



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΔΟΜΟΣΤΑΤΙΚΗΣ

ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΘΕΩΡΗΣΗ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΔΟΜΗΣΗΣ ΣΤΑΣΕΩΝ ΤΟΥ ΤΡΑΜ ΣΤΗΝ ΑΘΗΝΑ



ΤΣΑΓΔΗ ΑΛΕΞΑΝΔΡΑ

ΤΣΙΡΟΓΙΑΝΝΗ ΑΘΗΝΑ

Επιβλέπων: Ιωάννης Τζουβαδάκης, Επίκουρος Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Νοέμβριος 2011

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Ευχαριστούμε θερμά τον κ. Ι.Τζουβαδάκη, επίκουρο καθηγητή της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών ΕΜΠ, για την ανάθεση της Διπλωματικής Εργασίας, την πολύτιμη καθοδήγησή του και την εξαιρετική συνεργασία μας. Αποτέλεσε για μας πηγή έμπνευσης για την ενασχόλησή μας και με άλλες πτυχές του γνωστικού αντικειμένου της Σχολής μας, όπως είναι ο βιοκλιματικός σχεδιασμός και ο ενεργειακός έλεγχος με εργαλείο τη θερμογραφία.

Θερμές ευχαριστίες και στην κ. Α. Σωτηροπούλου, επίκουρο καθηγήτρια της Σχολής μας, για τις γόνιμες υποδείξεις της σε ότι αφορά την αξιοποίηση των ερωτηματολογίων και την προσέγγισή της στο θέμα της θερμικής άνεσης.

Ευχαριστούμε το Εργαστήριο Μεταλλικών Κατασκευών της Σχολής μας που μας παρείχε τον απαραίτητο εξοπλισμό για να πραγματοποιήσουμε τις μετρήσεις.

Ευχαριστούμε θερμά τον κ. Γεώργιο Προβελέγγιο, αρχιτέκτων μηχανικό που ανέλαβε την αρχιτεκτονική μελέτη των στάσεων του τραμ, για τις χρήσιμες τεχνικές πληροφορίες που μας παρείχε και όλες τις εποικοδομητικές παρατηρήσεις του.

Ευχαριστούμε πολύ τον εγκάρδιο φίλο μας, Ι. Μαχαιράκη, πτυχιούχο οικονομολόγο του Οικονομικού Πανεπιστημίου Αθηνών για την πολύτιμη βοήθειά του στο χειρισμό του στατιστικού προγράμματος SPSS και τις στατιστικές του γνώσεις.

Τέλος, ευχαριστούμε τις οικογένειές μας και κάθε έναν από τους φίλους μας που συνέβαλε στο να κάνουμε όλοι μαζί τα χρόνια των σπουδών μας ανεκτίμητα.

ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΘΕΩΡΗΣΗ ΤΩΝ ΔΟΜΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΣΤΑΣΕΩΝ ΤΟΥ TRAM ΑΘΗΝΑΣ

Τσαγδή Αλεξάνδρα και Τσιρογιάννη Αθηνά

Επιβλέπων: Ιωάννης Τζουβαδάκης, Επίκουρος Καθηγητής Ε.Μ.Π.

ΣΥΝΟΨΗ

Ο στόχος της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η βιοκλιματική προσέγγιση των δομικών υλικών που απαρτίζουν τις στάσεις του τραμ στην Αθήνα, στο πλαίσιο του βιοκλιματικού σχεδιασμού των υπαίθριων αστικών χώρων. Επιχειρείται η κατανόηση του τρόπου με τον οποίο τα υλικά που χρησιμοποιούνται στις εξωτερικές επιφάνειες των πόλεων συμμετέχουν στις διαδικασίες μετάδοσης θερμότητας, και επηρεάζουν το αστικό μικροκλίμα και τις συνθήκες θερμικής άνεσης. Ειδικότερα, διερευνάται η θερμική συμπεριφορά των κυριότερων υλικών που συναντώνται στις στάσεις του τραμ. Η τεκμηρίωση της θερμικής συμπεριφοράς βασίζεται σε μετρήσεις που έλαβαν χώρα τόσο τη χειμερινή όσο και τη καλοκαιρινή περίοδο, κατά τη διάρκεια των οποίων μετρήθηκαν με θερμοκάμερα οι επιφανειακές θερμοκρασίες που αναπτύσσουν τα υλικά ενώ παράλληλα καταγράφηκαν με κατάλληλα όργανα τα μετεωρολογικά δεδομένα που επικρατούσαν στο περιβάλλον κάθε στάσης. Όπως προέκυψε από την επεξεργασία των μετρήσεων, τα δομικά υλικά των στάσεων του τραμ διαμορφώνουν ικανοποιητικές συνθήκες θερμικής άνεσης στο περιβάλλον των στάσεων, καθιστώντας την όλη κατασκευή βιοκλιματική και υποδειγματική για το σχεδιασμό υπαίθριων αστικών χώρων που εξυπηρετούν τις μεταφορικές ανάγκες των χρηστών.

**BIOCLIMATIC CONSIDERATION OF STRUCTURAL MATERIALS OF
TRAM STOPS IN ATHENS**

Tsagdi Alexandra and Tsirogianni Athina

Supervisor: Tzouvadakis Ioannis, Assistant Professor, NTUA

ABSTRACT

The aim of this thesis is to present a bioclimatic approach to the structural materials used for the construction of tram stops in Athens, in the context of the bioclimatic design of urban outdoor spaces. There is an attempt to comprehend the way that these materials, used at the external surfaces of the cities, are involved in heat transfer processes affecting the urban microclimate and the thermal comfort conditions. More specifically, this thesis investigates the thermal behavior of the most common materials used in the construction of tram stops. The documentation of the thermal behavior is built on measurements that took place both in winter and summer season, during which were measured the surface temperatures developed by the materials with the use of a thermal imaging camera, while, at the same time, with the appropriate equipment was noted down the meteorological data prevailing in the tram stations' environment. Based on the elaboration of measurements it is deduced that the structural materials of the tram stops create satisfying conditions of thermal comfort in the stations' environment, making, thus, the whole construction bioclimatic, as well as exemplary for the design of urban open spaces that serve the passengers' needs.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 : ΤΟ TRAM

1.1 Ανασκόπηση στο παρελθόν

1.2 Το τραμ στις μέρες μας

1.2.1 Μια πρώτη γνωριμία

1.2.2 Το δίκτυο του τραμ και οι υποδομές

1.2.3 Περιβαλλοντική συνείδηση και σεβασμός στον πολίτη

1.2.4 Το τραμ στον κόσμο

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ

2.1 Εισαγωγή

2.1.1 Εισαγωγή στην έννοια

2.1.2 Ιστορική αναδρομή

2.2 Θερμική συμπεριφορά της πόλης

2.3 Βιοκλιματικός σχεδιασμός των αστικών υπαίθριων χώρων

2.3.1 Εισαγωγή στην έννοια

2.3.2 Χαρακτηριστικά και προβλήματα των υπαίθριων αστικών χώρων στο μεσογειακό κλίμα

2.3.3 Κριτήρια βιοκλιματικού σχεδιασμού υπαίθριων χώρων

2.3.4 Ο σημαντικός ρόλος του αστικού πρασίνου στη βελτίωση του αστικού μικροκλίματος

2.3.5 Έλεγχος ηλιασμού-σκιασμού του χώρου

2.3.6 Άνεμος

2.3.6.1 Συνθήκες-χαρακτηριστικά ανέμου

2.3.6.2 Ανεμοπροστασία

2.3.7 Θερμική άνεση

2.3.7.1 Ορισμός

2.3.7.2 Παράμετροι θερμικής άνεσης

2.3.7.3 Δείκτες θερμικής άνεσης

2.3.7.4 Πρότυπο θερμικής άνεσης Fanger

2.3.7.5 Ο γενικός Δείκτης Δυσφορίας DI (Discomfort Index)

2.3.7.6 Πώς επηρεάζουμε την θερμική άνεση σε έναν υπαίθριο χώρο

- 2.3.8 Οπτική άνεση
- 2.3.9 Ηχητικό περιβάλλον και ακουστική άνεση

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΥΠΕΡΥΘΡΗ ΘΕΡΜΟΓΡΑΦΙΑ

3.1 Εισαγωγή στην υπέρυθρη θερμογραφία (Infrared Thermography)

3.2 Υπέρυθρη ακτινοβολία (infrared radiation)

3.3 Βασικές αρχές υπέρυθρης θερμογραφίας

- 3.3.1 Μεταφορά θερμότητας με ακτινοβολία
- 3.3.2 Παράμετροι ακτινοβολίας σώματος
- 3.3.3 Συντελεστής εκπομπής ϵ (emissivity)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΔΟΜΙΚΑ ΥΛΙΚΑ

4.1 Η επίδραση των υλικών στη διαμόρφωση του μικροκλίματος

4.2 Θερμικές ιδιότητες των δομικών υλικών

4.3 Ψυχρά υλικά

4.4 Υλικά επίστρωσης υπαίθριων χώρων

4.5 Η επίδραση της βλάστησης στους υπαίθριους χώρους

4.6 Κριτήρια επιλογής δομικών υλικών υπαίθριων χώρων

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΈΡΕΥΝΑ ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΤΩΝ ΔΟΜΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΤΩΝ ΣΤΑΣΕΩΝ ΤΟΥ TRAM

5.1 Μορφολογία στάσεων τραμ

5.2 Διεξαγωγή μετρήσεων-καταγραφικός εξοπλισμός

5.3 Αποτελέσματα χειμερινών μετρήσεων-μετεωρολογικά δεδομένα

5.4 Αποτελέσματα καλοκαιρινών μετρήσεων- μετεωρολογικά δεδομένα

5.5 Αποτελέσματα θερμογράφησης

5.6 Επεξεργασία θερμοφωτογραφιών

- 5.6.1 Λογισμικό επεξεργασίας θερμοφωτογραφιών
- 5.6.2 Αποτελέσματα επεξεργασίας χειμερινών θερμοφωτογραφιών
- 5.6.3 Αποτελέσματα επεξεργασίας καλοκαιρινών θερμοφωτογραφιών
- 5.6.4 Διαγράμματα θερμικής συμπεριφοράς των υλικών κατά τη διάρκεια της ημέρας

5.7 Δημοσκόπηση επιβατών με χρήση ερωτηματολογίων

- 5.7.1 Επεξεργασία ερωτηματολογίων με χρήση διαγραμμάτων Excel
- 5.7.2.Επεξεργασία ερωτηματολογίων με χρήση του στατιστικού προγράμματος SPSS

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

ΕΠΙΛΟΓΟΣ
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Κατάλογος εικόνων

Εικόνα 1.1 : Τα πρώτα τραμ

Εικόνα 1.2 : Τα πρώτα τραμ

Εικόνα 1.3 : Το σύγχρονο τραμ

Εικόνα 1.4:Το δίκτυο του τραμ

Εικόνα 1.5 : Tram station, Alicante, Spain

Εικόνα 1.6: Tram stop, Alicante, Spain

Εικόνα 1.7: Tram stop, Munich, Germany

Εικόνα 1.8: Tram stop, Sankt Gallen, Switzerland

Εικόνα 1.9 : Tram stop, Barcelona, Spain

Εικόνα 1.10 : Tram stop, Alicante, Spain

Εικόνα 1.11: Tram stop, Melbourne, Australia

Εικόνα 2.1: Το φαινόμενο της θερμικής νησίδας

Εικόνα 2.2: Θερμογραφήματα και αντίστοιχες εικόνες της πόλης μία καλοκαιρινή ημέρα

Εικόνα 2.3: Το φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας - Η θετική επίδραση του πρασίνου

Εικόνα 2.4 :Το φαινόμενο Canyon & και το φαινόμενο της θερμικής νησίδας

Εικόνα 2.5: Tram station, Alicante,Spain

Εικόνα 2.6: Στάση τραμ Φιξ, Αθήνα

Εικόνα 2.7: Σκιασμός ελεύθερου χώρου από τα παρόδια κτίρια

Εικόνα 2.8: Έλεγχος σκιασμού-ηλιασμού των χώρων μέσω φύτευσης

Εικόνα 2.9: Σκίαση νότιας όψης κτηρίου από φυλλοβόλο δέντρο

Εικόνα 2.10: Τεχνητές και φυσικές διατάξεις ελεύθερου βυθισμένου χώρου

Εικόνα 2.11: Χρήση δέντρων ως ανεμοφράκτες για την προστασία του κτιρίου από τους ψυχρούς ανέμους

Εικόνα 2.12 : Άποψη του ιστοχώρου www.airquality.gr

Εικόνα 3.1: Το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα

Εικόνα 4.1: Τιμές albedo τυπικών αστικών δομικών υλικών

Εικόνα 4.2: Θερμική συμπεριφορά ασφάλτου κατά τη θερινή περίοδο

Εικόνα 4.3: Πλατεία οδού Ευτέρπης-Δάφνη, κεραμικό δάπεδο τύπου κουρασάνι

Εικόνα 4.4: Η επίδραση του πρασίνου στους υπαίθριους χώρους

Εικόνα 5.1 : Στέγαστρο στάσης τραμ (στάση Μοσχάτο)

Εικόνα 5.2 : Διάδρομος κίνησης τραμ επιστρωμένος με χλοοτάπητα (στάση Παραλία Γλυφάδας)

Εικόνα 5.3:Υαλοπίνακας στεγάστρου (στάση Λ.Βουλιαγμένης)

Εικόνα 5.4: Λειτουργία θερμοκάμερας

Εικόνα 5.5: Διαδρομή ακτινοβολίας μέχρι τη θερμογραφική κάμερα

Κατάλογος σχημάτων :

Σχήμα 2.1: Βαθμωτή κλίμακα θερμικής άνεσης

Κατάλογος διαγραμμάτων:

Διάγραμμα 2.1: Δείκτης PPD συναρτήσει του δείκτη PMV

Διαγράμματα θερμικής συμπεριφοράς υλικών στάσεων τραμ

Κατάλογος πινάκων :

Πίνακας 2.1: Όρια Δείκτη DI

Πίνακας 2.2 : Τιμές ανακλαστικότητας των υλικών επίστρωσης των δαπέδων ελεύθερων χώρων

Πίνακας 4.1: Τιμές συντελεστή ανάκλασης βασικών οικοδομικών υλικών και χρωμάτων

Πίνακας 4.2 :Ιδιότητες των πιο συνηθών οικοδομικών υλικών που χρησιμοποιούνται ως επιστρώσεις υπαίθριων χώρων

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Αρχικά, στο **κεφάλαιο 1** γίνεται μια πρώτη γνωριμία με το τραμ, την ιστορία του, το δίκτυο του και τη μορφή του στη σύγχρονη εποχή ανά τον κόσμο.

Ακολουθεί το **κεφάλαιο 2** όπου εισάγεται η έννοια του βιοκλιματικού σχεδιασμού και ειδικότερα οι αρχές που τον διέπουν σε ό,τι αφορά τους υπαίθριους αστικούς χώρους. Αναλύονται οι παράμετροι που επηρεάζουν τη θερμική συμπεριφορά της πόλης και διαμορφώνουν τις συνθήκες θερμικής άνεσης.

Στο **κεφάλαιο 3** γίνεται μια αναλυτική περιγραφή της θερμογραφίας αλλά και των αρχών και των χαρακτηριστικών λειτουργίας της υπέρυθρης κάμερας. Συγκεκριμένα εξετάζεται η μεταφορά θερμότητας με ακτινοβολία και εισάγεται η έννοια του συντελεστή εκπομπής ως κρίσιμότερη παράμετρος ακτινοβολίας των σωμάτων.

Στο **κεφάλαιο 4** αναλύονται οι θερμικές ιδιότητες των δομικών υλικών που κατά κύριο λόγο συνθέτουν το αστικό περιβάλλον κι εξετάζεται εκτενέστερα η χρήση ψυχρών υλικών για τη βελτίωση των συνθηκών θερμικής άνεσης σε συνδυασμό με την παρουσία βλάστησης.

Στο **κεφάλαιο 5** γίνεται μια συνοπτική παρουσίαση της μορφολογίας των στάσεων του τραμ και μια καλύτερη γνωριμία με τα δομικά υλικά που τις αποτελούν και τα οποία μελετήθηκαν στην παρούσα διπλωματική. Επίσης, παρουσιάζονται οι επί τόπου μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν κατά μήκος του δικτύου των στάσεων κατά τη χειμερινή και καλοκαιρινή περίοδο του 2010. Οι μετρήσεις αφορούν τόσο τα μετεωρολογικά δεδομένα της κάθε στάσης όσο και αντίστοιχη θερμογράφησή της. Επίσης αναλύεται το λογισμικό επεξεργασίας των θερμοφωτογραφιών, ακολουθεί η επεξεργασία τους και τα αποτελέσματα αυτής απεικονίζονται σε κατάλληλα διαγράμματα. Επιπλέον κατά τη διάρκεια των καλοκαιρινών μετρήσεων πραγματοποιήθηκαν συνεντεύξεις σε δείγμα 50 χρηστών, τα αποτελέσματα των οποίων ερμηνεύονται με τη χρήση του στατιστικού προγράμματος SPSS και τη χρήση κατάλληλων γραφημάτων Excel.

Στη συνέχεια παρατίθενται τα συμπεράσματα της έρευνας.

Τέλος, αναφέρονται οι βιβλιογραφικές αναφορές που χρησιμοποιήθηκαν ως πηγές κατά τη διάρκεια της εκπόνησης της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 : ΤΟ ΤΡΑΜ

1.1 Ανασκόπηση στο παρελθόν

Τα πρώτα τραμ έκαναν την εμφάνισή τους στους δρόμους της Αθήνας το 1882. Ήταν ελαφρά οχήματα, κλειστά το χειμώνα με 16 θέσεις και ανοιχτά το καλοκαίρι με 20 θέσεις, τα οποία έλκονταν από τρία άλογα. Τα 800, συνολικώς, άλογα ήταν μικρασιάτικα, μικρόσωμα και νευρώδη, αλλά κατάλληλα για τις επικλινείς οδούς της Αθήνας και τις συνεχείς στάσεις.

Αυτές οι πρώτες γραμμές συνέδεσαν το κέντρο της Αθήνας με τα τότε προάστια, δηλαδή τα Πατήσια,

τους Αμπελοκήπους

και την

Κολοκυνθού, καθώς

και την Πλατεία

Ομονοίας με το

Σύνταγμα, το Γκάζι

και το Κεραμεικό

Δίπυλο, ενώ

αργότερα, το 1902,



εξυπηρέτησαν τις

οδούς Ιπποκράτους,

Μητροπόλεως και Αχαρνών.

Εικόνα 1.1 : Τα πρώτα τραμ , Πηγή : [34]

Το ατμήλατο τραμ του Φαλήρου ξεκίνησε να λειτουργεί το 1887. Με αφετηρία μπροστά στην Ακαδημία Αθηνών, διέσχιζε τις λεωφόρους Πανεπιστημίου, Αμαλίας και Θησέως, έφτανε στις Τζιτζιφιές, κι από εκεί, μέσω της παραλιακής λεωφόρου, κατέληγε στο Φάληρο, όπου υπήρχαν τότε παραθαλάσσια κέντρα αναψυχής και θαλάσσια λουτρά. Στις 30 Οκτωβρίου του 1908 κυκλοφόρησαν τα πρώτα ηλεκτρικά τραμ, τα οποία επρόκειτο να αντικαταστήσουν σταδιακώς τα ιππήλατα.

Τα επόμενα δύο χρόνια, το δίκτυο του τραμ απέκτησε 257 οχήματα -150 κινητήρια και 107 ρυμουλκούμενα- μαζί με τα παλιά, που επαναχρησιμοποιήθηκαν ως ρυμουλκούμενα.



Εικόνα 1.2 : Τα πρώτα τραμ, Πηγή: [34]

Τα βαγόνια ήταν

βελγικής κατασκευής, κλειστά, με ηλεκτροφωτισμό και πρωτοποριακώς τοποθετημένα αναπαυτικά καθίσματα, με πρόβλεψη για 16 θέσεις καθήμενων και 14 ορθίων, με δύο κινητήρες ιδανικούς για τις κλίσεις των αθηναϊκών γραμμών και με μπεζ χρωματισμό. Τόση ήταν η εντύπωση που προξένησαν τα νέα τραμ στους Αθηναίους, ώστε πολλοί ταξίδευαν ως το τέρμα και επέστρεφαν, χωρίς άλλο σκοπό, μόνο και μόνο για να απολαύσουν την άνεση της διαδρομής, η οποία άλλωστε δεν κόστιζε παρά μια δεκάρα.

Το 1939 εκποιείται μεγάλος αριθμός ρυμουλκούμενων οχημάτων βελγικής κατασκευής, ενώ όλα τα εν χρήση τροchioδρομικά οχήματα ανακαινίζονται και το χρώμα τους γίνεται βαθύ πράσινο, εξ ου και η ονομασία «πράσινα». Την επόμενη χρονιά παραλαμβάνονται τα 60 μεγάλα, σύγχρονα τροchioδρομικά οχήματα που προέβλεπε η συμπληρωματική σύμβαση που είχε συνάψει το Ελληνικό Δημόσιο το 1937. Τα νέα οχήματα, γνωστά ως «κίτρινα», λόγω του χρώματός τους, είχαν κατασκευασθεί από την ιταλική κοινοπραξία OM/CGE/Breda του Μιλάνου και ξεχώριζαν για τον αεροδυναμικό σχεδιασμό τους, που είχε ως πρότυπο τα τραμ του Μιλάνου.

Στις 28 Οκτωβρίου 1940, οι τροchioδρομοί της Αθήνας συμμετέχουν στην επιστράτευση. Είναι κλασικές πλέον οι εικόνες των υπερφορτωμένων τραμ με τους ενθουσιώδεις επίστρατους που έσπευδαν να παρουσιαστούν και να φύγουν για το

μέτωπο. Μετά την Κατοχή αρχίζει η φθίνουσα πορεία των τραμ της Αθήνας, με την κατάργηση ορισμένων γραμμών. Η πραγματική, όμως, κατάργηση συμπίπτει με το θεαματικό ξήλωμα των σιδηροτροχιών στον κόμβο των Χαυτείων, από συνεργεία του Υπουργείου Δημοσίων Έργων, τις πρώτες πρωινές ώρες της 16ης Νοεμβρίου 1953, και τον επακόλουθο παροπλισμό των γραμμών Πατησίων - Αμπελοκήπων και Κυψέλης – Παγκρατίου. Το τελευταίο κουδούνισμα από καμπανάκι αθηναϊκού τραμ ακούστηκε έξω από το αμαξοστάσιο της Αγίας Τριάδας Κεραμεικού, τα μεσάνυχτα της 15ης προς 16η Οκτωβρίου του 1960.

Τα τραμ, πράσινα ή κίτρινα, που στα 52 χρόνια της ζωής τους διακίνησαν κάπου 3 δισεκατομμύρια άτομα, δεν επρόκειτο να ξαναδούν τους δρόμους της Αθήνας. Παρέμενε, ωστόσο, η γραμμή του τραμ του Περάματος. Στις 4 Απριλίου 1977, το τραμ του Περάματος, κάνει το τελευταίο του δρομολόγιο. Τότε γράφτηκε ο επίλογος της πρώτης περιόδου του ελληνικού τραμ. [34]

1.2 Το τραμ στις μέρες μας

1.2.1 Μια πρώτη γνωριμία

Το τραμ επέστρεψε θριαμβευτικά 44 χρόνια μετά στους δρόμους της πρωτεύουσας, σύγχρονο και τεχνολογικά προηγμένο. Ξεκίνησε τη λειτουργία του στις 19 Ιουλίου 2004, ταυτόχρονα με τους Ολυμπιακούς Αγώνες της Αθήνας. Οι στίχοι "περπάτα να προλάβουμε το τραμ το τελευταίο" του ομότιτλου

ρομαντικού τραγουδιού γίνονται ξανά επίκαιροι. Με τη διαφορά ότι το τραμ του 2004 είναι σχεδόν αθόρυβο και μελωδικό, το καμπανάκι αντικαταστάθηκε από το ραδιοφωνικό μουσικό πρόγραμμα και τις οθόνες ψυχαγωγίας και ενημέρωσης των επιβατών. Το τραμ περιλαμβάνει 27 χιλιόμετρα διπλής γραμμής, στις οποίες κινούνται 35 οχήματα, εξυπηρετώντας 48 στάσεις. Το σταθερό πλάτος της γραμμής είναι 1,435 m. Η μεταφορική του ικανότητα είναι 56 καθημένοι επιβάτες, συμπεριλαμβανομένων των ειδικά διαμορφωμένων θέσεων για τα άτομα με ειδικές






Εικόνα 1.3 : Το σύγχρονο τραμ, Πηγή : [34]

ανάγκες και πάνω από 200 όρθιοι επιβάτες. Κινείται με ταχύτητα αφού με τη χρήση αποκλειστικού διαδρόμου παρακάμπτει τα κυκλοφοριακά προβλήματα. Μάλιστα η ΤΡΑΜ Α.Ε., κατασκευάστρια εταιρεία του έργου, προχώρησε στην αναβάθμιση του «Πράσινου Κύματος», του συστήματος αυτόματης παραχώρησης προτεραιότητας στα οχήματα τραμ σε κεντρικούς κόμβους και διασταυρώσεις. Τηρεί με ακρίβεια το ωρολόγιο πρόγραμμα των δρομολογίων του, ενώ παράλληλα διαθέτει σύστημα για την άμεση ενημέρωση του κοινού εντός και εκτός των οχημάτων του. Συμπεριλαμβανομένου του Αστικού Σχεδιασμού, το κόστος του έργου ανήλθε σε 230 εκατομμύρια ευρώ. Μέσα στους 30 μήνες κατασκευής του απασχολήθηκαν πάνω από 900 εργαζόμενοι, 120 από τους οποίους ήταν μηχανικοί [34].

