

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΥΠΡΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΓΕΩΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ



Μεταπτυχιακή διατριβή

ΜΕΛΕΤΗΣ ΕΝΤΑΣΗΣ ΤΟΥ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟΥ
ΑΣΤΙΚΗΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΝΗΣΙΔΑΣ ΣΤΗΝ ΑΣΤΙΚΗ
ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΗΣ ΛΕΜΕΣΟΥ

Ειρήνη Χρίστου

Λεμεσός , 2016

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΥΠΡΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΚΑΙ ΓΕΩΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΜΕΛΕΤΗΣ ΕΝΤΑΣΗΣ ΤΟΥ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟΥ
ΑΣΤΙΚΗΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΝΗΣΙΔΑΣ ΣΤΗΝ ΑΣΤΙΚΗ
ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΗΣ ΛΕΜΕΣΟΥ

της
Ειρήνης Χρίστου

Λεμεσός, 2016

ΕΝΤΥΠΟ ΕΓΚΡΙΣΗΣ

Μεταπτυχιακή Διατριβή

**ΜΕΛΕΤΗΣ ΕΝΤΑΣΗΣ ΤΟΥ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟΥ
ΑΣΤΙΚΗΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΝΗΣΙΔΑΣ ΣΤΗΝ ΑΣΤΙΚΗ
ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΗΣ ΛΕΜΕΣΟΥ**

Παρουσιάστηκε από

Ειρήνη Χρίστου

Επιβλέπων καθηγητής _____

Μέλος επιτροπής _____

Μέλος επιτροπής _____

Τεχνολογικό Πανεπιστήμιο Κύπρου

Σεπτέμβριος, 2016

Πνευματικά δικαιώματα

Copyright © Ειρήνη Χρίστου, 2016.

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Η έγκριση της μεταπτυχιακής διατριβής από το Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών Μηχανικών Γεωπληροφορικής του Τεχνολογικού Πανεπιστημίου Κύπρου δεν υποδηλώνει απαραίτητως και αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα εκ μέρους του Τμήματος.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα όλους όσους με βοήθησαν με τον δικό τους τρόπο και μου συμπαραστάθηκαν στην εκπόνηση αυτής της ερευνητικής εργασίας στο επίπεδο του μεταπτυχιακού προγράμματος. Ιδιαίτερη ευχαρίστηση στο πρόσωπο του επιβλέποντα καθηγητή μου, κ. Άθω Αγαπίου, για την συνεχή καθοδήγηση και παροχή πληροφοριών που μου παρείχε κατά την διάρκεια επίτευξή της. Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά το κ. Δημήτρη Κουχαρτσιούκ από το ερευνητικό ακαδημαϊκό προσωπικό του τμήματος Πολιτικών Μηχανικών και Μηχανικών Γεωπληροφορικής για τις χρήσιμες πληροφορίες που μου προσέφερε και περισσότερο από όλους τους αξιολάτρευτους γονείς μου για την συμβολή τους και την αδιάκοπη προσπάθεια που καταβάλλουν καθημερινά με σκοπό την απαξίωση μου επαγγελματικά.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Αλλαγές στην επιφάνεια της γης με συνεπακόλουθο την αύξηση της θερμοκρασίας του αέρα και των επιφανειών στο εσωτερικό των πόλεων σε σχέση με τις αντίστοιχες θερμοκρασίες στα περίχωρα προκαλούν σοβαρά προβλήματα στο ενεργειακό ισοζύγιο της πόλης. Ο ατμοσφαιρικός αέρας που παγιδεύεται στο εσωτερικό της αστικής περιοχής μέχρι και το επίπεδο των κτιρίων προκαλεί έντονη θερμοκρασιακή διαφορά μεταξύ των περιχώρων. Το φαινόμενο αυτό, γνωστό ως Αστική Θερμική Νησίδα (Α.Θ.Ν), είναι κλιματικό φαινόμενο και αποτελεί κυρίαρχο γνώρισμα του αστικού μικροκλίματος. Ως ένταση του φαινομένου Α.Θ.Ν ορίζεται η μεγαλύτερη διαφορά θερμοκρασίας του αέρα μεταξύ αστικών και ημιαστικών περιοχών. Η αύξηση των τιμών θερμοκρασίας του αέρα οδηγεί στην περαιτέρω ζήτηση για ψύξη των κτιρίων και κατ' επέκταση στην αύξηση της των εκπομπών ρύπων. Οι χαμηλές τιμές θερμοκρασίας οδηγούν στο αντίθετο φαινόμενο το οποίο καλείται Ψυχρή Αστική Νησίδα (Ψ.Α.Ν). Η ερευνητική μελέτη εξετάζει την χωρική μεταβολή της θερμοκρασίας και παρατηρεί τη ένταση του φαινομένου Θ.Α.Ν μέσω δορυφορικών εικόνων τύπου Landsat 5 για το έτος 2000 και 2002 από τις οποίες ανακτήθηκαν θερμοκρασιακά δεδομένα. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι οι πυκνοκατοικημένες περιοχές και περιοχές με χώρους πρασίνου παρουσιάζουν μειωμένες τιμές θερμοκρασίας, χαρακτηρίζοντας τις σαν ψυχρές περιοχές, και οι ανοικτοί χώροι αυξημένες τιμές θερμοκρασίας κατά την διάρκεια της ημέρας. κατά την διάρκεια της ημέρας η επιφανειακή θερμοκρασία στην αστική περιοχή μελέτης κυμαίνεται στους 44 ± 3 C° και κατά την διάρκεια της νύχτας στους 21 ± 3 C°. Τέλος, η ένταση του φαινομένου κυμαίνεται στον $1,5 - 2,5$ C° σε περιφέρεια 15 km από την περιοχή μελέτης.

Abstract

Changes of land surface in cities affect the storage and radiative transfer of heat and its partitioning into sensible and latent components. Thus air temperature values in areas of high building density are usually higher than those of the surrounding rural country. This, phenomenon, referred an Urban Heat Island and is the most validated phenomenon of climatic change, consisted the strongest feature of urbanization. The highest air temperature difference between urban and rural areas defines the urban heat island intensity. Elevation of air temperature increases the building cooling energy demand, which results in higher pollution emissions. The opposite effect of lower air temperature of the urban central areas or the so called Urban Cool Island. The research examines the spatial formation of the daytime Surface Urban Heat Island effect of Limassol City Cyprus, as case study of cities in semi – tropical climates. Two satellite images acquired by Landsat 5 from July and August , 2000 and 20002 (night shot and day shot), are used to retrieve Land Surface Temperature, identify Land Use/Land Cover classes and investigate the spatial variation of Land Surface Temperature and the Surface Urban Heat Island intensity. The results indicate than densely built- up areas , such as central districts of the city and green areas , had lower Land Surface Temperature as cool islands, compared to the non – urbanized area around the city during the daytime. In contrast, open spaces and new low – density housing developments on the outskirts of the city, experienced higher Land Surface Temperature and showed an surface urban heat island effect during the daytime. The results show that during the daytime residential areas in the city Centre recorded an Land Surface Temperature of 44 ± 3 during the daytime and 21 ± 3 during the nighttime. Urban Heat Island Intensity of the city ranged from 1.5 to 2.5 compared to a 15km buffer zone around the city.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	vii
ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ	ix
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ	xi
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΓΡΑΦΙΚΩΝ ΠΑΡΑΣΤΑΣΕΩΝ	xii
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ	xiv
ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ.....	xvii
ΑΠΟΔΟΣΗ ΟΡΩΝ.....	xviii
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	xix
1 Επιστήμη της Τηλεπισκόπησης.....	1
1.1 Γενικά.....	1
1.2 Ιστορία έναρξης επιστήμης της Τηλεπισκόπησης.....	2
1.3 Ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία / ηλεκτρομαγνητικό φάσμα.....	3
1.3.1 Φασματική Υπογραφή.....	6
2 Φαινόμενο θερμικής αστικής νησίδας (Α.Θ.Ν).....	8
2.1 Γενικά.....	8
2.2 Ιστορική αναδρομή μελέτης του φαινομένου.....	10
2.3 Χαρακτηριστικά και Αιτία του φαινομένου της Θ.Α.Ν.....	10
2.4 Παράγοντες που διαβαθμίζουν το φαινόμενο της Α.Θ.Ν.	12
2.5 Επιπτώσεις φαινομένου Α.Θ.Ν.	13
2.6 Προτεινόμενες πρακτικές εφαρμογές αντιμετώπισης του φαινομένου Α.Θ.Ν.	15
2.6.1 Ζώνες πρασίνου.....	16
2.6.2 Ζώνες ύδατος.....	17
2.6.3 Τεχνητή σκίαση.....	17
3 Ψηφιακή επεξεργασία Εικόνας.....	19

3.1	Γενικά.....	19
3.2	Προ - επεξεργασία Δορυφορικής τηλεπισκοπικής απεικόνισης	20
3.2.1	Γεωμετρική Διόρθωση	21
3.2.2	Ραδιομετρική Διόρθωση.....	21
4	Προτεινόμενη μεθοδολογία μελέτης της Θερμικής Αστικής Νησίδας στην περιοχή ενδιαφέροντος.....	22
4.1	Δορυφορικά Δεδομένα τύπου Landsat και μεθοδολογία επεξεργασίας.....	23
4.2	Πληροφορίες για πρόγραμμα Landsat.....	24
4.3	Πρόγραμμα Επεξεργασίας ENVI 4.8	24
4.3.1	Εισαγωγή Δεδομένων στο λογισμικό ENVI 4.8 και Δεδομένα Landsat.....	25
4.3.2	Προ - επεξεργασία δεδομένων – Γεωμετρική και Ραδιομετρική Διόρθωση.....	25
5	Σχολιασμός και παρατηρήσεις.....	28
6	Συμπεράσματα	59
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	62

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1 : Χαρακτηριστικά Δορυφορικών εικόνων μελέτης.....	25
Πίνακας 2 : Σταθερές Βαθμονόμησης για μετατροπή των ψηφιακών τιμών σε τιμές έντασης ακτινοβολίας.....	27
Πίνακας 3: Δεδομένα θερμοκρασίας για το έτος 2000 για όλη την περιοχή της Λεμεσού και του τμήματος της θάλασσας που εφάπτεται σε αυτή.	32
Πίνακας 4 : Δεδομένα θερμοκρασίας για το έτος 2000 και 2002.	34
Πίνακας 5 : Δεδομένα θερμοκρασίας για τα σημεία εντός και εκτός περιοχής μελέτης, έτος 2000.....	38
Πίνακας 6 : Δεδομένα θερμοκρασίας για τα σημεία εντός και εκτός περιοχής μελέτης για το έτος 2002.....	40
Πίνακας 7 : Τιμές θερμοκρασίας στο ΣΗΜΕΙΟ 1 (κήπος) για κάθε έτος.....	48
Πίνακας 8 : Τιμές θερμοκρασίας στο ΣΗΜΕΙΟ 2 (νεκροταφείο) για κάθε έτος.....	49
Πίνακας 9 :Τιμές θερμοκρασίας στο ΣΗΜΕΙΟ 3 (ανοικτός χώρος χωρίς βλάστηση) για κάθε έτος.....	49
Πίνακας 10 : Τιμές θερμοκρασίας σε πυκνοκατοικημένη περιοχή χωρίς χώρους πρασίνου..	49
Πίνακας 11 : Τιμές θερμοκρασίας στα σημεία 1 και 2 σε μη αστική περιοχή ανά έτος.....	57

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΓΡΑΦΙΚΩΝ ΠΑΡΑΣΤΑΣΕΩΝ

Γραφική Παράσταση 1 : Τιμές θερμοκρασίας για ημερήσια και νυχτερινή λήψη για όλη την περιοχή της Λεμεσού και του τμήματος της θάλασσας που εφάπτεται σε αυτή, έτος 2000... 33	
Γραφική Παράσταση 2 : Τιμές θερμοκρασίας ημερήσια και νυχτερινή λήψη για όλη την περιοχή της Λεμεσού και του τμήματος της θάλασσας που εφάπτεται σε αυτή, έτη 2000 και 2002. 34	
Γραφική Παράσταση 3 : Τιμές θερμοκρασίας σε αστική και μη αστική περιοχή για ημερήσια και νυχτερινή λήψη, έτος 2000..... 38	
Γραφική Παράσταση 4 : Ένταση φαινομένου κατά την διάρκεια της ημέρας και της νύχτας στην αστική περιοχή, έτος 2000. 39	
Γραφική Παράσταση 5: Τιμές θερμοκρασίας σε αστική και μη αστική περιοχή για ημερήσια και νυχτερινή λήψη, έτος 2002..... 40	
Γραφική Παράσταση 6 : Ένταση φαινομένου κατά την διάρκεια της ημέρας και της νύχτας για το έτος 2002..... 41	
Γραφική Παράσταση 7 : Έκταση του φαινομένου κατά την διάρκεια της ημέρας, έτος 2000. 42	
Γραφική Παράσταση 8 : Έκταση του φαινομένου κατά την διάρκεια της νύχτας, έτος 2000. 42	
Γραφική Παράσταση 9 : Έκταση του φαινομένου κατά την διάρκεια της ημέρας, έτος 2002. 43	
Γραφική Παράσταση 10 : Έκταση του φαινομένου κατά την διάρκεια της νύχτας, έτος 2002. 43	
Γραφική Παράσταση 11 : Τιμές θερμοκρασίας στο ΣΗΜΕΙΟ 1 (κήπος) για κάθε έτος, ημερήσια και νυχτερινή λήψη. 50	
Γραφική Παράσταση 12 : Τιμές θερμοκρασίας στο ΣΗΜΕΙΟ 2 (νεκροταφείο) για κάθε έτος, ημερήσια και νυχτερινή λήψη. 50	
Γραφική Παράσταση 13 : Τιμές θερμοκρασίας στο ΣΗΜΕΙΟ 3 (ανοικτός χώρος χωρίς βλάστηση) για κάθε έτος, ημερήσια και νυχτερινή λήψη. 51	

Γραφική Παράσταση 14 : Τιμές θερμοκρασίας σε τυχαίο σημείο στην αστική περιοχή για κάθε έτος, ημερήσια και νυχτερινή λήψη..... 51

Γραφική Παράσταση 15 : Τιμές θερμοκρασίας στα σημεία 1 και 2 σε μη αστική περιοχή. . 57

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1: Βήματα λήψης δορυφορικών δεδομένων	4
Εικόνα 2 : Φασματικά κανάλια ηλεκτρομαγνητικού φάσματος.	5
Εικόνα 3 :Τυπικές καμπύλες φασματικής ανακλαστικότητας για τα τρία βασικά γήινα χαρακτηριστικά πράσινη υγιή βλάστηση, ξηρό και γυμνό έδαφος και καθαρό λιμναίο νερό. 7	
Εικόνα 4: Προφίλ Αστικής Θερμικής Νησίδας κατά την διάρκεια της νύχτας.	8
Εικόνα 5 : Τα raster δεδομένα και τα εικονοστοιχεία τα οποία αντιπροσωπεύονται από ψηφιακούς αριθμούς (DN).	19
Εικόνα 6 : Περιοχή μελέτης στην πόλη Λεμεσού και ένδειξη επικρατέστερων ζωνών.	22
Εικόνα 7 : Αριθμός καναλιών και ένδειξη διακριτικής ικανότητας Landsat 5.	23
Εικόνα 8 : Αριθμός καναλιών και ένδειξη διακριτικής ικανότητας Landsat 7.	23
Εικόνα 9 : Αριθμός καναλιών και ένδειξη διακριτικής ικανότητας Landsat 8 (OLI και TIRS).	24
Εικόνα 10 : Θερμική οπτική δορυφορική εικόνα Landsat 2000.	29
Εικόνα 11 : Νυχτερινή θερμική οπτική δορυφορική εικόνα Landsat 2000.	29
Εικόνα 12 : Θερμική οπτική δορυφορική εικόνα Landsat 2002.	30
Εικόνα 13: Νυχτερινή θερμική οπτική δορυφορική εικόνα Landsat 2002.	30
Εικόνα 14 : Θερμική οπτική δορυφορική εικόνα Landsat 2009.	31
Εικόνα 15 : Θερμική οπτική δορυφορική εικόνα Landsat 2011.	31
Εικόνα 16: Θερμική οπτική δορυφορική εικόνα Landsat 2016.	32
Εικόνα 17 : Απεικόνιση σημείου λήψης θερμοκρασιακών δεδομένων στο εσωτερικό της περιοχής μελέτης – Αστική περιοχή έτος 2000 (ημερήσια λήψη).	36
Εικόνα 18 : Απεικόνιση σημείου λήψης θερμοκρασιακών δεδομένων στο εσωτερικό της περιοχής μελέτης – Αστική περιοχή έτος 2000 (νυχτερινή λήψη).	36
Εικόνα 19 : Απεικόνιση σημείου λήψης θερμοκρασιακών δεδομένων στο εξωτερικό της περιοχής μελέτης – Μη αστική περιοχή έτος 2002 (ημερήσια λήψη).	37

Εικόνα 20 : Απεικόνιση σημείου λήψης θερμοκρασιακών δεδομένων στο εξωτερικό της περιοχής μελέτης – Μη αστική περιοχή έτος 2002 (νυχτερινή λήψη).....	37
Εικόνα 21 : Αστική περιοχή μελέτης με ένδειξη σημείων θέσης μελέτης στο πρόγραμμα Google Earth.....	44
Εικόνα 22 : Αστική περιοχή μελέτης με χρωματική σκίαση το έτος 2000 (ημερήσια λήψη).	45
Εικόνα 23 : Αστική περιοχή μελέτης με χρωματική σκίαση το έτος 2000 (νυχτερινή λήψη).	45
Εικόνα 24 : Αστική περιοχή μελέτης με χρωματική σκίαση το έτος 2002 (ημερήσια λήψη).	46
Εικόνα 25: Αστική περιοχή μελέτης με χρωματική σκίαση το έτος 2002 (νυχτερινή λήψη).	46
Εικόνα 26 : Αστική περιοχή μελέτης με χρωματική σκίαση το έτος 2009 (ημερήσια λήψη).	47
Εικόνα 27 : Αστική περιοχή μελέτης με χρωματική σκίαση το έτος 2011 (ημερήσια λήψη).	47
Εικόνα 28 : Αστική περιοχή μελέτης με χρωματική σκίαση το έτος 2000 (ημερήσια λήψη).	48
Εικόνα 29 : Μη αστική περιοχή μελέτης με χρωματική σκίαση για ημερήσια λήψη, έτος 2000.	53
Εικόνα 30 : Μη αστική περιοχή μελέτης με χρωματική σκίαση για ημερήσια λήψη, έτος 2002.	53
Εικόνα 31 : Μη αστική περιοχή μελέτης με χρωματική σκίαση για ημερήσια λήψη, έτος 2009.	54
Εικόνα 32 : Μη αστική περιοχή μελέτης με χρωματική σκίαση για ημερήσια λήψη, έτος 2011.	54
Εικόνα 33 : Μη αστική περιοχή μελέτης με χρωματική σκίαση για ημερήσια λήψη, έτος 2016.	55
Εικόνα 34 : Τρισδιάστατη απεικόνιση μη αστική περιοχής μελέτης με χρωματική σκίαση για ημερήσια λήψη, έτος 2016	55

Εικόνα 35 : Ενδεικτική θέση σημείων μελέτης στο Google Earth, έτος 2002.....	56
Εικόνα 36 : Ενδεικτική θέση σημείων μελέτης με χρωματική σκίαση στο Google Earth, έτος 2002.	56

ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ

Παρουσιάζονται συνοπτικά όλες οι σημαντικές συντομογραφίες που έχουν χρησιμοποιηθεί στο κείμενο της διατριβής π.χ.:

Α.Θ.Ν:	Αστική Θερμική Νησίδα
Ψ.Α.Ν:	ΨΥΧΡΗ Αστική Νησίδα
ΦΠΑ:	Φόρος Προστιθέμενης Αξίας
DN	Digital Number

ΑΠΟΔΟΣΗ ΟΡΩΝ

Στην περίπτωση χρήσης ορολογίας από ξενόγλωσση βιβλιογραφία, αναφέρεται η απόδοση στην ελληνική η οποία θεωρείται περισσότερο δόκιμη. Για παράδειγμα:

Remote sensing	Τηλεπισκόπηση
Electromagnetic radiation	Ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία
Υ-rays Area	πεδίο ακτινών
Ultraviolet Area	Πεδίο υπεριώδους ακτινοβολίας
Visible light Area	Πεδίο ορατού φωτός
Infrared Area	Πεδίο υπέρυθρης ακτινοβολίας
Microwaves Area	Πεδίο μικροκυμάτων
Radio waves Area	Πεδίο ραδιοκυμάτων
Digital imagine processing pixels	Ψηφιακή επεξεργασία εικόνας Εικονοστοιχεία
Digital Number	Ψηφιακός αριθμός

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ραγδαία αύξηση του πληθυσμού και η ανάγκη βελτίωσης του τρόπου ζωής συντέλεσαν στην δημιουργία μεγάλων πόλεων με συνεπακόλουθο την επέκταση των αστικών περιοχών προς το φυσικό περιβάλλον και την αντικατάσταση των καλυμμένων εκτάσεων βλάστησης με τεχνικά υλικά. Ως συνεπακόλουθο της συγχώνευσης μη αστικών και αγροτικών περιοχών εντός αστικού ιστού είναι η αρνητική επίδραση στο ισοζύγιο θερμότητας των περιοχών. Γενικά, οι πόλεις λόγω των δομικών υλικών που χαρακτηρίζονται από υψηλή θερμοχωρητικότητα και χαμηλή ανακλαστικότητα παρουσιάζουν υψηλές ή/και χαμηλές θερμοκρασίες σε μεμονωμένες περιοχές και πληθώρα αλλοιώσεων των κλιματικών χαρακτηριστικών. Το φαινόμενο αυτό είναι γνωστό ως το φαινόμενο της Αστικής Θερμικής Νησίδας ή το φαινόμενο της Θερμικής Νήσου.

Πολλοί παράγοντες συμβάλλουν τόσο στην εμφάνιση και την ενίσχυση του φαινομένου όπως τα υλικά δόμησης, η γεωμετρία των αστικών περιοχών, η έλλειψη χώρων πρασίνου και κυρίως οι ανθρωπογενής δραστηριότητες. Η ανεξέλεγκτη ενέργεια του ανθρώπου για συνεχόμενη επέκταση των αστικών περιοχών συνέβαλε καθοριστικά στην μεταβολή του φυσικού ανάγλυφου με αποτέλεσμα την τροποποίηση των καιρικών συνθηκών και του κλίματος στις αστικές περιοχές.

Η Τηλεπισκόπηση αξιοποιείται ως επιστήμη και εφαρμόζεται σε πολλούς τομείς όπως η γεωλογία, η σεισμολογία, η τοπογραφία, η μετεωρολογία, την ωκεανογραφία και ταυτόχρονα παρέχει την ικανότητα μελέτης της ατμόσφαιρας και του κλίματος. Είναι γνωστό πλέον ότι οι πιο πολλοί επιστήμονες μέσω της χρήσης δορυφορικών δεδομένων, καθώς και την εφαρμογή των τεχνικών που διέπουν την επιστήμη της Τηλεπισκόπησης καλούνται, κάθε φορά που σημειώνεται μια φυσική καταστροφή ή πρόκειται για κάποιο φαινόμενο που συμβαίνει στην γη και την βιόσφαιρα κυρίως, να το επιλύσουν με τον καλύτερο ολοκληρωμένο δυνατό τρόπο. Έτσι, επιβεβαιώνεται το γεγονός ότι η Τηλεπισκόπηση και η αξιοποίηση δορυφορικών δεδομένων συμβάλλει σημαντικά σήμερα στην μελέτη και ερμηνείας σπουδαίων φυσικών καταστροφών που εκδηλώνονται.

Πρώτο, το γεγονός ότι καλύπτουν μεγάλο εύρος περιοχών στην γη και υπάρχει ένα πλήθος κατηγοριών δορυφόρων έχει ως αποτέλεσμα οι επιστήμονες και οι ερευνητές να έχουν στην

διάθεση τους πολλά και διάφορα δεδομένα ώστε να μπορούν να επιλέξουν κάθε φορά ανάλογα με τα προτιμήσεις της προκειμένης έρευνας. Δεύτερο, οι δορυφορικοί αισθητήρες χαρακτηρίζονται από αμεσότητα όσον αφορά την καταγραφή και λήψη δεδομένων σε πρόσφατα γεγονότα

1 Επιστήμη της Τηλεπισκόπησης

1.1 Γενικά

Η τηλεπισκόπηση (remote sensing) χρησιμοποιείται για την περιγραφή της διαδικασίας λήψης πληροφοριών για ένα αντικείμενο, μία περιοχή ή ένα φαινόμενο, με τη χρήση ανιχνευτικών συσκευών που δεν βρίσκονται σε επαφή με το αντικείμενο παρατήρησης. Στην ουσία, ασχολείται με την απόκτηση πληροφοριών για μια γήινη επιφάνεια με την από απόσταση μέτρηση και αποτύπωση της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας που ανακλάται ή εκπέμπεται από την επιφάνεια της γης και την ατμόσφαιρα.

Οι Lillesand & Kiefer (1987) ορίζουν την τηλεπισκόπηση σαν την επιστήμη και τέχνη του να επιτυγχάνουμε πληροφόρηση για αντικείμενο, περιοχή ή φαινόμενο από την ανάλυση δεδομένων που αποκτήθηκαν από ένα μέσο το οποίο δεν είναι σε επαφή με το αντικείμενο, την περιοχή ή το φαινόμενο (1).

