit unsigned integer	255	0 to 130	1.0	-65
Emis_31	Band 31 emissivity	None	8-bit unsigned integer	0	1 to 255	0.002	0.49
Emis_32	Band 32 emissivity	None	8-bit unsigned integer	0	1 to 255	0.002	0.49
Clear_day_cov	N/A	None	16-bit unsigned integer	0	1 to 65535	0.0005	N/A
Clear_night_cov	N/A	None	16-bit unsigned integer	0	1 to 65535	0.0005	N/A

3.4 Διαδικασία λήψης δορυφορικών δεδομένων

Μεταβαίνουμε στην ιστοσελίδα <https://daac.ornl.gov>. Αρχικά το μόνο που χρειάζεται είναι η δημιουργία ενός λογαριασμού. Αφού συνδεθούμε τα επόμενα βήματα είναι τα εξής:

1. Επιλέγουμε Tools → MODIS → Global Subsets Tool.
2. Επιλέγουμε την θέση του κεντρικού σημείου ενδιαφέροντος (Specify the Coordinates for the Center of Area of Interest) είτε πάνω στο χάρτη είτε συμπληρώνοντας τις συντεταγμένες γεωγραφικού πλάτους (Latitude) και γεωγραφικού μήκους (Longitude) σε δεκαδικές μοίρες και επιλέγουμε Continue.
3. Επιλέγουμε ένα προϊόν γης MODIS και το επιθυμητό μέγεθος του υποσυνόλου της περιοχής (Select Product and Subset size) δίνοντας τον αριθμό των km πάνω-κάτω και αριστερά-δεξιά του κεντρικού σημείου (Specify the Number of km Encompassing the Center Location) και επιλέγουμε Continue.
4. Επιλέγουμε τις χρονικές ημερομηνίες έναρξης και λήξης, επιλέγουμε Generate Geo TIFF and Reproject to Geographic Lat/Long και δίνουμε ένα email, στη συνέχεια επιλέγουμε Review Order.
5. Ελέγχουμε την παραγγελία μας και αν δεν υπάρχουν τυχόν διορθώσεις επιλέγουμε Create Subset.
6. Μας εμφανίζεται μια σύνοψη της παραγγελίας μας και αναμένουμε στο email που έχουμε δώσει τα δεδομένα για την συγκεκριμένη περιοχή και για τις συγκεκριμένες ημερομηνίες έναρξης και λήξης που έχουμε δηλώσει.
7. Στη συνέχεια έρχεται στο email η παραγγελία μας ολοκληρωμένη, επιλέγουμε τον αντίστοιχο σύνδεσμο και είμαστε σε θέση πλέον να δούμε και να επεξεργαστούμε τα δεδομένα μας.

Με την επιλογή History μεταβαίνουμε στο ιστορικό προηγούμενων παραγγελιών αν έχουν αυτές πραγματοποιηθεί. Το ιστορικό εμφανίζει την παραγγελία μας για ένα διάστημα 30 ημερών, είναι καλό μέσα σε αυτό το διάστημα να αποθηκεύσουμε τα δεδομένα μας. Δεν διαγράφει όμως τις λεπτομέρειες των παραγγελιών μας και έτσι μπορούμε να επαναλάβουμε τα παραπάνω βήματα για τα ίδια υποσύνολα περιοχών.

3.5 Η περιοχή της Αττικής

Η Περιφέρεια Αττικής βρίσκεται στο ανατολικό άκρο της Στερεάς Ελλάδας, καλύπτει περίπου 3.808 τετραγωνικά χιλιόμετρα. Εκτός από την Αθήνα, εντός της περιφέρειας υπάρχουν οι πόλεις του Πειραιά, της Ελευσίνας, του Μεγάρων, του Λαυρίου, και Μαραθώνα, καθώς και ένα μικρό μέρος της Πελοποννήσου και τα νησιά Σαλαμίνα, Αίγινα, Πόρο, Ύδρα, Σπέτσες, Κύθηρα και Αντικύθηρα.

Αποτελεί την πρώτη σε πληθυσμό περιφέρεια της Ελλάδας συγκεντρώνοντας το 1/3 του πληθυσμού της χώρας έχοντας 3.827.624 κατοίκους σύμφωνα με την απογραφή του 2011.

Γεωγραφικά η Αττική χωρίζεται σε δύο μεγάλες υποενότητες, την περιοχή της πρωτεύουσας και το υπόλοιπο Αττικής. Η περιοχή της πρωτεύουσας περιλαμβάνει το πολεοδομικό συγκρότημα της Αθήνας, δηλαδή όλους τους δήμους Αθηνών-Πειραιώς και οριοθετείται από τον Σαρωνικό κόλπο και τα βουνά της Πάρνηθας, του Υμηττού και της Πεντέλης που ορίζουν το λεκανοπέδιο Αττικής. Το υπόλοιπο Αττικής καλύπτει το μεγαλύτερο μέρος της έκτασης της περιφέρειας και αποτελείται από το ανατολικό και δυτικό τμήμα, τα νησιά του Σαρωνικού και την επαρχία Τροιζηνίας που βρίσκεται στην Πελοπόννησο.

Η Αττική είναι τριγωνική χερσόνησος που εισέρχεται στο Αιγαίο Πέλαγος. Η οροσειρά του Κιθαιρώνα μήκους 16 χιλιομέτρων τη χωρίζει στα βόρεια από τη Βοιωτία. Στα δυτικά βρίσκεται η θάλασσα και η διώρυγα της Κορίνθου. Ο Σαρωνικός κόλπος βρίσκεται στο νότο, και το νησί της Εύβοιας βρίσκεται προς το βορρά και τις ανατολικές ακτές. Βουνά χωρίζουν τη χερσόνησο στις πεδιάδες των Μεσογείων και του Θριάσιου. Τα βουνά της Αττικής είναι ο Υμηττός, το ανατολικό τμήμα των Γερανείων, η Πάρνηθα (το ψηλότερο βουνό της Αττικής), το Αιγάλεω και η Πεντέλη. Μεταξύ των τεσσάρων βουνών Αιγάλεω, Πάρνηθας, Πεντέλης και Υμηττού απλώνονται η Αθήνα και ο Πειραιάς.

Το πεδίο της Μεσογαίας, που σήμερα ονομάζεται Μεσόγεια, βρίσκεται ανατολικά του Υμηττού και οριοθετείται στα βόρεια από τους πρόποδες της Πεντέλης, στα ανατολικά από τον Ευβοϊκό Κόλπο και το όρος Μυρινούς (σύγχρονη Μερέντα), και στα νότια από το βουνό του Λαυρίου. Η δεξαμενή νερού της Αθήνας, η λίμνη του Μαραθώνα, είναι μια τεχνητή λίμνη που δημιουργήθηκε από φράγματα το 1920. Τα πεύκα και τα κωνοφόρα δάση καλύπτουν την περιοχή γύρω από την Πάρνηθα. Υμηττός, Πεντέλη, Μυρινούς και Λαύριο είναι περιοχές δασωμένες με πεύκα, ενώ τα υπόλοιπα μέρη καλύπτονται από θαμνώδη βλάστηση.

Στην περιοχή της Αττικής το κλίμα είναι εύκρατο, μεσογειακό και γενικά ήπιο το μεγαλύτερο μέρος του χρόνου. Έχει μεγάλη διαφορά στο εύρος των θερμοκρασιών μεταξύ καλοκαιριού και χειμώνα σε σχέση με άλλες περιοχές της χώρας. Έχει μέση ετήσια θερμοκρασία 18,3°C. Θερμότερος μήνας θεωρείται ο Ιούλιος με μέση υψηλότερη 32,1 °C, ενώ ψυχρότερος ο Ιανουάριος με μέση χαμηλή 3,2°C.

3.6 Περιοχές Μελέτης

Μέγαρα

Τα Μέγαρα είναι πόλη της δυτικής Αττικής. Βρίσκονται στις βόρειες ακτές του Σαρωνικού στο μέσον περίπου της διαδρομής μεταξύ Αθήνας και Κορίνθου, αποτελούν έδρα του Δήμου Μεγαρέων και πρωτεύουσα της επαρχίας Μεγαρίδας. Ο πληθυσμός τους σύμφωνα με την απογραφή του 2011 είναι 23.456 κάτοικοι.

Θριάσιο Πεδίο

Το Θριάσιο Πεδίο είναι πεδιάδα της Αττικής, δυτικά των Αθηνών. Οριοθετείται από το Όρος Πατέρας στα δυτικά, την Πάρνηθα στα βόρεια, τα όρη Ποικίλο και Αιγάλεω στα ανατολικά - νοτιοανατολικά και τον κόλπο της Ελευσίνας στα νότια. Οφείλει την ονομασία του στον αρχαίο Αττικό Δήμο Θριάς, που τοποθετείται στη σημερινή θέση βιομηχανικής πόλης του Ασπροπύργου. Σήμερα η περιοχή αποτελεί σημαντική βιομηχανική περιοχή.

Οι κυριότεροι οικισμοί του Θριάσιου πεδίου είναι:

η Ελευσίνα

ο Ασπρόπυργος

η Μάνδρα

η Μαγούλα

Αθήνα

Η Αθήνα είναι η πρωτεύουσα της Ελλάδας από το 1834 και η μεγαλύτερη πόλη της. Βρίσκεται στην Αττική, στην ανατολική Στερεά Ελλάδα, και είναι από τις αρχαιότερες πόλεις του κόσμου, με την καταγεγραμμένη ιστορία της να φθάνει ως το 3.200 π.Χ. Η Αρχαία Αθήνα, αρχικά οικισμός πάνω στην Ακρόπολη, εξελίχθηκε τον 6ο αιώνα π.Χ. σε μία πανίσχυρη πόλη-κράτος, που αναπτύχθηκε παράλληλα με το λιμάνι της, το οποίο αρχικά ήταν το Φάληρο και αργότερα ο Πειραιάς. Υπήρξε, κατά την κλασική εποχή, κέντρο των τεχνών, της γνώσης και της φιλοσοφίας, έδρα της Ακαδημίας του Πλάτωνα και του Λυκείου του Αριστοτέλη.

Η σύγχρονη Αθήνα είναι το κέντρο της οικονομικής, βιομηχανικής, πολιτικής και πολιτιστικής ζωής της Ελλάδας.

Το πολεοδομικό συγκρότημα Αθηνών-Πειραιώς έχει πληθυσμό 3.181.872 κατοίκων σύμφωνα με την απογραφή του 2011. Η περιοχή του ανήκει διοικητικά σε πέντε περιφερειακές ενότητες της Περιφέρειας Αττικής: Κεντρικού Τομέα Αθηνών, Βορείου Τομέα Αθηνών, Νοτίου Τομέα Αθηνών, Δυτικού Τομέα Αθηνών και την Περιφερειακή Ενότητα Πειραιώς. Απλώνεται στο Λεκανοπέδιο Αττικής, το οποίο περικλείεται από πέντε βουνά: το Όρος Αιγάλεω και το Ποικίλο Όρος στα δυτικά, την Πάρνηθα στα βορειοδυτικά, την Πεντέλη στα βορειοανατολικά και τον Υμηττό στα ανατολικά. Η Πάρνηθα, με μέγιστο υψόμετρο 1.413 μέτρων, είναι το ψηλότερο από τα βουνά, ενώ μεγάλο μέρος της έκτασής της έχει ανακηρυχθεί Εθνικός δρυμός. Ο Σαρωνικός Κόλπος οριοθετεί την Αθήνα στα νότια.

Τα κέντρα των δύο πόλεων απέχουν εννέα χιλιόμετρα και παλαιότερα ο Πειραιάς χωριζόταν από την Αθήνα από άκτιστες εκτάσεις, αλλά σήμερα, μετά από την μεγάλη οικιστική

ανάπτυξη της περιοχής τον 19ο και 20ό αιώνα, ο Πειραιάς έχει ενωθεί πολεοδομικά με την Αθήνα.

Η Αθήνα είναι χτισμένη γύρω από αρκετούς λόφους, με τον Λυκαβηττό να είναι ένας από τους ψηλότερους.

Ο Κηφισός, ο Ιλισός και ο Ηριδανός είναι οι ιστορικοί ποταμοί της Αθήνας, το μεγαλύτερο τμήμα της κοίτης τους έχει καλυφθεί από συγκοινωνιακά έργα.

Η Αθήνα έχει ένα υποτροπικό Μεσογειακό κλίμα. Το κυριότερο χαρακτηριστικό του Αθηναϊκού κλίματος είναι η εναλλαγή παρατεταμένων ζεστών και ξηρών καλοκαιριών και ήπιων, υγρών χειμώνων. Με μέση ετήσια βροχόπτωση 416.8 χιλιοστών, βροχές εμφανίζονται μεταξύ των μηνών Οκτωβρίου και Απριλίου.

Η ετήσια βροχόπτωση στην Αθήνα είναι χαρακτηριστικά χαμηλότερη από ότι σε άλλα μέρη της Ελλάδας, ιδιαίτερα στη δυτική Ελλάδα. Για παράδειγμα τα Ιωάννινα δέχονται γύρω στα 1.300mm το χρόνο και το Αγρίνιο περίπου 800mm

Ο Ιούλιος και ο Αύγουστος είναι οι ξηρότεροι μήνες.

Τα μέσα ημερήσια υψηλά έχουν μετρηθεί στους 34,4°C μήνα Ιούλιο και τα μέσα χαμηλά στους 7,1°C.

Μεσόγεια

Τα Μεσόγεια είναι συγκρότημα δήμων της Ανατολικής Αττικής που οικοδομούνται ανατολικά του Υμηττού, ο οποίος και τα διαχωρίζει από το λεκανοπέδιο της Αθήνας. Έδρα του συγκροτήματος είναι τα Σπάτα και επίνειο το αναπτυσσόμενο λιμάνι της Ραφήνας.

Αρχικά η εκμετάλλευση της περιοχής είχε αγροτικό και παραθεριστικό χαρακτήρα, αλλά τα τελευταία χρόνια η δόμηση εξελίσσεται με μεγάλους ρυθμούς, ιδιαίτερα μετά τα μεγάλα έργα που πραγματοποιήθηκαν όπως το αεροδρόμιο των Σπάτων, η Αττική Οδός ο προαστιακός και το μετρό και πολλές εταιρείες μεταφέρουν τις έδρες τους εκεί.

3.7 Επίγειοι σταθμοί

Αρχικά πριν την μελέτη της LST θα μελετήσουμε τις τιμές της θερμοκρασίας του αέρα στις περιοχές της Ελευσίνας, του Ελληνικού και του αεροδρομίου Ελευθέριος Βενιζέλος, οι τιμές της θερμοκρασίας μετρήθηκαν από μετεωρολογικούς σταθμούς που βρίσκονται στις αντίστοιχες περιοχές.

Τα δεδομένα αποκτήθηκαν ελεύθερα από την ιστοσελίδα <https://www.wunderground.com>. αφορούν την χρονική περίοδο 2000-2017 και τις ίδιες ημερομηνίες με αυτές των δορυφορικών δεδομένων

Το Weather Undeground συλλέγει και παρέχει μετεωρολογικά δεδομένα μέσω διαδικτύου. Τα δεδομένα συλλέγονται από ένα δίκτυο προσωπικών μετεωρολογικών σταθμών ([Personal Weather Stations](#), PWS's), από σταθμούς αυτοματοποιημένων συστημάτων παρακολούθησης επιφάνειας (Automated Surface Observation System, ASOS) οι οποίοι λειτουργούν σε αεροδρόμια της χώρας ενδιαφέροντος και από μετεωρολογικούς σταθμούς που αποτελούν μέρος του Συστήματος Μετεωρολογικής Απορρόφησης Δεδομένων (Meteorological Assimilation Data Ingest System, MADIS), το οποίο διαχειρίζεται το National Oceanic and Atmospheric Administration, NOAA. Περισσότερες πληροφορίες βρίσκουμε στη διεύθυνση <https://madis.ncep.noaa.gov>.

3.8 Μελέτη της LST













Η μελέτη της LST πραγματοποιείται τόσο σε ενδοετήσια όσο και σε υπερετήσια βάση για τα δεδομένα day-night και day-night LCM για κάθε περιοχή χωριστά και στη συνέχεια γίνεται η σύγκριση μεταξύ αυτών. Στον πίνακα 3.6 αποτυπώνονται οι συνταγμένες των περιοχών και το εύρος της περιοχής μελέτης και στον πίνακα 3.7 ο τύπος των εικονοστοιχείων.

Το Land Cover Mask (LCM) είναι ένα επίπεδο (layer) που αφορά μια επιλογή χαρτογράφησης που σχετίζεται με την κάλυψη/χρήση γης. Έχοντας επιλέξει το επίπεδο (overlay) land cover mask βλέπουμε τι κατανομή έχει η παράμετρος που μας ενδιαφέρει, όπως είναι η θερμοκρασία επιφάνειας εδάφους, η βλάστηση κτλ. Είναι μια μάσκα δηλαδή που μας αφήνει να δούμε και να εξετάσουμε ότι περισσεύει από αυτή.

Πίνακας 3.6. Συντεταγμένες και εύρος περιοχή μελέτης.

Area	Coordinates	Areal Extent
Μέγαρα	Latitude: 38,00 Longitude: 23.35	3 km Wide x 5 km High
Θριάσιο	Latitude: 38.06, Longitude: 23.60	11 km Wide x 5 km High
Β. Αθήνας	Latitude: 38.05, Longitude: 23.75	3 km Wide x 5 km High
Κ. Αθήνας	Latitude: 37.97, Longitude: 23.72	3 km Wide x 5 km High
Ν. Αθήνας	Latitude: 37.88, Longitude: 23.74	3 km Wide x 5 km High
Μεσόγεια	Latitude: 37.94, Longitude: 23.94	3 km Wide x 5 km High

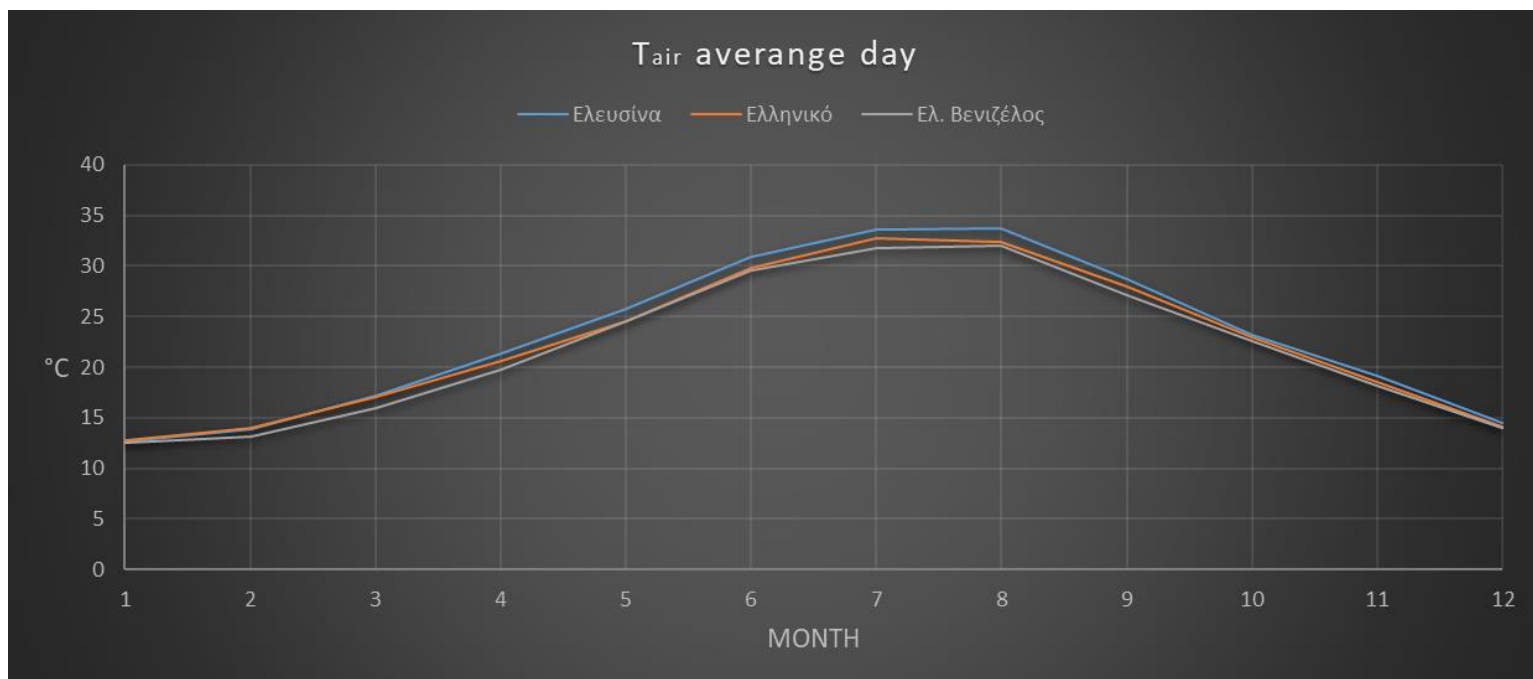
Πίνακας 3.7. Τύπος κάλυψης εδάφους.

	(8) Water
	(1) Evergreen Needleleaf Forest
	(2) Evergreen Broadleaf Forest
	(3) Deciduous Needleleaf Forest
	(4) Deciduous Broadleaf Forest
	(5) Mixed Forests
	(6) Closed Shrublands
	(7) Open Shrublands
	(8) Woody Savannas
	(9) Savannas
	(10) Grasslands
	(11) Permanent Wetlands
	(12) Croplands
	(13) Urban and Built-Up
	(14) Cropland/Natural Vegetation Mosaic
	(15) Snow and Ice
	(16) Barren or Sparsely Vegetated
	IGBP Water Bodies / Unclassified / Fill Value

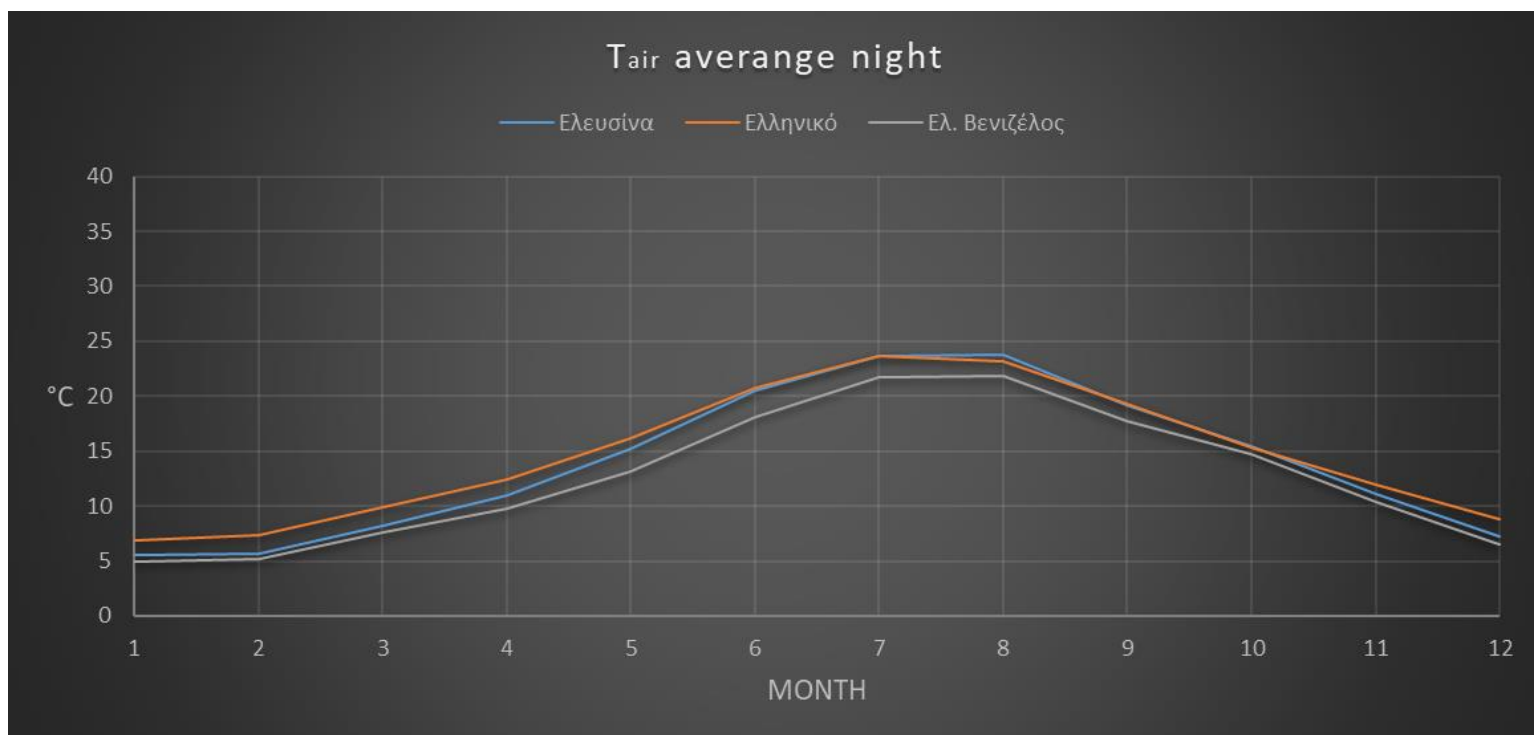
Κεφάλαιο 4 Αποτελέσματα-Συζήτηση

4.1 Μεταβολές της θερμοκρασίας με βάση τους επίγειους σταθμούς

4.1.1 Ενδοετήσιες μεταβολές θερμοκρασίας



Σχήμα 4.10. Μέσες μηνιαίες τιμές θερμοκρασίας αέρα day.



Σχήμα 4.11. Μέσες μηνιαίες τιμές θερμοκρασίας αέρα night.

Τα σχήματα 4.10 και 4.11 αποτυπώνουν τις μέσες μηνιαίες τιμές της θερμοκρασίας του αέρα ημέρας και νύχτας, ποιο συγκεκριμένα:

Στην Ελευσίνα την ημέρα η μέγιστη θερμοκρασία παρατηρείται στους 33,8°C τον μήνα Αύγουστο και η ελάχιστη στους 12,7°C τον μήνα Ιανουάριο. Την νύχτα η μέγιστη θερμοκρασία αέρα παρατηρείται στους 23,8°C τον μήνα Αύγουστο και η ελάχιστη στους 5,6°C τον μήνα Ιανουάριο .

Στο Ελληνικό την ημέρα η μέγιστη θερμοκρασία παρατηρείται στους 32,7°C τον μήνα Ιούλιο και η ελάχιστη στους 12,7°C τον μήνα Ιανουάριο. Την νύχτα η μέγιστη θερμοκρασία αέρα παρατηρείται στους 23,7°C τον μήνα Ιούλιο και η ελάχιστη στους 6,9°C τον μήνα Ιανουάριο .

Στο Ελ. Βενιζέλος την ημέρα η μέγιστη θερμοκρασία παρατηρείται στους 32,0°C τον μήνα Αύγουστο και η ελάχιστη στους 12,6°C τον μήνα Ιανουάριο. Την νύχτα η μέγιστη θερμοκρασία αέρα παρατηρείται στους 21,8°C τον μήνα Ιούλιο και Αύγουστο και η ελάχιστη στους 4,9°C τον μήνα Ιανουάριο.

Παρατηρούμε ότι η Ελευσίνα ως προς:

- Το Ελληνικό την ημέρα παρουσιάζει μεγαλύτερες τιμές θερμοκρασίας αέρα με εξαίρεση τον μήνα Ιανουάριο όπου οι τιμές είναι ίσες και τον μήνα Φεβρουάριο όπου η τιμή της θερμοκρασίας είναι μικρότερη κατά 0,2°C. Η μέγιστη διαφορά παρατηρείται στους 1,5°C τον μήνα Αύγουστο. Την νύχτα παρουσιάζει μικρότερες

τιμές με εξαίρεση τον μήνα Αύγουστο όπου παρουσιάζει μεγαλύτερη τιμή κατά 0,5°C. Η μέγιστη διαφορά παρατηρείται στους 1,7 °C τον μήνα Φεβρουάριο.

Την ημέρα οι διαφορές παρατηρούνται τους μήνες Απρίλιο και Σεπτέμβριο στους 0,7°C τους μήνες Μάιο και Ιούνιο στους 1,1°C και τον μήνα Ιούλιο στους 1,0°C ενώ τους μήνες Μάρτιο και Δεκέμβριο στους 0,1°C και 0,5°C αντίστοιχα. Την νύχτα όμως οι διαφορές παρατηρούνται τον μήνα Ιανουάριο στους 1,3°C, τους μήνες Μάρτιο, Απρίλιο και Μάιο στους 1,6°C, 1,4°C και 1,0°C αντίστοιχα και τον Δεκέμβριο στους 1,5°C. Τους μήνες Ιούνιο, Ιούλιο, Σεπτέμβριο και Οκτώβριο η διαφορά δεν ξεπερνάει τους 0,2°C.

- Το Ελ. Βενιζέλος την ημέρα παρουσιάζει μεγαλύτερες τιμές θερμοκρασίας με την ελάχιστη διαφορά να παρατηρείται τον μήνα Ιανουάριο στους 0,1°C και η μέγιστη διαφορά να παρατηρείται στους 1,9°C τον μήνα Ιούλιο. Την νύχτα επίσης παρουσιάζει μεγαλύτερη θερμοκρασία με την ελάχιστη διαφορά να παρατηρείται στους 0,7°C τους μήνες Ιανουάριο, Μάρτιο και Δεκέμβριο και η μέγιστη στους 2,4°C τον μήνα Ιούνιο.

Την ημέρα οι διαφορές τους μήνες Μάιο και Ιούνιο παρατηρείται στους 1,1°C και 1,4°C αντίστοιχα. Την νύχτα οι διαφορές παρατηρούνται τον μήνα Ιανουάριο στους 0,7°C και τον μήνα Μάιο στους 2,0°C.

Παρατηρούμε ότι το Ελληνικό ως προς:

- Το Ελ. Βενιζέλος την ημέρα παρουσιάζει μεγαλύτερες τιμές θερμοκρασίας αέρα με εξαίρεση τον μήνα Μάιο όπου οι τιμές είναι ίσες. Η μέγιστη στους 1,1°C τον μήνα Μάρτιο. Την νύχτα επίσης παρουσιάζει μεγαλύτερες τιμές με την ελάχιστη διαφορά να παρατηρείται στους 0,6°C τον μήνα Οκτώβριο και η μέγιστη στους 3,0°C τον μήνα Μάιο.

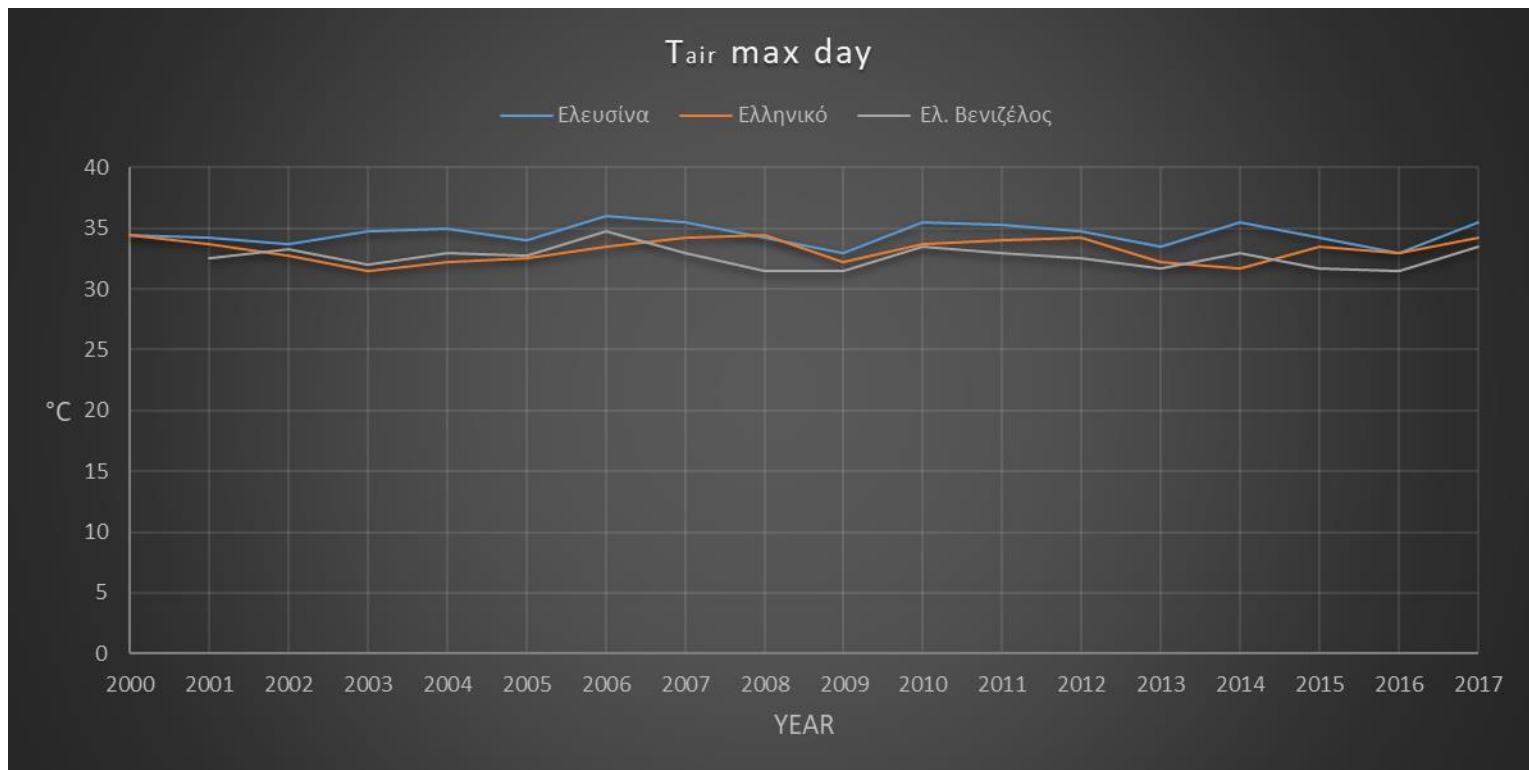
Συμπεραίνουμε ότι:

Το Ελληνικό σε σχέση με την Ελευσίνα την νύχτα παρουσιάζει μεγαλύτερες τιμές θερμοκρασίας την περίοδο της άνοιξης και του χειμώνα ενώ την περίοδο του καλοκαιριού οι δύο περιοχές παρουσιάζουν παρόμοιες θερμοκρασίες. Την ημέρα παρουσιάζει μικρότερες τιμές με τις μέγιστες διαφορές να παρατηρούνται την περίοδο του καλοκαιριού, προς το τέλος της περιόδου της άνοιξης και την αρχή της φθινοπωρινής περιόδου.

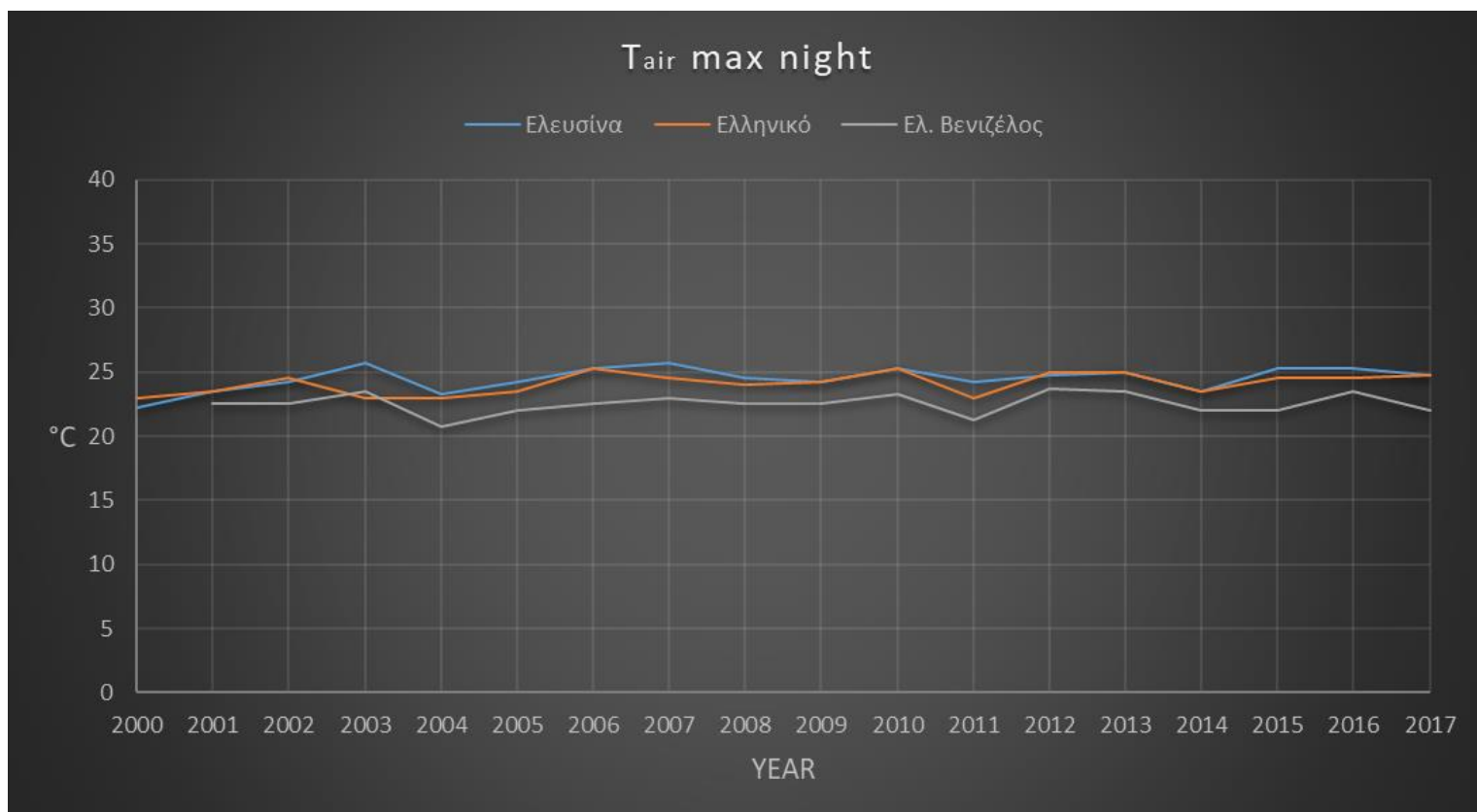
Η Ελευσίνα την ημέρα παρουσιάζει μεγαλύτερες τιμές θερμοκρασίας αέρα από το Ελ. Βενιζέλος, επίσης και την νύχτα παρουσιάζει μεγαλύτερες τιμές με την διαφορά θερμοκρασίας να παρουσιάζει μια αύξηση τον μήνα Ιανουάριο και την περίοδο της άνοιξης.

Το Ελληνικό την ημέρα παρουσιάζει μεγαλύτερες τιμές θερμοκρασίας αέρα από το Ελ. Βενιζέλος με εξαίρεση τον μήνα Μάιο όπου οι τιμές είναι ίσες για τις δύο περιοχές. Την νύχτα επίσης παρουσιάζει μεγαλύτερες τιμές με τις διαφορές όμως να έχουν αυξηθεί με εξαίρεση τον μήνα Οκτώβριο όπου η διαφορά έχει αυξηθεί κατά 0,2°C.

4.1.2 Υπερετήσεις μεταβολές θερμοκρασίας



Σχήμα 4.12. Μέγιστη ετήσια τιμή θερμοκρασίας αέρα day.



Σχήμα 4.13. Μέγιστη ετήσια τιμή θερμοκρασίας αέρα night.

Στα σχήματα 4.12 και 4.13 αποτυπώνονται οι μέγιστες ετήσιες θερμοκρασίας αέρα ημέρας και νύχτας, συγκεκριμένα:

Η Ελευσίνα παρουσιάζει την μέγιστη θερμοκρασία αέρα την ημέρα στους 36,0°C το έτος 2006 και την νύχτα στους 22,3°C το έτος 2000.

Το Ελληνικό παρουσιάζει την μέγιστη θερμοκρασία την ημέρα στους 24,6°C τα έτη 2000 και 2008 και την νύχτα στους 23,0°C τα έτη 2000, 2003, 2004 και 2011.

Το Ελ. Βενιζέλος παρουσιάζει την μέγιστη θερμοκρασία την ημέρα στους 34,8°C το έτος 2006 και την νύχτα στους 21,3°C το έτος 2011.

Παρατηρούμε ότι η Ελευσίνα ως προς:

- Το Ελληνικό την ημέρα παρουσιάζει μεγαλύτερες τιμές θερμοκρασίες αέρα με εξαίρεση το έτος 2000 όπου οι τιμές είναι ίσες και το έτος 2008 όπου η θερμοκρασία είναι μικρότερη κατά 0,3°C. Η μέγιστη διαφορά παρατηρείται στους 3,8°C το έτος 2014. Την νύχτα παρουσιάζει μεγαλύτερες τιμές με εξαίρεση τα έτη 2001, 2006, 2009, 2010, 2013, 2014 και 2017 όπου οι τιμές είναι ίσες και τα έτη 2000 και 2012 όπου είναι μικρότερες κατά 0,8°C και 0,3°C αντίστοιχα. Αν εξαιρέσουμε τα έτη 2007 και 2011 όπου η διαφορά παρατηρείται στους 1,3°C, οι υπόλοιπες διαφορές δεν ξεπερνούν τους 0,8°C.

- Το Ελ. Βενιζέλος την ημέρα παρουσιάζει μεγαλύτερες τιμές θερμοκρασίας αέρα με την ελάχιστη διαφορά να παρατηρείται στους $0,5^{\circ}\text{C}$ το έτος 2002 και η μέγιστη στους $2,8^{\circ}\text{C}$. Την νύχτα επίσης παρουσιάζει μεγαλύτερες τιμές με την ελάχιστη διαφορά να παρατηρείται στους $1,0^{\circ}\text{C}$ τα έτη 2001 και 2012 και η μέγιστη στους $3,3^{\circ}\text{C}$ το έτος 2015. Γενικά την νύχτα η διαφορά θερμοκρασίας έχει αυξηθεί συγκριτικά με την ημέρα, παρατηρούμε διαφορές στους $1,8^{\circ}\text{C}$ το έτος 2002, στους $3,0^{\circ}\text{C}$ το έτος 2011 και στους $2,8^{\circ}\text{C}$ τα έτη 2006, και 2017 όταν η αντίστοιχες διαφορές την ημέρα είναι στους $0,5^{\circ}\text{C}$ το έτος 2002, στους $2,3^{\circ}\text{C}$ το έτος 2011, στους $1,3^{\circ}\text{C}$ το έτος 2006 και στους $2,0^{\circ}\text{C}$ το έτος 2017.

Παρατηρούμε ότι το Ελληνικό ως προς:

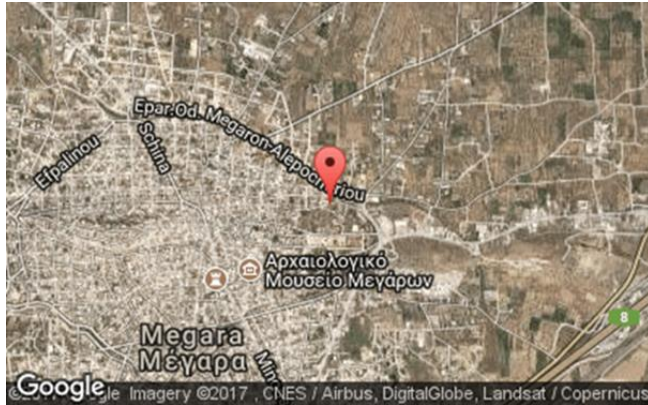
- Το Ελ. Βενιζέλος την ημέρα παρουσιάζει μεγαλύτερες τιμές θερμοκρασίας αέρα με εξαίρεση τα έτη 2002 και 2003 όπου η θερμοκρασία είναι μικρότερη κατά $0,5^{\circ}\text{C}$, το έτος 2004 είναι μικρότερη κατά $0,8^{\circ}\text{C}$, το έτος 2005 είναι μικρότερη κατά $0,3^{\circ}\text{C}$ και τα έτη 2006 και 2014 είναι μικρότερη κατά $1,3^{\circ}\text{C}$. Η μέγιστη διαφορά παρατηρείται στους $3,0^{\circ}\text{C}$ το έτος 2008. Την νύχτα παρουσιάζει μεγαλύτερες τιμές με εξαίρεση το έτος 2003 όπου η θερμοκρασία είναι μικρότερη κατά $0,5^{\circ}\text{C}$. Η μέγιστη διαφορά παρατηρείται στους $2,8^{\circ}\text{C}$ τα έτη 2006 και 2017.

4.2 Ενδοετήσιες μεταβολές της LST

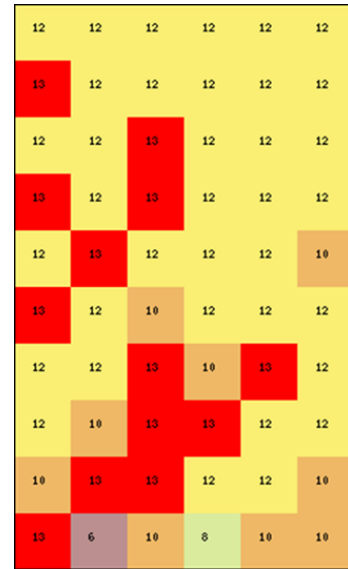
4.2.1 Μέγαρα



Σχήμα 4.14. Εύρος περιοχής μελέτης για την περιοχή των Μεγάρων.



(α)



(β)

Σχήμα 4.15. (α) Επίκεντρο περιοχής μελέτης της περιοχής των Μεγάρων, (β) συνάθροιση από εικονοστοιχεία των 500m σε έκταση 3x5km.