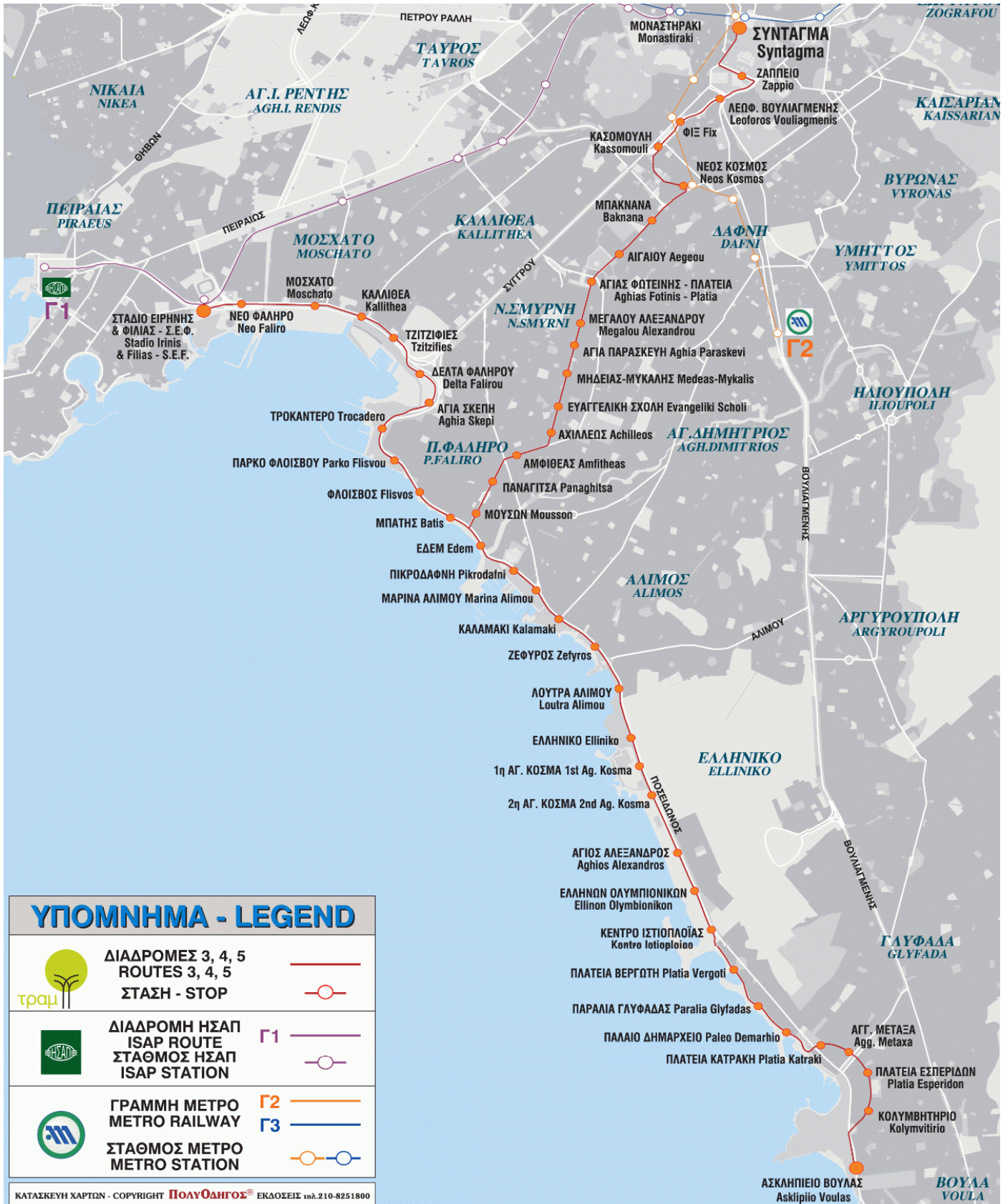
1.2.2 Το δίκτυο του τραμ και οι υποδομές

Οι διαδρομές του τραμ είναι οι εξής:

-  ΘΟΥΚΥΔΙΔΗΣ 3: ΣΕΦ - ΑΣΚΛΗΠΙΕΙΟ ΒΟΥΛΑΣ
-  ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΗΣ 4: ΣΥΝΤΑΓΜΑ - ΣΕΦ
-  ΠΛΑΤΩΝΑΣ 5: ΣΥΝΤΑΓΜΑ – ΑΣΚΛ. ΒΟΥΛΑΣ

Το δίκτυο του τραμ διαθέτει συνολικά 48 στάσεις, εκ των οποίων οι τρεις, «ΣΥΝΤΑΓΜΑ», «ΣΕΦ» και «ΑΣΚΛΗΠΙΕΙΟ ΒΟΥΛΑΣ», είναι τερματικές. Σε 16 στάσεις οι αποβάθρες είναι κεντρικές, σε 30 στάσεις οι αποβάθρες είναι πλευρικές, ενώ στις τερματικές στάσεις «ΣΕΦ» και «ΑΣΚΛΗΠΙΕΙΟ ΒΟΥΛΑΣ» υπάρχουν δύο κεντρικές αποβάθρες. Κάθε στάση διαθέτει καθίσματα και στέγαστρα αναμονής επιβατών, οπτικό και ηχητικό σύστημα πληροφόρησης, εκδοτικά και ακυρωτικά μηχανήματα, οικίσκο ηλεκτρονικού εξοπλισμού, πλαίσια προβολής πληροφοριακού υλικού (π.χ. χάρτες), ρολόι, καλάθια απορριμμάτων, οικίσκο ηλεκτρονικών συστημάτων, φωτισμό και κλειστό κύκλωμα τηλεόρασης.

Στις στάσεις έχει εγκατασταθεί σύστημα πληροφόρησης των επιβατών μέσω ηχητικών ανακοινώσεων και μέσω πινακίδων μεταβλητών μηνυμάτων (τηλεματική) για τους χρόνους άφιξης των τραμ στη στάση, για τυχόν καθυστερήσεις ή αποκλίσεις στα δρομολόγια και για άλλες επιπρόσθετες πληροφορίες. Επίσης, υπάρχει τηλέφωνο επείγουσας κλήσης (emergency phone), το οποίο χρησιμοποιείται μόνο σε περιπτώσεις εκτάκτου ανάγκης για επικοινωνία με το Κέντρο Ελέγχου Λειτουργίας ή σε περιπτώσεις εργασιών στο δίκτυο [34].



Εικόνα 1.4:Το δίκτυο του τραμ, Πηγή:[34]

1.2.3 Περιβαλλοντική συνείδηση και σεβασμός στον πολίτη

Η πρόσβαση των ατόμων με κινητικά προβλήματα στο τραμ γίνεται με το ίδιο επίπεδο, απευθείας χωρίς ύπαρξη σκαλοπατιών, η πρόσβαση στις στάσεις γίνεται από ράμπες, ενώ επίσης έχουν προβλεφθεί ειδικές θέσεις εντός των οχημάτων για την εξυπηρέτησή τους. Η κίνηση των ατόμων με προβλήματα όρασης γίνεται μέσω της κατασκευασθείσας ειδικής πορείας στις στάσεις και μέσω ηχητικών σημάτων εντός και εκτός του οχήματος.

Πέρα από το ότι είναι ηλεκτροκίνητο, το τραμ διαθέτει μονάδα καθαρισμού υγρών αποβλήτων στο αμαξοστάσιο, προωθεί, επίσης, την ανακύκλωση στη πηγή διαθέτοντας κάδους αποκομιδής απορριμμάτων χαρτιού, γυαλιού, αλουμινίου και γενικών απορριμμάτων σε κάθε στάση. Παράλληλα, με τη κατασκευή ειδικής υποδομής του τροchioδρόμου, εξασφαλίζεται η πλήρης αντικραδασμική και αντιθορυβική προστασία, στις αστικές περιοχές που κινείται.

Αναβάθμισε αισθητικά και βελτίωσε τις υποδομές των περιοχών από τις οποίες διέρχεται με την αναμόρφωση της ευρύτερης ζώνης των γραμμών του. Στις περιοχές που γειτνιάζουν με το δίκτυο του τραμ φυτεύτηκαν δέντρα, θάμνοι και καλλωπιστικά φυτά. Επιπλέον έχει φυτευτεί και συντηρείται χλοοτάπητας στο μεγαλύτερο μέρος του διαδρόμου διέλευσης του τραμ.

Τέλος προωθεί τη συνδυασμένη μεταφορά “ποδήλατο-τραμ-ποδήλατο” επιτρέποντας την είσοδο στους κατόχους ποδηλάτων για τη διευκόλυνση των μετακινήσεών τους και μάλιστα άνευ περιορισμού ημέρας και ώρας.

1.2.4 Το τραμ στον κόσμο

Το τραμ της Αθήνας έρχεται να προστεθεί στην «οικογένεια» των νέων τραμ των Ευρωπαϊκών πόλεων, ανάλογο εκείνων του Παρισιού, των Βρυξελλών, του Στρασβούργου, της Λυών, του Μονπελιέ, της Γκρενόμπλ, του Αννόβερου, της Στουτγάρδης, της Κολωνίας και του Μάντσεστερ, ως προς τα τεχνικά και μορφολογικά του χαρακτηριστικά.

Πόλεις με πληθυσμό αντίστοιχο της Αθήνας διαθέτουν εκτεταμένα δίκτυα τραμ: η Μελβούρνη διαθέτει δίκτυο τραμ 240 χιλιομέτρων και 28 γραμμών, το Βερολίνο 182 χιλιομέτρων και 28 γραμμών, η Αγ. Πετρούπολη 678 χιλιομέτρων και 65 γραμμών, το Μιλάνο 168 χιλιομέτρων και 16 γραμμών. Δε λείπουν και πόλεις με μικρότερο πληθυσμό από αυτόν την Αθήνας, οι οποίες ωστόσο διαθέτουν μεγάλα δίκτυα τραμ: η



Εικόνα 1.5 : Tram station, Alicante, Spain ,

Πηγή::www.mimoa.eu

Βιέννη έχει 183 χιλιόμετρα σε 33 γραμμές, το

Άμστερνταμ 138 χιλιόμετρα σε 17 γραμμές, οι Βρυξέλλες 133 χιλιόμετρα σε 15 γραμμές και η Πράγα 494 χιλιόμετρα σε 31 γραμμές.

Σε περισσότερες από 400 πόλεις σε ολόκληρο τον κόσμο λειτουργούν γραμμές τραμ (εκ των οποίων στις 72 κατασκευάστηκαν πρόσφατα εξυπαρχής). Είναι το συγκοινωνιακό μέσο που αναπτύσσεται με τον πλέον δυναμικό τρόπο. Στις

μέρες μας κατασκευάζονται γραμμές τραμ σε 27 ακόμη πόλεις, ενώ έχει αποφασιστεί η κατασκευή τους σε άλλες 72 πόλεις, σε ολόκληρο τον κόσμο.

Στις πόλεις που πρόσφατα επανέφεραν, εκσυγχρόνισαν ή επέκτειναν το δίκτυο τραμ συγκαταλέγονται το Αννόβερο, η Βέρνη, η Βασιλεία, η Βουδαπέστη, η Γκρενόμπλ, η Στουτγάρδη, η Βόννη, η Ζυρίχη, το Μάντσεστερ, το Ντύσελντορφ, το Λος Άντζελες, η Βοστώνη, το Σαν Φρανσίσκο, το Σακραμέντο, το Μπουένος Άιρες, το Χονγκ Κονγκ, η Βαλένθια, το Τορίνο, το Στρασβούργο, η Κωνσταντινούπολη, το Ικόνιο, το Μπάφαλο, το Πόρτλαντ και το Σαν Ντιέγκο [34].



Εικόνα 1.6: Tram stop, Alicante, Spain, Πηγή: www.mimoa.eu



Εικόνα 1.7: Tram stop, Munich, Germany, Πηγή: www.graitec.com



Εικόνα 1.8: Tram stop, Sankt Gallen, Switzerland, Πηγή: www.mimoa.eu



Εικόνα 1.9 : Tram stop, Barcelona, Spain Πηγή: www.trambcn.com



Εικόνα 1.10 : Tram stop, Alicante, Spain, Πηγή: <http://news.luminalive.sg/>



Εικόνα 1.11: Tram stop, Melbourne, Australia ,Πηγή:www.flickr.com

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 : ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ

2.1 Εισαγωγή

2.1.1 Εισαγωγή στην έννοια

Η ραγδαία αστικοποίηση των τελευταίων ετών και η άναρχη διάχυση της πόλης στο περιβάλλον της περιβάλλον δημιούργησε περιβαλλοντικά προβλήματα σε τοπικό αλλά και σε παγκόσμιο επίπεδο με αποτέλεσμα να είναι πλέον επιτακτική η αναζήτηση τρόπων αντιμετώπισης αυτών καθώς και η εφαρμογή ενός νέου οικολογικού σχεδιασμού σε όλα τα επίπεδα χωρικής οργάνωσης από το χωροταξικό, στο πολεοδομικό και στο αρχιτεκτονικό.

Η βιοκλιματική αρχιτεκτονική αφορά στο σχεδιασμό κτιρίων και χώρων (εσωτερικών και εξωτερικών - υπαίθριων) με βάση το τοπικό κλίμα, με σκοπό την εξασφάλιση συνθηκών θερμικής και οπτικής άνεσης, αξιοποιώντας την ηλιακή ενέργεια και άλλες περιβαλλοντικές πηγές αλλά και τα φυσικά φαινόμενα του κλίματος. Βασικά στοιχεία του βιοκλιματικού σχεδιασμού αποτελούν τα παθητικά συστήματα που ενσωματώνονται στα κτίρια με στόχο την αξιοποίηση των περιβαλλοντικών πηγών (π.χ. ήλιο, αέρα - άνεμο, βλάστηση, νερό, έδαφος, ουρανό) για θέρμανση, ψύξη και φωτισμό των κτιρίων.

Η βελτιστοποίηση συνθηκών βιολογικής άνεσης επεκτείνεται και έξω από τα κτιριακά σύνολα, με την εφαρμογή του βιοκλιματικού σχεδιασμού και στους υπαίθριους χώρους, συμβάλλοντας στην ουσιαστική αναζωογόνηση της χρήσης μέσα και γύρω από αυτούς, στην κάλυψη των απαιτήσεων και αναγκών των αστών και στη μέγιστη αξιοποίηση και διεποχική τους χρήση.

Για τη βέλτιστη αξιοποίηση των δυνατοτήτων της εφαρμογής του βιοκλιματικού σχεδιασμού στους υπαίθριους χώρους, είναι απαραίτητη η αξιολόγηση των περιβαλλοντικών (κλιματικών και τοπογραφικών) δεδομένων, σε συνδυασμό με τα γεωμετρικά δεδομένα της περιβάλλουσας δόμησης, τον προσανατολισμό του χώρου και τα χαρακτηριστικά των δομικών του στοιχείων και υλικών.

Όλες οι παραπάνω παράμετροι είναι βασικές εφόσον διαμορφώνουν το μικροκλίμα της περιοχής, καθορίζουν τις συνθήκες άνεσης στο χώρο και επηρεάζουν την ενεργειακή κατανάλωση των γύρω κτιρίων [9] .

2.1.2 Ιστορική αναδρομή

Η Βιοκλιματική Αρχιτεκτονική δεν είναι κάτι νέο, η Ενεργειακή Απόδοση ήταν ανέκαθεν ζήτημα αιχμής, με πιο χαρακτηριστική ίσως αναφορά εκείνη του **Ηλιακού Σπιτιού του Σωκράτη**. Ο Σωκράτης το 470 π.Χ. με τις οδηγίες του για το ιδανικό ηλιακό σπίτι, που αναφέρονται στα απομνημονεύματα του Ξενοφώντα, αλλά και ο Ιπποκράτης με το έργο του «Περί αέρων, υδάτων και τόπων», έβαλαν τις βάσεις της σύγχρονης βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής. Κύριος στόχος τους ήταν τα σπίτια να εξασφαλίζουν μια αρμονική σχέση του ανθρώπου με το περιβάλλον.

Το αρχαίο σπίτι είχε για θεμέλια και βάσεις τοίχων την πέτρα, όπου πάνω τοποθετούσαν πλίνθους με ξυλοδεσιές για να υψώσουν τους τοίχους. Οι στέγες είχαν κεραμίδια, αν και πολλές φορές αναφέρεται η ύπαρξη ταράτσας. Το σχέδιο που δίνουν αρχαίοι συγγραφείς για τα σπίτια της εποχής καταγράφει μια στενόμακρη είσοδο που οδηγεί σε μια τετράπλευρη αυλή, όπου στο κέντρο της βρισκόταν ένα πηγάδι. Στην αυλή υπήρχε και ένας βωμός, όπου πραγματοποιούνταν όλες οι θρησκευτικές τελετές.

Ο βόρειος τοίχος γινόταν παχύτερος και με τα ελάχιστα δυνατά ανοίγματα. Η είσοδος συνήθως βρισκόταν στην ανατολική και σπανιότερα στην νότια πλευρά. Στην βόρεια πλευρά του σπιτιού συνήθως φυτεύανε κάποια αειθαλή δέντρα, όπως ελιές, ώστε με το φύλλωμά τους να εμποδίζουν τον χειμωνιάτικο κρύο βόρειο άνεμο να πέσει απ' ευθείας πάνω στο σπίτι. Στην νότια πλευρά συνήθως υπήρχαν φυλλοβόλα δένδρα, που τον χειμώνα χωρίς φύλλα δεν εμποδίζαν τον ήλιο από το να ζεστάνει το σπίτι, αλλά το καλοκαίρι προσφέρανε όλη τους την σκιά.

Οι αρχαίοι Έλληνες δε σταμάτησαν μόνο στην χρήση φυτών για κλιματισμό. Χρησιμοποιούσαν πάνω από τις νότιες πόρτες και παράθυρα μία προέκταση της

σκεπής με προσεκτικά σχεδιασμένο μέγεθος. Το μέγεθος αυτής της προέκτασης ήταν υπολογισμένο με τέτοιο τρόπο που το καλοκαίρι ο ήλιος εμποδιζόταν από το να πέσει μέσα στο σπίτι αλλά το χειμώνα που έχει χαμηλότερη τροχιά αυτή η προέκταση δεν τον εμπόδιζε απ' το να ζεσταίνει και το εσωτερικό του σπιτιού. Μία άλλη έξυπνη εναλλακτική κίνησή τους ήταν η χρήση κληματαριάς συγκεκριμένου ύψους και πλάτους. Γενικά ο προσανατολισμός του σπιτιού ήταν με πρόσωπο προς το νότο, μία πρακτική που περιγράφεται από τον Ξενοφώντα και τον Αριστοτέλη, γεγονός που έδινε τη δυνατότητα στην αυλή, τα βόρεια δωμάτια και τον επάνω όροφο να εκμεταλλεύονται το μέγιστο του φυσικού φωτός το χειμώνα και να αποφεύγουν τον πολύ ήλιο το καλοκαίρι, όταν ο αυτός βρίσκεται πολύ ψηλά.

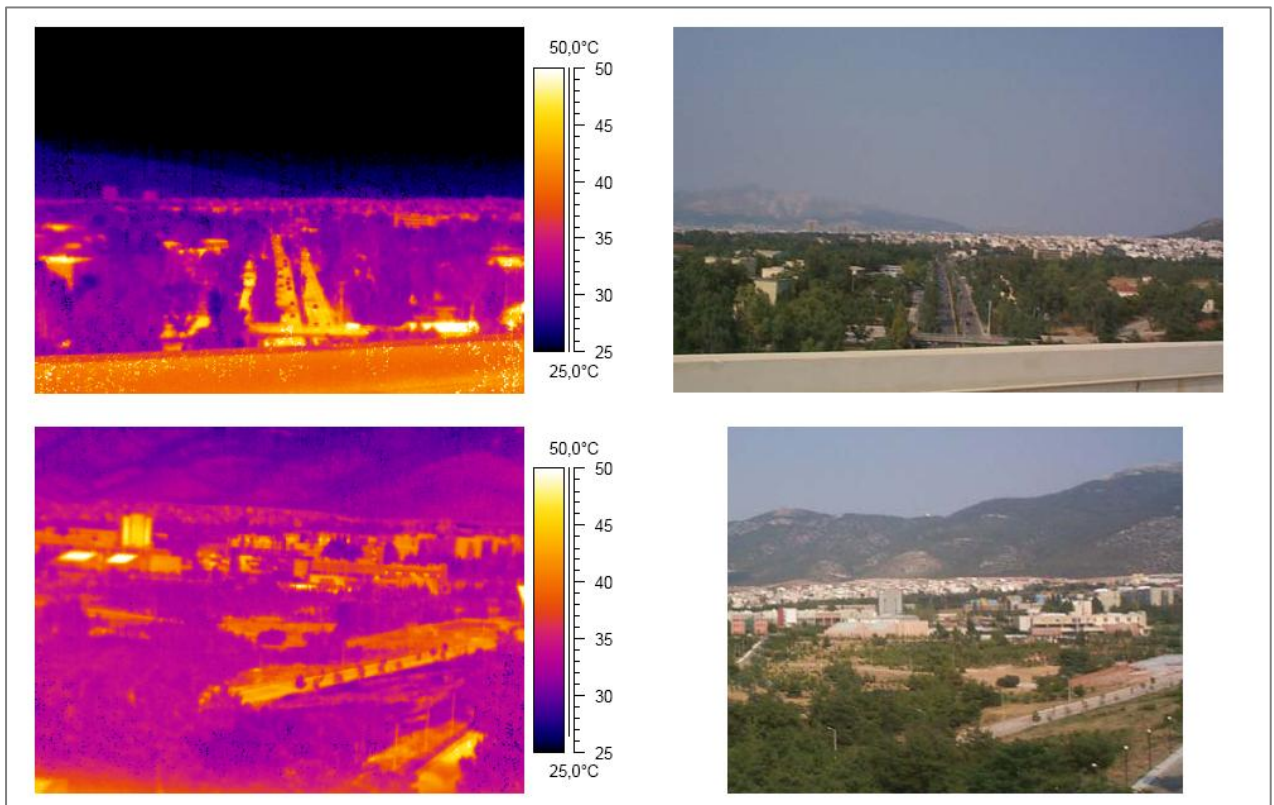
2.2 Θερμική συμπεριφορά της πόλης

Στις αστικές περιοχές ο συνδυασμός της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, των δομικών χαρακτηριστικών της πόλης και των ιδιαίτερων κλιματικών συνθηκών που επικρατούν, συνθέτουν το αστικό μικροκλίμα (*urban microclimate*), το οποίο επηρεάζει το κλίμα σε αρκετή απόσταση από την αστική περιοχή προς την κατεύθυνση του πνέοντος ανέμου. Οι παράγοντες που διαμορφώνουν το αστικό μικροκλίμα είναι η τοπογραφική διαμόρφωση του χώρου, οι εδαφολογικές συνθήκες της πόλης, η κατανομή και η χωροταξική διάταξη του πράσινου, οι πηγές εκπομπής θερμότητας, η πληθυσμιακή πυκνότητα και η πυκνότητα των κατασκευών οικοδομών.

Αποτελέσματα μετρήσεων έχουν δείξει ότι η θερμοκρασία του αέρα στις αστικές περιοχές είναι κατά μέσο όρο υψηλότερη μερικούς βαθμούς από την αντίστοιχη θερμοκρασία σε μη αστικές περιοχές. Η διαφορά αυτή κυμαίνεται από 1-2°C στη διάρκεια της ημέρας αλλά μπορεί να φτάσει και στους 6-8°C τη νύχτα όταν επικρατεί άπνοια ή πνέουν ασθενείς άνεμοι. Το φαινόμενο αυτό ορίζεται ως αστική θερμική νησίδα (*urban heat island*) και παρατηρείται σε όλες τις αστικές περιοχές ως συνισταμένη των επιμέρους μικροκλιματικών αλλαγών που επέφεραν οι ανθρωπογενείς επιδράσεις στο αστικό περιβάλλον [6].



Εικόνα 2.1: Το φαινόμενο της θερμικής νησίδας, Πηγή : [6]



Εικόνα 2.2 : Θερμογραφήματα και αντίστοιχες εικόνες της πόλης μία καλοκαιρινή ημέρα, Πηγή: [6]

Στα θερμογραφήματα στην εικόνα 2.2 , παρουσιάζεται η συμβολή των καλυπτόμενων επιφανειών, και η συμμετοχή του καλυπτόμενου υπαίθριου χώρου (πρασίνου) στο φαινόμενο της θερμικής νησίδας μία καλοκαιρινή ημέρα. Τα θερμογραφήματα ερμηνεύουν την συμβολή των υλικών στο φαινόμενο της θερμικής νησίδας. Τα υλικά αποθηκεύουν την θερμότητα που προέρχεται από την ακτινοβολία του ηλίου και ακολούθως την εκπέμπουν στην πόλη επηρεάζοντας το μικροκλίμα της. Στα θερμογραφήματα διακρίνεται η συμβολή στο φαινόμενο αυτό των καθέτων πλευρών των κτηρίων [6] .