Ο Mather (1991) δίνει έναν ορισμό με στενότερη έννοια λέγοντας ότι η τηλεπισκόπηση του περιβάλλοντος περιλαμβάνει την μέτρηση και αποτύπωση της ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας που ανακλάται ή εκπέμπεται από την επιφάνεια της Γης και την ατμόσφαιρα. Η μέτρηση και αποτύπωση γίνεται από ένα σημείο πάνω από την επιφάνεια της Γης και ακολουθεί ο συσχετισμός αυτών των μετρήσεων με την φύση και την κατανομή των υλικών της επιφάνειας της Γης και των συνθηκών της ατμόσφαιρας (1).

Μια στενότερη έννοια της τηλεπισκόπησης στο τομέα του περιβάλλοντος είναι η ανάκτηση πληροφοριών για μια γήινη επιφάνεια με την από απόσταση μέτρηση και αποτύπωση της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας που ανακλάται ή εκπέμπεται από την επιφάνεια της γης και την ατμόσφαιρα.

Η Τηλεπισκόπηση είναι ο τομέας που ασχολείται με την μελέτη αντικειμένων ή φαινομένων μιας περιοχής, την τεχνική συλλογή δεδομένων με την βοήθεια οργάνων που βρίσκονται σε απόσταση από τους στόχους και τέλος την ανάλυση και ερμηνεία δεδομένων. Με άλλα λόγια είναι η συλλογή, ανάλυση και ερμηνεία πληροφοριών μέσω καταγραφικών οργάνων τα οποία δεν είναι σε επαφή με το υπο μελέτη αντικείμενο. Ο όρος αυτός χρησιμοποιείται για πληροφορίες που καταγράφονται σε μορφή φασματική εικόνας από καταγραφικά συστήματα που μεταφέρονται από ιπτάμενα ή από δορυφορικά συστήματα.

1.2 Ιστορία έναρξης επιστήμης της Τηλεπισκόπησης

Παρακάτω ακολουθεί μια γενική αναδρομή και πορεία της επιστήμης της τηλεπισκόπησης όπως αυτή εξελίχθηκε με την πάροδο του χρόνου (11)(12).

1826: Γεννάται η Τηλεπισκόπηση με την ανακάλυψη της φωτογραφίας. Αναπτύσσονται νέοι τύποι φιλμ. Γίνεται καταγραφή φωτογραφιών και σε ζώνες εκτός του ορατού φάσματος.

1939: Αναπτύσσεται η υπέρυθη φωτογραφία και το Radar.

1960: Μεγάλη ώθηση στην Τηλεπισκόπηση λόγω ανταγωνισμού των διαστημικών και δορυφορικών ερευνών και της δημιουργίας της Αμερικανικής Αεροναυτικής και Διαστημικής Υπηρεσίας NASA (National Aeronautics and Space Administration).

1970: Εκτοξεύονται δορυφόροι, όπως ο αμερικανικός δορυφόρος Landsat-1 (1972), για την παρατήρηση της επιφάνειας της γης.

1975 : Εκτοξεύεται ο Landsat 4.

1977: Εκτοξεύεται ο πρώτος μετεωρολογικός δορυφόρος Meteosat-1.

1978 : Εκτοξεύεται ο Landsat 3.

1980: Άλλοι δορυφόροι Τηλεπισκόπησης εκτοξεύονται από χώρες όπως η Ινδία (IRS-1a, IRS-1b), η Ιαπωνία (MOS-1, MOS-1b), και η Ρωσία.

1982: Κατασκευάζεται η δεύτερη γενιά δεκτών και δορυφόρων Landsat με το θεματικό χαρτογράφο TM (Thematic Mapper).

1984 : εκτοξεύεται ο Landsat 4.

1986: Εκτοξεύεται ο γαλλικός δορυφόρος SPOT-1.

1986: Αναπτύσσονται τα εικονοληπτικά φασματόμετρα (Imaging Spectrometers), όπως τα Geoscan II (32 κανάλια), MONITEQ (288 κανάλια), CASI (288 κανάλια) της Intres Research, το MEIS FM (64 κανάλια) του καναδικού κέντρου Τηλεπισκόπησης (Canadian Centre for Remote Sensing), AVIRIS, κ.α.

1988: Εκτοξεύεται ο Meteosat-3.

1990: Δημιουργείται το EOS (Earth Observing Systems) στις ΗΠΑ για την παροχή δεδομένων στην παρακολούθηση παγκόσμιων μεταβολών και το Radarsat- 1 στον Καναδά

1991: Δημιουργία ευρωπαϊκός δορυφόρου ERS- (1Earth Resources Satellite) με συσκευές Radar του τύπου SAR (Synthetic Aperture Radar)

και η ιαπωνική εταιρεία διαστήματος NASDA τον δορυφόρο JERS-1 (Japanese Earth Resource Satellite-1). Τα συστήματα αυτά καλύπτουν διαφορετικά μήκη κύματος στο Radar και διαφορετικές γωνίες παρατήρησης και καταγράφουν εικόνες σε διαφορετικές φασματικές ζώνες.

1990: Εκτοξεύεται δορυφόρος SPOT-2.

1991: Δημιουργείται το EOS (Earth Observing Systems) στις ΗΠΑ για την παροχή δεδομένων στην παρακολούθηση παγκόσμιων μεταβολών,

1993: Εκτοξεύεται δορυφόρος SPOT-3, ο Landsat 6 (αποτυχημένη αποστολή) και ο Meteosat-6.

1995 : Δημιουργία δευτέρου ευρωπαϊκού δορυφόρου ERS-2

1998: Εκτόξευση SPOT-4

1999: Εκτόξευση Landsat 7, IKONOS ASTER MODIS

2003: Δημιουργία Radarsat- 2.

2005: Το Google ελευθερώνει το Google earth και Google map προγράμματα τα οποία επιτυγχάνουν χωρική αναζήτηση σε εικόνες υψηλής ανάλυσης.

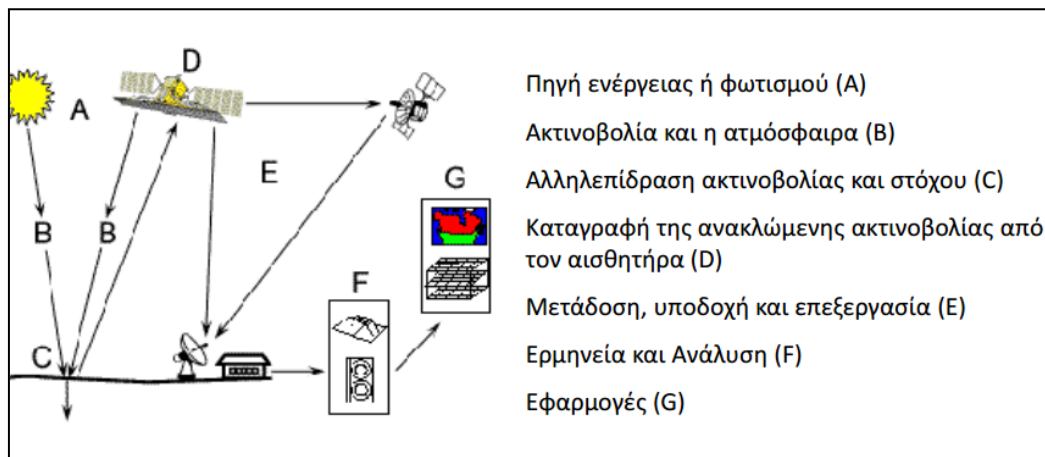
2013 : Εκτόξευση Landsat 8.

1.3 Ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία / ηλεκτρομαγνητικό φάσμα

Η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία (Electromagnetic radiation – EMR) είναι η βασική ποσότητα ενέργειας όπου έχει την ικανότητα να παράγει έργο, και η οποία μετράται σε joules. Η ηλεκτρομαγνητική ενέργεια μπορεί να εκφραστεί σαν μηχανική, χημική, ηλεκτρική και θερμική. Η μετάδοση της ενέργειας γίνεται με επαφή, μεταφορά και ακτινοβολία. Απ' αυτούς τους τρεις παράγοντες μόνο η ακτινοβολία είναι δυνατό να μεταδώσει ενέργεια από ένα σώμα σ' ένα άλλο χωρίς την παρέμβαση ενδιάμεσου φορέα και διασχίζοντας εκατομμύρια χιλιόμετρα στο κενό διάστημα. Η επιστήμη της τηλεπισκόπησης χρησιμοποιεί

την μέθοδο της μεταφοράς ενέργειας με ακτινοβολία, η οποία γίνεται από ένα σώμα προς τον δέκτη (αισθητήρας) που λαμβάνει το σήμα.

Στην Εικόνα παρουσιάζονται τα βήματα που απαιτούνται και παίζουν καθοριστικό ρόλο στην λήψη δεδομένων για την παρατήρηση της Γής. Καθοριστικός ρόλος στην καταγραφή της ενέργειας είναι η αλληλεπίδραση μεταξύ της προσπίπτουσας ακτινοβολίας και των επιφανειακών χαρακτηριστικών της Γής.



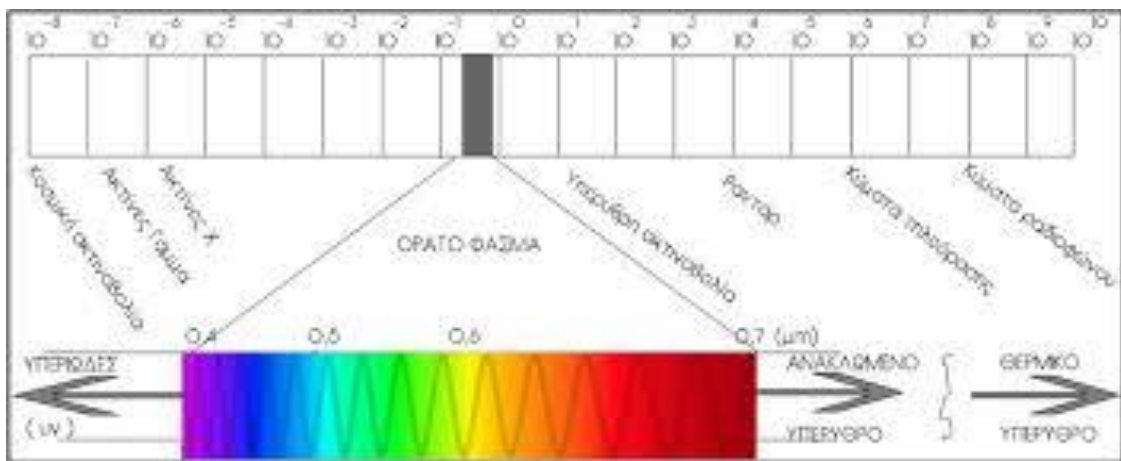
Εικόνα 1: Βήματα λήψης δορυφορικών δεδομένων

Ουσιαστικά, κάθε τηλεπισκοπική απεικόνιση προκύπτει με την κατάλληλη καταγραφή ποιοτικών και μετρητικών πληροφοριών, οι οποίες μεταφέρονται μέσω της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας μετά από την αλληλεπίδραση με την ατμόσφαιρα και τα αντικείμενα/εμφανίσεις στην επιφάνεια της Γής. Η δυνατότητα λήψης δεδομένων σε μια μεγάλη περιοχή του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος (από την κοσμική ακτινοβολία μέχρι τα μικροκύματα), σε συνδυασμό με το ότι η κατανομή της ακτινοβολίας που εκπέμπει ή ανακλά κάθε αντικείμενο σε διάφορα μήκη κύματος είναι χαρακτηριστική της φυσικής κατάστασης και της χημικής του σύστασης, οδηγεί στην εξ αποστάσεως αναγνώριση και μελέτη του, δηλαδή σε εφαρμογή της Τηλεπισκόπησης. Οι δέκτες οι οποίοι είναι τοποθετημένοι σε δορυφόρους καταγράφουν την ηλεκτρομαγνητική ενέργεια ή την ένταση των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων.

Οι κυριότερες ιδιότητες που χαρακτηρίζουν ένα ηλεκτρομαγνητικό κύμα είναι το μήκος κύματος (λ), που ορίζεται ως η απόσταση μεταξύ δύο κορυφών του κύματος, και η

συχνότητα (ν), δηλαδή ο αριθμός που διέρχονται από ένα σημείο σε ένα δευτερόλεπτο και μετριέται σε Hertz(Hz).

Το σύνολο των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων με διαφορετικό μήκος κύματος αποτελεί το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα, το οποίο συνιστάται από κύματα με μήκη κύματος από 0,1 μm έως 1m και περιλαμβάνει : το πεδίο ακτίνων (y-rays), το πεδίο υπεριώδους ακτινοβολίας (ultraviolet), το πεδίο ορατού φωτός (visible light), το πεδίο υπέρυθρης ακτινοβολίας (infrared), το πεδίο μικροκυμάτων (microwaves) και το πεδίο ραδιοκυμάτων (radio waves).



Εικόνα 2 : Φασματικά κανάλια ηλεκτρομαγνητικού φάσματος.

Οι περιοχές του φάσματος αναλύονται πιο κάτω.

1. Η ορατή (visible) περιοχή του φάσματος έχει όρια που καθορίζονται από την ανθρώπινη όραση (0.38 μm έως 0.72 μm).
2. Η υπέρυθη (infrared) περιοχή του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος περιλαμβάνει μήκη κύματος μεγαλύτερα από την περιοχή του κόκκινου τμήματος του ορατού και εκτείνεται από 0.7 μm έως 1000 μm (εγγύς, μέσο, απότερο υπέρυθρο). Να σημειωθεί πως το εύρος του υπέρυθρου που χρησιμοποιείται στην Τηλεπισκόπηση εκτείνεται από 0.72 μm έως 15 μm .

3. Η μικροκυματική ακτινοβολία (μικροκύματα-microwaves) περιλαμβάνει μεγάλα μήκη κύματος που εκτείνονται από 1mm έως 1m. Η ακτινοβολία αυτή έχει την ιδιότητα να διαπερνά τα νέφη και να εισχωρεί βαθιά σε μια γήινη επιφάνεια, ανάλογα με το μήκος κύματος της. Γενικά, να σημειωθεί πως τα μεγαλύτερα μήκη κύματος που χρησιμοποιούνται στην Τηλεπισκόπηση είναι εκείνα από 1mm μέχρι 1m.
4. Η υπεριώδης ζώνη εκτείνεται από 3nm έως 0,4 μm.

Η επιστήμη της τηλεπισκόπησης από το συνολικό πεδίο του φάσματος της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας αξιοποιεί την περιοχή εκείνη που έχει μήκος κύματος και περιλαμβάνει το υπεριώδες, το ορατό φως, το εγγύς και μέσο υπέρυθρο, το θερμικό υπέρυθρο και τα μικροκύματα. Κάθε αντικείμενο έχει μια φασματική απογραφή, η οποία είναι το ποσό της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας που ανακλάται από το αντικείμενο.

Η καταγραφή της ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας ή της έντασης των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων επιτυγχάνεται με δέκτες οι οποίοι είναι τοποθετημένοι σε δορυφόρους. Το ποσό της ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας καταγράφεται από το δέκτη και ανάλογα με το εξεταζόμενο πεδίο φάσματος, για το ίδιο αντικείμενο μπορούμε να πάρουμε και διαφορετική πληροφορία. Με αυτό τον τρόπο μπορεί να γίνει αντιληπτό το χιόνι από το νερό, η βλάστηση από το χώμα, τους διάφορους τους διάφορους τύπους των πετρωμάτων και τις διάφορες ενώσεις στην ατμόσφαιρα.

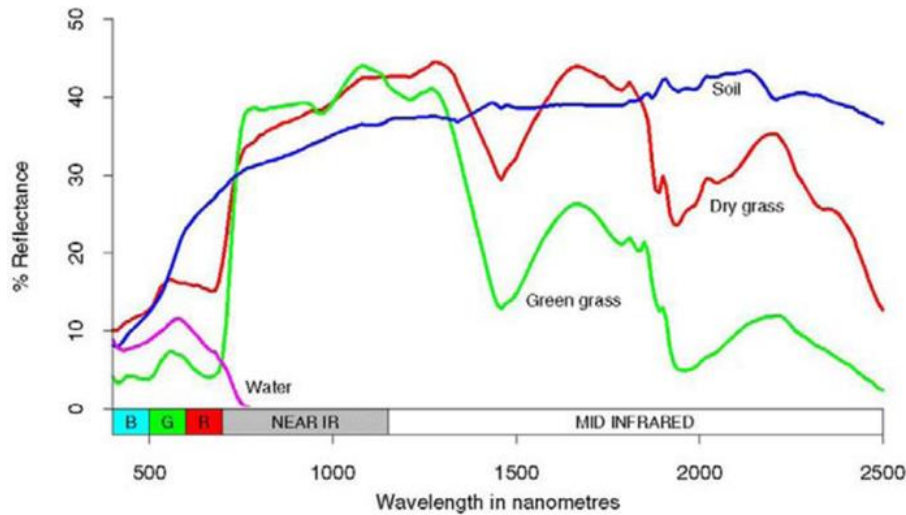
Τα συστήματα τηλεπισκόπησης έχουν σχεδιαστεί με τρόπο ώστε να ανιχνεύουν επιλεκτικά φασματικά κανάλια, μεταξύ μιας ή περισσότερων υποδιαιρέσεων, χωρίς όμως να είναι αυτό εφικτό με ένα μόνο όργανο (αισθητήρα).

1.3.1 Φασματική Υπογραφή

Οι φασματικές υπογραφές είναι ο συγκεκριμένος συνδυασμός απεικονισμένης και απορροφημένης ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας στα ποικίλα μήκη κύματος που μπορούν μεμονωμένα να προσδιορίσουν ένα αντικείμενο.

Γι' αυτό το λόγο κάθε υλικό της φυσικής γήινης επιφάνειας ανακλά με διαφορετικό τρόπο την προσπίπτουσα από τον ήλιο ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία. Επίσης, κάθε θερμαινόμενο

αντικείμενο εκπέμπει ενέργεια με συγκεκριμένη ένταση σε κάθε μήκος κύματος. Στο Εικόνα παρουσιάζονται οι τυπικές καμπύλες φασματικής ανακλαστικότητας για τα τρία βασικά γήινα χαρακτηριστικά : πράσινη υγιή βλάστηση, ξηρό και γυμνό έδαφος και καθαρό λιμναίο νερό.



Εικόνα 3 :Τυπικές καμπύλες φασματικής ανακλαστικότητας για τα τρία βασικά γήινα χαρακτηριστικά πράσινη υγιή βλάστηση, ξηρό και γυμνό έδαφος και καθαρό λιμναίο νερό.

Η παρουσία χλωροφύλλης στα φυλλώματα των δένδρων έχει ως αποτέλεσμα την απορρόφηση της ακτινοβολίας στο κόκκινο και μπλε τμήμα του ορατού και ανάκλαση του πράσινου τμήματος και έτσι το φύλλωμα είναι πράσινο το καλοκαίρι και την άνοιξη. Το φθινόπωρο η απουσία της χλωροφύλλης σημαίνει και λιγότερη απορρόφηση ακτινοβολίας με αποτέλεσμα το φύλλωμα να φαίνεται κίτρινο ή καφέ.

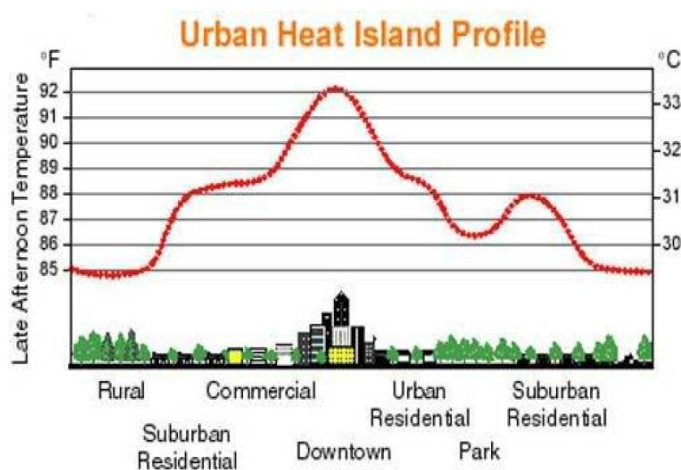
Σε αντίθεση, το νερό απορροφά περισσότερο την ακτινοβολία μεγάλου μήκους κύματος του ορατού και υπέρυθρου σε σχέση με την μικρή μήκους κύματος ακτινοβολία. Σε περίπτωση που υπάρχει αυξημένη ποσότητα αιωρούμενων σωματιδών νερού τότε αυξάνονται τα μήκη κύματος που ανακλώνται στο νερό.

2 Φαινόμενο αστικής θερμικής νησίδας (Α.Θ.Ν)

2.1 Γενικά

Η αστική θερμική νησίδα είναι το φαινόμενο κατά το οποίο παρατηρείται αύξηση της θερμοκρασίας του αέρα και των επιφανειών στο εσωτερικό των πόλεων σε σχέση με τις αντίστοιχες θερμοκρασίες στα περίχωρα και παρουσιάζεται συχνότερα κατά την διάρκεια της νύχτας. Ουσιαστικά, ο ατμοσφαιρικός αέρας παγιδεύεται στο εσωτερικό της αστικής περιοχής μέχρι το επίπεδο των κτιρίων και παρουσιάζεται θερμοκρασιακή διαφορά με τα περίχωρα που κυμαίνεται στους 5-6 °C για μεσαίας κλίμακας πόλης και 9 - 12°C σε μεγαλουπόλεις (7).

Το φαινόμενο αυτό αποτελεί κυρίαρχο γνώρισμα του αστικού μικροκλίματος λόγω του ότι εμφανίζεται κυρίως στις αστικές και ημιαστικές περιοχές και οφείλεται στο γεγονός ότι η ηλιακή ενέργεια απορροφάται από τα υλικά που έχουν την ικανότητα να απορροφούν και να διατηρούν υψηλά ποσοστά ακτινοβολίας για μεγάλα χρονικά διαστήματα και τέλος την εκπέμπουν κατά την διάρκεια της νύχτας (Εικόνα 4). Σημειώνεται ότι παρουσιάζει σημαντική χρονική και χωρική μεταβολή στην διάρκεια του 24ώρου και αναφέρεται τόσο σε αύξηση της θερμοκρασίας της αστικής ατμόσφαιρας όσο και σε αύξηση της θερμοκρασίας των αστικών επιφανειών (επιφανειακή θερμική αστική νησίδα).



Εικόνα 4: Προφίλ Αστικής Θερμικής Νησίδας κατά την διάρκεια της νύχτας.

(Πηγή : <http://www.dec.ny.gov/lands/30344.html>)

Η θερμική αστική νησίδα δεν αναφέρεται μόνο στην σχετική θέρμανση του αέρα κοντά στο έδαφος και γίνεται αναφορά για τρία στρώματα θερμικών νησίδων που μπορούν να εμφανιστούν. Αναφορικά τα στρώματα αυτά είναι:

- Θερμική νησίδα του στρώματος φυκοτομής
- Θερμική νησίδα του οριακού στρώματος
- Θερμική νησίδα του στρώματος επιφάνειας

Τα δύο πρώτα στρώματα σχετίζονται με την αστική θέρμανση της ατμόσφαιρας και το δεύτερο από τα διάφορες επιφάνειες στην πόλη. Το στρώμα της φυκοτομής εκτείνεται προς τα πάνω περίπου έως το μέσο ύψος μιας οικοδομής και πιο πάνω ξεκινάει το αστικό οριακό στρώμα το οποίο κατά την διάρκεια της μέρας μπορεί να εκταθεί μέχρι και 1km ενώ κατά την διάρκεια της μέρας συρρικνώνεται σε κάποιες εκατοντάδες μέτρα. Η ατμοσφαιρική θερμική νησίδα γίνεται εντονότερη μετά την δύση του ήλιου, λόγω της συνεχούς εκπομπής θερμότητας που απορροφήθηκε κατά την διάρκεια της ημέρας από τις επιφάνειες και διατηρείται μέχρι το ξημέρωμα. Κατά την διάρκεια της ημέρας η ένταση της είναι αρκετά μικρή έως και αρνητική σε ορισμένα σημεία όπου υπάρχει επαρκής σκίαση με αποτέλεσμα να καθυστερείται η θέρμανση λόγω της αποθήκευσης της θερμότητας από τα υλικά οικοδομής. Οι θερμοκρασίες του αέρα αυτών των στρωμάτων μπορεί να μετρηθούν άμεσα με την χρήση θερμομέτρων.

Όσον αφορά το τρίτο στρώμα, την θερμική νησίδα του στρώματος επιφάνειας, η ένταση της ποικίλει ανάλογα με την περιοχή καθώς είναι αποτέλεσμα του συνδυασμού των οικοδομικών υλικών, την ύπαρξη βλάστησης και την ύπαρξη επιφανειών νερού και διαπερατών εδαφών. Οι θερμοκρασίες των επιφανειών είναι εμφανής τόσο κατά την διάρκεια της ημέρας όσο και της νύχτας αλλά είναι πιο έντονη την μέρα λόγω της ηλιακής ακτινοβολίας. Σημειώνεται ότι οι θερμοκρασίες σε αυτή την περίπτωση υπολογίζονται με την βοήθεια αισθητήρων, οι οποίοι είναι τοποθετημένοι σε αεροσκάφη ή δορυφόρους.

2.2 Ιστορική αναδρομή μελέτης του φαινομένου

Οι έρευνες και η περιγραφή του φαινομένου έγινε για πρώτη φορά από το Luke Howard το 1810 για την πόλη του Λονδίνου, αν και δεν ήταν αυτός που έδωσε την σημερινή του σημασία (Landsberg, 1981) (7). Συνέχεια στην μελέτη του φαινομένου έδωσαν πολλοί ερευνητές όπως ο E. Renou το 1885 οποίος μελέτησε τον καιρό στο Παρίσι, ο μετεωρολόγος W.C.Witter το 1860 αναφέρθηκε στις διαφορές της θερμοκρασίας μεταξύ του Μοναχού και Bogehauson και το αιτιολόγησε ότι αυτό οφείλεται στα πολλά πέτρινα σπίτια της περιοχής. Το 1880, 20 χρόνια αργότερα, ο V. Kremser μελέτησε το κλίμα στο Βερολίνο, ενώ το 1885 ο J. Hann διαπίστωσε ότι η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ αστικών και περιαστικών περιοχών κυμαίνεται από 0,4 ως 1,1 °C.