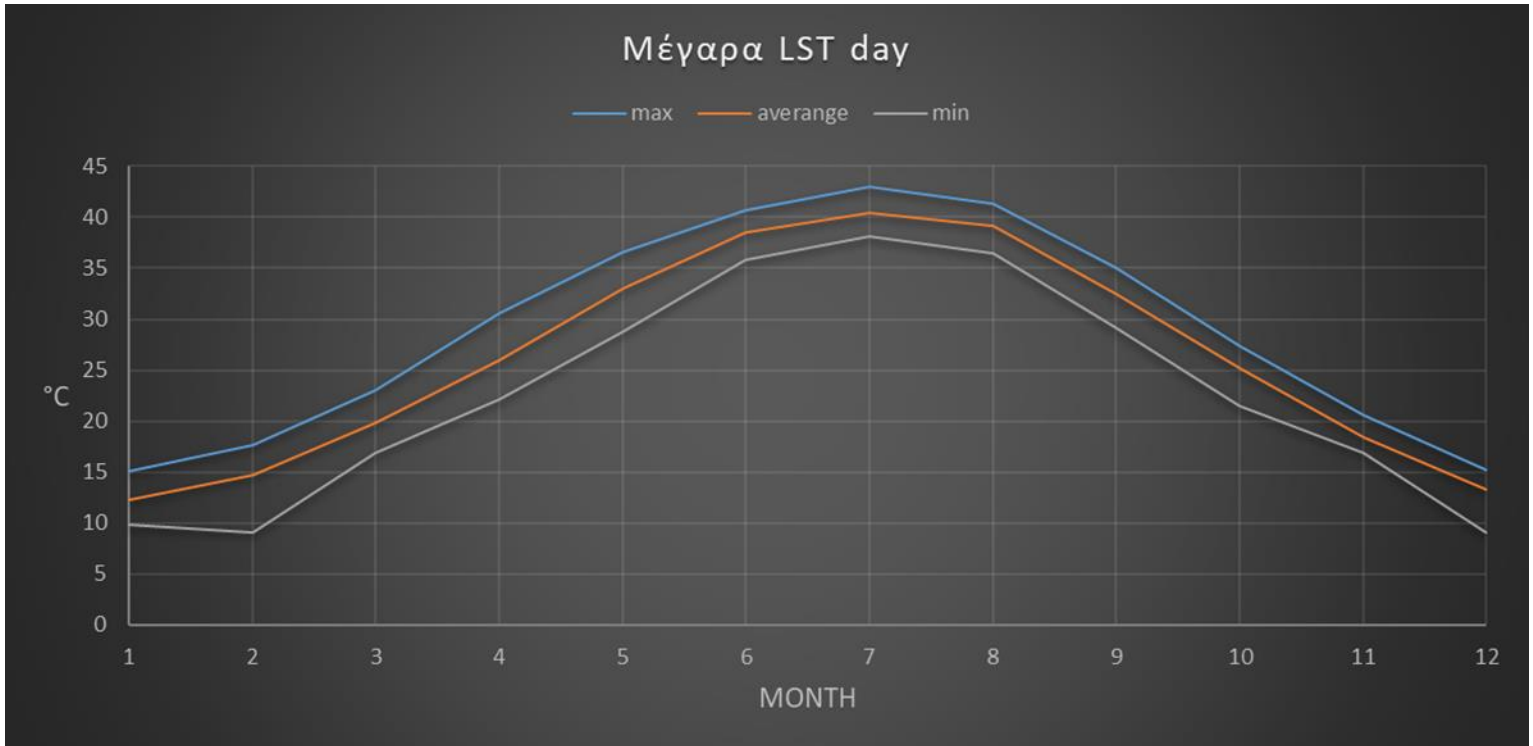
Στο σχήμα 4.14 αποτυπώνεται το εύρος της περιοχής μελέτης της περιοχής των Μεγάρων, στο σχήμα 4.15 (α) αποτυπώνεται το επίκεντρο της περιοχής που μελετάμε και στο σχήμα 4.15 (β) αποτυπώνεται η συνάθροιση εικονοστοιχείων των 500m στην έκταση των 3x5km.

Παρατηρούμε η περιοχή μελέτης περιλαμβάνει ένα τμήμα αστικής και ένα τμήμα μη αστικής περιοχής, το οποίο καλύπτει μεγαλύτερη έκταση από αυτό της αστικής.

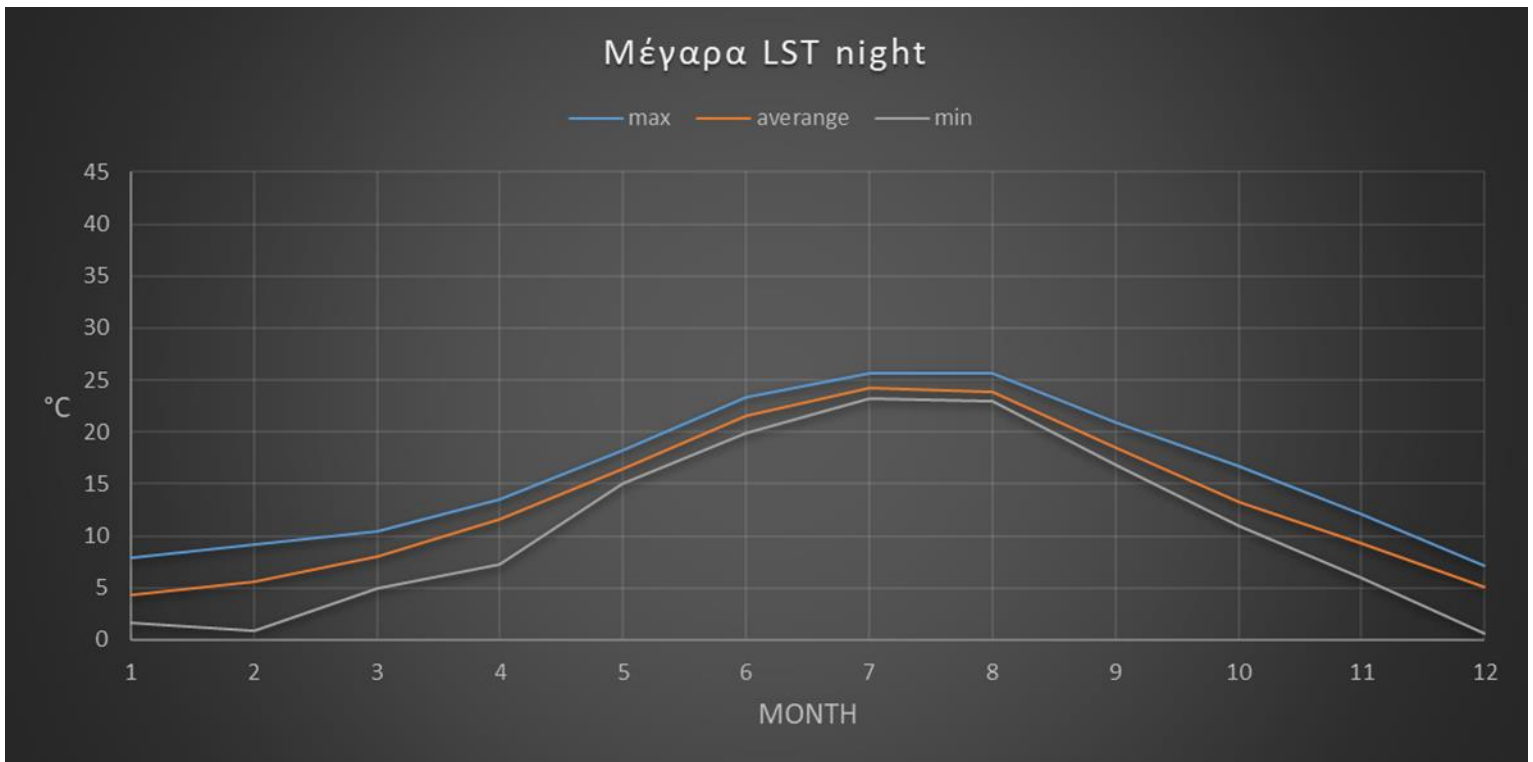
Συγκεκριμένα η περιοχή μελέτης σύμφωνα με τον πίνακα 4.7 αποτελείται από ένα τμήμα αστικής περιοχής που καλύπτει μια έκταση 3,5km², ένα τμήμα καλλιεργήσιμης περιοχής έκτασης 9km², ένα τμήμα με λιβάδια έκτασης 2km², ένα τμήμα θαμνώδους περιοχής έκτασης 0,25km² και ένα τμήμα πεδιάδας με δέντρα έκτασης 0,25km².

day-night

Οι μέγιστες, ελάχιστες και μέσες μηνιαίες τιμές της LST ημέρας και νύχτας για την περιοχή των Μεγάρων για τα δεδομένα day-night αποτυπώνονται στα σχήματα 4.16 και 4.17 αντίστοιχα.



Σχήμα 4.16. Μέγιστη, ελάχιστη και μέση μηνιαία τιμή LST day της περιοχής των Μεγάρων.



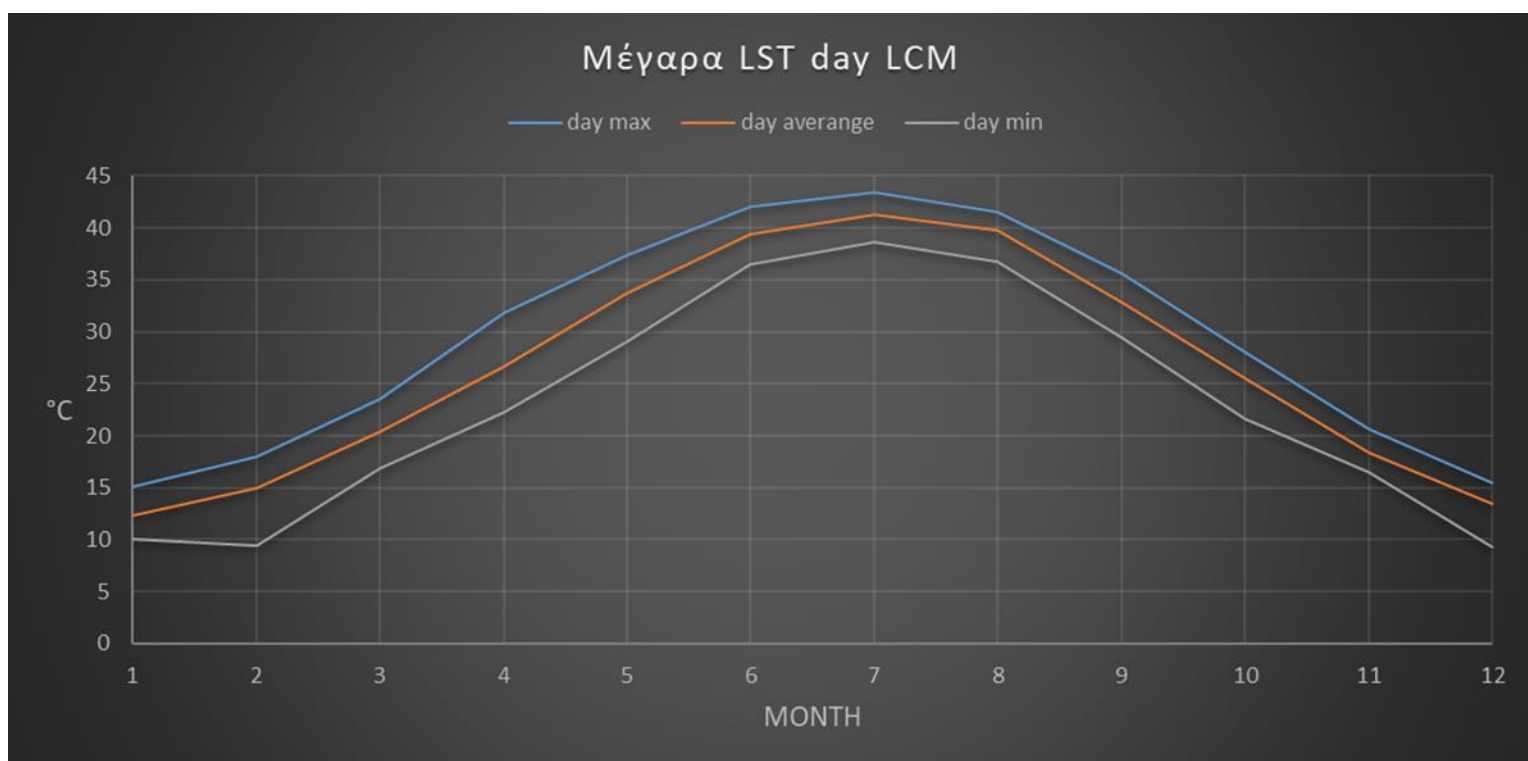
Σχήμα 4.17. Μέγιστη, ελάχιστη και μέση μηνιαία τιμή LST night της περιοχής των Μεγάρων.

Την ημέρα το μέγιστο παρατηρείται στους 43,0°C τον μήνα Ιούλιο και το ελάχιστο στους 9,1°C τον μήνα Φεβρουάριο με δεύτερο ελάχιστο στους 9,0°C τον μήνα Δεκέμβριο. Την νύχτα το μέγιστο παρατηρείται στους 25,6°C τους μήνες Ιούλιο και Αύγουστο και το ελάχιστο στους 0,6°C τον μήνα Δεκέμβριο.

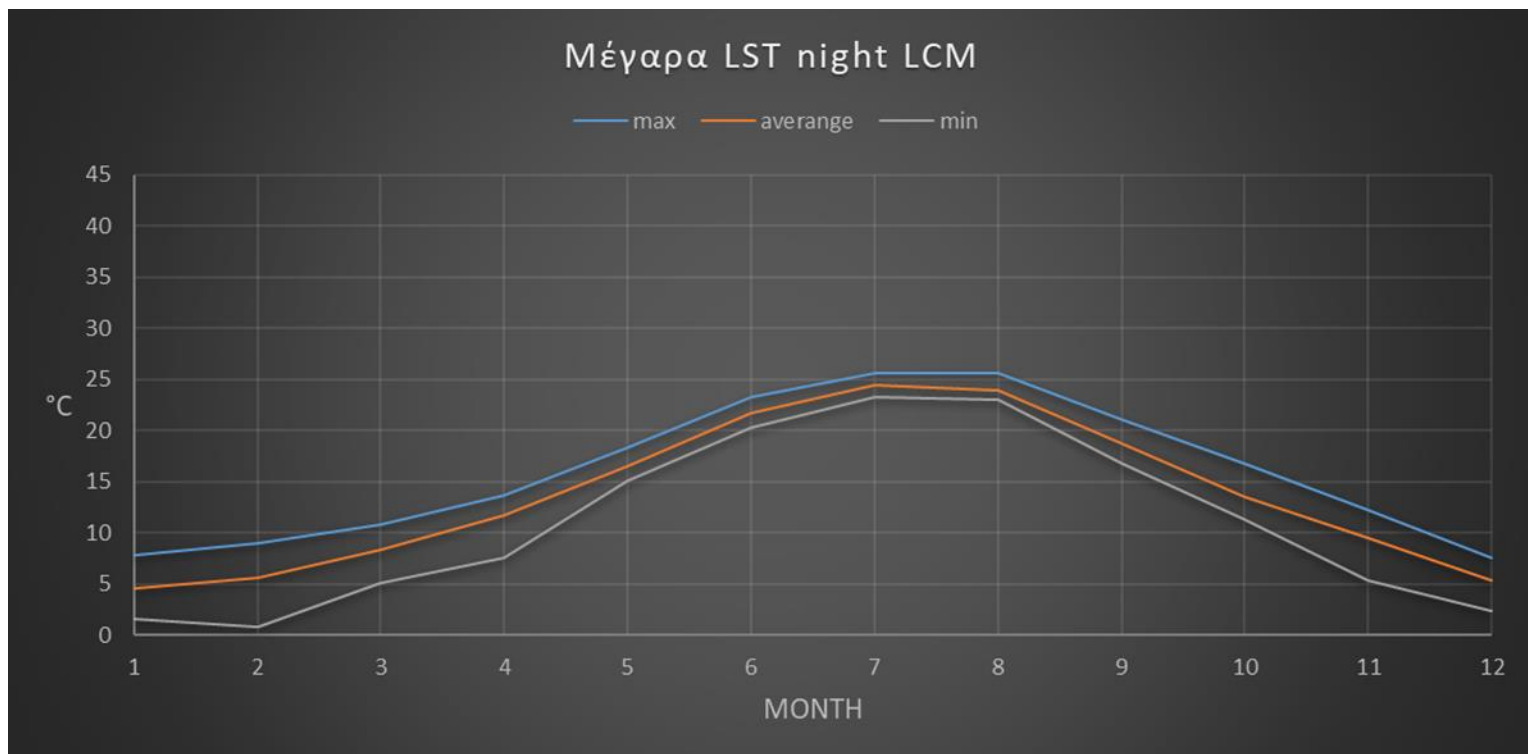
Για την μέση μηνιαία τιμή της LST το μέγιστο την ημέρα παρατηρείται Ιούλιο στους 40,5°C τον μήνα και το ελάχιστο στους 12,3°C τον μήνα Ιανουάριο, ενώ την νύχτα το μέγιστο παρατηρείται στους 24,3°C τον μήνα Ιούλιο και το ελάχιστο στους 4,4°C τον μήνα Ιανουάριο.

day-night LCM

Οι μέγιστες, ελάχιστες και μέσες μηνιαίες τιμές της LST ημέρας και νύχτας για την περιοχή των Μεγάρων για τα δεδομένα day-night LCM αποτυπώνονται στα σχήματα 4.18 και 4.19 αντίστοιχα.



Σχήμα 4.18. Μέγιστη, ελάχιστη και μέση μηνιαία τιμή LST day LCM της περιοχής των Μεγάρων.



Σχήμα 4.19. Μέγιστη, ελάχιστη και μέση μηνιαία τιμή LST night LCM της περιοχής των Μεγάρων.

Την ημέρα το μέγιστο παρατηρείται στους 43,4°C τον μήνα Ιούλιο και το ελάχιστο στους 9,3°C τον μήνα Δεκέμβριο με δεύτερο ελάχιστο να παρατηρείται στους 9,5°C τον μήνα Φεβρουάριο. Το μέγιστο την νύχτα παρατηρείται στους 25,7°C τον μήνα Αύγουστο με δεύτερο μέγιστο στους 25,6°C τον μήνα Ιούλιο και το ελάχιστο στους 0,8°C τον μήνα Φεβρουάριο.

Η μέση μηνιαία τιμή της LST την ημέρα παρουσιάζει μέγιστο στους 41,3°C τον μήνα Ιούλιο και ελάχιστο στους 12,3°C τον μήνα Ιανουάριο, ενώ την νύχτα το μέγιστο παρατηρείται στους 24,4°C τον μήνα Ιούλιο και το ελάχιστο στους 4,6°C τον μήνα Ιανουάριο.

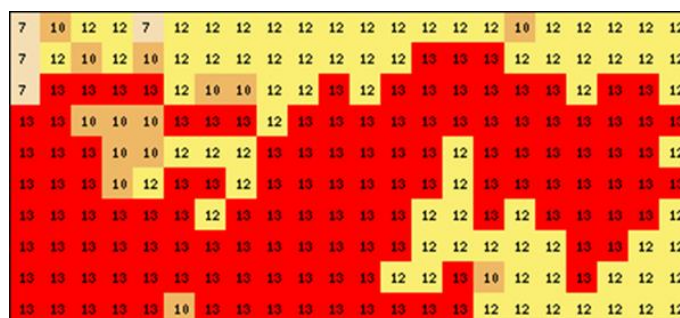
4.2.2 Θριάσιο



Σχήμα 4.20. Εύρος περιοχής μελέτης για την περιοχή του Θριάσιου.



(α)



(β)

Σχήμα 4.21. (α) Επίκεντρο περιοχής μελέτης της περιοχής του Θριάσιου, (β) συνάθροιση από εικονοστοιχεία των 500m σε 11x5km.

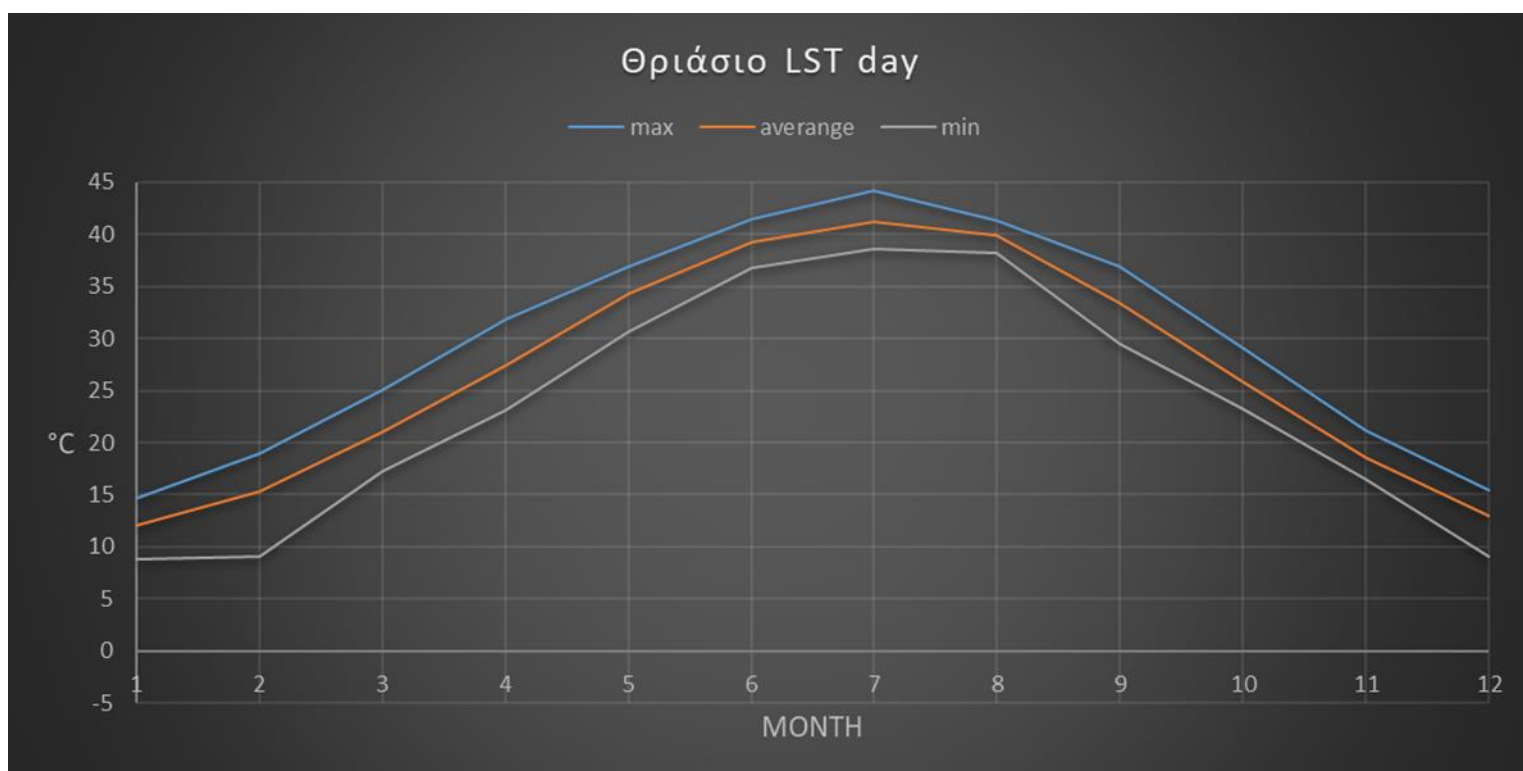
Στο σχήμα 4.20 αποτυπώνεται το εύρος της περιοχής μελέτης για την περιοχή του Θριάσιου, στο σχήμα 4.21 (α) αποτυπώνεται το επίκεντρο της περιοχής που μελετάμε και στο σχήμα 4.21 (β) αποτυπώνεται η συνάθροιση εικονοστοιχείων των 500m στην έκταση των 11x5km

Παρατηρούμε η περιοχή μελέτης περιλαμβάνει ένα τμήμα αστικής και ένα τμήμα μη αστικής περιοχής.

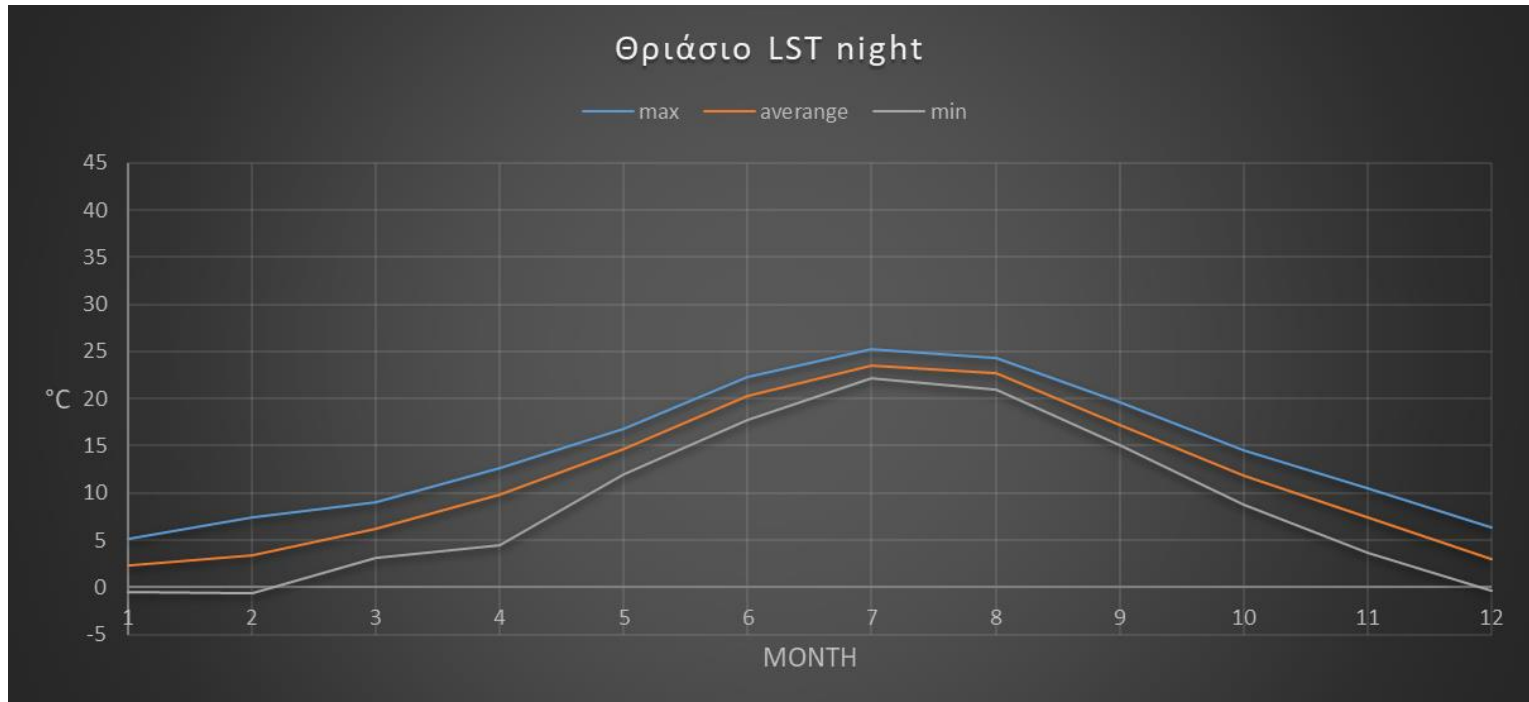
Συγκεκριμένα η περιοχή μελέτης σύμφωνα με τον πίνακα 4.7 αποτελείται από ένα τμήμα αστικής περιοχής που καλύπτει μια έκταση 31,75km², ένα τμήμα καλλιεργήσιμης περιοχής έκτασης 23,25km², ένα τμήμα με λιβάδια έκτασης 3km² και ένα τμήμα θαμνώδους περιοχής έκτασης 1km².

day-night

Οι μέγιστες, ελάχιστες και μέσες μηνιαίες τιμές της LST ημέρας και νύχτας για την περιοχή του Θριάσιου για τα δεδομένα day-night αποτυπώνονται στα σχήματα 4.22 και 4.23 αντίστοιχα.



Σχήμα 4.22. Μέγιστη, ελάχιστη και μέση μηνιαία τιμή LST day της περιοχής του Θριάσιου.



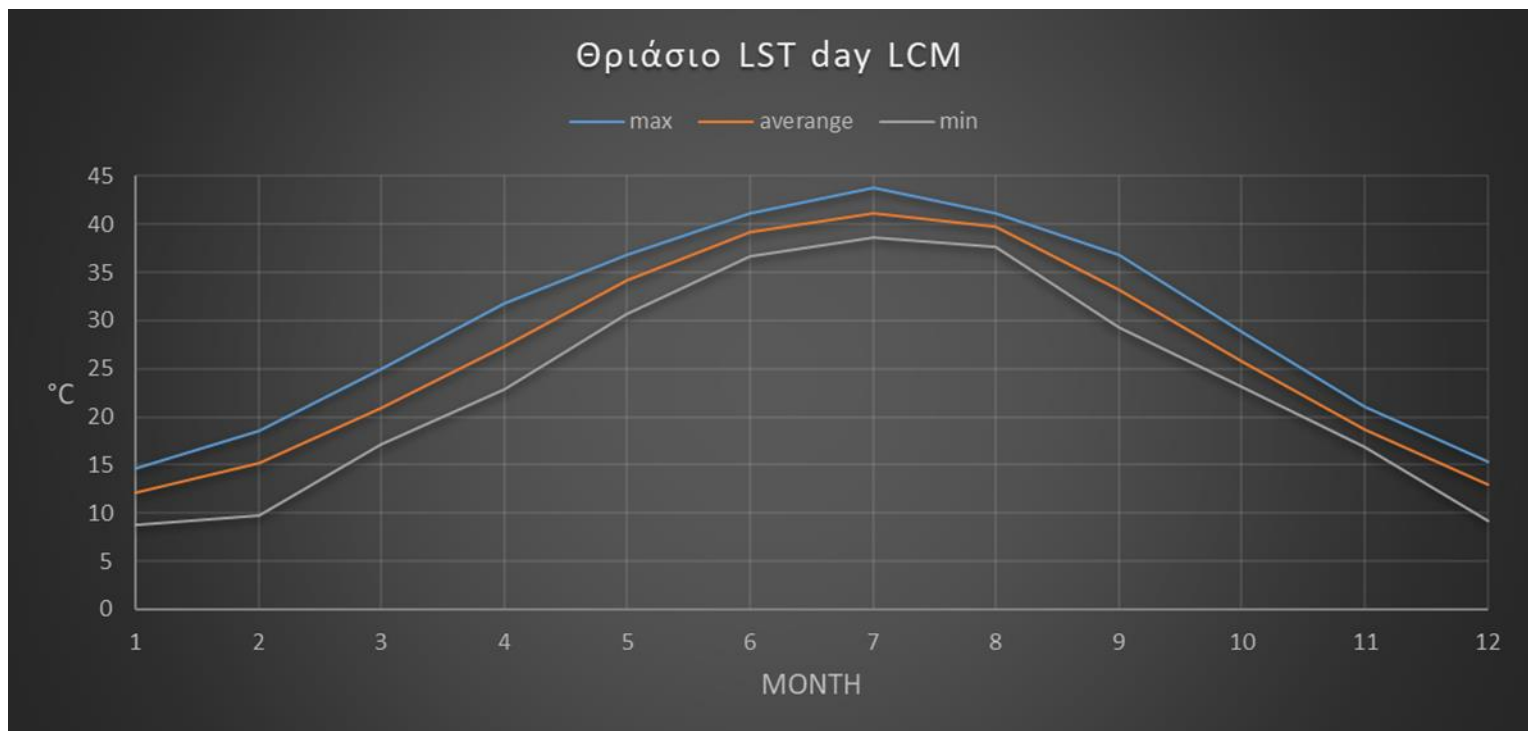
Σχήμα 4.23. Μέγιστη, ελάχιστη και μέση μηνιαία τιμή LST night της περιοχής του Θριάσιου.

Την ημέρα το μέγιστο παρατηρείται στους 44,2°C τον μήνα Ιούλιο και το ελάχιστο στους 8,8°C τον μήνα Ιανουάριο με δεύτερο ελάχιστο να παρατηρείται στους 9,1 C τους μήνες Φεβρουάριο και Δεκέμβριο. Το μέγιστο την νύχτα παρατηρείται στους 25,2°C τον μήνα Ιούλιο και το ελάχιστο στους -0,6°C τον μήνα Φεβρουάριο.

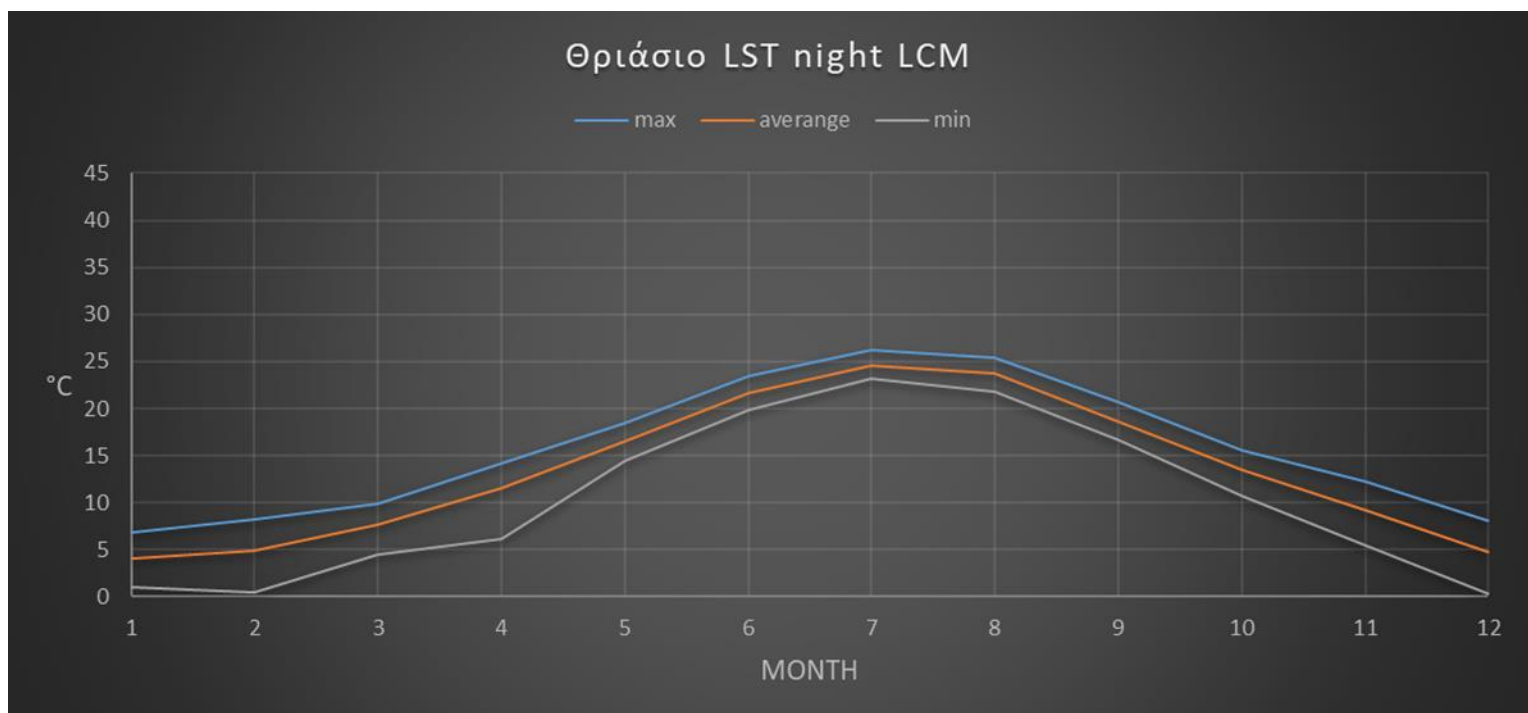
Το μέγιστο της μέσης μηνιαίας τιμής της LST την ημέρα παρατηρείται στους 41,2°C τον μήνα Ιούλιο και το ελάχιστο στους 12,0°C τον μήνα Ιανουάριο. Την νύχτα το μέγιστο παρατηρείται στους 23,5°C τον μήνα Ιούλιο και το ελάχιστο στους 2,3°C τον μήνα Ιανουάριο.

day-night LCM

Οι μέγιστες, ελάχιστες και μέσες μηνιαίες τιμές της LST ημέρας και νύχτας για την περιοχή του Θριάσιου για τα δεδομένα day-night LCM αποτυπώνονται στα σχήματα 4.24 και 4.25 αντίστοιχα.



Σχήμα 4.24. Μέγιστη, ελάχιστη και μέση μηνιαία τιμή LST day LCM της περιοχής του Θριάσιου.



Σχήμα 4.25. Μέγιστη, ελάχιστη και μέση μηνιαία τιμή LST night LCM της περιοχής του Θριάσιου.

Την ημέρα το μέγιστο παρατηρείται στους 43,8°C τον μήνα Ιούλιο και το ελάχιστο στους 8,8°C τον μήνα Ιανουάριο με δεύτερο ελάχιστο να παρατηρείται στους 9,2°C τον μήνα Δεκέμβριο. Το μέγιστο την νύχτα παρατηρείται στους 26,2°C τον μήνα Ιούλιο και το ελάχιστο στους 0,3°C τον μήνα Δεκέμβριο με δεύτερο ελάχιστο να παρατηρείται στους 0,5°C τον μήνα Φεβρουάριο.

Το μέγιστο της μέσης μηνιαίας τιμής της LST την ημέρα παρατηρείται στους 41,1°C τον μήνα Ιούλιο και το ελάχιστο στους 12,1°C τον μήνα Ιανουάριο ενώ την νύχτα το μέγιστο παρατηρείται στους 24,6°C τον μήνα Ιούλιο και το ελάχιστο στους 4,0°C τον μήνα Ιανουάριο.

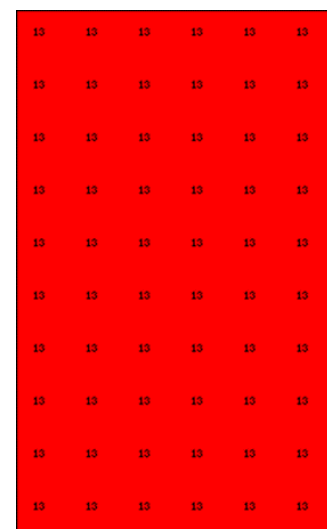
4.2.3 Βόρειο τμήμα της Αθήνας



If the Selected Parameters Above are Correct. Select **Create Subset** to Begin Processing
 Σχήμα 4.26. Εύρος περιοχής μελέτης του βόρειου τμήματος της Αθήνας.



(α)



(β)

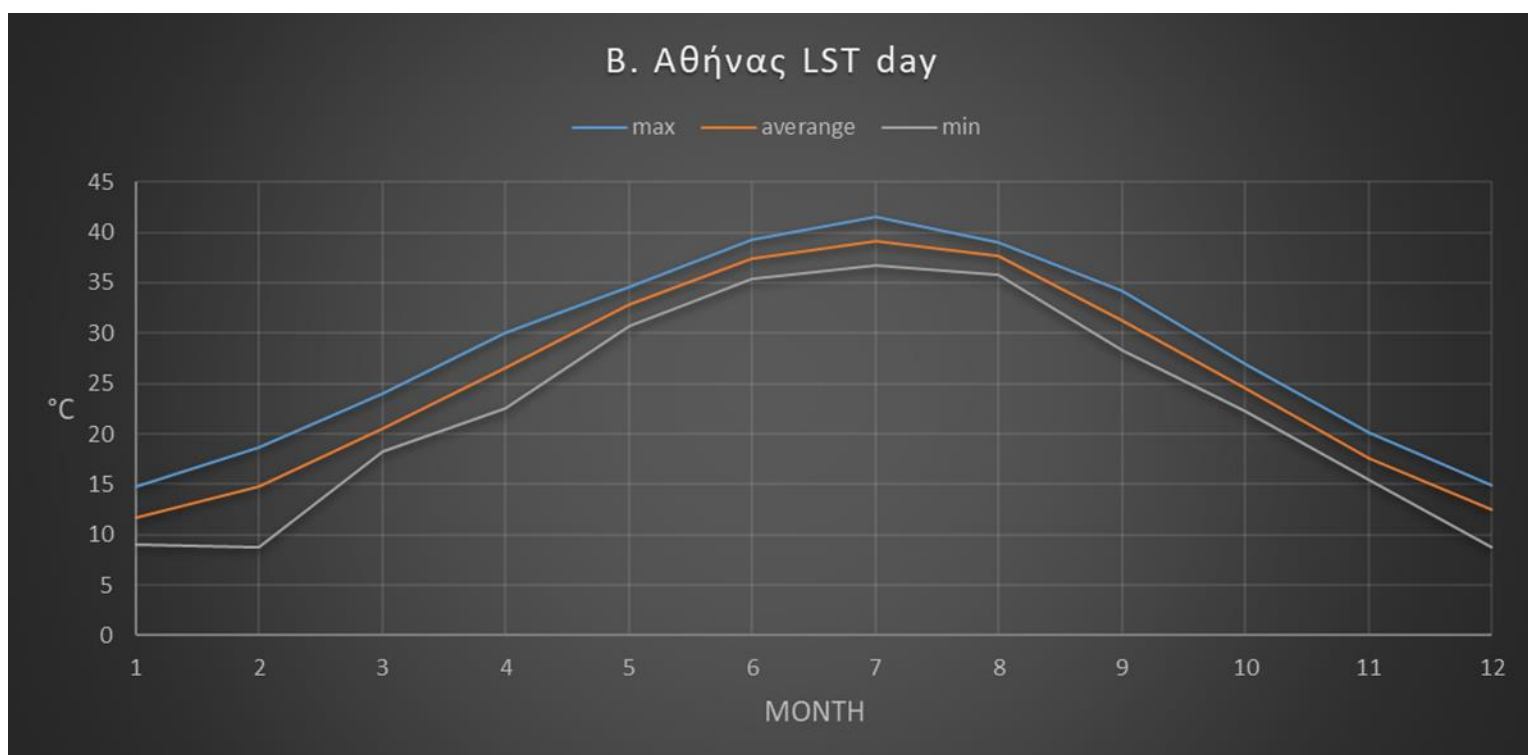
Σχήμα 4.27. (α) Επίκεντρο περιοχής μελέτης του βόρειου τμήματος της Αθήνας, (β) συνάθροιση από εικονοστοιχεία των 500m σε 3x5km.

Στο σχήμα 4.26 αποτυπώνεται το εύρος της περιοχής μελέτης για το βόρειο τμήμα της Αθήνας, στο σχήμα 4.27 (α) αποτυπώνεται το επίκεντρο της περιοχής που μελετάμε και στο σχήμα 4.27 (β) αποτυπώνεται η συνάθροιση εικονοστοιχείων των 500m στην έκταση των 11x5km.

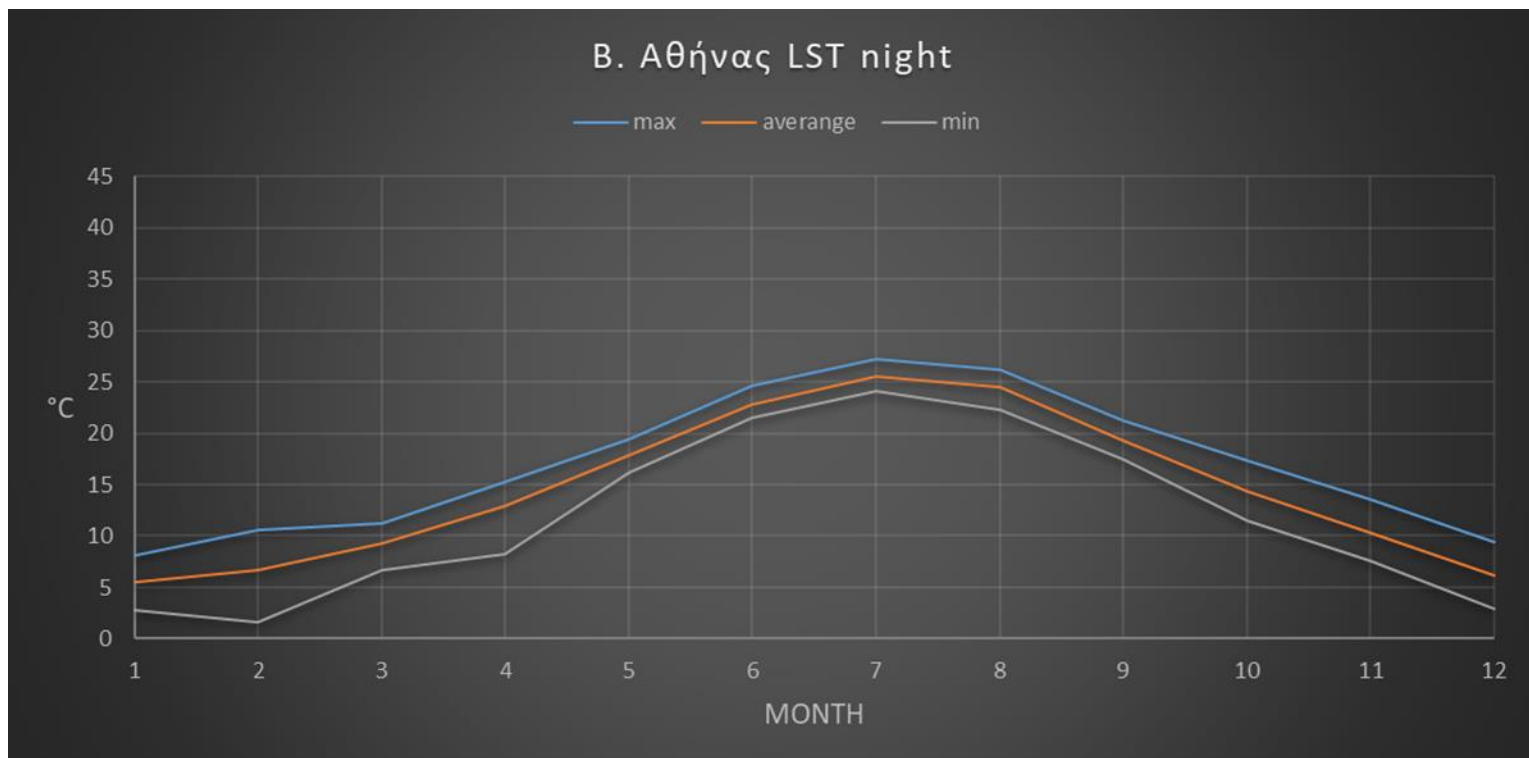
Παρατηρούμε η περιοχή μελέτης πρόκειται μόνο για αστική περιοχή έκτασης 15km².

day-night

Οι μέγιστες, ελάχιστες και μέσες μηνιαίες τιμές της LST ημέρας και νύχτας για την περιοχή του βόρειου τμήματος της Αθήνας για τα δεδομένα day-night αποτυπώνονται στα σχήματα 4.28 και 4.29 αντίστοιχα.



Σχήμα 4.28. Μέγιστη, ελάχιστη και μέση μηνιαία τιμή LST day του βόρειου τμήματος της Αθήνας.