Τα κύρια αίτια του φαινομένου της θερμικής νησίδας είναι:

- Η θερμική συμπεριφορά των δομικών υλικών. Τα υλικά που χρησιμοποιούνται στις εξωτερικές επιφάνειες των κτιρίων και των υπαίθριων χώρων είναι στην πλειοψηφία τους σκουρόχρωμα ή σκουραίνουν λόγω της αστικής ρύπανσης, και χαρακτηρίζονται από μεγάλη θερμοχωρητικότητα. Το σκούρο χρώμα συνεπάγεται μεγάλη θερμική απορρόφηση, ενώ η αυξημένη θερμοχωρητικότητα έχει ως αποτέλεσμα τη διατήρηση υψηλών θερμοκρασιών στα υλικά για μεγάλα χρονικά διαστήματα [28].
- Η μειωμένη εξάτμιση και διαπνοή. Η συνεχής μείωση επιφανειών νερού και πράσινου στα κέντρα των σύγχρονων πόλεων έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση των δυνατοτήτων δροσισμού μέσω του φαινομένου της εξάτμισης. Η εξάτμιση του νερού συμβάλλει στη μείωση της θερμοκρασίας του αέρα, καθώς για να πραγματοποιηθεί απορροφώνται σημαντικά ποσά θερμότητας από το περιβάλλον. Στις επιφάνειες νερού, η εξάτμιση του νερού πραγματοποιείται άμεσα, ενώ στη βλάστηση εξατμίζεται το νερό που εκλύεται από τα στόματα των φύλλων με τη λειτουργία της διαπνοής [8].
- Τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά των αστικών δρόμων. Η γεωμετρία των αστικών δρόμων καθορίζει τόσο την απορρόφηση ηλιακής ακτινοβολίας (μικρού μήκους κύματος), όσο και την εκπομπή θερμικής ακτινοβολίας (μεγάλου μήκους κύματος). Στα κέντρα των πόλεων το ύψος των κτιρίων και το πλάτος των δρόμων είναι τέτοια, ώστε η ηλιακή ακτινοβολία που εισέρχεται κατά τη διάρκεια της ημέρας να απορροφάται κατά ένα μεγάλο ποσοστό, λόγω διαδοχικών ανακλάσεων. Αντίστοιχα, η θερμική ακτινοβολία που εκπέμπεται

κατά τη διάρκεια της νύχτας δεν έχει τη δυνατότητα να διαφύγει άμεσα στην ατμόσφαιρα. Έτσι, μετά από διαδοχικές ανακλάσεις καταλήγει να απορροφάται κατά το μεγαλύτερο μέρος της από τις όψεις των κτιρίων, αυξάνοντας τις επιφανειακές θερμοκρασίες τους [14].

- Η αυξημένη απορρόφηση και η ανάκλαση της ηλιακής ακτινοβολίας καθώς και εκπομπή ακτινοβολίας μεγάλου μήκους κύματος από τις κάθετες πλευρές των κτιρίων [6] .
- Η ταχεία απορροή των υδάτων από βροχοπτώσεις με αποτέλεσμα τη μείωση του αποθηκευμένου νερού και την εξάτμιση του από το έδαφος [6].
- Η αυξημένη τραχύτητα της υψής των πόλεων που οδηγεί σε μέση μείωση της ταχύτητας των ανέμων κατά περίπου 25% [6].
- Η εκπεμπόμενη θερμική ενέργεια από τις ανθρώπινες δραστηριότητες (θερμική ρύπανση) [6] .



Εικόνα 2.3: Το φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας - Η θετική επίδραση του πρασίνου,

Πηγή: www.arborday.org

2.3 Βιοκλιματικός σχεδιασμός των αστικών υπαίθριων χώρων

2.3.1 Εισαγωγή στην έννοια

Η οικολογική προσέγγιση του πολεοδομικού σχεδιασμού προσθέτει νέες δυνατότητες εφαρμογής των βιοκλιματικών αρχών τόσο στα κτίρια του αστικού χώρου όσο και στους υπαίθριους χώρους. Ο περιορισμός της χρήσης μη ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στα κτίρια και κάθε είδους αστικό εξοπλισμό, η επίτευξη ικανοποιητικών ατμοσφαιρικών συνθηκών στους ανοιχτούς χώρους της πόλης, η αντιμετώπιση του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας και του νέφους, αποτελούν μερικούς από τους στόχους του βιοκλιματικού σχεδιασμού.

Υπάρχει μια αμφίδρομη σχέση μεταξύ των ενεργειακών ιδιοτήτων των κτιρίων και των υπαίθριων χώρων. Για να ανταποκριθούν με ευαισθησία τα κτίρια στο περιβάλλον τους, πρέπει καταρχήν να εξασφαλιστεί η ύπαρξη ενός ευρύτερου, φιλικού και βιώσιμου περιβάλλοντος γύρω από αυτά. Αντιστρόφως για να ανταποκριθούν οι ελεύθεροι χώροι της πόλης στις ανθρώπινες ανάγκες για ποιοτικό περιβάλλον, προϋποτίθεται ότι η κτιριοδομική ανάπτυξη του δομημένου αστικού περιβάλλοντος, θα περικλείει αρχές αειφορίας και βιοκλιματικές προδιαγραφές ούτως ώστε να μην επιβαρύνεται αλόγιστα το αστικό περιβάλλον. Σε κάθε άλλη περίπτωση, οι υπαίθριοι χώροι λειτουργούν διορθωτικά στην βεβαρημένη αστική ατμόσφαιρα και συμβάλλουν στη βελτίωση του αστικού μικροκλίματος [12] .

Αναφερόμενοι σε μια πόλη σαν την Αθήνα με ιδιαίτερα διαταραγμένο αστικό οικοσύστημα, ο βιοκλιματικός σχεδιασμός είναι αναγκαίος έστω και δρώντας διορθωτικά, μέσα από σημειακές παρεμβάσεις μέσα στην πόλη.

Οι αστικοί υπαίθριοι χώροι αποτελούν δημόσιους κοινωνικούς χώρους όταν ανταποκρίνονται στα πρότυπα δημόσιας ζωής των κατοίκων, στις ανάγκες βιοκλιματικού σχεδιασμού και στη λειτουργία της φύσης μέσα στην πόλη. Βασική αρχή στο σχεδιασμό υπαίθριων χώρων είναι η βελτίωση των συνθηκών σε περιοχές κίνησης των πεζών. Τα δίκτυα τους πρέπει να αποτελούνται από περιοχές κίνησης και περιοχές στάσης. Για να λειτουργήσουν ως κοινωνικοί χώροι οι ελεύθεροι αστικοί

χώροι ,πρέπει να διαμορφώνουν ένα ικανοποιητικό και άνετο μικροπεριβάλλον, να προσαρμόζονται στο εδαφικό/φυσικό ανάγλυφο και να παρέχουν τη δυνατότητα ενσωμάτωσης φυσικών στοιχείων. Ιδιαίτερα για τις μεσογειακές χώρες, σημαντικό για το αστικό περιβάλλον είναι η εξασφάλιση δροσισμού κατά τους θερινούς μήνες.

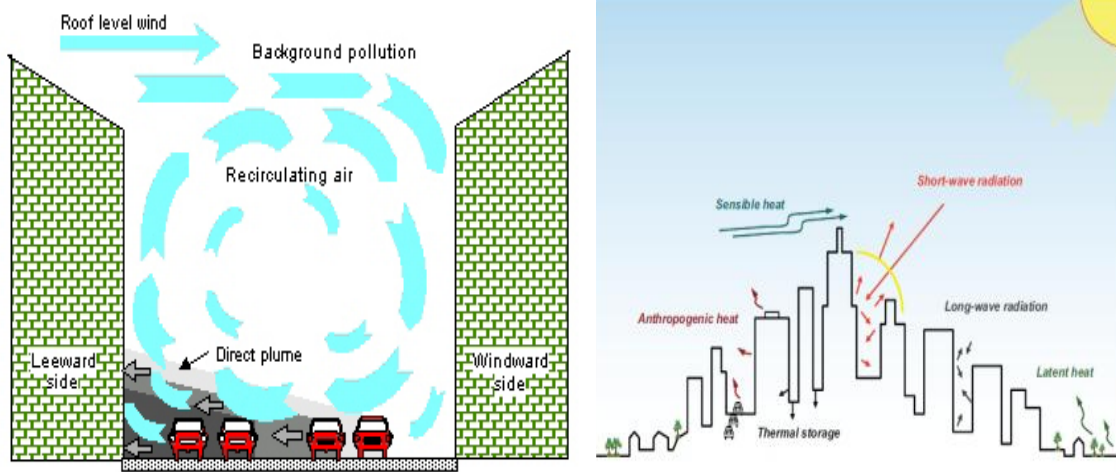
Οι συνθήκες ζέστης και ρύπανσης που αναπτύσσονται σε συνδυασμό με τη χαμηλή ταχύτητα του ανέμου, δημιουργούν έλλειψη θερμικής άνεσης στον εξωτερικό χώρο και οδηγούν σε μεγάλη κατανάλωση ενέργειας στα κτίρια. Επομένως πρέπει κάθε δομικό στοιχείο του υπαίθριου χώρου , από τη βλάστηση μέχρι τα υλικά επίστρωσης και τον αστικό εξοπλισμό να λειτουργεί διεποχικά κατά το καλύτερο δυνατό τρόπο [13].

2.3.2 Χαρακτηριστικά και προβλήματα των υπαίθριων αστικών χώρων στο μεσογειακό κλίμα

Τα περιβαλλοντικά χαρακτηριστικά και προβλήματα που πρέπει να αντιμετωπίσει ο βιοκλιματικός σχεδιασμός για τη βελτίωση του αστικού μικροκλίματος είναι τα εξής :

- ~ Η πυκνότητα και το σύστημα δόμησης
- ~ Η γεωμετρία των φαραγγίων των δρόμων (canyon effect) (Εικόνα 2.4)
- ~ Οι ιδιότητες των εξωτερικών επιφανειών (ανακλαστικότητα, θερμοχωρητικότητα, απορροφητικότητα)
- ~ Η έλλειψη υπαίθριων (και ημιυπαίθριων) χώρων και ειδικότερα ένα οργανωμένο δίκτυο αυτών
- ~ Η έλλειψη πράσινων και υδάτινων επιφανειών
- ~ Η δυσκολία αερισμού και δροσισμού του αστικού ιστού της πόλης
- ~ Η έκλυση ρύπων και η κατανάλωση των φυσικών πόρων από μεγάλη χρήση μη ανανεώσιμων πηγών ενέργειας
- ~ Η ρύπανση του αέρα και η ηχορύπανση
- ~ Η αύξηση της θερμοκρασίας στον αστικό ιστό της πόλης (heat island) (Εικόνες 2.1, 2.2, 2.3, 2.4)

[11,25]



Το φαινόμενο Canyon

Το φαινόμενο της θερμικής νησίδας

Εικόνα 2.4 :Το φαινόμενο Canyon & και το φαινόμενο της θερμικής νησίδας, Πηγή: [11]

2.3.3 Κριτήρια βιοκλιματικού σχεδιασμού υπαίθριων χώρων

Ο βιοκλιματικός σχεδιασμός όσον αφορά τον αστικό δημόσιο χώρο πρέπει να έχει τις εξής αρχές:

- ✚ Να διατηρεί την ταυτότητα και τον χαρακτήρα του χώρου
- ✚ Να είναι περιβαλλοντικά φιλικός προς την υπόλοιπη πόλη αλλά και να δημιουργεί νέες συνδέσεις με την γειτονιά
- ✚ Να υπάρχει ιεραρχία στους δρόμους και ένα εύκολο σύστημα μετακινήσεων: μέσα μεταφοράς και ιδιωτικά μέσα, δίκτυο για πεζούς και ποδήλατα
- ✚ Να προσελκύει τη δημόσια ζωή
- ✚ Να αναπτύσσει ένα σύστημα μεικτών χρήσεων
- ✚ Να ξεχωρίζει την κεντρική του περιοχή και να υπάρχει ένας ευανάγνωστος αστικός κάρναβος: τοπόσημα, θέες, προοπτικές, εστίες ενδιαφέροντος, οικόπεδα και οικοδομικά τετράγωνα
- ✚ Να χαρακτηρίζεται από προσαρμοστικότητα, ευπροσάρμοστα κτίρια και ένα κατοικήσιμο δομημένο περιβάλλον

- ✚ Να εξασφαλίζεται βιωσιμότητα και ισορροπία των φυσικών πόρων, αποδοτικότητα της ενέργειας και των ενεργειακών πηγών
- ✚ Διατήρηση όσο δυνατόν περισσότερων φυσικών στοιχείων στο τοπίο
- ✚ Διατήρηση και χρήση των υδάτινων στοιχείων
- ✚ Δημιουργία δικτύων. Δίκτυο πράσινων ανοιχτών χώρων, δίκτυο πεζοδρόμων και ποδηλατοδρόμων. Η καλή σύνδεση των περιοχών ενθαρρύνει την κίνηση από το ένα μέρος στο άλλο
- ✚ Προσανατολισμός. Με το σωστό προσανατολισμό ο χώρος μπορεί να επωφεληθεί από τη φυσική θέρμανση και το φυσικό δροσισμό κατά τη διάρκεια της ημέρας
- ✚ Σωστή χρήση υλικών: ψυχρά υλικά, με υψηλή ανακλαστικότητα και υψηλό συντελεστή θερμικής εκπομπής.
- ✚ Οπτικές και θέες του αστικού περιβάλλοντος, των κτιρίων και των δρόμων της πόλης, και αισθητική ποιότητα
- ✚ Χώρους για παιχνίδι, αθλητισμό και αναψυχή, συναντήσεις, κοινωνικές και πολιτιστικές εκδηλώσεις αλλά και χώρους απομόνωσης
- ✚ Εύκολη πρόσβαση για πεζούς και οχήματα
- ✚ Να διαχωρίζει περιοχές με ασυμβίβαστες χρήσεις

[11,25]

2.3.4 Ο σημαντικός ρόλος του αστικού πρασίνου στη βελτίωση του αστικού μικροκλίματος

- ✚ Βελτιώνει το μικροκλίμα και το φυσικό αερισμό
- ✚ Παρέχει σκιασμό και 'χαμηλώνει' τη θερμοκρασία το καλοκαίρι
- ✚ Παρέχει προστασία από κρύους ανέμους το χειμώνα
- ✚ Μειώνει τη ρύπανση του αέρα και την ηχορύπανση
- ✚ Συγκρατεί και απορροφά τα νερά της βροχής και άρα ελέγχει τις πλημμύρες
- ✚ Προστατεύει τη φυσική χλωρίδα και πανίδα της περιοχής
- ✚ Αυξάνει την οπτική άνεση των πολιτών [11,9,19]



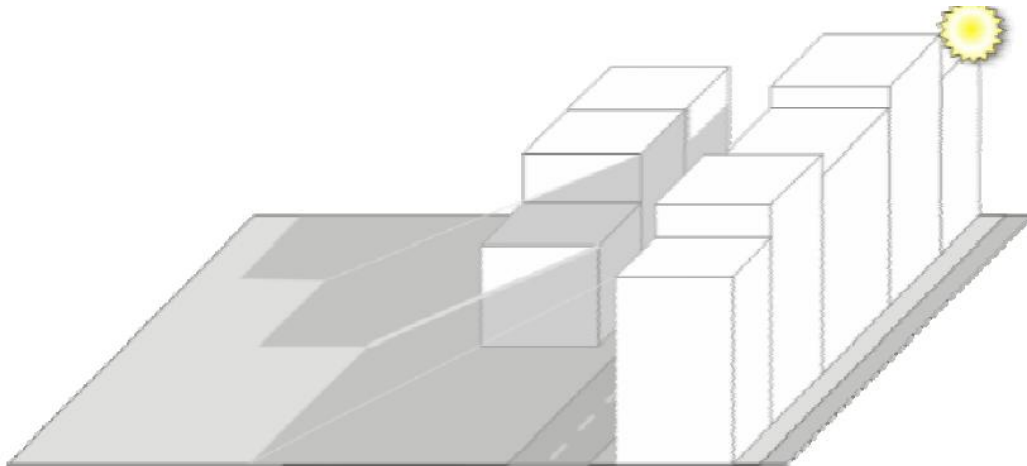
Εικόνα 2.5: tram station, Alicante, Spain, Πηγή: www.mimoo.eu



Εικόνα 2.6: Στάση τραμ Φιξ, Αθήνα

2.3.5 Έλεγχος ηλιασμού-σκιασμού του χώρου

Η γνώση της πορείας του ήλιου καθ' όλη τη διάρκεια του έτους αποτελεί αναγκαία προϋπόθεση για τον έλεγχο ηλιασμού-σκιασμού των διαφόρων επιφανειών. Οι ελεύθεροι ανοικτοί αστικοί χώροι περιβάλλονται συνήθως από κτιριακούς όγκους οι οποίοι και σκιάζουν εποχιακά κάποιες περιοχές, ανάλογα με τον προσανατολισμό, την απόστασή τους από τον χώρο και το τελικό τους ύψος. (Εικόνα 2.7)



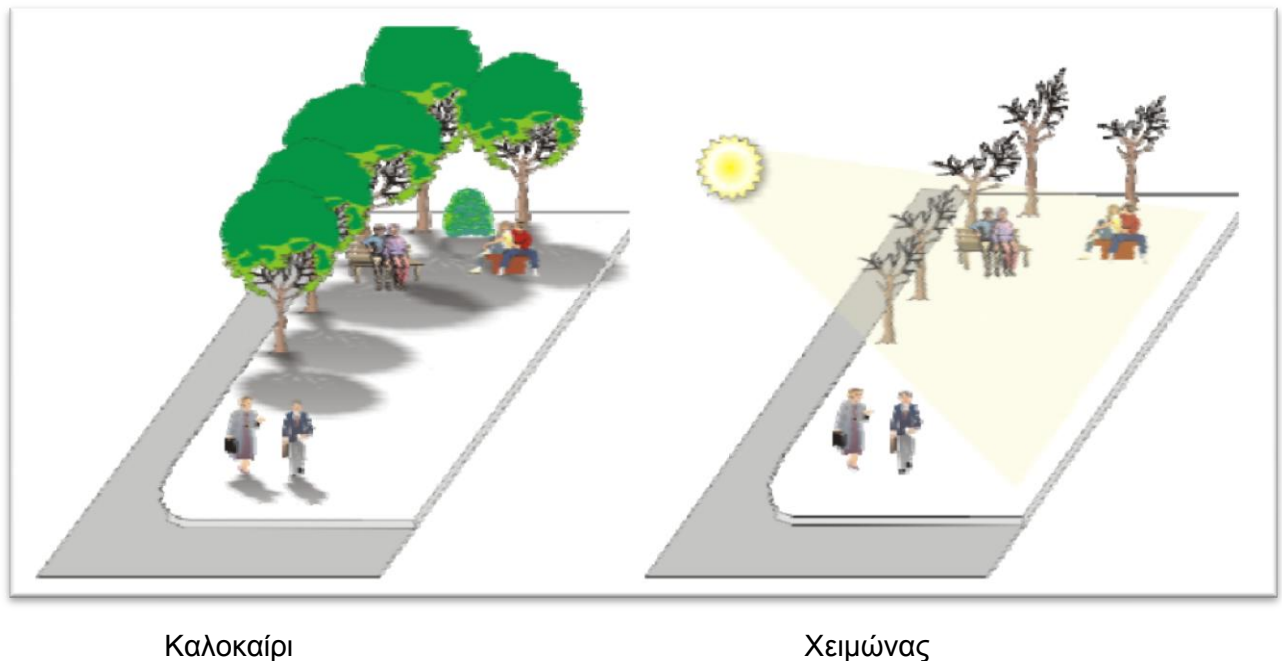
Εικόνα 2.7: Σκιασμός ελεύθερου χώρου από τα παρόδια κτίρια, Πηγή: [19]

Η σκίαση των ανατολικών και κυρίως δυτικών επιφανειών θα πρέπει να αποτελεί μία από τις βασικές μελέτες του χώρου για τη δημιουργία άνετων περιβαλλοντικών συνθηκών τη θερινή περίοδο όλες τις ώρες της ημέρας και την προσέλκυση χρηστών ακόμα και τις μεσημβρινές ώρες. Ο έλεγχος του ηλιασμού-σκιασμού των χώρων θα πρέπει να αφορά τόσο τη θερινή όσο και τη χειμερινή περίοδο. Ο σκιασμός των ελεύθερων χώρων μπορεί να επιτευχθεί με συνδυασμό φυσικών διατάξεων (φύτευση) και τεχνητών διατάξεων (κατάλληλα διαμορφωμένα στέγαστρα).

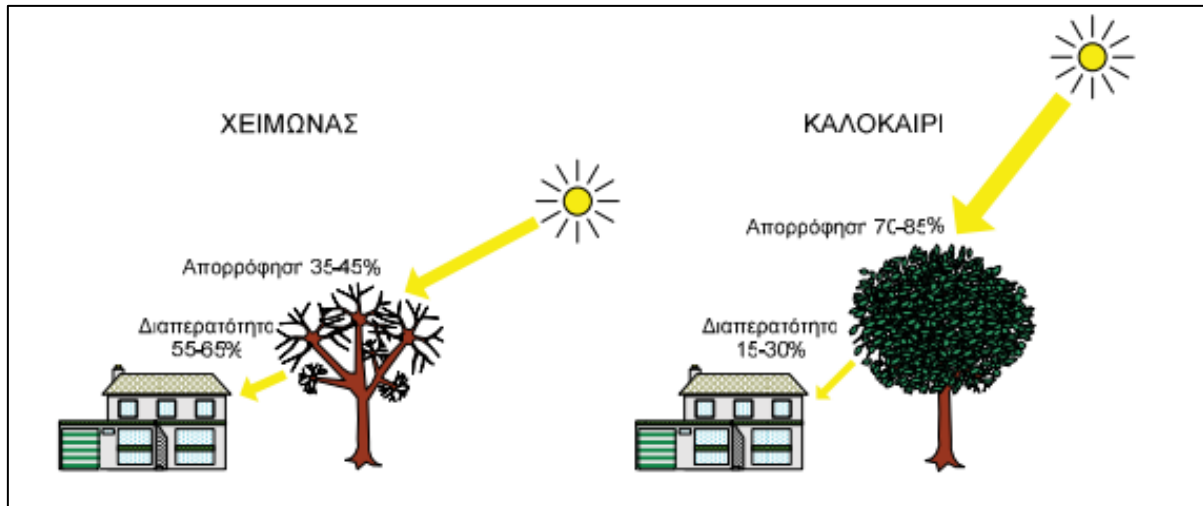
Όσον αφορά τις φυσικές διατάξεις, ο σκιασμός των ελεύθερων χώρων μπορεί να επιτευχθεί με χρήση φυτικής κάλυψης. Η ποσότητα του επιθυμητού σκιασμού ελέγχεται με την επιλογή των κατάλληλων φυτών. Εάν για παράδειγμα επιδιώκεται άφθονη σκιά, τα πλατάνια ή τα σφενδάμια θα αποτελούσαν μία καλή επιλογή καθώς αυτά αναπτύσσουν ένα πυκνό πλέγμα φυλλώματος. Στις περιπτώσεις όμως που επιδιώκεται ο απρόσκοπτος ηλιασμός των επιφανειών τη χειμερινή περίοδο, οι επιλογές θα έπρεπε να στρέφονται στη λύση των φυλλοβόλων δέντρων τα οποία και

επιτρέπουν τη διέλευση της ηλιακής ακτινοβολίας διαμέσου του γυμνού από φύλλωμα σκελετού και συνεπώς συμβάλλουν στην αύξηση της θερμοκρασίας των κατώτερων στρωμάτων αέρα και δημιουργούν αίσθημα θερμικής άνεσης στους ανθρώπους.

Η επίδραση της βλάστησης εξαρτάται από το είδος και το μέγεθος των φυτών. Γενικά όμως είναι γνωστό ότι τα φυτά μπορεί να απορροφήσουν έως και το 90% της ηλιακής ακτινοβολίας, ενώ παράλληλα μειώνουν έως και 10% την ταχύτητα του ανέμου. Το τελευταίο θεωρείται μια ασυμβίβαστη λειτουργία με αυτή που θέλει ενισχυμένη την κυκλοφορία του αέρα την θερινή περίοδο, για λόγους φυσικού δροσισμού. Η επιλογή δέντρων με γυμνό από φύλλωμα τον κορμό τους θα αποτελούσε μία λύση που θα επέτρεπε την κυκλοφορία του αέρα στο επίπεδο ζωής [19]. (Εικόνες 2.8 , 2.9)



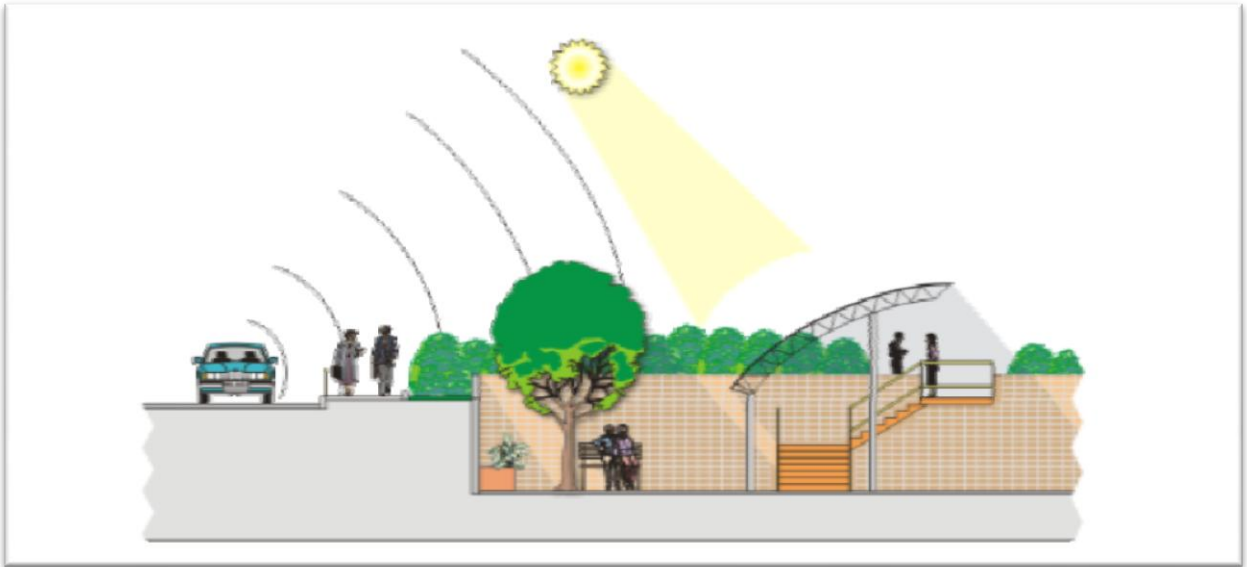
Εικόνα 2.8: Έλεγχος σκιασμού-ηλιασμού των χώρων μέσω φύτευσης, Πηγή : [19]



Εικόνα 2.9: Σκίαση νότιας όψης κτιρίου από φυλλοβόλο δέντρο τη θερινή περίοδο, χωρίς να παρεμποδίζεται ο ηλιασμός του τη χειμερινή περίοδο, Πηγή: [22]

Όσον αφορά τις τεχνητές διατάξεις, ο σκιασμός μπορεί να επιτευχθεί με κατάλληλα στέγαστρα με επιλογή υλικών στέγασης που να απωθούν την ηλιακή ακτινοβολία (ανοιχτόχρωμα υλικά, υαλοπίνακες, διαφανή στοιχεία, ξύλινες πέργκολες με αναρριχόμενα φυλλοβόλα φυτά). Στη περίπτωση στάσεων αναμονής όπως είναι η στάση του τραμ που εξετάζεται στην εν λόγω διπλωματική, το στέγαστρο εκτός από αποτελεσματικό έναντι ηλιασμού-σκιασμού πρέπει να είναι και διαφώτιστο ώστε να εξασφαλίζεται ευχάριστη αναμονή στους επιβάτες.