Έπειτα από μελέτες, αυτό που παρατηρήθηκε ήταν η ύπαρξη ομίχλης και ρύπων και το 1925 οι N. Shaw και J.S. Owens συνόψισαν τα προβλήματα αστικής ατμοσφαιρικής ρύπανσης και της ομίχλης σε μια εργασία που ασχολήθηκαν με θέμα τα προβλήματα καπνού στις μεγάλες πόλεις. Μέχρι το 1908 δεν έγινε καμιά αναφορά σε μελέτες για το θέμα τις υγρασίας μέχρι που ο V. Kremser πραγματοποίησε έρευνα στην πόλη του Βερολίνου, χρησιμοποιώντας δεδομένα παρατήρησης και στην συνέχεια μελέτησε την επίδραση των πόλεων στον σχηματισμό νεφών. Το 1906 ο F.Augustin μελέτησε την βροχοπτώση στην Πράγα ενώ 1927 ο A.Schmauss ασχολήθηκε με την ποικιλομορφία στην ένταση και στην συχνότητα των βροχοπτώσεων στο Μοναχό.

2.3 Χαρακτηριστικά και Αιτία του φαινομένου της Θ.Α.Ν.

Το φαινόμενο θερμικής αστικής νησίδας, όπως προαναφέρθηκε χαρακτηρίζεται από υψηλές θερμοκρασίες του ατμοσφαιρικού αέρα και των επιφανειών του αστικού ιστού με αποτέλεσμα την ύπαρξη θερμικών νησίδων στις αστικές περιοχές. Για την δημιουργία αστικών θερμικών νησίδων δεν οφείλεται μόνο η ηλιακή ακτινοβολία που προκαλεί την αύξηση της θερμοκρασίας αλλά και όλες οι ανθρωπογενείς πηγές θερμότητας και ακτινοβολίας. Ακόμη σε αυτό συμβάλει η γεωμετρία και τρόπος δόμησης των περισσότερων μεγαλουπόλεων μαζί με την καταπάτηση των ελάχιστων επιφανειών πρασίνου. Τέλος ,το φαινόμενο ενισχύεται με τις περιβαλλοντικές και καιρικές συνθήκες που επικρατούν κατά την περίοδο αυξημένων θερμοκρασιών. Ο συνδυασμός αυτών των παραγόντων καθορίζει

τον τρόπο με τον οποίο η θερμότητα απορροφάται, αποθηκεύεται, εκλύεται και διανέμεται στο περιβάλλον. Συνεπώς, για την εμφάνιση και ενίσχυση του φαινομένου συμβάλουν (4) :

- Ανθρωπογενείς δραστηριότητες
- Τα υλικά δόμησης και η μεγαλύτερη θερμοχωρητικότητα ικανότητα τους.
- Η γεωμετρία των αστικών περιοχών και της ανάπτυξης του φαινομένου της αστικής χαράδρας
- Περιβαλλοντικοί παράγοντες όπως μειωμένη ταχύτητα ανέμων και η επικράτηση αυξημένων θερμοκρασιών κατά περιόδους.
- Η έλλειψη χώρων πρασίνου.

Ο άνθρωπος με τις δραστηριότητες του παράγει πολλά ποσά ενέργειας και θερμότητας με αποτέλεσμα να ενισχύει την ύπαρξη των θερμικών αστικών νησίδων. Όλες οι βιομηχανίες παραγωγής παράγουν θερμότητα και ακτινοβολία που απορροφάται από τον αστικό ιστό κατά την διάρκεια της ημέρας και επανεκπέμπεται πίσω στο περιβάλλον κατά την διάρκεια της νύχτας. Επιπρόσθετα, τα μέσα ψύξης που χρησιμοποιεί ο άνθρωπος κατά τις καλοκαιρινές περιόδους προσβάλλουν το περιβάλλον απελευθερώνοντας επίσης θερμότητα. Η κίνηση στους δρόμους για σκοπούς εξυπηρέτησης και κάλυψης των αναγκών μας εκπέμπει ρύπους και κατ' επέκταση θερμότητα.

Η έλλειψη πρασίνου και υδατοπερατών επιφανειών είναι από τις κυριότερους παράγοντες που συμβάλλουν στην επιδείνωση του φαινομένου. Τα φυτά και τα δένδρα με την ύπαρξή τους πέραν από οξυγόνο προσφέρουν φυσική σκίαση, αύξηση της υγρασίας, της απορροής και της διείσδυσης των υδάτων στον υδροφόρο ορίζοντα και κυρίως απορρόφηση της θερμότητας και την διάρκεια της μέρας και ταυτόχρονα με την διαπνοή τους απορροφούν το διοξείδιο του άνθρακα που εκπέμπουν οι ανθρώπινες δραστηριότητες. Με μειωμένη την ύπαρξή τους σε αστικές περιοχές προκαλείται μείωση του δροσισμού από εξάτμιση και της απορρόφησης ακτινοβολίας από τα φύλλα των δένδρων και των φύλλων συμβάλλοντας με αυτόν τον τρόπο στην ύπαρξης υψηλών θερμοκρασιών.

Επιπρόσθετα, η πυκνή δόμηση και γενικότερα η αστική γεωμετρία με την δημιουργία χαραδρών ευθύνεται για την μείωση της ταχύτητας ανέμων σε σχέση με τα περίχωρα με συνεπακόλουθο την παγίδευση της θερμότητας στο εσωτερικό. Το φαινόμενο γίνεται όλο και πιο έντονο με τα χρόνια λόγω της αύξησης των αστικών περιοχών.

Τέλος, τα υλικά δόμησης που χρησιμοποιούνται στις σύγχρονες πόλεις χαρακτηρίζονται από ανακλαστικότητα, θερμική εκπομπή και θερμική χωρητικότητα. Με βάση τα πιο πάνω χαρακτηριστικά τα υλικά έχουν την ικανότητα να ανακλούν την ηλιακή ενέργεια που δέχονται και να εκπέμπουν την θερμότητα που απορρόφησαν κατά την διάρκεια της ημέρα πίσω στο περιβάλλον αργά το βράδυ. Λόγω της γεωμετρίας των πόλεων και της εξάπλωσης αυτών μειώνεται η ροή του αέρα και προκαλείται αυξημένη εκπομπή θερμοκρασιών από τα υλικά δόμησης.

2.4 Παράγοντες που διαβαθμίζουν το φαινόμενο της Α.Θ.Ν.

Οι παράγοντες που παίζουν σημαντικό ρόλο στην εντατικοποίηση του φαινομένου είναι : ο καιρός, η τοπογραφική θέση, η ώρα της ημέρας, η εποχή, διαμόρφωση της πόλης και ανθρώπινες λειτουργίες (4).

Καιρός

Στο σχηματισμό της αστικής θερμικής νησίδας ο καιρός επιδρά μέσω του ανέμου και της νεφοκάλυψης, καθώς κατά την διάρκεια μιας καθαρής και ήρεμης ημέρας παρατηρείται εντατικοποίηση του φαινομένου. Ενώ σε περίπτωση όπου επικρατούν άνεμοι με αποτέλεσμα την μίξη του αέρα και σε συνδυασμό με την αύξηση του ποσοστού νεφών προκαλείται μείωση της ψύξης, λόγω ακτινοβολίας, κατά την διάρκεια της νύκτας.

Τοπογραφική Θέση

Η τοπογραφική θέση μια περιοχής σε συνδυασμό με τα χαρακτηριστικά των περιχώρων της επηρεάζουν το κλίμα της. Οι παράκτιες περιοχές τείνουν να παρουσιάζουν μειωμένη ένταση στο φαινόμενο κατά τους θερινούς μήνες λόγω της δροσερής θαλάσσιας αύρας οι οποία πνέει προς τις θερμότερες περιοχές. Επίσης, όταν οι πόλεις περιβάλλονται από υγρές

αγροτικές επιφάνειες επιτυγχάνεται πιο αργή ψύξη των επιφανειών αυτών με αποτέλεσμα να μειώνεται η ένταση του φαινομένου, ειδικά σε ζεστά και υγρά κλίματα.

Ωρα της ημέρας / εποχής:

Για πόλεις που βρίσκονται στα μέσα γεωγραφικά πλάτη το φαινόμενο εντείνεται περισσότερο τις καλοκαιρινές και χειμερινές περιόδους σε σχέση με τις μεταβατικές εποχές. Σημειώνεται ότι σε πόλεις όπου το κλίμα είναι τροπικό και παρουσιάζουν φαινόμενα ανομβρίας το φαινόμενο ευνοείται.

Διαμόρφωση της πόλης

Η αστική θερμική νησίδα γίνεται εντονότερη όταν γίνεται :

- Χρήση πυκνών οικοδομικών υλικών τα οποία θερμαίνονται και ψύχονται με αργό ρυθμό.
- Αντικατάσταση φυσικών επιφανειών από αδιαπέραστες ή στεγανοποιημένες επιφάνειες
- Χρήση σκουρόχρωμων επιφανειών με αποτέλεσμα την μικρή ανακλαστικότητα της ηλιακής ακτινοβολίας.

Ανθρώπινες δραστηριότητες

Οι ανθρώπινες δραστηριότητες παράγουν πολλά ποσοστά θερμότητας, όπως προαναφέρθηκε και στην πιο πάνω ενότητα ,τα οποία απορροφούνται κατά την διάρκεια της ημέρας και εκπέμπονται πίσω στην ατμόσφαιρα κατά την διάρκεια της νύχτας. Η θερμότητα αυτή έχει μεγάλο αντίκτυπο κατά την χειμερινή περίοδο λόγω της καύσης ορυκτών καυσίμων για σκοπούς θέρμανσης καθώς επίσης κατά την διάρκεια του καλοκαιριού λόγω υψηλής κατανάλωσης ενέργειας για την ψύξη των κτιρίων.

2.5 Επιπτώσεις φαινομένου Α.Θ.Ν.

Με τη συνεχόμενη επέκταση του αστικού ιστού και τη διεύρυνση των οδικών αρτηριών και ασφαλτοστρώσεων, το αστικό περιβάλλον υπερτερεί ολοένα και περισσότερο του φυσικού,

ενισχύοντας το φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας και διαμορφώνοντας συνεχώς τις κλιματικές συνθήκες της περιοχής. Η επίδραση του φαινομένου έχει αντίκτυπο στο φυσικό περιβάλλον με τις αυξημένες θερμοκρασίες και την αρνητική επιρροή του επιπέδου ρύπανσης και ταυτόχρονα στο δομικό περιβάλλον επηρεάζοντας το ενεργειακό ισοζύγιο των κτιρίων.

Καταρχήν, οι αυξανόμενες αστικές θερμοκρασίες αυξάνουν το ψυκτικό φορτίο των κτηρίων, αυξάνουν την μέγιστη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας και μειώνουν την αποδοτικότητα των κλιματικών μηχανημάτων κα με αποτέλεσμα την επιρροή του ενεργειακού ισοζυγίου. Εφόσον αυξάνεται η ζήτηση για ενέργεια ο οικονομικός τομέας πλήττεται αφού υπάρχουν περιπτώσεις όπου προκαλούνται αστοχίες των συστημάτων παροχής ηλεκτροδότησης και απουσία πόρων για την κάλυψη των αναγκών ηλεκτροδότησης με συνεπακόλουθο την ανάγκη εισαγωγής πόρων άρα και την επιδείνωση της υφιστάμενης κατάστασης.

Συνέπεια των πιο πάνω είναι η μείωση της δυνατότητα ψύξης των τεχνικών φυσικού και νυχτερινού εξαερισμού με αποτέλεσμα να αυξάνονται τα επίπεδα ρύπανσης. Συμπερασματικά, οι άνθρωποι είναι αυτοί που υπόκεινται τις περισσότερες επιπτώσεις από το αντίκτυπο ενός τέτοιου φαινομένου και κυρίως οι ηλικιωμένοι και τα ανήλικα παιδιά που το ανοσοποιητικό τους σύστημα δεν μπορεί να διαχειριστεί την ένταση των θερμοκρασιών κατά την διάρκεια της μέρας και της νύχτας.

Επιπρόσθετα, μπορεί να συμβάλει στην αύξηση των εκπομπών ατμοσφαιρικών ρύπων και αερίων του θερμοκηπίου άμεσα και έμμεσα. Οι υψηλές θερμοκρασίες οδηγούν άμεσα στην αύξηση του τροποσφαιρικού όζοντος το οποίο προκαλεί σοβαρά προβλήματα υγείας στον άνθρωπο κατά την εισπνοή του και επηρεάζει την ικανότητα των φυτών να παράγουν και να αποθηκεύουν τροφή με αποτέλεσμα να είναι πιο επιρρεπής στις αρρώστιες και τα έντομα. Έμμεσα, το φαινόμενο αυτό προσβάλλει στην ατμοσφαιρική ρύπανση μέσω των σταθμών ηλεκτροπαραγωγής, οι οποίοι εκπέμπουν ρύπους και αέρια θερμοκηπίου στην προσπάθεια τους να αποδώσουν ενέργεια.

Οι υψηλές θερμοκρασίες μπορούν να θερμάνουν τα όμβρια ύδατα μέσω της θερμότητας που αποθηκεύεται από τα πεζοδρόμια και τα δώματα. Τα θερμά αυτά όμβρια ύδατα καθώς ρέουν προς τα ρυάκια, τις λίμνες και τους ποταμούς αυξάνουν την θερμοκρασία αυτών

επιηρεάζοντας την ισορροπία του υδρόβιου κύκλου ζωής με αρνητικό αντίκτυπο στον μεταβολισμό και την αναπαραγωγή υδρόβιων φύλων.

Να σημειωθεί ότι οι επιπτώσεις από το φαινόμενο διαφέρουν ανάλογα με την ένταση, την διάρκεια, την περίοδο, την οικονομική σταθερότητα, το σχεδιασμό, την κοινωνική δομή, το επίπεδο συμμετοχής και ενδιαφέροντος της κοινωνίας αλλά και την ενημέρωση που παρέχεται από τις αρμόδιες αρχές. Όσο πιο μεγάλη είναι η ένταση τόσο μεγαλύτερες είναι οι επιπτώσεις στην κοινωνία, στην οικονομία και κυρίως στους ανθρώπους που βιώνουν το φαινόμενο.

Για να μετριαστούν οι επιπτώσεις είναι απαραίτητη η οργάνωση και η προετοιμασία της κοινωνίας από την πολιτεία, η συνεχής ενημέρωση για την αντιμετώπιση του από το κάθε μέλος της αλλά και σαν σύνολο. Ο ανθρωπογενής παράγοντας συμβάλει σημαντικά και καθοριστικά στην εξυγίανση του φαινομένου. Εάν δεν υπάρχει συνοχή του κοινωνικού συνόλου και ταυτόχρονα το φαινόμενο είναι έντονο υπάρχουν πιθανότητες εμφάνισης κρουσμάτων εγκληματικότητας και αυτοκτονιών.

Επιπλέον, ο σωστός σχεδιασμός είναι ίσως από τα πιο ισχυρά κίνητρα για την ελαχιστοποίηση και αντιμετώπιση του φαινομένου. Ο επανασχεδιασμός των πόλεων σε συνεργασία με τους υφιστάμενους πολίτες μπορεί να οδηγήσει σε λύσεις που θα επιφέρουν ανανέωση και αναδιοργάνωση του συστήματος της πόλης καθιστώντας την πιο βιώσιμη.

2.6 Προτεινόμενες πρακτικές εφαρμογές αντιμετώπισης του φαινομένου

A.Θ.N.

Τα μέτρα αυτά αποσκοπούν στην αντιμετώπιση, μείωση και εξάλειψη των κρουσμάτων αύξησης της θερμοκρασίας στην μεγαλουπόλεις (7). Τα μέτρα αυτά μπορεί να είναι:

2.6.1 Ζώνες πρασίνου

Οι πράσινες ζώνες στις πλήρως αστικοποιημένες περιοχές αποτελούν πρακτικότερο και οικονομικότερο τρόπο αντιμετώπισης του προβλήματος.

- Τα δέντρα και η βλάστηση με την λειτουργία τους δρουν και λειτουργούν αποτελεσματικά στην μείωση της θερμοκρασίας και της έντασης των κυμάτων καύσωνα.
- Η βλάστηση ισορροπεί τη θερμοκρασία, με την εξάτμιση, την ανασοδιαπνοή, την ανάκλαση και τη σκίαση. Συνδυάζοντας τα πιο πάνω η θερμοκρασία μπορεί να μειωθεί ως 15-20°C για το δομημένο περιβάλλον και 2-8°C για την ατμοσφαιρική θερμοκρασία.
- Με την εξάτμιση η ενέργεια που προσλαμβάνουν τα φυτά χρησιμοποιείται για την μετατροπή του νερού σε ατμούς, το νερό που βρίσκεται πάνω στα φύλλα, εντός το κορμού ή στις ρίζες αποβάλλεται με την ανασοδιαπνοή. Με αυτόν το τρόπο δεσμεύεται ένα μέρος της ενέργειας του περιβάλλοντος για την διαδικασία αυτή και μειώνεται η αισθητή θερμοκρασία
- Η σκίαση λειτουργεί με τρεις ευεργετικούς τρόπους για την καταπολέμηση του φαινομένου της ΑΘΝ. Εκτιμάται πως η σκίαση προσφέρει σχεδόν δύομιση φορές καλύτερο αποτέλεσμα στην μείωση της θερμότητας απ' ότι η εξάτμιση.
 - περιορίζει την διείσδυση του ηλιακού φωτός άρα αποτρέπει την θέρμανση του γύρω δομημένου χώρου, και την απελευθέρωση του τις ώρες που έχει υποχωρήσει η θερμοκρασία.
 - μειώνεται η ενέργεια που δέχονται τα κτήρια άρα θερμαίνονται εσωτερικά λιγότερο με συνέπεια να απαιτείται μικρότερη ενέργεια για την ψύξη τους.
 - η απευθείας έκθεση στην ηλιακή ακτινοβολία προκαλεί μεγαλύτερη δυσφορία από την υψηλότερη ατμοσφαιρική θερμοκρασία.

Παρόλα αυτά, πρέπει να δοθεί έμφαση στην σωστή χωροθέτησή τους και επιλογή τους αφού τα δέντρα αντιδρούν διαφορετικά σε περιόδους ξηρασίας, έντονης ηλιοφάνειας και υψηλών θερμοκρασιών. Έτσι θα πρέπει να γίνει επιλογή των καταλληλότερων φυτών και δέντρων

που θα χρησιμοποιηθούν στις ζώνες πρασίνου ώστε να αντέχουν και να αποδίδουν στις κλιματικές και καιρικές συνθήκες που επικρατούν στη περιοχή αλλά και τις μεταβολές που θα υποστούν αυτές στο κοντινό μέλλον Σημειώνεται ότι ανάλογα με την έκταση που καταλαμβάνει μια ζώνη πρασίνου η μείωση της θερμοκρασίας επεκτείνεται και στις γύρω περιοχές γι' αυτό απαιτείται σωστός προσανατολισμός και τοποθέτηση των ζωνών πρασίνου .

2.6.2 Ζώνες ύδατος

Το νερό ανακλάει το μεγαλύτερο μέρος της ηλιακής ακτινοβολίας που δέχεται και ένα μέρος της ενέργειας χρησιμοποιείται για την εξάτμιση συνεπώς με αυτό τον τρόπο μειώνεται η ατμοσφαιρική θερμοκρασία του περιβάλλοντος. Δημιουργώντας ζώνες ύδατος στις πόλεις είναι σαν τα δημιουργούνται ψυχρά σημεία κατά την διάρκεια της μέρας και ταυτόχρονα αποτελεί και σημείο αναψυχής.

Το μέγεθος των ζωνών ύδατος και η διασπορά τους παίζει σημαντικό ρόλο στην αποτελεσματικότητά τους όσον αφορά μείωση της θερμοκρασίας της πόλης. Όταν πρόκειται για μεγάλες λίμνες αυτές επηρεάζουν την θερμοκρασία περισσότερο κοντά στις ακτές και σε περιοχές που με ανέμους ενώ για μικρότερες λιμνούλες που βρίσκονται διασκορπισμένες ομοιόμορφα εντός αστικού ιστού είναι περισσότερο αποτελεσματικές στο σύνολο της πόλης. Η διασπορά των υδάτινων ζωνών είναι αναγκαία για την ομοιόμορφη κατανομή της μείωσης της θερμοκρασίας στη πόλη.

2.6.3 Τεχνητή σκίαση

Η δημιουργία δημόσιων χώρων, όπως πιλοτές, πέργκολες και στοές εντός των κτιρίων, που θα προσφέρουν σκιά και μειωμένες θερμοκρασίες κατά την περίοδο εμφάνισης του φαινομένου ΑΘΝ είναι πολύ αποτελεσματικοί και πρακτικοί μέθοδοι σε περιοχές με ηλιοφάνεια και ελάχιστη βλάστηση. Με αυτό τον τρόπο παρέχεται τις ώρες αιχμής οι κατάλληλες συνθήκες σκιάς για τις περιοχές που βρίσκονται γύρω τους και παράλληλα επηρεάζουν και τη θερμοκρασία εντός των κτηρίων αλλά και την ενεργειακή κατανάλωση για το φωτισμό και την ψύξη τους. Τέτοιου είδους τεχνικές επισκιάζουν το έδαφος που

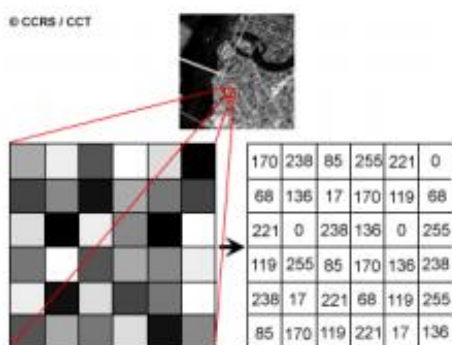
διατηρεί σχετικά χαμηλότερη θερμοκρασία εδάφους σε σχέση με τους περιβάλλοντες δρόμους επιδρώντας θετικά στο περιβάλλον μειώνοντας αισθητά η αντιλαμβανόμενη θερμοκρασία.

3 Ψηφιακή επεξεργασία Εικόνας

3.1 Γενικά

Με το όρο ψηφιακή επεξεργασία εικόνας (digital image processing) στην διαχείριση δεδομένων εικόνας τα οποία έχουν αποθηκευτεί σε ψηφιακή μορφή (digital format) μέσω ενός υπολογιστή. Η διαδικασία αυτή είναι απαραίτητη για τις επιστήμες της γης αφού επιτυγχάνεται η ενίσχυση των γεωγραφικών δεδομένων σε ψηφιακή μορφή, ώστε να καταστούν πιο κατανοητά στον χρήστη με σκοπό να εξάγει ποσοτικές πληροφορίες και να επιλύσει προβλήματα.

Μια ψηφιακή εικόνα αποθηκεύεται σε δύο διαστάσεων πλέγμα (array ή grid) μικρών περιοχών τις οποίες ονομάζουμε εικονοστοιχεία (pixels). Κάθε εικονοστοιχείο αντιστοιχεί χωρικά σε μια περιοχή επιφάνειας της γης. Το πλέγμα αυτό καλείται ως raster και συνεπώς τα δεδομένα εικόνας αναφέρονται συχνά ως και raster δεδομένα. Τα δεδομένα αυτά τοποθετούνται σε οριζόντιες γραμμές (rows lines) και σε κάθετες στήλες οι οποίες καλούνται δείγματα (sample). Κάθε εικονοστοιχείο (pixel) της raster εικόνας αντιπροσωπεύεται από έναν ψηφιακό αριθμό (Digital Number = DN).



Εικόνα 5 : Τα raster δεδομένα και τα εικονοστοιχεία τα οποία αντιπροσωπεύονται από ψηφιακούς αριθμούς (DN).

Αυτοί οι ψηφιακοί αριθμοί των εικόνων (DNs) μπορεί να αντιπροσωπεύουν πολλούς διαφορετικούς τύπους δεδομένων ανάλογα με την πηγή των δεδομένων. Για παράδειγμα δορυφορικά δεδομένα Landsat και Spot εικόνες, οι DNs αντιπροσωπεύουν την ένταση (intensity) του ανακυκλωμένου φωτός στο ορατό (visible), το μέσο υπέρυθρο (infrared) ή άλλα φασματικά μήκη. Επομένως, εφαρμόζοντας μαθηματικούς μετασχηματισμούς στους ψηφιακούς αριθμούς (DNs) μέσω ενός λογισμικού πακέτου μπορούμε να ενισχύσουμε τα δεδομένα εικόνας και ως αποτέλεσμα να τονίσουμε και να εξάγουμε πολύ συγκεκριμένες και ακριβείς πληροφορίες τις οποίες, θα ήταν αδύνατο να αποκτήσουμε με την χρήση παραδοσιακών τεχνικών φωτοερμηνείας.

Πολλά ψηφιακά δεδομένα εικόνας αποτελούνται από πολλά κανάλια (bands ή layers) δεδομένων τα οποία καλύπτουν την ίδια γεωγραφική περιοχή, αλλά περιέχουν διαφορετικές πληροφορίες. Κάθε ένα από αυτά τα κανάλια αποτυπώνουν την ανακλαστικότητα (reflectance) της γήινης επιφάνειας σε διαφορετικά μήκη κύματος φωτός. Εφόσον κάθε ένα κανάλι καταγράφει την ανακλαστικότητα σε μια διαφορετική περιοχή φάσματος, ο τύπος αυτών των δεδομένων καλείται «πολυφασματικά δεδομένα» (multispectral data). Παρόλα αυτά ισχυρές τεχνικές επεξεργασίας εικόνας έχουν αναπτυχθεί προκειμένου να συνδυάζουν τα διάφορα κανάλια πολυφασματικών εικόνων με στόχο να αποδεικνύουν κάθε φορά συγκεκριμένα χαρακτηριστικά όπως είναι η ύπαρξη βλάστησης και νερού, είδος πετρωμάτων, ένταση θερμοκρασίας κ.α.