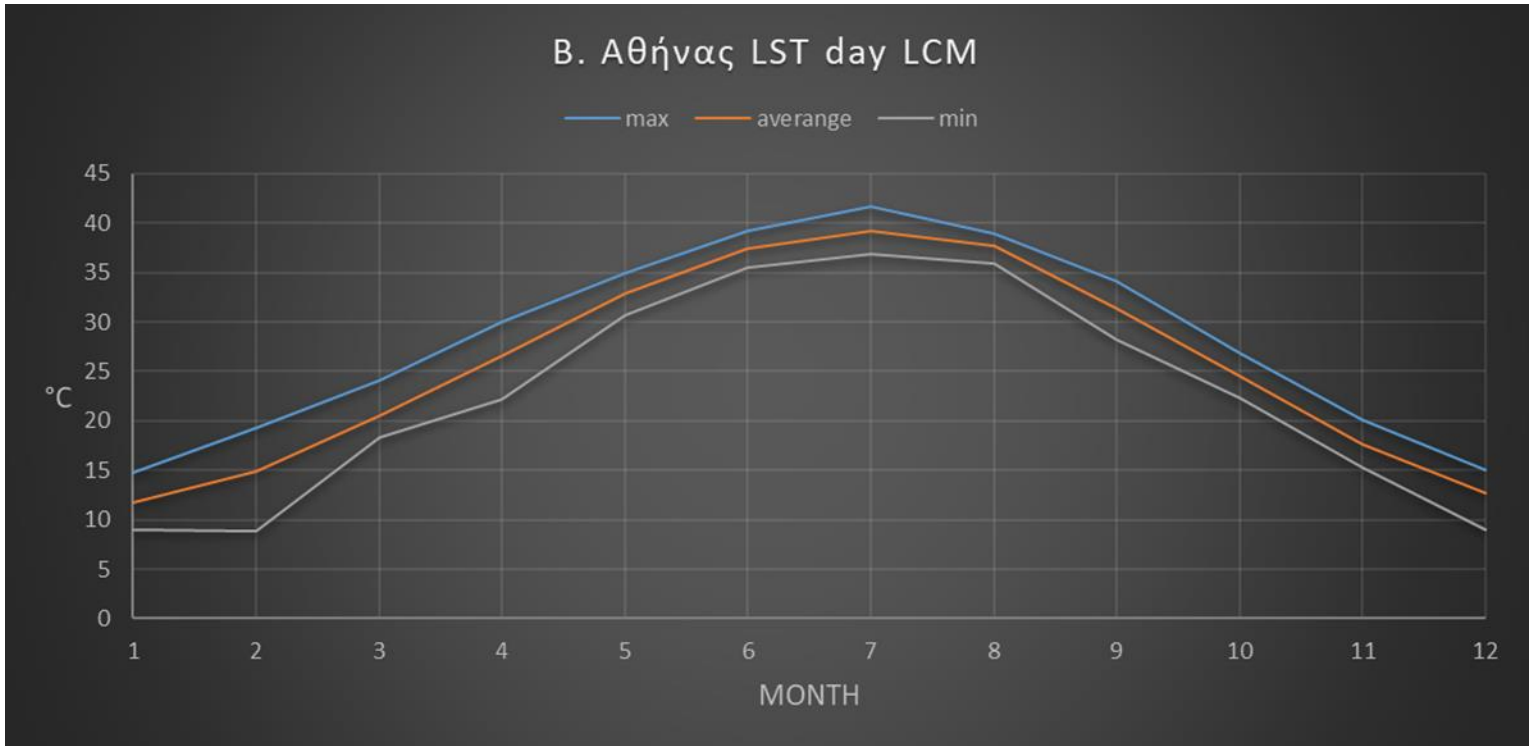
Σχήμα 4.29. Μέγιστη, ελάχιστη και μέση μηνιαία τιμή LST night του βόρειου τμήματος της Αθήνας.

Την ημέρα το μέγιστο της LST παρατηρείται στους 41,6°C τον μήνα Ιούλιο και το ελάχιστο στους 8,7°C τους μήνες Φεβρουάριο και Δεκέμβριο με δεύτερο ελάχιστο να παρατηρείται στους 9,0°C τον μήνα Ιανουάριο. Την νύχτα το μέγιστο παρατηρείται στους 27,2°C τον μήνα Ιούλιο και το ελάχιστο στους 1,6°C τον μήνα Φεβρουάριο.

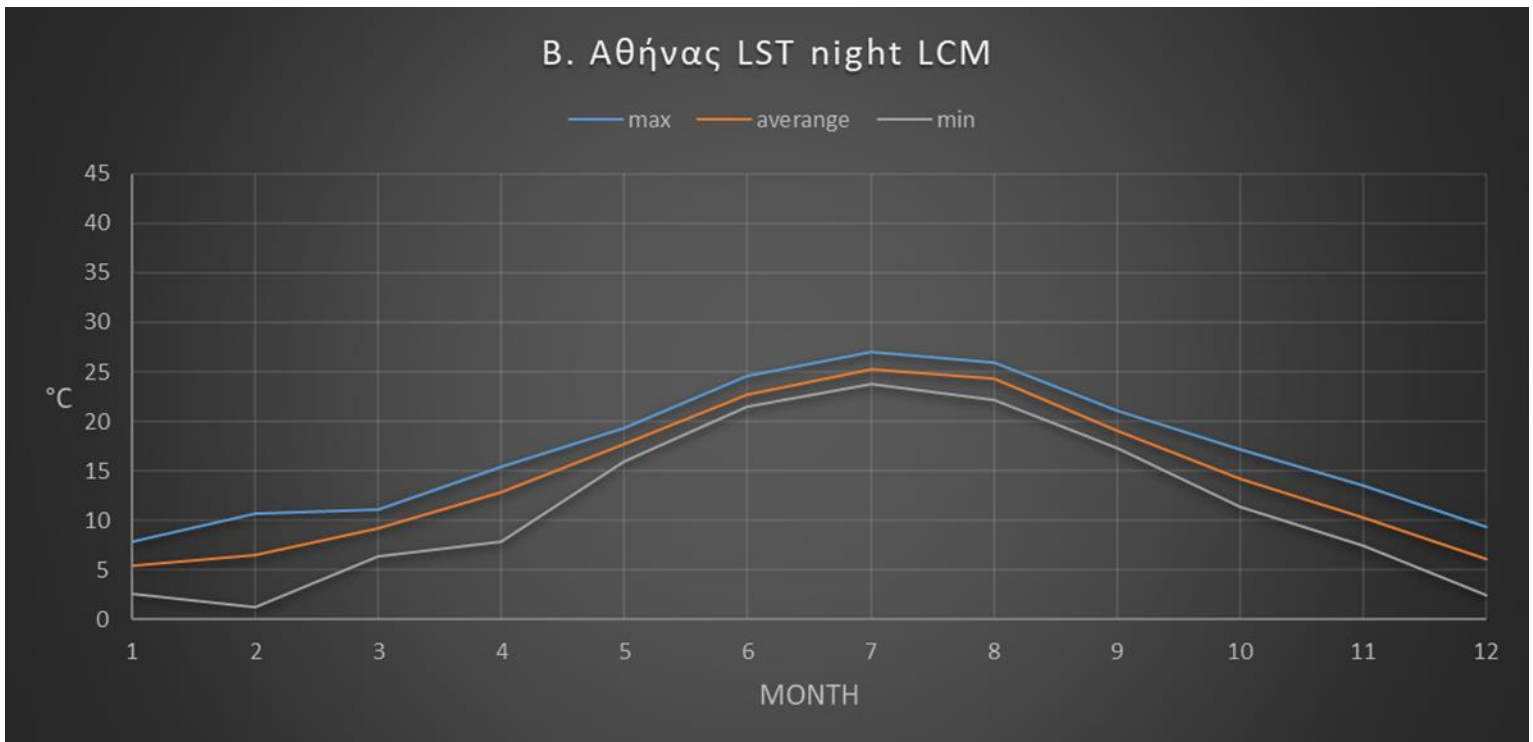
Την ημέρα το μέγιστο της μέσης μηνιαίας τιμής της LST παρατηρείται στους 39,1°C τον μήνα Ιούλιο και το ελάχιστο στους 11,7°C τον μήνα Ιανουάριο. Την νύχτα το μέγιστο παρατηρείται στους 25,5°C τον μήνα Ιούλιο και το ελάχιστο στους 5,5°C τον μήνα Ιανουάριο.

day-night LCM

Οι μέγιστες, ελάχιστες και μέσες μηνιαίες τιμές της LST ημέρας και νύχτας για την περιοχή του βόρειου τμήματος της Αθήνας για τα δεδομένα day-night LCM αποτυπώνονται στα σχήματα 4.30 και 4.31 αντίστοιχα.



Σχήμα 4.30. Μέγιστη, ελάχιστη και μέση μηνιαία τιμή LST day LCM του βόρειου τμήματος της Αθήνας.



Σχήμα 4.31. Μέγιστη, ελάχιστη και μέση μηνιαία τιμή LST night LCM του βόρειου τμήματος της Αθήνας.

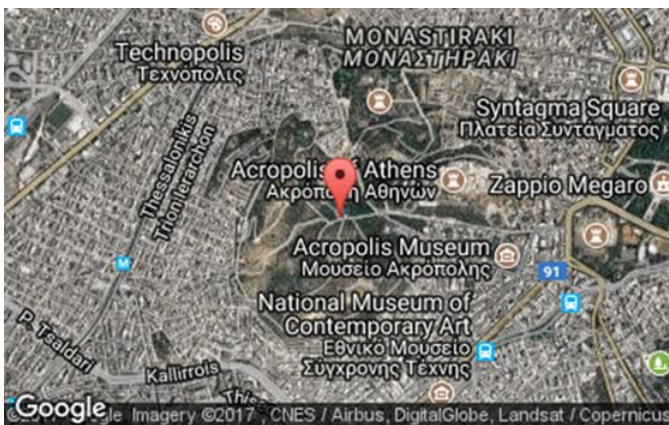
Την ημέρα το μέγιστο της LST παρατηρείται στους 41,7°C τον μήνα Ιούλιο και το ελάχιστο στους 8,8°C τον μήνα Φεβρουάριο με δεύτερο ελάχιστο να παρατηρείται στους 9,0°C τον μήνα Ιανουάριο. Το μέγιστο την νύχτα παρατηρείται στους 27,1°C τον μήνα Ιούλιο και το ελάχιστο στους 1,3°C τον μήνα Φεβρουάριο.

Το μέγιστο της μέσης μηνιαίας τιμής της LST την ημέρα παρατηρείται στους 39,2°C τον μήνα Ιούλιο και το ελάχιστο στους 11,7°C τον μήνα Ιανουάριο. Το μέγιστο την νύχτα παρατηρείται στους 25,3°C τον μήνα Ιούλιο και το ελάχιστο στους 5,5°C τον μήνα Ιανουάριο.

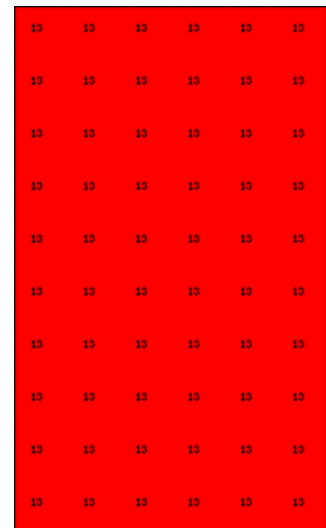
4.2.4 Κεντρικό τμήμα της Αθήνας



Σχήμα 4.32. Εύρος περιοχής μελέτης του κεντρικού τμήματος της Αθήνας.



(α)



(β)

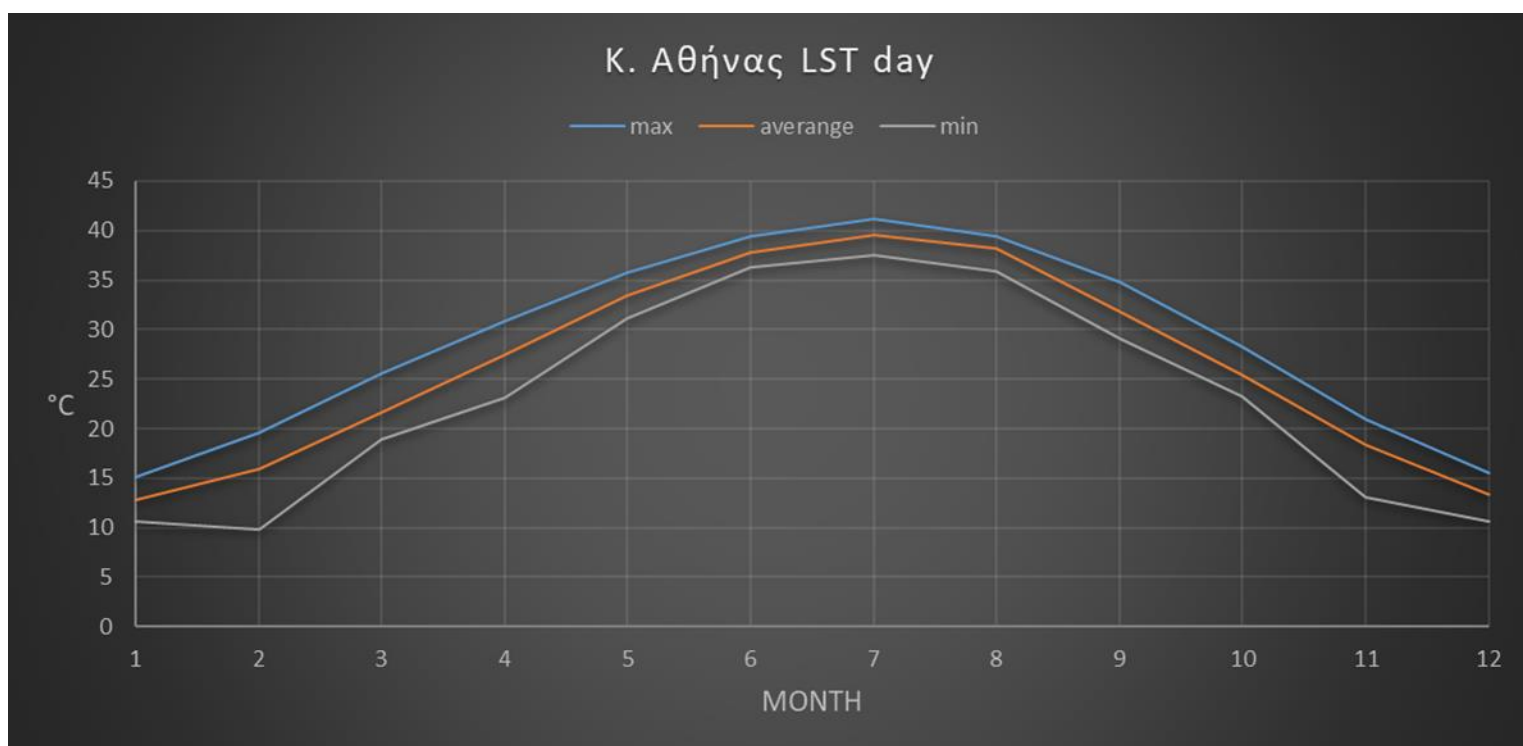
Σχήμα 4.33. (α) Επίκεντρο περιοχής μελέτης του κεντρικού τμήματος της Αθήνας, (β) συνάθροιση από εικονοστοιχεία των 500m σε 3x5km.

Στο σχήμα 4.32 αποτυπώνεται το εύρος της περιοχής μελέτης για το κεντρικό τμήμα της Αθήνας, στο σχήμα 4.33 (α) αποτυπώνεται το επίκεντρο της περιοχής που μελετάμε και στο σχήμα 4.33 (β) αποτυπώνεται η συνάθροιση εικονοστοιχείων των 500m στην έκταση των 11x5km.

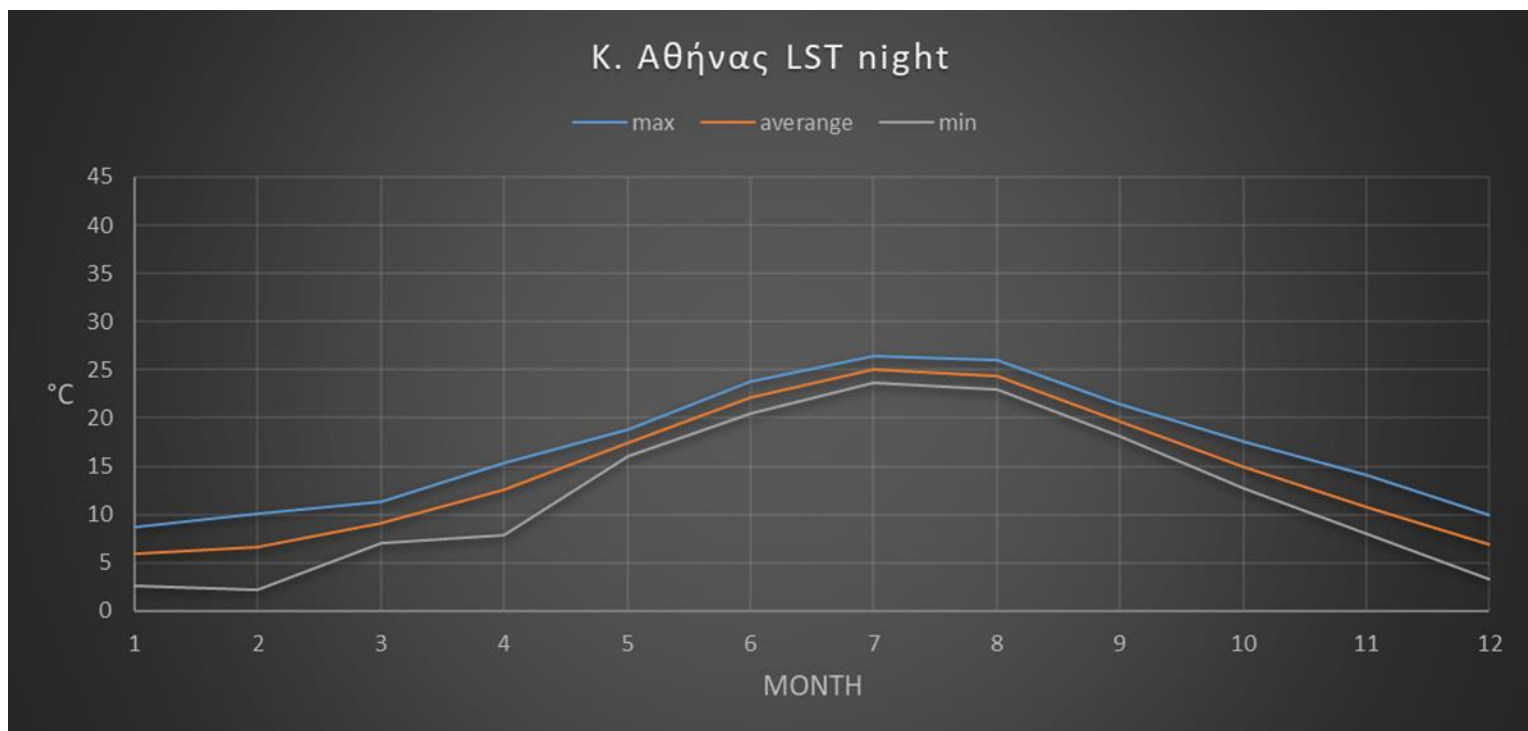
Παρατηρούμε η περιοχή μελέτης πρόκειται μόνο για αστική περιοχή έκτασης 15km².

day-night

Οι μέγιστες, ελάχιστες και μέσες μηνιαίες τιμές της LST ημέρας και νύχτας για την περιοχή του κεντρικού τμήματος της Αθήνας για τα δεδομένα day-night αποτυπώνονται στα σχήματα 4.34 και 4.35 αντίστοιχα.



Σχήμα 4.34. Μέγιστη, ελάχιστη και μέση μηνιαία τιμή LST day του κεντρικού τμήματος της Αθήνας.



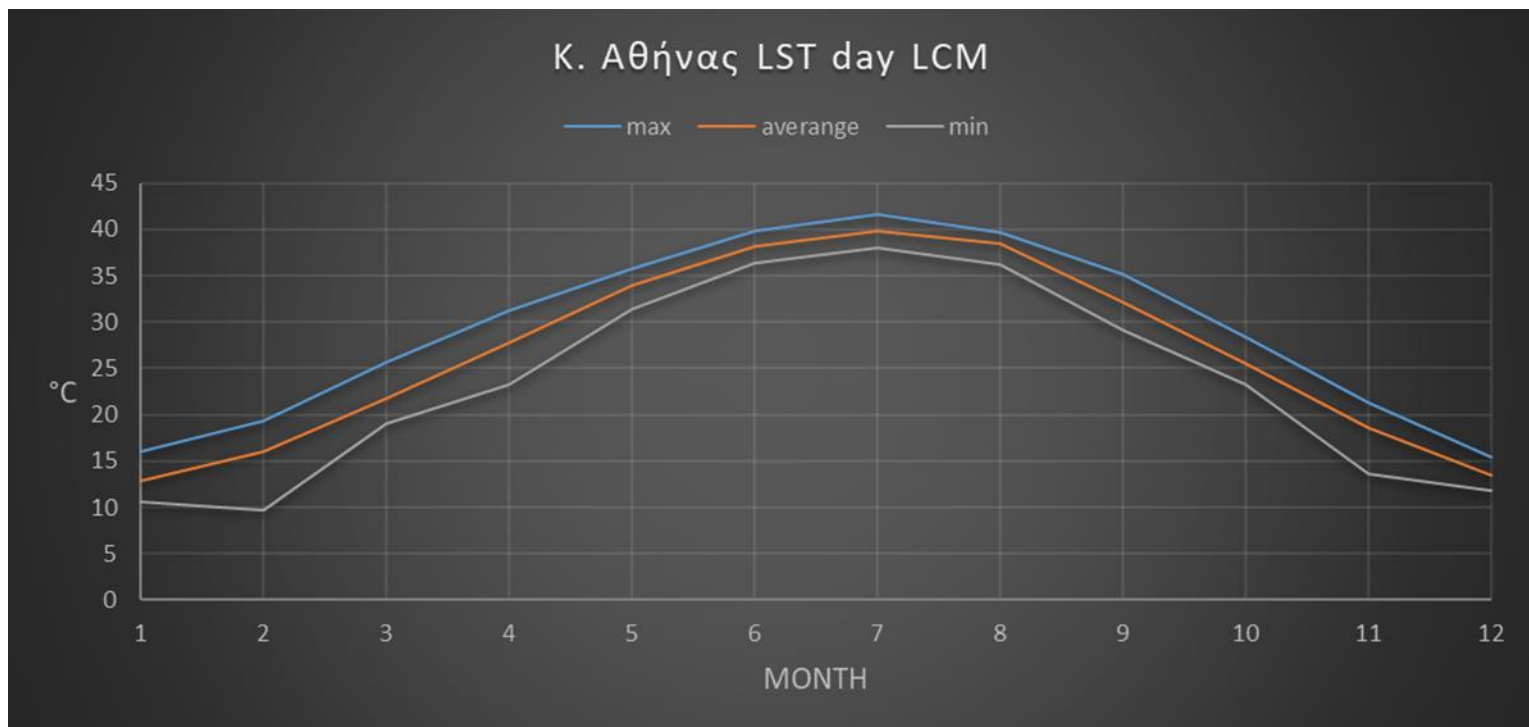
Σχήμα 4.35. Μέγιστη, ελάχιστη και μέση μηνιαία τιμή LST night του κεντρικού τμήματος της Αθήνας.

Την ημέρα το μέγιστο της LST παρατηρείται στους 41,2°C τον μήνα Ιούλιο και το ελάχιστο στους 9,8°C τον μήνα Φεβρουάριο. Την νύχτα το μέγιστο παρατηρείται στους 26,5°C τον μήνα Ιούλιο και το ελάχιστο στους 2,2°C τον μήνα Φεβρουάριο με δεύτερο ελάχιστο να παρατηρείται στους 2,6°C τον μήνα Ιανουάριο.

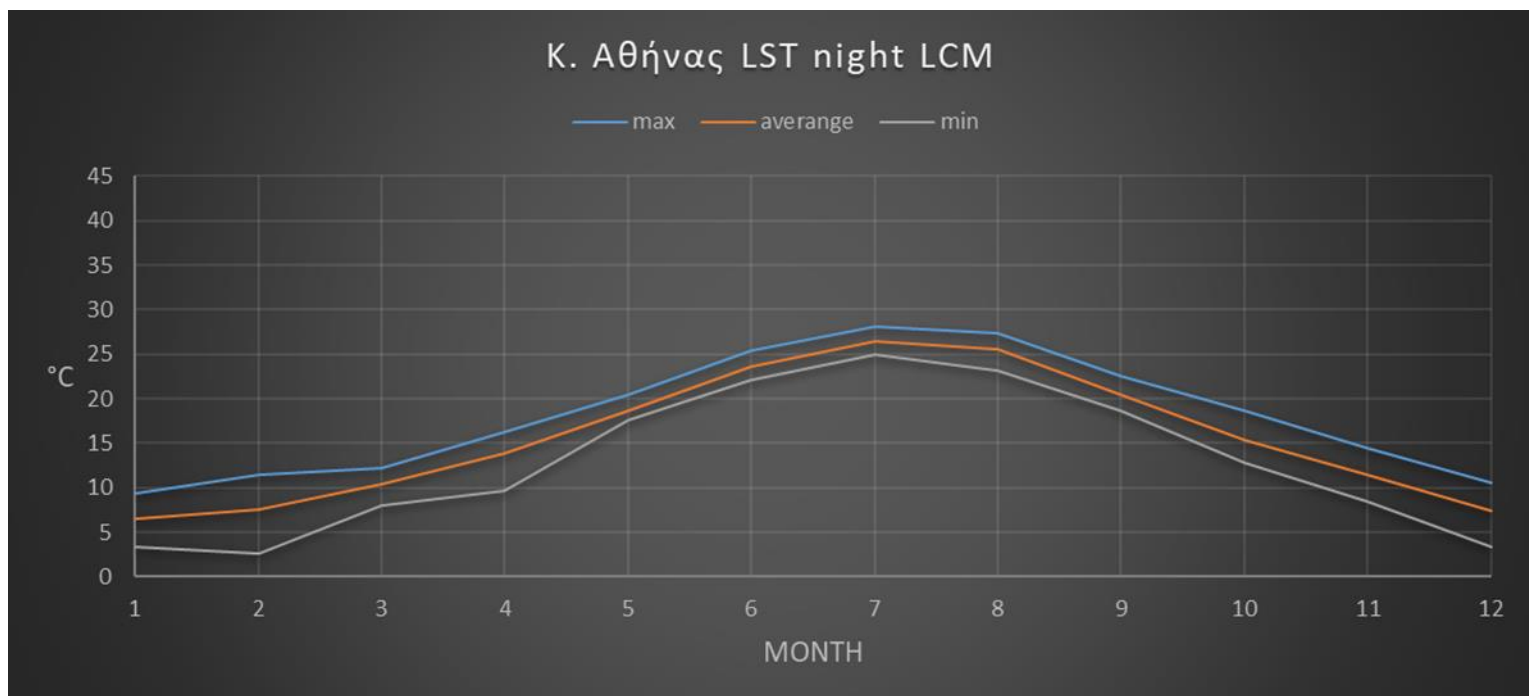
Το μέγιστο της μέσης μηνιαίας τιμής της LST την ημέρα παρατηρείται στους 39,5°C τον μήνα Ιούλιο και το ελάχιστο στους 12,7°C τον μήνα Ιανουάριο. Την νύχτα το μέγιστο παρατηρείται στους 25,0°C τον μήνα Ιούλιο και το ελάχιστο στους 5,9°C τον μήνα Ιανουάριο.

day-night LCM

Οι μέγιστες, ελάχιστες και μέσες μηνιαίες τιμές της LST ημέρας και νύχτας για την περιοχή του κεντρικού τμήματος της Αθήνας για τα δεδομένα day-night LCM αποτυπώνονται στα σχήματα 4.36 και 4.37 αντίστοιχα.



Σχήμα 4.36. Μέγιστη, ελάχιστη και μέση μηνιαία τιμή LST day LCM του κεντρικού τμήματος της Αθήνας.



Σχήμα 4.37. Μέγιστη, ελάχιστη και μέση μηνιαία τιμή LST night LCM του κεντρικού τμήματος της Αθήνας

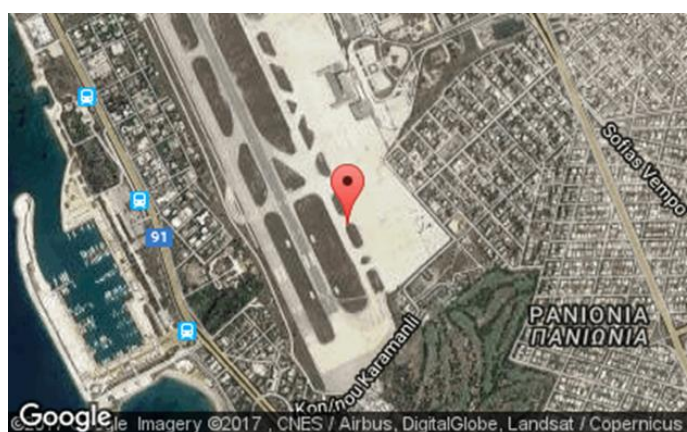
Την ημέρα το μέγιστο της LST παρατηρείται στους 41,7°C τον μήνα Ιούλιο και το ελάχιστο στους 9,8°C τον μήνα Φεβρουάριο. Το μέγιστο την νύχτα παρατηρείται στους 28,2°C τον μήνα Ιούλιο και το ελάχιστο στους 2,6°C τον μήνα Φεβρουάριο.

Για την ημέρα το μέγιστο της μέσης μηνιαίας τιμής της LST παρατηρείται στους 39,9°C τον μήνα Ιούλιο και το ελάχιστο 12,8°C τον μήνα Ιανουάριο στους. Την νύχτα το μέγιστο παρατηρείται στους 26,5°C τον μήνα Ιούλιο και το ελάχιστο στους 6,6°C τον μήνα Ιανουάριο.

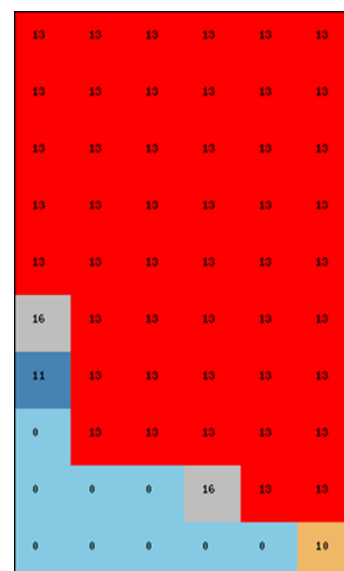
4.2.5 Νότιο τμήμα της Αθήνας



Σχήμα 4.38. Εύρος περιοχής μελέτης του νότιου τμήματος της Αθήνας.



(α)



(β)

Σχήμα 4.39. (α) Επίκεντρο περιοχής μελέτης του νότιου τμήματος της Αθήνας, (β) συνάθροιση από εικονοστοιχεία των 500m σε 3x5km.

Στο σχήμα 4.38 αποτυπώνεται το εύρος της περιοχής μελέτης του νότιου τμήματος της Αθήνας, στο σχήμα 4.39 (α) αποτυπώνεται το επίκεντρο της περιοχής που μελετάμε και στο σχήμα 4.39 (β) αποτυπώνεται η συνάθροιση εικονοστοιχείων των 500m στην έκταση των 11x5km.

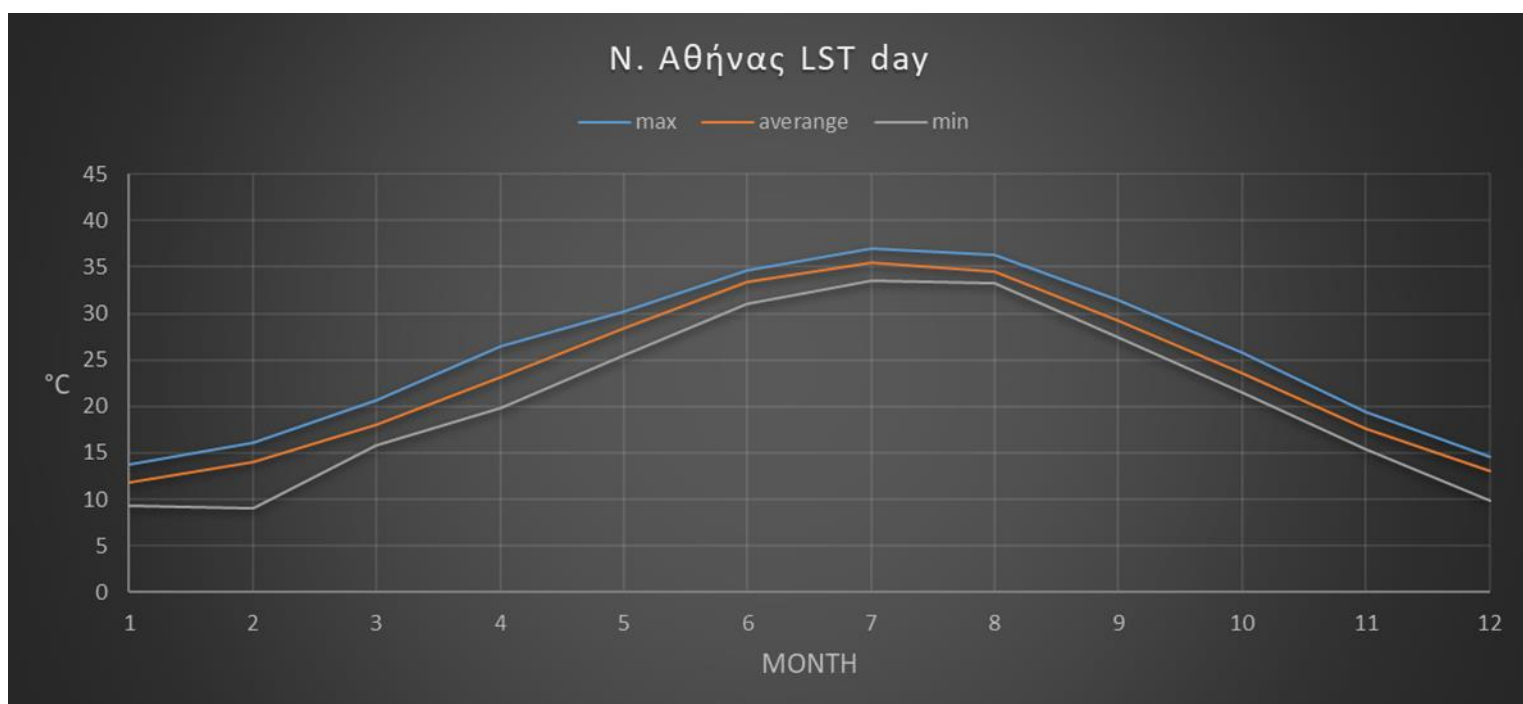
Παρατηρούμε ότι η περιοχή μελέτης αποτελείται από ένα τμήμα αστικής περιοχής καθώς και ένα μικρό τμήμα θαλάσσιας περιοχής.

Συγκεκριμένα η περιοχή μελέτης σύμφωνα με τον πίνακα 4.7 αποτελείται από ένα τμήμα αστικής περιοχής που καλύπτει μια έκταση 11,75km², ένα τμήμα μόνιμου υγροτόπου έκτασης 0,25km², ένα τμήμα καλλιεργήσιμης περιοχής έκτασης 0,25km², ένα τμήμα που περιλαμβάνει υδάτινα στοιχεία έκτασης 0,5km² και ένα τμήμα θαλάσσιας περιοχής έκτασης 2,25km².

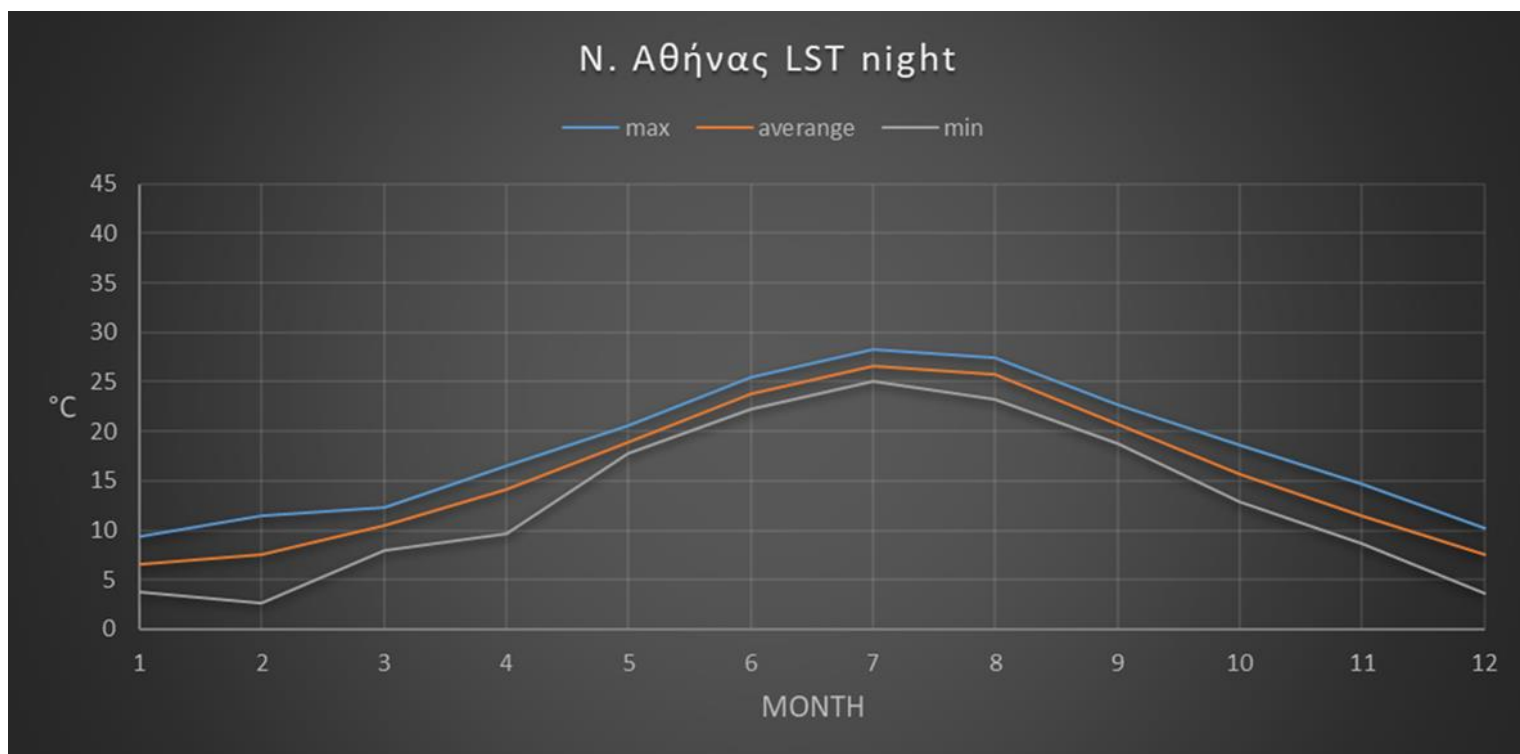
Η αστική περιοχή περιλαμβάνει ένα παράκτιο και ένα μη παράκτιο τμήμα καθώς και τις εγκαταστάσεις του πρώην διεθνή αερολιμένα Αθηνών.

day-night

Οι μέγιστες, ελάχιστες και μέσες μηνιαίες τιμές της LST ημέρας και νύχτας για την περιοχή του κεντρικού τμήματος της Αθήνας για τα δεδομένα day-night αποτυπώνονται στα σχήματα 4.40 και 4.41 αντίστοιχα.



Σχήμα 4.40. Μέγιστη, ελάχιστη και μέση μηνιαία τιμή LST day του νότιου τμήματος της Αθήνας.



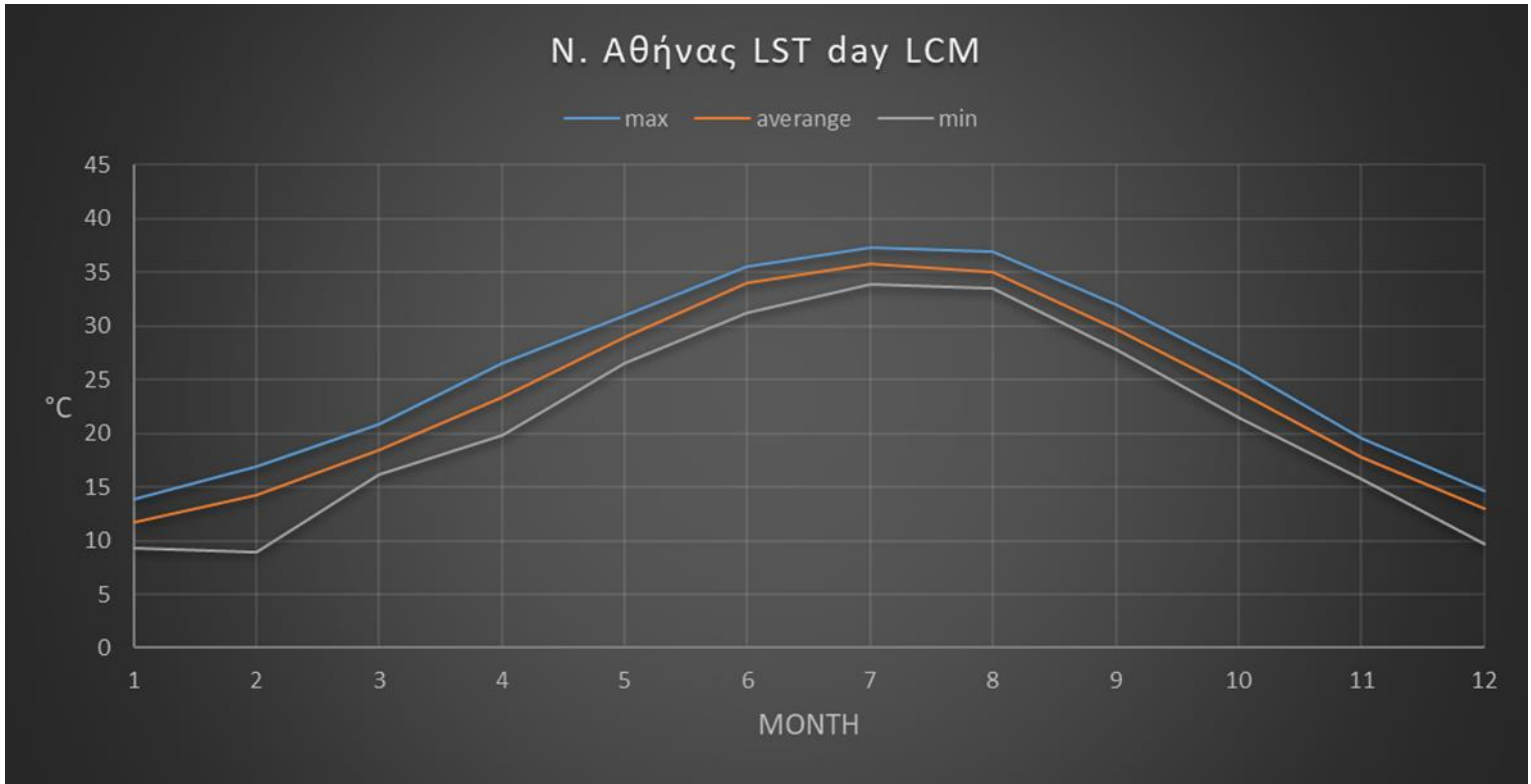
Σχήμα 4.41. Μέγιστη, ελάχιστη και μέση μηνιαία τιμή LST night του νότιου τμήματος της Αθήνας.

Την ημέρα το μέγιστο της LST παρατηρείται στους 37,3°C τον μήνα Ιούλιο και το ελάχιστο στους 9,0°C τον μήνα Φεβρουάριο με δεύτερο ελάχιστο να παρατηρείται στους 9,4°C τον μήνα Ιανουάριο. Το μέγιστο την νύχτα παρατηρείται στους 26,5°C τον μήνα Ιούλιο και το ελάχιστο στους 1,6°C τον μήνα Φεβρουάριο.

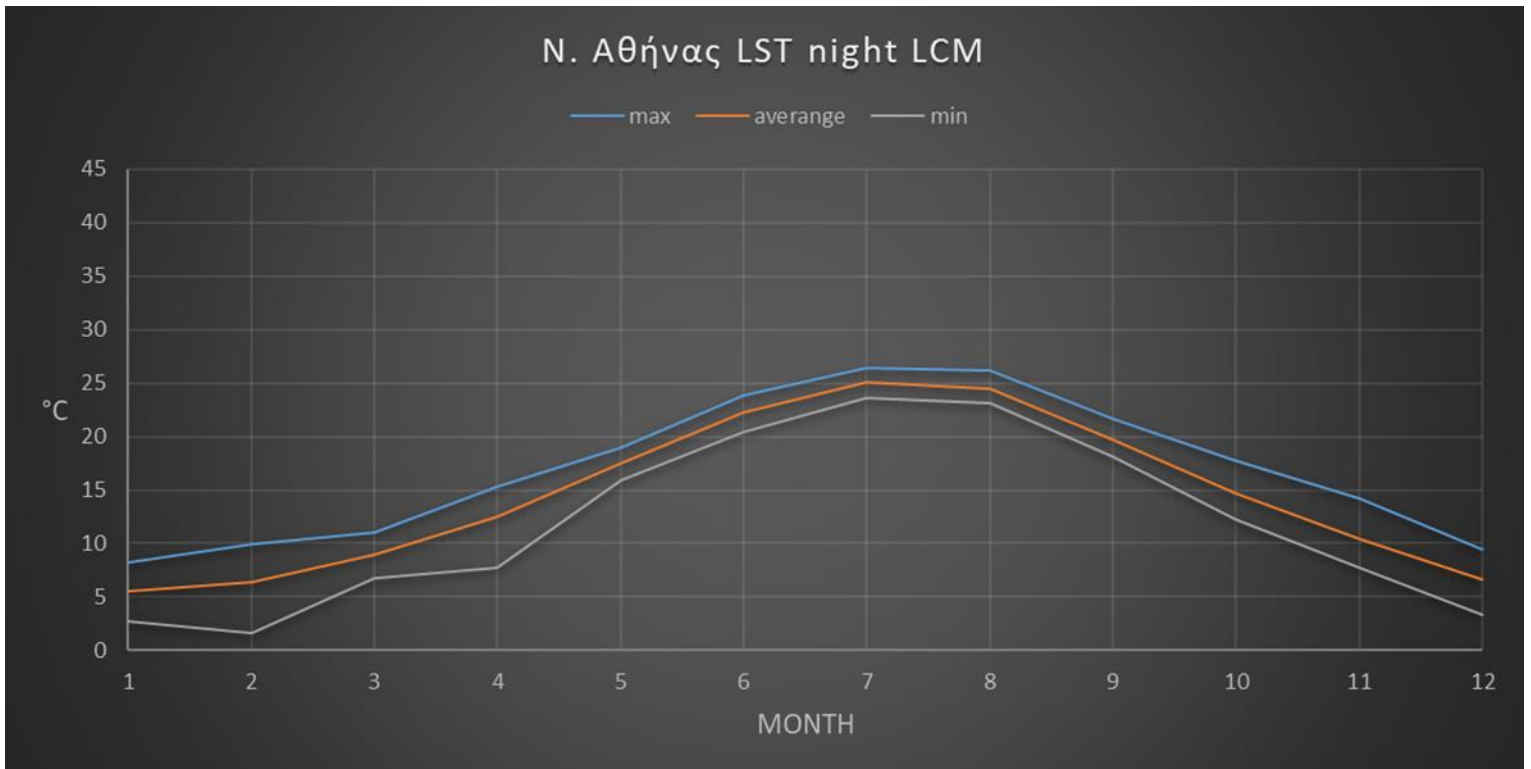
Το μέγιστο της μέσης μηνιαίας τιμής της LST την ημέρα παρατηρείται στους 35,9°C τον μήνα Ιούλιο και το ελάχιστο στους 11,8°C τον μήνα Ιανουάριο. Την νύχτα το μέγιστο παρατηρείται στους 25,1°C τον μήνα Ιούλιο και το ελάχιστο στους 5,6°C τον μήνα Ιανουάριο.

day-night LCM

Οι μέγιστες, ελάχιστες και μέσες μηνιαίες τιμές της LST ημέρας και νύχτας για την περιοχή του κεντρικού τμήματος της Αθήνας για τα δεδομένα day-night LCM αποτυπώνονται στα σχήματα 4.42 και 4.43 αντίστοιχα.



Σχήμα 4.42. Μέγιστη, ελάχιστη και μέση μηνιαία τιμή LST day LCM του νότιου τμήματος της Αθήνας.



Σχήμα 4.43. Μέγιστη, ελάχιστη και μέση μηνιαία τιμή LST night LCM του νότιου τμήματος της Αθήνας.