Μία άλλη λύση θα ήταν αυτή του βυθισμένου ελεύθερου χώρου σε σχέση με το επίπεδο του οδικού άξονα, η οποία και αντιμετωπίζει επιτυχώς τόσο τα ζητήματα ηλιασμού/σκιασμού όσο και τα ζητήματα προστασίας από τους χειμερινούς ανέμους ή ακόμα και αυτά της απομόνωσης του ήχου σε υψηλότερη ζώνη από αυτή του ελεύθερου χώρου. Η διευκόλυνση της κίνησης του αέρα τη θερινή περίοδο, θα μπορούσε να επιτευχθεί στη συγκεκριμένη περίπτωση με πρόβλεψη ειδικών διατάξεων για την εξαναγκασμένη κίνησή του στο βυθισμένο χώρο [19]. (Εικόνα 2.10)



Εικόνα 2.10: Τεχνητές και φυσικές διατάξεις ελεύθερου βυθισμένου χώρου, Πηγή: [19]

2.3.6 Άνεμος

2.3.6.1 Συνθήκες-χαρακτηριστικά ανέμου

Ένας από τους πιο σημαντικούς παράγοντες που επηρεάζει τις συνθήκες άνεσης των πεζών σε ανοιχτούς χώρους είναι ο άνεμος. Οι συνθήκες ανέμου είναι δύσκολο να προβλεφθούν και να ελεγχθούν καθώς επηρεάζονται από μεγάλο αριθμό παγκόσμιων, περιφερειακών και τοπικών παραγόντων. Σε παγκόσμια κλίμακα ο άνεμος προέρχεται από τον αέρα που κινείται από περιοχές υψηλής πίεσης προς περιοχές χαμηλής πίεσης. Η ταχύτητα και η διεύθυνση του ανέμου που προκαλείται από τα παγκόσμια καιρικά συστήματα επηρεάζονται από την τυπολογία του τοπίου σε περιφερειακό και τοπικό επίπεδο. Είναι, συνεπώς, σημαντικό να κατανοήσουμε ότι μπορεί να υπάρχουν μεγάλες διαφορές στις συνθήκες ανέμου από ένα μέρος μιας πόλης σε ένα άλλο, ή ακόμα σε μικροκλίμακα από ένα μέρος ενός χώρου σε ένα άλλο.

Ο άνεμος δεν είναι ένα συνεχές φαινόμενο, ποικίλει σημαντικά ως προς τη διεύθυνση και την ένταση (ριπές ανέμου) και οι διαφοροποιήσεις μπορεί να είναι εποχιακές ή ετήσιες. Οι επιδράσεις του ανέμου μπορούν να χωριστούν σε δύο μεγάλες

κατηγορίες : μηχανικές και θερμικές επιδράσεις. Οι μηχανικές επιδράσεις του ανέμου γίνονται αισθητές σε ταχύτητες ανέμου μεγαλύτερες από 4-5 m/s. Πάνω από 10 m/sec θα είναι δυσάρεστο για περπάτημα και πάνω από 15 m/s μπορεί να προκαλέσει ατυχήματα. Πρέπει να σημειωθεί ότι, ανάλογα με το κλίμα, μια ορισμένη στάθμη ανέμου μπορεί να χαρακτηριστεί ως επιθυμητή ή ανεπιθύμητη. Σε ψυχρά κλίματα ο άνεμος σχεδόν πάντα θα μειώσει τις εξωτερικές συνθήκες άνεσης, ενώ το αντίθετο ισχύει για θερμά κλίματα.

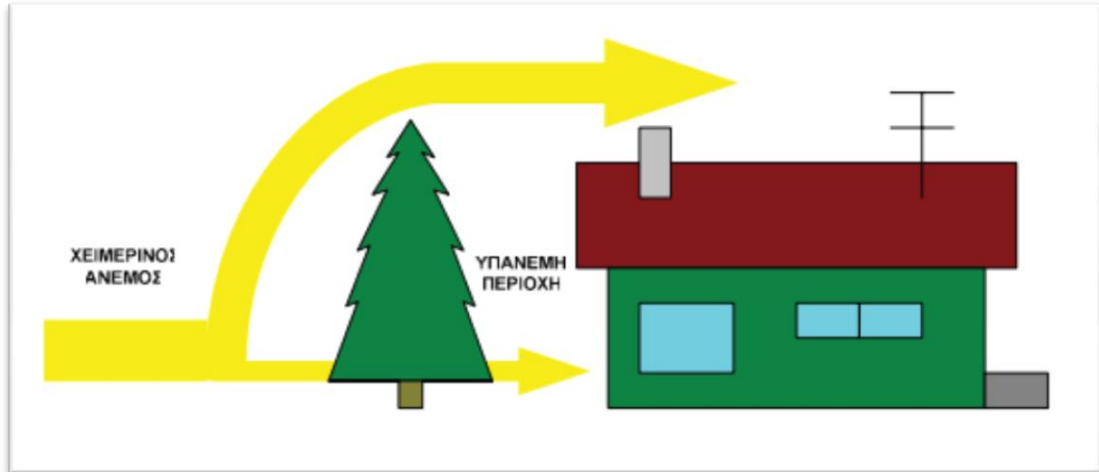
Υπάρχουν πολλές παράμετροι που πρέπει να ληφθούν υπόψη όταν αξιολογούνται οι συνθήκες ανέμου σε έναν ανοιχτό αστικό χώρο όπως η γεωγραφική θέση ή η κλιματική ζώνη στην οποία ανήκει ο ανοιχτός χώρος, ο τύπος του χώρου, π.χ. το σχήμα του χώρου και τα χαρακτηριστικά της γύρω περιοχής και η επίπτωση των γειτνιαζόντων κτιρίων στις συνθήκες ανέμου σε έναν ανοιχτό χώρο.

Τέλος, πρέπει να ληφθεί υπόψη και το είδος της χρήσης. Το πάρκο είναι παράδειγμα ενός ανοιχτού χώρου όπου οι χρήστες παρεμένουν μεγαλύτερο χρονικό διάστημα, θέτοντας έτσι υψηλότερες απαιτήσεις ως προς τις περιβαλλοντικές συνθήκες που επικρατούν. Αντιθέτως, στην περίπτωση του τραμ που οι επιβάτες παραμένουν για σχετικά μικρό χρονικό διάστημα, οι απαιτήσεις είναι σαφώς μικρότερες.

2.3.6.2 Ανεμοπροστασία

Η κίνηση του αέρα, ο άνεμος, όσο θετικά αποτελέσματα μπορεί να επιφέρει στο αίσθημα της θερμικής άνεσης την θερινή περίοδο, άλλο τόσο μπορεί να δημιουργήσει ζητήματα όχλησης την χειμερινή περίοδο. Έτσι όσον αφορά στις σύγχρονες πόλεις και στους ελεύθερους αστικούς χώρους, οι διάφορες στρατηγικές θα πρέπει να διευκολύνουν την απρόσκοπτη κυκλοφορία του αέρα το καλοκαίρι και να την εμποδίζουν αντίστοιχα τον χειμώνα. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί είτε με τον αρχικό σωστό σχεδιασμό των υπαίθριων χώρων ,είτε με τη σωστή χωροθέτησή τους σε σχέση με τους θερινούς ανέμους ,είτε με κατάλληλες τεχνικές ώστε ο αέρας με φυσικό τρόπο ή εξαναγκασμένη κίνηση να κατευθύνεται προς αυτούς για την ενίσχυση του παθητικού δροσισμού των χώρων. Αντίθετα την χειμερινή περίοδο κατάλληλα διαμορφωμένοι ανεμοφράκτες από συστοιχίες δέντρων (Εικόνα 2.11), φράκτες ή τεχνητά πάνελ, θα πρέπει να προβλέπονται σε συγκεκριμένες θέσεις ώστε

να προστατεύουν τη περιοχή από τους ψυχρούς ανέμους της συγκεκριμένης περιόδου [21,9,19].



Εικόνα 2.11: Χρήση δέντρων ως ανεμοφράκτες για την προστασία του κτιρίου από τους ψυχρούς ανέμους, Πηγή: [22]

2.3.7 Θερμική άνεση

2.3.7.1 Ορισμός

Η θερμική άνεση ορίζεται ως μια νοητική κατάσταση που εκφράζει την ικανοποίηση σχετικά με τη θερμότητα, στην οποία το άτομο δε θα προτιμούσε θερμότερο μα ούτε και ψυχρότερο περιβάλλον. Η εσωτερική θερμοκρασία του ανθρώπινου σώματος είναι σταθερή και κάθε θερμότητα που δημιουργείται από αυτό πρέπει να αποβάλλεται. Θερμική άνεση επιτυγχάνεται όταν η πραγματική θερμοκρασία του δέρματος σε συνδυασμό με την εσωτερική θερμοκρασία του σώματος, δημιουργούν την αίσθηση της θερμικής ισορροπίας. Αυτή η αίσθηση προκαλείται όταν η ενέργεια που παράγεται από το μεταβολισμό του σώματος εξισώνεται με το άθροισμα τυχόν μηχανικής ενέργειας (κινήσεις που μπορεί να εκτελούμε) και της ενέργειας που χάνεται μόνιμα από το σώμα. Η ενέργεια που χάνεται από το σώμα αποτελείται από τέσσερις συνιστώσες:

- α) τη θερμότητα που χάνεται λόγω εξάτμισης του ιδρώτα και την ενέργεια που καταναλώνεται για τη διάχυση του ιδρώτα μέσα από το δέρμα προς την επιφάνεια
- β) την εναλλαγή θερμότητας με συναγωγή και λόγω εξάτμισης, κατά την αναπνοή

- γ) την εναλλαγή θερμότητας με ακτινοβολία μεταξύ της επιφανείας του δέρματος, καλυμμένου με ενδυμασία, και του περιβάλλοντος
- δ) την εναλλαγή θερμότητας λόγω της ανύψωσης του αέρα που θερμαίνεται από το σώμα [9,19,33,38].

2.3.7.2 Παράμετροι θερμικής άνεσης

Αν και μάλλον πρόκειται για υποκειμενική κατάσταση που δύσκολα προσδιορίζεται και παραμετροποιείται είναι εν γένει δυνατόν να παρουσιαστούν κάποια κριτήρια που επηρεάζουν την άνεση στη θερμότητα:

Εξωτερικές Παράμετροι

- **Θερμοκρασία αέρα χώρου:** Πρόκειται για τη θερμοκρασία ξηρού βολβού του αέρα του χώρου στον οποίο βρίσκεται το άτομο και είναι ιδιαίτερα σημαντική διότι το μεγαλύτερο ποσοστό της θερμότητας που χάνεται από το ανθρώπινο σώμα μεταφέρεται στον αέρα. Αξιοσημείωτο είναι ότι η μέγιστη διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ του επιπέδου του πατώματος και του ταβανιού (δηλαδή η διαφορά θερμοκρασίας που αντιλαμβάνεται το άτομο μεταξύ των ποδιών και του κεφαλιού του αντίστοιχα) πρέπει να είναι μέχρι 3°C. Η δε θερμοκρασία δαπέδου συνίσταται να κυμαίνεται μεταξύ 19-29 °C.
- **Μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας των εσωτερικών επιφανειών :** Αναφέρεται στην θερμότητα που ακτινοβολείται από τις θερμές επιφάνειες του εσωτερικού χώρου. Είναι πολύ σημαντική παράμετρος, διότι επηρεάζει τη θερμότητα που χάνεται με ακτινοβολία και με αγωγιμότητα (σε περίπτωση επαφής) από το σώμα προς τις επιφάνειες. Το δέρμα απορροφά μεγάλα ποσά από αυτή τη θερμότητα, πράγμα που μπορεί, ωστόσο, να μειωθεί λόγω της ανακλαστικότητας των ρούχων. Ένα καλά μονωμένο κτίριο εξασφαλίζει θερμοκρασία της εσωτερικής επιφάνειας των εξωτερικών τοίχων πολύ κοντά στη θερμοκρασία χώρου, περιορίζοντας έτσι τις απώλειες της ακτινοβολούμενης θερμότητας, με αποτέλεσμα την επίτευξη καλύτερης θερμικής άνεσης.

- **Ταχύτητα αέρα:** Μέσα στα κτίρια, οι ταχύτητες του αέρα είναι μικρότερες από 0.2 m/s. Η σχετική όμως ταχύτητα του αέρα που οφείλεται στη δραστηριότητα του ατόμου ποικίλει από 0-0,1 για δουλειά γραφείου, έως 0.5-2 m/s, για πιο έντονες δραστηριότητες.
- **Σχετική υγρασία:** Όταν το νερό θερμαίνεται και εξατμίζεται στον περιβάλλοντα χώρο, παρέχει ως αποτέλεσμα υγρασία στον αέρα του χώρου. Σχετική υγρασία είναι ο λόγος του ποσού της υγρασίας στον αέρα προς την υγρασία που θα περιείχε, αν ήταν κορεσμένος στην ίδια θερμοκρασία και πίεση. Σχετική υγρασία ποσοστού 40% έως 70%, δεν έχει ιδιαίτερη επίδραση στη θερμική άνεση. Σε κάθε περίπτωση, η σχετική υγρασία πρέπει να είναι πάνω από 20% ώστε να εμποδίζεται η αποξήρανση των βλεννογόνων αδένων του αναπνευστικού συστήματος και κάτω από 80% για την αποφυγή σχηματισμού μούχλας στο κτίριο.

Ατομικές-Προσωπικές Παράμετροι

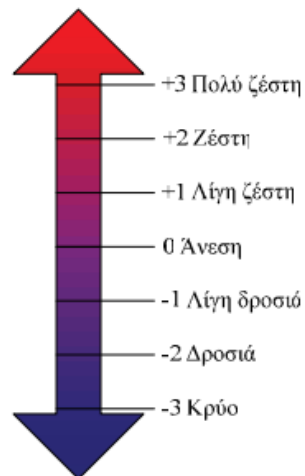
- **Ένδυση:** Παρεμβαίνει στην ιδιότητα μας να αποβάλλουμε θερμότητα προς το περιβάλλον, γι'αυτό είναι πολύ σημαντικός παράγοντας που επηρεάζει τη θερμική άνεση.
- **Μεταβολισμός:** Περιγράφει τη θερμότητα που παράγεται στο σώμα μας, ως αποτέλεσμα χημικών αντιδράσεων. Όσο μεγαλύτερη είναι η φυσική δραστηριότητα του ατόμου, τόσο μεγαλύτερη θερμότητα παράγεται και τόσο μεγαλύτερη είναι η ανάγκη να αποβάλει αυτή τη θερμότητα για να μην υπερθερμανθεί το σώμα. Σκοπός είναι να διατηρείται το σώμα σε μια σταθερή εσωτερική θερμοκρασία 36.7 °C. Ωστόσο, η θερμοκρασία του σώματος είναι συνήθως υψηλότερη από αυτή του περιβάλλοντος. Συνεπώς, οι αντιδράσεις μεταβολισμού συμβαίνουν συνεχώς για να αντισταθμίσουν την απώλεια θερμότητας προς το περιβάλλον.
- **Θερμοκρασία Δέρματος:** Είναι συνάρτηση του μεταβολισμού, της ένδυσης, της θερμοκρασίας χώρου και άλλων παραγόντων και σε αντίθεση με την εσωτερική θερμοκρασία σώματος, αυτή δεν είναι σταθερή.

➤ Επιπλέον εξωτερικοί παράγοντες που πρέπει να ληφθούν υπόψη στους υπολογισμούς της θερμικής άνεσης είναι το επίπεδο δραστηριότητας, η ηλικία καθώς και ο χρόνος που το άτομο ξοδεύει σε εσωτερικούς ή εξωτερικούς χώρους [33,38].

2.3.7.3 Δείκτες θερμικής άνεσης

Η ανάγκη των μηχανικών να προσδιορίσουν τις συνθήκες που θα διαμορφώσουν άνετο εσωκλίμα στα κτίρια και άνετο μικροκλίμα στους υπαίθριους χώρους, οδήγησε στην απαίτηση της ποσοτικοποίησης του αισθήματος της θερμικής άνεσης σε συγκεκριμένους δείκτες.

Ο ευρύτερα αποδεκτός δείκτης ,που ποσοτικοποιεί τη θερμική αίσθηση των ανθρώπων, είναι η Προβλεπόμενη Μέση Ψήφος (PMV-Predicted Mean Vote). Ο δείκτης PMV προβλέπει τη μέση ψήφο άνεσης ενός συνόλου ανθρώπων εκτεθειμένων στο ίδιο θερμικό περιβάλλον στη βαθμωτή κλίμακα του σχήματος [30].



Σχήμα 2.1:Βαθμωτή κλίμακα θερμικής άνεσης, Πηγή [9]

Με βάση αυτό το δείκτη και τη χρήση διάφορων ημιεμπειρικών τύπων αναπτύχθηκαν πρότυπα εκτίμησης της προσδοκώμενης θερμικής άνεσης. Τα πρότυπα αυτά αποτελούν μαθηματικές εκφράσεις που προσομοιώνουν την αντίδραση των

ανθρώπων στη θερμική ποιότητα των χώρων. Τα πιο γνωστά πρότυπα είναι (LBNL, 2007):

- Fanger Comfort Model (Fanger, 1970)
- Pierce Two-Node Model (Gagge et al, 1970)
- KSU Two-Node Model (Azer, 1977)

Και τα τρία πρότυπα εφαρμόζουν το ισοζύγιο ενέργειας ενός ατόμου με τη χρήση μηχανισμών ανταλλαγής ενέργειας και σε συνδυασμό με πειραματικά προσδιορισμένες τιμές φυσιολογικών μεταβλητών που προβλέπουν τη θερμική αίσθηση του ατόμου και τη φυσιολογική του αντίδραση προς το θερμικό περιβάλλον. Οι διαφορές τους εστιάζονται στα πρότυπα φυσιολογίας που υιοθετούν και αντιπροσωπεύουν το ανθρώπινο παθητικό σύστημα (μεταφορά θερμότητας μέσω και από το σώμα) και το ανθρώπινο σύστημα ελέγχου (νευρικός έλεγχος ρίγους, ιδρώτα και ροής αίματος στο δέρμα) [9,24].

2.3.7.4 Πρότυπο θερμικής άνεσης Fanger

Από τα παραπάνω το πιο διαδεδομένο είναι το πρότυπο του Fanger, πάνω στο οποίο βασίζονται όλα τα υπόλοιπα. Το συγκεκριμένο μαθηματικό πρότυπο βασίζεται σε μια ενεργειακή ανάλυση που λαμβάνει υπόψη όλες τις απώλειες θερμότητας του σώματος, δηλαδή την απώλεια θερμότητας με συναγωγή και ακτινοβολία από το εξωτερικό μέρος του ρουχισμού, την απώλεια ενέργειας με την εξάτμιση του ιδρώτα, τη θερμότητα που μεταφέρεται από το δέρμα προς το εξωτερικό μέρος του ρουχισμού και την απώλεια θερμότητας που εμφανίζει το σώμα με την αναπνοή.

Ο δείκτης PMV προκύπτει από την εξίσωση:

$$PMV = (0.303e^{-0.036M} + 0.028)(H-L) \quad [31]$$

Όπου:

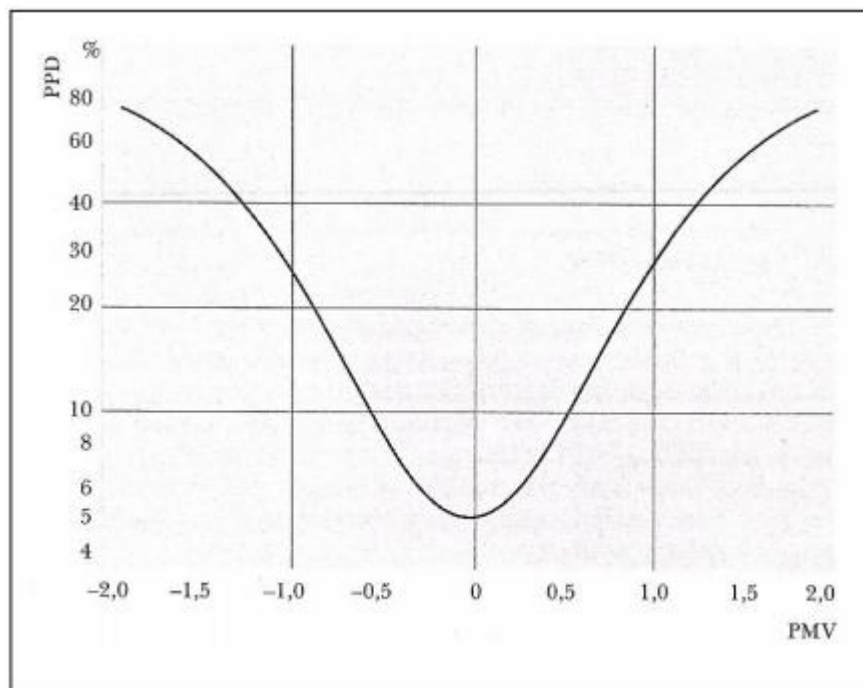
M : ανηγμένος ρυθμός μεταβολισμού (W/m²)

H: ανηγμένος ρυθμός παραγωγής εσωτερικής θερμότητας (W/m²)

L : ανηγμένος ρυθμός απωλειών θερμότητας με όλους τους μηχανισμούς (W/m²)

Επειδή είναι αδύνατο όλοι οι ευρισκόμενοι στο ίδιο περιβάλλον να αισθάνονται άνετα κάτω από τις υπάρχουσες συνθήκες, είναι σημαντικό να γνωρίζουμε το ποσοστό των ανθρώπων που αισθάνονται το χώρο ψυχρό ή θερμότερο από ότι θα επιθυμούσαν.

Για αυτό ο δείκτης PMV χρησιμοποιείται ταυτόχρονα με το δείκτη προβλεπόμενου εκατοστιαίου ποσοστού δυσαρεστημένων ή δείκτη δυσαρέσκειας PPD (Predicted Percentage of Dissatisfied). Ο δείκτης PPD δηλώνει το ποσοστό των ατόμων από τον συνολικό αριθμό ευρισκομένων στο συγκεκριμένο χώρο, που δηλώνει δυσαρέσκεια σε σχέση με τις συνθήκες θερμικής άνεσης που επικρατούν. Μπορεί να υπολογιστεί αφού πρώτα έχει βρεθεί ο PMV από το παρακάτω διάγραμμα :



Διάγραμμα 2.1: Δείκτης PPD συναρτήσει του δείκτη PMV, Πηγή: [31]

Από το διάγραμμα διαπιστώνεται ότι ακόμα και σε κατάσταση θερμικής άνεσης, δηλαδή για $PMV=0$, υπάρχει ένα ποσοστό ατόμων, περίπου 5%, που δηλώνει δυσαρέσκεια, ενώ στις ακραίες συνθήκες $PMV= +3$ ή $PMV= -3$ υπάρχει ένα πολύ μικρό ποσοστό που δηλώνει ικανοποιημένο με τις συνθήκες άνεσης (PPD περίπου 99%). Από το ISO 7730 να θεωρείται ότι η κατάσταση σε ένα χώρο είναι ικανοποιητική όταν το ποσοστό δυσαρεστημένων ή αλλιώς ο δείκτης PPD να είναι μικρότερος του 10%. Για να ισχύει αυτό πρέπει η τιμή του PMV να είναι μεταξύ των τιμών $- 0,5$ και $+ 0,5$.

Κατόπιν, για τη μελέτη των παραμέτρων που καθορίζουν το αίσθημα της άνεσης συγκρίνεται ο δείκτης Πραγματικής Αίσθησης Θερμότητας ASV (Actual Sensation Vote) , όπως προέκυψε από τα ερωτηματολόγια, με το θεωρητικό δείκτη θερμικής άνεσης PMV. Ο μεν δείκτης ASV αναφέρεται στην υποκειμενική αίσθηση κάθε ερωτηθέντα για τις θερμικές συνθήκες και αξιολογείται σε μια βαθμωτή κλίμακα ενώ ο PMV υπολογίζεται από μαθηματικό μοντέλο για κάθε ερωτώμενο και προβλέπει με στατιστική μέθοδο πώς θα έπρεπε να αντιλαμβάνονται οι ερωτηθέντες το θερμικό τους περιβάλλον, σε σχέση με τις μετρημένες τιμές θερμοκρασίας, σχετικής υγρασίας και ταχύτητας ανέμου, το ρουχισμό και το ρυθμό μεταβολισμού τους. Συγκρίνοντας το δείκτη PMV για κάθε ερωτώμενο με το αντίστοιχο ASV, ερευνάται η σχέση μεταξύ των πραγματικών και των θεωρητικών συνθηκών άνεσης σε υπαίθριους χώρους.

Εναλλακτικά, έχουν διατυπωθεί μοντέλα για τον υπολογισμό του ASV για διαφορετικές πόλεις, οι οποίες αντιστοιχούν σε διαφορετικές κλιματικές ζώνες, βασιζόμενα σε ωριαία μετεωρολογικά στοιχεία. Πρόκειται για απλά γραμμικά μοντέλα που αναπτύχθηκαν χρησιμοποιώντας μετεωρολογικά δεδομένα διαθέσιμα από κοντινό μετεωρολογικό σταθμό. Οι παράμετροι που χρησιμοποιούνται είναι η θερμοκρασία του αέρα (T_{air} , °C), η συνολική ηλιακή ακτινοβολία (S_{ol} , W/m^2), η ταχύτητα του ανέμου (V , m/s) και η σχετική υγρασία (RH,%).