3.2 Προ - επεξεργασία Δορυφορικής τηλεπισκοπικής απεικόνισης

Κάθε δορυφορική ψηφιακή τηλεπισκοπική απεικόνιση παραμορφώνεται γεωμετρικά κατά την λήψη της και γι' αυτό το λόγο γίνονται κάποιες διορθώσεις με σκοπό την ανόρθωση της για να μπορούμε να λάβουμε σωστές πληροφορίες. Μερικοί παράγοντες που προκαλούν παραμόρφωση της γεωμετρίας μιας ψηφιακής εικόνας έχουν σχέση με την αλληλεπίδραση του συστήματος δορυφόρου – Γής , με τον τρόπο λειτουργίας του φασματικού σαρωτή (συστήματος λήψης) και κατά συνέπεια τον τρόπο καταγραφής απεικόνισης. Αναλυτικότερα, οι γεωμετρικές στρεβλώσεις μπορεί να οφείλονται :

- Στη προοπτική των οπτικών αισθητήρων
- Στη κίνηση του συστήματος σάρωσης
- Στη κίνηση και σταθερότητα (αστάθεια) της πλατφόρμας

- Το ύψος της πλατφόρμας
- Το ανάγλυφο του εδάφους
- Στη καμπυλότητα και τη περιστροφή της Γής

3.2.1 Γεωμετρική Διόρθωση

Με την γεωμετρική ανόρθωση την ψηφιακής εικόνας επιτυγχάνεται ο μετασχηματισμός του συστήματος συντεταγμένων εικόνας, το οποίο περιλαμβάνει παραμορφώσεις, σε ένα συγκεκριμένων σύστημα χαρτογραφικής προβολής με την χρήση εδαφικών σημείων ελέγχουν. Έτσι όλα τα στοιχεία της εικόνας συνδέονται με τις χαρτογραφικές συντεταγμένες και κάθε εικονοστοιχείο χαρακτηρίζεται μόνον από τις συντεταγμένες της εικόνας (γραμμές και στήλες) αλλά και από τις αντίστοιχες συντεταγμένες στο προβολικό σύστημα του χάρτη.

Με την διαδικασία αυτή η εικόνα αποκτά την κλίμακα και της ιδιότητες της προβολής του χάρτη επιτρέποντας της με αυτό τον τρόπο την εισαγωγή της σε ένα Σύστημα Γεωγραφικών Πληροφοριών και την ταυτόχρονη χρήση της με άλλα θεματικά πεδία.

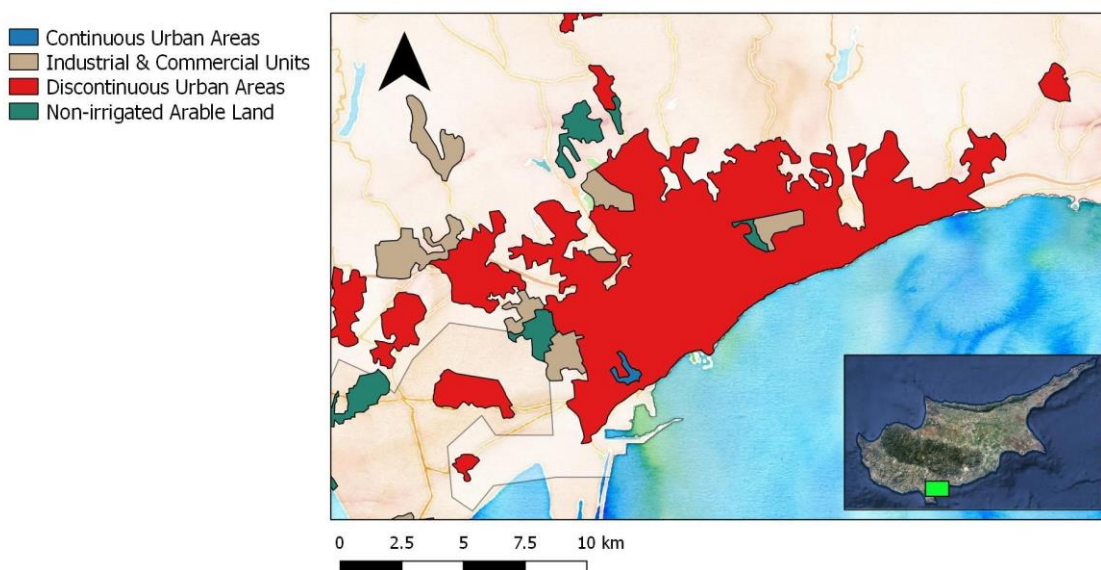
3.2.2 Ραδιομετρική Διόρθωση

Οι ραδιομετρικές διορθώσεις εφαρμόζονται αμέσως μετά την γεωμετρική διόρθωση με σκοπό την αναδόμηση των ψηφιακών τιμών της δορυφορικής τηλεπισκοπικής απεικόνισης. Σε πρώτο στάδιο περιλαμβάνει περιορισμό στο ελάχιστο δυνατό των σφαλμάτων λειτουργίας των αισθητήρων του σαρωτή και βελτιστοποίηση του δυναμικού λειτουργίας τους. Σε επόμενο στάδιο, επιτυγχάνεται ατμοσφαιρική διόρθωση προκειμένου να περιοριστεί η ραδιομετρική επίδραση εξωγενών παραγόντων (επίδραση γήινης ατμόσφαιρας και επιφάνειας ανάγλυφου) κατά την διαδρομή της ακτινοβολίας μέχρι των σαρωτή.

4 Προτεινόμενη μεθοδολογία μελέτης της Θερμικής Αστικής Νησίδας στην περιοχή ενδιαφέροντος.

Η παρούσα ερευνητική μελέτη έχει ως στόχο να παρουσιάσει μια προτεινόμενη μεθοδολογία χρήσης των τηλεπισκοπικών μέσων για τη μελέτη της έντασης του φαινομένου της θερμικής Αστικής Νησίδας στην περιοχή της Λεμεσού.

Η Λεμεσός είναι η δεύτερη μεγαλύτερη πόλη της Κύπρου πληθυσμιακά και σε έκταση καλύπτοντας το 15% ολόκληρου του νησιού. Ο πληθυσμός της ανέρχεται στους 120,000 κατοίκους εντός δημοτικών ορίων και στους 180,000 στην ευρύτερη αστική περιοχή και η έκταση της είναι 1,396 km². Η πόλη της Λεμεσού τα τελευταία χρόνια παρουσιάζει σημαντική ανάπτυξη αφού αποτελεί σημαντικό κέντρο τουρισμού (ιδιαίτερα τις καλοκαιρινές περιόδους), αποτελεί βάση για πολλές βιομηχανίες του νησιού, φιλοξενεί το μεγαλύτερο λιμάνι της Μεσογείου και αριθμεί υπεράκτιες εταιρείες. Επίσης, χαρακτηρίζεται από μεσογειακό κλίμα, το οποίο είναι θερμό και ξηρό το καλοκαίρι και ήπιο το χειμώνα.



Εικόνα 6 : Περιοχή μελέτης στην πόλη Λεμεσού και ένδειξη επικρατέστερων ζωνών.

4.1 Δορυφορικά Δεδομένα τύπου Landsat και μεθοδολογία επεξεργασίας.

Στην παρούσα εργασία χρησιμοποιήθηκαν οπτικά δορυφορικά δεδομένα τύπου Landsat από τους δορυφόρους Landsat 5, Landsat 7 και Landsat 8. Η αναζήτηση και απόκτηση των οπτικών εικόνων, πραγματοποιήθηκε με την πρόσβαση στην ηλεκτρονική σελίδα του Αμερικάνικο Ινστιτούτο Γεωλογικής Επισκόπησης (U.S.G.S.) (<https://ers.cr.usgs.gov>). Σημειώνεται ότι κάθε δορυφορική ψηφιακή τηλεπισκοπική απεικόνιση έχει ξεχωριστά χαρακτηριστικά, διαφορετική διακριτική ικανότητα και αριθμο καναλιών που περιέχει δεδομένα τα οποία πρέπει να επεξεργαστεί για την ανάκτηση πληροφοριών. Η συχνότητα λήψης των δορυφόρων είναι 16 ημέρες.

Band Number	μm	Resolution
1	0.45-0.52	30 m
2	0.52-0.60	30 m
3	0.63-0.69	30 m
4	0.76-0.90	30 m
5	1.55-1.75	30 m
6	10.41-12.5	120 m
7	2.08-2.35	30 m

Εικόνα 7 : Αριθμός καναλιών και ένδειξη διακριτικής ικανότητας Landsat 5.

(Πηγή : <http://landsat.gsfc.nasa.gov>)

Band Number	μm	Resolution
1	0.45-0.515	30 m
2	0.525-0.605	30 m
3	0.63-0.69	30 m
4	0.775-0.90	30 m
5	1.55-1.75	30 m
6	10.4-12.5	60 m
7	2.08-2.35	30 m
8	0.52-0.9	15 m

Εικόνα 8 : Αριθμός καναλιών και ένδειξη διακριτικής ικανότητας Landsat 7.

(Πηγή : <http://landsat.gsfc.nasa.gov>)

Band Number	μm	Resolution
1	0.433–0.453	30 m
2	0.450–0.515	30 m
3	0.525–0.600	30 m
4	0.630–0.680	30 m
5	0.845–0.885	30 m
6	1.560–1.660	60 m
7	2.100–2.300	30 m
8	0.500–0.680	15 m
9	1.360–1.390	30 m

Band Number	μm	Resolution
10	10.6-11.2	100 m
11	11.5-12.5	100 m

Εικόνα 9 : Αριθμός καναλιών και ένδειξη διακριτικής ικανότητας Landsat 8 (OLI και TIRS).

(Πηγή : <http://landsat.gsfc.nasa.gov>)

4.2 Πληροφορίες για πρόγραμμα Landsat

Η αρχική ονομασία του Δορυφορικού Τηλεπισκοπικού Προγράμματος Landsat ήταν ERTS (Earth Resources Technology Satellites της NASA). Το δορυφορικό πρόγραμμα, που ξεκίνησε το 1972, είναι ένας από του πυλώνες του προγράμματος παρατήρησης τη Γής της NASA. Ο πρώτος Δορυφόρος πήρε το όνομα Landsat1 (LAND SATELLITE) και μέχρι σήμερα εκτοξεύτηκαν στο πλαίσιο του προγράμματος αυτού 8 δορυφόροι. Οι ψηφιακές τηλεσκοπικές απεικονίσεις καταγράφουν πολύτιμα και σημαντικά στοιχεία που μπορούν να αποτελέσουν ποιοτικές και μετρητικές πληροφορίες για την φυσική και την κοινωνικοοικονομική κατάσταση του πλανήτη μας με την πάροδο του χρόνου.

Μια πληθώρα εφαρμογών όπως η διερεύνηση, απογραφή, χαρτογράφηση και παρακολούθηση φυσικών και ανθρώπινων διαθεσίμων, των χρήσεων/καλύψεων γης, του χαρακτήρα, της κατάστασης και της ποιότητας του φυσικού περιβάλλοντος κ. α χρησιμοποιούν Landsat τηλεπισκοπικές απεικονίσεις.

4.3 Πρόγραμμα Επεξεργασίας ENVI 4.8

Όπως κάθε λογισμικό εφαρμογών τηλεπισκόπησης παρέχει εργαλεία που αυξάνουν την αξία των χωρικών πληροφοριών. Το ENVI 4.8 πρόκειται για ένα πολυεργαλείο επεξεργασίας και ανάλυσης που κατορθώνει την δημιουργία, διαχείριση και ανάλυση εικόνων με απώτερο σκοπό την ανάκτηση σημαντικών πληροφοριών. Επιπρόσθετα, χαρακτηρίζεται για την

εύκολη πρόσβαση πολλαπλών αρχείων και την άμεση απεικόνιση, μετάβαση και εξερεύνηση εικόνων καθώς και για το εύχρηστο περιβάλλον εργασίας.

4.3.1 Εισαγωγή Δεδομένων στο λογισμικό ENVI 4.8 και Δεδομένα Landsat

Για την ψηφιακή επεξεργασία των εικόνων και την ανάκτηση θερμικών εικόνων χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα ENVI 4.8 και για την ελεγχόμενη συσχέτιση και αναγνώριση των ενδιαφερόντων περιοχών προκειμένου να εξαχθούν τα τελικά αποτελέσματα χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα Google Earth.

Πίνακας 1 : Χαρακτηριστικά Δορυφορικών εικόνων μελέτης.

Αριθμός	Χρονική Λήψη	Ημερομηνία	Ώρα λήψης	Διακριτική Ικανότητα	Συχνότητα λήψης
1	Ημερήσια	07/08/2000	08:13:58	120 TM	16 ημέρες
2	Νυχτερινή	18/07/2000	07:11:32	120 TM	16 ημέρες
3	Ημερήσια	28/07/2002	08:11:08	120 TM	16 ημέρες
4	Νυχτερινή	24/07/2002	07:10:24	120 TM	16 ημέρες
5	Ημερήσια	29/07/2009	08:11:38	30 ETM+	16 ημέρες
6	Ημερήσια	13/07/2011	08:11:49	30 ETM+	16 ημέρες
7	Ημερήσια	08/07/2016	08:25:17	30 OLI / 100 TIRS	16 ημέρες

4.3.2 Προ - επεξεργασία δεδομένων – Γεωμετρική και Ραδιομετρική Διόρθωση

Όπως προαναφέρθηκε, η παρούσα διπλωματική επεξεργάζεται δορυφορικά δεδομένα Landsat 5, Landsat 7 και Landsat 8 και προκειμένου τα δεδομένα αυτά να καταστούν πιο κατανοητά στον χρήστη επιτυγχάνεται κάποια προ - επεξεργασία. Η προ - επεξεργασία έχει

σκοπό την ενίσχυση των γεωγραφικών δεδομένων σε ψηφιακή μορφή για να εξαχθούν ποσοτικές πληροφορίες που θα είναι χρήσιμες για την επίλυση προβλημάτων.

Ουσιαστικά, περιλαμβάνει γεωμετρική και ραδιομετρική διόρθωση για τους λόγους που προαναφέρθηκαν σε πιο πάνω ενότητα. Οι ψηφιακές εικόνες από το Αμερικάνικο Ινστιτούτο Γεωλογικής Επισκόπησης (U.S.G.S) παρέχουν εξαρχής προϊόντα τα οποία έτυχαν προεπεξεργασίας γεωμετρικά διορθωμένα και έτσι στην παρούσα εργασία έγινε μόνο ραδιομετρική διόρθωση αυτών με σκοπό ως τελικό προϊόν τιμές θερμοκρασίας εδάφους.

Σε επόμενο στάδιο της μελέτης επιτυγχάνεται μετατροπή ψηφιακών τιμών (DN) σε τιμές έντασης ακτινοβολίας (radiance) των θερμικών καναλιών της κάθε δορυφορικής εικόνας του θεματικού χαρτογράφου. Αυτό γίνεται διότι κάθε καταγραφικό σύστημα μετατρέπει την εισερχόμενη ακτινοβολία σε τιμή φωτεινότητας (φασματική ακτινοβολία) ανά εικονοστοιχείο με ξεχωριστό τρόπο χρησιμοποιώντας την εξής φόρμουλα:

$$L\lambda = gain * DN + offset$$

Όπου

gain = μεταβλητή που δίνεται από τα μεταδεδομένα της δορυφορικής εικόνας

offset = μεταβλητή που δίνεται από τα μεταδεδομένα της δορυφορικής εικόνας

DN= ψηφιακός αριθμός κάθε εικονοστοιχείου

Το πρόγραμμα ENVI 4.8 παρέχει αυτόματη μετατροπή των ψηφιακών τιμών σε τιμές έντασης ακτινοβολίας μέσω της διαδικασίας ραδιομετρικής διόρθωσης στο στάδιο προ – επεξεργασίας, όπου περιλαμβάνονται επιπρόσθετες εντολές (gain and offset) που λαμβάνουν πληροφορίες από τα μεταδεδομένα (metadata) της εικόνας.

Στο στάδιο αυτό έγιναν οι απαραίτητες διαδικασίες για την μετατροπή των τιμών έντασης της ακτινοβολίας (radiance) υπο την μορφή φωτεινότητας θερμοκρασίας σε τιμές θερμοκρασίες για κάθε εικονοστοιχείο. Η διαδικασία αυτή πραγματοποιήθηκε για όλες τις προαναφερθείσες χρονολογίες. Για την επίτευξη αυτού χρησιμοποιήθηκε η εξής φόρμουλα:

$$T = \frac{K2}{\left(\frac{K1}{L\lambda} + 1\right)}$$

Όπου :

T= θερμοκρασία σε Kelvin

K2 = σταθερά βαθμονόμησης 2

K1 = σταθερά βαθμονόμησης 1

Lλ = φασματική ακτινοβολία σε watts (meter squared * ster * μm)

Πίνακας 2 : Σταθερές Βαθμονόμησης για μετατροπή των ψηφιακών τιμών σε τιμές έντασης ακτινοβολίας.

Landsat	Σταθερά βαθμονόμησης K1 (Kelvin)	Σταθερά βαθμονόμησης K2 (Kelvin)
5	666.09	1282.71
7	607.76	1260.56
8	774.89	1321.08

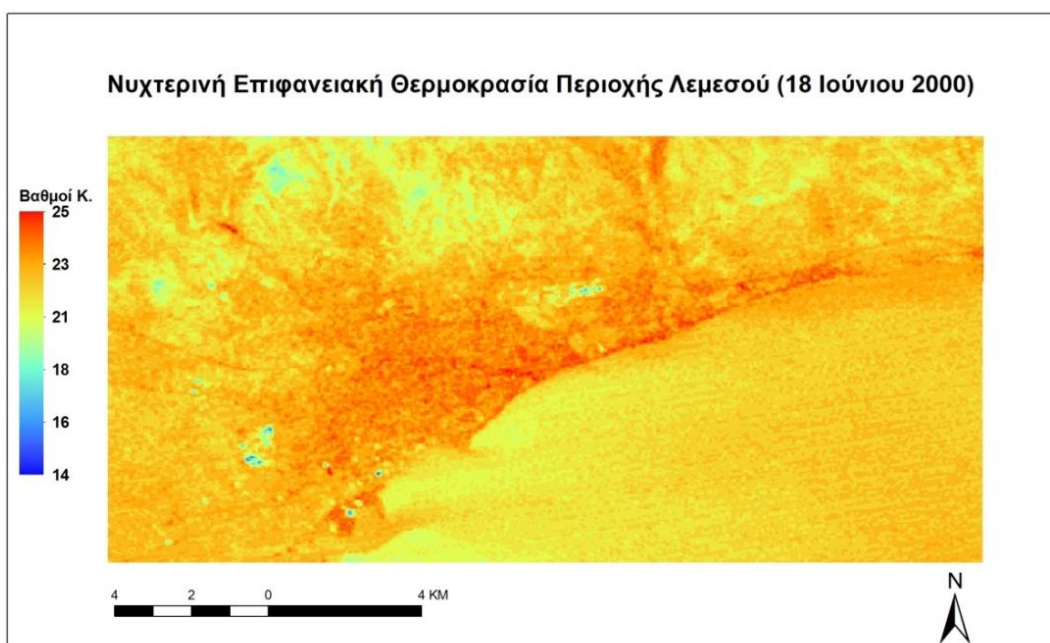
5 Σχολιασμός και παρατηρήσεις

Με σκοπό την μελέτη και παρατήρηση της έντασης του φαινομένου της θερμικής νησίδας και της μεταβολής της θερμοκρασίας στο κέντρο της Λεμεσού χρησιμοποιήθηκαν δορυφορικά δεδομένα τύπου Landsat από την ηλεκτρονική σελίδα του επιστημονικού ινστιτούτου U.S.G.S. για 2 διαφορετικές χρονολογίες, ημερήσια και νυκτερινή λήψη. Επιπλέον, λήφθηκαν ημερήσια δορυφορικά δεδομένα τύπου Landsat για τυχαίες χρονολογίες από το 2002 μέχρι σήμερα για εξέταση και σύγκριση των μεταβολών της θερμοκρασίας από περιοχή σε περιοχή με την πάροδο του χρόνου. Οι θερμικές εικόνες Landsat για κάθε χρονολογία προκύπτουν από επεξεργασία στο πρόγραμμα ENVI 5.3 και εστιάζουν μόνο στην περιοχή μελέτης και αναγράφεται μια κλίμακα θερμοκρασίας με τις τιμές θερμοκρασίας που επικράτησαν την κάθε χρονολογία. Κατηγοριοποιώντας την κλίμακα θερμοκρασίας σε κάθε περίπτωση ξεχωριστά διακρίνεται χρωματικά και ποσοτικά στην κάθε εικόνα η θερμοκρασία που επικρατούσε στο κέντρο της πόλης Λεμεσού, συμπεριλαμβανομένου και τη θερμοκρασία της θάλασσας.

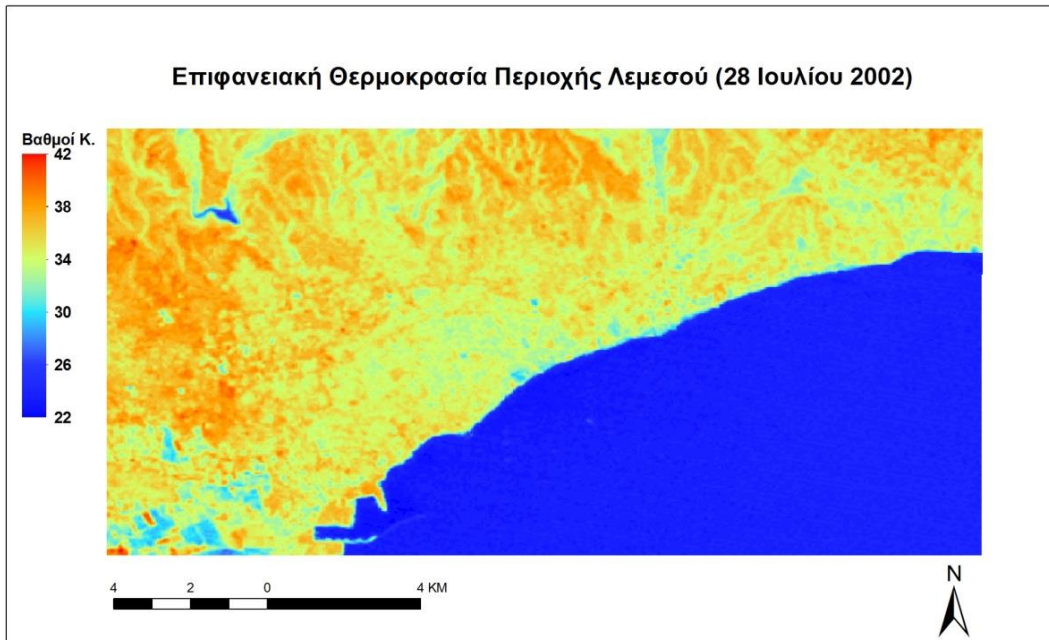
Γενική παρατήρηση από τις θερμικές οπτικές εικόνες του 2000 και 2002 είναι ότι κατά την διάρκεια της ημέρας παρατηρούνται αυξημένες τιμές θερμοκρασίας εξωτερικά της περιοχής μελέτης και χαμηλότερες τιμές στο εσωτερικό ενώ κατά την διάρκεια της νύχτα συμβαίνει το αντίθετο. Με βάση την κλίμακα θερμοκρασίας σε κάθε χρονολογία, η θερμοκρασία στο εσωτερικό και εξωτερικό του κέντρου Λεμεσού δεν διατηρείται σταθερή με την πάροδο του χρόνου.



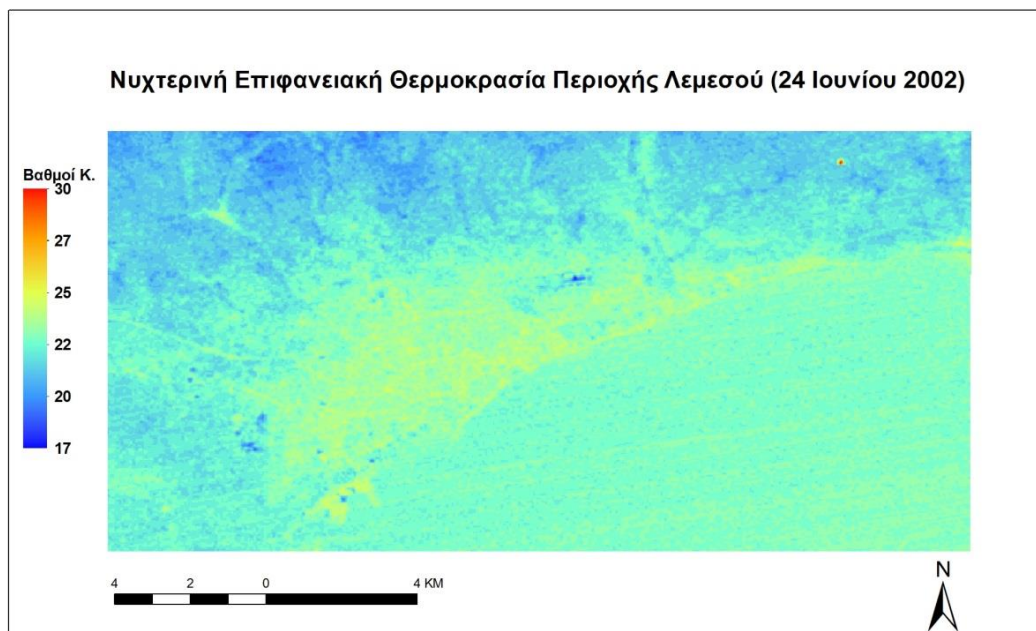
Εικόνα 10 : Θερμική οπτική δορυφορική εικόνα Landsat 2000.