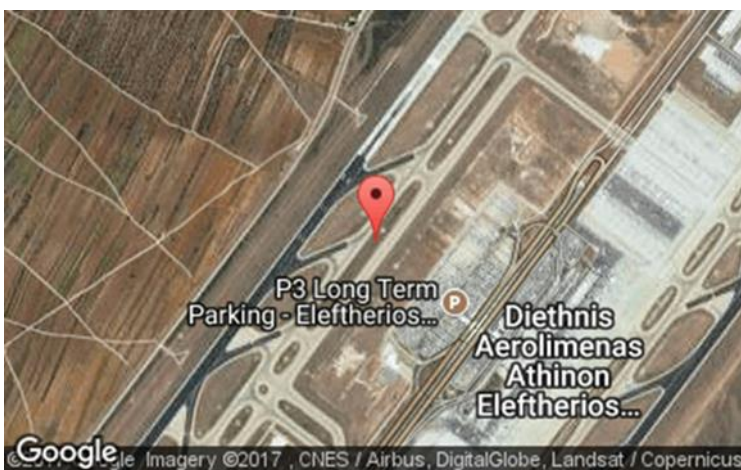
Την ημέρα το μέγιστο της LST παρατηρείται στους 37,3°C τον μήνα Ιούλιο και το ελάχιστο στους 9,0°C τον μήνα Φεβρουάριο με δεύτερο ελάχιστο να παρατηρείται στους 9,4°C τον μήνα Ιανουάριο. Το μέγιστο την νύχτα παρατηρείται στους 26,5°C τον μήνα Ιούλιο και το ελάχιστο στους 1,6°C τον μήνα Φεβρουάριο.

Το μέγιστο της μέσης μηνιαίας τιμής της LST την ημέρα παρατηρείται στους 35,9°C τον μήνα Ιούλιο και το ελάχιστο στους 11,8°C τον μήνα Ιανουάριο. Την νύχτα το μέγιστο παρατηρείται στους 25,1°C τον μήνα Ιούλιο και το ελάχιστο στους 5,6°C τον μήνα Ιανουάριο.

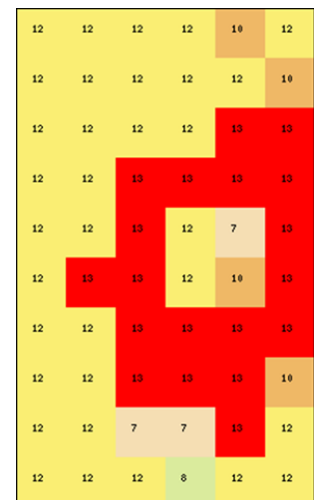
4.2.6 Μεσόγεια



Σχήμα 4.44. Εύρος περιοχής μελέτης της περιοχής των Μεσογείων.



(α)



(β)

Σχήμα 4.45. (α) Επίκεντρο περιοχής μελέτης της περιοχής των Μεσογείων, (β) συνάθροιση από εικονοστοιχεία των 500m σε 3x5km.

Στο σχήμα 4.44 αποτυπώνεται το εύρος της περιοχής μελέτης της περιοχής των Μεσογείων, στο σχήμα 4.45 (α) αποτυπώνεται το επίκεντρο της περιοχής που μελετάμε και στο σχήμα 4.45 (β) αποτυπώνεται η συνάθροιση εικονοστοιχείων των 500m στην έκταση των 11x5km.

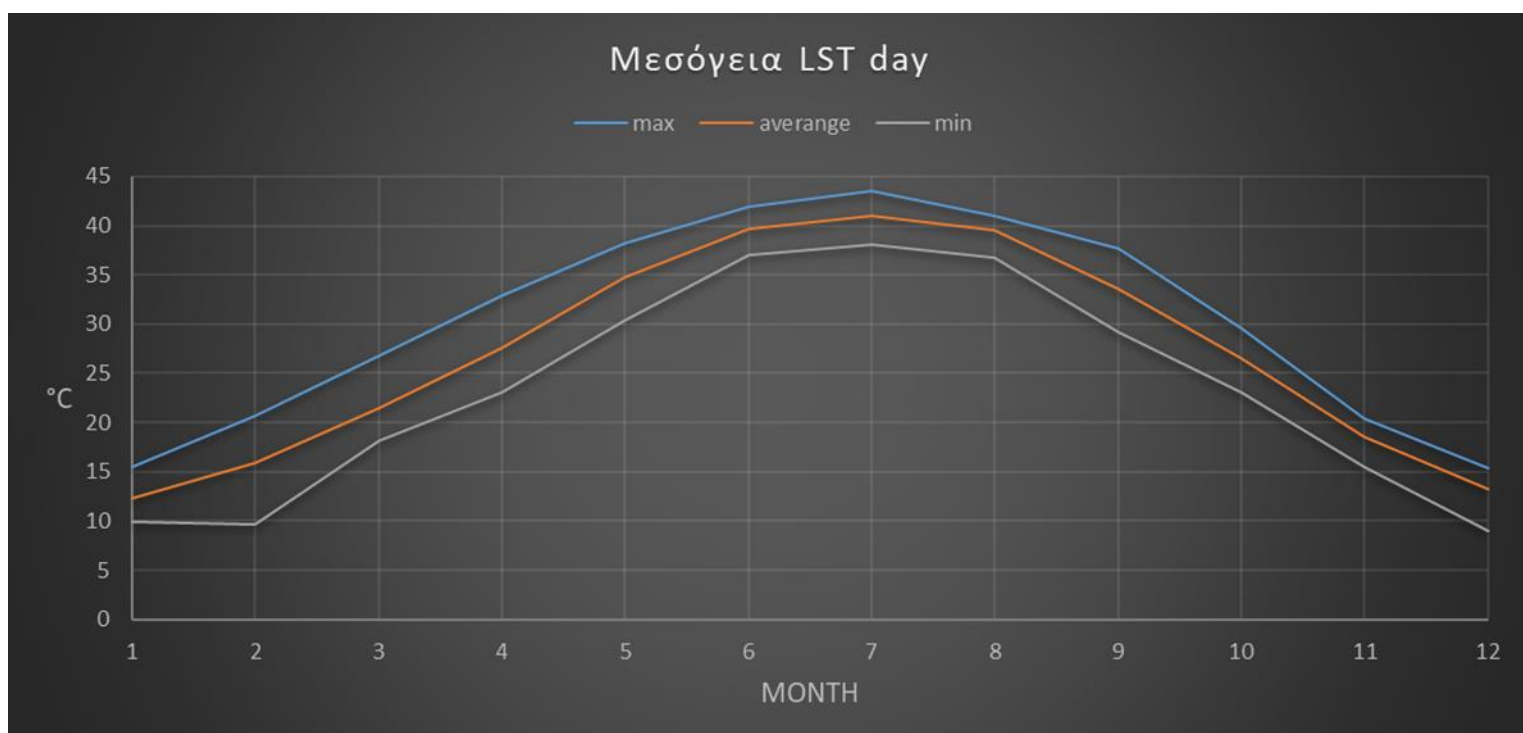
Παρατηρούμε ότι η περιοχή μελέτης αποτελείται από ένα αστικό και ένα μη αστικό τμήμα.

Συγκεκριμένα η περιοχή μελέτης σύμφωνα με τον πίνακα 4.7 αποτελείται από ένα τμήμα αστικής περιοχής που καλύπτει μια έκταση 4,75km², ένα τμήμα καλλιεργήσιμης περιοχής έκτασης 8,25km², ένα τμήμα με λιβάδια έκτασης 1km², ένα τμήμα θαμνώδους περιοχής έκτασης 0,75km² και ένα τμήμα πεδιάδας με δέντρα έκτασης 0,25km².

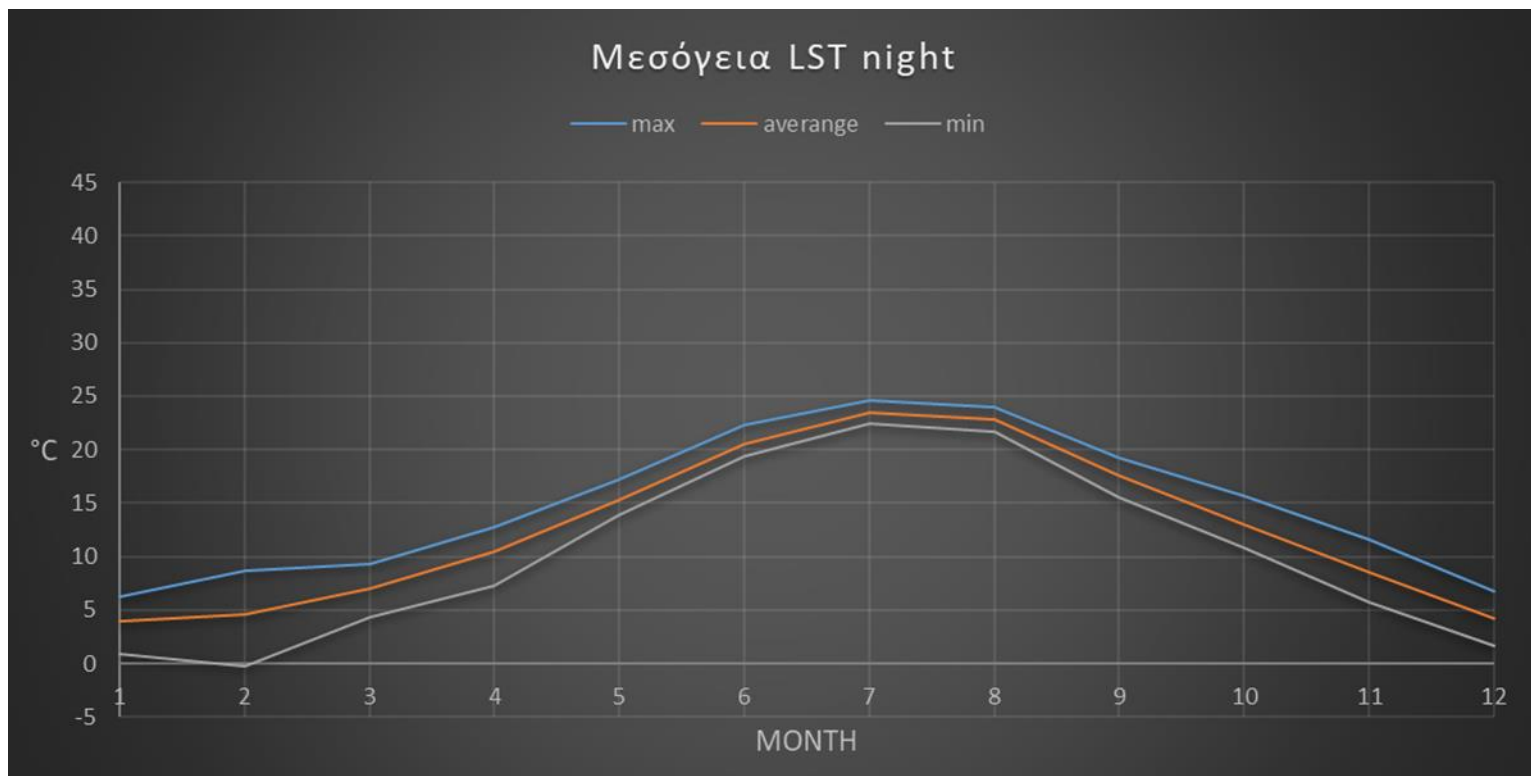
Το τμήμα της αστικής περιοχής αποτελείται από τις εγκαταστάσεις του διεθνή αερολιμένα Ελ. Βενιζέλος.

day-night

Οι μέγιστες, ελάχιστες και μέσες μηνιαίες τιμές της LST ημέρας και νύχτας για την περιοχή των Μεσογείων για τα δεδομένα day-night αποτυπώνονται στα σχήματα 4.46 και 4.47 αντίστοιχα.



Σχήμα 4.46. Μέγιστη, ελάχιστη και μέση μηνιαία τιμή LST day της περιοχής των Μεσογείων.



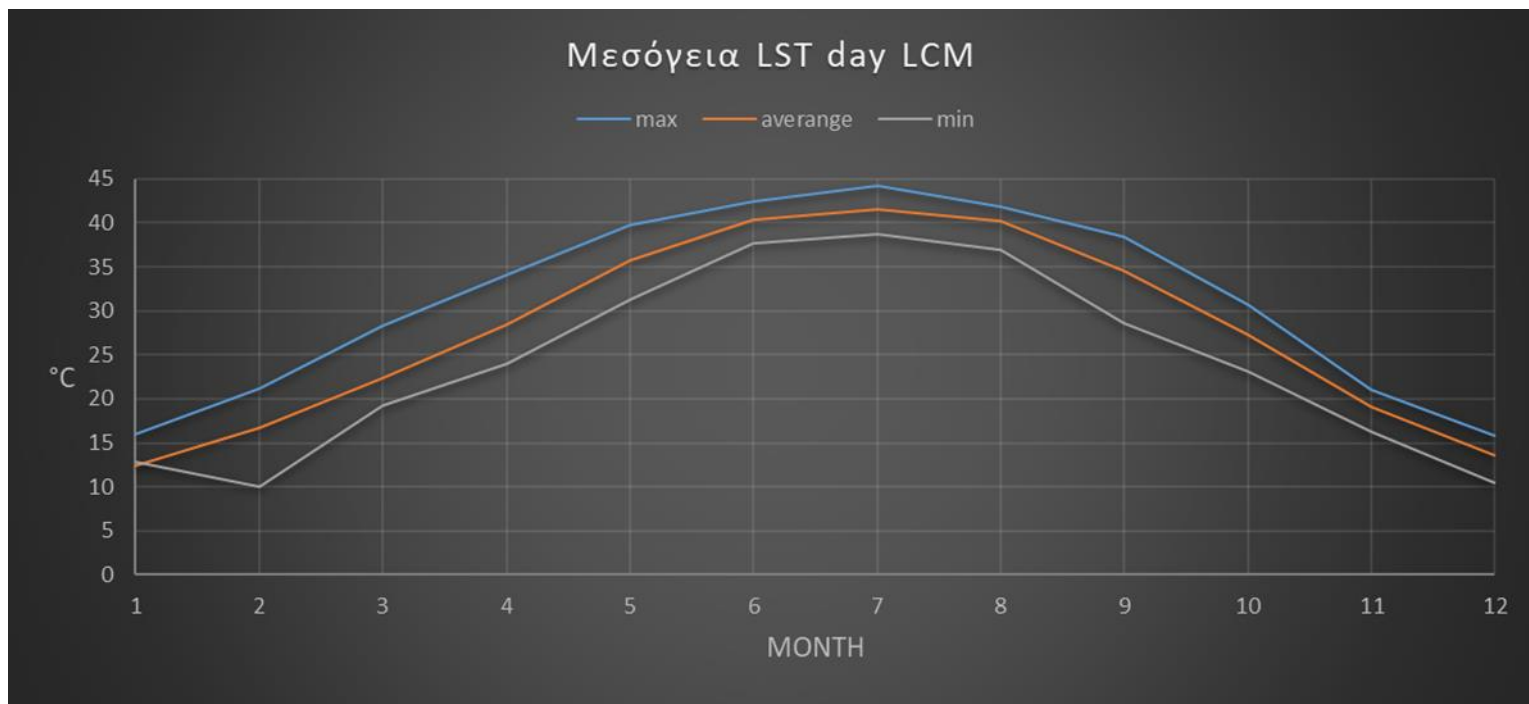
Σχήμα 4.47. Μέγιστη, ελάχιστη και μέση μηνιαία τιμή LST night της περιοχής των Μεσογείων.

Την ημέρα το μέγιστο της LST παρατηρείται στους 43,6°C τον μήνα Ιούλιο και το ελάχιστο στους 9,0°C τον μήνα Δεκέμβριο. Την νύχτα το μέγιστο παρατηρείται στους 24,6°C τον μήνα Ιούλιο και το ελάχιστο στους -0,3°C τον μήνα Φεβρουάριο.

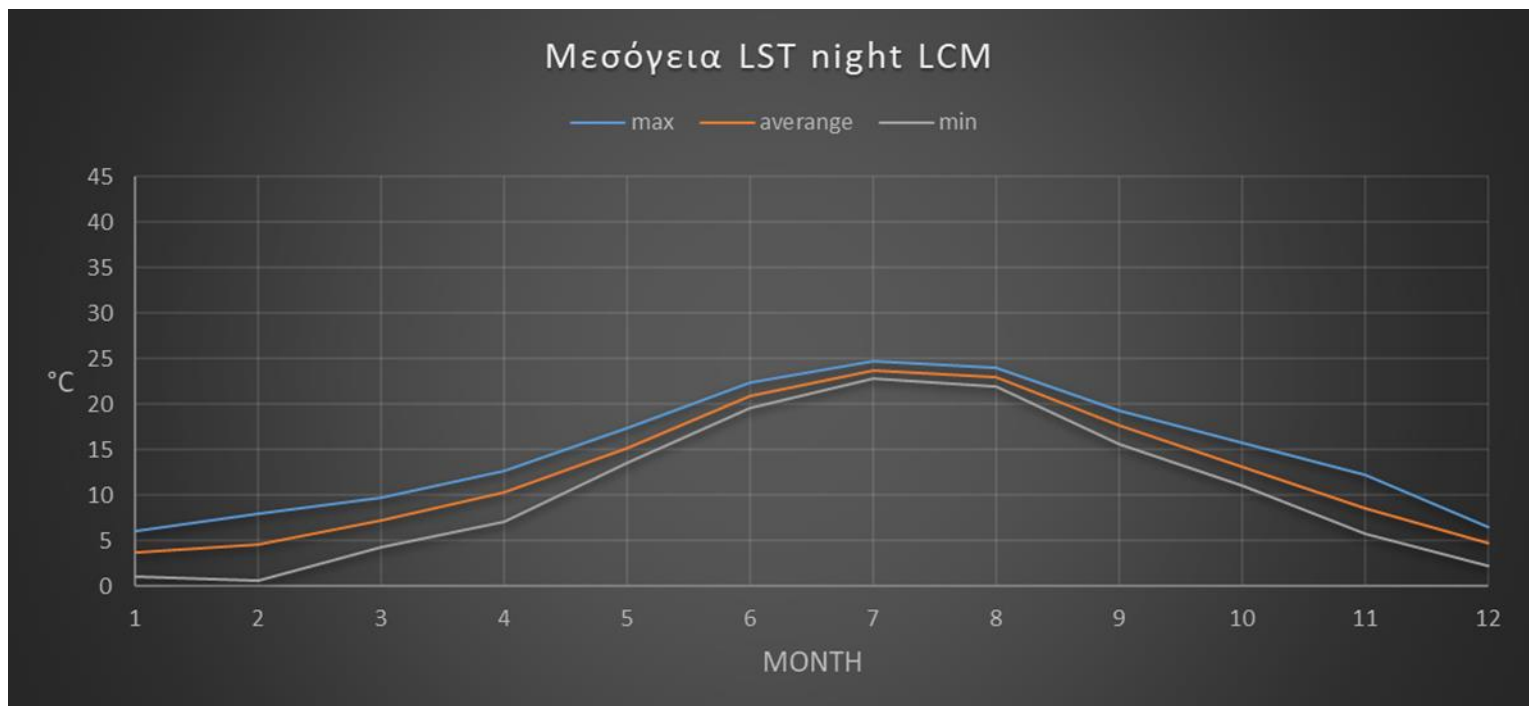
Την ημέρα το μέγιστο της μέσης μηνιαίας τιμής της LST παρατηρείται στους 41,0°C τον μήνα Ιούλιο με δεύτερο μέγιστο στους 39,6°C τους μήνες Ιούνιο και Αύγουστο και το ελάχιστο στους 12,3°C τον μήνα Ιανουάριο. Την νύχτα το μέγιστο παρατηρείται στους 23,4°C τον μήνα Ιούλιο και το ελάχιστο στους 3,9°C τον μήνα Ιανουάριο.

day-night LCM

Οι μέγιστες, ελάχιστες και μέσες μηνιαίες τιμές της LST ημέρας και νύχτας για την περιοχή των Μεσογείων για τα δεδομένα day-night LCM αποτυπώνονται στα σχήματα 4.48 και 4.49 αντίστοιχα.



Σχήμα 4.48. Μέγιστη, ελάχιστη και μέση μηνιαία τιμή LST day LCM της περιοχής των Μεσογείων.



Σχήμα 4.49. Μέγιστη, ελάχιστη και μέση μηνιαία τιμή LST night LCM της περιοχής των Μεσογείων.

Την ημέρα το μέγιστο της LST παρατηρείται στους 44,2°C τον μήνα Ιούλιο και το ελάχιστο στους 3,7°C τον μήνα Ιανουάριο . Το μέγιστο την νύχτα παρατηρείται στους 27,1°C τον μήνα Ιούλιο και το ελάχιστο στους 1,3°C τον μήνα Φεβρουάριο.

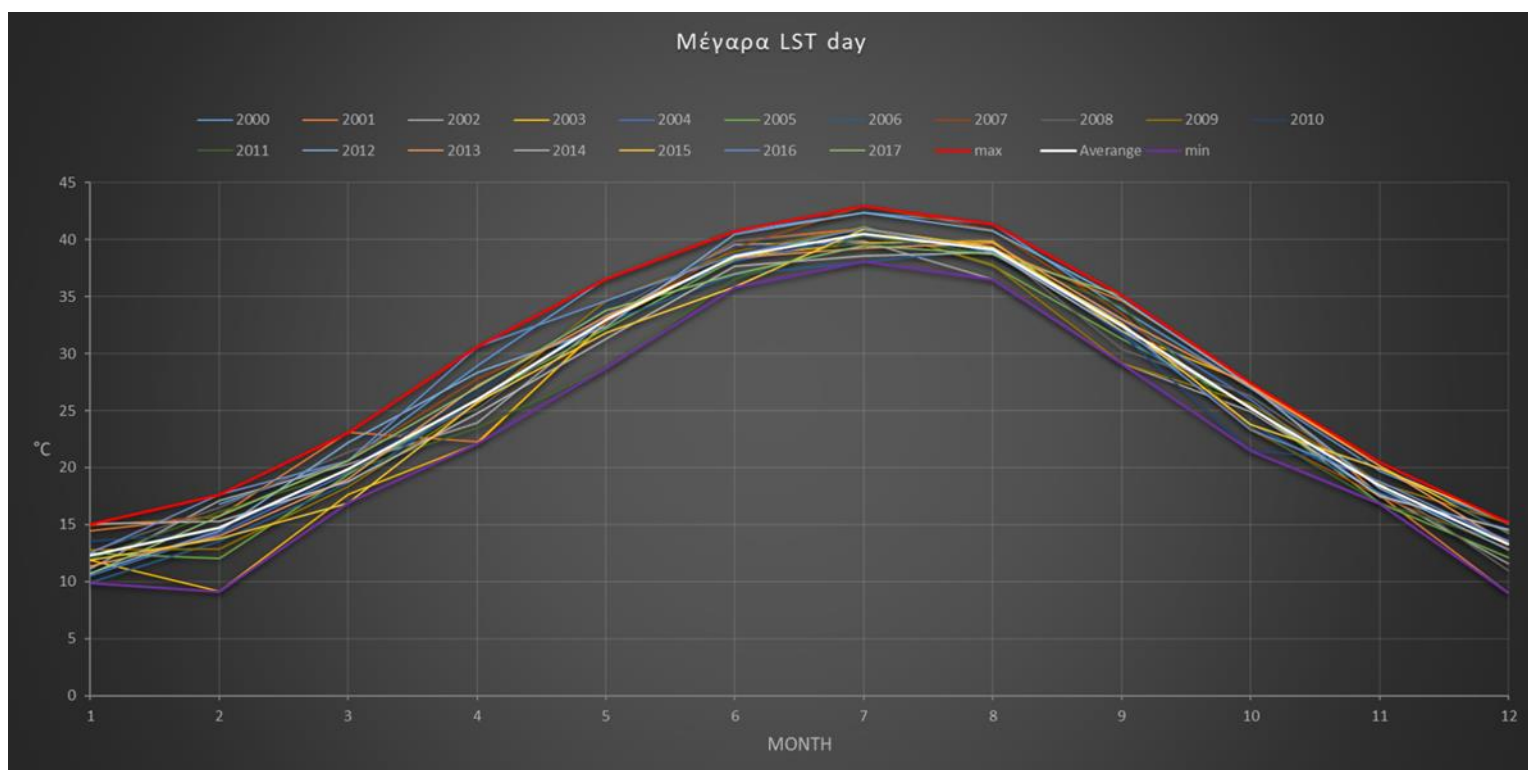
Την ημέρα το μέγιστο της μέσης μηνιαίας τιμής της LST παρατηρείται στους 41,6°C τον μήνα Ιούλιο και το ελάχιστο στους 12,5°C τον μήνα Ιανουάριο. Την νύχτα το μέγιστο της μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας παρατηρείται στους 23,7°C τον μήνα Ιούλιο και το ελάχιστο στους 3,8°C τον μήνα Ιανουάριο.

4.3 Υπερετήσεις μεταβολές της LST

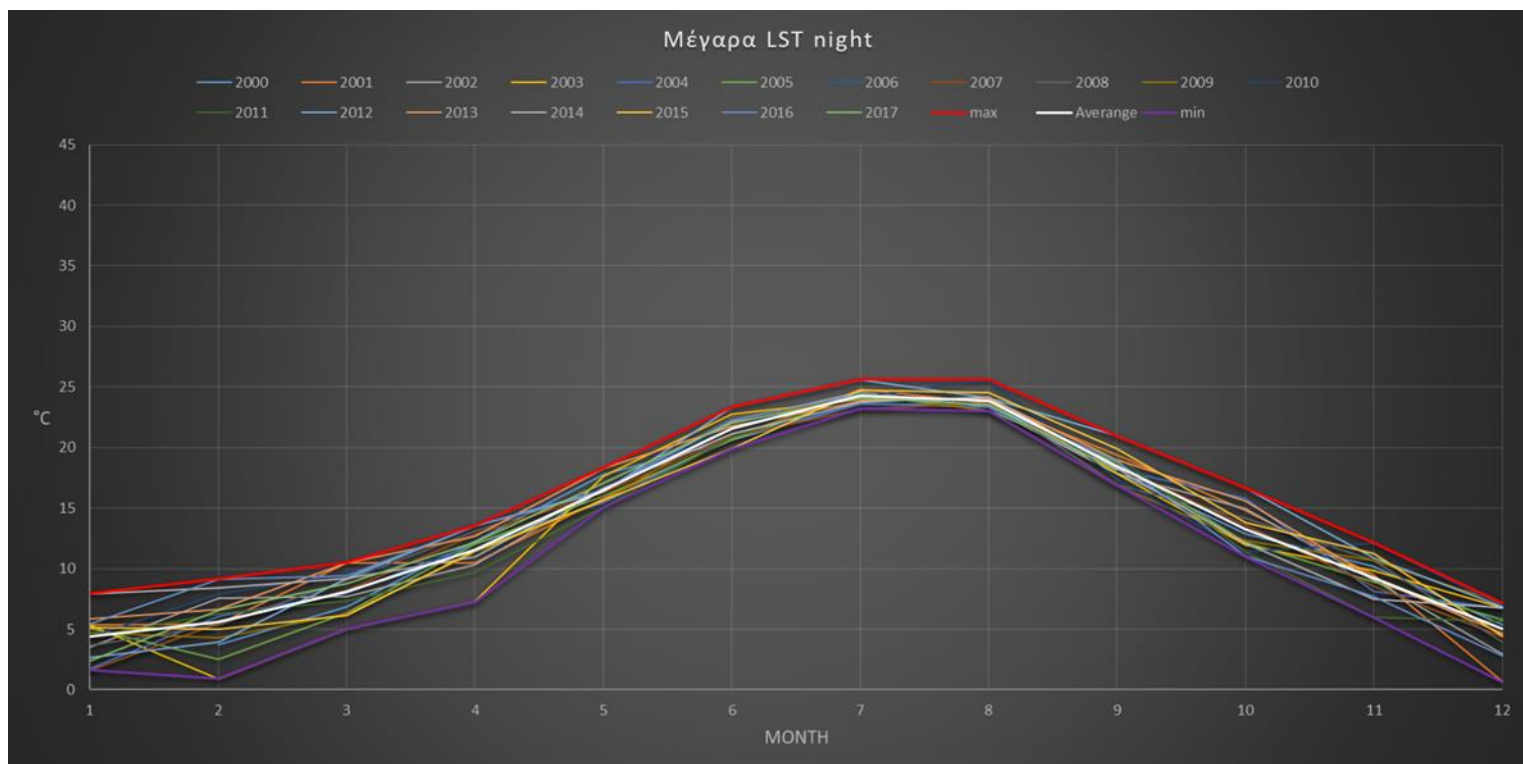
4.3.1 Μέγαρα

day-night

Οι μεταβολές της LST ημέρας και νύχτας της περιοχή των Μεγάρων για κάθε έτος, για τα δεδομένα day-night αποτυπώνονται στα σχήματα 4.50 και 4.51 αντίστοιχα.



Σχήμα 4.50. Μεταβολές της LST day για κάθε έτος της περιοχής των Μεγάρων.

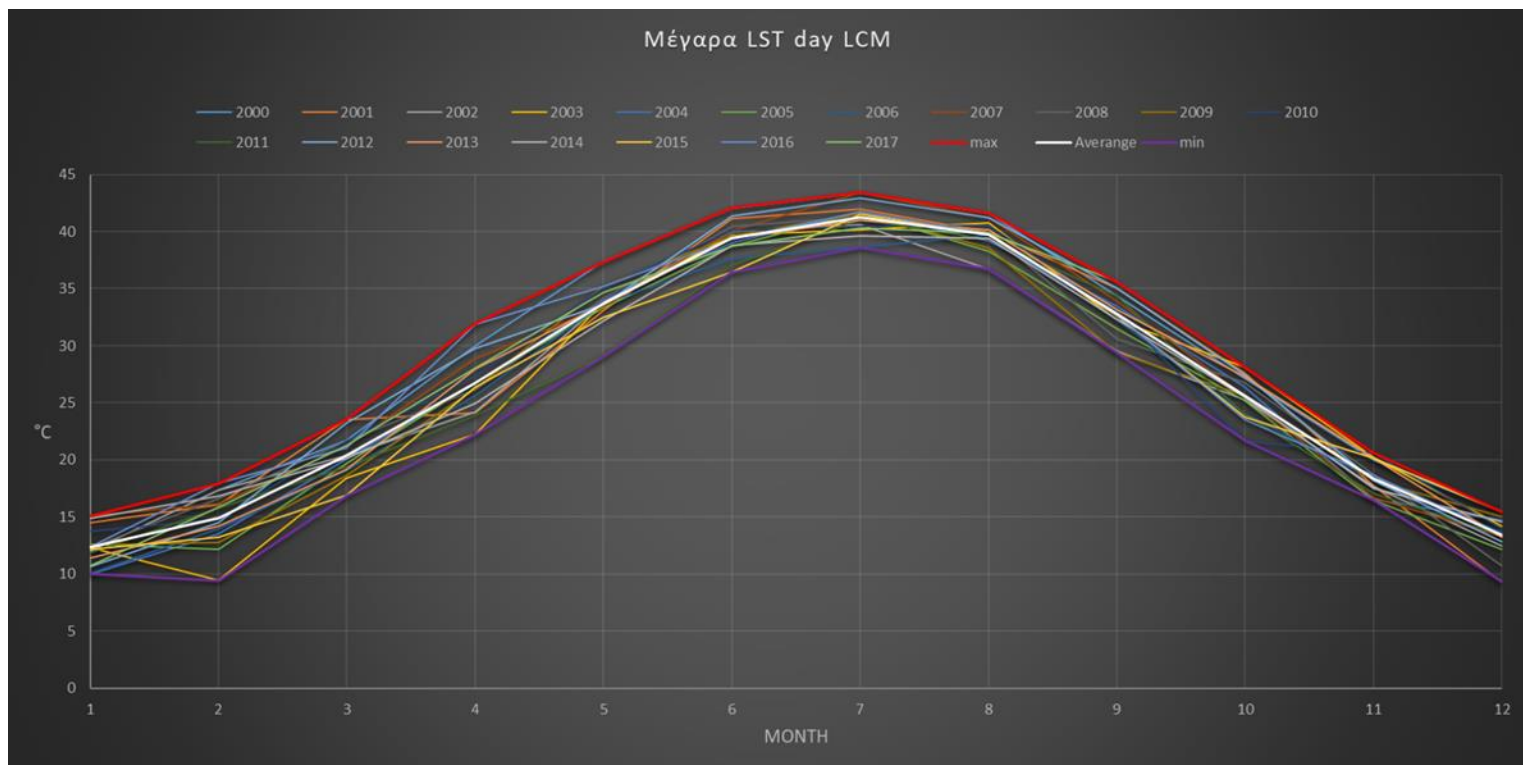


Σχήμα 4.51. Μεταβολές της LST night για κάθε έτος της περιοχής των Μεγάρων.

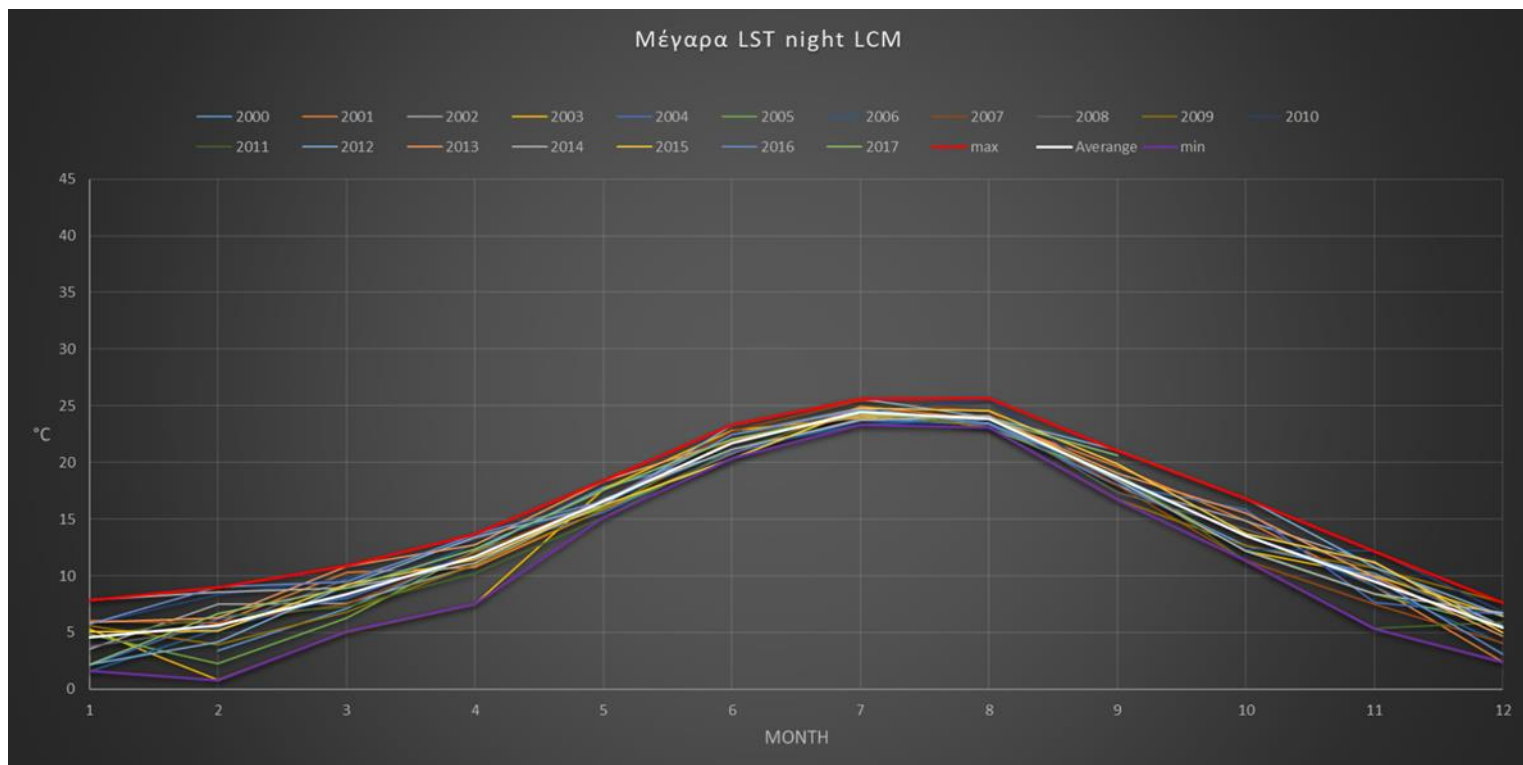
Την ημέρα το μέγιστο της LST παρατηρείται στους 43,0°C το έτος 2007 και το ελάχιστο στους 9,0°C το έτος 2001. Το έτος 2003 το ελάχιστο ημέρας παρατηρείται στους 9,1. Την νύχτα το μέγιστο παρατηρείται στους 25,6°C τα έτη 2010 και 2012 και το ελάχιστο στους 0,6°C το έτος 2001.

day-night LCM

Οι μεταβολές της LST ημέρας και νύχτας της περιοχής των Μεγάρων για κάθε έτος, για τα δεδομένα day-night LCM αποτυπώνονται στα σχήματα 4.52 και 4.31 αντίστοιχα.



Σχήμα 4.52. Μεταβολές της LST day LCM για κάθε έτος της περιοχής των Μεγάρων.



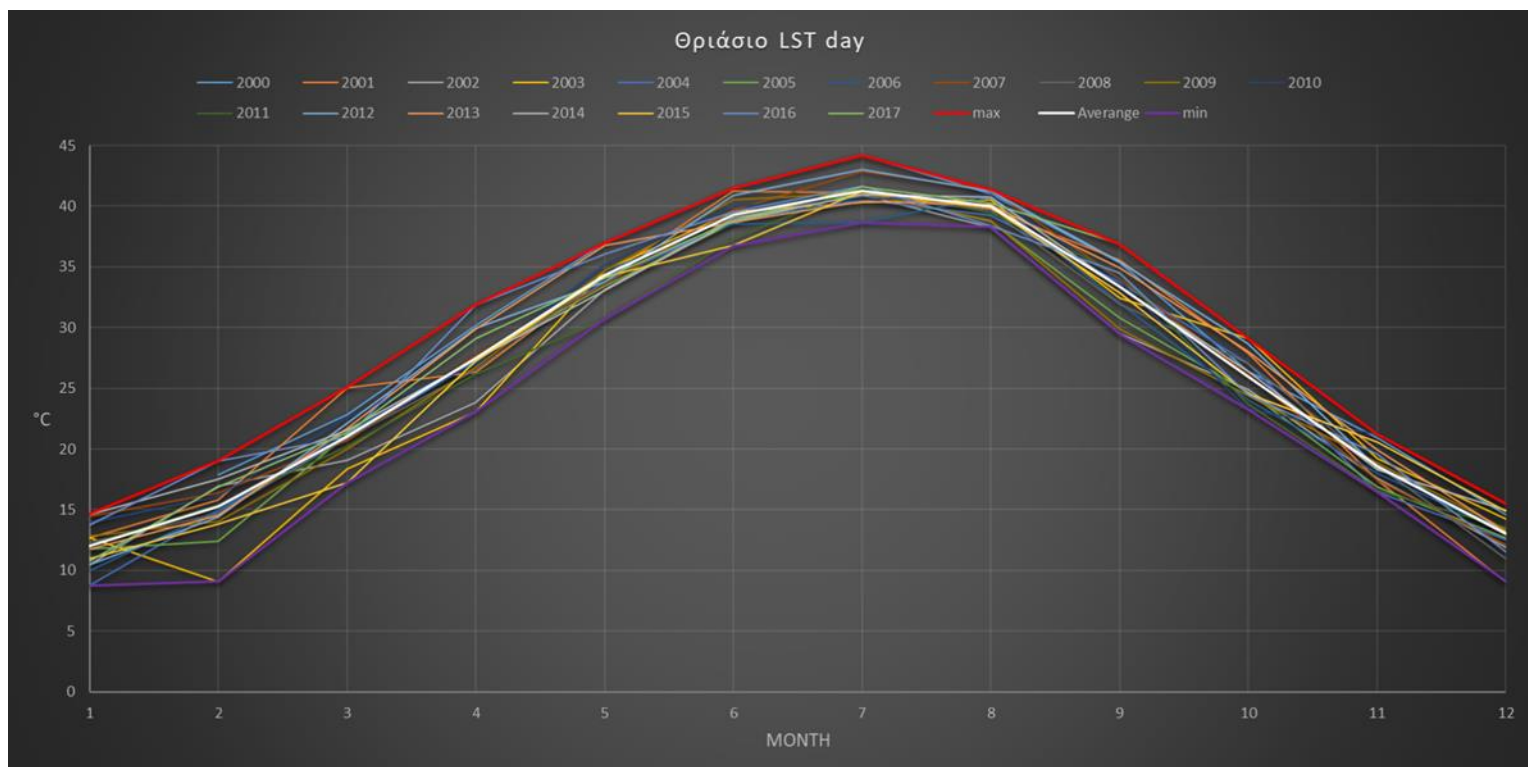
Σχήμα 4.53. Μεταβολές της LST night LCM για κάθε έτος της περιοχής των Μεγάρων.

Την ημέρα οι τιμές το μέγιστο της LST παρατηρείται στους 43,4°C τα έτη 2000 και 2007 και το ελάχιστο στους 9,3°C το έτος 2001. Την νύχτα το μέγιστο παρατηρείται στους 25,7°C το έτος 2010 και το ελάχιστο στους 0,8°C το έτος 2003.

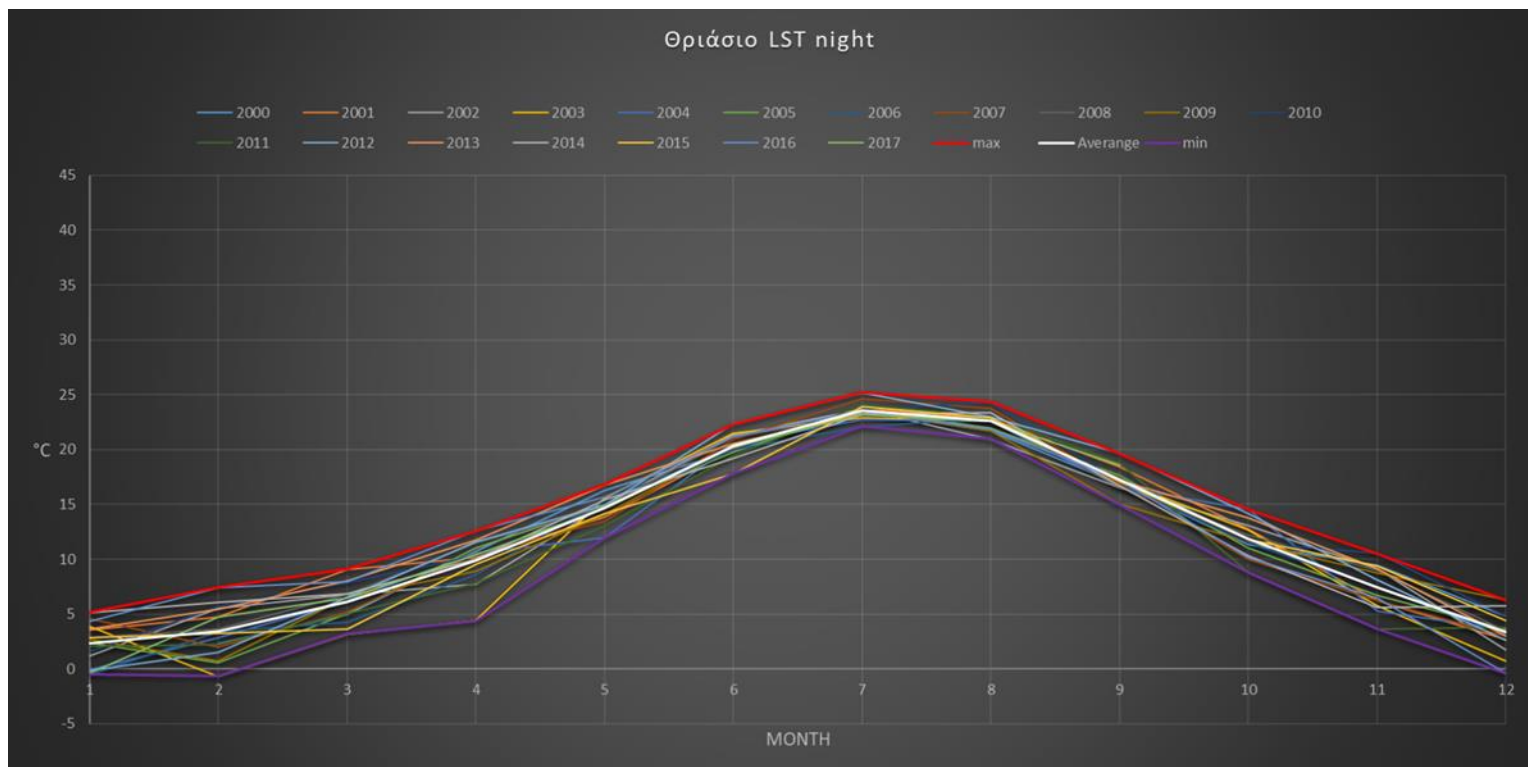
4.3.2 Θριάσιο

day-night

Οι μεταβολές της LST ημέρας και νύχτας της περιοχή του Θριάσιου για κάθε έτος, για τα δεδομένα day-night αποτυπώνονται στα σχήματα 4.54 και 4.55 αντίστοιχα.



Σχήμα 4.54. Μεταβολές της LST day για κάθε έτος της περιοχής του Θριάσιου.