Για την Αθήνα είναι:

$$ASV = 0.034 T_{air} + 0.0001 S_{ol} - 0.086 V - 0.001 RH - 0.412$$

[9,23,10,24,19]

2.3.7.5 Ο γενικός Δείκτης Δυσφορίας DI (Discomfort Index)

Προτάθηκε από τον Thom το 1959 και τροποποιήθηκε το 1978 από τον Besancenot. Είναι ένας καθαρά εμπειρικός δείκτης, βασίζεται σε μια μεγάλη σειρά παρατηρήσεων και είναι συνάρτηση μόνο της θερμοκρασίας και της υγρασίας της ατμόσφαιρας. Τα όρια του Δείκτη DI δίνονται στον Πίνακα 2.1 .

Δείκτης Δυσφορίας DI	
$30.0 < DI$	Καύσωνας
$26.5 < DI < 29.9$	Πολύ ζέστη
$20.0 < DI < 26.4$	Ζέστη
$15.0 < DI < 19.9$	Ουδέτερος
$13.0 < DI < 14.9$	Δροσιά
$-1.7 < DI < 12.9$	Κρύο
$DI < -1.7$	Πολύ κρύο

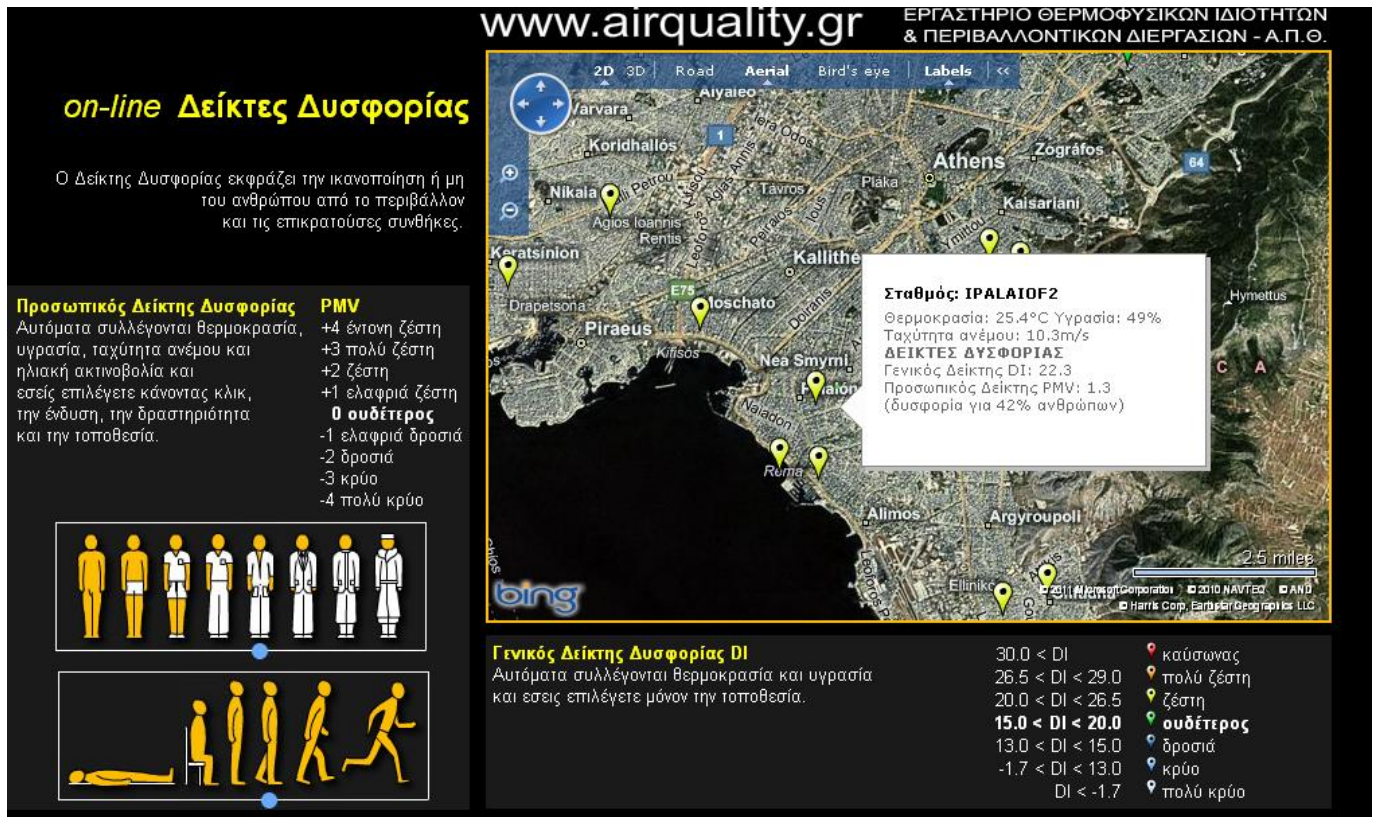
Πίνακας 2.1: Όρια Δείκτη DI, Πηγή: [1]

Πρόσφατα δημιουργήθηκε ο ιστοχώρος www.airquality.gr, στον οποίο παρατίθενται δύο δείκτες δυσφορίας, ο γενικός Δείκτης Δυσφορίας DI και ο δείκτης PMV (Predicted Mean Vote). Ο ιστοχώρος αναπτύχθηκε στο Εργαστήριο Θερμοφυσικών Ιδιοτήτων του τμήματος Χημικών Μηχανικών του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης, και έχει πανελλαδική κάλυψη. Τα απαιτούμενα δεδομένα για τον υπολογισμό των δύο δεικτών συλλέγονται από ένα «έξυπνο», ευέλικτο και πλήρες αυτοματοποιημένο σύστημα ως εξής:

Τα μετεωρολογικά δεδομένα για 60 περίπου τοποθεσίες στον Ελλαδικό χώρο λαμβάνονται αυτόματα από τους αντίστοιχους ιδιωτικούς μετεωρολογικούς σταθμούς που αναφέρουν τις μετρήσεις τους σε έναν διεθνή οργανισμό και δημοσιοποιούνται μέσω του www.wunderground.com. Έτσι συλλέγονται on-line για κάθε δυνατή τοποθεσία, η θερμοκρασία, η υγρασία, η ταχύτητα του ανέμου, η σχετική νέφωση και οι γεωγραφικές συντεταγμένες της. Συγχρόνως με βάση τη γεωγραφική θέση υπολογίζεται η ηλιακή ακτινοβολία σύμφωνα με την προτεινόμενη μεθοδολογία, οδηγίες VDI 3787 (1998) & 3789 (2001) και διορθώνεται ανάλογα με την επικρατούσα νέφωση. Εκτός από τα δεδομένα που ήδη συλλέγονται αυτόματα, όπως η θερμοκρασία, η υγρασία, η ταχύτητα του ανέμου και η σχετική νέφωση, καθώς και τον υπολογισμό της ηλιακής ακτινοβολίας, απαιτείται από τον χρήστη να επιλέξει μέσω ενός οικείου τρόπου την ένδυση και τη δραστηριότητα του.

Ο χρήστης μπορεί να μεγεθύνει όποια γεωγραφική περιοχή θέλει και να μετακινήσει αντίστοιχα το χάρτη. Το χρώμα των διαθέσιμων περιοχών είναι χαρακτηριστικό του γενικού Δείκτη Δυσφορίας, σύμφωνα και με τη χρωματική επεξήγηση στο κάτω μέρος της σελίδας. Ακολούθως επιλέγοντας μία περιοχή παρουσιάζονται αυτόματα οι τιμές

των δεικτών DI και PMV. Επιπρόσθετα, με την επιλογή μιας ένδυσης ή/και δραστηριότητας μπορεί να παρατηρηθεί ο αντίκτυπος στον Προσωπικό Δείκτη Δυσφορίας [1].



Εικόνα 2.12 : Άποψη του ιστοχώρου www.airquality.gr

2.3.7.6 Πώς επηρεάζουμε την θερμική άνεση σε έναν υπαίθριο χώρο

- Σωστή χρήση του τοπικού δυναμικού της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας
- Κατάλληλη ηλιοπροστασία, ανεμοπροστασία ή εκμετάλλευση των τοπικών ανέμων
- Ορθή επιλογή των υλικών και χρωματισμών στο αστικό περιβάλλον
- Κατάλληλη φύτευση και χρήση βλάστησης
- Τοποθέτηση υδάτινων στοιχείων για το δροσισμό του χώρου [2]

Τα υλικά του αστικού περιβάλλοντος, παίζουν ένα σημαντικό ρόλο τροποποιώντας το μικροκλίμα και τις συνθήκες θερμικής άνεσης. Πρέπει κάθε δομικό στοιχείο του

υπαίθριου χώρου, από τη βλάστηση μέχρι τα υλικά επίστρωσης και τον αστικό εξοπλισμό, να λειτουργεί διεποχικά κατά το καλύτερο δυνατό τρόπο. Οι επιφανειακές θερμοκρασίες των υλικών επηρεάζουν τη θερμική ισορροπία και άνεση μέσω των ανταλλαγών ακτινοβολίας. Έτσι προτιμάται η χρήση ψυχρών υλικών, διότι λόγω της αυξημένης ανακλαστικότητας τους παρουσιάζουν πολύ χαμηλότερες επιφανειακές θερμοκρασίες σε σχέση με τα υπόλοιπα υλικά. Παράλληλα, η βλάστηση και η διαμόρφωση επιφανειών πρασίνου συμβάλλουν στη διατήρηση χαμηλών θερμοκρασιακών επιπέδων σε σχέση με τον περιβάλλοντα χώρο, εξασφαλίζοντας σκίαση της ακτινοβολίας (η πλειοψηφία των φυλλοβόλων δέντρων έχουν πολύ χαμηλή διαπερατότητα στην ολική ηλιακή ακτινοβολία το καλοκαίρι, 2-5%) και διατήρηση της επιφανειακής θερμοκρασίας φυλλώματος κοντά την θερμοκρασία του αέρα, που σημαίνει 20-35°C χαμηλότερα από τις επιφανειακές θερμοκρασίες των υλικών που χρησιμοποιούνται συνήθως, όπως άσφαλτος, πλάκες σκυροδέματος κ.ά. Ως αποτέλεσμα, η θερμοκρασία σφαίρας (globe temperature, θερμοκρασία που περιλαμβάνει τη θερμοκρασία αέρα και τη μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας) κάτω από ένα μεγάλο δέντρο είναι συνήθως 15-20 °C χαμηλότερη από τη θερμοκρασία της ίδιας περιοχής ασκίαστης. Σε ό,τι αφορά τα επίπεδα σχετικής υγρασίας πρέπει να διατηρούνται ήπια προς αποφυγή του αισθήματος δυσφορίας τις θερμές ημέρες του έτους. Αυτό σημαίνει ανεμπόδιση κίνηση του αέρα στο χώρο, η οποία πέρα από την απομάκρυνση της θερμότητας, ασκεί καθοριστική επίδραση στη διαμόρφωση του υγρασιακού ισοζυγίου. Ο κατάλληλος προσανατολισμός του ελεύθερου χώρου σε σχέση με τις παρακείμενες οδούς καθώς και το μέγεθός του οφείλουν να επιτρέπουν τη διέλευση των επικρατούντων στην περιοχή ανέμων και την ανανέωση του αέρα [36].

Ενισχυτικά στο δροσισμό των ελεύθερων αστικών χώρων εκτός των συστημάτων σκίασης και της επίδρασης της φυτικής κάλυψης, επιδρούν και οι υδάτινες επιφάνειες (θάλασσα, λίμνες, ρυάκια) με στόχο τη περαιτέρω αύξηση του δροσισμού μέσω της εξάτμισης. Αν συνδυαστούν και με τη χρήση υδάτινων στοιχείων (συντριβάνια, τεχνητοί καταρράκτες) τότε βελτιώνεται ακόμα περισσότερο η βιοκλιματική τους λειτουργία. Γενικά, οι υδάτινες επιφάνειες παρουσιάζουν μικρή ανακλαστικότητα, έως 30% τις περιόδους με μέγιστη ηλιακή ακτινοβολία, και μεγάλη απορροφητικότητα που μπορεί να φθάσει έως και 90%. Η απορρόφηση, ενεργοποιεί συγχρόνως την εξάτμιση

από την επιφάνεια του ύδατος, με αποτέλεσμα την μετρίαση των εξωτερικών θερμοκρασιών και την επίτευξη θερμικής άνεσης.

Ο συνδυασμός όλων των παραπάνω τεχνικών (σκιασμός, φύτευση, υδάτινες επιφάνειες) λύνει σε μεγάλο βαθμό πολλά από τα προβλήματα που παρουσιάζονται κυρίως τη θερινή περίοδο σε ανοικτούς αστικούς χώρους. Τη χειμερινή αντίστοιχα περίοδο η απενεργοποίηση των τεχνητών υδάτινων στοιχείων, τα γυμνά από φύλλωμα φυλλοβόλα δέντρα και η διευκόλυνση του ηλιακού φωτός ώστε αν είναι δυνατόν να καλύψει μεγαλύτερη επιφάνεια του χώρου αποτελούν αποτελεσματικές σχεδιαστικές παρεμβάσεις [19].

2.3.8 Οπτική άνεση

Ένας επιτυχημένος ανοιχτός χώρος συχνά σχετίζεται με μια θετική οπτική εμπειρία. Σε αυτή την ικανοποίηση, μπορούν να συντελέσουν πολλοί παράγοντες, π.χ. ανεμπόδιστη θέα του τοπίου ή των γύρω κτιρίων, όμορφη βλάστηση, εντυπωσιακές προσόψεις κτιρίων, καλοσχεδιασμένος αστικός εξοπλισμός. Όλοι αυτοί οι παράγοντες σχετίζονται με την αισθητική και είναι, συνεπώς, πηγές «οπτικής ευχαρίστησης».

Η οπτική άνεση αναφέρεται ως μια ποιοτική παράμετρος που προκύπτει από τον σχεδιασμό ενός υπαίθριου χώρου, ο οποίος είναι προσαρμοσμένος στην αξιοποίηση της φυσικής πηγής φωτισμού κατά την ημέρα, δηλαδή το ηλιακό φως. Η οπτική άνεση κατά τη διάρκεια της νύχτας παρέχεται από τον τεχνητό φωτισμό των αστικών χώρων.

Η οπτική άνεση χαρακτηρίζεται κυρίως από την ελαχιστοποίηση της θάμβωσης, η οποία δημιουργείται είτε μέσω της έκθεσης σε άμεσο φυσικό φως υψηλής έντασης (άμεση θάμβωση) είτε στην περίπτωση κατά την οποία κάποια επιφάνεια εμφανίζει ιδιαίτερα αυξημένη λαμπρότητα σε σχέση με το υπόλοιπο περιβάλλον (έμμεση θάμβωση). Στην πρώτη περίπτωση ο έλεγχος της θάμβωσης επιτυγχάνεται μέσω της δημιουργίας σκιασμένων επιφανειών (σκίαστρα, φύτευση). Ειδικότερα, η αξιοποίηση

των δέντρων ή και άλλων διατάξεων για παροχή σκιασμού συμβάλλει στην οπτική άνεση μέσω του ελέγχου της αντανάκλασης της φωτεινής ακτινοβολίας που προσπίπτει στο έδαφος καθώς και σε κατακόρυφες επιφάνειες. Η ηλιακή ακτινοβολία διαχέεται και μειώνεται σε ένταση, ενώ η θάμβωση από την οπτική επαφή με τον έντονα φωτεινό ουράνιο θόλο ελαττώνεται με τη χρήση δέντρων.

Στη δεύτερη περίπτωση (έμμεση θάμβωση) καθοριστικός παράγοντας αποτελεί η ανακλαστικότητα των υλικών επίστρωσης των οριζόντιων και κάθετων επιφανειών μέσα ή γύρω από τον ελεύθερο χώρο καθώς η λαμπρότητά τους είναι ανάλογη με τον συντελεστή ανάκλασης της επιφάνειας και την ένταση του φωτός πάνω σε αυτήν. Επομένως η πιθανότητα της έμμεσης θάμβωσης, η οποία παρατηρείται συχνά στους ελεύθερους χώρους, μπορεί να αποφευχθεί μέσω της επιλογής κατάλληλων μη ανακλαστικών υλικών επίστρωσης, τα οποία παρουσιάζουν τις βέλτιστες οπτικές ιδιότητες σε συνδυασμό με την γενικότερη αισθητική του χώρου. Όπως φαίνεται στον πίνακα που ακολουθεί η πλέον πρόσφορη λύση έγκειται στη διαμόρφωση εκτενών επιφανειών με γρασίδι και πλάκες σχιστόλιθου [21,9,19,2].

Υλικό	Λευκό Μάρμαρο	Τσιμέντο	Βλάστηση	Χαλίκια	Σχιστόλιθος	Γρασίδι
Ανακλαστικότητα	55%	27%	25%	13%	8%	6%

Πίνακας 2.2 : Τιμές ανακλαστικότητας των υλικών επίστρωσης των δαπέδων ελεύθερων χώρων, Πηγή:[32]

2.3.9 Ηχητικό περιβάλλον και ακουστική άνεση

Το ακουστικό περιβάλλον είναι μια σημαντική παράμετρος της φυσιολογικής άνεσης στους ανοιχτούς δημόσιους χώρους, ιδιαίτερα σε έναν πυκνό αστικό χώρο με πολλαπλές ακουστικές οχλήσεις και ερεθίσματα.

Η ακουστική άνεση μπορεί να επιτευχθεί με εισαγωγή φυσικών ή τεχνητών εμποδίων και μεθόδων που λειτουργούν ως ηχοφράγματα και τα οποία μπορούν να εφαρμοστούν για λειτουργικούς και αισθητικούς λόγους. Ειδικότερα, η βλάστηση στις όψεις των κτιρίων και στο έδαφος μπορεί να αυξήσει τη διάχυση του ήχου στα όρια, μειώνοντας το θόρυβο. Η αποδοτικότητα της βλάστησης θα είναι μεγαλύτερη σε αστικούς χώρους παρά σε ανοικτό πεδίο, λόγω των πολλαπλών ανακλάσεων. Με τον ίδιο τρόπο, τα δέντρα σε αστικούς χώρους προκαλούν επί πλέον απορρόφηση και διασπορά του ήχου. Εκτός από τα δέντρα και τους θάμνους, η παρουσία χλοοτάπητα μειώνει επίσης το θόρυβο, σε σύγκριση με τις επιστρωμένες με σκληρά οικοδομικά υλικά επιφάνειες. Ένα μέρος της όχλησης μπορεί επίσης να καλυφθεί με τη χρήση υδάτινων στοιχείων (υπό μορφή πηγής ή σιντριβανιών).

Η αλληλεπίδραση μεταξύ της ακουστικής άνεσης και άλλων παραγόντων όπως η θερμική και οπτική άνεση επίσης πρέπει να ληφθούν υπόψη. Για παράδειγμα, οι επιδράσεις των οπτικών εικόνων περιορίζουν την αρνητική εντύπωση της ηχητικής ποιότητας. Δεδομένου ότι το τραμ αναπόφευκτα διασχίζει τους πολύβουους δρόμους της Αθήνας, η εξασφάλιση ενός ευχάριστου οπτικού περιβάλλοντος κατά μήκος των στάσεων του μειώνει αισθητά τα αρνητικά ηχητικά ερεθίσματα [9,36, 2].

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΥΠΕΡΥΘΡΗ ΘΕΡΜΟΓΡΑΦΙΑ

3.1 Εισαγωγή στην υπέρυθρη θερμογραφία (Infrared Thermography)

Η υπέρυθρη θερμογραφία είναι μία μέθοδος μη καταστρεπτικού ελέγχου που μετράει τη θερμότητα (υπέρυθρη ακτινοβολία) που εκπέμπει ένα σώμα και εμφανίζει την κατανομή της θερμοκρασίας στην επιφάνεια του σώματος.

Με την μέθοδο αυτή προσδιορίζουμε και ερμηνεύουμε τις θερμοκρασιακές διαφορές που εμφανίζονται σε υλικά και εφαρμογές, εν γένει, και εξάγουμε συμπεράσματα ως προς την ορθή θερμική θωράκισή τους [5]. Η υπέρυθρη θερμογραφία είναι μια μέθοδος που εφαρμόζεται εξ αποστάσεως με τη χρήση θερμοκάμερας (infra-red camera).

Η αρχή λειτουργίας τους βασίζεται στην εστίαση της υπέρυθρης ακτινοβολίας, που εκπέμπεται από ένα αντικείμενο, από τον οπτικό φακό. Μέσω αυτού, η υπέρυθρη ακτινοβολία περνάει στον ανιχνευτή υπερύθρων, ο οποίος στέλνει τα δεδομένα στους ηλεκτρονικούς αισθητήρες, όπου γίνεται η μετατροπή των δεδομένων αυτών σε έγχρωμη θερμική εικόνα. Με αυτή τη διαδικασία, η ένταση της ακτινοβολίας μετατρέπεται σε ηλεκτρικό σήμα και αυτό σε έγχρωμη θερμική εικόνα, το θερμογράφημα (thermogram), όπου τα θερμότερα σημεία παρουσιάζονται με διαφορετικά χρώματα στη χρωματική απόδοση της εικόνας..

Από ένα θερμογράφημα μπορούμε να δούμε, όχι μόνο την κατανομή της θερμοκρασίας στην επιφάνεια ενός σώματος αλλά να προσδιορίσουμε και να εκτιμήσουμε τη σοβαρότητα των προβλημάτων θερμότητας. Επίσης, από το θερμογράφημα, επεξεργαζόμενο με το κατάλληλο λογισμικό Η/Υ, μπορούν να εξαχθούν σημαντικά ποσοτικά και ποιοτικά συμπεράσματα, καθώς και γραφικές απεικονίσεις [17].

Οι υπέρυθρες (IR) τεχνικές χρησιμοποιούνται σε ένα μεγάλο εύρος εφαρμογών για τον εντοπισμό και τον καθορισμό του μεγέθους ενός μεγάλου εύρους ατελειών, σφαλμάτων, διαρροών, όπως:

- στην θερμική επιθεώρηση των κτιριακών εγκαταστάσεων προσδιορίζοντας την θερμική κατάστασή τους, τις διαρροές αέρα, τις απώλειες θερμότητας και ενέργειας, την υγρασία, τις διαρροές νερού, τις ατέλειες, την πληρότητα και την απόδοση της μόνωσης
- στην ιατρική, για την ανίχνευση του καρκίνου του μαστού, αναπνευστικών ασθενειών και της αρθρίτιδας
- στις περιβαλλοντικές επιθεωρήσεις για την θερμική καταγραφή των υγρών αποβλήτων και την καταγραφή ρύπανσης σε βιομηχανικές και αστικές περιοχές καθώς και τον εντοπισμό διαρροών πετρελαίου σε εργοστάσια και πλοία.
- στην αεροδιαστημική για την επιθεώρηση της μηχανής, των φρένων και των άλλων μηχανολογικών και ηλεκτρονικών του αεροσκάφους
- στον έλεγχο ηλεκτρολογικού και μηχανολογικού εξοπλισμού [17]

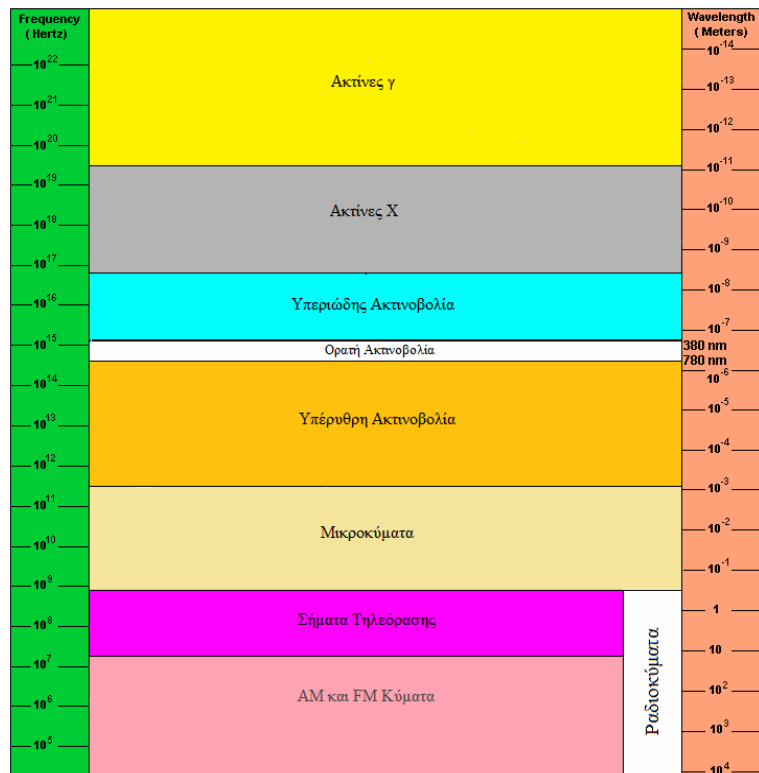
Η υπέρυθρη θερμογραφία βασίζεται στην αρχή ότι κάθε σώμα με θερμοκρασία μεγαλύτερη του απόλυτου μηδενός, εκπέμπει ενέργεια υπό τη μορφή ακτινοβολίας προς όλες τις κατευθύνσεις. Η θερμογραφία ή η υπέρυθρη φωτογράφιση, ανιχνεύει την εκπομπή θερμικής ακτινοβολίας και προκύπτει οπτική απεικόνιση του θερμικού σήματος (θερμογράφημα). Όσο μεγαλύτερη θερμοκρασία έχει ένα σώμα τόσο περισσότερη θερμική ακτινοβολία εκπέμπει. Αυτό απεικονίζεται με αντίστοιχη διαφορά στη χρωματική απόδοση ενός θερμογραφήματος (μπλε = ψυχρό, κόκκινο = θερμό).