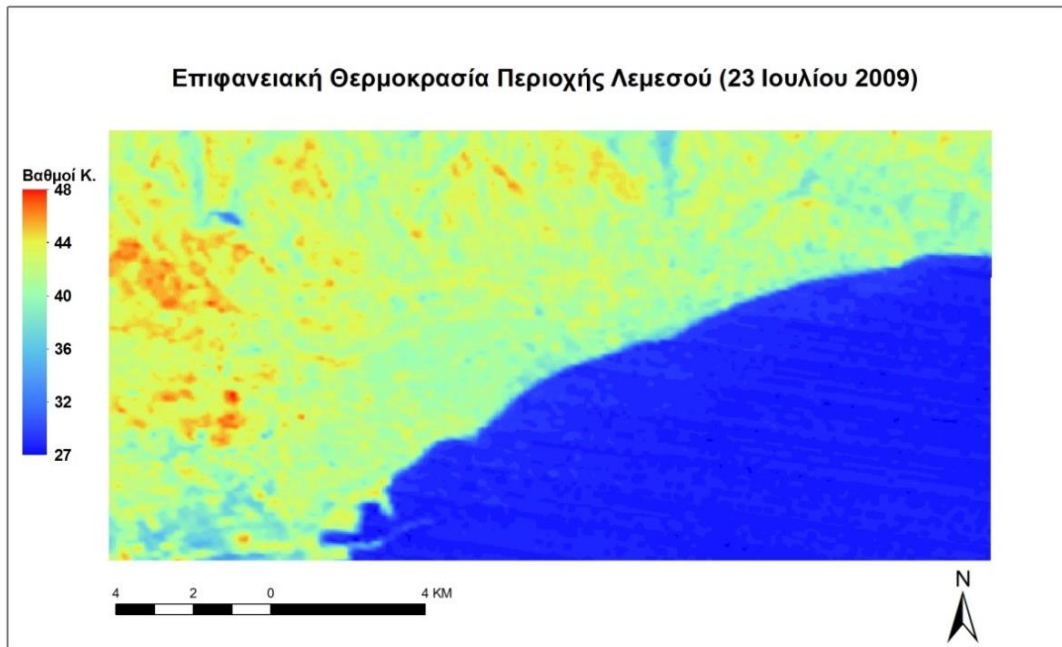
Εικόνα 11 : Νυχτερινή θερμική οπτική δορυφορική εικόνα Landsat 2000.



Εικόνα 12 : Θερμική οπτική δορυφορική εικόνα Landsat 2002.



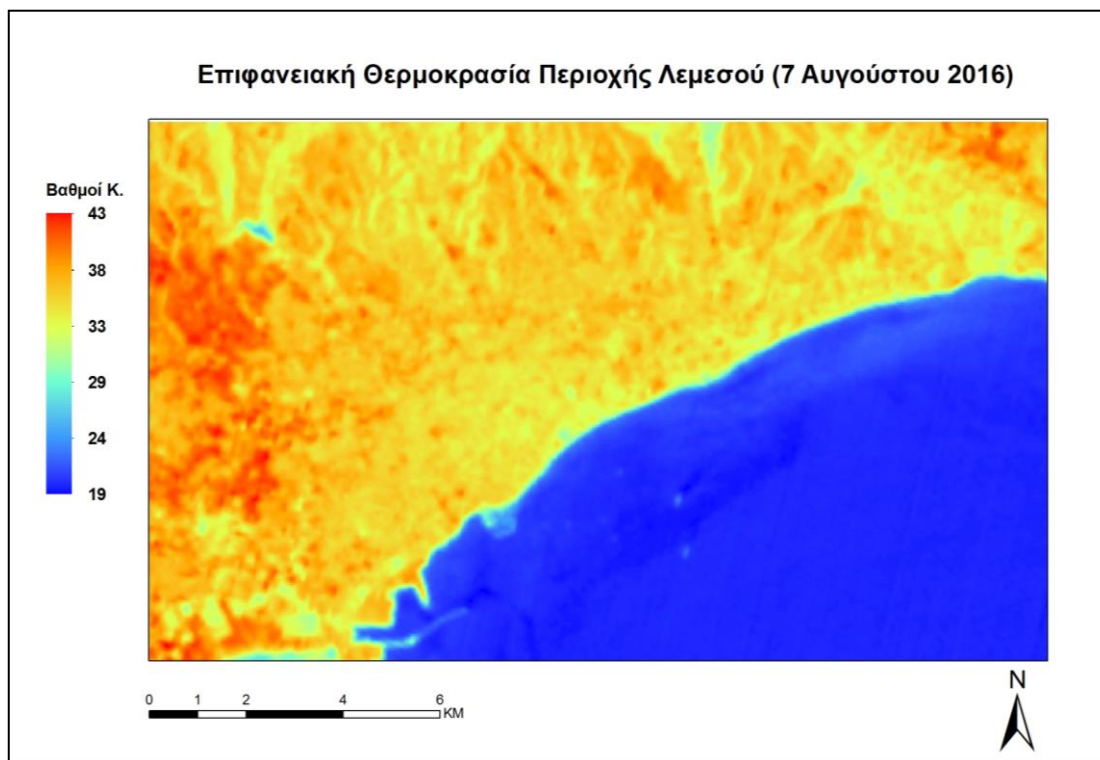
Εικόνα 13: Νυχτερινή θερμική οπτική δορυφορική εικόνα Landsat 2002.



Εικόνα 14 : Θερμική οπτική δορυφορική εικόνα Landsat 2009.



Εικόνα 15 : Θερμική οπτική δορυφορική εικόνα Landsat 2011.

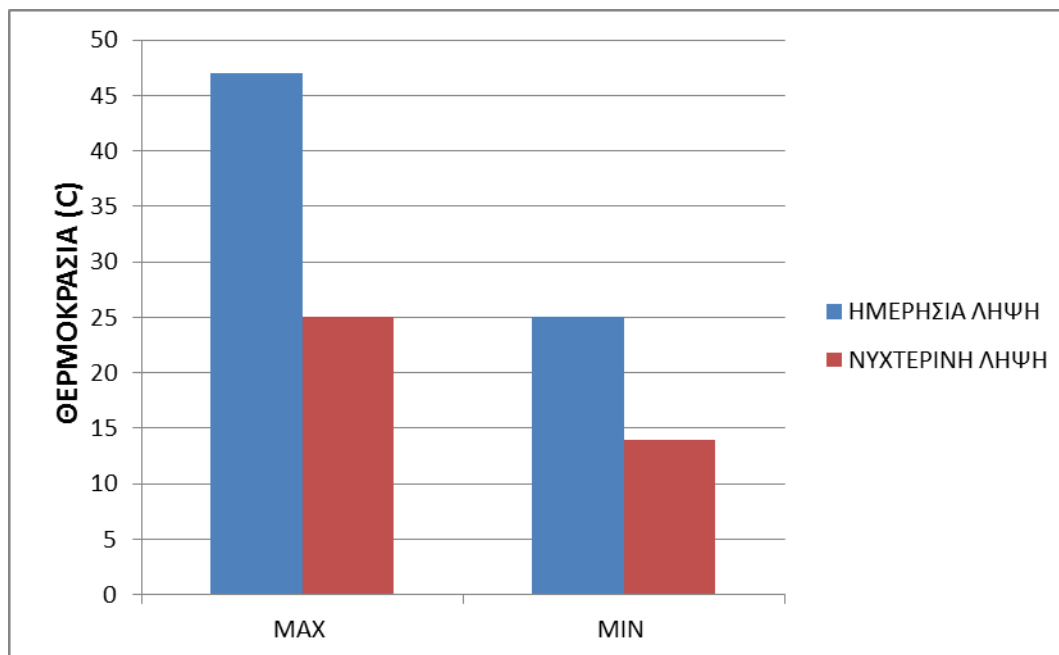


Εικόνα 16: Θερμική οπτική δορυφορική εικόνα Landsat 2016.

Από τις θερμικές οπτικές δορυφορικές εικόνες του 2000, ημερήσια και νυχτερινή λήψη (Εικόνα 10 και 11), για όλη την περιοχή της Λεμεσού και του τμήματος της θάλασσας που εφάπτεται σε αυτή, η μέγιστη επιφανειακή θερμοκρασία την ημέρα είναι $47\text{ }^{\circ}\text{C}$ και η ελάχιστη $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ ενώ την νύχτα η μέγιστη επιφανειακή θερμοκρασία είναι $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ και η ελάχιστη $14\text{ }^{\circ}\text{C}$. Οι ελάχιστες και μέγιστες τιμές θερμοκρασίας αναγράφονται στον Πίνακα 1 και αναπαριστώνται γραφικά στην Γραφική Παράσταση 1.

Πίνακας 3: Δεδομένα θερμοκρασίας για το έτος 2000 για όλη την περιοχή της Λεμεσού και του τμήματος της θάλασσας που εφάπτεται σε αυτή.

ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ (Κ)	MAX	MIN
ΗΜΕΡΗΣΙΑ ΛΗΨΗ	47	25
ΝΥΧΤΕΡΙΝΗ ΛΗΨΗ	25	14



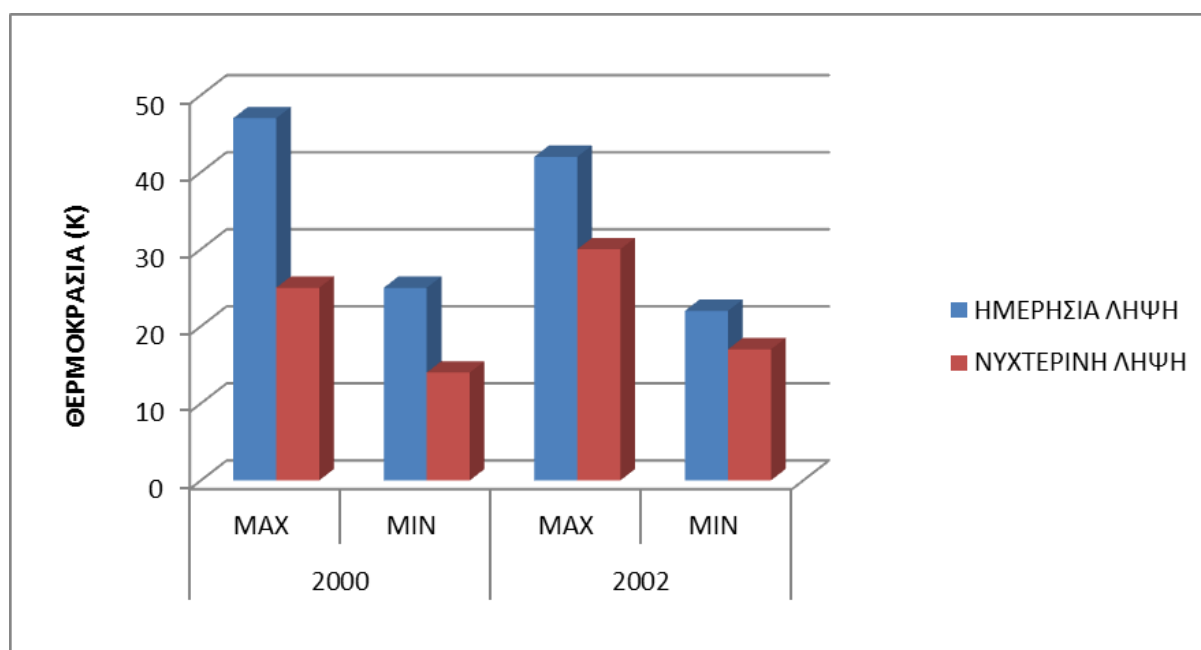
Γραφική Παράσταση 1 : Τιμές θερμοκρασίας για ημερήσια και νυχτερινή λήψη για όλη την περιοχή της Λεμεσού και του τμήματος της θάλασσας που εφάπτεται σε αυτή, έτος 2000.

Είναι εμφανές ότι το έτος 2000 κατά την διάρκεια της ημέρας η μέγιστη θερμοκρασία που επικρατεί στην περιοχή της Λεμεσού είναι υψηλότερη και κατά την διάρκεια της νύχτα ελαττώνεται. Η διαφορά μέγιστων θερμοκρασιών μεταξύ νύχτας και ημέρας είναι αρκετά μεγάλη (+ 22 C° την ημέρα) σε σχέση με τη διαφορά ελάχιστων θερμοκρασιών (+11 C° την ημέρα).

Από τις θερμικές οπτικές δορυφορικές εικόνες του 2002, ημερήσια και νυχτερινή λήψη, (Εικόνα 12 και 13) για όλη την περιοχή της Λεμεσού και του τμήματος της θάλασσας που εφάπτεται σε αυτή, η μέγιστη επιφανειακή θερμοκρασία την ημέρα είναι 42 C° και η ελάχιστη 22 C° ενώ την νύχτα η μέγιστη επιφανειακή θερμοκρασία είναι 30 C° και η ελάχιστη 17 C°. Στον Πίνακα 4 αναγράφονται τα θερμοκρασιακά δεδομένα της περιοχής Λεμεσού για το έτος 2000 και 2002 και αναπαριστώνται στην Γραφική παράσταση 2 για συγκριτικούς σκοπούς.

Πίνακας 4 : Δεδομένα θερμοκρασίας για το έτος 2000 και 2002.

ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ	2000		2002	
	MAX	MIN	MAX	MIN
ΗΜΕΡΗΣΙΑ ΛΗΨΗ	47	25	42	22
ΝΥΧΤΕΡΙΝΗ ΛΗΨΗ	25	14	30	17

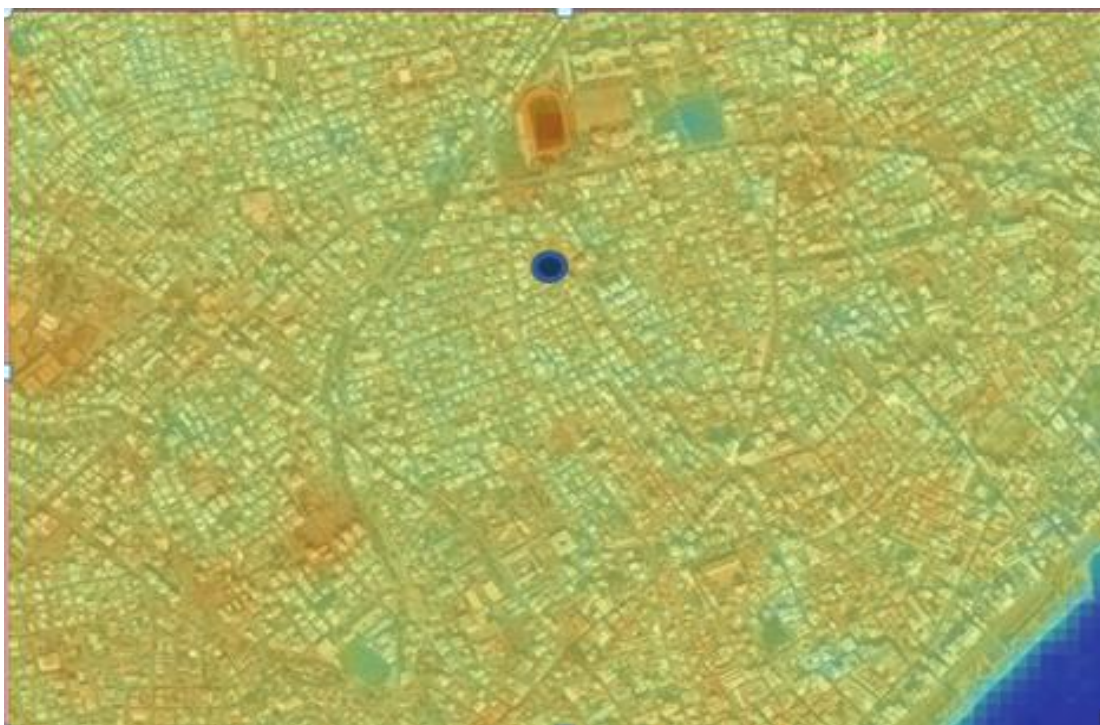


Γραφική Παράσταση 2 : Τιμές θερμοκρασίας ημερήσια και νυχτερινή λήψη για όλη την περιοχή της Λεμεσού και του τμήματος της θάλασσας που εφάπτεται σε αυτή, έτη 2000 και 2002.

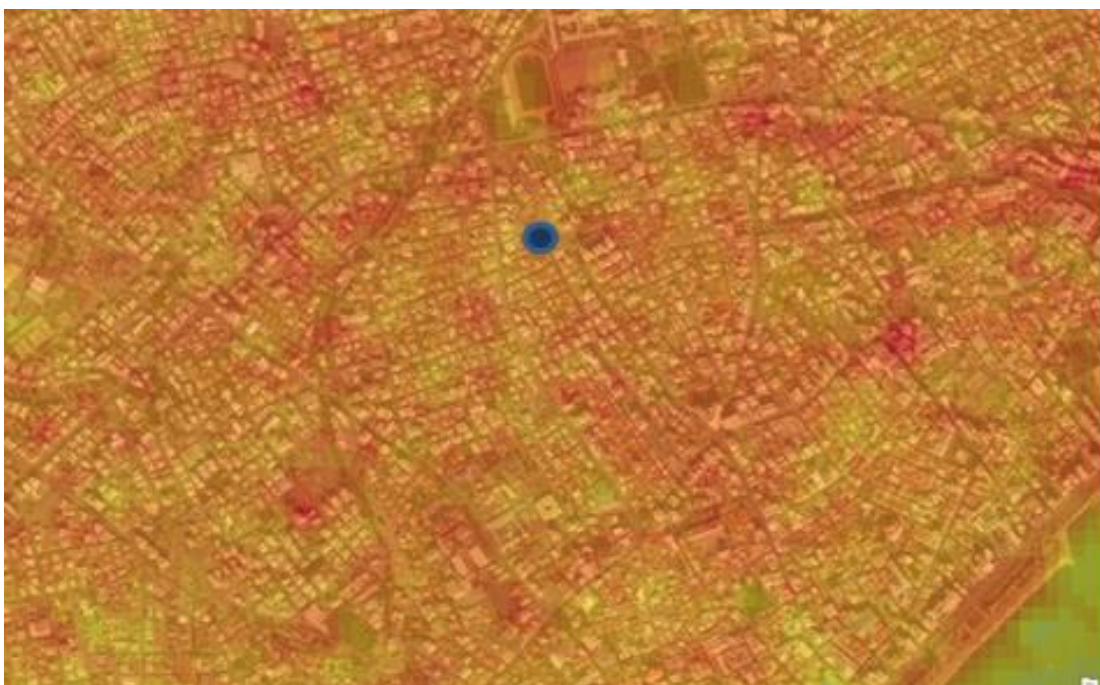
Παρατηρώντας την Γραφική Παράσταση 2 με τις τιμές θερμοκρασίας ημερήσιας και νυχτερινής λήψη έτη 2000 και 2002 για όλη την περιοχή της Λεμεσού και του τμήματος της θάλασσας που εφάπτεται σε αυτή, είναι εμφανές ότι οι μέγιστες και ελάχιστες τιμές θερμοκρασίας το έτος 2002 την ημέρα είναι μειωμένες (-5 C°) και την νύχτα αυξημένες ($+3\text{ C}^\circ$) σε σχέση με το έτος 2000.

Η μελέτη της έντασης του φαινομένου θερμικής αστικής νησίδας επιτυγχάνεται με την επιλογή 2 σημείων, ένα σημείο στο εσωτερικό (αστική περιοχή) και ένα εκτός της περιοχής μελέτης (μη αστική περιοχή) για το έτος 2000 και το έτος 2002. Ουσιαστικά, για τα σημεία

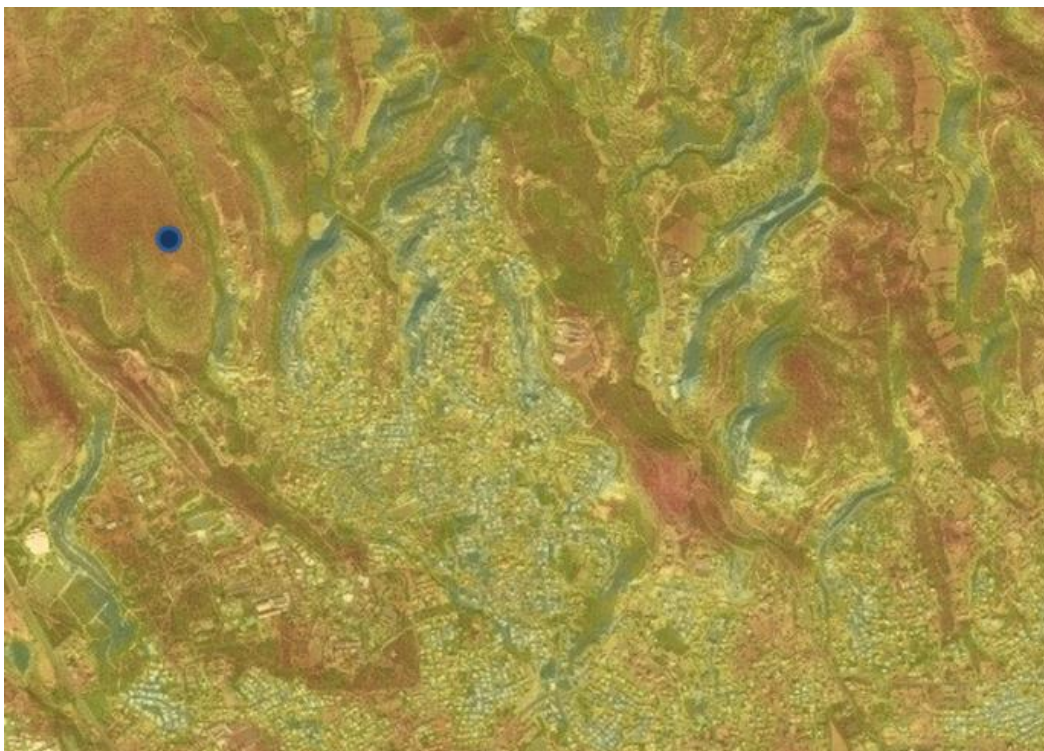
αυτά θα ληφθούν θερμοκρασιακά δεδομένα για νύχτα και μέρα και σημειώνεται ότι δεν είναι τυχαία αλλά πρόκειται για ένα σημείο σε αστική (Εικόνα 18) και ένα σημείο σε μη αστική περιοχή (Εικόνα 20) που παρουσιάζουν μέγιστες τιμές θερμοκρασίας κατά την διάρκεια της ημέρας και λόγω της ίδιας περιόδου λήψης δορυφορικών εικόνων (μήνες Ιούλιος και Αύγουστος) είναι εφικτή η σύγκριση και εξαγωγή συμπερασμάτων όσον αφορά την ένταση του φαινομένου της θερμικής αστικής νησίδας το 2000 και 2002. Ταυτόχρονα, λήφθηκαν για τα ίδια σημεία και θερμοκρασιακά δεδομένα κατά την διάρκεια της νύχτας (Εικόνα 19 και 21).



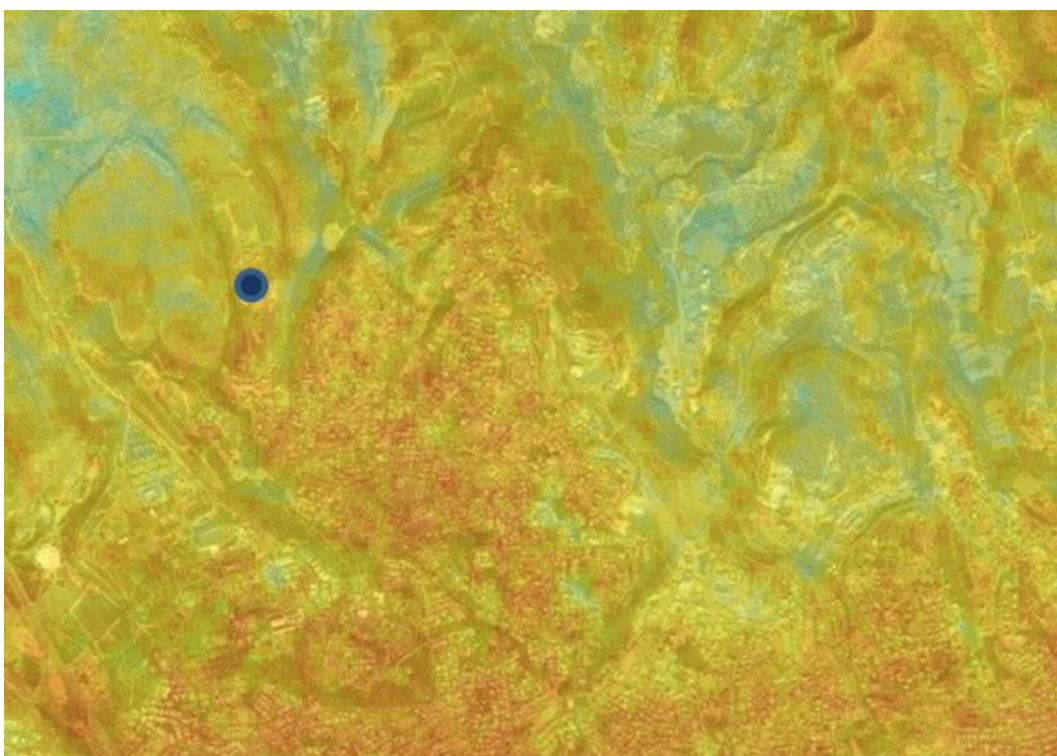
Εικόνα 17 : Απεικόνιση σημείου λήψης θερμοκρασιακών δεδομένων στο εσωτερικό της περιοχής μελέτης – Αστική περιοχή έτος 2000 (ημερήσια λήψη).