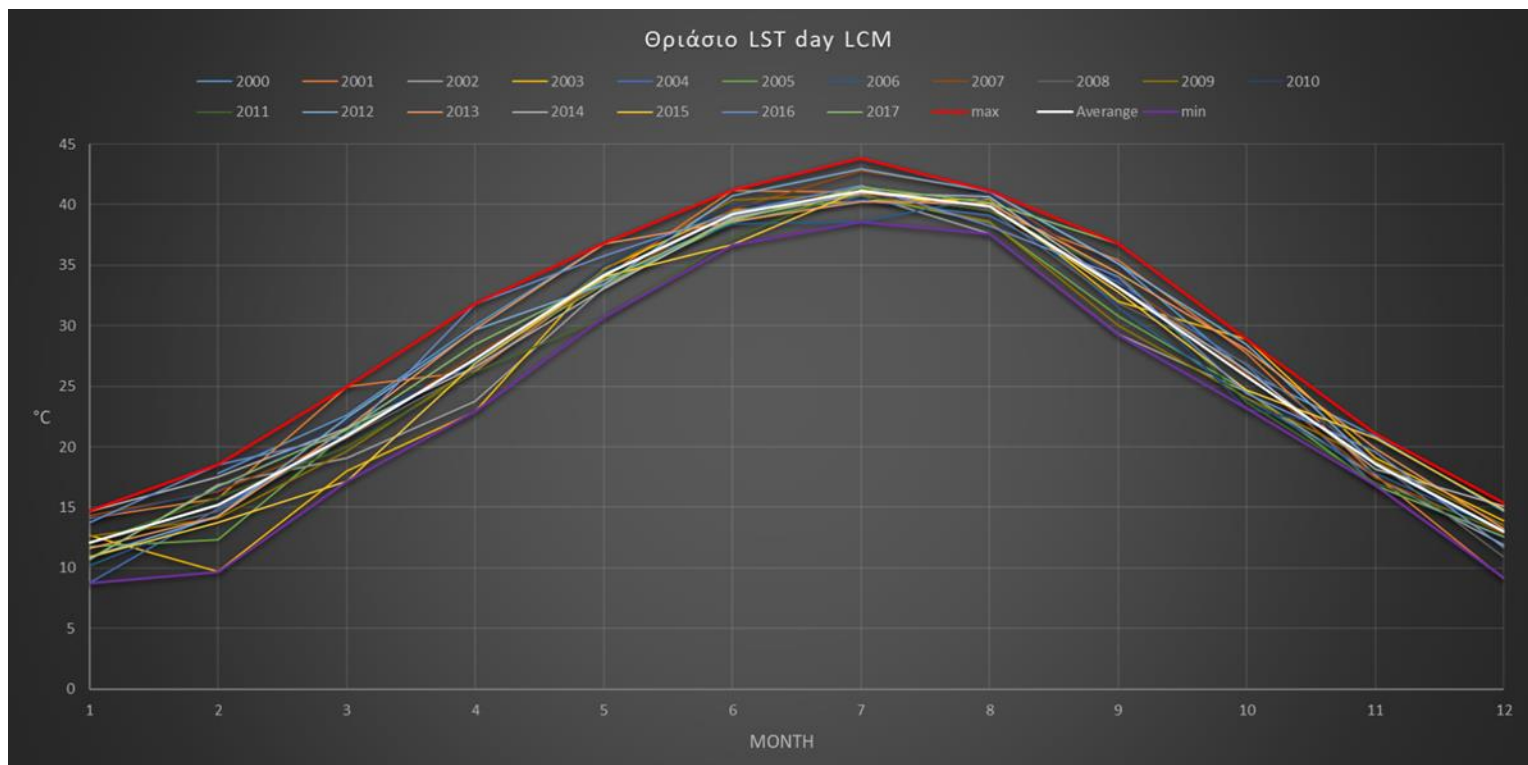


Σχήμα 4.55. Μεταβολές της LST night για κάθε έτος της περιοχής του Θριάσιου.

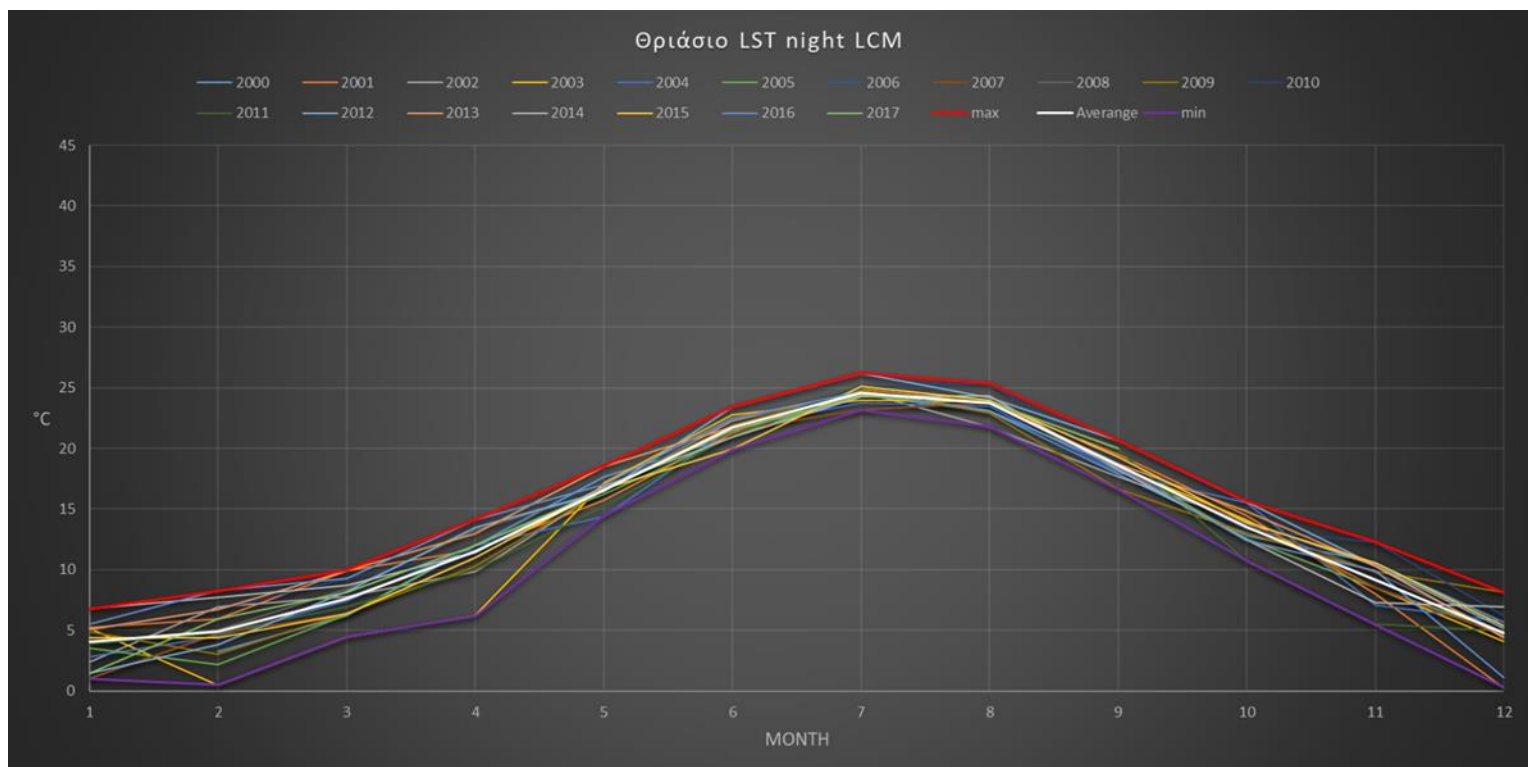
Την ημέρα το μέγιστο της LST παρατηρείται στους 44,2°C το έτος 2000 και το ελάχιστο στους 8,8°C το έτος 2004. Την νύχτα το μέγιστο παρατηρείται στους 25,2°C το έτος 2012 και το ελάχιστο στους -0,6°C το έτος 2003.

day-night LCM

Οι μεταβολές της LST ημέρας και νύχτας της περιοχή του Θριάσιου για κάθε έτος, για τα δεδομένα day-night LCM αποτυπώνονται στα σχήματα 4.56 και 4.57 αντίστοιχα.



Σχήμα 4.56. Μεταβολές της LST day LCM για κάθε έτος της περιοχής του Θριάσιου.



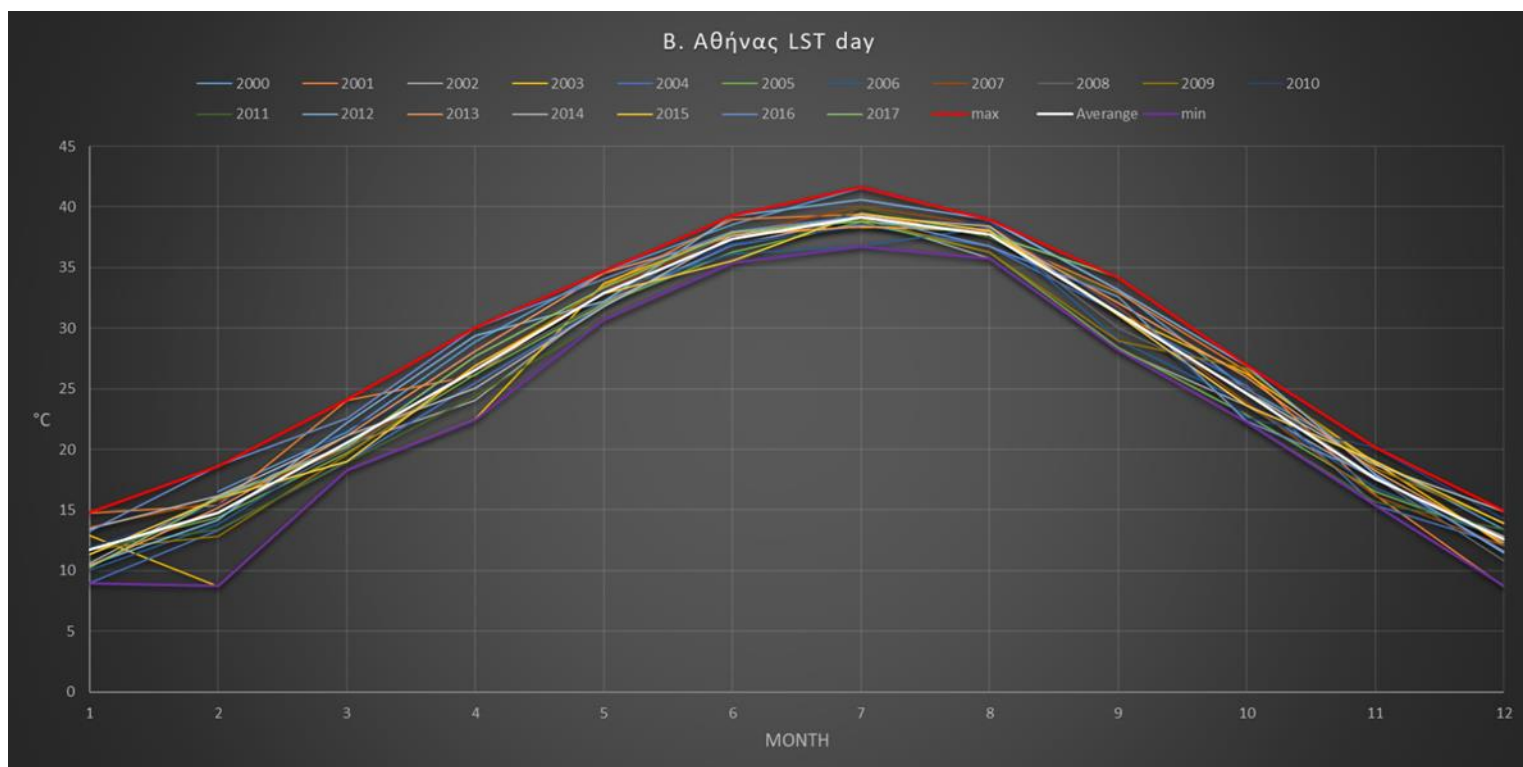
Σχήμα 4.57. Μεταβολές της LST night LCM για κάθε έτος της περιοχής του Θριάσιου.

Την ημέρα το μέγιστο της LST παρατηρείται στους 43,8°C το έτος 2000 και το ελάχιστο στους 8,8°C το έτος 2004. Την νύχτα το μέγιστο παρατηρείται στους 26,2°C το έτος 2012 και το ελάχιστο στους 0,3°C το έτος 2001.

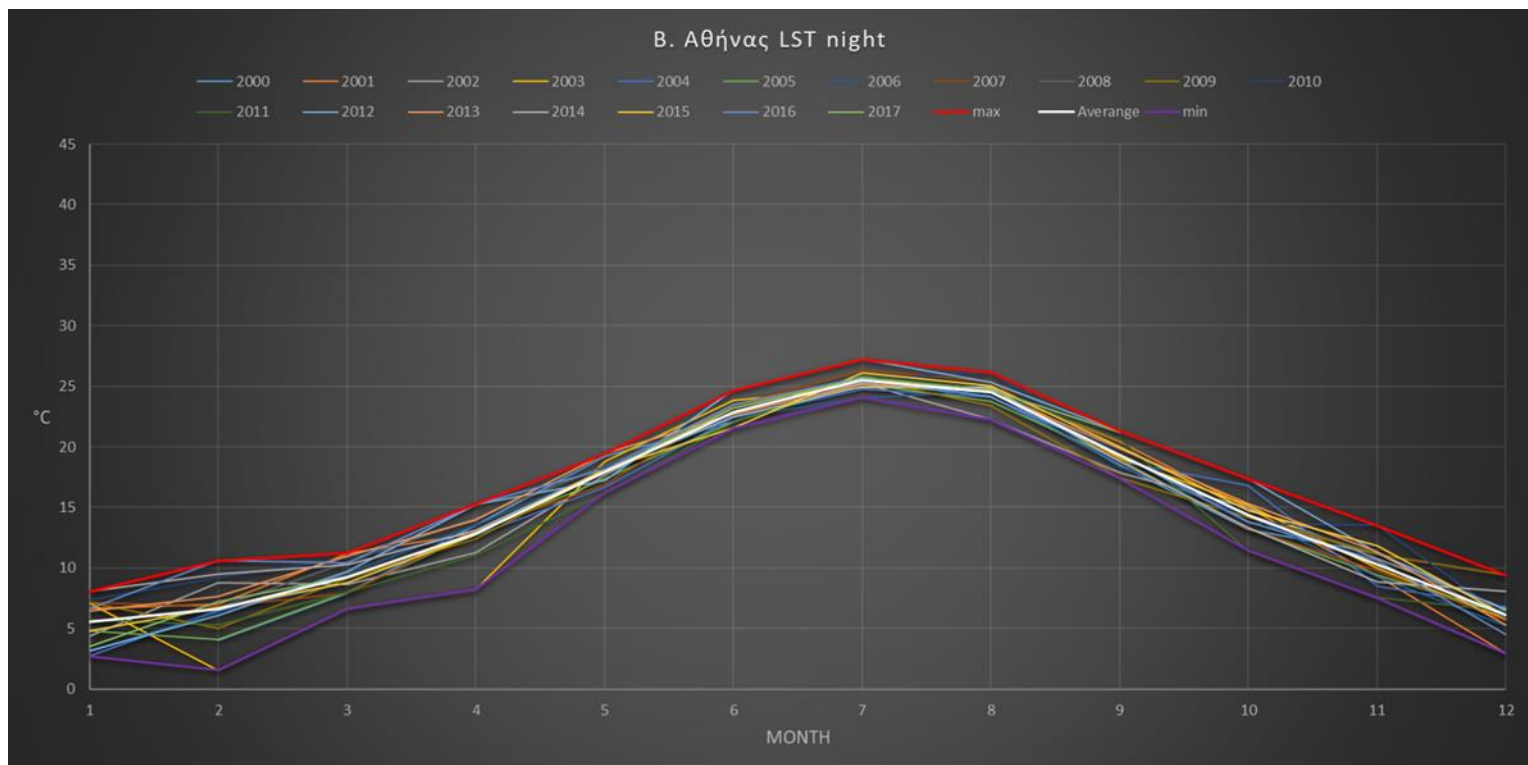
4.3.3 Βόρειο τμήμα της Αθήνας

day-night

Οι μεταβολές της LST ημέρας και νύχτας του βόρειου τμήματος της Αθήνας για κάθε έτος για τα δεδομένα day-night αποτυπώνονται στα σχήματα 4.58 και 4.59 αντίστοιχα.



Σχήμα 4.58. Μεταβολές της LST day για κάθε έτος του βόρειου τμήματος της Αθήνας.

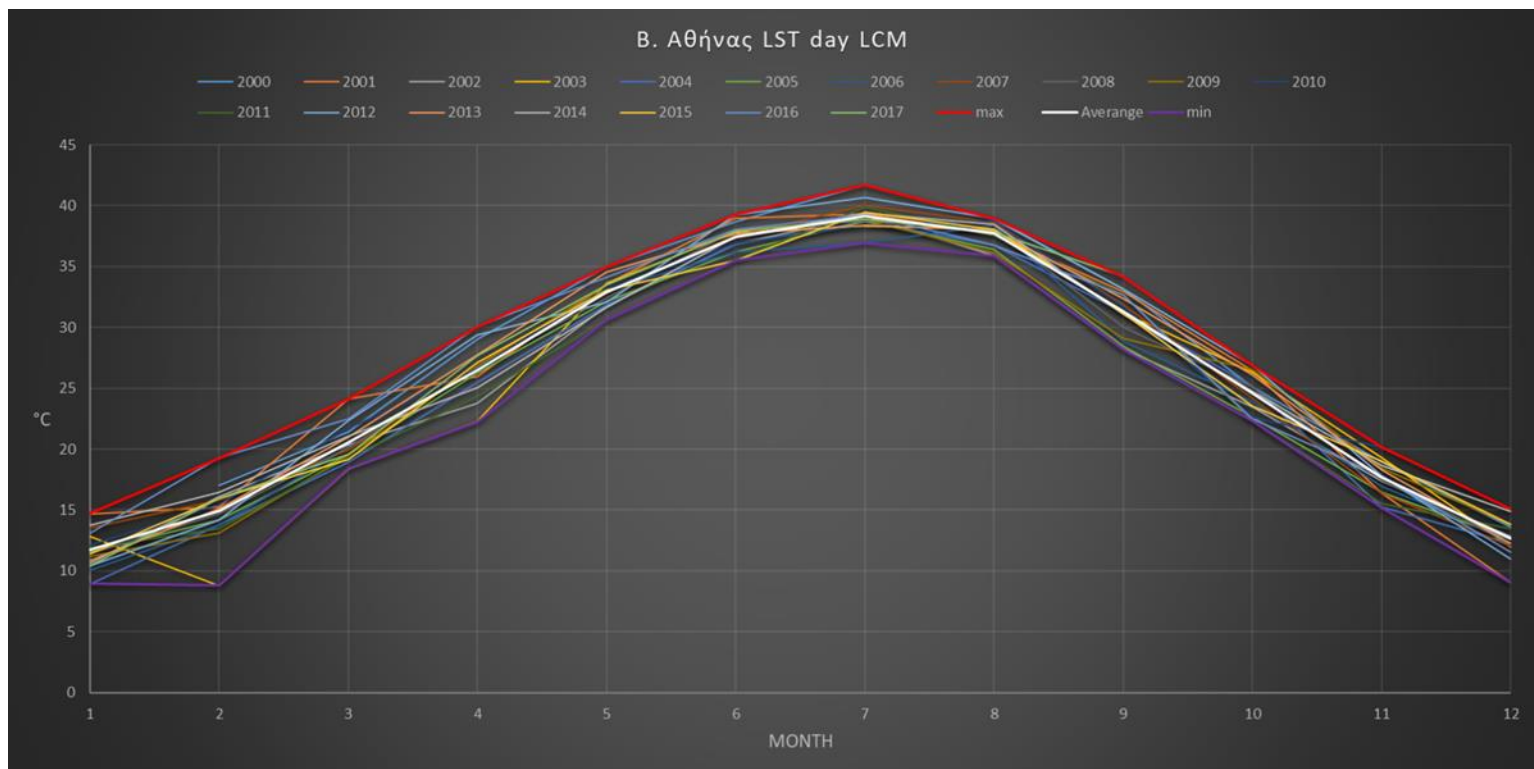


Σχήμα 4.59. Μεταβολές της LST night για κάθε έτος του βόρειου τμήματος της Αθήνας.

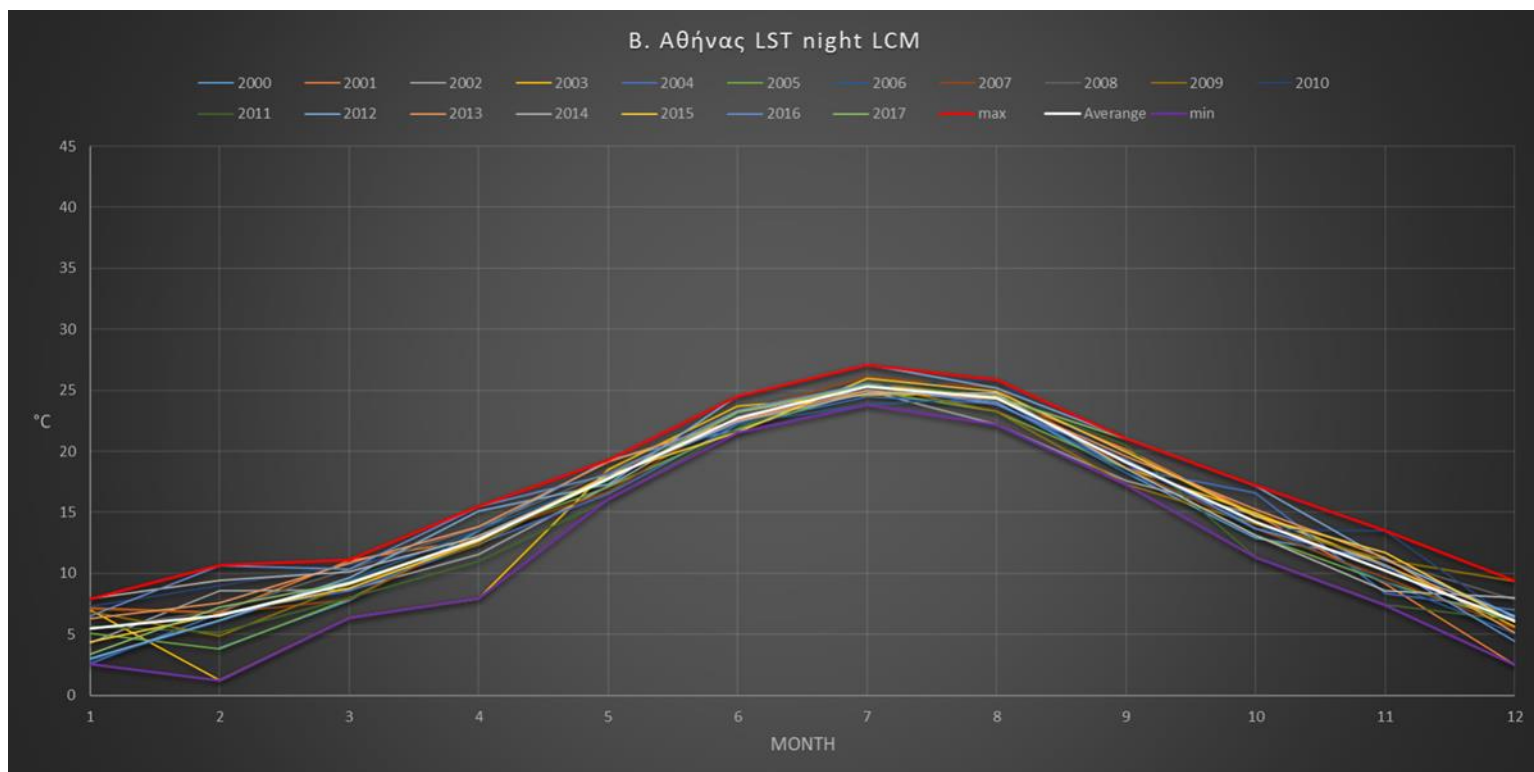
Την ημέρα το μέγιστο της LST παρατηρείται στους 41,6°C το έτος 2000 και το ελάχιστο στους 8,7°C τα έτη 2001 και 2003. Την νύχτα το μέγιστο παρατηρείται στους 27,2°C το έτος 2012 και το ελάχιστο στους 1,6°C το έτος 2003.

day-night LCM

Οι μεταβολές της LST ημέρας και νύχτας του βόρειου τμήματος της Αθήνας για κάθε έτος για τα δεδομένα day-night LCM αποτυπώνονται στα σχήματα 4.60 και 4.61 αντίστοιχα.



Σχήμα 4.60. Μεταβολές της LST day LCM για κάθε έτος του βόρειου τμήματος της Αθήνας.



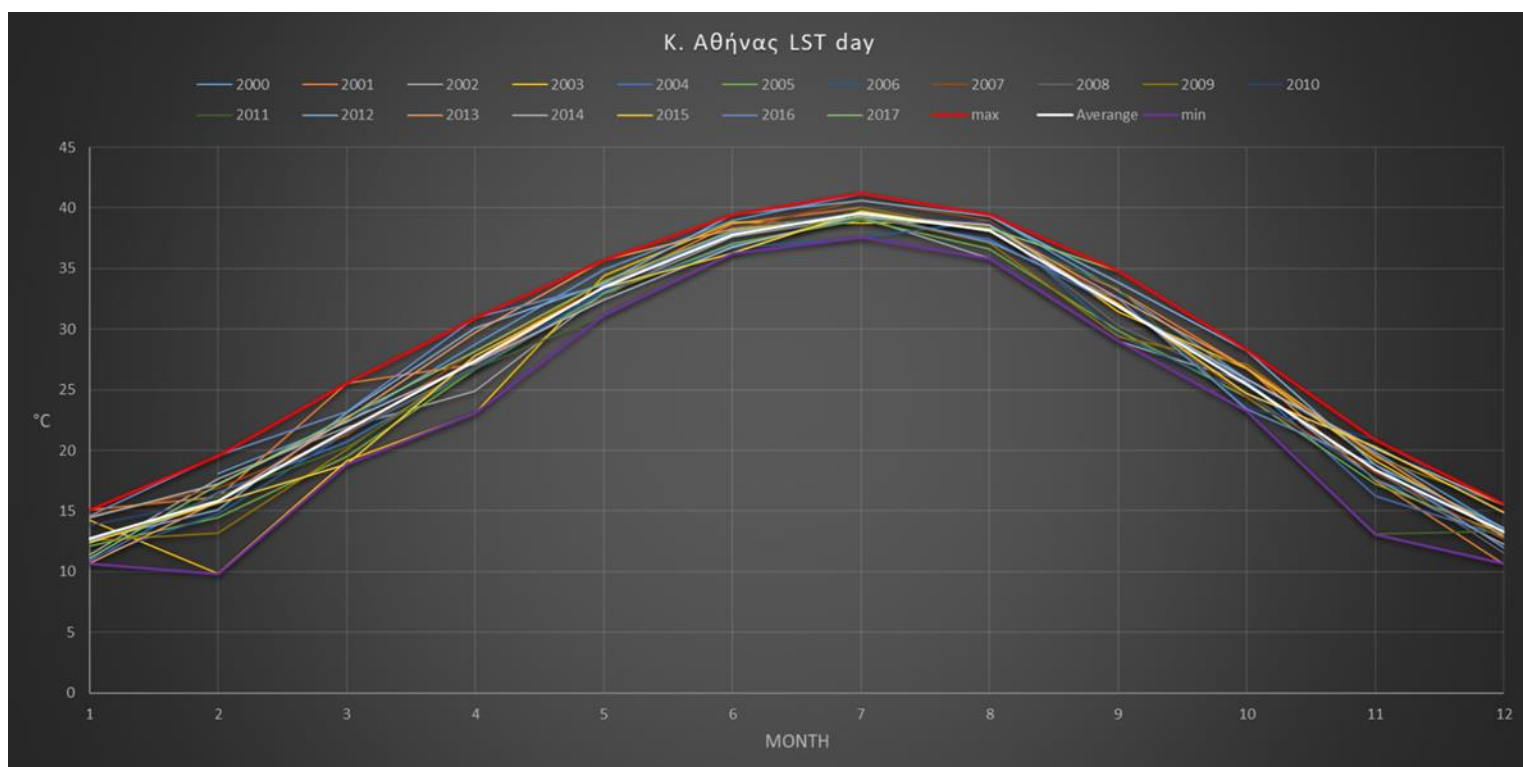
Σχήμα 4.61. Μεταβολές της LST night LCM για κάθε έτος του βόρειου τμήματος της Αθήνας.

Την ημέρα το μέγιστο της LST παρατηρείται στους 41,7°C το έτος 2000 και το ελάχιστο στους 8,8°C το έτος 2003. Την νύχτα το μέγιστο παρατηρείται στους 27,1°C το έτος 2012 και το ελάχιστο στους 1,3°C το έτος 2003.

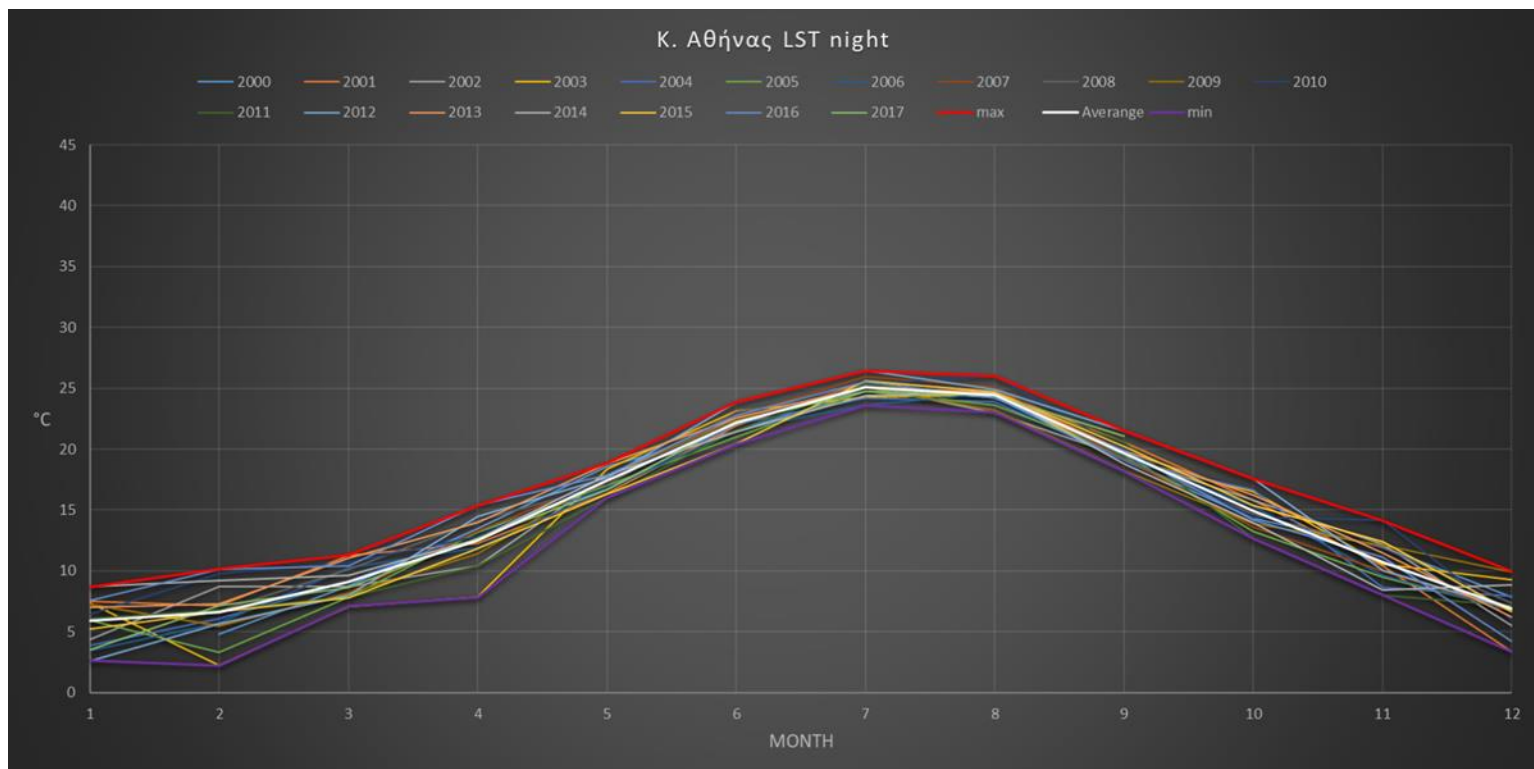
4.3.4 Κεντρικό τμήμα της Αθήνας

day-night

Οι μεταβολές της LST ημέρας και νύχτας του κεντρικού τμήματος της Αθήνας για κάθε έτος για τα δεδομένα day-night αποτυπώνονται στα σχήματα 4.62 και 4.63 αντίστοιχα.



Σχήμα 4.62. Μεταβολές της LST day για κάθε έτος του κεντρικού τμήματος της Αθήνας.

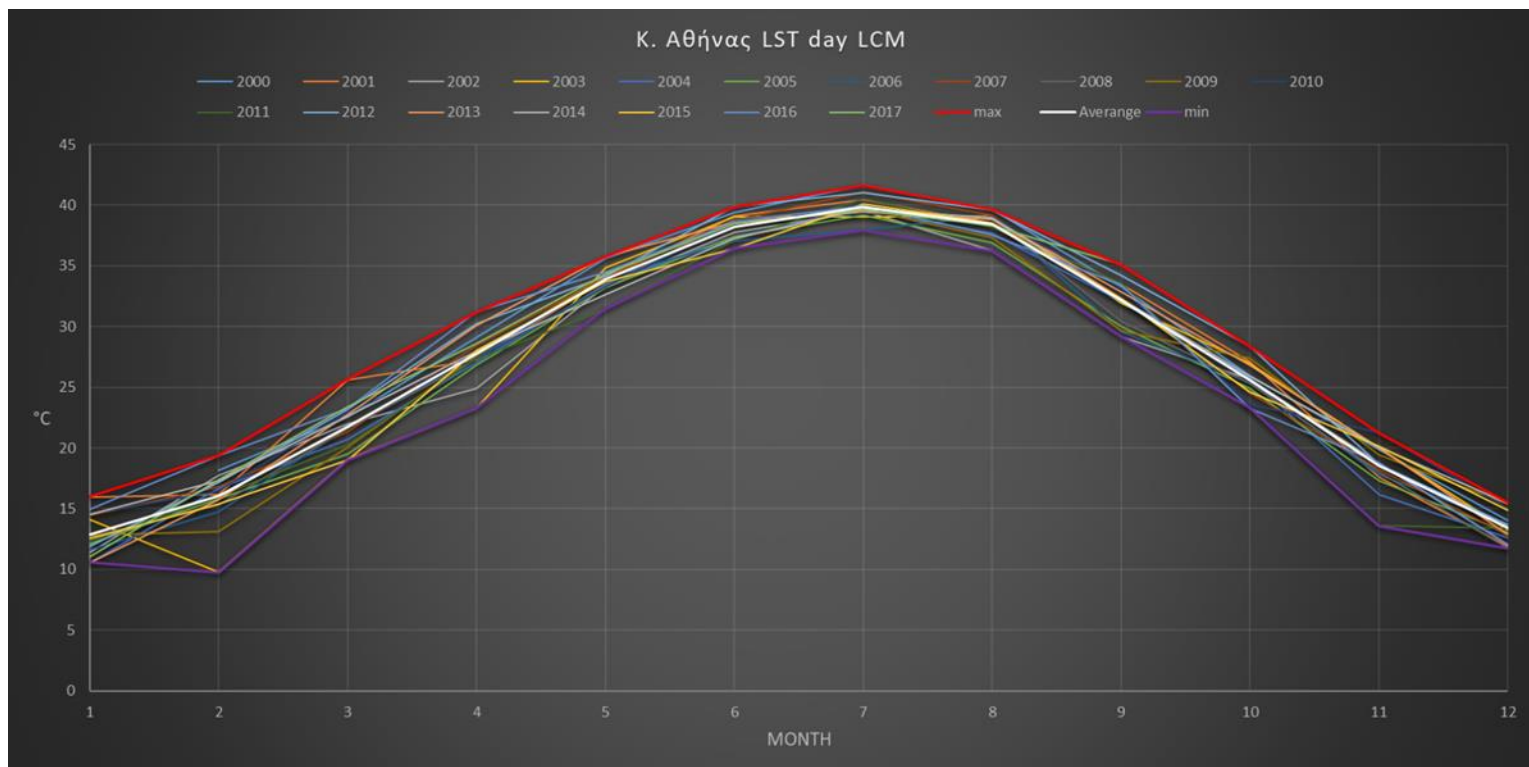


Σχήμα 4.63. Μεταβολές της LST night για κάθε έτος του κεντρικού τμήματος της Αθήνας.

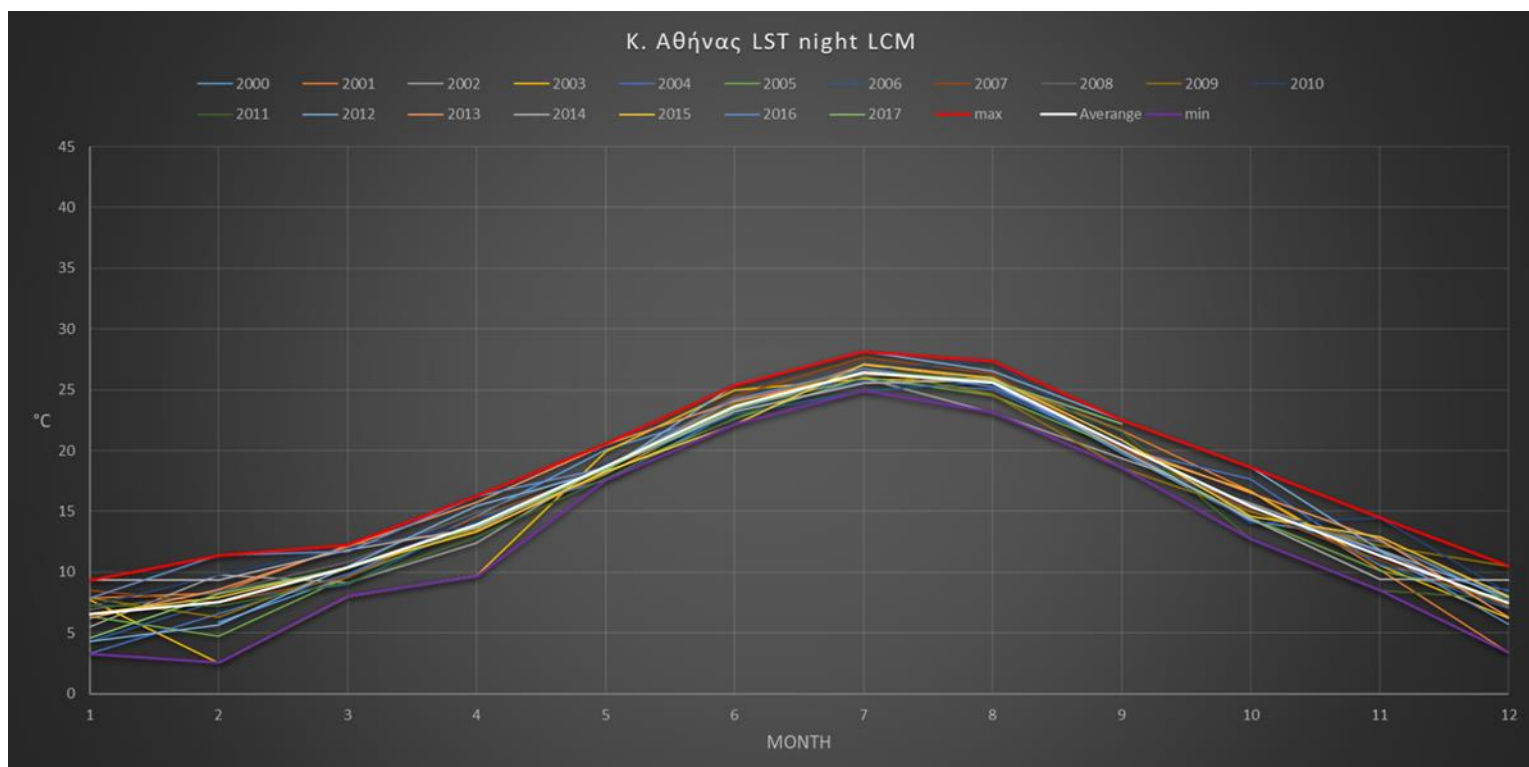
Την ημέρα το μέγιστο της LST παρατηρείται στους 41,2°C το έτος 2000 και το ελάχιστο στους 9,8°C το έτος 2003. Την νύχτα το μέγιστο παρατηρείται στους 26,5°C το έτος 2012 και το ελάχιστο στους 2,2°C το έτος 2003.

day-night LCM

Οι μεταβολές της LST ημέρας και νύχτας του κεντρικού τμήματος της Αθήνας για κάθε έτος για τα δεδομένα day-night LCM αποτυπώνονται στα σχήματα 4.64 και 4.65 αντίστοιχα.



Σχήμα 4.64. Μεταβολές της LST day LCM για κάθε έτος του κεντρικού τμήματος της Αθήνας.



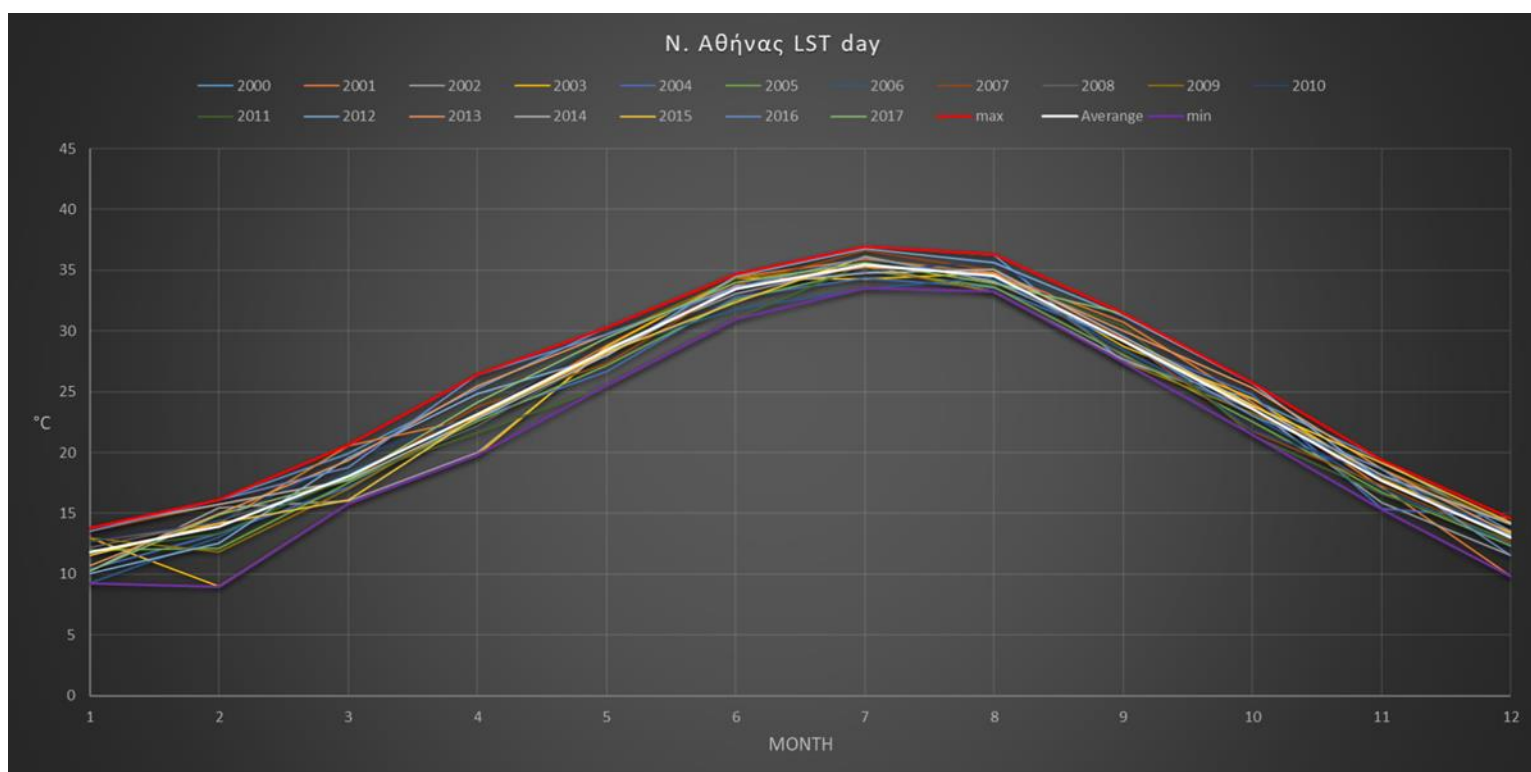
Σχήμα 4.65. Μεταβολές της LST night LCM για κάθε έτος του κεντρικού τμήματος της Αθήνας.

Την ημέρα το μέγιστο της LST παρατηρείται στους 41,7°C το έτος 2000 και το ελάχιστο στους 9,8°C το έτος 2003. Την νύχτα το μέγιστο παρατηρείται στους 28,2°C το έτος 2012 και το ελάχιστο στους 2,6°C το έτος 2003.

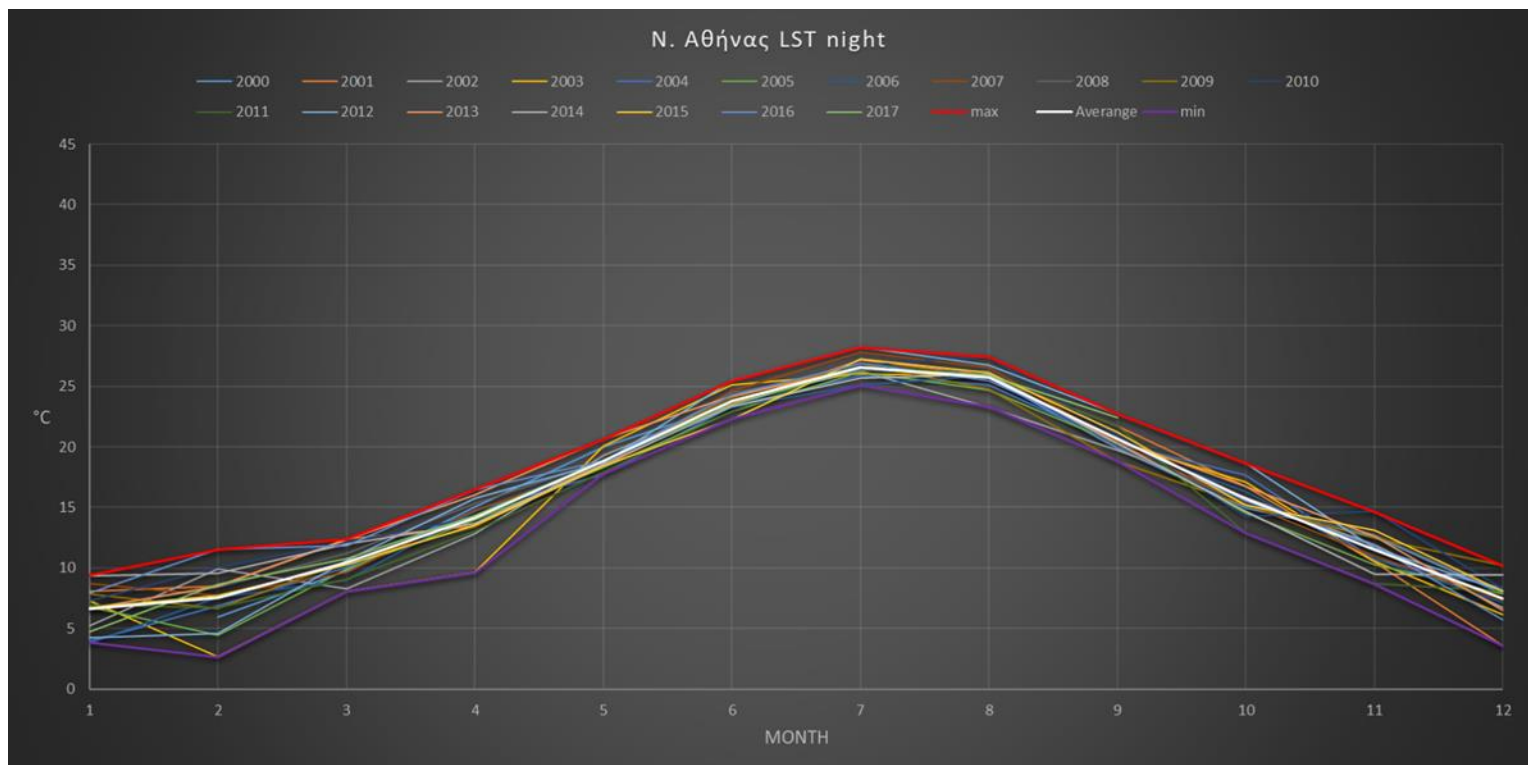
4.3.5 Νότιο τμήμα της Αθήνας

day-night

Οι μεταβολές της LST ημέρας και νύχτας του νότιου τμήματος της Αθήνας για κάθε έτος για τα δεδομένα day-night αποτυπώνονται στα σχήματα 4.66 και 4.67 αντίστοιχα.