Με την θερμογραφία δεν μετράται απευθείας η θερμοκρασία μιας επιφάνειας, αλλά η μεταβολή της επιφανειακής ακτινοβολίας [5]. Έτσι οι υποεπιφανειακές ανωμαλίες στο υλικό δημιουργούν τοπικές διαφορές στην επιφανειακή θερμοκρασία προκαλούμενες από τους διαφορετικούς βαθμούς θερμικής μεταφοράς στις ζώνες που υπάρχουν ατέλειες.

3.2 Υπέρυθρη ακτινοβολία (infrared radiation)

Ο William Hershel ήταν αυτός που ανακάλυψε πρώτος την υπέρυθρη ακτινοβολία, καθώς μελετούσε τις φασματικές ιδιότητες της ηλιακής ακτινοβολίας με την χρήση ενός πρίσματος. Οι παράλληλες ακτίνες του ήλιου πέφτοντας πάνω στο πρίσμα διασκορπίζονταν σε διαφορετικά χρώματα. Από σύμπτωση ή όχι, ένα θερμόμετρο βρισκόταν στο τραπέζι, όπου το ηλιακό φάσμα ήταν ορατό. Ο Hershel παρατήρησε ότι η θερμοκρασία που έδειχνε το θερμόμετρο αυξήθηκε, ακόμα και όταν το τοποθέτησε δίπλα στο ορατό φάσμα. Το φαινόμενο αυτό οδήγησε τον Hershel στο συμπέρασμα ότι πρέπει να υπάρχει μια μη ορατή ακτινοβολία που προκαλεί αύξηση της θερμοκρασίας του θερμομέτρου. Επειδή το φαινόμενο παρατηρήθηκε δίπλα στην ερυθρή περιοχή του ορατού φάσματος, ο Hershel ονόμασε την ακτινοβολία αυτή infrared (υπέρυθρη).

Αυτού του τύπου η ακτινοβολία αποτελεί το μεγαλύτερο κομμάτι της θερμικής ακτινοβολίας.



Εικόνα 3.1: Το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα, Πηγή: [18]

Το μήκος κύματός της κυμαίνεται από 0.76 μm – 103 μm .

Το εύρος της υπέρυθρης ακτινοβολίας διαχωρίζεται, επίσης, σε near-infrared (0,76 μm ... 1.5 μm), σε shortwave infrared (1.5 μm ...3 μm), σε middle infrared (3 μm ...5.5 μm) και thermal infrared (5.5 μm ...103 μm) [17].

3.3 Βασικές αρχές υπέρυθρης θερμογραφίας

3.3.1 Μεταφορά θερμότητας με ακτινοβολία

Οι τρόποι μετάδοσης της θερμότητας είναι οι εξής: αγωγή, συναγωγή και ακτινοβολία. Η ακτινοβολία είναι ο τρόπος που μας ενδιαφέρει καθώς οι IR κάμερες ανιχνεύουν την ακτινοβολούμενη θερμότητα [18].

Όλα τα σώματα εκπέμπουν ενέργεια υπό μορφή ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας, η οποία εξαρτάται από την θερμοκρασία που βρίσκονται, τον συντελεστή εκπομπής τους, τη φύση της επιφάνειας και διάφορες άλλες παραμέτρους. Η ηλιακή ενέργεια φτάνει στην γη αποκλειστικά με αυτό τον τρόπο μεταφοράς. Η μεταφορά θερμότητας με ακτινοβολία μεταδίδεται με ηλεκτρομαγνητικά κύματα και δεν απαιτείται η παρουσία ενός ενδιάμεσου μέσου. Στο κενό μάλιστα η ακτινοβολία μεταφέρεται πιο αποτελεσματικά. Όταν η ακτινοβολία προσπέσει σε ένα άλλο σώμα ή θα απορροφηθεί ή θα ανακλαστεί ή θα μεταφερθεί. Η θερμότητα που απορροφάται εμφανίζεται ως αύξηση θερμοκρασίας ενός σώματος.

Η ενέργεια που εκπέμπεται από ένα σώμα εκφράζεται ως εξής:

$$q = \varepsilon \cdot \sigma \cdot T_s^4$$

Όπου:

q : εκπεμπόμενη ενέργεια [W/m^2]

ε : συντελεστής εκπομπής υλικού


σ : σταθερά Stefan – Boltzmann ($5.67 \times 10^{-8} W / m^2 \cdot K^{-4}$)


T_s : απόλυτη θερμοκρασία του σώματος [K]

Η εξίσωση αυτή είναι γνωστή ως νόμος των Stefan – Boltzmann.

3.3.2 Παράμετροι ακτινοβολίας σώματος

 εκπεμπτικότητα ε : η ικανότητα εκπομπής ακτινοβολίας

 απορροφητικότητα α : η ικανότητα απορρόφησης ακτινοβολίας

 διαπερατότητα τ : η ικανότητα προσπέλασης της ακτινοβολίας μέσα από το σώμα

 ανακλαστικότητα ρ : η ικανότητα ανάκλασης της ακτινοβολίας

Από το πρώτο θερμοδυναμικό αξίωμα ισχύει : $\varepsilon + \rho + \tau = 1$.

Οι πιο κρίσιμες παράμετροι ακτινοβολίας είναι η εκπεμπτικότητα ε και η ανακλαστικότητα ρ . Η διαπερατότητα τ συνήθως είναι μικρή ως μηδενική και δεν την λαμβάνουμε υπόψη μιας και τα σώματα που εξετάζουμε συνήθως είναι αδιαφανή [18].

3.3.3 Συντελεστής εκπομπής ε (emissivity)

Ο συντελεστής εκπομπής ε είναι μια ιδιότητα της επιφάνειας που εξαρτάται κυρίως από το υλικό, την τραχύτητα, την ύπαρξη επιφανειακών στρωμάτων και τη γωνία λήψης. Είναι ο λόγος της εκπεμπόμενης ακτινοβολίας από ένα πραγματικό σώμα θερμοκρασίας T προς την εκπεμπόμενη ακτινοβολία του μέλανος σώματος της ίδιας θερμοκρασίας. Κυμαίνεται μεταξύ 0 (για έναν τέλειο ανακλαστήρα) και 1 (για έναν τέλειο εκπομπό, το αποκαλούμενο μέλαν σώμα). Μας δείχνει κατά πόσο η συμπεριφορά ενός πραγματικού σώματος μοιάζει με τη συμπεριφορά του μέλανος σώματος.

Ως μέλαν σώμα θεωρείται αυτό, που σε συγκεκριμένη θερμοκρασία T απορροφά όλη την προσπίπτουσα σ' αυτό ακτινοβολία σε όλα τα μήκη κύματος, χωρίς ανάκλαση, μεταφορά ή διάχυση. Για δεδομένη θερμοκρασία και μήκος κύματος, κανένα άλλο σώμα δεν μπορεί να εκπέμψει περισσότερη θερμική ακτινοβολία από το μέλαν σώμα. Στην πράξη δεν υπάρχουν μέλανα σώματα, είναι ιδεατά και χρησιμοποιούνται στους υπολογισμούς και τη σύγκριση της εκπεμπόμενης θερμικής ενέργειας από τα πραγματικά σώματα.

Στα μη αγωγή υλικά (όπως πλαστικό, ξύλο κ.λπ.) ο συντελεστής εκπομπής είναι μεγαλύτερος από 0,6 ενώ στα αγωγή υλικά αυξάνεται με την αύξηση της θερμοκρασίας. Σε λείες και καθαρές μεταλλικές επιφάνειες είναι πολύ μικρός, ενώ αλλάζει με την αλλαγή της φυσικής κατάστασης η χημικής σύστασης της επιφάνειας (οξειδωμένη μεταλλική επιφάνεια) [17].

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΔΟΜΙΚΑ ΥΛΙΚΑ

4.1 Η επίδραση των υλικών στη διαμόρφωση του μικροκλίματος

Τα υλικά που χρησιμοποιούνται στους υπαίθριους χώρους και στο εξωτερικό κέλυφος των κτιρίων αποτελούν την εξώτατη στιβάδα της πόλης. Αυτή η στιβάδα δέχεται ποικίλες περιβαλλοντικές επιδράσεις και είναι άμεσα εκτεθειμένη στις κλιματικές συνθήκες, τις οποίες, ανάλογα με τα χαρακτηριστικά της, μπορεί έως ένα βαθμό να διαφοροποιήσει. Τα υλικά παίζουν αποφασιστικό ρόλο στις διαδικασίες μετάδοσης θερμότητας που λαμβάνουν χώρα ανάμεσα στις αστικές επιφάνειες και το κλιματικό περιβάλλον. Κατά τη διάρκεια της θερμής καλοκαιρινής περιόδου, οι αυξημένες ώρες ηλιοφάνειας και η μεγάλη ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας έχουν ως αποτέλεσμα την αύξηση των επιφανειακών θερμοκρασιών των υλικών, που χρησιμοποιούνται στις εξωτερικές επιφάνειες των ελληνικών πόλεων. Αυτές οι υψηλές θερμοκρασίες, καθώς και η δυνατότητα των υλικών να απορροφούν, να διατηρούν ή να αποβάλλουν θερμότητα, επηρεάζουν, με τη σειρά τους, τις συνθήκες θερμικής άνεσης στους αστικούς υπαίθριους χώρους, αλλά και τα χαρακτηριστικά του κλίματος, σε επίπεδο πόλης.

Σε χώρες με θερμό, μεσογειακό κλίμα, όπως είναι η Ελλάδα, η αύξηση της θερμοκρασίας, που παρατηρείται στις πόλεις κατά τις ενδιάμεσες εποχές, και ιδιαίτερα κατά τους καλοκαιρινούς μήνες λόγω του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας, επεκτείνει την περίοδο δροσισμού με παράλληλες αρνητικές συνέπειες για το περιβάλλον και τους ανθρώπους:

- Συνέπειες για το εσωτερικό των κτιρίων: αύξηση αναγκών δροσισμού, αύξηση της εγκατάστασης και της χρήσης κλιματιστικών μηχανημάτων.
- Συνέπειες για την υγεία των ανθρώπων: αύξηση θανάτων από θερμοπληξία και αναπνευστικά προβλήματα.
- Συνέπειες για τη θερμική άνεση των ανθρώπων: θερμική δυσφορία στους υπαίθριους χώρους των πόλεων.
- Συνέπειες για την οικονομία και το περιβάλλον: η παρατεταμένη και γενικευμένη χρήση κλιματιστικών μηχανημάτων αυξάνει σημαντικά τα ηλεκτρικά φορτία αιχμής, υποχρεώνοντας τις εταιρίες παραγωγής ηλεκτρισμού

να κατασκευάσουν επιπλέον σταθμούς παραγωγής ενέργειας και αυξάνοντας τον κίνδυνο διακοπών (black-out).

➤ Συνέπειες για την ατμοσφαιρική ρύπανση: το φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας επηρεάζει τη συγκέντρωση και διανομή της ατμοσφαιρικής ρύπανσης άμεσα και έμμεσα. Η άμεση επίδραση οφείλεται στο ότι η θερμότητα επιταχύνει τις χημικές αντιδράσεις που οδηγούν σε υψηλές συγκεντρώσεις όζοντος στην τροπόσφαιρα. Η έμμεση επίδραση του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας στην αύξηση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης αναφέρεται στην αύξηση της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας για κλιματισμό, η οποία αυξάνει την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και άρα τους ρύπους που παράγονται από αυτή [7].

Η διαφορά ως προς τις κλιματικές συνθήκες μεταξύ πόλης και περιφέρειας επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό από τη συμπεριφορά της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας που παγιδεύεται στο έδαφος και στις διάφορες κατασκευές γενικότερα. Για παράδειγμα, η κάλυψη του εδάφους με πράσινο επιδρά θετικά στο κλίμα της περιοχής, καθώς τα φυτά δεσμεύουν το 80% της ηλιακής ακτινοβολίας, η οποία και παίρνει μέρος στις διάφορες διεργασίες εξατμισοδιαπνοής για την ανάπτυξή τους. Η διαδικασία αυτή είναι προφανές ότι αποφορτίζει τον αέρα από τις υψηλές θερμοκρασίες, ενώ παράλληλα τον εμπλουτίζει με υγρασία. Ανάλογη συμπεριφορά παρουσιάζει και το έδαφος. Αυτό, καθώς απορροφά την ηλιακή ακτινοβολία, τη μετατρέπει σε θερμότητα και έτσι υποβοηθείται η εξάτμιση της φυσικής του υγρασίας, διεργασία η οποία και συμβάλλει με τη σειρά της στη μείωση τόσο των εξωτερικών θερμοκρασιών, όσο και της επιφανειακής θερμοκρασίας του εδάφους.

Οι παραπάνω λειτουργίες είναι περιορισμένες στα αστικά κέντρα λόγω έλλειψης πράσινου και φυσικού εδάφους, με αποτέλεσμα την αυξημένη θερμοκρασία αέρα. Η κατάσταση δυσχεραίνεται με την επίδραση και των άλλων ανθρωπογενών θερμικών αποβλήτων και ρύπων, προκαλώντας το γνωστό φαινόμενο της "θερμικής νησίδας". Έτσι, οι πόλεις και εν γένει οι αστικές περιοχές παρουσιάζουν μειωμένη ανακλαστικότητα στην ηλιακή ακτινοβολία. Αυτό συμβαίνει κυρίως γιατί τα υλικά που χρησιμοποιούνται στις εξωτερικές επιφάνειες των κτιρίων και των υπαίθριων χώρων, είναι στην πλειοψηφία τους σκουρόχρωμα ή σκουραίνουν λόγω της αστικής ρύπανσης, και χαρακτηρίζονται από μεγάλη θερμοχωρητικότητα. Το σκούρο χρώμα

συνεπάγεται μεγάλη θερμική απορρόφηση, ενώ η αυξημένη θερμοχωρητικότητα έχει ως αποτέλεσμα τη διατήρηση υψηλών θερμοκρασιών στα υλικά για μεγάλα χρονικά διαστήματα.

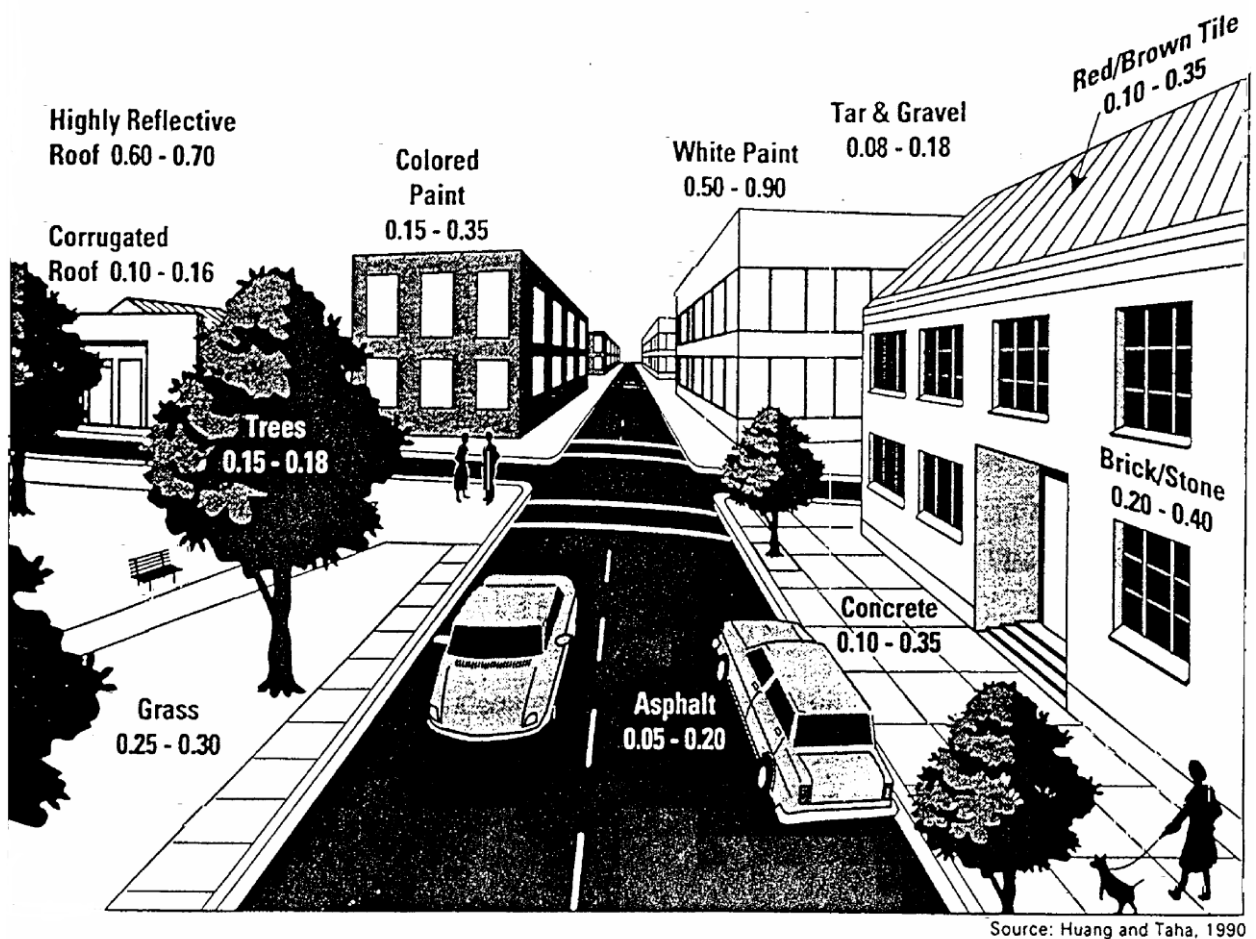
Τα αστικά δομικά υλικά απορροφούν την ηλιακή ακτινοβολία ή με άλλα λόγια δεν την επαναποδίδουν με ανάκλαση. Η λειτουργία αυτή, γνωστή και με τον επιστημονικό όρο "albedo", εμφανίζεται έντονα στους ασφαλτοτάπητες των οδοστρωμάτων μια και αυτοί έχουν χαμηλό συντελεστή ανάκλασης και πολύ μεγάλη απορρόφηση της ηλιακής ακτινοβολίας (τιμή albedo: 0,05-0,20). Το παραπάνω σημαίνει ότι η αποθηκευθείσα θερμότητα στη μάζα των δομικών στοιχείων επαναποδίδεται στο χώρο μετά από μία χρονική καθυστέρηση, συνήθως τις απογευματινές-βραδινές ώρες ανάλογα και με τη θερμοχωρητικότητα των στοιχείων. Έτσι, ενώ θα περίμενε κανείς μια αποφόρτιση του περιβάλλοντος και των κατασκευών από την πτώση των θερμοκρασιών τις βραδινές ώρες, αυτό στην πραγματικότητα δεν συμβαίνει γιατί οι αποθήκες της ασφάλτου και των άλλων κατασκευών αποβάλλουν τα θερμικά τους "σκουπίδια" προς το περιβάλλον. Τις πρωινές συνεπώς ώρες, με την έναρξη του νέου κύκλου ζωής, η ατμόσφαιρα συνεχίζει να είναι θερμικά φορτισμένη, όπου και προστίθενται και νέες επιβαρύνσεις.

Στις πόλεις οι εξωτερικές επιφάνειες των κτιρίων που έχουν μαυρίσει από τη ρύπανση έχουν χαμηλή ανακλαστικότητα περίπου ίση με 0,10. Αντίθετα μία φρεσκοβαμμένη άσπρη επιφάνεια με ανακλαστικότητα 0,80 μπορεί να οδηγήσει σε μείωση της θερμοκρασίας της επιφάνειας σχεδόν κατά 40 βαθμούς. Είναι προφανές ότι η χρήση υλικών μεγάλης ανακλαστικότητας στην ηλιακή ακτινοβολία, τόσο στα κτίρια, όσο και στις λοιπές καλυμμένες επιφάνειες των πόλεων μειώνει την απορροφούμενη ηλιακή ακτινοβολία και διατηρεί τις επιφάνειες πιο δροσερές.

Είναι προφανές ότι όσο πιο πυκνή είναι η δόμηση μιας πόλης και όσο περισσότεροι είναι οι ασφαλτοστρωμένοι δρόμοι και ελάχιστοι οι ελεύθεροι χώροι και τα πάρκα με πράσινο, τόσο το φαινόμενο της αστικής νησίδας θα επιτείνεται, αλλά και η ποιότητα ζωής στις πόλεις θα υποβαθμίζεται. Οι πράγματι μεγάλες κλιματικές διαφορές προκαλούν μια αυξημένη ζήτηση σε κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για δροσισμό των κτιρίων που εντάσσονται στον αστικό ιστό, με αποτέλεσμα τα θερμικά απόβλητα

των κλιματικών εγκαταστάσεων που επιτείνουν ακόμα περισσότερο το φαινόμενο της θερμικής νησίδας.

Η ανακλαστικότητα-απορροφητικότητα της ηλιακής ακτινοβολίας (albedo) των υλικών που συνήθως χρησιμοποιούνται στις κατασκευές των πόλεων φαίνεται στην εικόνα 4.1. Σημειώνεται ότι όσο μεγαλύτερη τιμή albedo παρουσιάζουν οι διάφορες (κυρίως οριζόντιες) αστικές επιφάνειες, τόσο λιγότερο επιβαρύνεται το περιβάλλον από την επίδραση της θερμικής ηλιακής ακτινοβολίας [22,27,14,28].



Εικόνα 4.1: Τιμές albedo τυπικών αστικών δομικών υλικών, Πηγή: [27]

4.2 Θερμικές ιδιότητες των δομικών υλικών

Τα υλικά που χρησιμοποιούνται στους εξωτερικούς χώρους πρέπει να ικανοποιούν τις παρακάτω απαιτήσεις:

- Να συντελούν στη δημιουργία βέλτιστου θερμικού κλίματος στην περιοχή χρήσης τους. Για τις ελληνικές κλιματολογικές συνθήκες ενδείκνυται η χρήση ψυχρών υλικών, δηλαδή υλικών που παρουσιάζουν υψηλή ανακλαστικότητα και μεγάλο συντελεστή εκπομπής.
- Να μην υποβαθμίζουν το οπτικό περιβάλλον και να μη δημιουργούν θάμβωση και υπερφωτισμό σε γειτονικά κτίρια όπως στα γυάλινα κτίρια [6].

Η **ικανότητα εκπομπής** καθορίζει την ακτινοβολία μεγάλου μήκους (θερμική ακτινοβολία) από ένα σώμα σε συγκεκριμένη θερμοκρασία. Όσο πιο μεγάλη είναι η ικανότητα εκπομπής, τόσο πιο μεγάλη ποσότητα θερμότητας εκπέμπεται από το σώμα. Είναι, λοιπόν, σημαντική για την ανακατανομή της θερμότητας μέσα στο σύστημα του δομημένου περιβάλλοντος, καθώς και για τις ανταλλαγές θερμότητας από ακτινοβολία με τον ουρανό. Καθώς η θερμότητα από ακτινοβολία που εκπέμπεται μεταξύ σωμάτων είναι αντιστρόφως ανάλογη του τετραγώνου της απόστασης μεταξύ τους, ο ρόλος της ικανότητας εκπομπής στον σχηματισμό της θερμικής νήσου εξαρτάται από την αστική γεωμετρία και τον συντελεστή θέασης των αστικών επιφανειών με τον ουρανό.

Η **ανακλαστικότητα** μιας επιφάνειας εκφράζεται από το συντελεστή ανάκλασης που δηλώνει το ποσοστό της ανακλώμενης ακτινοβολίας. Όσο μικρότερη είναι η τιμή της ανακλαστικότητας, τόσο περισσότερη ενέργεια απορροφάται από τις επιφάνειες, συντελώντας στην αύξηση της θερμοκρασίας του αέρα λόγω της θερμότητας που ανταλλάσσεται με συναγωγή από αυτές τις επιφάνειες. Γενικά, οι αστικές επιφάνειες τείνουν να έχουν χαμηλότερες τιμές ανακλαστικότητας, σε σχέση με τις φυτεμένες περιαστικές επιφάνειες, απορροφώντας έτσι μεγαλύτερα ποσά ηλιακής ακτινοβολίας. Με αυτό τον τρόπο οι επιφανειακές θερμοκρασίες που εκτίθενται στην ηλιακή ακτινοβολία μπορεί να έχουν μεγαλύτερες τιμές από τη θερμοκρασία αέρα, ακόμα και κατά 30°C-40°C. Η ανακλαστικότητα των αστικών επιφανειών είναι, λοιπόν, ένας πολύ σημαντικός παράγοντας για την αύξηση της ζήτησης ενέργειας για ψύξη στις

αστικές περιοχές [14]. Ενδεικτικά στον ακόλουθο πίνακα αναφέρονται οι συντελεστές ανάκλασης ορισμένων οικοδομικών υλικών και χρωμάτων:

ΥΛΙΚΟ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΝΑΚΛΑΣΗΣ (%)	ΧΡΩΜΑ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΝΑΚΛΑΣΗΣ (%)
Άσφαλτος	10	Μαύρο	3
Σκυρόδεμα	30-50	Γκρι	9
Ξύλο	5-40	Καφέ	12
Αλουμίνιο	70-80	Άσπρο	75
Πέτρα	5-50	Κόκκινα τούβλα	30

Πίνακας 4.1: Τιμές συντελεστή ανάκλασης βασικών οικοδομικών υλικών και χρωμάτων

Πηγή: Αξαρχλή Κ., Παπαδόπουλος Μ., Δομική Φυσική II Ενεργειακός σχεδιασμός και παθητικά ηλιακά συστήματα κτιρίων, Αφοί Κυριακίδη, Θεσσαλονίκη 1982

Η **θερμοχωρητικότητα** είναι η ικανότητα του σώματος να αποθηκεύει θερμότητα. Οι αστικές κατασκευές έχουν την τάση να έχουν υψηλή θερμοχωρητικότητα. Αντιθέτως, η θερμοχωρητικότητα των φυτών είναι σχεδόν αμελητέα, όπως επίσης και η μάζα τους. Λόγω της μεγάλης θερμοχωρητικότητας των δομικών υλικών, η ενέργεια που λαμβάνεται από τις αστικές επιφάνειες αρχικά αποθηκεύεται και εκλύεται αργότερα, όταν η περιβάλλουσα θερμοκρασία είναι χαμηλότερη από την επιφανειακή. Σε αντίθεση, οι επιφάνειες των φυτών δεν αποθηκεύουν θερμότητα. Η θερμότητα που αποθηκεύεται στα αστικά υλικά κατά τη διάρκεια της ημέρας εκλύεται τη νύχτα, αυξάνοντας έτσι τη νυχτερινή θερμοκρασία αέρα. Η επιπλέον θερμότητα που αποθηκεύεται στο αστικό περιβάλλον μπορεί να εμποδίσει τον νυχτερινό δροσισμό σε εξαιρετικά θερμές ημέρες. Με αυτό τον τρόπο επιβραδύνεται ο νυχτερινός δροσισμός των επιφανειών και σε ακραίες καταστάσεις εμποδίζεται εντελώς. Σε πυκνές αστικές γεωμετρίες, με περιορισμένη βλάστηση και σκίαση, αυτό το φαινόμενο είναι αρκετά συχνό τη θερινή περίοδο.