Εικόνα 18 : Απεικόνιση σημείου λήψης θερμοκρασιακών δεδομένων στο εσωτερικό της περιοχής μελέτης – Αστική περιοχή έτος 2000 (νυχτερινή λήψη).



Εικόνα 19 : Απεικόνιση σημείου λήψης θερμοκρασιακών δεδομένων στο εξωτερικό της περιοχής μελέτης – Μη αστική περιοχή έτος 2002 (ημερήσια λήψη).

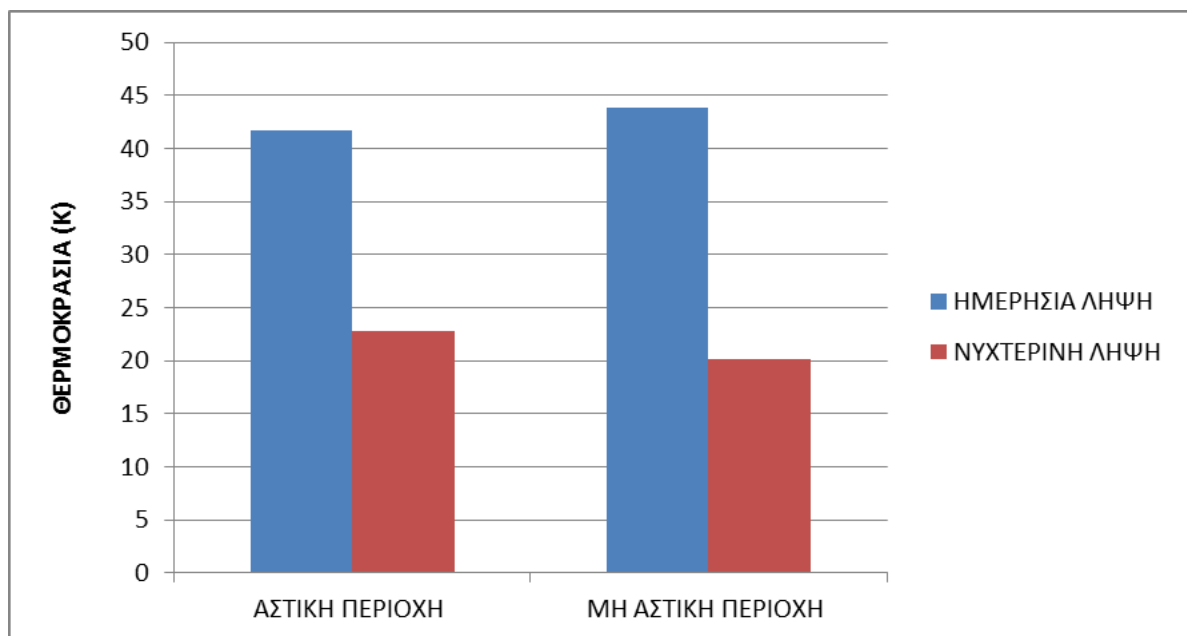


Εικόνα 20 : Απεικόνιση σημείου λήψης θερμοκρασιακών δεδομένων στο εξωτερικό της περιοχής μελέτης – Μη αστική περιοχή έτος 2002 (νυχτερινή λήψη).

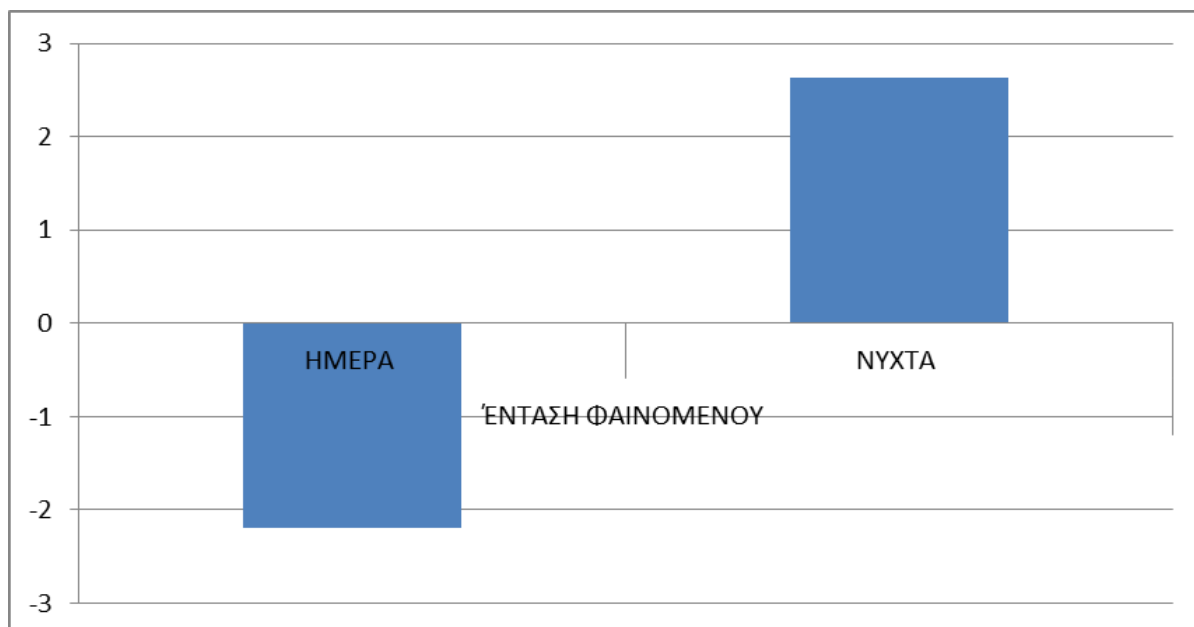
Τα θερμοκρασιακά δεδομένα για τα σημεία εντός και εκτός περιοχής μελέτης για το έτος 2000 αναγράφονται στο Πίνακα 5 και αναπαριστώνται γραφικά στην Γραφική Παράσταση 3. Η Γραφική Παράσταση 4 αναπαριστά την ένταση του φαινομένου όπως αυτή προκύπτει για ημέρα και νύχτα από την διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ αστικού και μη αστικού περιβάλλοντος.

Πίνακας 5 : Δεδομένα θερμοκρασίας για τα σημεία εντός και εκτός περιοχής μελέτης, έτος 2000.

ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ (Κ)	ΑΣΤΙΚΗ ΠΕΡΙΟΧΗ	ΜΗ ΑΣΤΙΚΗ ΠΕΡΙΟΧΗ	ΔΙΑΦΟΡΑ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ
ΗΜΕΡΗΣΙΑ ΛΗΨΗ	41,69	43,88	-2,19
ΝΥΧΤΕΡΙΝΗ ΛΗΨΗ	22,8	20,17	2,63



Γραφική Παράσταση 3 :Τιμές θερμοκρασίας σε αστική και μη αστική περιοχή για ημερήσια και νυχτερινή λήψη, έτος 2000.



Γραφική Παράσταση 4 : Ένταση φαινομένου κατά την διάρκεια της ημέρας και της νύχτας στην αστική περιοχή, έτος 2000.

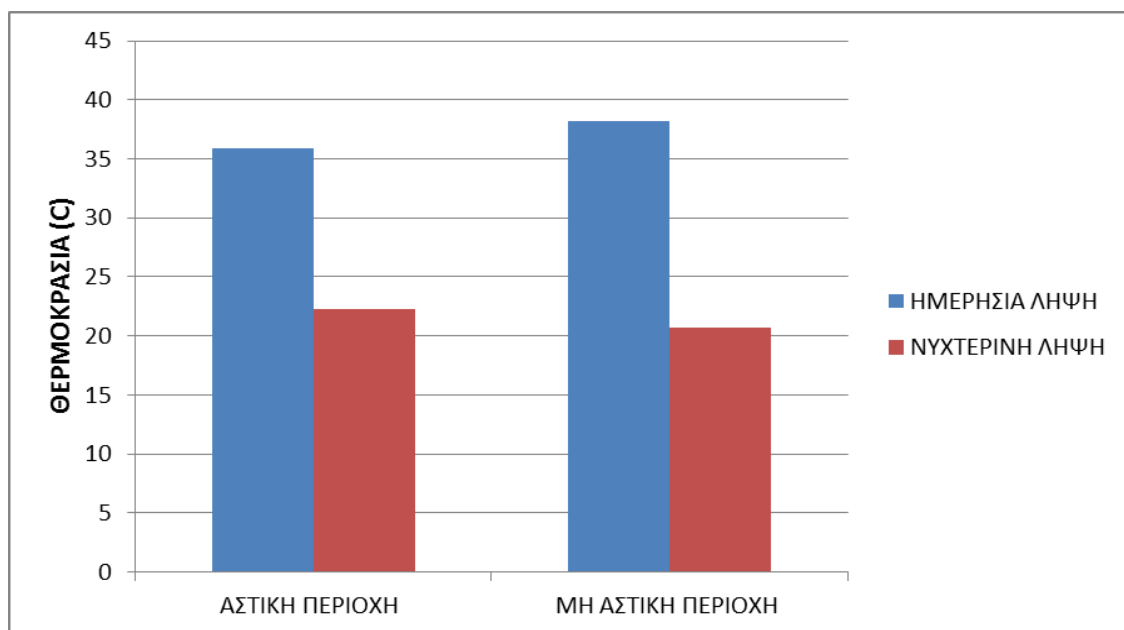
- Τόσο σε αστικές όσο και σε η αστικές περιοχές για τον μήνα Ιούλιο παρουσιάζουν ψηλές θερμοκρασίες κατά την διάρκεια της ημέρας και την νύχτα χαμηλότερες.
- Σε μη αστικές περιοχές η τιμές θερμοκρασίας είναι μειωμένες σε σχέση με τις αστικές περιοχές κατά την διάρκεια της νύχτας.
- Σε αστικές περιοχές κατά την διάρκεια της ημέρας οι τιμές θερμοκρασίας είναι μικρότερες από ότι στις μη αστικές περιοχές.
- Η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ των δύο περιοχών είναι εντονότερη την νύχτα (+2,63 C° στις αστικές περιοχές) με αποτέλεσμα η ένταση του φαινομένου να είναι μεγαλύτερη κατά την διάρκεια της νύχτας και λιγότερη την ημέρα, όπως ήταν αναμενόμενο.
- Η διαφορά θερμοκρασίας κατά την διάρκεια της ημέρας είναι λιγότερη (+2,19 C° στις μη αστικές περιοχές) με αποτέλεσμα η ένταση του φαινομένου να είναι μικρότερη.

- Κατά την διάρκεια της νύχτας το φαινόμενο είναι θετικό και την ημέρα αρνητικό με αποτέλεσμα να επικρατούν στο κέντρο δυσμενέστερες συνθήκες την νύχτα και ευμενέστερες την ημέρα παρά το γεγονός ότι την ημέρα η ένταση της θερμοκρασίας είναι υψηλότερη.

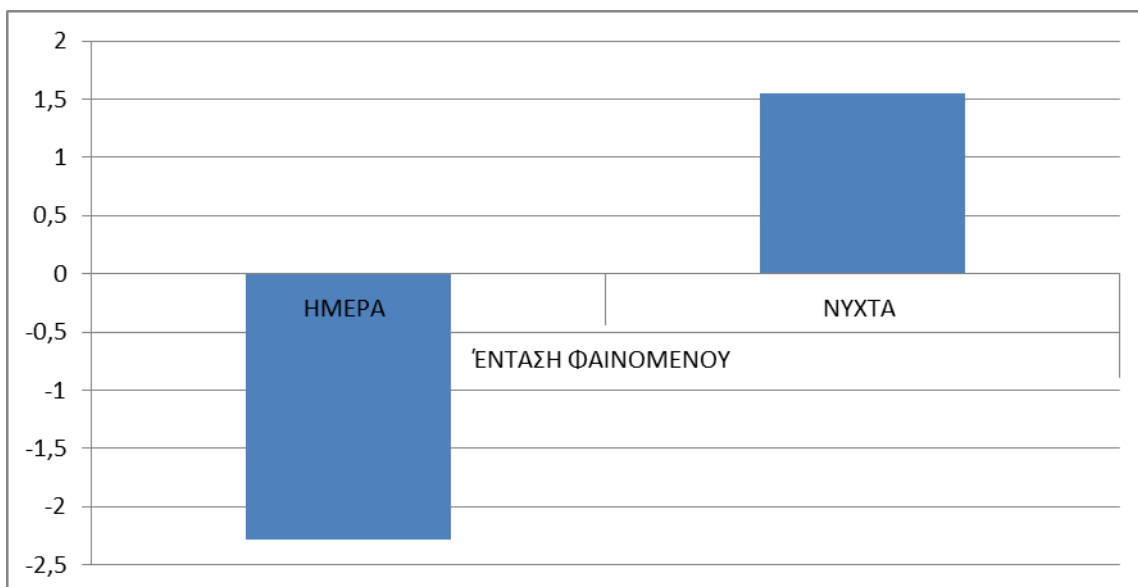
Τα θερμοκρασιακά δεδομένα για τα σημεία εντός και εκτός περιοχής μελέτης για το έτος 2002 αναγράφονται στο Πίνακα 6 και αναπαριστώνται γραφικά στην Γραφική Παράσταση 5. Η Γραφική Παράσταση 6 αναπαριστά την ένταση του φαινομένου όπως αυτή προκύπτει για ημέρα και νύχτα από την διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ αστικού και μη αστικού περιβάλλοντος.

Πίνακας 6 : Δεδομένα θερμοκρασίας για τα σημεία εντός και εκτός περιοχής μελέτης για το έτος 2002.

ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ (Κ)	ΑΣΤΙΚΗ ΠΕΡΙΟΧΗ	ΜΗ ΑΣΤΙΚΗ ΠΕΡΙΟΧΗ	ΔΙΑΦΟΡΑ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ
ΗΜΕΡΗΣΙΑ ΛΗΨΗ	35,92	38,2	-2,28
ΝΥΧΤΕΡΙΝΗ ΛΗΨΗ	22,24	20,69	1,55



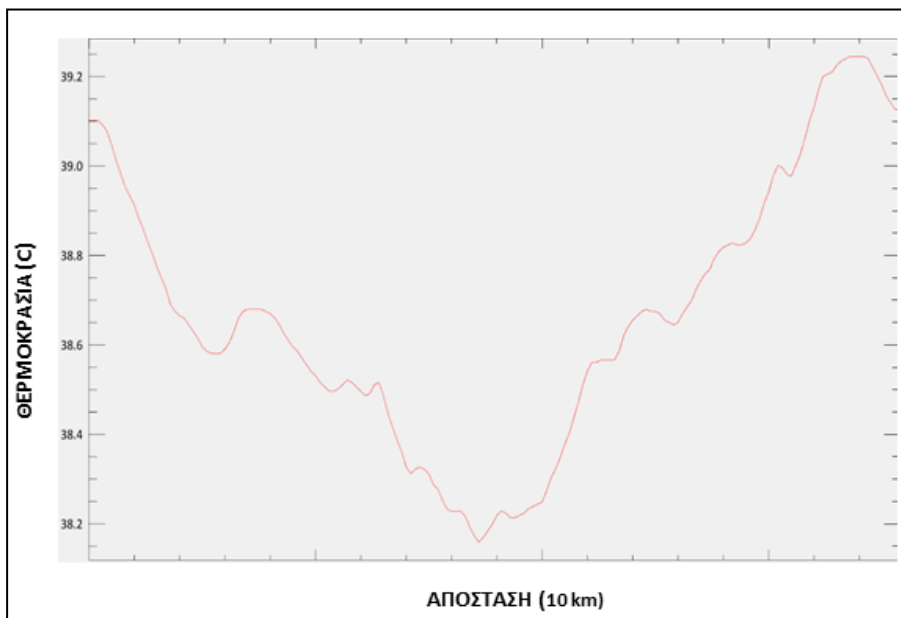
Γραφική Παράσταση 5: Τιμές θερμοκρασίας σε αστική και μη αστική περιοχή για ημερήσια και νυχτερινή λήψη, έτος 2002



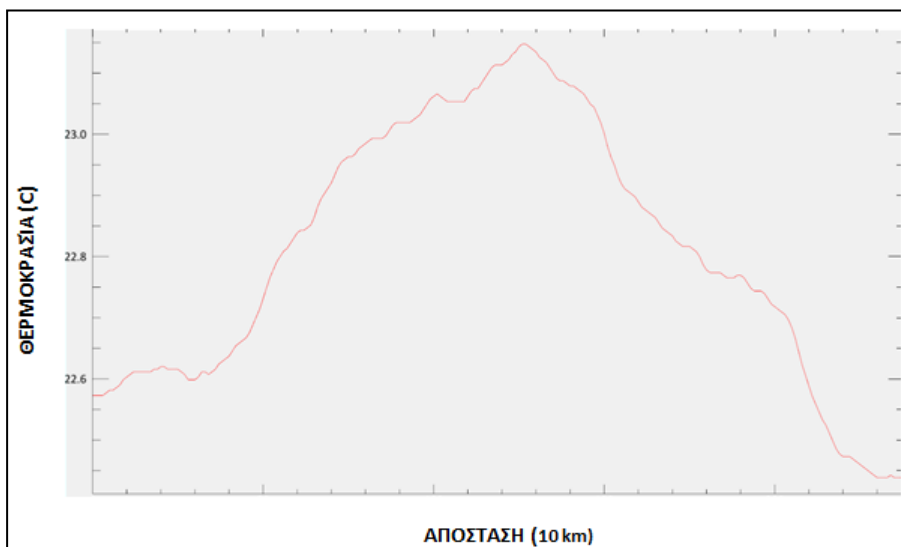
Γραφική Παράσταση 6 : Ένταση φαινομένου κατά την διάρκεια της ημέρας και της νύχτας για το έτος 2002.

- Τόσο σε αστικές όσο και σε μη αστικές περιοχές για τον μήνα Ιούλιο παρουσιάζονται ψηλές θερμοκρασίες κατά την διάρκεια της ημέρας και την νύχτα χαμηλότερες.
- Σε μη αστικές περιοχές η τιμές θερμοκρασίας είναι μειωμένες σε σχέση με τις αστικές περιοχές κατά την διάρκεια της νύχτας.
- Σε αστικές περιοχές κατά την διάρκεια της ημέρας τιμές θερμοκρασίας είναι μικρότερες από ότι στις μη αστικές περιοχές.
- Η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ των δύο περιοχών είναι εντονότερη την ημέρα (+2,28 C° στις μη αστικές περιοχές) με αποτέλεσμα η ένταση του φαινομένου να είναι μεγαλύτερη αλλά αρνητική. Δηλαδή επικρατούν στο κέντρο ευμενέστερες συνθήκες από ότι αναμένεται την ημέρα.
- Η διαφορά θερμοκρασίας κατά την διάρκεια της νύχτας είναι λιγότερη (+1,55 C° στις αστικές περιοχές) με αποτέλεσμα η ένταση του φαινομένου να είναι μικρότερη αλλά θετική. Δηλαδή η επίδραση του είναι εντονότερη και αναμένεται να επικρατούν δυσμενέστερες συνθήκες την νύχτα.

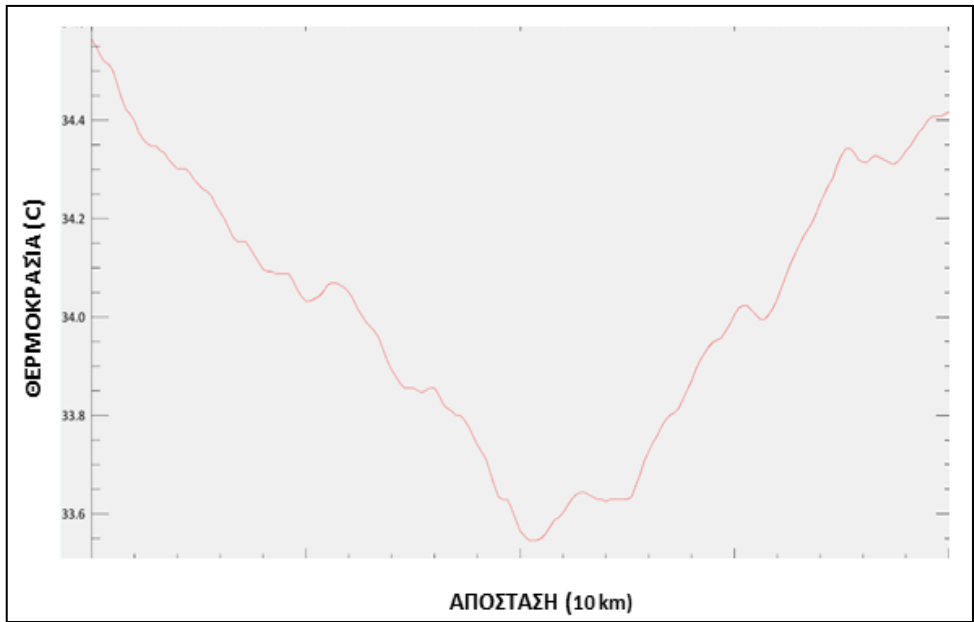
Στην συνέχεια, λαμβάνεται τέμνουσα κατά μήκος της έκτασης της πόλης και περιχώρων της Λεμεσού συνολικού μήκους 10 km με αφετηρία την περιοχή νότια του Ύψωνα και τερματισμό την περιοχή της Γερμασόγιας ώστε να καθοριστεί το προφίλ της θερμοκρασίας που αναπαριστά την έκταση του φαινομένου κατά την διάρκεια της νύχτας και της μέρας. Από αυτή την διαδικασία προκύπτουν αυτόματα οι πιο κάτω γραφικές παραστάσεις κατά την διάρκεια της ημέρας και της νύχτας τα έτη 2000 και 2002.



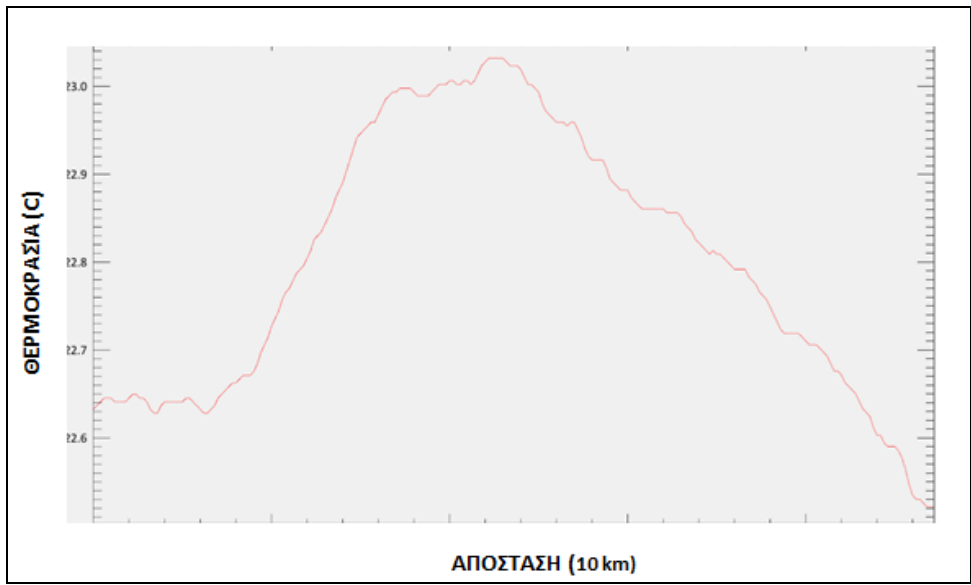
Γραφική Παράσταση 7 : Έκταση του φαινομένου κατά την διάρκεια της ημέρας, έτος 2000.



Γραφική Παράσταση 8 : Έκταση του φαινομένου κατά την διάρκεια της νύχτας, έτος 2000.

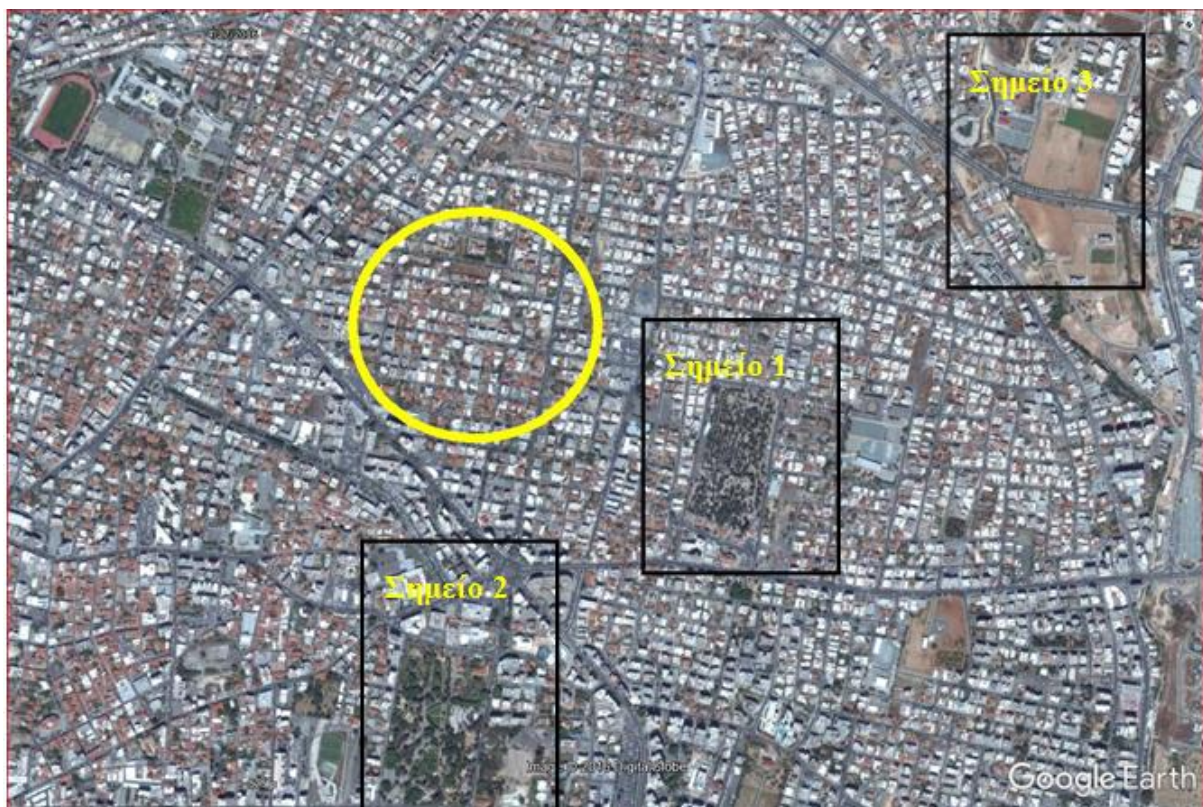


Γραφική Παράσταση 9 : Έκταση του φαινομένου κατά την διάρκεια της ημέρας, έτος 2002.