Σχήμα 4.66. Μεταβολές της LST day για κάθε έτος του νότιου τμήματος της Αθήνας.

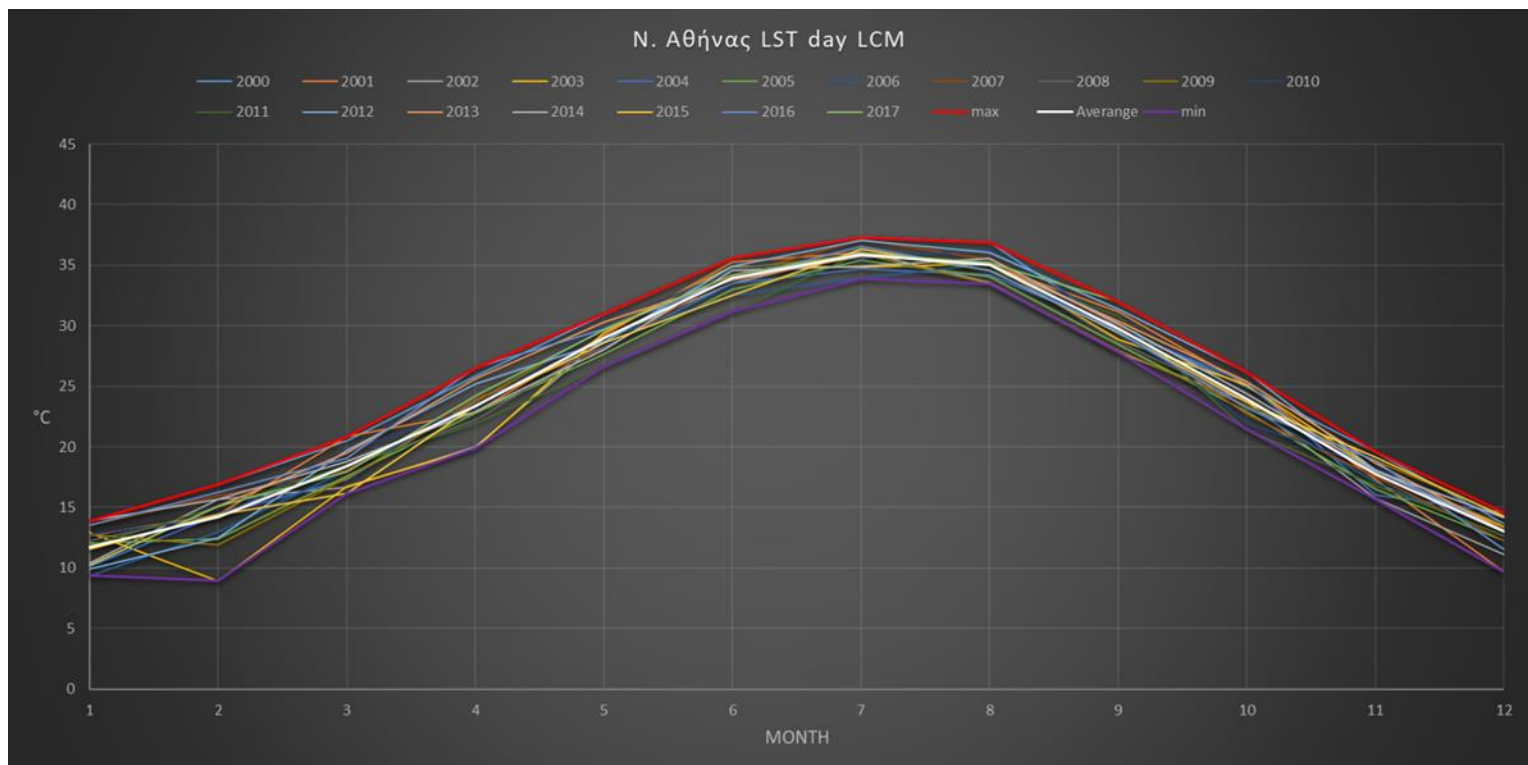


Σχήμα 4.67. Μεταβολές της LST night για κάθε έτος του νότιου τμήματος της Αθήνας.

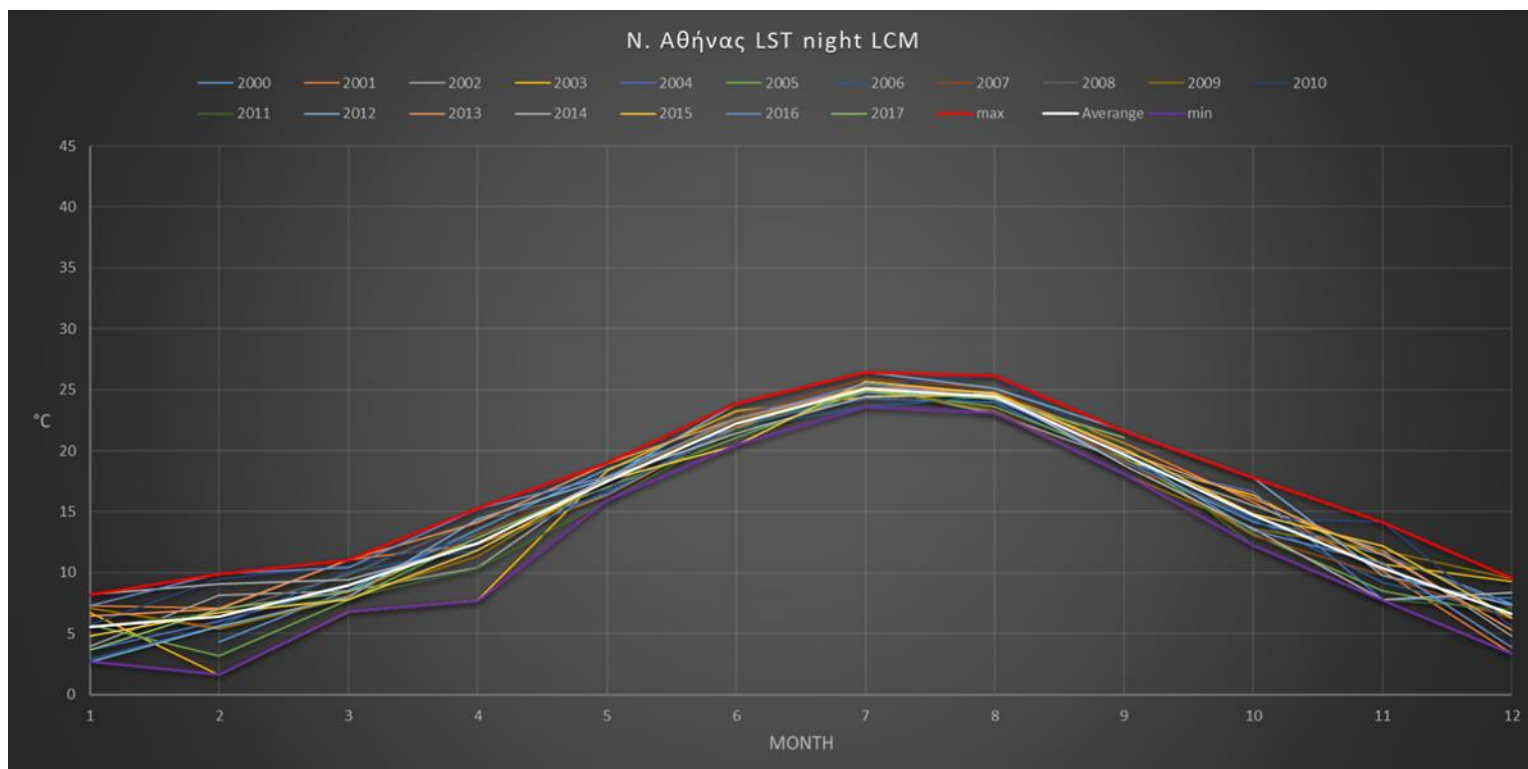
Την ημέρα το μέγιστο της LST παρατηρείται στους 36,9°C το έτος 2000 και το ελάχιστο στους 9,0°C το έτος 2003. Την νύχτα το μέγιστο παρατηρείται στους 26,5°C το έτος 2012 και το ελάχιστο στους 2,7°C το έτος 2003.

day-night LCM

Οι μεταβολές της LST ημέρας και νύχτας του νότιου τμήματος της Αθήνας για κάθε έτος για τα δεδομένα day-night LCM αποτυπώνονται στα σχήματα 4.68 και 4.69 αντίστοιχα.



Σχήμα 4.68. Μεταβολές της LST day LCM για κάθε έτος του νότιου τμήματος της Αθήνας.



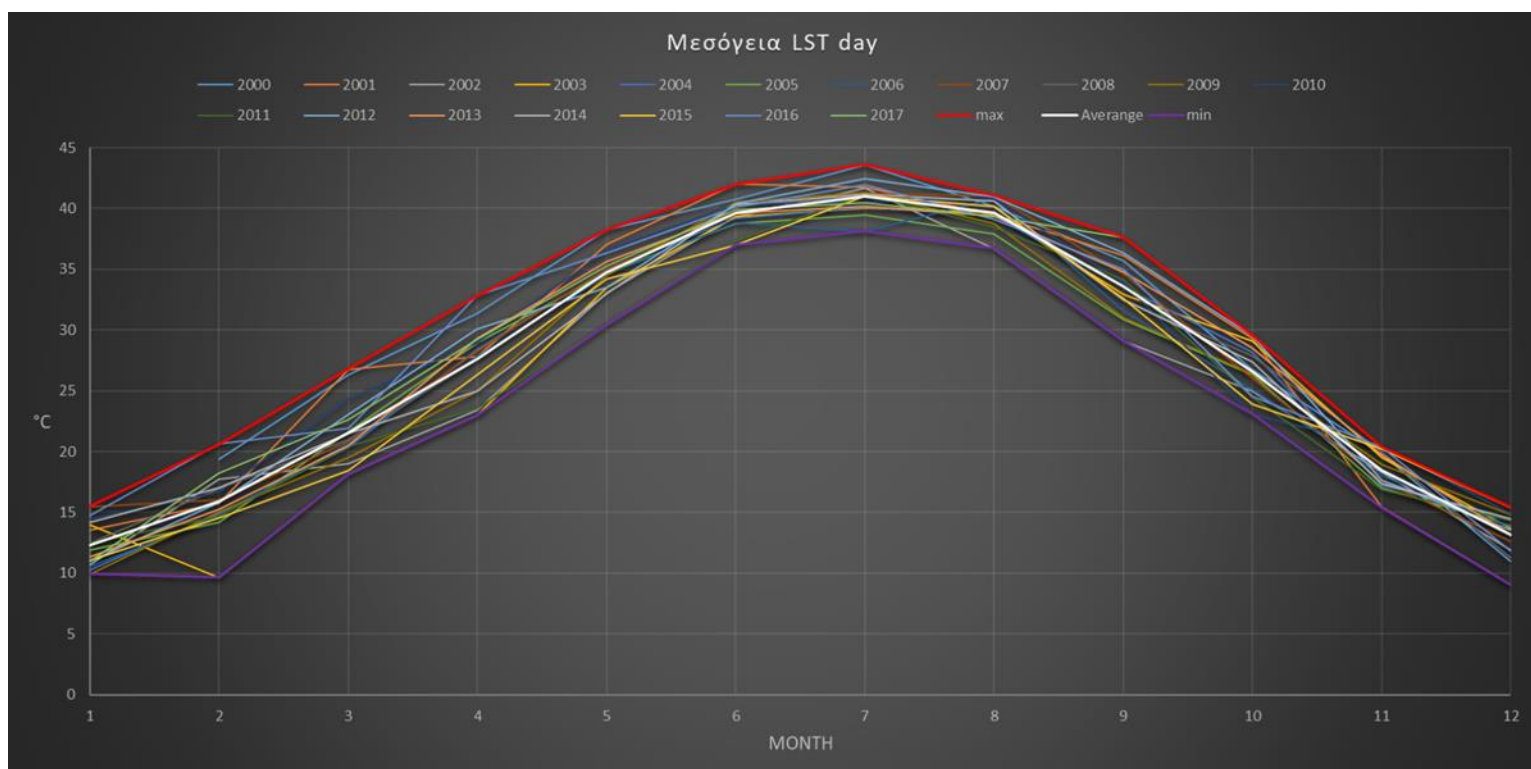
Σχήμα 4.69. Μεταβολές της LST night LCM για κάθε έτος του νότιου τμήματος της Αθήνας.

Την ημέρα το μέγιστο της LST παρατηρείται στους 37,3°C το έτος 2000 και το ελάχιστο στους 9,0°C το έτος 2003. Την νύχτα το μέγιστο παρατηρείται στους 26,5°C το έτος 2012 και το ελάχιστο στους 2,6°C το έτος 2003.

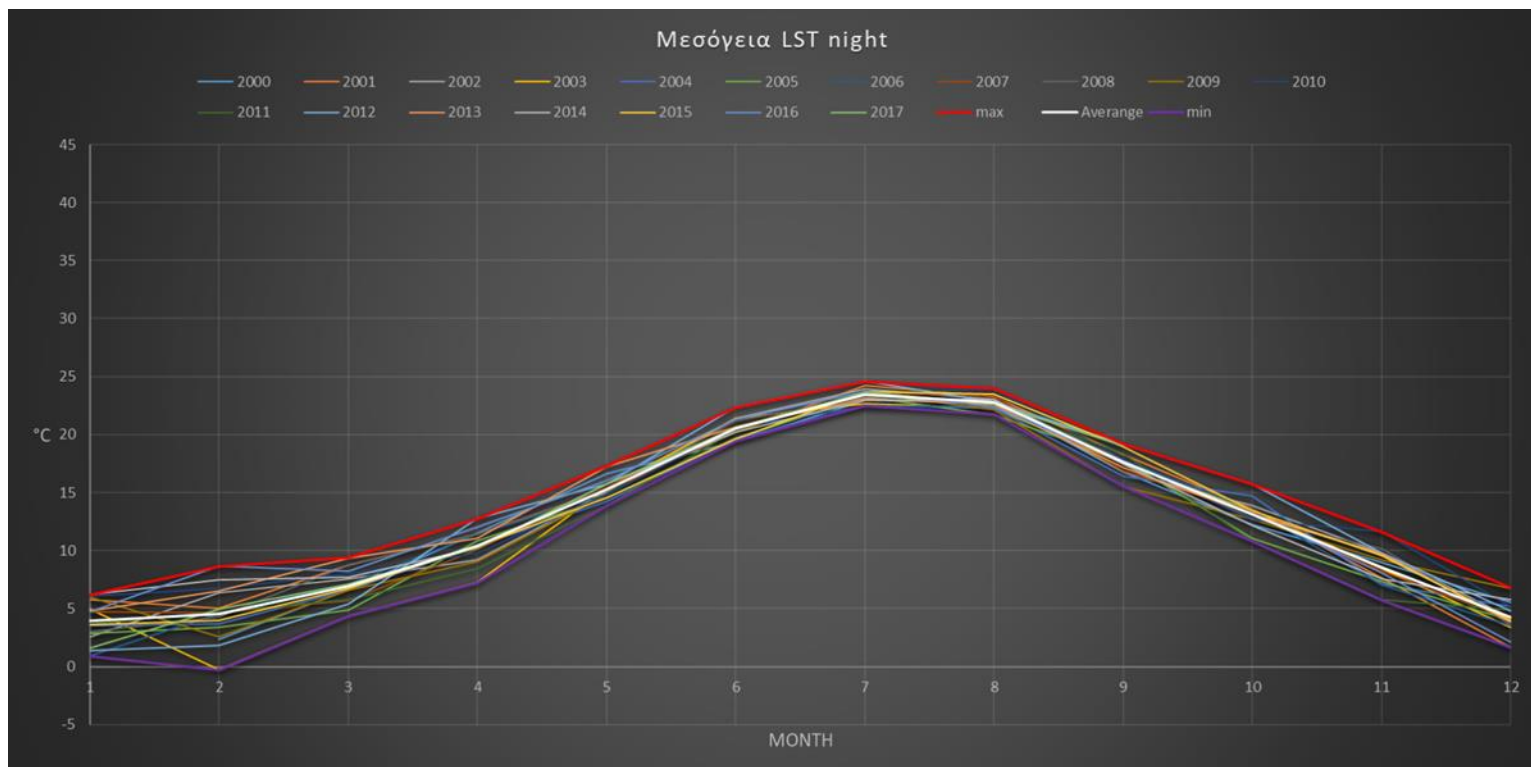
4.3.6 Μεσόγεια

day-night

Οι μεταβολές της LST ημέρας και νύχτας της περιοχής των Μεσογείων για κάθε έτος για τα δεδομένα day-night αποτυπώνονται στα σχήματα 4.70 και 4.71 αντίστοιχα.



Σχήμα 4.70. Μεταβολές της LST day για κάθε έτος της περιοχής των Μεσογείων.

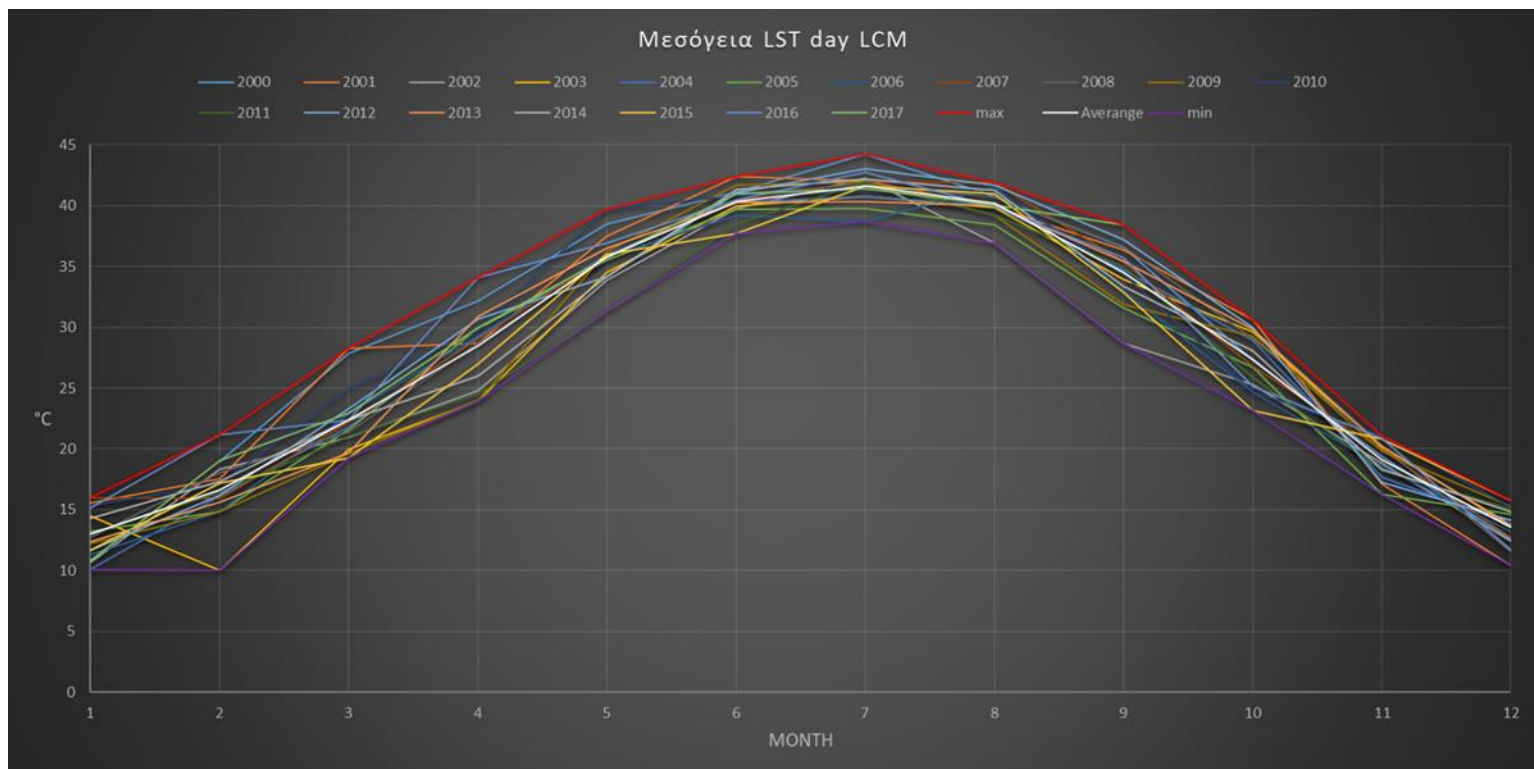


Σχήμα 4.71. Μεταβολές της LST night για κάθε έτος της περιοχής των Μεσογείων.

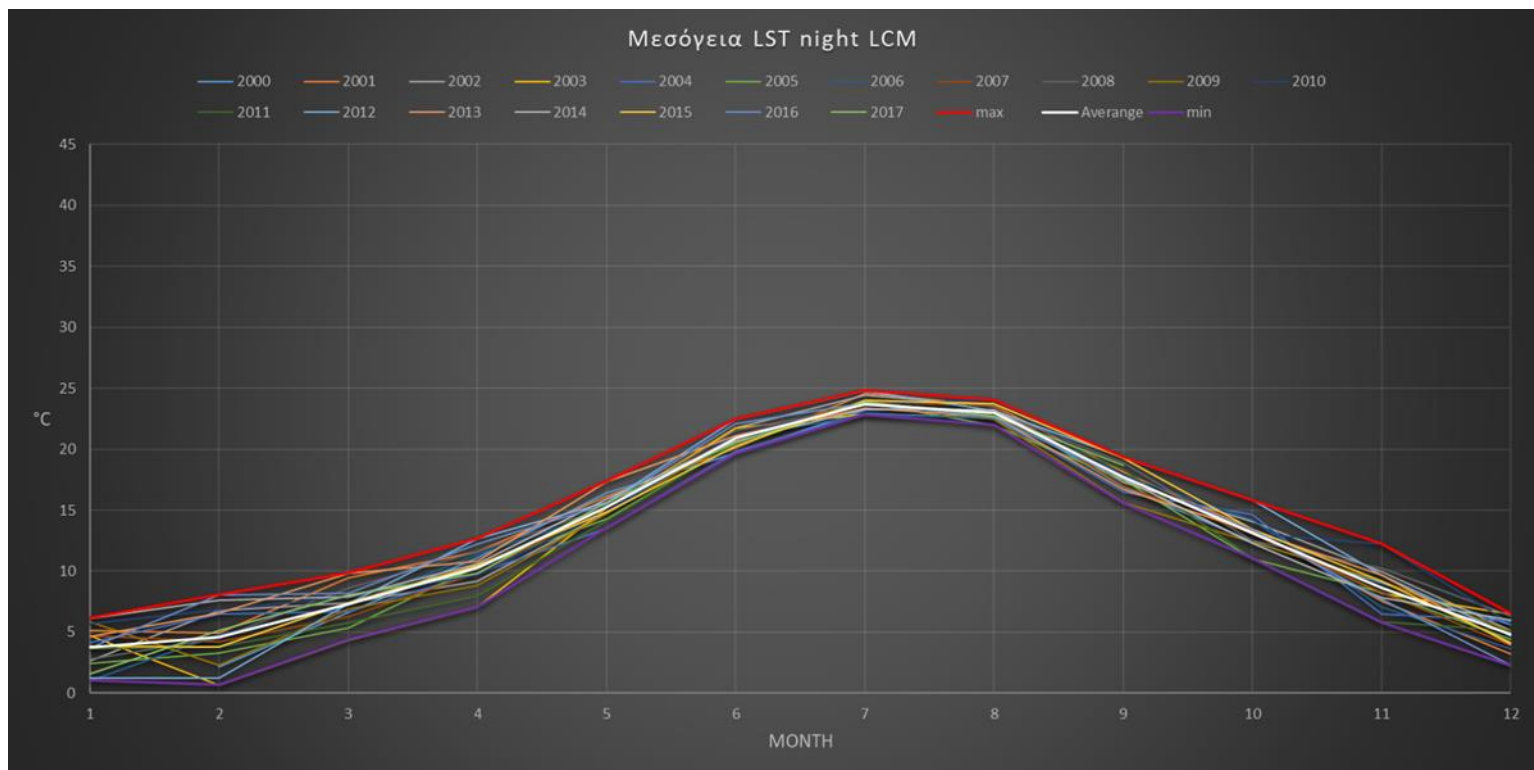
Την ημέρα το μέγιστο της LST παρατηρείται στους 43,6°C το έτος 2000 και το ελάχιστο στους 9,0°C το έτος 2001. Την νύχτα το μέγιστο παρατηρείται στους 24,6°C το έτος 2012 και το ελάχιστο στους -0,3°C το έτος 2003.

day-night

Οι μεταβολές της LST ημέρας και νύχτας της περιοχής των Μεσογείων για κάθε έτος για τα δεδομένα day-night LCM αποτυπώνονται στα σχήματα 4.72 και 4.74 αντίστοιχα.



Σχήμα 4.72. Μεταβολές της LST day LCM για κάθε έτος της περιοχής των Μεσογείων.



Σχήμα 4.73. Μεταβολές της LST night LCM για κάθε έτος της περιοχής των Μεσογείων.

Την ημέρα το μέγιστο της LST παρατηρείται στους 44,2°C το έτος 2000 και το ελάχιστο στους 10,0°C το έτος 2003. Την νύχτα το μέγιστο παρατηρείται στους 24,8°C το έτος 2012 και το ελάχιστο στους 0,7°C το έτος 2003.

4.4 Σύγκριση τιμών LST μεταξύ των περιοχών

4.4.1 Ενδοετήσια σύγκριση τιμών

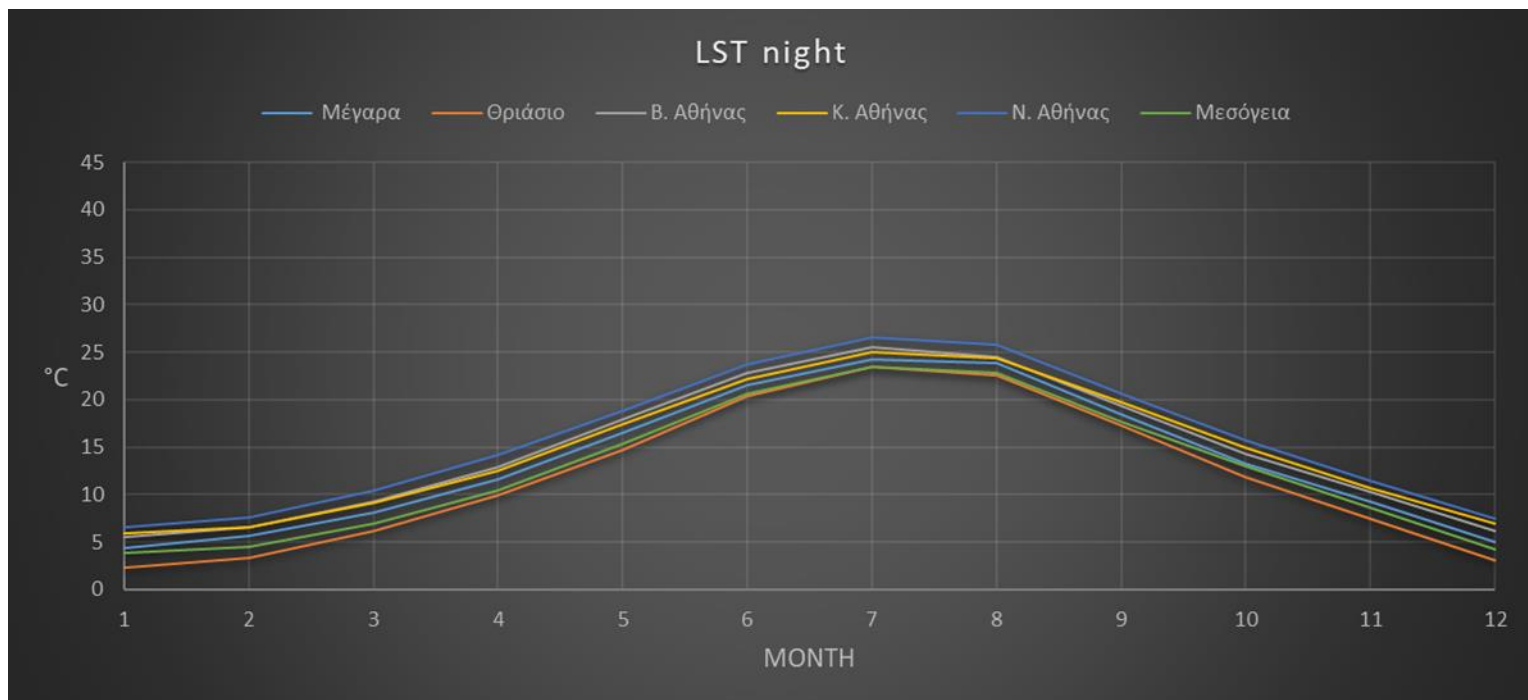
Στο παρών κεφάλαιο θα συγκρίνουμε τις μέσες μηνιαίες τιμές LST των περιοχών μεταξύ τους σε ενδοετήσια βάση για τα δεδομένα day-night και day-night LCM.

day-night

Οι τιμές της LST ημέρας και νύχτας κάθε περιοχής, για τα δεδομένα day-night αποτυπώνονται στα σχήματα 4.74 και 4.75 αντίστοιχα.



Σχήμα 4.74. Μέσες μηνιαίες τιμές LST day των περιοχών μελέτης.



Σχήμα 4.75. Μέσες μηνιαίες τιμές LST night των περιοχών μελέτης.

Παρατηρούμε ότι:

Το νότιο τμήμα της Αθήνας ως προς:

- Το Θριάσιο παρουσιάζει μια μέγιστη διαφορά ημέρας-νύχτας στους 10,1°C τον μήνα Μάιο, όπου την ημέρα η LST είναι μικρότερη κατά 5,9°C και την νύχτα μεγαλύτερη κατά 4,2°C. Τους μήνες Ιούνιο και Ιούλιο παρατηρείται μια μέγιστη διαφορά για την ημέρα με την LST να είναι μικρότερη κατά 5,9°C και 5,8°C αντίστοιχα, την νύχτα είναι μεγαλύτερη κατά 3,5°C και 3,1°C αντίστοιχα. Η μέγιστη διαφορά για την νύχτα παρατηρείται τον μήνα Δεκέμβριο όπου η LST είναι μεγαλύτερη κατά 4,5°C, ενώ την ημέρα δεν παρουσιάζει καμία διαφορά για τις δύο περιοχές. Επίσης την ημέρα για τον μήνα Ιανουάριο η LST είναι μικρότερη κατά 0,2°C, διαφορά η οποία δεν μπορεί να θεωρηθεί σημαντική και την νύχτα η LST είναι μεγαλύτερη κατά 4,3°C.
- Τα Μεσόγεια παρουσιάζει μια μέγιστη διαφορά ημέρας-νύχτας τον μήνα Μάιο στους 9,9°C με την τιμή της LST να είναι μικρότερη την ημέρα κατά 6,3°C και την νύχτα μεγαλύτερη κατά 3,6°C. Τους μήνες Ιούνιο και Ιούλιο η LST είναι μικρότερη κατά 6,2°C και 5,6°C αντίστοιχα ενώ την νύχτα είναι μεγαλύτερη κατά 3,2°C και για τους δυο μήνες. Τον μήνα Απρίλιο την νύχτα η τιμή της LST είναι μεγαλύτερη κατά 3,8°C και την ημέρα μικρότερη κατά 4,5°C. Τους μήνες Ιανουάριο και Δεκέμβριο η τιμή της LST την ημέρα είναι μικρότερη κατά 0,5°C και 0,2°C ενώ την νύχτα είναι μεγαλύτερη κατά 2,7°C και 2,9°C αντίστοιχα.

- Τα Μέγαρα παρουσιάζει μια μέγιστη διαφορά ημέρας-νύχτας στους 7,4°C τον μήνα Ιούλιο με την τιμή της LST να είναι μικρότερη την ημέρα κατά 5,1°C και την νύχτα μεγαλύτερη κατά 2,3°C. Τους μήνες Ιούνιο και Αύγουστο παρουσιάζει μικρότερη τιμή LST κατά 4,7°C ενώ την νύχτα μεγαλύτερη κατά 2,2°C και 1,9°C αντίστοιχα. Τους μήνες Ιανουάριο και Δεκέμβριο η τιμή της LST είναι μικρότερη κατά 0,5°C και 0,3°C ενώ την νύχτα μεγαλύτερη κατά 2,2°C και 2,5°C αντίστοιχα.
- Το κεντρικό τμήμα της Αθήνας παρουσιάζει μια μέγιστη διαφορά ημέρας-νύχτας τον μήνα Μάιο στους 6,6°C με την τιμή της LST να είναι μικρότερη κατά 5,1°C την ημέρα και μεγαλύτερη κατά 1,5°C την νύχτα. Τους μήνες Απρίλιο και Ιούνιο παρατηρείται η μέγιστη διαφορά ημέρας με την LST να είναι μικρότερη κατά 4,4°C και την νύχτα να παρατηρείται μικρότερη κατά 1,7°C και 1,6°C αντίστοιχα. Τους μήνες Ιανουάριο και Δεκέμβριο η τιμή της LST παρατηρείται μεγαλύτερη κατά 0,1°C και 0,4°C και την νύχτα μεγαλύτερη κατά 1,1°C και 1,4°C αντίστοιχα.
- Το βόρειο τμήμα της Αθήνας παρουσιάζει μια μέγιστη διαφορά ημέρας-νύχτας στους 5,5°C τον μήνα Μάιο με την LST να παρατηρείται μικρότερη κατά 4,5°C την ημέρα ενώ την νύχτα μεγαλύτερη κατά 1,0°C. Μία μέγιστη διαφορά νύχτας παρατηρείται του μήνες Σεπτέμβριο και Δεκέμβριο με την LST μεγαλύτερη κατά 1,4°C και την ημέρα μικρότερη κατά 2,1°C και μεγαλύτερη κατά 0,4°C του αντίστοιχους μήνες. Τον Ιανουάριο παρατηρείται ότι η LST την ημέρα είναι μεγαλύτερη κατά 0,1°C και την νύχτα κατά 1,1°C.

Το βόρειο τμήμα της Αθήνας ως προς:

- Το Θριάσιο παρουσιάζει μια μέγιστη διαφορά ημέρας-νύχτας στους 4,6°C τον μήνα Μάιο με την τιμή της LST την ημέρα να είναι μικρότερη κατά 1,4°C και νύχτα μεγαλύτερη κατά 3,2°C. Παρατηρείται μια μέγιστη διαφορά ημέρας τον Αύγουστο όπου η LST είναι μεγαλύτερη κατά 2,3°C την ημέρα και μικρότερη κατά 1,9°C την νύχτα. Μια μέγιστη διαφορά νύχτας παρατηρείται τους μήνες Ιανουάριο, Φεβρουάριο και Μάρτιο με την τιμή της LST να είναι μεγαλύτερη κατά 3,2°C και την ημέρα μικρότερη κατά 0,3°C, 0,5°C και 0,5°C αντίστοιχα. Το Δεκέμβριο την ημέρα είναι μικρότερη κατά 0,4°C και την νύχτα μεγαλύτερη κατά 3,1°C.
- Τα Μεσόγεια παρουσιάζει μια μέγιστη διαφορά ημέρας-νύχτας στους 4,5°C τον μήνα Ιούνιο με την LST την ημέρα να είναι μικρότερη κατά 2,2°C και την νύχτα μεγαλύτερη κατά 2,3°C. Για την ημέρα μια μέγιστη διαφορά παρατηρούμε τον μήνα Σεπτέμβριο όπου την ημέρα η LST είναι μεγαλύτερη κατά 2,3°C και την νύχτα μικρότερη κατά 1,7°C. Επίσης μια μέγιστη διαφορά νύχτας παρατηρούμε τον μήνα Μάιο όπου είναι μεγαλύτερη κατά 2,6°C και την ημέρα μικρότερη κατά 1,8°C. Τους μήνες Ιανουάριο και Δεκέμβριο την ημέρα η LST παρατηρείται μικρότερη κατά 0,6°C και την νύχτα μεγαλύτερη κατά 1,6°C και 1,8°C αντίστοιχα.

- Τα Μέγαρα παρουσιάζει μια μέγιστη διαφορά ημέρας-νύχτας τον μήνα Ιούλιο στους 2,6°C με την LST να παρατηρείται μικρότερη κατά 1,4°C την ημέρα και μεγαλύτερη κατά 1,2°C την νύχτα. Τον Αύγουστο παρατηρείται ένα μέγιστη διαφορά ημέρας με την LST να είναι μικρότερη κατά 1,5°C και την νύχτα μεγαλύτερη κατά 0,7°C ενώ μια μέγιστη διαφορά νύχτας παρατηρείται τον μήνα Μάιο με την LST να είναι μεγαλύτερη κατά 1,4°C και την ημέρα μικρότερη κατά 0,1°C. Τους μήνες Ιανουάριο και Δεκέμβριο η LST είναι μικρότερη κατά 0,6°C και 0,7°C την ημέρα ενώ την νύχτα παρατηρείται και για τους δύο μήνες μεγαλύτερη κατά 1,1°C.
- Το κεντρικό τμήμα της Αθήνας παρουσιάζει μια μέγιστη διαφορά ημέρας-νύχτας στους 1,4°C τον μήνα Απρίλιο με την LST την ημέρα να είναι μικρότερη κατά 1,0°C και την νύχτα μεγαλύτερη κατά 0,4°C. Εδώ παρατηρούμε ότι την ημέρα από τον Ιανουάριο ως τον Απρίλιο η LST είναι μικρότερη με μια διαφορά μεταξύ των δύο περιοχών να μη ξεπερνά τους 1,1°C και η οποία μειώνεται μέχρι τον Δεκέμβριο και που από τον Μάιο και μετά δεν ξεπερνά τους 0,9°C, η οποία παρατηρείται τον μήνα Σεπτέμβριο. Την νύχτα η LST παρατηρείται μικρότερη τον μήνα Ιανουάριο κατά 0,4°C, παίρνει μηδενική τιμή τον Φεβρουάριο και αυξάνεται μέχρι τον Αύγουστο με την διαφορά μεταξύ των δυο περιοχών να μην ξεπερνά τους 0,7°C, η οποία παρατηρείται τον Ιούνιο. Από τον Σεπτέμβριο μέχρι το Δεκέμβριο έχουμε μια μείωση με την διαφορά να μην ξεπερνάει τους 0,8°C η οποία παρατηρείται τον Δεκέμβριο.

Το κεντρικό τμήμα της Αθήνας ως προς:

- Το Θριάσιο παρουσιάζει μια μέγιστη διαφορά ημέρας-νύχτας στους 3,9°C τον μήνα Σεπτέμβριο με την LST να είναι την ημέρα μικρότερη κατά 1,5°C και την νύχτα μεγαλύτερη κατά 2,4°C. Παρατηρούμε τον Αύγουστο μια μέγιστη διαφορά ημέρας με την LST να είναι μικρότερη κατά 1,8°C και την νύχτα μεγαλύτερη κατά 1,8°C. Μέγιστη διαφορά νύχτας παρατηρείται τους μήνες Ιανουάριο και Δεκέμβριο με την LST να είναι μεγαλύτερη κατά 3,6°C και 3,9°C και την ημέρα μικρότερη κατά 0,7°C και 0,3°C αντίστοιχα.
- Τα Μεσόγεια παρουσιάζει μια μέγιστη διαφορά ημέρας-νύχτας στους 3,8°C τον μήνα Σεπτέμβριο με την τιμή της LST την ημέρα να είναι μικρότερη κατά 1,7°C και την νύχτα μεγαλύτερη κατά 2,1°C. Τον Ιούλιο παρατηρείται μια μέγιστη διαφορά ημέρας με την LST να είναι μικρότερη κατά 1,8°C και την νύχτα μεγαλύτερη κατά 1,6°C. Μέγιστη διαφορά νύχτας παρατηρείται τους μήνες Ιανουάριο και Δεκέμβριο με την LST να είναι μεγαλύτερη κατά 2,0°C και 2,6°C και την ημέρα μικρότερη κατά 0,4°C και 0,1°C αντίστοιχα.
- Τα Μέγαρα παρουσιάζει μια μέγιστη διαφορά ημέρας-νύχτας στους 1,9°C τον μήνα Δεκέμβριο με την LST να είναι την ημέρα να μην παρουσιάζει καμία διαφορά και την νύχτα μεγαλύτερη κατά 1,9°C. Τον μήνα Μάρτιο παρατηρείται μια μέγιστη διαφορά ημέρας με την LST να είναι μικρότερη κατά 1,8°C και την νύχτα μεγαλύτερη κατά 1,0°C. Μια μέγιστη διαφορά νύχτας παρατηρείται τον μήνα Οκτώβριο με την LST να είναι μεγαλύτερη κατά 1,7°C και την ημέρα μεγαλύτερη κατά 0,3°C.

Τα Μέγαρα ως προς:

- Το Θριάσιο παρουσιάζει μια μέγιστη διαφορά ημέρας-νύχτας στους 3,2°C τους μήνες Μάρτιο και Απρίλιο με την LST την ημέρα να είναι μικρότερη κατά 1,2°C και 1,5°C και την νύχτα μεγαλύτερη κατά 2,0°C και 1,7°C αντίστοιχα. Μια μέγιστη διαφορά νύχτας παρατηρείται τον Φεβρουάριο όπου η LST είναι μεγαλύτερη κατά 2,2°C και την ημέρα μικρότερη κατά 0,6°C. Επίσης τον μήνα Οκτώβριο η LST παρατηρείται την ημέρα μικρότερη κατά 1,5°C και την νύχτα μεγαλύτερη κατά 2,2°C.
- Τα Μεσόγεια παρουσιάζει μια μέγιστη διαφορά ημέρας-νύχτας στους 2,9°C τους μήνες Μάρτιο και Μάιο με την LST την ημέρα να είναι μικρότερη κατά 1,7°C και την νύχτα μεγαλύτερη κατά 1,2°C. Τον μήνα Απρίλιο παρατηρείται ότι η LST την ημέρα είναι μικρότερη κατά 1,6°C και την νύχτα μεγαλύτερη κατά 1,2°C. Τον μήνα Ιούλιο η LST την ημέρα είναι μικρότερη κατά 0,5°C την ημέρα και την νύχτα μεγαλύτερη κατά 0,9°C.

Το Θριάσιο ως προς:

- Τα Μεσόγεια παρουσιάζει μια μέγιστη διαφορά ημέρας-νύχτας στους 1,3°C τον μήνα Ιανουάριο όπου την ημέρα η τιμή της LST είναι μικρότερη κατά 0,3°C και την νύχτα επίσης μικρότερη κατά 1,6°C. Τους μήνες Νοέμβριο και Δεκέμβριο η τιμή της LST για την ημέρα παρατηρείται μεγαλύτερη κατά 0,1°C και μικρότερη κατά 0,2°C διαφορές που ουσιαστικά δεν είναι σημαντικές και την νύχτα παρατηρείται μεγαλύτερη κατά 1,1°C και 1,3°C αντίστοιχα.

Από τα δεδομένα day-night συμπεραίνουμε ότι :

- Οι μέγιστες και οι ελάχιστες τιμές της μέσης μηνιαίας τιμής της LST παρατηρούνται τόσο για την ημέρα όσο και για την νύχτα τους μήνες Ιούλιο και Ιανουάριο αντίστοιχα
- Την ημέρα τα Μεσόγεια είναι η περιοχή που παρουσιάζει τις μεγαλύτερες τιμές LST με εξαίρεση τους μήνες Ιούλιο και Αύγουστο όπου το Θριάσιο παρατηρείται με μεγαλύτερη τιμή LST με την μέγιστη διαφορά στους 0,2°C και 0,4°C αντίστοιχα. Γενικά τα Μεσόγεια και το Θριάσιο δεν παρουσιάζουν ουσιαστική διαφορά στη τιμή της LST. Η μέγιστη διαφορά παρατηρείται τους μήνες Φεβρουάριο και Οκτώβριο όπου τα Μεσόγεια έχουν μεγαλύτερη τιμή LST κατά 0,7°C.
- Την ημέρα το νότιο τμήμα της Αθήνας παρουσιάζει την πιο μικρή τιμή LST, είναι μικρότερη έως και 6,3°C από τα Μεσόγεια.
- Την νύχτα το νότιο τμήμα της Αθήνας παρουσιάζει τις μεγαλύτερες τιμές LST. Η μέγιστη διαφορά παρατηρείται τον μήνα Δεκέμβριο στους 4,5°C ως προς το Θριάσιο.

- Την νύχτα το Θριάσιο είναι η περιοχή που παρουσιάζει την χαμηλότερες τιμές LST με εξαίρεση τον μήνα Ιούλιο που παρουσιάζει μια τιμή μεγαλύτερη κατά 0,1°C σε σχέση με τα Μεσόγεια, διαφορά η οποία δεν είναι ουσιαστική, συνεπώς οι δύο περιοχές παρουσιάζουν παρόμοιες τιμές LST.
- Στην Αθήνα το βόρειο τμήμα παρουσιάζει μικρότερες τιμές LST σε σχέση με το κεντρικό τμήμα κατά την διάρκεια όλου του έτους, ενώ την νύχτα είναι παρουσιάζει μεγαλύτερες τιμές από τον μήνα Μάρτιο ως τον μήνα Αύγουστο με μια μέγιστη διαφορά που φτάνει ως και 0,7°C τον μήνα Ιούνιο. Τον μήνα Φεβρουάριο οι δυο περιοχές παρουσιάζουν την ίδια τιμή LST.

Κατά την διάρκεια της ημέρας το Ν. Αθήνας παρουσιάζει τις χαμηλότερες τιμές LST, πιο συγκεκριμένα η μέγιστη διαφορά παρατηρείται σε σχέση με:

- Τα Μεσόγεια στους 6,3°C τον μήνα Μάιο.
- Το Θριάσιο στους 5,9°C τον μήνα Ιούνιο.
- Τα Μέγαρα στους 5,1°C τον μήνα Ιούλιο.
- Το κεντρικό τμήμα της Αθήνας στους 5,1°C τον μήνα Μάιο.
- Το βόρειο τμήμα της Αθήνας στους 4,5°C τον μήνα Μάιο.

Γενικά οι μέγιστες διαφορές παρατηρούνται κατά την περίοδο της άνοιξης και του καλοκαιριού.