4.3 Ψυχρά υλικά

Η χρήση ψυχρών υλικών στον περιβάλλοντα χώρο και στις εξωτερικές επιφάνειες των κτιρίων είναι πολύ σημαντική για τη μείωση των αυξημένων θερμοκρασιών που παρατηρούνται στο δομημένο περιβάλλον.

Με τον όρο «ψυχρά υλικά» νοούνται υλικά που δεν απορροφούν μεγάλες ποσότητες ηλιακής ακτινοβολίας και δεν αποθηκεύουν στη μάζα τους μεγάλα ποσά θερμότητας. Πρόκειται δηλαδή για υλικά με υψηλή ανακλαστικότητα και υψηλό συντελεστή εκπομπής υπέρυθρης ακτινοβολίας (εκπέμπουν με ταχύ ρυθμό τα ποσά της θερμότητας που έχουν απορροφήσει). Αναλόγως με το πού τοποθετείται το ψυχρό υλικό, έχουν θεσπισθεί όρια ως προς την ανακλαστικότητα και το συντελεστή εκπομπής του. Σύμφωνα με την υπάρχουσα ΠΕΤΕΠ (Προσωρινές Εθνικές Τεχνικές Προδιαγραφές), προτείνεται η ανακλαστικότητά τους για την εφαρμογή τους σε επίπεδο δρόμου να είναι τουλάχιστον 0,60 για έγχρωμα επιφανειακά υλικά και τουλάχιστον 0,75 για υλικά λευκού χρώματος (ΥΠΕΧΩΔΕ, 2010).

Υψηλή ανακλαστικότητα στην ηλιακή ακτινοβολία σημαίνει ότι έχουμε μικρότερη απορρόφηση της ηλιακής ενέργειας και αποβολή ευκολότερα της θερμότητας όταν υπάρχει υψηλός συντελεστής εκπομπής. Αυτοί οι δύο παράγοντες, δηλαδή υψηλός συντελεστής ανακλαστικότητας και υψηλός συντελεστής εκπομπής, συμβάλλουν στο να εμφανίζονται μικρότερες επιφανειακές θερμοκρασίες. Αυτό σημαίνει ότι, σε επίπεδο κτηρίου, λιγότερη θερμότητα εισέρχεται στο κτήριο, με αποτέλεσμα να χρειάζεται λιγότερη ενέργεια και να έχουμε μικρότερη κατανάλωση ενέργειας για δροσισμό, και σε επίπεδο πόλης σημαίνει ότι λιγότερη θερμότητα μεταδίδεται στον υπερκείμενο αέρα, συνεπώς αντιμετωπίζεται με αυτόν τον τρόπο το φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας.

Ψυχρά υλικά μπορεί να είναι είτε απλά υλικά με υψηλή ανακλαστικότητα, δηλαδή ανοιχτόχρωμα υλικά είτε ειδικά υλικά με συγκεκριμένες προδιαγραφές τα οποία αν και σχετικά σκουρόχρωμα έχουν την ιδιότητα να ανακλούν το μεγαλύτερο μέρος της ηλιακής ακτινοβολίας.

Τα ψυχρά υλικά εφαρμόζονται είτε σε επιφάνειες κτηρίων (επικαλύψεις, επιχρίσματα) είτε στις υπόλοιπες επιφάνειες του δομημένου περιβάλλοντος (πεζοδρόμια, δρόμοι, πλατείες, χώροι στάθμευσης κ.ο.κ). Λόγω του γεγονότος ότι αποθηκεύουν μικρά ποσά θερμότητας, με την εφαρμογή τους εξασφαλίζονται χαμηλότερες επιφανειακές θερμοκρασίες στο δομημένο χώρο, σε σχέση με άλλα υλικά επίστρωσης. Οι επιφανειακές θερμοκρασίες των ψυχρών υλικών συνήθως δεν ξεπερνούν τους 50 °C, ενώ για συνήθη δομικά υλικά οι επιφανειακές θερμοκρασίες τη θερινή περίοδο μπορεί σε ορισμένες περιπτώσεις (π.χ. επίστρωση δωματίων με μαύρου χρώματος στεγανοποιητικά φύλλα) να φτάσουν και τους 90 ° C.

Ένα από τα προβλήματα που αντιμετωπίζουν τα ψυχρά επιφανειακά υλικά είναι το γεγονός ότι με την πάροδο του χρόνου μειώνεται η ανακλαστικότητά τους (γήρανση του υλικού, επικάθιση σκόνης κ.ο.κ). Αναλόγως με τη φύση του υλικού, τη χρήση και τη συντήρησή του, η μείωση αυτή μπορεί να κυμαίνεται από 0% έως 30%.

Σε κάθε περίπτωση εφαρμογής ψυχρών υλικών τόσο σε κατακόρυφες όσο και σε οριζόντιες επιφάνειες πρέπει να δίνεται προσοχή στην οπτική και θερμική όχληση που μπορεί να προκαλέσουν στα γύρω κτήρια και τον περιβάλλοντα χώρο τους. Συνδυασμός ψυχρών υλικών με κατάλληλους όγκους φύτευσης για σκίαση και εξατμισοδιαπνοή λειτουργούν πολύ θετικά στη δημιουργία ευνοϊκού μικροκλίματος τη θερινή περίοδο [4].

Γενικά συμπεράσματα:

- Η χρήση ανοιχτόχρωμων υλικών μειώνει την απορρόφηση ηλιακής ακτινοβολίας από τα υλικά που χρησιμοποιούνται στους υπαίθριους χώρους και στο κέλυφος των κτιρίων.
- Η αύξηση της ανακλαστικότητας μπορεί να επιτευχθεί με το βάψιμο υφιστάμενων επιφανειών ή με την εφαρμογή ανοιχτόχρωμων υλικών.
- Η χρήση του χρώματος για τη μείωση των επιφανειακών θερμοκρασιών υλικών, που είναι εκτεθειμένα στην ηλιακή ακτινοβολία αποτελεί μία από τις πιο κοινά χρησιμοποιούμενες πρακτικές.
- Λόγω της αυξημένης ανακλαστικότητάς τους, τα ανοιχτόχρωμα υλικά παρουσιάζουν πολύ χαμηλότερες επιφανειακές θερμοκρασίες σε σχέση με τα

αντίστοιχα σκουρόχρωμα. Οι διαφορές αυτές μπορεί να φτάνουν έως και τους 20 °C για κάποιες ομάδες υλικών.

Πιθανά μειονεκτήματα:

-Πρόκληση θάμβωσης, ιδιαίτερα σε χώρους όπου δεν υπάρχει σκιασμός. Το πρόβλημα της θάμβωσης μπορεί να επιλυθεί με την χρήση διατάξεων σκιασμού ή την χρήση υλικών με αδρή επιφάνεια.

-Απώλεια ανακλαστικότητας ιδιαίτερα σε δάπεδα λόγω χρήσης και φθοράς. (περιοδική συντήρηση)

Παράλληλα πλεονεκτήματα:

-Βελτίωση συνθηκών φυσικού φωτισμού σε στενούς δρόμους, όπου η ηλιακή ακτινοβολία εισέρχεται για περιορισμένες ώρες κατά τη διάρκεια της ημέρας. Στη περίπτωση αυτή, η χρήση ανοιχτόχρωμων υλικών σε όψεις κτιρίων, οδόστρωμα και πεζοδρόμια μπορεί να αυξήσει τα επίπεδα φυσικού φωτισμού.

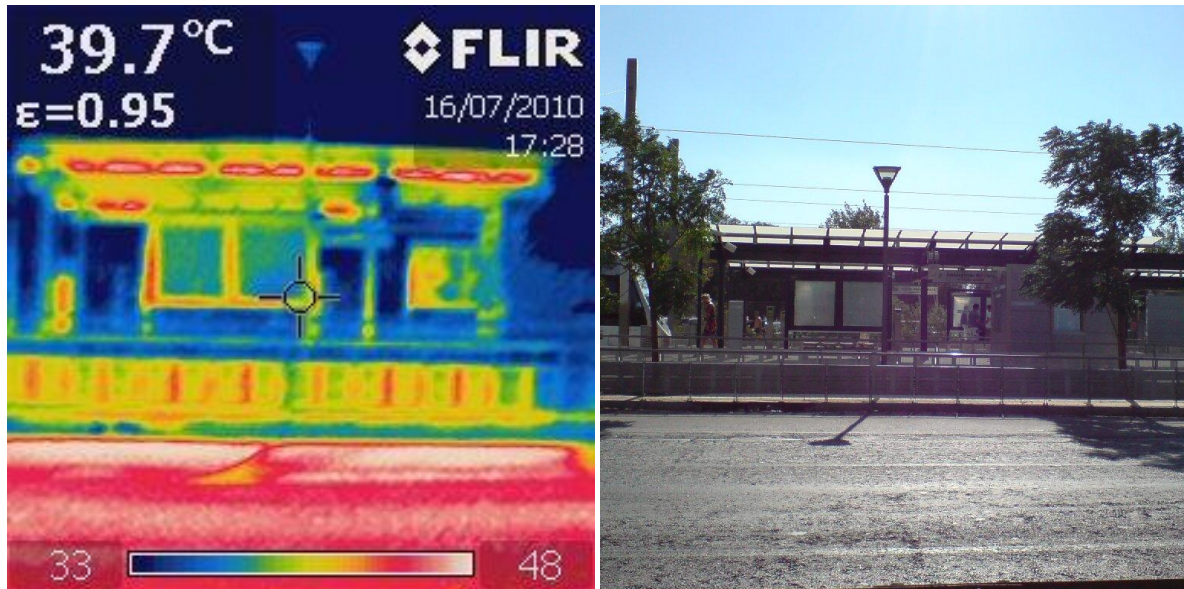
-Πιθανά ψυχολογικά οφέλη [8]

4.4 Υλικά επίστρωσης υπαίθριων χώρων

Οι συνθήκες θερμικής άνεσης στον υπαίθριο χώρο εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από την ακτινοβολούμενη επιφανειακή θερμοκρασία του εδάφους και των κτιριακών κατασκευών που τον περιβάλλουν, δεδομένου ότι η ηλιακή ακτινοβολία αποτελεί το σημαντικότερο παράγοντα διαμόρφωσης μικροκλιματικών συνθηκών. Επομένως, στο πλαίσιο ένταξης βιοκλιματικών παραμέτρων στο σχεδιασμό των υπαίθριων χώρων, πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή στα υλικά επίστρωσής τους.

Τα υλικά που χρησιμοποιούνται για τη διάστρωση των υπαίθριων χώρων στις ελληνικές πόλεις διαφοροποιούνται ανάλογα με το είδος και τη λειτουργία τους. Έτσι, οι δρόμοι και οι λεωφόροι διαστρώνονται με ασφαλτικό σκυρόδεμα, ενώ οι δρόμοι ήπιας κυκλοφορίας διαμορφώνονται συνήθως με κυβόλιθους από φυσικά πετρώματα ή τσιμέντο. Αντίστοιχα, στις πλατείες και τους πεζοδρόμους χρησιμοποιείται μια πληθώρα υλικών διάστρωσης, που περιλαμβάνει χυτά υλικά, πλάκες ή κυβόλιθους από φυσικά πετρώματα, τσιμέντο ή κεραμικά, ξύλινες σανίδες, αλλά και επιφάνειες χρώματος, βλάστησης και νερού. Από τα παραπάνω υλικά, εκείνο με τη

σημαντικότερη συνολική επίδραση από άποψη θερμικής συμπεριφοράς είναι το ασφαλτικό σκυρόδεμα, το οποίο είναι και το υλικό που κυριαρχεί στους δρόμους των πόλεων. Χαρακτηρίζεται από μικρή ανακλαστικότητα, γεγονός που συνεπάγεται χειρότερη θερινή θερμική συμπεριφορά.



Εικόνα 4.2: Θερμική συμπεριφορά ασφάλτου κατά τη θερινή περίοδο, Πηγή: [Προσωπικό αρχείο, Κεφάλαιο 5.5 Αποτελέσματα θερμογράφησης]

Το είδος των υλικών επίστρωσης των επιφανειών του υπαίθριου χώρου επηρεάζει καθοριστικά τόσο το θερμικό όσο και το οπτικό περιβάλλον. Υλικά με ανοιχτά χρώματα ή/και ανακλαστικές επιφάνειες αποτρέπουν την υπερθέρμανση τη θερινή περίοδο, αλλά παράλληλα μπορεί να προκαλέσουν θάμβωση και ανάκλαση της θερμότητας προς τους χρήστες του χώρου και τις επιφάνειες των γύρω κτιρίων. Αντιθέτως, υλικά με σκουρόχρωμες επιφάνειες υπερθερμαίνονται, όταν εκτίθενται στην ηλιακή ακτινοβολία.

Η επικάλυψη των επιφανειών του υπαίθριου χώρου με βλάστηση παρεμποδίζει τις ανακλάσεις, ενώ ταυτόχρονα συνεισφέρει στο δροσισμό του αέρα μέσω της εξατμισοδιαπνοής του φυλλώματος. Έρευνες σχετικά με την αναπτυσσόμενη επιφανειακή θερμοκρασία υπαίθριων χώρων σε αστικές περιοχές στην Αθήνα τη θερινή περίοδο αναφέρουν διαφορά στην επιφανειακή θερμοκρασία των επικαλύψεων με γρασίδι και ασφαλτο έως και 35,7 ° C ενώ για γρασίδι και πλάκες

πεζοδρομίου έως και 27,6 ° C. Όταν η επιφάνεια που καλύπτεται με πράσινο είναι σημαντικού μεγέθους, τότε παρατηρούνται διαφορές της θερμοκρασίας του αέρα, έως και 8 ° C ανάμεσα σε φυτεμένες περιοχές και περιοχές με συμπαγή δομικά υλικά.

Επιφάνειες νερού, όπως λεπτά στρώματα τρεχούμενου νερού, καταρράκτες, θάλασσα, λίμνες ή σιντριβάνια, συνεισφέρουν επίσης στην μείωση της θερμοκρασίας του αέρα και κατά συνέπεια στο δροσισμό του χώρου. Αυτό συμβαίνει διότι το νερό έχει χαμηλή ανακλαστικότητα και κατ' επέκταση μεγάλη θερμοχωρητικότητα, με αποτέλεσμα να απορροφά σημαντικό μέρος της ηλιακής ακτινοβολίας, ενώ παράλληλα διαθέτει και την ιδιότητα της εξάτμισης [9].

Υλικό δαπέδου	Ανακλαστικότητα στην ηλιακή ακτινοβολία	Συντελεστής εκπομπής υπέρυθρης ακτινοβολίας
Άσφαλτος	0,05-0,26 (*)	0,95
Σχιστόπλακες	0,08-0,10	0,90
Κυβόλιθοι γρανίτη γκρι	0,27 (*)	
Μάρμαρο λευκό	0,53 (*)	
Πλάκες τσιμέντου γκρι	0,34 (*)	
Γαρμπιλομωσαϊκό γκρι	0,38 (*)	
Γαρμπιλομωσαϊκό (βοτσαλωτό) -με τεχνολογία ψυχρών υλικών	0,87-0,90	0,82-0,84
Προϊόντα τσιμέντου (κυβόλιθοι)- με τεχνολογία ψυχρών υλικών	0,10-0,35	0,90
Προϊόντα ξύλου-σανίδες	0,30-0,40	0,95
Κεραμικά πλακίδια, κόκκινα	0,21(*)	
Γρασίδι και βλάστηση	0,15-0,30	0,67-0,69
Χώμα -άμμος (στεγνό)	0,25-0,30	0,90
Νερό	0,10-0,47	0,96

Πίνακας 4.2 : Ιδιότητες των πιο συνήθων οικοδομικών υλικών που χρησιμοποιούνται ως επιστρώσεις υπαίθριων χώρων. Οι τιμές με (*) προέρχονται από επιτόπιες μετρήσεις σε υπαίθριους χώρους στη Θεσσαλονίκη, Πηγή: [9]

Επίσης, αντί για επιστρωση με ενιαίες επιφάνειες, καλό είναι να προτιμούνται πλάκες που επιτρέπουν τη διείσδυση του νερού και την ανάπτυξη βλάστησης στους αρμούς ή τουλάχιστον να χρησιμοποιείται υδατοπερατή στρώση αδρανών. Είναι πολύ θετικό τόσο από θερμικής πλευράς όσο και από πλευράς εμπλουτισμού του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα και παράλληλης αποφόρτισης του δικτύου των ομβρίων. Το τσιμέντο και η άσφαλτος δεν είναι υδατοπερατά υλικά σε αντίθεση με τις φυσικές ή

κεραμικές πλάκες, τα βότσαλα, τα υλικά με διάκενα στην επιφάνεια τους ή με ανοιχτούς αρμούς στις μεταξύ τους συνδέσεις.

Η χρήση συμπυκνωμένου χώματος, είτε στη φυσική του κατάσταση ,είτε με σταθεροποιητές αδρανών (κατά προτίμηση φυσικής προέλευσης) ή κεραμικών δαπέδων τύπου «κουρασάνι», εκτός από αυξημένη ανακλαστικότητα σε σχέση με τις ασφαλτικές επικαλύψεις έχουν επίσης και αυξημένη υδατοπερατότητα, μειώνοντας την αστική θερμοκρασία όπου εφαρμόζονται (πεζόδρομοι, ποδηλατόδρομοι, αθλητικές εγκαταστάσεις, κηπευτικές επιφάνειες κ.ο.κ). Το κεραμικό δάπεδο τύπου κουρασάνι, το οποίο στη σύστασή του έχει αλεσμένα κεραμίδια, ψηφίδα, χαλαζιακή άμμο και θηραϊκή γη, εκτός από οικολογικό και βιοκλιματικό υλικό είναι και εξαιρετικά ευχάριστο για τον πεζό.



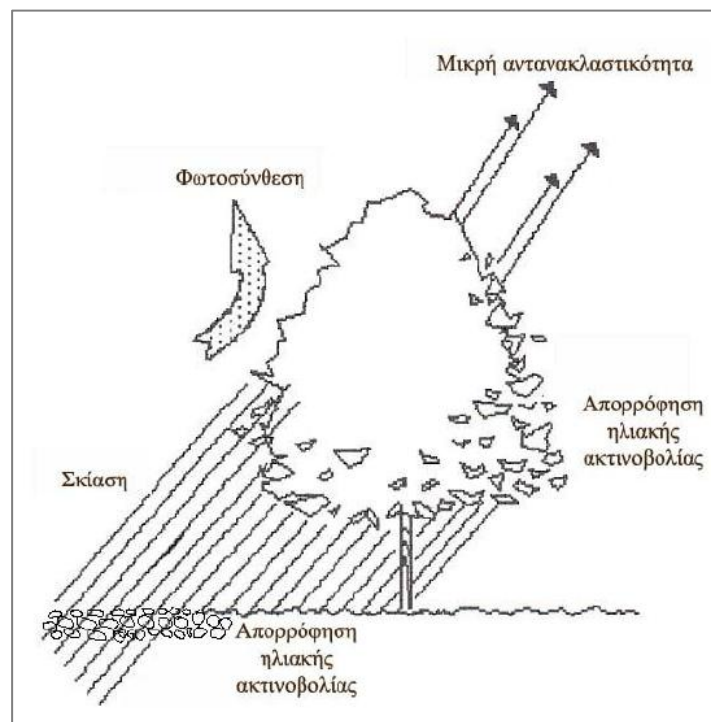
Εικόνα 4.3: Πλατεία οδού Ευτέρπης-Δάφνη, κεραμικό δάπεδο τύπου κουρασάνι

Πηγή: www.prolat.gr

Σε μονοπάτια, θέσεις στάθμευσης κ.ο.κ καλό είναι να τοποθετούνται διάτρητα υλικά (διάτρητες τσιμεντόπλακες, κυβόλιθοι με οπές κ.ο.κ). Με αυτό τον τρόπο δίνεται η δυνατότητα ανάπτυξης της τοπικής χαμηλής χλωρίδας στο χώμα μεταξύ των οπών καθώς και η απορρόφηση του νερού [9].

4.5 Η επίδραση της βλάστησης στους υπαίθριους χώρους

- Λειτουργεί ως ηλιοπροστασία, εξασφαλίζοντας σκίαση σε επιφάνειες κίνησης και στάσης
- Έχει χαμηλή θερμοχωρητικότητα σε σχέση με τα δομικά υλικά των κτιρίων
- Λειτουργεί ως ρυθμιστής της θερμοκρασίας, διότι απορροφά σε υψηλό ποσοστό την ηλιακή ακτινοβολία και συμβάλλει στον αερισμό της πόλης και τον δροσισμό της
- Λειτουργεί σαν φίλτρο προστασίας από το θόρυβο, τη ρύπανση και τον άνεμο, για τους ανθρώπους που κινούνται στους ελεύθερους χώρους. Η βλάστηση λειτουργεί ηχοπροστατευτικά γιατί απορροφά μέρος του εκπεμπόμενου θορύβου, ανεμοπροστατευτικά, διότι ελαττώνει την ταχύτητα του ανέμου στα χαμηλά ύψη και βοηθά στην ανακατεύθυνση των αέριων ρευμάτων και τέλος, ως απορρυπαντικό στοιχείο γιατί συγκρατεί τη σκόνη και συμβάλλει στην οξυγόνωση του αέρα της πόλης [22].



Εικόνα 4.4: Η επίδραση του πρασίνου στους υπαίθριους χώρους, Πηγή: [16]

4.6 Κριτήρια επιλογής δομικών υλικών υπαίθριων χώρων

Η ανάπλαση ενός υφιστάμενου ή ο σχεδιασμός ενός νέου υπαίθριου χώρου με βιοκλιματικά κριτήρια συμβάλλει στη διαμόρφωση συνθηκών θερμικής και οπτικής άνεσης αφενός στον ίδιο τον υπαίθριο χώρο και αφετέρου στη διαμόρφωση μικροκλιματικών συνθηκών που συνεισφέρουν στην εξοικονόμηση ενέργειας και στη βελτίωση των συνθηκών διαβίωσης μέσα στα κτίρια.

Ένας ελεύθερος χώρος, προκειμένου να είναι σε θέση να παρέχει τις συνθήκες εκείνες οι οποίες θα βελτιώσουν την ποιότητα ζωής, οφείλει να ικανοποιεί τις εξής απαιτήσεις:

1. Χαμηλότερα θερμοκρασιακά επίπεδα σε σχέση με τον όμορο αστικό χώρο. Τούτο μπορεί να επιτευχθεί με σχεδιασμό τέτοιο, ώστε να αποτρέπεται η υπερθέρμανση των επιφανειών, π.χ. με τη δημιουργία σκιασμού από δέντρα, διαμόρφωση επιφανειών πρασίνου και χρήση φυσικών υλικών με υψηλές τιμές φασματικής εκπομπής (albedo). Παράλληλα, πρέπει να επιτρέπεται ο επαρκής αερισμός του χώρου, ώστε να αυξάνεται η αποβολή θερμότητας και να ενισχύονται οι εξατμιστικές λειτουργίες από τα φυτά και τις τυχόν υδάτινες επιφάνειες.

2. Ήπια επίπεδα σχετικής υγρασίας. Η ανεμπόδιστη κίνηση του αέρα στο χώρο, πέρα από την απομάκρυνση της θερμότητας, ασκεί καθοριστική επίδραση στη διαμόρφωση του υγρασιακού ισοζυγίου και συμβάλλει στην αποφυγή του αισθήματος δυσφορίας τις θερμές ημέρες του έτους. Ο κατάλληλος προσανατολισμός του ελεύθερου χώρου σε σχέση με τις παρακείμενες οδούς καθώς και το μέγεθός του οφείλουν να επιτρέπουν τη διέλευση των επικρατούντων στην περιοχή ανέμων και την ανανέωση του αέρα.

3. Ήπιο οπτικό περιβάλλον. Η διαμόρφωση του αστικού περιβάλλοντος πρέπει να είναι τέτοια, ώστε να αποφεύγεται η θάμβωση, δίχως όμως να μειώνονται τα επίπεδα φυσικού φωτισμού. Η αξιοποίηση των δέντρων ή και άλλων διατάξεων για παροχή σκιασμού επιτυγχάνει την παραπάνω απαίτηση, ενώ η χρήση φυσικών κυρίως υλικών επιτρέπει τη διάχυση του φωτισμού και περιορίζει τις υπερβολικές

ανακλάσεις, οι οποίες αποτελούν την κύρια πηγή οπτικής όχλησης στους συγκεκριμένους χώρους.