Γραφική Παράσταση 10 : Έκταση του φαινομένου κατά την διάρκεια της νύχτας, έτος 2002.

Για την μελέτη της μεταβολής της θερμοκρασία την νύχτα και την ημέρα με βάση τα θερμοκρασιακά δεδομένα για τα έτη 2000 και 2002 και αιτιολόγηση των πιο πάνω γενικών παρατηρήσεων γίνεται επιλογή συγκεκριμένης αστικής περιοχής στο κέντρο της Λεμεσού. Η επιλεγόμενη περιοχή (Εικόνα 21) καλύπτει μεγάλο τμήμα πυκνοκατοικημένης περιοχής χωρίς πράσινους χώρους και περιοχή με ύπαρξη πράσινου χώρου (ΣΗΜΕΙΟ 1, ΣΗΜΕΙΟ 2, ΣΗΜΕΙΟ 3). Το ΣΗΜΕΙΟ 1 (νεκροταφείο) και το ΣΗΜΕΙΟ 2 (κήπος) πρόκειται για περιοχές με σταθερή βλάστηση και δέντρα και το ΣΗΜΕΙΟ 3 (ανοικτός χώρος) πρόκειται για έδαφος χωρίς βλάστηση από το 2000 και μετά, και είναι σταθερές περιοχές χωρίς αλλαγές χρήσεις γης.



Εικόνα 21 : Αστική περιοχή μελέτης με ένδειξη σημείων θέσης μελέτης στο πρόγραμμα Google Earth.

Οι οπτικές θερμικές δορυφορικές εικόνες που έχουν παρθεί με την εισαγωγή τους στο πρόγραμμα Google Earth, επιτυγχάνεται συσχέτιση των περιοχών μελέτης με χρωματική σκίαση και προκύπτουν οι ακόλουθες εικόνες για κάθε έτος ξεχωριστά.



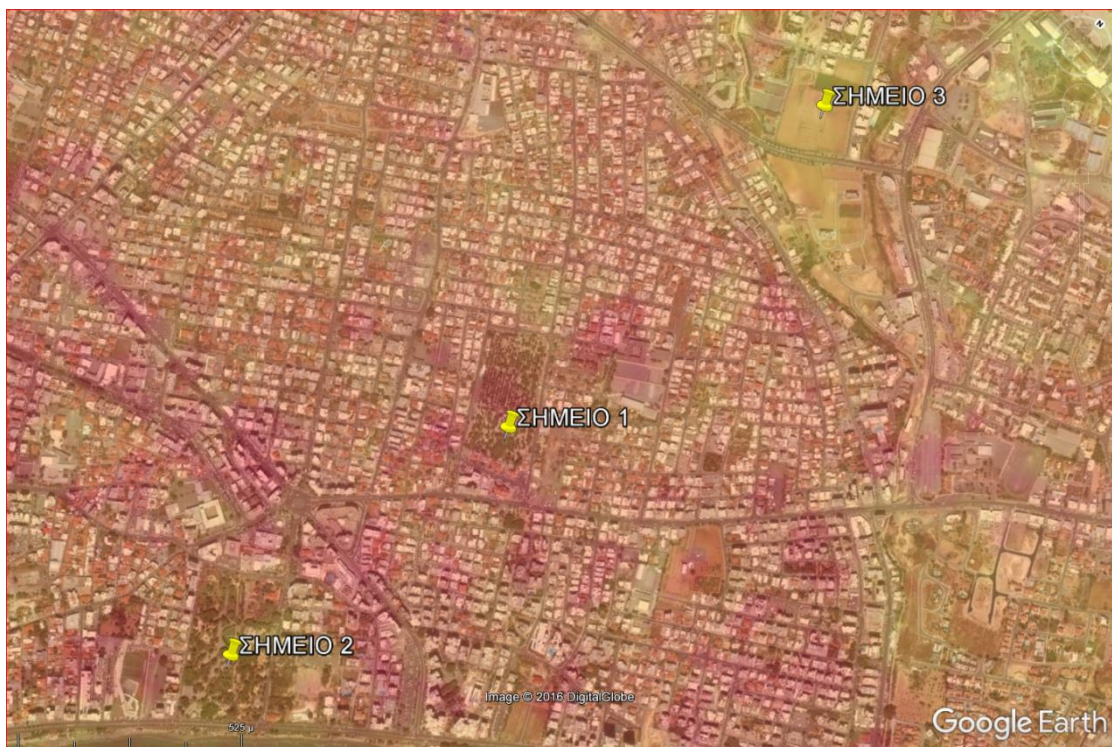
Εικόνα 22 : Αστική περιοχή μελέτης με χρωματική σκίαση το έτος 2000 (ημερήσια λήψη).



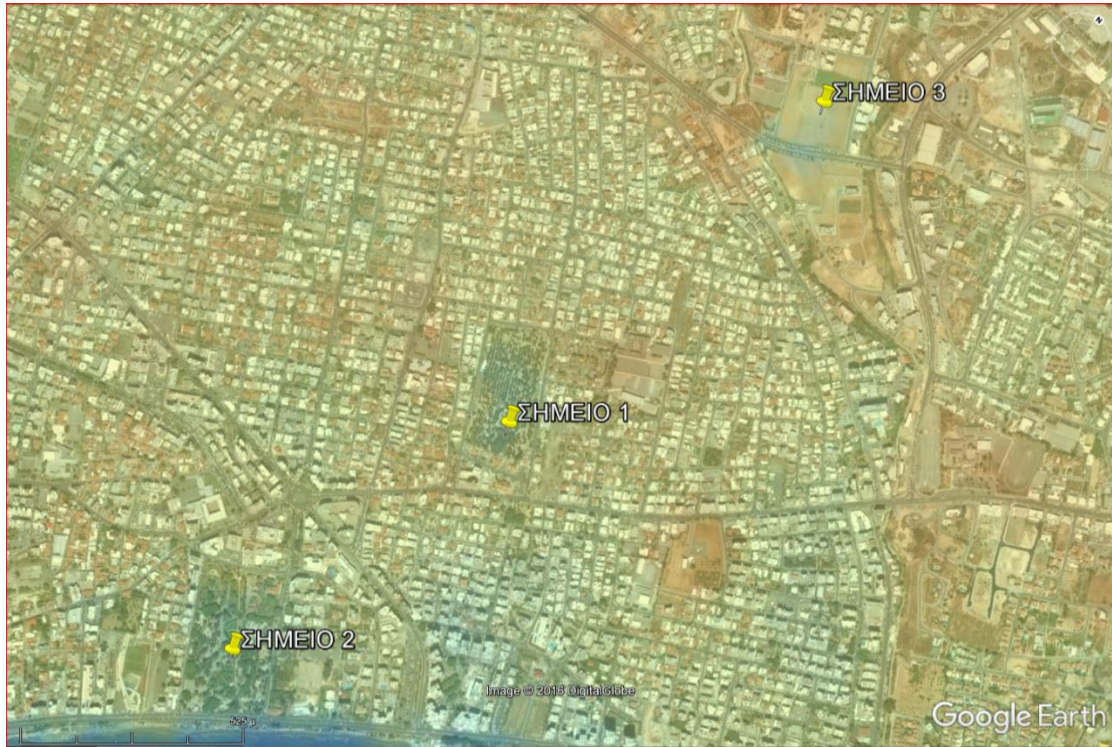
Εικόνα 23 : Αστική περιοχή μελέτης με χρωματική σκίαση το έτος 2000 (νυκτερινή λήψη).



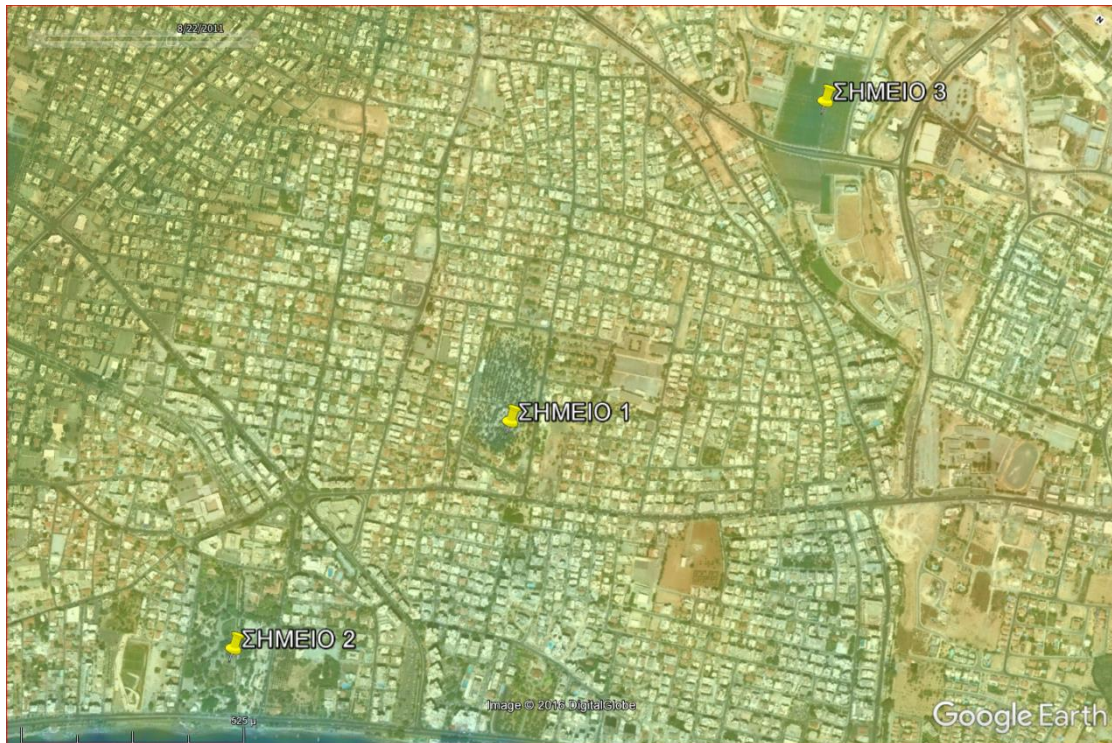
Εικόνα 24 : Αστική περιοχή μελέτης με χρωματική σκίαση το έτος 2002 (ημερήσια λήψη).



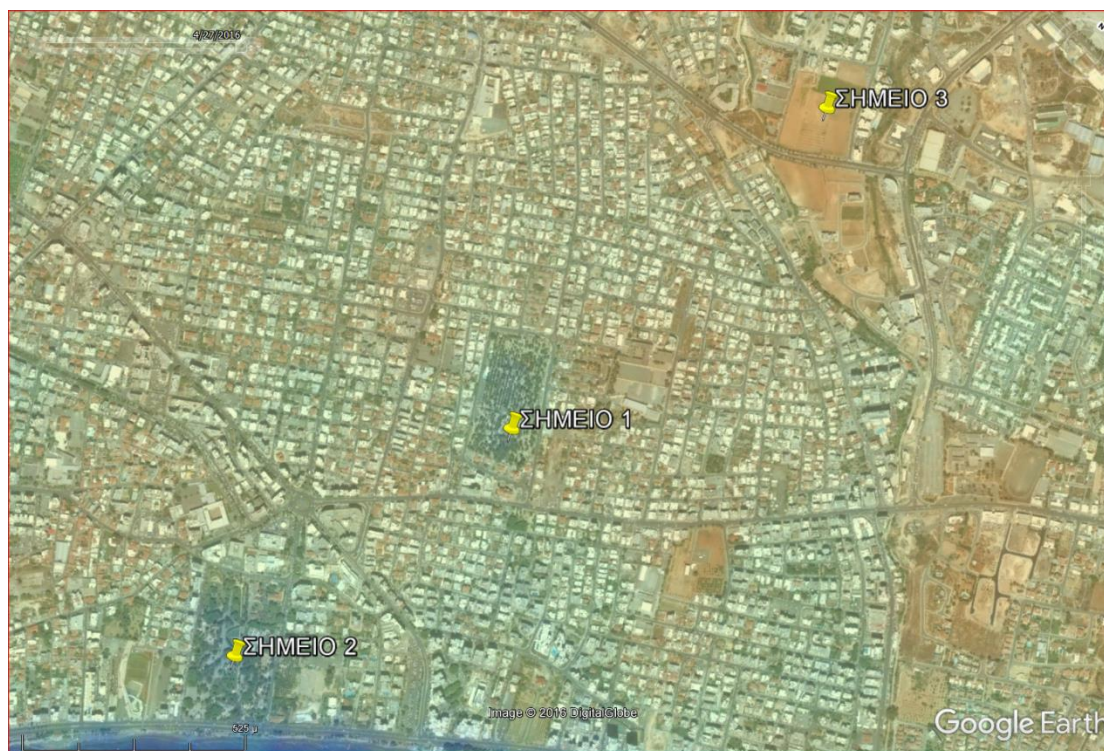
Εικόνα 25: Αστική περιοχή μελέτης με χρωματική σκίαση το έτος 2002 (νυχτερινή λήψη).



Εικόνα 26 : Αστική περιοχή μελέτης με χρωματική σκίαση το έτος 2009 (ημερήσια λήψη).



Εικόνα 27 : Αστική περιοχή μελέτης με χρωματική σκίαση το έτος 2011 (ημερήσια λήψη).



Εικόνα 28 : Αστική περιοχή μελέτης με χρωματική σκίαση το έτος 2000 (ημερήσια λήψη).

Στα σημεία 1, 2 και 3 και σε ένα τυχαίο σημείο με υψηλή θερμοκρασία στην αστική περιοχή λαμβάνονται τιμές θερμοκρασίας και προκύπτει ο Πίνακας 7,8,9,10 και η Γραφική παράσταση 11,12,13,14 αντίστοιχα.

Πίνακας 7 : Τιμές θερμοκρασίας στο ΣΗΜΕΙΟ 1 (κήπος) για κάθε έτος.

ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΚ Α ΔΕΔΟΜΕΝΑ	2000	2002	2009	2011	2016
ΗΜΕΡΗΣΙΑ ΛΗΨΗ	33,03	29,3	37,63	34,97	30,37
ΝΥΧΤΕΡΙΝΗ ΛΗΨΗ	23,77	22,75			

Πίνακας 8 : Τιμές θερμοκρασίας στο ΣΗΜΕΙΟ 2 (νεκροταφείο) για κάθε έτος.

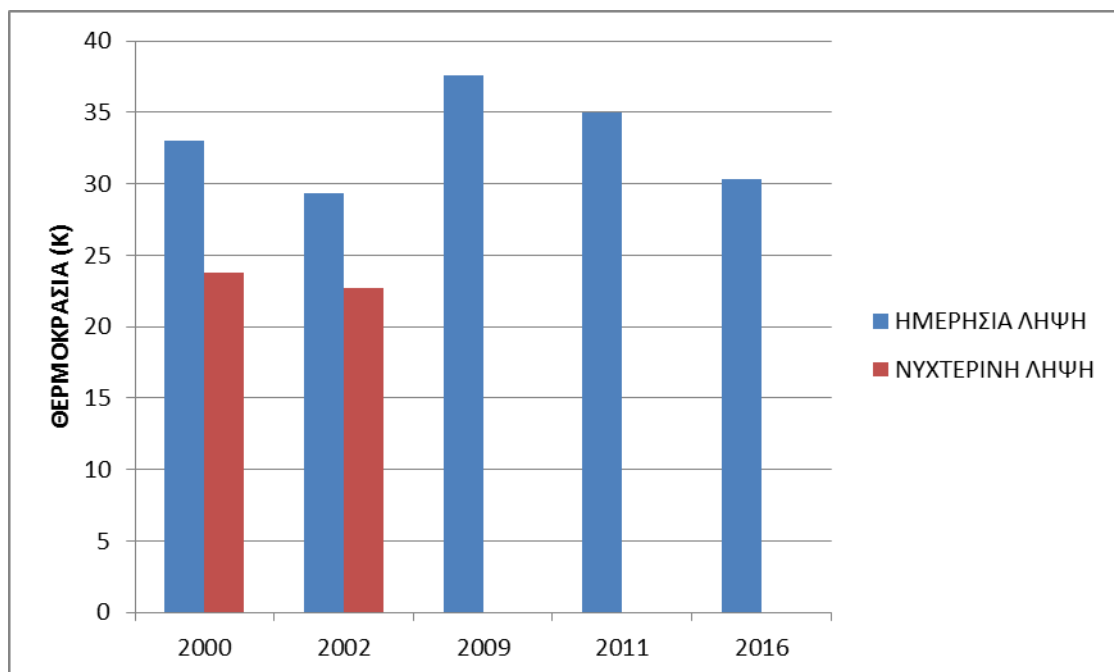
ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ	2000	2002	2009	2011	2016
ΗΜΕΡΗΣΙΑ ΛΗΨΗ	34,43	31,7	38,03	35,38	31,9
ΝΥΧΤΕΡΙΝΗ ΛΗΨΗ	24,27	24,27			

Πίνακας 9 : Τιμές θερμοκρασίας στο ΣΗΜΕΙΟ 3 (ανοικτός χώρος χωρίς βλάστηση) για κάθε έτος.

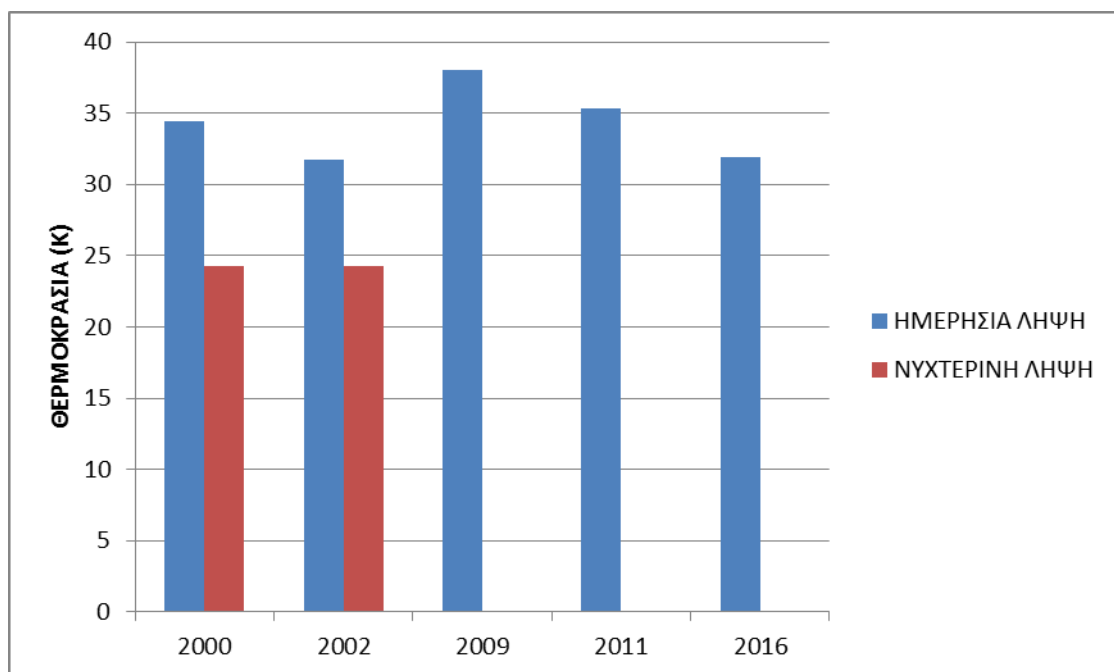
ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ	2000	2002	2009	2011	2016
ΗΜΕΡΗΣΙΑ ΛΗΨΗ	43,44	29,79	39,65	35,79	36,97
ΝΥΧΤΕΡΙΝΗ ΛΗΨΗ	21,73	22,24			

Πίνακας 10 : Τιμές θερμοκρασίας σε πυκνοκατοικημένη περιοχή χωρίς χώρους πρασίνου.

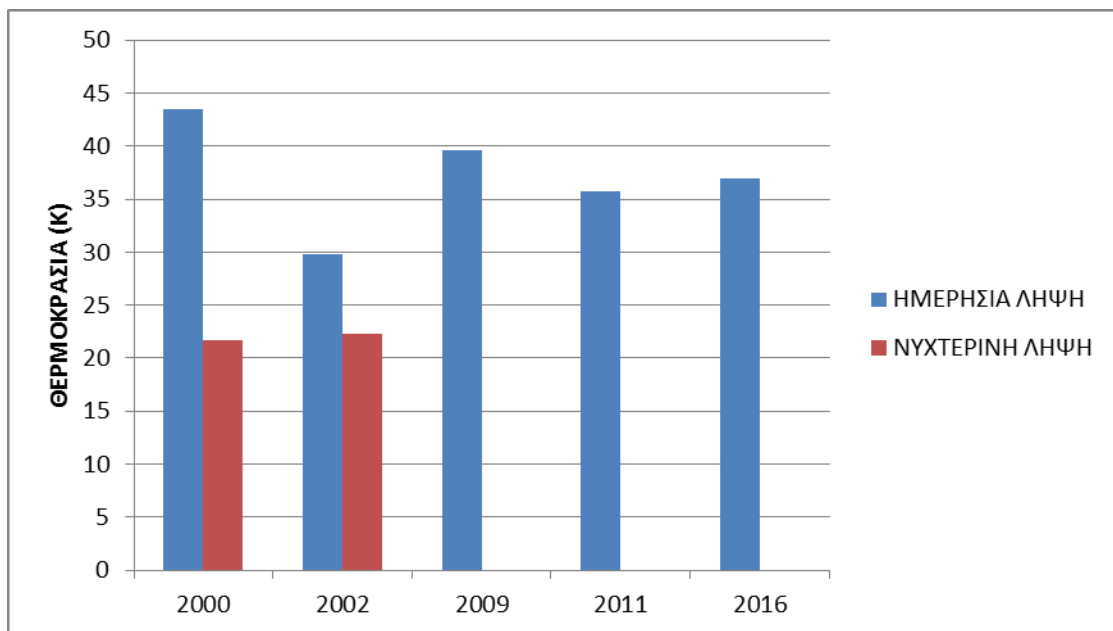
ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ	2000	2002	2009	2011	2016
ΗΜΕΡΗΣΙΑ ΛΗΨΗ	38,11	33,59	40,85	37,84	34,91
ΝΥΧΤΕΡΙΝΗ ΛΗΨΗ	22,75	22,75			



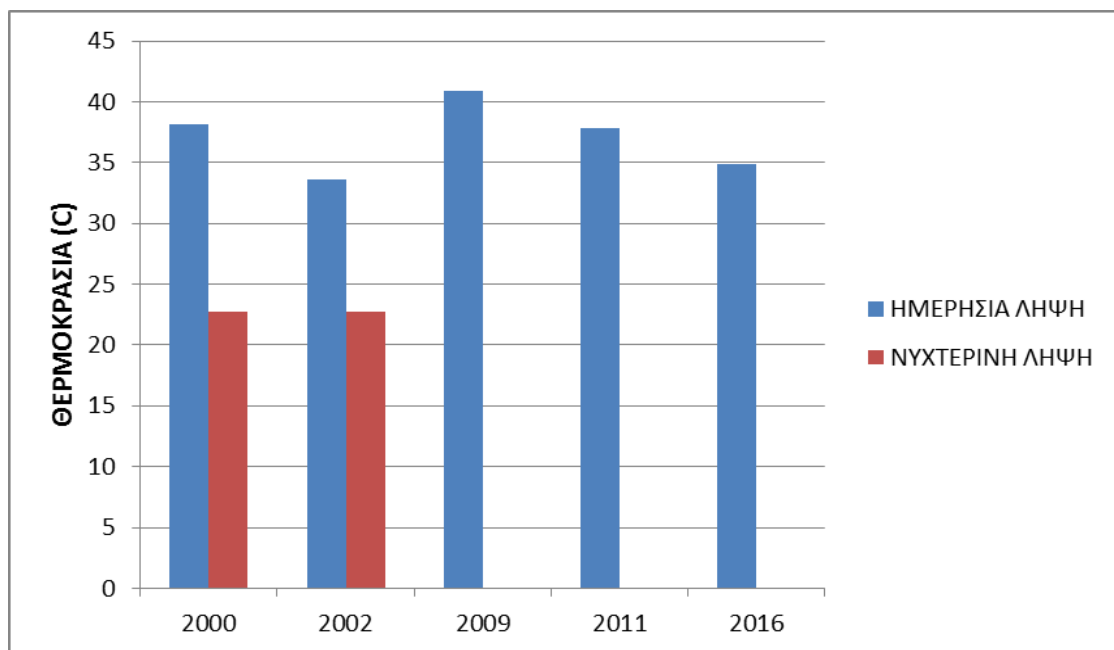
Γραφική Παράσταση 11 : Τιμές θερμοκρασίας στο ΣΗΜΕΙΟ 1 (κήπος) για κάθε έτος, ημερήσια και νυχτερινή λήψη.