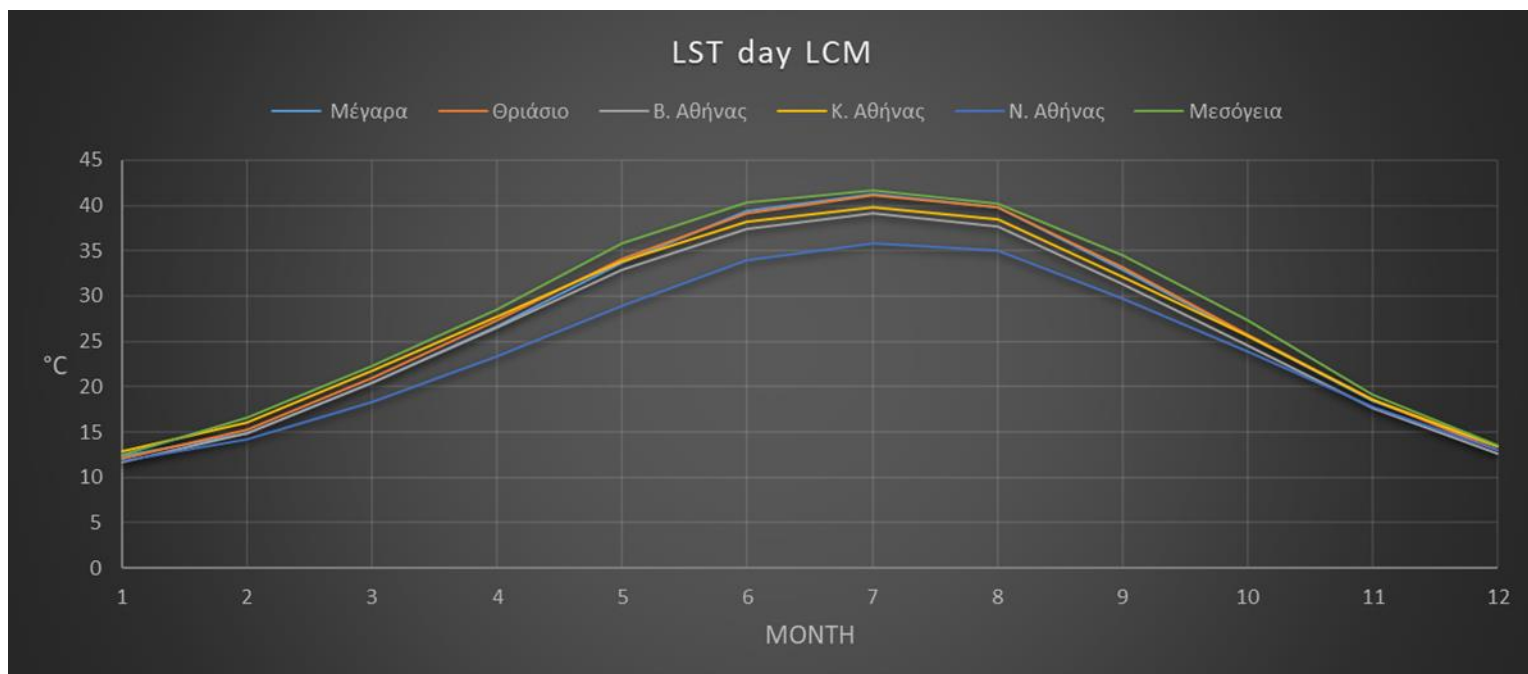
Την νύχτα το Θριάσιο είναι η περιοχή που παρουσιάζει τις χαμηλότερες τιμές LST, πιο συγκεκριμένα η μέγιστη διαφορά παρατηρείται σε σχέση με:

- Το νότιο τμήμα της Αθήνας στους 4,5°C τον μήνα Δεκέμβριο. Οι μέγιστες διαφορές παρατηρούνται κατά την περίοδο της άνοιξης και του χειμώνα.
- Το κεντρικό τμήμα της Αθήνας 3,9°C τον μήνα Δεκέμβριο με τις μέγιστες διαφορές να παρατηρούνται τόσο την περίοδο της άνοιξης όσο και την περίοδο του φθινοπώρου και του χειμώνα.
- Το βόρειο τμήμα της Αθήνας στους 3,2°C τον μήνα Μάιο. Οι μέγιστες διαφορές παρατηρούνται κατά την περίοδο της άνοιξης και του χειμώνα.
- Τα Μέγαρα στους 2,2°C τον μήνα Φεβρουάριο. Οι μέγιστες διαφορές παρατηρούνται την περίοδο της άνοιξης και του χειμώνα.

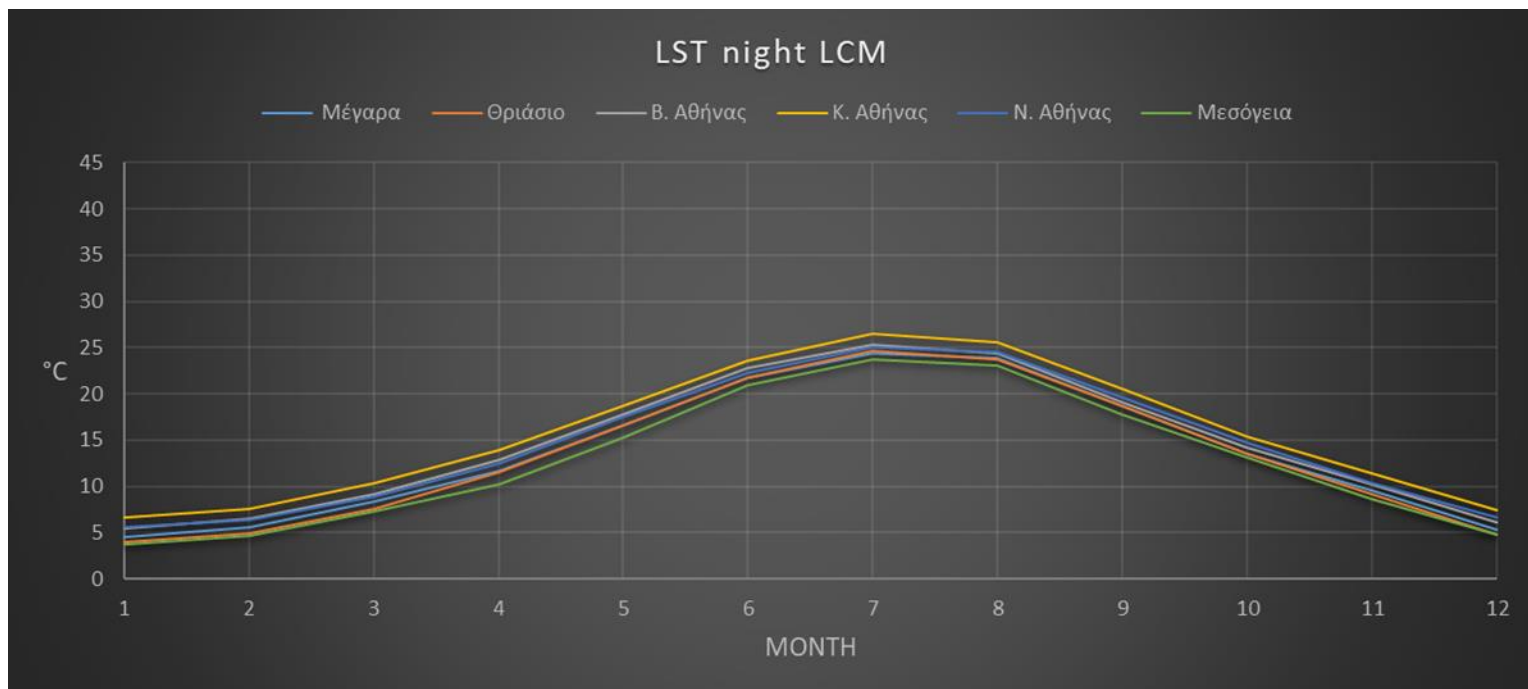
- Τα Μεσόγεια στους 1,6°C τον μήνα Ιανουάριο. Οι μέγιστες διαφορές παρατηρούνται τόσο κατά την περίοδο της άνοιξης όσο και την περίοδο του φθινοπώρου και του χειμώνα.

day-night LCM

Οι τιμές της LST ημέρας και νύχτας κάθε περιοχής, για τα δεδομένα day-night LCM αποτυπώνονται στα σχήματα 4.76 και 4.77 αντίστοιχα.



Σχήμα 4.76. Μέσες μηνιαίες τιμές LST day LCM των περιοχών μελέτης.



Σχήμα 4.77. Μέσες μηνιαίες τιμές LST night LCM των περιοχών μελέτης.

Παρατηρούμε ότι:

Το νότιο τμήμα της Αθήνας ως προς:

- Το Θριάσιο παρουσιάζει μια μέγιστη διαφορά ημέρας-νύχτας στους 6,3°C τον μήνα Μάιο, όπου την ημέρα η LST είναι μικρότερη κατά 5,3°C και την νύχτα μεγαλύτερη κατά 1,0°C. Τους μήνες Ιούνιο και Ιούλιο παρατηρείται μια μέγιστη διαφορά για την ημέρα με την LST να είναι μικρότερη κατά 5,2°C ενώ την νύχτα είναι μεγαλύτερη κατά 0,5°C. Η μέγιστη διαφορά για την νύχτα παρατηρείται τον μήνα Ιανουάριο όπου η LST είναι μεγαλύτερη κατά 1,6°C και την ημέρα είναι μικρότερη κατά 0,3°C και τον μήνα Δεκέμβριο όπου την νύχτα είναι μεγαλύτερη κατά 1,8°C και την ημέρα η δεν υπάρχει καμία διαφορά.
- Τα Μεσόγεια παρουσιάζει μια μέγιστη διαφορά ημέρας-νύχτας τον μήνα Μάιο στους 9,2°C με την τιμή της LST να είναι μικρότερη την ημέρα κατά 6,9°C και την νύχτα μεγαλύτερη κατά 2,3°C. Τον μήνα Ιούνιο παρατηρείται μια μέγιστη διαφορά ημέρας με την τιμή της LST να είναι μικρότερη κατά 6,°C ενώ την νύχτα είναι μεγαλύτερη κατά 1,3 °C. Τον μήνα Απρίλιο παρατηρείται μια μέγιστη διαφορά για την νύχτα με την τιμή της LST να είναι μεγαλύτερη κατά 2,2°C και την ημέρα μικρότερη κατά 5,1°C. Τους μήνες Ιανουάριο και Δεκέμβριο η τιμή της LST την ημέρα είναι μικρότερη κατά 0,7°C και 0,6°C ενώ την νύχτα παρατηρείται μεγαλύτερη κατά 1,8°C.

- Τα Μέγαρα παρουσιάζει μια μέγιστη διαφορά ημέρας-νύχτας τον μήνα Ιούλιο στους 5,4°C, όπου την ημέρα η LST είναι μικρότερη κατά 4,9°C και την νύχτα μεγαλύτερη κατά 0,9°C. Μια μέγιστη διαφορά για την ημέρα παρατηρείται τον μήνα Ιούνιο με την LST να είναι μικρότερη κατά 5,4°C ενώ την νύχτα είναι μεγαλύτερη κατά 0,5°C. Η μέγιστη διαφορά για την νύχτα παρατηρείται τους μήνες Οκτώβριο και Δεκέμβριο όπου η LST είναι μεγαλύτερη κατά 1,2°C και την ημέρα είναι μικρότερη κατά 1,7°C και 0,4°C αντίστοιχα. Τον μήνα Ιανουάριο η LST την ημέρα είναι μικρότερη κατά 0,5°C και την νύχτα μεγαλύτερη κατά 1,0°C.
- Το κεντρικό τμήμα της Αθήνας παρατηρούμε ότι τόσο για την ημέρα όσο και για την νύχτα οι τιμές της LST του είναι μικρότερες. Παρουσιάζει μια μέγιστη διαφορά ημέρας-νύχτας τον μήνα Μάιο στους 3,8°C με την τιμή της LST να είναι μικρότερη κατά 5,0°C την ημέρα και κατά 1,2°C την νύχτα. Τον μήνα Απρίλιο παρατηρείται η μέγιστη διαφορά ημέρας με την LST να είναι μικρότερη κατά 4,4°C και την νύχτα κατά 1,4°C. Παρατηρείται ένα μέγιστο νύχτας τους μήνες Μάρτιο Ιούνιο και Ιούλιο με την τιμή της LST είναι μικρότερη κατά 1,°C και την ημέρα μικρότερη κατά 3,4 °C, 4,4°C και 4,0°C αντίστοιχα.
- Το βόρειο τμήμα της Αθήνας παρατηρούμε ότι οι τιμές της LST την ημέρα είναι μικρότερες από τον Μήνα Φεβρουάριο έως και τον μήνα Οκτώβριο με την μέγιστη διαφορά να παρατηρείται 4,0°C. Τους μήνες Ιανουάριο Νοέμβριο και Δεκέμβριο η τιμές της LST είναι μεγαλύτερες με μια διαφορά που δεν ξεπερνά τους 0,3°C. Την νύχτα παρατηρείται επίσης μικρότερη από τον Φεβρουάριο έως και Ιούλιο με μια διαφορά που δεν ξεπερνάει 0,5°C και από τον Αύγουστο ως τον Δεκέμβριο είναι μεγαλύτερη μέχρι και τους 0,6°C. Η μέγιστη διαφορά ημέρας νύχτας παρατηρείται στους 3,9°C τον μήνα Μάιο με την LST να είναι μικρότερη κατά 4,0°C την ημέρα και την νύχτα επίσης μικρότερη κατά 0,5°C.

Το βόρειο τμήμα της Αθήνας ως προς:

- Τα Μεσόγεια παρουσιάζει μια μέγιστη διαφορά ημέρας-νύχτας στους 5,5°C τον μήνα Μάιο με την LST την ημέρα να είναι μικρότερη κατά 2,9°C και την νύχτα μεγαλύτερη κατά 2,6°C. Για την ημέρα μια μέγιστη διαφορά παρατηρούμε τον μήνα Σεπτέμβριο όπου την ημέρα η LST είναι μεγαλύτερη κατά 3,2°C και την νύχτα μικρότερη κατά 1,4°C. Επίσης μια μέγιστη διαφορά νύχτας παρατηρούμε τον μήνα Απρίλιο όπου η LST είναι μεγαλύτερη κατά 2,5°C και την ημέρα μικρότερη κατά 2,5°C. Τους μήνες Ιανουάριο και Δεκέμβριο την ημέρα η LST παρατηρείται μικρότερη κατά 0,8°C και 0,9°C και την νύχτα μεγαλύτερη κατά 1,7°C και 1,3°C αντίστοιχα.
- Τα Μέγαρα παρουσιάζει μια μέγιστη διαφορά ημέρας-νύχτας τους μήνες Ιούνιο και Ιούλιο στους 3,0°C με την LST να παρατηρείται μικρότερη κατά 2,0°C και 2,1°C την ημέρα και μεγαλύτερη κατά 1,0°C και 0,9°C την νύχτα. Τον Αύγουστο παρατηρείται ένα μέγιστη διαφορά ημέρας με την LST να είναι μικρότερη κατά 2,1°C και την νύχτα μεγαλύτερη κατά 0,4°C ενώ μια μέγιστη διαφορά νύχτας παρατηρείται τον μήνα Μάιο

με την LST να είναι μεγαλύτερη κατά $1,2^{\circ}\text{C}$ και την ημέρα μικρότερη κατά $0,9^{\circ}\text{C}$. Τους μήνες Ιανουάριο και Δεκέμβριο η LST είναι μικρότερη κατά $0,6^{\circ}\text{C}$ και $0,7^{\circ}\text{C}$ την ημέρα ενώ την νύχτα παρατηρείται και για τους δύο μήνες κατά μεγαλύτερη κατά $0,9^{\circ}\text{C}$ και $0,7^{\circ}\text{C}$ αντίστοιχα.

- Το Θριάσιο παρουσιάζει μια μέγιστη διαφορά ημέρας-νύχτας στους $2,8^{\circ}\text{C}$ τον μήνα Ιούνιο με την τιμή της LST την ημέρα να είναι μικρότερη κατά $1,8^{\circ}\text{C}$ και νύχτα μεγαλύτερη κατά $1,0^{\circ}\text{C}$. Παρατηρείται μια μέγιστη διαφορά ημέρας τον Αύγουστο όπου η LST είναι μεγαλύτερη κατά $2,1^{\circ}\text{C}$ και την νύχτα μικρότερη κατά $0,6^{\circ}\text{C}$. Μια μέγιστη διαφορά νύχτας παρατηρείται τους μήνες Φεβρουάριο και Μάρτιο με την τιμή της LST να είναι μεγαλύτερη κατά $1,6^{\circ}\text{C}$ και την ημέρα μικρότερη κατά $0,3^{\circ}\text{C}$ και $0,4^{\circ}\text{C}$ και $0,5^{\circ}\text{C}$ αντίστοιχα. Τον μήνα Ιανουάριο την ημέρα είναι μικρότερη κατά $0,4^{\circ}\text{C}$ και την νύχτα μεγαλύτερη κατά $1,5^{\circ}\text{C}$.
- Το κεντρικό τμήμα της Αθήνας οι τιμές της LST παραμένουν μικρότερες τόσο την ημέρα όσο και την νύχτα. Μια μέγιστη διαφορά ημέρας παρατηρούμε τους μήνες Μάρτιο και Απρίλιο όπου η τιμή της LST είναι μικρότερη κατά $1,3^{\circ}\text{C}$ και την νύχτα μικρότερη κατά $1,2^{\circ}\text{C}$ και $1,1^{\circ}\text{C}$ αντίστοιχα. Την νύχτα μια μέγιστη διαφορά παρατηρούμε τους μήνες Σεπτέμβριο και Δεκέμβριο με την LST να είναι μικρότερη κατά $1,4^{\circ}\text{C}$ και την ημέρα μικρότερη κατά $0,9^{\circ}\text{C}$ και $0,7^{\circ}\text{C}$ αντίστοιχα.

Το κεντρικό τμήμα της Αθήνας ως προς:

- Τα Μεσόγεια παρουσιάζει μια μέγιστη διαφορά ημέρας-νύχτας στους $5,4^{\circ}\text{C}$ τον μήνα Μάιο με την τιμή της LST την ημέρα να είναι μικρότερη κατά $1,9^{\circ}\text{C}$ και την νύχτα μεγαλύτερη κατά $3,5^{\circ}\text{C}$. Τον Σεπτέμβριο παρατηρείται μια μέγιστη διαφορά ημέρας με την LST να είναι μικρότερη κατά $2,3^{\circ}\text{C}$ και την νύχτα μεγαλύτερη κατά $2,8^{\circ}\text{C}$. Μια μέγιστη διαφορά νύχτας παρατηρείται τον μήνα Απρίλιο με την LST να είναι μεγαλύτερη κατά $3,6^{\circ}\text{C}$ και την ημέρα μικρότερη κατά $0,7^{\circ}\text{C}$. Τους μήνες Ιανουάριο και Δεκέμβριο την ημέρα η LST είναι μεγαλύτερη κατά $0,3^{\circ}\text{C}$ και μικρότερη κατά $0,2^{\circ}\text{C}$ αντίστοιχα και την νύχτα μεγαλύτερη κατά $2,8^{\circ}\text{C}$ και $2,7^{\circ}\text{C}$ αντίστοιχα.
- Τα Μέγαρα παρουσιάζει μια μέγιστη διαφορά ημέρας-νύχτας στους $3,5^{\circ}\text{C}$ τον μήνα Ιούλιο με την LST να είναι την ημέρα μικρότερη κατά $1,4^{\circ}\text{C}$ και την νύχτα μεγαλύτερη κατά $2,1^{\circ}\text{C}$. Παρατηρούμε ότι τους μήνες Ιανουάριο έως και Μάιο την ημέρα οι τιμές της LST είναι μεγαλύτερες με μέγιστη διαφορά τους $1,4^{\circ}\text{C}$ τον μήνα Μάιο όπου για τον αντίστοιχο μήνα την νύχτα είναι μεγαλύτερη κατά $2,1^{\circ}\text{C}$. Μια μέγιστη διαφορά ημέρας παρατηρείται τον μήνα Αύγουστο με την LST να είναι μικρότερη κατά $1,4^{\circ}\text{C}$ και την νύχτα μεγαλύτερη κατά $1,7^{\circ}\text{C}$. Τον μήνα Ιανουάριο και Δεκέμβριο την νύχτα οι τιμές της LST είναι μεγαλύτερες κατά $2,0^{\circ}\text{C}$ και $2,1^{\circ}\text{C}$ αντίστοιχα ενώ την ημέρα για τον Ιανουάριο είναι μεγαλύτερη κατά $0,5^{\circ}\text{C}$ ενώ τον Δεκέμβριο η διαφορά είναι μηδενική.
- Το Θριάσιο παρουσιάζει μια μέγιστη διαφορά ημέρας-νύχτας στους $3,3^{\circ}\text{C}$ τον μήνα Αύγουστο με την LST να είναι την ημέρα μικρότερη κατά $1,4^{\circ}\text{C}$ και την νύχτα

μεγαλύτερη κατά 1,9°C. Παρατηρούμε ότι οι τιμές της LST την ημέρα τους μήνες Ιανουάριο έως και Απρίλιο είναι μεγαλύτερες με μέγιστη διαφορά τους 0,9°C που παρατηρείται τους μήνες Φεβρουάριο και Μάρτιο όπου την νύχτα είναι μεγαλύτερη κατά 2,6°C και 2,8°C αντίστοιχα. Τους μήνες Ιανουάριο και Δεκέμβριο η τιμή της LST την ημέρα είναι μεγαλύτερη κατά 0,7°C και 0,4°C και την νύχτα μεγαλύτερη κατά 2,6°C και 2,7°C αντίστοιχα.

Τα Μέγαρα ως προς:

- Τα Μεσόγεια παρουσιάζει μια μέγιστη διαφορά ημέρας-νύχτας τον μήνα Μάιο στους 3,4°C με την LST την ημέρα να είναι μικρότερη κατά 2,0°C και την νύχτα μεγαλύτερη κατά 1,4°C. Τον Μάρτιο παρατηρείται μια μέγιστη διαφορά ημέρας με την LST να είναι μικρότερη κατά 1,9°C και την νύχτα μεγαλύτερη κατά 1,0°C. Τον μήνα Απρίλιο παρατηρείται μια μέγιστη διαφορά νύχτας με την LST να είναι μεγαλύτερη κατά 1,4°C και την ημέρα μικρότερη κατά 1,8°C. Τους μήνες Ιανουάριο και Δεκέμβριο την ημέρα η LST είναι μικρότερη κατά 0,2°C και την νύχτα μεγαλύτερη κατά 0,8°C και 0,6°C αντίστοιχα.
- Το Θριάσιο παρουσιάζει μια μέγιστη διαφορά ημέρας-νύχτας στους 1,2°C τον μήνα Μάρτιο με την LST την ημέρα να είναι μικρότερη κατά 0,5 °C και την νύχτα μεγαλύτερη κατά 0,7°C. Μια μέγιστη διαφορά ημέρας παρατηρείται τον μήνα Απρίλιο με την τιμή της LST να είναι μικρότερη κατά 0,6°C και την νύχτα μεγαλύτερη κατά 0,2°C. Τον Φεβρουάριο παρατηρείται μια μέγιστη διαφορά νύχτας όπου η LST είναι μεγαλύτερη κατά 0,7°C και την ημέρα μικρότερη κατά 0,3°C.

Το Θριάσιο ως προς:

- Τα Μεσόγεια παρουσιάζει μια μέγιστη διαφορά ημέρας-νύχτας τον μήνα Μάιο στους 2,9°C με την LST την ημέρα να είναι μικρότερη κατά 1,6°C και την νύχτα μεγαλύτερη κατά 1,3°C. Τους μήνες Φεβρουάριο και Μάρτιο παρατηρείται μια μέγιστη διαφορά ημέρας με την LST να είναι μικρότερη κατά 1,4°C και την νύχτα μεγαλύτερη κατά 0,3°C. Μια μέγιστη διαφορά νύχτας παρατηρείται τον μήνα Απρίλιο με την LST να είναι μεγαλύτερη κατά 1,2°C και την ημέρα μικρότερη κατά 1,2°C.

Από τα δεδομένα day-night LCM συμπεραίνουμε ότι :

- Οι μέγιστες και οι ελάχιστες τιμές της μέσης μηνιαίας τιμής της LST παρατηρούνται τόσο για την ημέρα όσο και για την νύχτα τους μήνες Ιούλιο και Ιανουάριο αντίστοιχα.
- Την ημέρα τα Μεσόγεια είναι η περιοχή που παρουσιάζει τις μεγαλύτερες τιμές LST με το μέγιστο να παρατηρείται στους 41,6 °C τον μήνα Ιούλιο.

- Την ημέρα το νότιο τμήμα της Αθήνας παρουσιάζει την πιο μικρή τιμή LST με τη μέγιστη διαφορά σε σχέση με τα Μεσόγεια να παρατηρείται στους 6,9°C τον μήνα Μάιο.
- Την νύχτα το κεντρικό τμήμα της Αθήνας παρουσιάζει τις μεγαλύτερες τιμές LST με μέγιστη τιμή τους 26,5°C τον μήνα Ιούλιο.
- Την νύχτα τα Μεσόγεια είναι η περιοχή που παρουσιάζει την χαμηλότερες τιμές LST με μέγιστη διαφορά να παρατηρείται στους 3,6°C και 3,5°C από το κεντρικό τμήμα της Αθήνας τους μήνες Απρίλιο και Μάιο αντίστοιχα.
- Στη περιοχή της Αθήνας την ημέρα το βόρειο τμήμα παρουσιάζει μεγαλύτερες τιμές LST από το νότιο τμήμα με τη μέγιστη διαφορά να φτάνει στους 4,0°C τον μήνα Μάιο. Τη νύχτα το βόρειο τμήμα παρατηρείται να έχει μεγαλύτερες τιμές LST από τον μήνα Φεβρουάριο έως και τον μήνα Ιούλιο με την μέγιστη διαφορά να φτάνει στους 0,5°C ενώ τους υπόλοιπους μήνες το βόρειο τμήμα παρουσιάζει μικρότερες τιμές LST με την μέγιστη διαφορά να παρατηρείται στους 0,6°C τον μήνα Σεπτέμβριο.

Κατά την διάρκεια της ημέρας το νότιο τμήμα της Αθήνας παρουσιάζει τις χαμηλότερες τιμές LST, πιο συγκεκριμένα η μέγιστη διαφορά παρατηρείται σε σχέση με:

- Τα Μεσόγεια στους 6,9 °C τον μήνα Μάιο.
- Τα Μέγαρα στους 5,4 °C τον μήνα Ιούλιο.
- Το Θριάσιο στους 5,3 °C τον μήνα Μάιο.
- Το κεντρικό τμήμα της Αθήνας στους 5,0 °C τον μήνα Μάιο.
- Το βόρειο τμήμα της Αθήνας στους 4,0 °C τον μήνα Μάιο.

Γενικά οι μέγιστες διαφορές παρατηρούνται κατά την περίοδο της άνοιξης και του καλοκαιριού.

Κατά την διάρκεια της νύχτας τα Μεσόγεια παρουσιάζουν τις χαμηλότερες τιμές LST, πιο συγκεκριμένα η μέγιστη διαφορά παρατηρείται σε σχέση με:

- Το κεντρικό τμήμα της Αθήνας στους 3,6°C τον μήνα Απρίλιο, οι μέγιστες διαφορές παρατηρούνται κατά την περίοδο της άνοιξης.
- Το βόρειο τμήμα της Αθήνας στους 2,6°C τον μήνα Μάιο με τις μέγιστες διαφορές να παρατηρούνται την περίοδο της άνοιξης και του χειμώνα.
- Το νότιο τμήμα της Αθήνας στους 2,3°C τον μήνα Μάιο. Οι μέγιστες διαφορές παρατηρούνται κατά την περίοδο της άνοιξης και του χειμώνα.

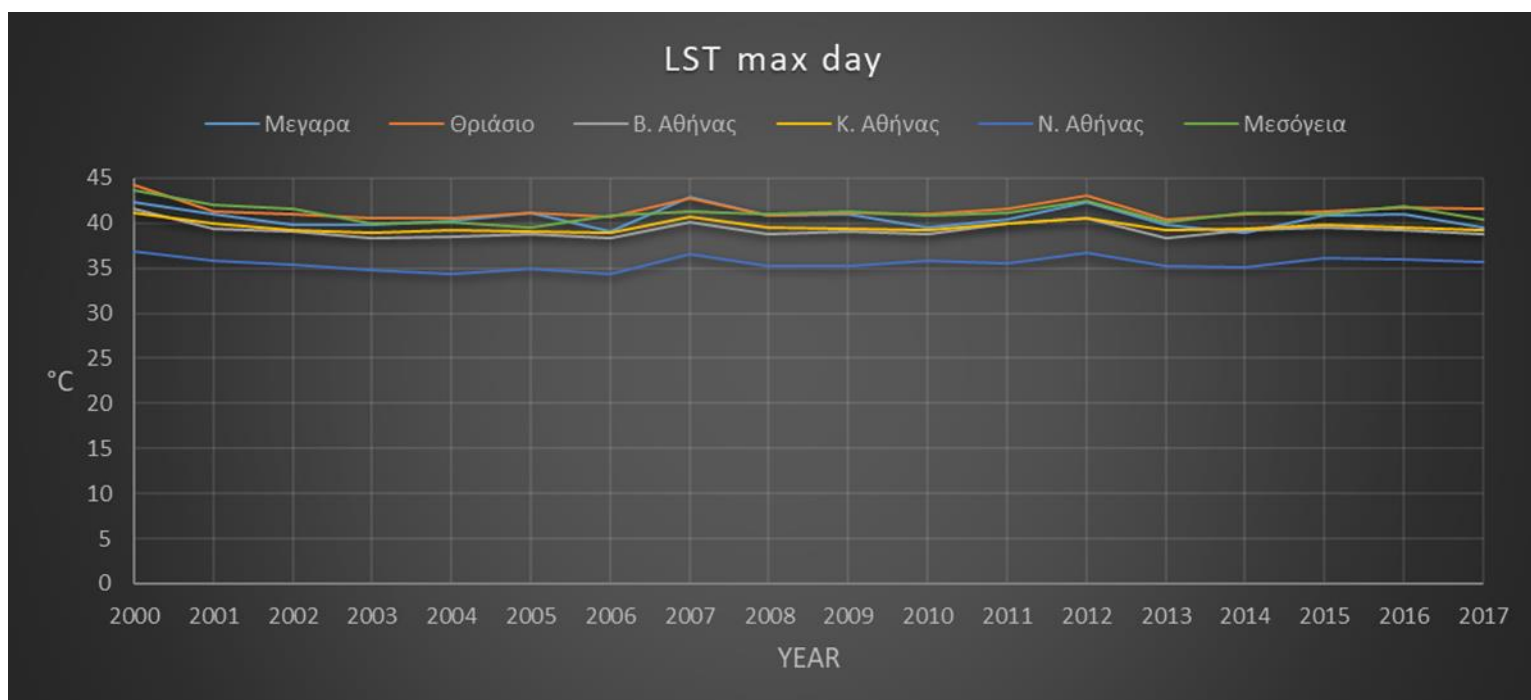
- Τα Μέγαρα στους 1,4°C τους μήνες Απρίλιο και Μάιο. Οι μέγιστες διαφορές παρατηρούνται την περίοδο της άνοιξης.
- Το Θριάσιο στους 1,3°C τον μήνα Μάιο. Οι μέγιστες διαφορές παρατηρούνται την περίοδο του της άνοιξης.

4.4.2 Υπερετήσια σύγκριση τιμών

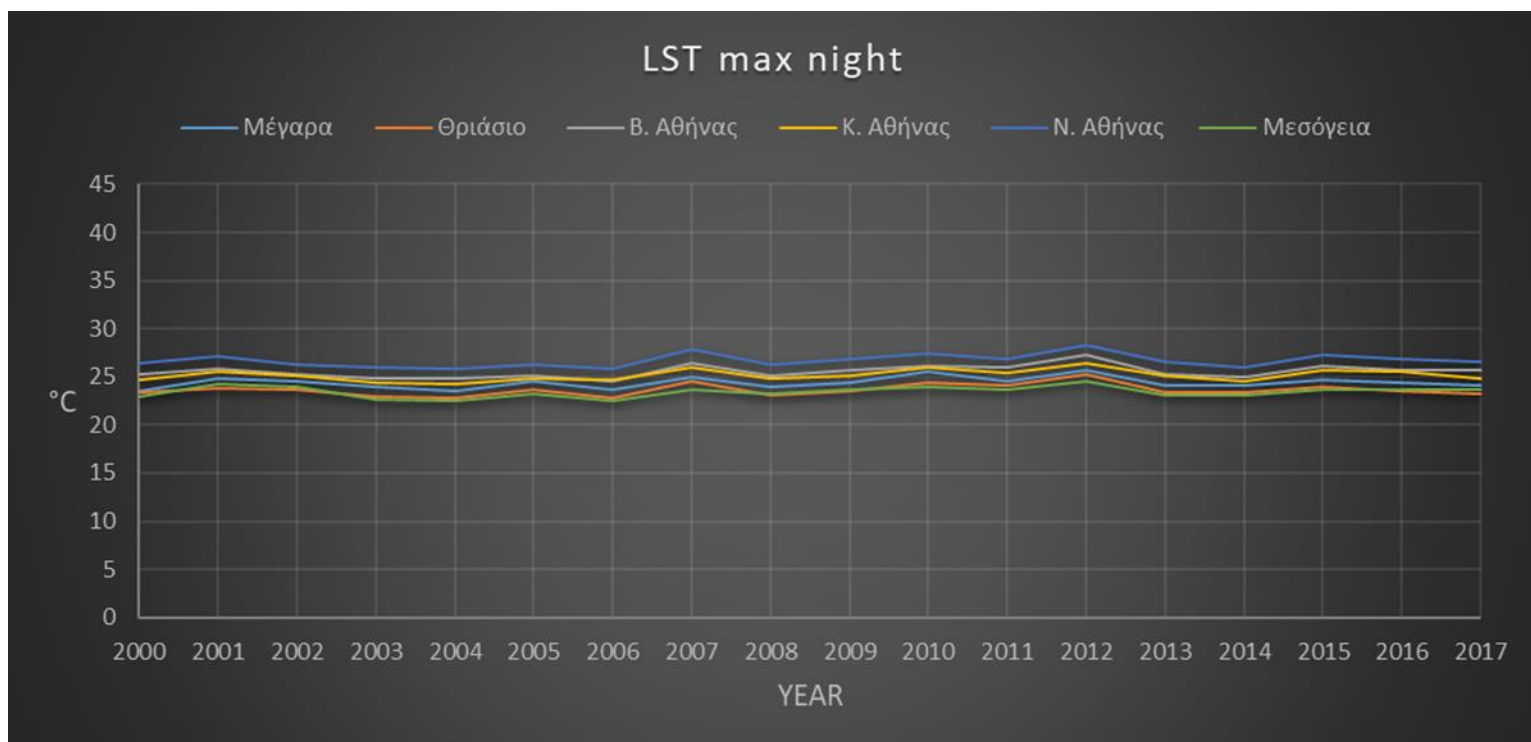
Σε αυτό το κεφάλαιο θα συγκρίνουμε τις μέγιστες ετήσιες τιμές LST των περιοχών μεταξύ τους σε υπερετήσια βάση για τα δεδομένα day-night και day-night LCM.

day-night

Οι μέγιστες τιμές της LST ημέρας και νύχτας κάθε περιοχής, για τα δεδομένα day-night αποτυπώνονται στα σχήματα 4.78 και 4.79 αντίστοιχα.



Σχήμα 4.78. Μέγιστες ετήσιες τιμές LST day των περιοχών μελέτης.



Σχήμα 4.79. Μέγιστες ετήσιες τιμές LST night των περιοχών μελέτης.

Παρατηρούμε ότι:

Το Θριάσιο ως προς:

- Τα Μέγαρο την ημέρα οι τιμές της LST είναι μεγαλύτερες εκτός από το έτη 2005, 2008 και 2009 όπου είναι ίσες. Η μέγιστη διαφορά να παρατηρείται στους 2,1°C το έτος 2004. Την νύχτα οι τιμές της LST είναι μικρότερες με την ελάχιστη διαφορά να παρατηρείται στους 2,0°C το έτος 2000 και την μέγιστη διαφορά στους 1,3°C το έτος 2010.
- Το βόρειο τμήμα της Αθήνας την ημέρα οι τιμές της LST είναι μεγαλύτερες, η ελάχιστη διαφορά παρατηρείται στους 1,7°C τα έτη 2011 και 2014 και η μέγιστη διαφορά στους 2,8°C το έτος 2017. Την νύχτα οι τιμές της LST είναι μικρότερες με ελάχιστη διαφορά να παρατηρείται στους 1,6°C τα έτη 2002 και 2004 και με μέγιστη διαφορά να παρατηρείται στους 2,5°C το έτος 2017.
- Το κεντρικό τμήμα της Αθήνας την ημέρα οι τιμές της LST είναι μεγαλύτερες με την ελάχιστη διαφορά να παρατηρείται στους 1,1°C το έτος 2013 και την μέγιστη διαφορά

στους 3,0°C το έτος 2000. Την νύχτα οι τιμές της LST είναι μικρότερες με την ελάχιστη διαφορά να παρατηρείται στους 1,1°C το έτος 2005 και την μέγιστη διαφορά στους 2,0°C το έτος 2016.

- Το νότιο τμήμα της Αθήνας την ημέρα οι τιμές της LST είναι μεγαλύτερες με την ελάχιστη διαφορά να παρατηρείται στους 5,1°C τα έτη 2013 και 2015 και η μέγιστη διαφορά στους 7,2°C το έτος 2000. Την νύχτα οι τιμές της LST είναι μικρότερες με την ελάχιστη διαφορά να παρατηρείται στους 2,5°C το έτος 2005 και την μέγιστη διαφορά στους 3,4°C το έτος 2001.
- Τα Μεσόγεια την ημέρα οι τιμές της LST είναι μεγαλύτερες με εξαίρεση τα έτη 2001 και 2002 όπου η LST είναι μικρότερη κατά 0,7°C, το έτος 2016 κατά 0,3°C, τα έτη 2008, 2009 και 2014 κατά 0,2°C και το έτος 2006 όπου είναι μικρότερη κατά 0,1°C. Η μέγιστη διαφορά στους 1,7°C το έτος 2005. Την νύχτα οι τιμές είναι μεγαλύτερες LST με εξαίρεση το έτος 2001 όπου είναι μικρότερη κατά 0,5°C, το έτος 2017 όπου είναι μικρότερη κατά 0,4°C, το έτος 2002 όπου είναι μικρότερη κατά 0,3°C, τα έτη 2008 και 2016 κατά 0,2°C και 2017 και το έτος 2009 όπου είναι μικρότερη κατά 0,1°C. Η μέγιστη διαφορά παρατηρείται στους 1,0°C το έτος 2007.

Τα Μεσόγεια ως προς:

- Τα Μέγαρα την ημέρα οι τιμές της LST είναι μεγαλύτερες εκτός από τα έτη 2004 και 2005 όπου είναι μικρότερη κατά 0,2°C και 1,7°C αντίστοιχα. Η μέγιστη διαφορά παρατηρείται στους 2,3°C το έτος 2014. Την νύχτα οι τιμές της LST είναι μικρότερες με την ελάχιστη διαφορά να παρατηρείται στους 0,5°C το έτος 2001 και την μέγιστη διαφορά στους 1,6°C το έτος 2010.
- Το κεντρικό τμήμα της Αθήνας την ημέρα οι τιμές της LST είναι μεγαλύτερες με την ελάχιστη διαφορά να παρατηρείται στους 1,2 °C το έτος 2017 και την μέγιστη διαφορά στους 2,3°C το έτος 2007. Την νύχτα οι τιμές της LST είναι μικρότερες με την ελάχιστη διαφορά να παρατηρείται στους 1,2°C το έτος 2017 και την μέγιστη διαφορά στους 2,3°C το έτος 2007.
- Το βόρειο τμήμα της Αθήνας την ημέρα οι τιμές της LST είναι μεγαλύτερες με την ελάχιστη διαφορά να παρατηρείται στους 0,7 °C το έτος 2005 και την μέγιστη διαφορά στους 2,7°C το έτος 2016. Την νύχτα οι τιμές της LST είναι μικρότερες με την ελάχιστη διαφορά να παρατηρείται στους 1,3°C το έτος 2002 και την μέγιστη διαφορά στους 2,7°C το έτος 2007.
- Το νότιο τμήμα της Αθήνας την ημέρα οι τιμές της LST είναι μεγαλύτερες με την ελάχιστη διαφορά να παρατηρείται στους 4,5°C το έτος 2005 και την μέγιστη διαφορά στους 6,7°C το έτος 2000. Την νύχτα οι τιμές της LST είναι μικρότερες με την ελάχιστη διαφορά να παρατηρείται στους 2,4°C το έτος 2002 και την μέγιστη διαφορά στους 4,2°C το έτος 2007.

Τα Μέγαρα ως προς:

- Το κεντρικό τμήμα της Αθήνας την ημέρα οι τιμές της LST είναι μεγαλύτερες εκτός από το έτος 2011 που είναι μικρότερη κατά 0,5°C . Η μέγιστη διαφορά παρατηρείται στους 2,3°C το έτος 2007. Την νύχτα είναι μικρότερη με την ελάχιστη διαφορά να παρατηρείται στους 0,3°C το έτος 2005 και την μέγιστη στους 1,2°C το έτος 2000.
- Το βόρειο τμήμα της Αθήνας την ημέρα τιμές της LST είναι μεγαλύτερες εκτός από το έτος 2014 όπου είναι ελάχιστη κατά 0,4°C. Η μέγιστη διαφορά παρατηρείται στους 2,4°C το έτος 2005. Την νύχτα η LST είναι μικρότερη με την ελάχιστη διαφορά να παρατηρείται στους 0,6°C το έτος 2010 και την μέγιστη διαφορά στους 1,7°C το έτος 2000.
- Το νότιο τμήμα την ημέρα οι τιμές της LST είναι μεγαλύτερες με την ελάχιστη διαφορά να παρατηρείται στους 3,8°C το έτος 2010 και η μέγιστη διαφορά στους 6,3°C το έτος 2007. Την νύχτα οι τιμές της LST είναι μικρότερες με την ελάχιστη διαφορά να παρατηρείται στους 1,7°C και η μέγιστη διαφορά στους 2,8°C τα έτη 2000 και 2007.

Το κεντρικό τμήμα της Αθήνας ως προς:

- Το βόρειο τμήμα της Αθήνας την ημέρα οι τιμές της LST είναι μεγαλύτερες εκτός από το έτος 2000 που είναι μικρότερη κατά 0,4°C. Η μέγιστη διαφορά παρατηρείται στους 0,9°C το έτος 2013. Την νύχτα οι τιμές της LST είναι μικρότερες με την μέγιστη διαφορά να παρατηρείται στους 0,6°C το έτος 2000. Παρατηρείται ότι το έτος 2006 οι τιμές της LST είναι ίσες.
- Το νότιο τμήμα της Αθήνας την ημέρα οι τιμές της LST είναι μεγαλύτερες με την ελάχιστη διαφορά να παρατηρείται στους 3,5°C το έτος 2010 και την μέγιστη διαφορά στους 4,5°C το έτος 2006. Την νύχτα οι τιμές της LST είναι μικρότερες με την ελάχιστη διαφορά να παρατηρείται στους 1,6°C το έτος 2002 και η μέγιστη διαφορά στους 1,8°C τα έτη 2001, 2012 και 2017.

Το βόρειο τμήμα της Αθήνας ως προς:

- Το νότιο τμήμα της Αθήνας την ημέρα οι τιμές της LST είναι μεγαλύτερες με την ελάχιστη διαφορά να παρατηρείται στους 3,1°C το έτος 2013 και την μέγιστη διαφορά στους 4,1°C το έτος 2000. Την νύχτα οι τιμές της LST είναι μικρότερες με την ελάχιστη διαφορά να παρατηρείται στους 0,8°C και την μέγιστη διαφορά στους 1,4°C τα έτη 2001 και 2007.

Γενικά παρατηρούμε ότι:

- Την ημέρα το Θριάσιο είναι η περιοχή που παρουσιάζει τις μεγαλύτερες τιμές LST, η μέγιστη τιμή παρατηρείται στους 44,2°C το έτος 2000. Σε σχέση με τα Μεσόγεια οι μέγιστες διαφορές παρατηρούνται τα έτη 2001 και 2002 όπου τα Μεσόγεια παρουσιάζουν μεγαλύτερη τιμή κατά 0,7°C και το έτος 2005 όπου το Θριάσιο παρουσιάζει μεγαλύτερη τιμή κατά 1,7°C. Επίσης το Θριάσιο παρουσιάζει μικρότερες τιμές το έτος 2006 κατά 0,1°C, τα έτη 2008, 2009 και 2014 κατά 0,2°C και το έτος 2016 κατά 0,3°C.
- Την ημέρα το νότιο τμήμα της Αθήνας είναι η περιοχή που παρουσιάζει τις μικρότερες τιμές LST με τη μέγιστη διαφορά να παρατηρείται στους 7,2°C το έτος 2000 ως προς το Θριάσιο. Το ίδιο έτος παρατηρείται η μέγιστη διαφορά ως προς τα Μεσόγεια στους 6,7°C.
- Για την περιοχή της Αθήνας την ημέρα το βόρειο τμήμα παρουσιάζει μεγαλύτερες τιμές LST σε σχέση με το κεντρικό τμήμα με εξαίρεση το έτος 2000 όπου η LST είναι μικρότερη κατά 0,4°C και το έτος 2012 όπου οι τιμές της LST είναι ίσες για τις δυο περιοχές. Η μέγιστη διαφορά να παρατηρείται στους 0,9°C το έτος 2013. Τα υπόλοιπα έτη η διαφορά δεν ξεπερνάει τους 0,7°C.
- Την νύχτα το νότιο τμήμα της Αθήνας παρουσιάζει τις μεγαλύτερες τιμές LST με την μέγιστη τιμή να παρατηρείται στους 28,2 το έτος 2012 και η μέγιστη διαφορά να παρατηρείται ως προς τα Μεσόγεια στους 4,2°C το έτος 2007.
- Την νύχτα το Θριάσιο έχει μεγαλύτερες τιμές LST ως προς τα Μεσόγεια με την μέγιστη διαφορά να παρατηρείται στους 1,0°C το έτος 2007, με εξαίρεση το έτος 2001 όπου είναι μικρότερη κατά 0,5°C, το έτος 2017 όπου είναι μικρότερη κατά 0,4°C, το έτος 2002 όπου είναι μικρότερη κατά 0,3°C και τα έτη 2008 και 2010 όπου είναι μικρότερη κατά 0,2°C.
- Τα Μέγαρα την ημέρα παρουσιάζουν μικρότερες τιμές LST ως προς τα Θριάσιο και τα Μεσόγεια με την μέγιστη διαφορά ως προς το Θριάσιο να παρατηρείται στους 2,1°C το έτος 2014 και ως προς τα Μεσόγεια στους 2,3°C το ίδιο έτος. Την ημέρα επίσης παρουσιάζουν μεγαλύτερες τιμές από την περιοχή της Αθήνας με την μέγιστη διαφορά να παρατηρείται ως προς το νότιο τμήμα στους 6,3°C το έτος 2007. Την νύχτα παρουσιάζουν μεγαλύτερες τιμές από το Θριάσιο και τα Μεσόγεια με τις μέγιστες διαφορές να παρατηρούνται ως προς το Θριάσιο στους 1,3°C το έτος 2010 και ως προς τα Μεσόγεια στους 1,6°C το ίδιο έτος. Την νύχτα επίσης παρουσιάζουν χαμηλότερες τιμές LST σε σχέση με την περιοχή της Αθήνας με την μέγιστη διαφορά να παρατηρείται ως προς το νότιο τμήμα στους 2,8°C τα έτη 2000 και 2007.

Κατά την διάρκεια της ημέρας το Θριάσιο και τα Μεσόγεια είναι οι περιοχές που παρουσιάζουν τις μεγαλύτερες τιμές LST.