Γραφική Παράσταση 12 : Τιμές θερμοκρασίας στο ΣΗΜΕΙΟ 2 (νεκροταφείο) για κάθε έτος, ημερήσια και νυχτερινή λήψη.



Γραφική Παράσταση 13 :Τιμές θερμοκρασίας στο ΣΗΜΕΙΟ 3 (ανοικτός χώρος χωρίς βλάστηση) για κάθε έτος, ημερήσια και νυχτερινή λήψη.



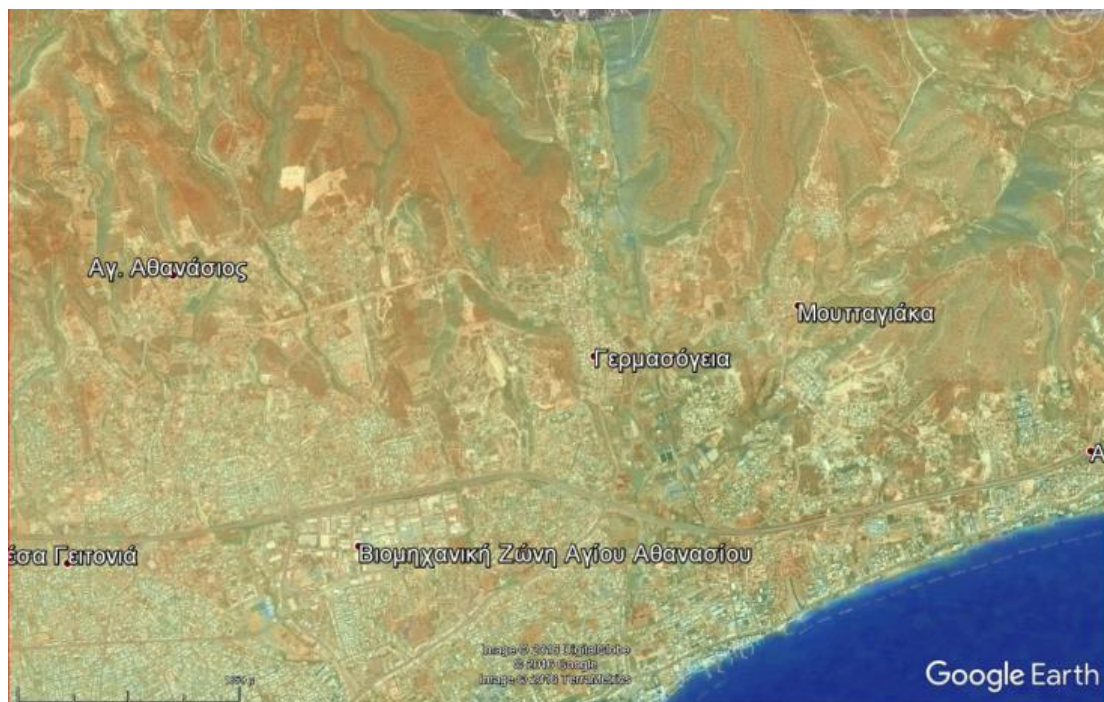
Γραφική Παράσταση 14 : Τιμές θερμοκρασίας σε τυχαίο σημείο στην αστική περιοχή για κάθε έτος, ημερήσια και νυχτερινή λήψη.

- Σε όλα τα σημεία που πάρθηκαν θερμοκρασιακά δεδομένα για ημέρα και νύχτα (Έτη 2000 και 2002) από τις γραφικές παραστάσεις 11,12,13,14 αποδεικνύεται ότι οι τιμές θερμοκρασίας είναι πιο ψηλές την ημέρα και πιο χαμηλές την νύχτα στην ευρύτερη περιοχή μελέτης. Σημαντικό να αναφερθεί ότι η θερμοκρασία κατά την διάρκεια της νύχτας κυμαίνεται μεταξύ 22 – 24 C° και τα δύο έτη.
- Παρατηρώντας και τις οπτικές θερμικές εικόνες με χρωματική σκίαση προκύπτει η εξής πολύ σημαντική παρατήρηση ότι κατά την διάρκεια της ημέρας επικρατούν αυξημένες τιμές θερμοκρασίες και πτώση αυτών κατά την διάρκεια της νύχτας στις περιοχές όπου υπάρχει πυκνή δόμηση και ελάχιστοι χώρους πρασίνου.
- Τα σημεία 1, σημεία 2 κυμαίνονται στα ίδια θερμοκρασιακά επίπεδα κάθε έτος κατά την διάρκεια της ημέρας. Έντονη διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ σημείων 1 και 2 και σημείου 3 (μέχρι +10 C° για την περιοχή χωρίς πράσινο) ,κατά την διάρκεια της ημέρας, αφού πρόκειται για δύο περιοχές με διαφορετικά χαρακτηριστικά εδάφους. Τα σημεία 1 και 2, έχουν επιφάνειες καλυμμένες από βλάστηση και δέντρα και αυτό βοηθά στην μείωση της θερμοκρασίας κατά την διάρκεια της ημέρας όχι μόνο με την σκίαση που προκαλούν αλλά και λόγω της λειτουργίας τους να ανακλούν το μεγαλύτερο μέρος της ηλιακής ακτινοβολίας που προσπίπτει στις κορυφές των δέντρων αφήνοντας μόνο ένα μικρό μέρος να περάσει σε κατώτερες περιοχές. Σε αντίθεση το σημείο 3, όπου ο χώρος είναι ανοικτός και καθόλου καλυμμένος με πράσινο η θερμοκρασία είναι αισθητά πιο υψηλή κατά την διάρκεια της ημέρας.
- Τα σημεία 1 και 2 κατά την διάρκεια της νύχτας παρουσιάζουν πτώση θερμοκρασία περίπου 10 C° παρατηρώντας τα δεδομένα θερμοκρασίας από την νυχτερινή και ημερήσια λήψη για τα έτη 2000 και 2002. Τα φυτά και η βλάστηση λόγω της μειωμένης ανακλαστικότητας και δεδομένου ότι κατά την διάρκεια της νύχτας η ηλιακή ακτινοβολία δεν υπάρχει το επίπεδο της θερμοκρασίας μειώνεται περαιτέρω.
- Στην αστική περιοχή χωρίς χώρους πρασίνου η μέγιστη τιμή θερμοκρασίας κατά την διάρκεια της ημέρας κυμαίνεται μεταξύ 34 – 40 C° ενώ σε αστικές περιοχές με χώρους πρασίνου κυμαίνεται από 29 – 35 C°. Αυτό οφείλεται στην δημιουργία αστικών χαραδρών, φαινόμενο το οποίο σχετίζεται με την κυκλοφορία του ανέμου και την μεταβολή της στρωμάτωσης των θερμοκρασιών στις φυσικές χαράδρες μιας πόλης, οι οποίες σχηματίζονται από τις κατακόρυφες όψεις που περιβάλλουν ένα δρόμο. Επιπρόσθετα, στις πυκνοκατοικημένες περιοχές λόγω της ύπαρξης σκουρόχρωμων επιφανειών στα κτίρια και στους δρόμους η ανακλαστικότητα είναι μειωμένη κατά την διάρκεια της ημέρας και γι αυτό τον λόγω παρατηρούνται αυξημένες θερμοκρασίες.

Ενδιαφέρον παρατήρηση από τις οπτικές θερμικές εικόνες που λήφθηκαν κατά την διάρκεια της ημέρας σε περιοχές εκτός κέντρου Λεμεσού (Γερμασόγεια, Αγ.Αθανάσιος, Μουπαγιάκκα) είναι η αυξομείωση θερμοκρασίας σε πολύ μικρά διαστήματα.



Εικόνα 29 : Μη αστική περιοχή μελέτης με χρωματική σκίαση για ημερήσια λήψη, έτος 2000.



Εικόνα 30 : Μη αστική περιοχή μελέτης με χρωματική σκίαση για ημερήσια λήψη, έτος 2002.



Εικόνα 31 : Μη αστική περιοχή μελέτης με χρωματική σκίαση για ημερήσια λήψη, έτος 2009.



Εικόνα 32 : Μη αστική περιοχή μελέτης με χρωματική σκίαση για ημερήσια λήψη, έτος 2011.



Εικόνα 33 : Μη αστική περιοχή μελέτης με χρωματική σκίαση για ημερήσια λήψη, έτος 2016.

Η περιοχή εκεί μεταξύ Γερμασόγια, Αγ.Αθανάσιος, Μουταγιάκκα είναι ημιορεινή περιοχή με έντονες εναλλαγές στην κλίση του εδάφους. Πρόκειται για αρκετά κατοικημένη όμως οι περιοχές με ελάχιστη και μέγιστη θερμοκρασία είναι βουνά και αυτό γίνεται πιο αντιληπτό στην τρισδιάστατη απεικόνιση του προγράμματος Google Earth.

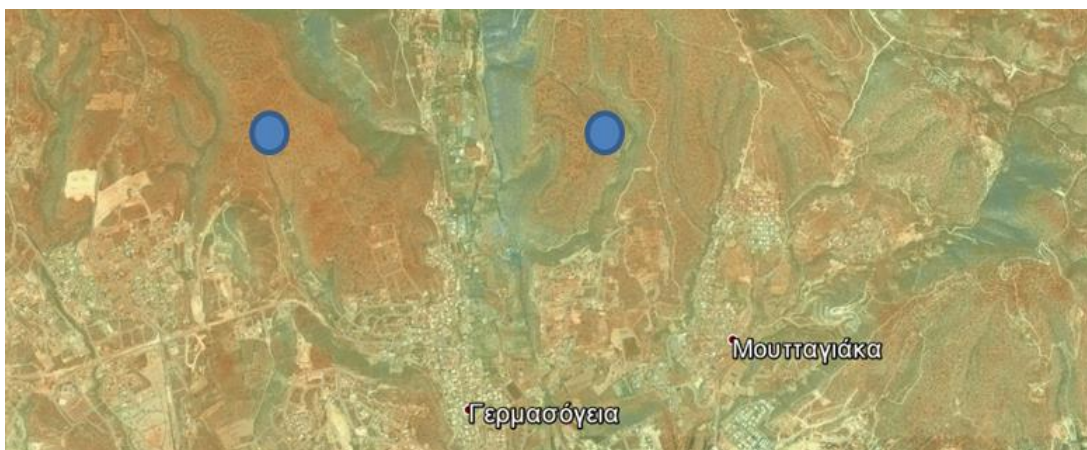


Εικόνα 34 : Τρισδιάστατη απεικόνιση μη αστικής περιοχής μελέτης με χρωματική σκίαση για ημερήσια λήψη, έτος 2016

Από την απεικόνιση των θερμικών εικόνων στο πρόγραμμα Google Earth δεν μπορεί να γίνει χρωματική σύγκριση της έντασης της θερμοκρασία από έτος σε έτος λόγω του ότι το χρωματικό εύρος των τιμών θερμοκρασίας σε κάθε εικόνα δεν είναι σταθερό. Για περισσότερη κατανόηση των θερμοκρασιακών αλλαγών με την πάροδο του χρόνου λήφθηκαν μετρήσεις θερμοκρασίας σε δύο σημεία που θεωρήθηκαν εξίσου θερμά με βάση την χρωματική σκίαση στο πρόγραμμα Google Earth και έτσι πάρθηκε ο Πίνακας 9 και η γραφική παράσταση 11.



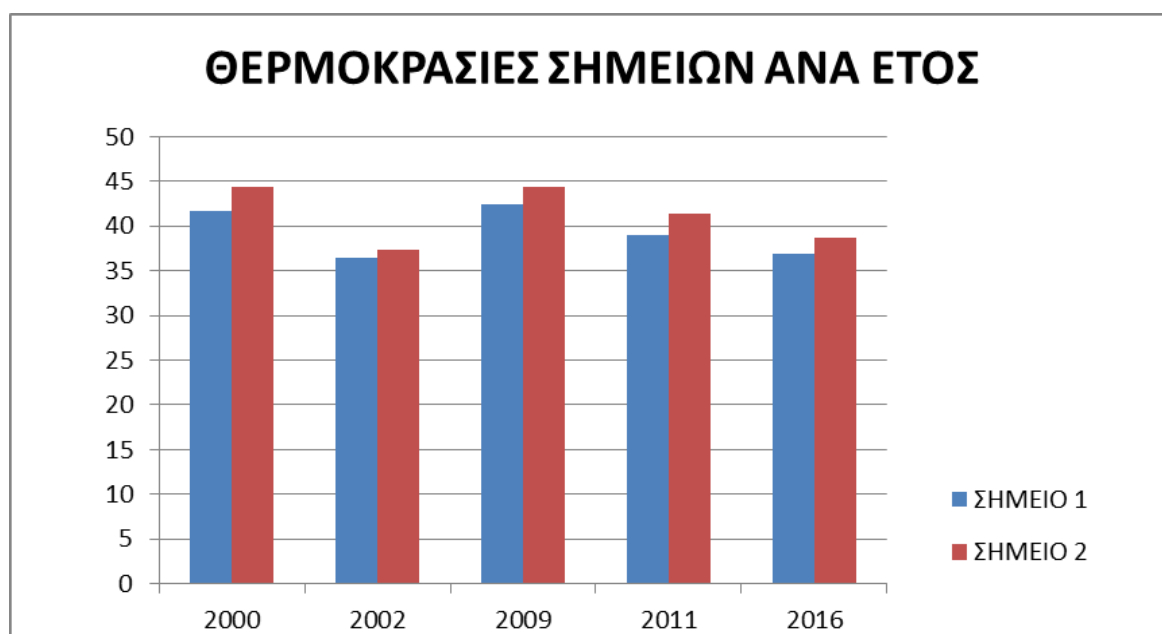
Εικόνα 35 : Ενδεικτική θέση σημείων μελέτης στο Google Earth, έτος 2002.



Εικόνα 36 : Ενδεικτική θέση σημείων μελέτης με χρωματική σκίαση στο Google Earth, έτος 2002.

Πίνακας 11 : Τιμές θερμοκρασίας στα σημεία 1 και 2 σε μη αστική περιοχή ανά έτος.

ΤΙΜΕΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΣΗΜΕΙΟΥ 1 ΚΑΙ 2 ΑΝΑ ΕΤΟΣ					
ΕΤΟΣ	2000	2002	2009	2011	2016
ΣΗΜΕΙΟ 1	41,69	36,38	42,44	39,05	36,97
ΣΗΜΕΙΟ 2	44,31	37,29	44,4	41,45	38,69



Γραφική Παράσταση 15 : Τιμές θερμοκρασίας στα σημεία 1 και 2 σε μη αστική περιοχή.

Οι θερμοκρασίες των δύο σημείων σε κάθε έτος έχουν μικρή διαφορά ενώ πρόκειται για το ίδιο εξίσου θερμές περιοχές με βάση την χρωματική σκίαση στο Google Earth. Λογική εξήγηση σε αυτό που συμβαίνει είναι η τοποθεσία του ήλιου κατά την διάρκεια λήψη της δορυφορικής εικόνας και η ύπαρξη η όχι βλάστησης/δέντρων. Πρόκειται για δορυφορικές εικόνες με ίδια περίοδο λήψη όμως δεν μπορεί να τεθεί σαν δεδομένο ότι τα χαρακτηριστικά έντασης και εκπομπής ηλιακής ακτινοβολίας είναι σταθερά από έτος σε έτος. Οι περιοχές χρωματισμένες με κόκκινο αποδεικνύουν ότι ο ήλιος βρισκόταν απέναντι και οι περιοχές με κίτρινο – πράσινο χρώμα κρύβονται από τον ήλιο και λογικά θα παρουσιάζουν χαμηλότερες τιμές θερμοκρασίας. Στις περιοχές όπου το κόκκινο εμφανίζεται εντονότερο οφείλεται στην

περεταίρω ύπαρξη δέντρων και στην ικανότητα αυτών να μεταβάλλουν απότομα την θερμοκρασία τους κατά την διάρκεια της μέρας.

6 Συμπεράσματα

Η παρούσα ερευνητική μελέτη μέσω της προτεινόμενης μεθοδολογία χρήσης τηλεπισκοπικών μέσων μελετάται η ένταση του φαινομένου της Θερμικής Αστικής Νησίδας στην περιοχή της Λεμεσού και επιτυγχάνεται ανάκτηση δεδομένων της θερμοκρασίας στην περιοχή μελέτης. Οι θερμικές εικόνες που ανακτήθηκαν μέσω του προγράμματος ENVI 4.8 εξετάστηκαν προσεκτικά και διαπιστώνεται ότι οι πυκνοκατοικημένες περιοχές και οι περιοχές με χώρους πρασίνου παρουσιάζουν μειωμένες τιμές θερμοκρασίας, χαρακτηρίζοντας τις σαν ψυχρές περιοχές, και οι ανοικτοί χώροι αυξημένες τιμές θερμοκρασίας κατά την διάρκεια της ημέρας. Όσο αφορά τις αυξημένες θερμοκρασίες των πυκνοκατοικημένων περιοχών αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι οι επιφάνειες των κτιρίων και των δρόμων έχουν μειωμένη ανακλαστικότητα και αυξημένη θερμοχωρητικότητα κατά την διάρκεια της ημέρας και έτσι λιγότερο εκπέμπουν την ηλιακή ακτινοβολία και περισσότερο την απορροφούν. Με την δύση του ήλιου τα υλικά αυτά ψύχονται περισσότερο και λόγω χαμηλής ανακλαστικότητας προκαλείται περισσότερη πτώση θερμοκρασίας κατά την διάρκεια της νύχτας. Παρά το γεγονός ότι οι επικρατούν υψηλότερες τιμές θερμοκρασίας κατά την διάρκεια της ημέρας, εντός αστικής περιοχής, η ένταση του φαινομένου είναι ισχυρότερη κατά την διάρκεια της νύχτας. Τα αποτελέσματα της μελέτης της ευρύτερης περιοχής της Λεμεσού έδειξαν ότι η ένταση του φαινομένου κυμαίνεται στου 1,5 – 2,5 C° σε περιφέρεια 15 km από την περιοχή μελέτης για τα έτη 2000 και 2002.

Η εξέλιξη της μελέτης του φαινομένου προσδιορίζει ότι οι παράγοντες που συμβάλουν σημαντικά στην εμφάνιση και ενίσχυση της έντασης του φαινομένου συμβάλουν είναι οι ανθρωπογενείς δραστηριότητες, τα υλικά δόμησης, η αστική γεωμετρία των περιοχών, η έλλειψη χώρων πρασίνου και περιβαλλοντικοί παράγοντες όπως η θέση ήλιου και η ταχύτητα των ανέμων.

Από τα αποτελέσματα της μελέτης επισημαίνεται το φαινόμενο είναι ασθενές κατά την διάρκεια της ημέρας και αυτό οφείλεται στην δημιουργία αστικών χαραδρών, φαινόμενο το οποίο σχετίζεται με την κυκλοφορία του ανέμου και την μεταβολή της στρωμάτωσης των θερμοκρασιών στις φυσικές χαράδρες μιας πόλης, οι οποίες σχηματίζονται από τις κατακόρυφες όψεις που περιβάλλουν ένα δρόμο. Επιπρόσθετα, στις πυκνοκατοικημένες

περιοχές λόγω της ύπαρξης σκουρόχρωμων επιφανειών στα κτίρια και στους δρόμους η ανακλαστικότητα είναι μειωμένη κατά την διάρκεια της ημέρας και γι αυτό τον λόγω παρατηρούνται αυξημένες θερμοκρασίες.

Σημαντικό ρόλο στην εξασθένηση του φαινομένου διαδραματίζουν οι επιφάνειες καλυμμένες από βλάστηση και δέντρα και αυτό βοηθά όχι μόνο με την σκίαση που προκαλούν αλλά και λόγω της λειτουργίας τους να ανακλούν το μεγαλύτερο μέρος της ηλιακής ακτινοβολίας που προσπίπτει στις κορυφές των δέντρων αφήνοντας μόνο ένα μικρό μέρος να περάσει σε κατώτερες περιοχές. Η μειωμένη ανακλαστικότητα που χαρακτηρίζει τα φυτά οδηγεί σε πτώση της θερμοκρασίας σε περιοχές με πράσινους χώρους και το γεγονός ότι κατά την διάρκεια της νύχτας η ηλιακή ακτινοβολία δεν υπάρχει, το επίπεδο της θερμοκρασίας μειώνεται περαιτέρω.

Περιβαλλοντικοί παράγοντες όπως η θέση του ήλιου σε σχέση με τα φυσικά χαρακτηριστικά του εδάφους επηρεάζουν αισθητά τα αποτελέσματα επιφανειακής θερμοκρασίας και εντατικοποιούν το φαινόμενο. Οι ερευνητική μελέτη έδειξε ότι σε μικρή απόσταση στην ημιαστική περιοχή της πόλης Λεμεσού δύο περιοχές παρουσιάζουν σημαντικές διαφορές στην θερμοκρασία λόγω της θέσης του ήλιου και του ανάγλυφου της περιοχής. Αυξημένες τιμές θερμοκρασίας έχουν οι περιοχές που βρίσκεται απέναντι ο ήλιος και λογικά με την κίνηση του ήλιου η επιφανειακή θερμοκρασία της περιοχής μεταβάλλεται από σημείο σε σημείο μέχρι την δύση του ήλιου.

Η συχνότητα λήψης δορυφορικών ψηφιακών τηλεπισκοπικών απεικονίσεων κάθε 16 ημέρες μπορεί να τεθεί σαν περιορισμός στην πλήρης κατανόηση της μεταβολής της έντασης του φαινομένου εντός του 24ώρου. Με συχνότητα λήψης απεικονίσεων της περιοχής μελέτης ανά ώρα θα ήταν ποσοτικά αντιληπτή η μεταβολή θερμοκρασιών από περιοχή σε περιοχή ,καθώς και οπτικά αντιληπτή η εξάπλωση του φαινομένου από την ημέρα μέχρι την νύχτα. Επιπρόσθετα, θα ήταν μια καλή ένδειξη της επιρροής που έχει αστική γεωμετρία, η διαμόρφωση του ανάγλυφου του εδάφους και άλλοι περιβαλλοντικοί παράγοντες καθώς και του προσδιορισμό συγκεκριμένων παραγόντων που θέτουν σε εντατικοποίηση το φαινόμενο σε αστικές περιοχές. Η ταυτοποίηση των χωρικών μεταβολών της θερμοκρασίας από τις ψηφιακές δορυφορικές απεικονίσεις εύκολα μπορούν να συγκριθούν με θερμοκρασιακά δεδομένα από θερμοκάμερα.

Εν κατακλείδι, οι χώροι πρασίνου και η επιλογή κατάλληλων υλικών είναι καλές πρακτικές εφαρμογές αντιμετώπισης του φαινομένου και μείωσης των επιδράσεων του στο φυσικό περιβάλλον και στο δομικό περιβάλλον επηρεάζοντας θετικά το ενεργειακό ισοζύγιο των κτιρίων.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Pinho O.S and M.D. Manso Orgaz : The urban heat island in a small city in coastal Portugal, *Int J Biometeorol* (2000) 44:198–203.
2. Moreno-Garcia MC. 1994. Intensity and form of the urban heat island in Barcelona. *International Journal of Climatology* 14: 705–710.
3. Konstantinos Kourtidis, User Consultation Meeting on Urban Heat Island (UHI), Athens, 8 June 2007.
4. Αλεξάνδρη, Ε. (2010). "ΜΕΤΡΙΑΣΜΟΣ ΤΟΥ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟΥ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΝΗΣΟΥ ΜΕΣΩ ΤΗΣ ΦΥΤΕΥΣΗΣ ΔΩΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΟΨΕΩΝ."
5. Ζησοπούλου Αδαμαντία. "Η Αντιμετώπιση του Φαινομένου της Θερμικής Νησίδας Μέσω του Στρατηγικού Σχεδιασμού της Βιώσιμης Ανάπτυξης του Ελληνικού Αστικού Περιβάλλοντος."
6. Oke, T. R., City size and the urban heat island. (1973). "Atmospheric Environment." 7, 769-779.
7. Oke, T.R.. (1982). "The energetic basis of the urban heat island. "Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society 108, 1–24.
8. Oke, T.R., και G.B. Maxwell. 'Urban heat island dynamics in Montreal and Vancouver'. *Atmospheric Environment* 9, τχ. 2: 191–200, 1975.

9. Ζησοπούλου, Α. (2011). "Η Αντιμετώπιση του Φαινομένου της Θερμικής Νησίδας Μέσω του Στρατηγικού Σχεδιασμού της Βιώσιμης Ανάπτυξης του Ελληνικού Αστικού Περιβάλλοντος." 1-7.
10. Αλεξάνδρη, Ε. (2010). "ΜΕΤΡΙΑΣΜΟΣ ΤΟΥ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟΥ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΝΗΣΟΥ ΜΕΣΩ ΤΗΣ ΦΥΤΕΥΣΗΣ ΔΩΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΟΨΕΩΝ." .
11. Baumann, P. "**Histoty of Remote Sensing, Satelite Imagery, Part 2.**
12. Anonymous (2006). "**Some Important Dates in the Chronological History of Aerial Photography and Remote Sensing.**" <http://www.geog.ucsb.edu/~jeff/115a/remotesensinghistory.html> .
13. Anonymous (29 Νοεμβρίου 2010). *Ecocity*, .
14. Anonymous (2014). "Σεμινάριο «Εισαγωγή στη Γεωπληροφορική»." <http://users.sch.gr/mppapado/downloads/tilepiskopisi.pdf>
15. Anonymous (20 Αυγούστου 2014). "Τα αίτια της θερμικής νησίδας ποσοτικοποιούνται για πρώτη φορά." *Econews*, .
16. Anonymous "Δορυφορική Τηλεπισκόπηση." http://ph338.edu.physics.uoc.gr/11a_Applications.pdf .
17. Anonymous (30 Αυγούστου 2016 Landat Science (<http://landsat.gsfc.nasa.gov/?p=5081>)