Για το Θριάσιο η μέγιστη διαφορά παρατηρείται ως προς:

- Τα Μεσόγεια στους $1,7^{\circ}\text{C}$ το έτος 2005.
- Τα Μέγαρα στους $2,1^{\circ}\text{C}$ το έτος 2014.
- Το βόρειο τμήμα της Αθήνας στους $2,8^{\circ}\text{C}$ το έτος 2007.
- Το κεντρικό τμήμα της Αθήνας στους $3,0^{\circ}\text{C}$ το έτος 2000
- Το νότιο τμήμα της Αθήνας στους $7,2^{\circ}\text{C}$ το έτος 2000.

Για τα Μεσόγεια η μέγιστη διαφορά παρατηρείται ως προς:

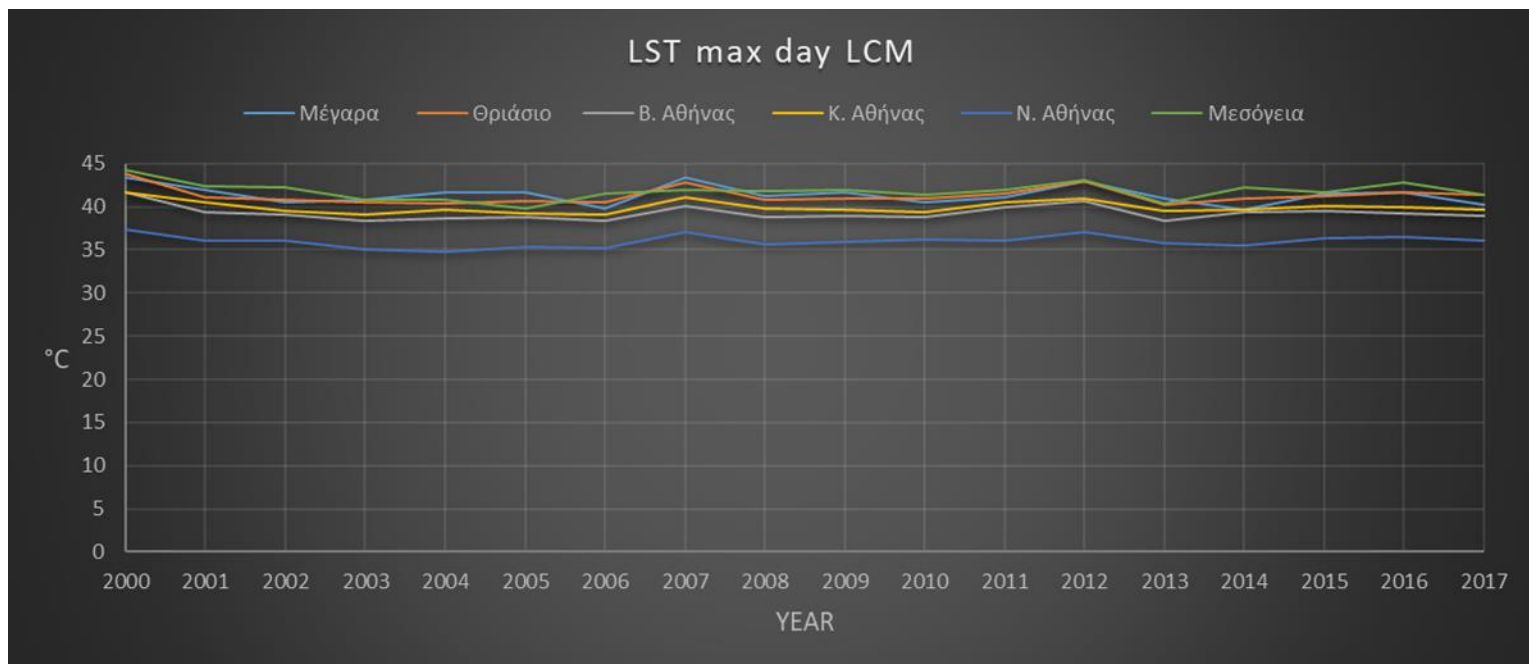
- Τα Μέγαρα στους $1,8^{\circ}\text{C}$ το έτος 2002.
- Το κεντρικό τμήμα της Αθήνας στους $2,3^{\circ}\text{C}$ το έτος 2007.
- Το βόρειο τμήμα της Αθήνας στους $2,7^{\circ}\text{C}$ το έτος 2016.
- Το νότιο τμήμα της Αθήνας στους $4,5^{\circ}\text{C}$ το έτος 2005.

Κατά την διάρκεια της νύχτας το νότιο τμήμα της Αθήνας είναι η περιοχή που παρουσιάζει τις μεγαλύτερες τιμές LST, η μέγιστη διαφορά παρατηρείται ως προς:

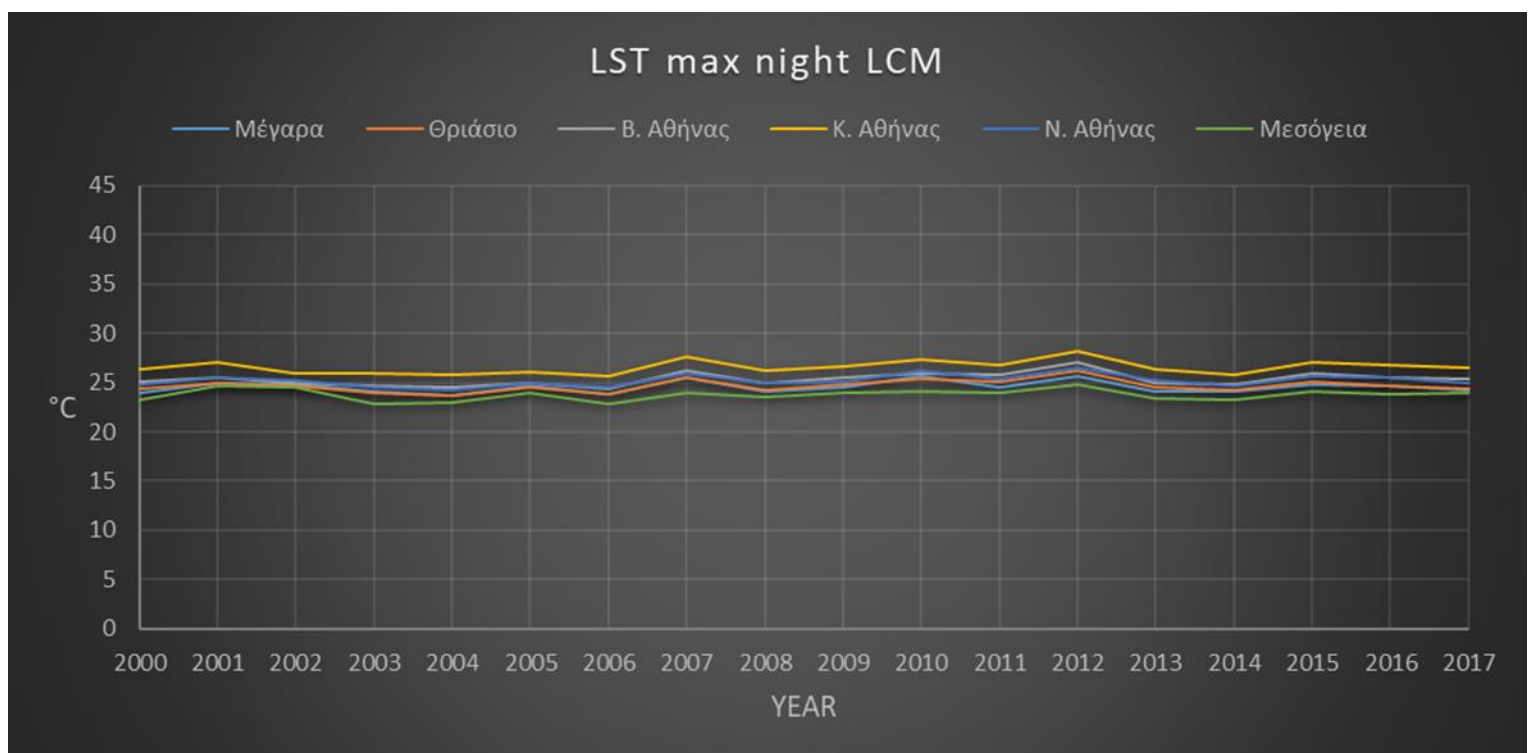
- Το βόρειο τμήμα της Αθήνας στους $1,4^{\circ}\text{C}$ το έτος 2007.
- Το κεντρικό τμήμα της Αθήνας στους $1,8^{\circ}\text{C}$ τα έτη 2007, 2012 και 2017.
- Τα Μέγαρα στους $2,8^{\circ}\text{C}$ τα έτη 2000 και 2007.
- Το Θριάσιο στους $3,4^{\circ}\text{C}$ τα έτη 2001 και 2016.
- Τα Μεσόγεια στους $4,2^{\circ}\text{C}$ τα έτος 2007

day-night LCM

Οι μέγιστες τιμές της LST ημέρας και νύχτας κάθε περιοχής, για τα δεδομένα day-night LCM αποτυπώνονται στα σχήματα 4.80 και 4.81 αντίστοιχα.



Σχήμα 4.80. Μέγιστες ετήσιες τιμές LST day LCM των περιοχών μελέτης.



Σχήμα 4.79. Μέγιστες ετήσιες τιμές LST night LCM των περιοχών μελέτης.

Παρατηρούμε ότι:

Τα Μεσόγεια ως προς:

- Το Θριάσιο την ημέρα οι τιμές της LST είναι μεγαλύτερες εξάριεση τα έτη 2005 και 2007 όπου η LST είναι μικρότερη κατά 0,9°C και 0,8°C αντίστοιχα. Η μέγιστη διαφορά παρατηρείται στους 1,4°C το έτος 2002. Την νύχτα οι τιμές της LST είναι μικρότερες με την ελάχιστη διαφορά να παρατηρείται στους 0,3°C τα έτη 2001 και 2002 και η μέγιστη διαφορά στους 1,6°C το έτος 2007.
- Τα Μέγαρα την ημέρα οι τιμές της LST είναι μεγαλύτερες με εξαίρεση το έτος 2003 όπου οι τιμές είναι ίσες και τα έτη 2004, 2005 και 2007 όπου παρουσιάζουν μικρότερες τιμές κατά 0,9°C, 1,9°C και 1,4°C αντίστοιχα. Η μέγιστη διαφορά παρατηρείται στους 2,6°C το έτος 2014. Την νύχτα οι τιμές της LST είναι μικρότερες με την ελάχιστη διαφορά να παρατηρείται στους 0,3°C τα έτη 2001 και 2002 και η μέγιστη διαφορά στους 1,5°C το έτος 2007.
- Το κεντρικό τμήμα της Αθήνας την ημέρα οι τιμές της LST είναι μεγαλύτερες με την ελάχιστη διαφορά να παρατηρείται στους 0,6°C το έτος 2005 και η μέγιστη διαφορά στους 2,7°C το έτος 2002. Την νύχτα οι τιμές της LST είναι μικρότερες με την ελάχιστη διαφορά να παρατηρείται στους 2,2°C το έτος 2005 και η μέγιστη διαφορά στους 3,8°C το έτος 2007.
- Το βόρειο τμήμα της Αθήνας την ημέρα οι τιμές της LST είναι μεγαλύτερες με την ελάχιστη διαφορά να παρατηρείται στους 1,9°C το έτος 2013 και η μέγιστη διαφορά στους 3,5°C το έτος 2016. Την νύχτα οι τιμές της LST είναι μικρότερες με την ελάχιστη διαφορά να παρατηρείται στους 0,5°C το έτος 2002 και η μέγιστη διαφορά στους 2,3°C τα έτη 2007 και 2012.
- Το νότιο τμήμα της Αθήνας την ημέρα οι τιμές της LST είναι μεγαλύτερες με την ελάχιστη διαφορά να παρατηρείται στους 4,4°C το έτος 2005 και η μέγιστη διαφορά στους 6,9°C το έτος 2000. Την νύχτα οι τιμές της LST είναι μικρότερες με την ελάχιστη διαφορά να παρατηρείται στους 0,8°C το έτος 2002 και η μέγιστη διαφορά στους 2,1°C το έτος 2010.

Τα Μέγαρα ως προς:

- Το Θριάσιο την ημέρα οι τιμές της LST δεν είναι σταθερά μεγαλύτερες ή μικρότερες και συγκεκριμένα είναι ίσες το έτος 2012, μικρότερες τα έτη 2000, 2002, 2006, 2010, 2011, 2014 και 2017 και μεγαλύτερες τα υπόλοιπα έτη. Η LST είναι μικρότερη έως και 1,3°C το έτος 2004 και μεγαλύτερη έως και 1,3°C το έτος 2004. Την νύχτα παρατηρούμε την ίδια εναλλαγή στις τιμές της LST, συγκεκριμένα οι τιμές είναι ίσες τα έτη 2001 και 2004, μεγαλύτερες κατά 0,1°C τα έτη 2002, 2003, 2005, και 2006 και κατά 0,3°C το έτος 2010. Τα υπόλοιπα έτη είναι μικρότερη με την μέγιστη διαφορά να παρατηρείται στους 0,6°C το έτος 2012.

- Το κεντρικό τμήμα της Αθήνας την ημέρα οι τιμές της LST είναι μεγαλύτερες με εξαίρεση το έτος 2014 όπου η LST είναι μικρότερη κατά 0,1°C. Η μέγιστη διαφορά παρατηρείται στους 2,3°C το έτος 2007. Την νύχτα οι τιμές της LST είναι μικρότερες με την ελάχιστη διαφορά να παρατηρείται στους 1,2°C το έτος 2002 και η μέγιστη διαφορά στους 2,5°C το έτος 2012.
- Το βόρειο τμήμα της Αθήνας την ημέρα οι τιμές της LST είναι μεγαλύτερες με την ελάχιστη διαφορά να παρατηρείται στους 0,2°C το έτος 2014 και η μέγιστη διαφορά στους 3,0°C το έτος 2004. Την νύχτα οι τιμές της LST είναι μικρότερες με την ελάχιστη διαφορά να παρατηρείται στους 0,2°C τα έτη 2002 και 2010 και η μέγιστη διαφορά στους 1,5°C το έτος 2012.
- Το νότιο τμήμα της Αθήνας την ημέρα οι τιμές της LST είναι μεγαλύτερες με την ελάχιστη διαφορά να παρατηρείται στους 4,1°C το έτος 2014 και η μέγιστη διαφορά στους 7,0°C το έτος 2004. Την νύχτα οι τιμές της LST είναι μικρότερες με την ελάχιστη διαφορά να παρατηρείται στους 0,2°C το έτος 2005 και η μέγιστη διαφορά στους 1,1°C το έτος 2013.

Το Θριάσιο ως προς:

- Το κεντρικό τμήμα της Αθήνας την ημέρα οι τιμές της LST είναι μεγαλύτερες με την ελάχιστη διαφορά να παρατηρείται στους 0,7°C το έτος 2001 και η μέγιστη διαφορά στους 2,2°C το έτος 2000. Την νύχτα οι τιμές της LST είναι μικρότερες με την ελάχιστη διαφορά να παρατηρείται στους 1,2°C το έτος 2002 και η μέγιστη διαφορά στους 2,1°C τα έτη 2007, 2016 και 2017.
- Το βόρειο τμήμα της Αθήνας την ημέρα οι τιμές της LST είναι μεγαλύτερες με την ελάχιστη διαφορά να παρατηρείται στους 1,5°C το έτος 2014 και η μέγιστη διαφορά στους 2,8°C το έτος 2007. Την νύχτα οι τιμές της LST είναι μικρότερες με την ελάχιστη διαφορά να παρατηρείται στους 0,4°C το έτος 2005 και η μέγιστη διαφορά στους 1,1°C το έτος 2017.
- Το νότιο τμήμα της Αθήνας την ημέρα οι τιμές της LST είναι μεγαλύτερες με την ελάχιστη διαφορά να παρατηρείται στους 0,9°C το έτος 2000 και η μέγιστη διαφορά στους 1,4°C το έτος 2002. Την νύχτα οι τιμές της LST είναι μικρότερες με την ελάχιστη διαφορά να παρατηρείται στους 0,3°C τα έτη 2009, 2011 και 2012 και η μέγιστη διαφορά στους 0,8°C το έτος 2016.

Το κεντρικό τμήμα της Αθήνας ως προς:

- Το βόρειο τμήμα της Αθήνας την ημέρα οι τιμές της LST είναι μεγαλύτερες με εξαίρεση το έτος 2000 όπου η LST είναι μικρότερη κατά 0,1°C. Η μέγιστη διαφορά παρατηρείται στους 1,2°C το έτος 2001. Την νύχτα οι τιμές της LST είναι επίσης μεγαλύτερες με την ελάχιστη διαφορά να παρατηρείται στους 1,0°C τα έτη 2002, 2011, 2014 και 2017 και η μέγιστη διαφορά στους 1,5°C τα έτη 2007 και 2010.

- Το νότιο τμήμα της Αθήνας την ημέρα οι τιμές της LST είναι μεγαλύτερες με την ελάχιστη διαφορά να παρατηρείται στους 3,4°C το έτος 2016 και η μέγιστη διαφορά στους 4,9°C το έτος 2004. Την νύχτα οι τιμές της LST είναι επίσης μεγαλύτερες με την ελάχιστη διαφορά να παρατηρείται στους 0,7°C το έτος 2002 και η μέγιστη διαφορά στους 1,8°C το έτος 2007.

Το βόρειο τμήμα της Αθήνας ως προς:

- Το νότιο τμήμα της Αθήνας την ημέρα οι τιμές της LST είναι μεγαλύτερες με την ελάχιστη διαφορά να παρατηρείται στους 2,5°C το έτος 2010 και η μέγιστη στους 4,4°C το έτος 2000. Την νύχτα οι τιμές της LST είναι μεγαλύτερες με εξαίρεση τα έτη 2008 και 2010 όπου είναι ίσες και τα έτη 2002, 2006 και 2013 όπου οι τιμές της LST είναι μικρότερες. Οι μεγαλύτερες διαφορές παρατηρούνται το έτος 2012 όπου είναι μικρότερη κατά 0,3°C και το έτος 2012 όπου είναι μεγαλύτερη κατά 0,6°C.

Γενικά παρατηρούμε ότι:

- Την ημέρα τα Μεσόγεια είναι η περιοχή που παρουσιάζει τις μεγαλύτερες τιμές LST με την μέγιστη τιμή να παρατηρείται στους 44,2°C το έτος 2000. Παρατηρούμε ότι σε σχέση με τα Μέγαρα παρουσιάζει ίδια τιμή LST το έτος 2003 και μικρότερη τιμή κατά 0,9°C το έτος 2004, 1,9°C το έτος 2005 και 0,6°C το έτος 2013. Επίσης σε σχέση με το Θριάσιο παρουσιάζει ίδια τιμή το έτος 2017 και μικρότερη τιμή κατά 0,9°C το έτος 2005 και 0,8°C το έτος 2007.
- Την ημέρα το Θριάσιο σε σχέση Μέγαρα οι τιμές της LST είναι ίσες το έτος 2012, ενώ οι μέγιστες διαφορές παρατηρούνται το έτος 2004 όπου το Θριάσιο παρουσιάζει μικρότερη τιμή κατά 1,3°C και το έτος 2014 όπου το Θριάσιο παρουσιάζει μεγαλύτερη τιμή κατά 1,3°C.
- Την ημέρα το νότιο τμήμα της Αθήνας είναι η περιοχή που παρουσιάζει τις μικρότερες τιμές LST με την μέγιστη διαφορά να παρατηρείται στους 6,9°C το έτος 2000 ως προς τα Μεσόγεια.
- Την νύχτα το κεντρικό τμήμα της Αθήνας παρουσιάζει τις μεγαλύτερες τιμές LST με την μέγιστη τιμή να παρατηρείται στους 28,2°C το έτος 2012 και η μέγιστη διαφορά ως προς τα Μεσόγεια στους 3,8°C το έτος 2007.
- Την νύχτα τα Μεσόγεια είναι η περιοχή που παρουσιάζει την μικρότερη τιμή LST, η ελάχιστη τιμή παρατηρείται στους 24,8°C και η μέγιστη διαφορά ως προς το κεντρικό τμήμα της Αθήνας στους 3,8°C.
- Για την Αθήνα το βόρειο τμήμα την ημέρα παρουσιάζει μεγαλύτερες τιμές LST σε σχέση με το νότιο τμήμα με την μέγιστη διαφορά να παρατηρείται στους 4,4°C το έτος 2000. Την νύχτα επίσης παρουσιάζει μεγαλύτερες τιμές με εξαίρεση τα έτη 2006 και 2008 όπου οι τιμές της LST είναι ίσες, και μικρότερες τα έτη 2002 και 2013 κατά

0,2°C, το έτος 2006 κατά 0,1°C και το έτος 2010 κατά 0,3°C. Η μέγιστη διαφορά παρατηρείται στους 0,6°C το έτος 2012.

- Για την Αθήνα το κεντρικό τμήμα την ημέρα παρουσιάζει μεγαλύτερες τιμές LST ως προς το βόρειο και νότιο τμήμα με εξαίρεση το έτος 2000 όπου παρουσιάζει μικρότερη τιμή LST ως προς το βόρειο τμήμα κατά 0,1°C, τις μέγιστες διαφορές να παρατηρούνται ως προς το βόρειο τμήμα στους 1,2°C το έτος 2001 και ως προς το νότιο τμήμα στους 4,9°C το έτος 2004. Την νύχτα επίσης το κεντρικό τμήμα παρουσιάζει μεγαλύτερες τιμές LST με τις μέγιστες διαφορές να παρατηρούνται ως προς το βόρειο τμήμα στους 1,5°C τα έτη 2007 και 2010 και ως προς το νότιο τμήμα στους 1,8°C το έτος 2007.

Κατά την διάρκεια της ημέρας τα Μεσόγεια είναι η περιοχή που παρουσιάζει τις μεγαλύτερες τιμές LST, η μέγιστη διαφορά παρατηρείται ως προς:

- Το Θριάσιο στους 1,4°C το έτος 2002.
- Τα Μέγαρα στους 2,6°C το έτος 2014.
- Το κεντρικό τμήμα της Αθήνας στους 2,7°C το έτος 2002.
- Το βόρειο τμήμα της Αθήνας στους 3,5°C το έτος 2016.
- Το νότιο τμήμα της Αθήνας στους 6,9°C το έτος 2000.

Κατά την διάρκεια της νύχτας το κεντρικό τμήμα της Αθήνας είναι η περιοχή που παρουσιάζει τις μεγαλύτερες τιμές LST, η μέγιστη διαφορά παρατηρείται ως προς:

- Τα Μέγαρα στους 1,5°C το έτος 2007.
- Το Θριάσιο στους 1,6°C το έτος 2007.
- Το νότιο τμήμα της Αθήνας στους 2,1°C το έτος 2010.
- Το βόρειο τμήμα της Αθήνας στους 2,3°C το έτος 2007 και 2012.
- Το κεντρικό τμήμα της Αθήνας στους 3,8°C το έτος 2007.

Κεφάλαιο 5 Συμπεράσματα

Η μελέτη επικεντρώθηκε σε τέσσερα μεγάλα αστικά κέντρα της Αττικής, τα Μέγαρα, το Θριάσιο, την Αθήνα και τα Μεσόγεια. Η Αθήνα χωρίστηκε σε τρία τμήματα, το βόρειο το κεντρικό και το νότιο.

Τα Μέγαρα και το Θριάσιο αποτελούνται από ένα τμήμα αστικής και ένα τμήμα μη αστικής περιοχής για τα Μέγαρα η αστική περιοχή καταλαμβάνει μικρότερο τμήμα από την μη αστική περιοχή ενώ για το Θριάσιο μεγαλύτερο τμήμα από την αντίστοιχη μη αστική περιοχή.

Το βόρειο και κεντρικό τμήμα των Αθηνών πρόκειται για καθαρά αστικές περιοχές, ένα χαρακτηριστικό των αστικών περιοχών είναι ότι λόγω των υλικών δόμησης απορροφούν την θερμότητα κατά την διάρκεια της ημέρας και την απελευθερώνουν κατά την διάρκεια της νύχτας.

Το νότιο τμήμα των Αθηνών αποτελείται από τις εγκαταστάσεις του αεροδρομίου του Ελληνικού, ένα τμήμα παράκτιας, ένα τμήμα μη παράκτιας αστικής περιοχής καθώς και ένα τμήμα θαλάσσιας περιοχής.

Τα Μεσόγεια αποτελούνται από το τμήμα του αεροδρομίου Ελ. Βενιζέλος και ένα μεγαλύτερο τμήμα μη αστικής περιοχής.

Η μελέτη της LST πραγματοποιήθηκε μέσω δορυφορικών δεδομένων του προϊόντος γης MODIS Collection 6, MOD11A2, 8 ημερών για την χρονική περίοδο 2000-2017.

Οι τιμές της θερμοκρασίας του αέρα για τις περιοχές της Ελευσίνας, του Ελληνικού και του διεθνή αερολιμένα Ελ. Βενιζέλος καταγράφηκαν από μετεωρολογικούς σταθμούς που βρίσκονται στις αντίστοιχες περιοχές. Ο σταθμός του Ελ. Βενιζέλος ξεκίνησε να δίνει μετρήσεις από το έτος 2001.

Γενικότερα τα κύρια πλεονεκτήματα της τηλεπισκόπησης είναι η ευρεία κάλυψη της περιοχής παρατήρησης, η υψηλή χωρική ανάλυση σε σύγκριση με τα δίκτυα των μετεωρολογικών σταθμών καθώς και η υψηλή χρονική ανάλυση.

Τα κυριότερα συμπεράσματα είναι:

Για επίγειους σταθμούς σε ενδοετήσια βάση:

- Την ημέρα η Ελευσίνα παρουσιάζει τις μεγαλύτερες τιμές θερμοκρασίας αέρα με εξαίρεση τον μήνα Ιανουάριο όπου παρουσιάζει την ίδια τιμή με το Ελληνικό και τον μήνα Φεβρουάριο όπου η τιμή της θερμοκρασίας είναι μικρότερη κατά 0,2°C επίσης ως προς το Ελληνικό. Τον μήνα Ιανουάριο η διαφορά με το Ελ. Βενιζέλος είναι 0,1°C, ουσιαστικά οι δυο περιοχές παρουσιάζουν την ίδια θερμοκρασία. Οι μέγιστες διαφορές παρατηρούνται στους 1,5°C ως προς το Ελληνικό τον μήνα Αύγουστο και στους 1,9°C ως προς το Ελ. Βενιζέλος τον μήνα Ιούλιο.

- Την ημέρα το Ελληνικό παρουσιάζει μεγαλύτερες τιμές θερμοκρασίας αέρα από το Ελ. Βενιζέλος με εξαίρεση τον μήνα Μάιο όπου οι τιμές των δυο περιοχών είναι ίσες. Η μέγιστη διαφορά παρατηρείται στους 1,1°C τον μήνα Μάρτιο. Αν εξαιρέσουμε τις διαφορές που παρατηρούμε τους μήνες Απρίλιο και Ιούλιο στους 0,9°C και τους μήνες Φεβρουάριο και Σεπτέμβριο στους 0,8°C, οι υπόλοιπες διαφορές δεν ξεπερνούν τους 0,4°C.
- Την νύχτα το Ελληνικό παρουσιάζει τις μεγαλύτερες τιμές θερμοκρασίας αέρα με την μέγιστη διαφορά να παρατηρείται στους 1,6°C τον μήνα Μάρτιο ως προς την Ελευσίνα και στους 3,0°C το μήνα Μάιο ως προς το Ελ. Βενιζέλος.
- Την νύχτα η Ελευσίνα παρουσιάζει μεγαλύτερη τιμή θερμοκρασίας αέρα ως προς το Ελ. Βενιζέλο με την μέγιστη διαφορά να παρατηρείται στους 2,4°C τον μήνα Ιούλιο

Για επίγειους σταθμούς σε υπερετήσια βάση:

- Την ημέρα η Ελευσίνα παρουσιάζει τις μεγαλύτερες τιμές θερμοκρασίας αέρα με εξαίρεση το έτος 2000 όπου έχει την ίδια τιμή με το Ελληνικό και το έτος 2008 που η τιμή είναι μικρότερη κατά 0,3°C επίσης ως προς το Ελληνικό. Η μέγιστη διαφορά παρατηρείται σε σχέση με το Ελληνικό στους 3,8°C το έτος 2014 και σε σχέση με το Ελ. Βενιζέλος στους 2,8°C τα έτη 2003 και 2008.
- Την ημέρα το Ελληνικό παρουσιάζει μεγαλύτερες τιμές θερμοκρασίας αέρα ως προς το Ελ. Βενιζέλος με εξαίρεση την περίοδο 2002 έως 2006 όπου οι τιμές είναι μικρότερες έως και 1,3°C το έτος 2006, και το έτος 2014 όπου η τιμή της θερμοκρασίας είναι μικρότερη κατά 1,3°C. Η μέγιστη διαφορά παρατηρείται στους 3,0°C το έτος 2008.
- Την νύχτα η Ελευσίνα παρουσιάζει τις μεγαλύτερες τιμές θερμοκρασίας αέρα με εξαίρεση τα έτη 2001, 2006, 2009, 2010, 2013, 2014 και 2017 όπου σε σχέση με το Ελληνικό οι τιμές είναι ίσες και τα έτη 2000 και 2012 όπου είναι μικρότερες κατά 0,8°C και 0,3°C αντίστοιχα και το έτος 2003 όπου σε σχέση με το Ελ. Βενιζέλος παρουσιάζει μικρότερη τιμή κατά 0,5°C. Η μέγιστη διαφορά παρατηρείται ως προς το Ελληνικό στους 2,8°C το έτος 2006 και ως προς το Ελ. Βενιζέλος στους 3,3°C το έτος 2015.
- Την νύχτα το Ελληνικό παρουσιάζει τις μεγαλύτερες τιμές θερμοκρασίας αέρα ως προς το Ελ. Βενιζέλος με εξαίρεση το έτος 2003 όπου η θερμοκρασία είναι μικρότερη κατά 0,5°C. Η μέγιστη διαφορά να παρατηρείται στους 2,8°C έτη 2006 και 2017.

Από τις μετρήσεις της LST σε ενδοετήσια βάση:

Για τα δεδομένα day-night:

- Οι μέγιστες και οι ελάχιστες τιμές της LST παρατηρούνται τόσο για την ημέρα όσο και για την νύχτα τους μήνες Ιούλιο και Ιανουάριο αντίστοιχα

- Την ημέρα τα Μεσόγεια είναι η περιοχή που παρουσιάζει τις μεγαλύτερες τιμές LST με εξαίρεση τους μήνες Ιούλιο και Αύγουστο όπου παρουσιάζει μικρότερη τιμή ως προς το Θριάσιο κατά 0,2°C και 0,4°C αντίστοιχα.
- Την ημέρα το νότιο τμήμα της Αθήνας παρουσιάζει τις μικρότερες τιμές LST, η μέγιστη διαφορά παρατηρείται στους 6,3°C ως προς από τα Μεσόγεια.
- Την νύχτα το νότιο τμήμα της Αθήνας παρουσιάζει τις μεγαλύτερες τιμές LST. Η μέγιστη διαφορά παρατηρείται ως προς το Θριάσιο στους 4,5 °C τον μήνα Δεκέμβριο.
- Την νύχτα το Θριάσιο είναι η περιοχή που παρουσιάζει την χαμηλότερες τιμές LST με εξαίρεση τον μήνα Ιούλιο όπου η τιμή της LST είναι μικρότερη κατά 0,1 °C σε σχέση με τα Μεσόγεια.
- Την ημέρα το βόρειο τμήμα της Αθήνας παρουσιάζει μικρότερες τιμές LST σε σχέση με το κεντρικό τμήμα κατά την διάρκεια όλου του έτους ενώ την νύχτα παρουσιάζει μεγαλύτερες τιμές από τον μήνα Μάρτιο ως τον μήνα Αύγουστο με μια μέγιστη διαφορά που φτάνει έως και 0,7 °C τον μήνα Ιούνιο. Τον μήνα Φεβρουάριο οι δυο περιοχές παρουσιάζουν την ίδια τιμή LST.
- Τα Μέγαρα ως προς το βόρειο τμήμα της Αθήνας την ημέρα είναι η περιοχή που παρουσιάζει τις μεγαλύτερες τιμές LST με εξαίρεση τους μήνες Φεβρουάριο, Μάρτιο όπου παρατηρείται η μέγιστη διαφορά στους 0,7°C και Απρίλιο. Η μέγιστη διαφορά παρατηρείται στους 1,5°C τον μήνα Αύγουστο. Την νύχτα παρουσιάζει μικρότερες τιμές με την μέγιστη διαφορά να παρατηρείται στους 1,4°C τον μήνα Μάιο.
- Τα Μέγαρα ως προς το κεντρικό τμήμα της Αθήνας την ημέρα είναι περιοχή που παρουσιάζει μικρότερες τιμές LST από τον μήνα Ιανουάριο έως τον μήνα Μάιο όπως επίσης και τον μήνα Οκτώβριο με την μέγιστη διαφορά να παρατηρείται στους 1,8°C τον μήνα Μάρτιο, τον μήνα Δεκέμβριο οι τιμές της LST είναι ίσες και τους υπόλοιπους μήνες η τιμές της LST είναι μεγαλύτερες με την μέγιστη διαφορά να παρατηρείται στους 1,0°C τους μήνες Ιούλιο και Αύγουστο. Την νύχτα παρουσιάζει μικρότερες τιμές LST με την μέγιστη διαφορά να παρατηρείται στους 2,6°C τον μήνα Απρίλιο.

Για τα δεδομένα day-night LCM:

- Οι μέγιστες και οι ελάχιστες τιμές της LST παρατηρούνται τόσο για την ημέρα όσο και για την νύχτα τους μήνες Ιούλιο και Ιανουάριο αντίστοιχα.
- Την ημέρα τα Μεσόγεια είναι η περιοχή που παρουσιάζει τις μεγαλύτερες τιμές LST με το μέγιστο να παρατηρείται στους 41,6 °C τον μήνα Ιούλιο.
- Την ημέρα το νότιο τμήμα της Αθήνας παρουσιάζει τις μικρότερες τιμές LST με τη μέγιστη διαφορά να παρατηρείται ως προς τα Μεσόγεια στους 6,9 °C τον μήνα Μάιο.

- Την νύχτα το κεντρικό τμήμα της Αθήνας παρουσιάζει τις μεγαλύτερες τιμές LST με μέγιστη τιμή τους 26,5 °C τον μήνα Ιούλιο.
- Την νύχτα τα Μεσόγεια είναι η περιοχή που παρουσιάζει την χαμηλότερες τιμές LST με μέγιστη διαφορά να παρατηρείται στους 3,6°C ως προς κεντρικό τμήμα της Αθήνας τον μήνα Απρίλιο.
- Στη περιοχή της Αθήνας την ημέρα το βόρειο τμήμα παρουσιάζει μεγαλύτερες τιμές LST από το νότιο τμήμα με τη μέγιστη διαφορά να φτάνει στους 4,0°C τον μήνα Μάιο. Τη νύχτα το βόρειο τμήμα παρατηρείται να έχει μεγαλύτερες τιμές LST από τον μήνα Φεβρουάριο έως και τον μήνα Ιούλιο με την μέγιστη διαφορά να φτάνει στους 0,5°C, τους υπόλοιπους μήνες παρουσιάζει μικρότερες τιμές με την μέγιστη διαφορά να παρατηρείται στους 0,6°C τον μήνα Σεπτέμβριο.
- Η περιοχή των Μεγάρων ως προς το βόρειο τμήμα της Αθήνας την ημέρα παρουσιάζει μεγαλύτερες τιμές LST με εξαίρεση τον μήνα Μάρτιο όπου είναι μικρότερη κατά 0,1. Η μέγιστη διαφορά παρατηρείται στους 2,1°C τους μήνες Ιούλιο και Αύγουστο. Την νύχτα παρουσιάζει μικρότερες τιμές με την μέγιστη διαφορά να παρατηρείται στους 1,2°C τον μήνα Μάιο.
- Η περιοχή των Μεγάρων ως προς το κεντρικό τμήμα της Αθήνας την ημέρα παρουσιάζει μικρότερες τιμές LST από τον μήνα Ιανουάριο έως τον μήνα Μάιο και επίσης τον μήνα Νοέμβριο με την μέγιστη διαφορά να παρατηρείται στους 1,4°C τον μήνα Μάρτιο, τους μήνες Οκτώβριο και Δεκέμβριο οι τιμές της LST είναι ίσες και τους υπόλοιπους μήνες είναι μεγαλύτερη με την μέγιστη διαφορά να παρατηρείται στους 1,4°C τους μήνες Ιούλιο και Αύγουστο. Την νύχτα παρουσιάζει μικρότερες τιμές LST με την μέγιστη διαφορά να παρατηρείται στους 2,2°C τον μήνα Απρίλιο.

Από τις μετρήσεις της LST σε υπερετήσια βάση:

Για τα δεδομένα day-night:

- Την ημέρα το Θριάσιο είναι η περιοχή που παρουσιάζει τις μεγαλύτερες τιμές LST. Το μέγιστο παρατηρείται στους 44,2°C το έτος 2000. Σε σχέση με τα Μεσόγεια τα έτη 2001 και 2002 παρουσιάζει μικρότερες τιμές κατά 0,7°C. Επίσης το έτος 2016 παρουσιάζει μικρότερη τιμή LST κατά 0,3°C, τα έτη 2008, 2009 και 2014 μικρότερη τιμή κατά 0,2°C και το έτος 2006 μικρότερη κατά 0,1°C.
- Την ημέρα το νότιο τμήμα της Αθήνας είναι η περιοχή που παρουσιάζει τις ελάχιστες τιμές LST, οι μέγιστες διαφορές παρατηρούνται ως προς το Θριάσιο στους 7,2°C το έτος 2000 και ως προς τα Μεσόγεια στους 6,7°C επίσης το έτος 2000.
- Την ημέρα οι μέγιστες διαφορές που παρουσιάζει το Θριάσιο σε σχέση με τα Μέγαρα είναι στους 2,1°C, με το βόρειο τμήμα της Αθήνας στους 2,8°C με το κεντρικό τμήμα της Αθήνας είναι στους 3,0°C και με το νότιο τμήμα της Αθήνας στους 7,2°C.

- Την νύχτα το νότιο τμήμα της Αθήνας είναι η περιοχή που παρουσιάζει τις μεγαλύτερες τιμές LST. Το μέγιστο παρατηρείται στους 28,2°C το έτος 2012.
- Την νύχτα τα Μεσόγεια είναι η περιοχή που παρουσιάζει τις μικρότερες τιμές LST. Η μέγιστη διαφορά παρατηρείται στους 4,2°C σε σχέση με το νότιο τμήμα της Αθήνας. Γενικά σε σχέση με το Θριάσιο η μέγιστη διαφορά παρατηρείται στους 1,0°C το έτος 2007. Εξάιρεση αποτελεί το έτος 2001 όπου παρουσιάζει μικρότερη τιμή κατά 0,5°C, το έτος 2017 όπου η τιμή είναι μικρότερη κατά 0,4°C, τα έτη 2008 και 2016 όπου είναι μικρότερη κατά 0,2°C και το έτος 2009 όπου είναι μικρότερη κατά 0,1°C.
- Την νύχτα οι μέγιστες διαφορές που παρουσιάζει το νότιο τμήμα της Αθήνας σε σχέση με τα Μεσόγεια είναι στους 4,2°C, με το Θριάσιο είναι στους 3,4°C, με τα Μέγαρα στους 2,8°C, με το βόρειο τμήμα της Αθήνας στους 2,7°C και σε σχέση με το κεντρικό τμήμα της Αθήνας είναι στους 2,3°C.

Για τα δεδομένα day-night LCM:

- Την ημέρα τα Μεσόγεια είναι η περιοχή που παρουσιάζει τις μεγαλύτερες τιμές LST με την μέγιστη τιμή να παρατηρείται στους 44,2°C το έτος 2000. Σε σχέση με τα Μέγαρα παρουσιάζει ίδια τιμή LST το έτος 2003 και μικρότερη τιμή κατά 0,9°C το έτος 2004, μικρότερη κατά 1,9°C το έτος 2005 και μικρότερη κατά 0,6°C το έτος 2013. Επίσης σε σχέση με το Θριάσιο παρουσιάζει ίδια τιμή το έτος 2017 και μικρότερη τιμή κατά 0,9°C το έτος 2005 και 0,8°C το έτος 2007.
- Την ημέρα το Θριάσιο σε σχέση Μέγαρα οι τιμές της LST είναι ίσες το έτος 2012, το έτος 2004 τα Μέγαρα παρουσιάζουν μεγαλύτερη τιμή κατά 1,3°C και το έτος 2014 το Θριάσιο παρουσιάζει μεγαλύτερη τιμή κατά 1,3°C.
- Την νύχτα το κεντρικό τμήμα της Αθήνας παρουσιάζει τις μεγαλύτερες τιμές LST με την μέγιστη τιμή να παρατηρείται στους 28,2°C το έτος 2012 και η μέγιστη διαφορά ως προς τα Μεσόγεια στους 3,8°C το έτος 2007.
- Την νύχτα τα Μεσόγεια είναι η περιοχή που παρουσιάζει την μικρότερη τιμή LST, η ελάχιστη τιμή παρατηρείται στους 24,8°C και η μέγιστη διαφορά ως προς το κεντρικό τμήμα της Αθήνας στους 3,8°C.
- Την ημέρα το βόρειο τμήμα της Αθήνας παρουσιάζει μεγαλύτερες τιμές LST σε σχέση με το νότιο τμήμα με την μέγιστη διαφορά να παρατηρείται στους 4,4°C το έτος 2000. Το κεντρικό τμήμα της Αθήνας παρουσιάζει μεγαλύτερες τιμές LST ως προς το βόρειο και νότιο τμήμα με εξαίρεση το έτος 2000 όπου παρουσιάζει μικρότερη τιμή LST ως προς το βόρειο τμήμα κατά 0,1°C, τις μέγιστες διαφορές να παρατηρούνται ως προς το βόρειο τμήμα στους 1,2°C το έτος 2001 και ως προς το νότιο τμήμα στους 4,9°C το έτος 2004

- Την νύχτα το βόρειο τμήμα της Αθήνας παρουσιάζει μεγαλύτερες τιμές ως προς το νότιο τμήμα με εξαίρεση τα έτη 2008 και 2016 όπου οι τιμές της LST είναι ίσες και μικρότερες τα έτη 2002 και 2013 κατά $0,2^{\circ}\text{C}$, το έτος 2006 κατά $0,1^{\circ}\text{C}$ και το έτος 2010 κατά $0,3^{\circ}\text{C}$. Η μέγιστη διαφορά παρατηρείται στους $0,6^{\circ}\text{C}$ το έτος 2012. Το κεντρικό τμήμα της Αθήνας παρουσιάζει μεγαλύτερες τιμές LST ως προς το βόρειο και νότιο τμήμα της Αθήνας με τις μέγιστες διαφορές να παρατηρούνται ως προς το βόρειο τμήμα στους $1,5^{\circ}\text{C}$ τα έτη 2007 και 2010 και ως προς το νότιο τμήμα στους $1,8^{\circ}\text{C}$ το έτος 2007.

Βιβλιογραφία

1. Farina A., (2012), Exploring the relationship between land surface temperature and vegetation abundance for urban heat island mitigation in Seville, Spain, in partial fulfilment of the requirements for the degree of Master in Geographical Information Science, LUMA-GIS Thesis nr 15.
2. Li Z.-L., Tang B.-H., Wu H., Ren H., Yan G., Wan Z., Trigo I. F., Sobrino J. A., (2012), Satellite-derived land surface temperature: Current status and perspectives, *Remote Sensing of Environment* 131, 14-37.
3. Mildrexler D. J., Zhao M., and Running S. W., (2011), A global comparison between station air temperatures and MODIS land surface temperatures reveals the cooling role of forests, *Journal of geophysical research*, vol. 116, G03025, doi:10.1029/2010JG001486.
4. Mitraka Z., Chrysoulakis N., Doxani G., Del Frate F. and Berger M., (2015), Urban Surface Temperature Time Series Estimation at the Local Scale by Spatial-Spectral Unmixing of Satellite Observations, *Remote Sensing*, 7, 4139-4156, doi:10.3390/rs70404139.
5. Polydoros A., Mavrakou T., Cartalis C., (2018), Quantifying the Trends in Land Surface Temperature and Surface Urban Heat Island Intensity in Mediterranean Cities in View of Smart Urbanization, Department of Physics, Urban Science, National and Kapodistrian University of Athens, 157 72 Athens, Greece.
6. Tomlinson C. J., Chapman L., Thornes J. E. and Baker C. (2011), Remote sensing land surface temperature for meteorology and climatology: a review, *Meteorological Application* 18: 296–306, doi: 10.1002/met.287. Wan Z., (1999), MODIS Land-Surface Temperature Algorithm Theoretical Basis Document (LST ATBD), Version 3.3.
7. Wan Z., (2013), Collection-6 MODIS Land Surface Temperature Products Users' Guide.
8. Wana Z., Zhanga Y., Zhanga Q., Li Z.-L., (2002), Validation of the land-surface temperature products retrieved from Terra Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer data, *Remote Sensing of Environment* 83 163–180.
9. YuY., Privette J. L., Member, IEEE, and Pinheiro A. C., (2008), Evaluation of Split-Window Land Surface Temperature Algorithms for Generating Climate Data Records, *IEEE Transactions on geoscience and remote sensing*, vol. 46, no. 1.
10. Δελέζιος P. N., (2015), Αγρομετεωρολογία: Ανάλυση και προσομοίωση, Ελληνικά ακαδημαϊκά ηλεκτρονικά συγγράμματα και βοηθήματα.
11. Ζωγράφου Κ., Καλεβρά Ν., Κορακάκη Ε., Κορδοπάτης Π., Λιαρίκος Κ., Μαραγκού Π., Βλάχος Γ., Καρέτσος Γ., Μπελαβίλας Ν., Παπαγιάννης Θ., WWF Ελλάς, (2012), Η Ελλάδα τότε

και τώρα, διαχρονική χαρτογράφηση των καλύψεων της γης 1987-2007, Λυχνία Α.Ε. ISBN 978-9607506290.

12. Θωμά Ε., (2012), Εφαρμογή αναλυτικών και ημι-αναλυτικών μοντέλων για την εκτίμηση και πρόγνωση της θερμοκρασίας εδάφους, Μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών.

13. Κουτελιδά Σ. Κ., (2010), Ανάλυση και εκτίμηση θερμοκρασιών εδάφους, Μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών.

14. Μπουντάς Ν., (2014), Διερεύνηση της Αστικής Θερμικής Νησίδας των Ελληνικών Πόλεων, Διεπιστημονικό-Διατμηματικό πρόγραμμα μεταπτυχιακών σπουδών, Επιστήμη και Τεχνολογία Υδατικών Πόρων, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

15. Περάκης Κ., Φαρασλής Ν. Ι., Μωυσιάδης Κ. Α., (2015), Η τηλεπισκόπηση σε 13 ενότητες, Ελληνικά ακαδημαϊκά ηλεκτρονικά συγγράμματα και βοηθήματα.

16. Τουλουπάκη Ε., (2010), Αλγόριθμοι και αντίστοιχα προϊόντα από δορυφορικές εικόνες του MODIS για περιβαλλοντικές εφαρμογές και διαχείριση, Μεταπτυχιακό πρόγραμμα σπουδών στη περιβαλλοντική πολιτική και διαχείριση, Πανεπιστήμιο Αιγαίου.

Διαδικτυακές πηγές

<https://www.nasa.gov>

<https://www.wikipedia.org>