Οι προτεινόμενες λύσεις για την επιλογή των δομικών υλικών των υπαίθριων χώρων είναι οι εξής:

- Ανοιχτόχρωμα υλικά, τα οποία αναπτύσσουν χαμηλές επιφανειακές θερμοκρασίες σε σχέση με την αντίστοιχη θερμοκρασία του αέρα.
- Οποιαδήποτε υλικά, ανεξάρτητα από τις επιφανειακές θερμοκρασίες τους, σε συνδυασμό με σταθερές ή κινητές διατάξεις σκιασμού ή/και φυτεύσεις.
- Υλικά επίστρωσης που να επιτρέπουν τη διείσδυση του νερού και την ανάπτυξη βλάστησης στους αρμούς.
- Επιφάνειες με φυτικές εδαφοκαλύψεις.
- Επιφάνειες νερού.
- Υλικά με μικρές τιμές θερμοχωρητικότητας και θερμικής διάχυσης, τα οποία, ενώ υπερθερμαίνονται κατά τις μεσημεριανές ώρες, υφίστανται γρήγορη θερμική αποφόρτιση κατά τις απογευματινές ώρες (π.χ. στεγνό χώμα, ελαφροσκυρόδεμα, ξύλο).

Συνοψίζοντας, στην επιλογή των υλικών πρέπει να λαμβάνονται υπόψη, συγχρόνως με τα οικονομικά και τα αισθητικά κριτήρια, οι παράμετροι της θερμικής συμπεριφοράς και της περιβαλλοντικής επίδρασης. Δεν υπάρχουν μονοσήμαντες λύσεις, καθώς κάθε επιλογή προς μια κατεύθυνση επηρεάζει άλλες παραμέτρους της θερμικής και οπτικής άνεσης. Ουσιαστικά ο σχεδιασμός του υπαίθριου χώρου προκύπτει από το συνδυασμό των επί μέρους επιδιώξεων, λαμβάνοντας υπόψη όλες τις παραμέτρους άνεσης, καθώς και τα ιδιαίτερα μορφολογικά και κλιματικά χαρακτηριστικά της τοποθεσίας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΈΡΕΥΝΑ ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΤΩΝ ΔΟΜΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΤΩΝ ΣΤΑΣΕΩΝ TRAM

5.1 Μορφολογία στάσεων τραμ

Κατασκευή της αποβάθρας

Ανάλογα με τη θέση των γραμμών σε σχέση με τις αποβάθρες, έχουν διαμορφωθεί δύο βασικοί τύποι στάσεων, αυτές που έχουν κατασκευασθεί σε πλευρικές αποβάθρες, που είναι χωροθετημένες η μία απέναντι από την άλλη, και εκείνες που έχουν κατασκευασθεί σε κεντρική αποβάθρα. Η πλαϊνή αποβάθρα έχει συνολικό πλάτος 2,60 μ., ενώ η κεντρική 4,20 μ. Το μήκος και των δύο είναι 70,00 μ. Η επιφάνεια της αποβάθρας είναι κατασκευασμένη από εδαφόπλακα οπλισμένου σκυροδέματος C20/25, ελάχιστου πάχους 18 εκατοστών. Η εδαφόπλακα έχει κλίση κατά την εγκάρσια έννοια τέτοια ώστε μαζί με τα επιφανειακά τελειώματα το ύψος της ακμής της αποβάθρας να είναι 27,55 εκατοστά, ενώ το ύψος της αποβάθρας στον κατά μήκος άξονα των υποστυλωμάτων είναι 30 εκατοστά ψηλότερα από την κορυφή της σιδηροτροχιάς. Με τη διπλή αυτή κλίση σε όλο το μήκος της αποβάθρας εξασφαλίζεται η επιφανειακή απομάκρυνση των ομβρίων.

Οι ακραίες λωρίδες της αποβάθρας έχουν κατασκευασθεί από μάρμαρο Καβάλας πλάτους 40 εκατοστών, πάχους 8 εκατοστών και μήκους 80 εκατοστών και έχουν στηριχθεί με στρώση τσιμεντοκονιάματος πάχους 2,5 εκατοστών. Ειδικής μορφής επιφάνειες από μάρμαρο έχουν τοποθετηθεί στα σημεία εδράσεως των υποστυλωμάτων, γύρω από τα φρεάτια, γύρω από τους λάκκους των δένδρων και στις βάσεις των ακυρωτικών μηχανημάτων.

Η υπόλοιπη επιφάνεια της αποβάθρας είναι κατασκευασμένη με πλάκες φυσικού γρανίτη διαστάσεων 40 x 40 εκατοστά, που όπως και οι λωρίδες μαρμάρου έχουν στηριχθεί με ισχυρό τσιμεντοκονίαμα (αναλογία 1:2).

Μέσα από τη λωρίδα μαρμάρου των 40 εκατοστών και σε όλο το μήκος της αποβάθρας, έχει τοποθετηθεί λωρίδα από τσιμεντόπλακες πλάτους 20 εκατοστών και μήκους 10 εκατοστών με εξώγλυφους κύκλους, η οποία λειτουργεί ως όδευση των τυφλών.

Στέγαστρο αναμονής επιβατών

Από την άποψη της γενικής τους μορφής, τα στέγαστρα χωρίζονται σε δυο κατηγορίες, εκείνα που προορίζονται για τις κεντρικές αποβάθρες και εκείνα που προορίζονται για τις πλαϊνές. Από την άποψη του αναπτύγματος των στεγάστρων κατά μήκος της αποβάθρας, διαμορφώνονται οι ακόλουθοι τρεις τύποι στεγάστρων:

-Στέγαστρο αποτελούμενο από δύο άνισα τμήματα, εκ των οποίων το πρώτο μήκους 6,60 μ. και το δεύτερο μήκους 12,00 μ. με μεταξύ τους κενό 3,00 μ., το οποίο γεφυρώνεται με επέκταση της κεντρικής φέρουσας δοκού. Στάσεις με τέτοιου τύπου στέγαστρα είναι η βόρεια και η νότια αποβάθρα στο ΣΕΦ, η βόρεια και η νότια αποβάθρα στο Κοιμητήριο, η βόρεια και η νότια αποβάθρα στο Ασκληπιείο Βούλας, οι κεντρικές αποβάθρες στις στάσεις Ξάνθου, Βουλιαγμένης, Αιγαίου, Πλατεία Νέας Σμύρνης, Αγία Παρασκευή, Βερόπουλος, οι πλαϊνές αποβάθρες στη στάση Πλατεία Γλυφάδας και η πλαϊνή αποβάθρα στη στάση Σύνταγμα.

- Στέγαστρο αποτελούμενο από ένα ενιαίο τμήμα μήκους 6,60 μ. Προορίζεται για τις πλαϊνές αποβάθρες στις στάσεις Βασιλίσσης Όλγας, Αρδητού και στην κάθοδο του Νέου Κόσμου.

-Στέγαστρο αποτελούμενο από δύο ίσα τμήματα, μήκους 6,60 μ. το καθένα, με μεταξύ τους κενό 3,00 μ., το οποίο γεφυρώνεται με επέκταση της κεντρικής φέρουσας δοκού. Στάσεις με τέτοιου τύπου στέγαστρα είναι όλες οι υπόλοιπες, πλην εκείνων που καταγράφηκαν στις δύο προηγούμενες παραγράφους.

Ο φορέας του στεγάστρου αναμονής των επιβατών είναι κατασκευασμένος από χαλύβδινες διατομές, με κεντρικά διπλά υποστυλώματα που στηρίζουν την κεντρική δοκό ορθογωνικής διατομής, που με τη σειρά της φέρει κεκλιμένους από έξω προς τα μέσα αμφιπροβόλους. Το στέγαστρο αποτελείται πλην τριών εξαιρέσεων από δύο τμήματα, ένα πρώτο συνολικού στεγασμένου μήκους 6,60 μ. και ένα δεύτερο, συνολικού στεγασμένου μήκους είτε 6,60 μ. ή 12,00 μ. Τα δύο τμήματα έχουν μεταξύ τους κενό 3,00 μ. και ενώνονται με την κεντρική δοκό, η οποία επεκτείνεται και πάνω από το κενό.

Μια διαμήκης υδρορροή τοποθετείται επί της κεντρικής οριζόντιας δοκού για τη συλλογή των ομβρίων αλλά και για τη στήριξη των υαλοπινάκων. Η υποστύλωση του

στεγάστρου γίνεται με πέντε ζεύγη υποστυλωμάτων από μαύρο χάλυβα βαμμένο με ηλεκτροστατική βαφή, κυκλικής διατομής και διαμέτρου Φ 5,5". Η δοκός, διατομής 15 x 25 εκατοστών, στηρίζεται μεταξύ των ζευγών των υποστυλωμάτων με τη χρησιμοποίηση κατάλληλων εξαρτημάτων. Επί των προβόλων και προς την εξωτερική πλευρά τους τοποθετούνται με κατάλληλα εξαρτήματα δοκοί κυκλικής διατομής. Φ 114 χιλιοστά. Τόσο οι δοκοί όσο και τα εξαρτήματα στήριξής τους αλλά και οι διατομές που προορίζονται για τη στήριξη των υαλοπινάκων είναι κατασκευασμένες από ανοξείδωτο χάλυβα. Η φέρουσα κατασκευή έχει χρωματιστεί με RAL 7016.

Το στέγαστρο καλύπτεται με διπλούς υαλοπίνακες, πάχους 6 και 6 χιλιοστών αντίστοιχα, μεταξύ των οποίων έχει τοποθετηθεί ειδική μεμβράνη για τον έλεγχο της υπερϊώδους ακτινοβολίας. Η μεμβράνη είναι άχρωμη και αδιαφανής (opaque).

Το στέγαστρο είναι διαφώτιστο ώστε να εξασφαλίζεται η ευχάριστη αναμονή των επιβατών, ενώ οι ειδικοί υαλοπίνακες διαμορφώνουν στη στεγασμένη επιφάνεια κατάλληλες συνθήκες από πλευράς ηλιακής ακτινοβολίας και θερμοκρασίας.

Αυτόματα εκδοτήρια εισιτηρίων

Ο φορέας τους αποτελείται από χαλύβδινες διατομές ενώ οι εξωτερικές όψεις είναι επενδυμένες με φύλλα αλουμινίου, πλαισιωμένα από διατομές ανοξείδωτου χάλυβα. Οι διαστάσεις του εκδοτηρίου των εισιτηρίων είναι 2,40 x 3,00 x 2,75 m.

Εξοπλισμός στάσης

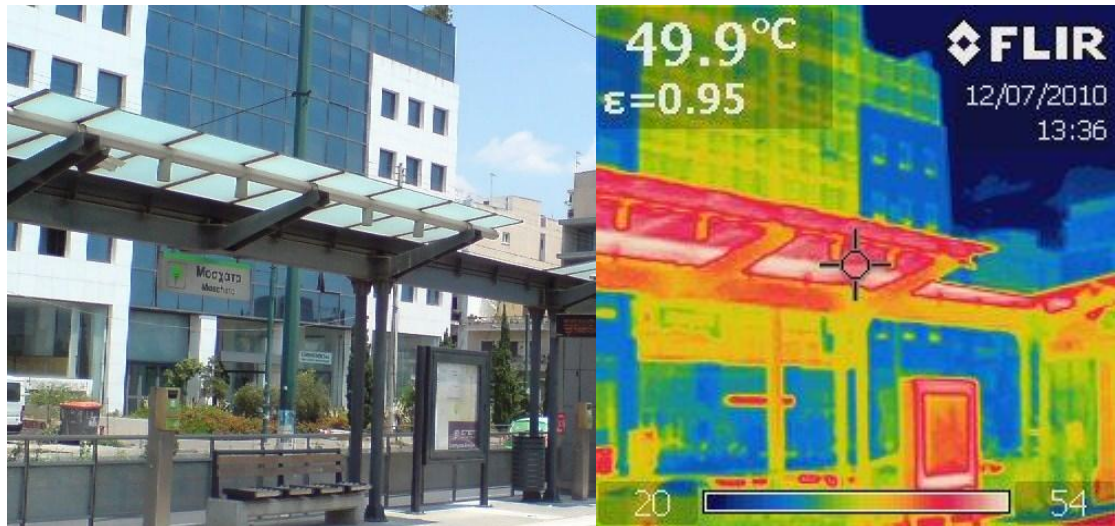
Επιπλέον η στάση διαθέτει ηλεκτρονική πινακίδα πληροφόρησης των επιβατών, καλάθια απορριμάτων, φωτιστικά σώματα και καθίσματα. Τα καθίσματα είναι ξύλινα σε μεταλλικό πλαίσιο, βιομηχανικής παραγωγής, και στηρίζονται σε πάγκους από οπλισμένο σκυρόδεμα.

Τέλος, στο μεγαλύτερο μέρος του διαδρόμου κίνησης του τραμ έχει γίνει επίστρωση με χλοοτάπητα ενώ η φύτευση δέντρων κατά μήκος όλης της διαδρομής του τραμ διαμορφώνει μια βιοκλιματική όαση στο γκρίζο περιβάλλον της μεγαλούπολης.

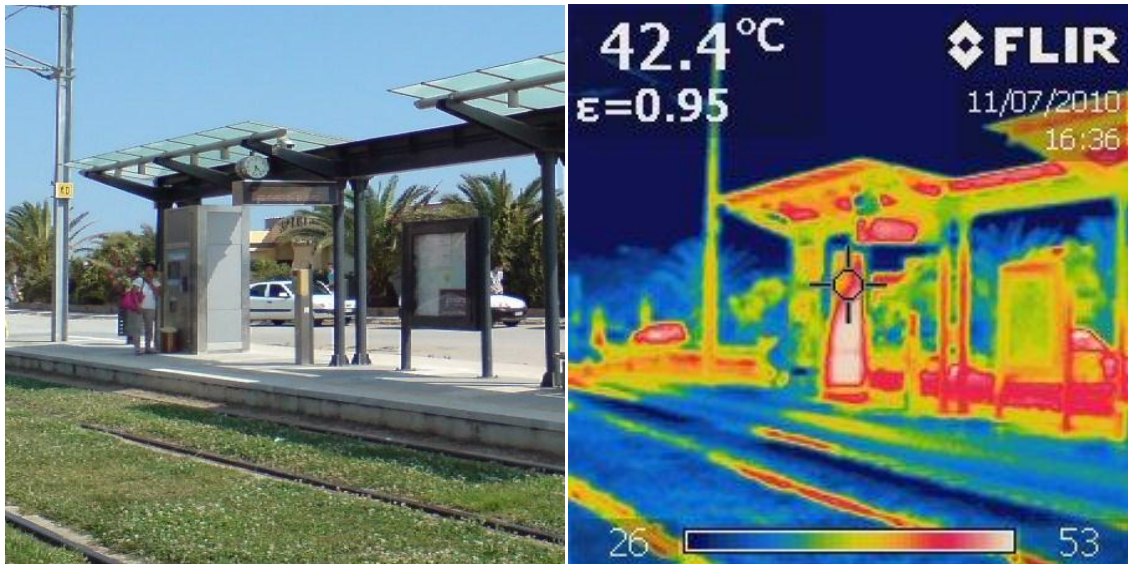
Προτάσεις βελτίωσης:

Τα υφιστάμενα στέγαστρα στεγάζουν μεγάλο αριθμό μηχανημάτων, ηλεκτρονικού εξοπλισμού κ.τ.λ περιορίζοντας τον χώρο που είναι διαθέσιμος για την αναμονή των επιβατών. Προτείνεται η χωροθέτηση των εκδοτηρίων και του σχετικού εξοπλισμού σε παρακείμενες του στεγάστρου θέσεις.

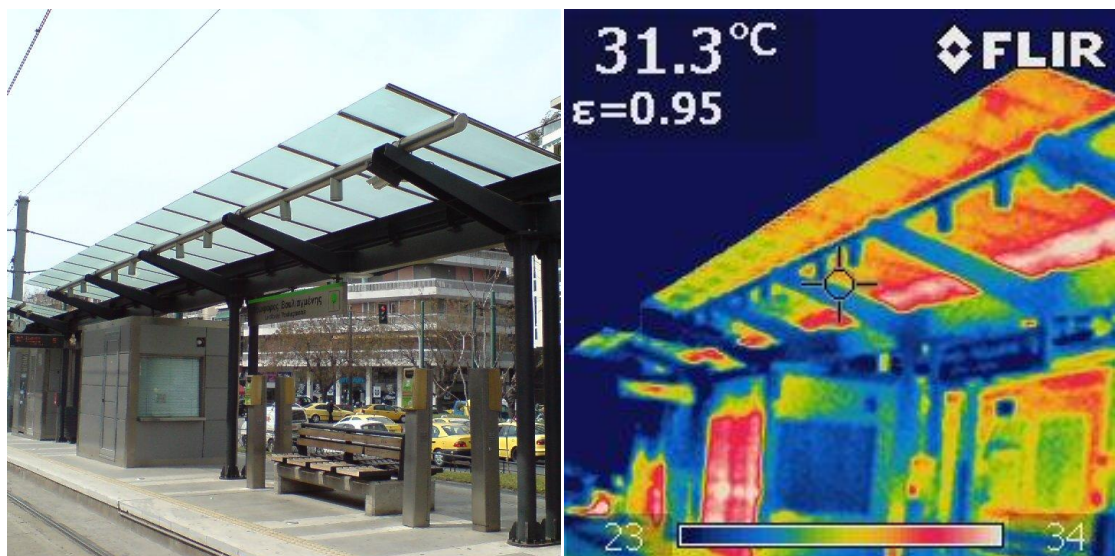
Ακολουθούν ενδεικτικά κάποιες φωτογραφίες ψηφιακές και οι αντίστοιχες θερμοφωτογραφίες στάσεων του τραμ, όπου βλέπουμε τα διάφορα υλικά που συνθέτουν το περιβάλλον της στάσης και την θερμική τους συμπεριφορά με την αντίστοιχη χρωματική απόδοση.



Εικόνα 5.1 : Στέγαστρο στάσης τραμ (στάση Μοσχάτο)



Εικόνα 5.2: Διάδρομος κίνησης τραμ επιστρωμένος με χλοοτάπητα (στάση Παραλία Γλυφάδας)



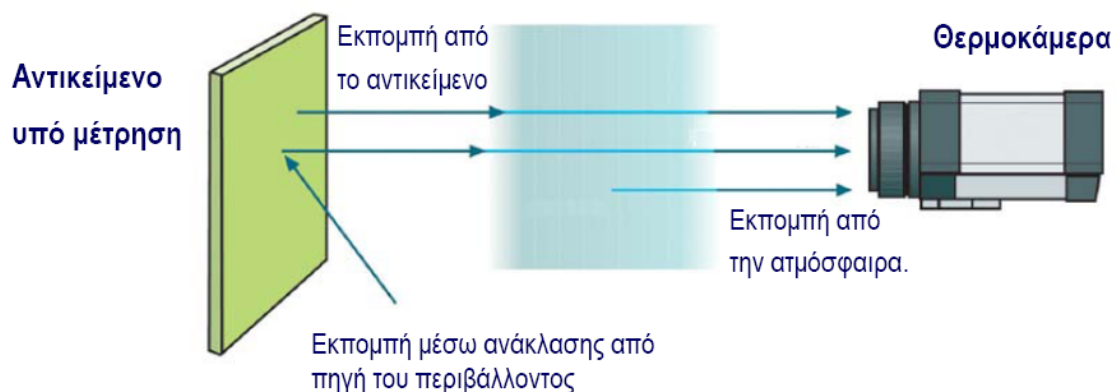
Εικόνα 5.3: Υαλοπίνακας στεγαστρού(στάση Λ.Βουλιαγμένης)

5.2 Διεξαγωγή μετρήσεων-καταγραφικός εξοπλισμός

Η καταγραφή των θερμοκρασιών που αναπτύσσονται στις επιφάνειες των διαφόρων υλικών των στάσεων του τραμ πραγματοποιήθηκε με θερμοκάμερα FLIR b40, της οποίας η λειτουργία φαίνεται παρακάτω:



Εικόνα 5.4: Λειτουργία θερμοκάμερας, Πηγή: [40]



Εικόνα 5.5: Διαδρομή ακτινοβολίας μέχρι τη θερμογραφική κάμερα, Πηγή: [20]

Η ταχύτητα του ανέμου (mph) που επικρατούσε στο περιβάλλον του σταθμού καταγράφηκε με ανεμόμετρο ενώ για τη μέτρηση της θερμοκρασίας και της σχετικής υγρασίας χρησιμοποιήθηκε θερμοϋγρόμετρο.

Για τη θερμοκρασία και τη σχετική υγρασία της ευρύτερης περιοχής χρησιμοποιήθηκαν τα μετεωρολογικά δεδομένα από την Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία και το Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών για τις συγκεκριμένες μέρες και ώρες διεξαγωγής των μετρήσεων.

Ειδικότερα, οι στάσεις του τραμ χωρίστηκαν σε 3 ζώνες με κριτήριο την γειτνίαση με τον πλησιέστερο μετεωρολογικό σταθμό των προαναφερθέντων υπηρεσιών. Έτσι, για τις στάσεις από Σύνταγμα έως Μουσών αξιοποιήθηκαν τα δεδομένα από τον μετεωρολογικό σταθμό στο Θησείο, του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών, για τις στάσεις από Εδέμ έως Ασκληπιείο Βούλας αξιοποιήθηκαν τα δεδομένα από τον μετεωρολογικό σταθμό στο Ελληνικό, της Ε.Μ.Υ και τέλος για τις στάσεις από Μπάτης έως Σ.Ε.Φ αξιοποιήθηκαν τα δεδομένα από τον μετεωρολογικό σταθμό στον Πειραιά, της Ε.Μ.Υ.

Σημειώνεται ότι στα δεδομένα που μας απέστειλε η Ε.Μ.Υ, η ώρα καταγραφής εμφανίζεται σε UTC (Coordinated Universal Time) οπότε για τη μετατροπή της από UTC σε τοπική ώρα Ελλάδας προσθέσαμε 3 ώρες για τις καλοκαιρινές μετρήσεις (θερινή ώρα) και 2 ώρες για τις χειμερινές μετρήσεις (χειμερινή ώρα). Στα δεδομένα από το Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών οι ώρες εμφανίζονται σε τοπική ώρα Ελλάδας.

Στο παράρτημα παρατίθενται τα μετεωρολογικά δεδομένα της ευρύτερης περιοχής κατόπιν αίτησής τους από τις αρμόδιες υπηρεσίες.

5.2 Αποτελέσματα χειμερινών μετρήσεων-μετεωρολογικά δεδομένα

Μετρήσεις 23/3/10			
Στάση	Θερμοκρασία Τ (°C)	Υγρασία(RH)	Άνεμος(mph)
Σύνταγμα	22	43%	0
Ζάππειο	20,6	56,10%	2
Λ.Βουλιαγμένης	20,7	50,50%	0
Φιξ	21,4	46,70%	2
Κασομούλη	23,2	44,60%	2
Ν.Κόσμος	20,8	43,50%	0
Μπακκανά	22,5	45,70%	2
Αιγαίου	19,5	60,50%	4
Αγ.Φωτεινής	21,8	52%	2
Μεγ.Αλεξάνδρου	21,2	48,20%	2
Αγ.Παρασκευή	21	47,60%	2
Μηδείας-Μυκάλης	21,6	44,40%	2
Ευαγγελική Σχολή	22,3	46,20%	0
Αχιλλέως	22,5	53,80%	2
Ρήγα Φεραίου-Αμφιθέας	21,8	51,60%	0
Παναγίτσα	20,4	54,70%	2
Μουσών	21,7	54,50%	2
Εδέμ	19,5	63,50%	0
Πικροδάφνη	19,9	68,50%	2
Μαρίνα Αλίμου	20,2	58,80%	0
Καλαμάκι	21	63,50%	0
Ζέφυρος	20,3	68,60%	2
Λουτρά Αλίμου	19,6	78,50%	2
Ελληνικό	21,2	64,70%	0
1η Αγ.Κοσμά	21,1	65,90%	0
2η Αγ.Κοσμά	21,5	69%	2
Αγιος Αλέξανδρος	21,7	69,10%	2
Ελλήνων Ολυμπιονικών	22,6	58,20%	2
Κέντρο Ιστιοπλοΐας	22,4	53,90%	2
Πλατεία Βεργωτή	23,2	62,80%	0
Παραλία Γλυφάδας	19,4	78,30%	2
Παλαιό Δημαρχείο	19,2	75,70%	2
Πλατεία Κατράκη	21,2	67,30%	0
Αγγ.Μεταξά	21,3	63,50%	0
Πλατεία Εσπερίδων	21,8	69,50%	0
Κολυμβητήριο	23,4	54,30%	0
Ασκληπιείο Βούλας	22,3	59,60%	0

Μετρήσεις 24/3/10			
Στάση	Θερμοκρασία T (°C)	Υγρασία(RH)	Άνεμος(mph)
Μπάτης	18,5	64,30%	4
Φλοίσβος	17,3	73,30%	8
Πάρκο Φλοίσβου	18,6	68,80%	6
Τροκαντερό	18,2	67,70%	6
Αγία Σκέπη	19,1	62,40%	0
Δέλτα Φαλήρου	18,6	58,70%	10
Τζιτζιφιές	18,9	61,50%	6
Καλλιθέα	19,7	57,40%	4
Μοσχάτο	19,7	67,40%	2
Νέο Φάληρο	19,8	60,70%	2
ΣΕΦ	18,6	63,80%	2

5.3 Αποτελέσματα καλοκαιρινών μετρήσεων- μετεωρολογικά δεδομένα

Μετρήσεις 11/7/10		
Στάση	Θερμοκρασία T (°C)	Σχετική Υγρασία RH
Σύνταγμα	29,799	51,30%
Ζάππειο	32,03	40,80%
Λ.Βουλιαγμένης	32,5	37,60%
Φιξ	38,107	34,50%
Κασομούλη	38,432	32,10%
Ν.Κόσμος	39,369	35,20%
Μπακανανά	37,33	34,00%
Αιγαίου	37,12	33,70%
Αγ.Φωτεινής	36,721	32,80%
Μεγ.Αλεξάνδρου	35,002	32,80%
Αγ.Παρασκευή	35,212	32,10%
Μηδείας-Μυκάλης	36,651	37,60%
Ευαγγελική Σχολή	37,357	38,20%
Αχιλλέως	41,235	37,10%
Ρήγα Φεραίου-Αμφιθέας	41,235	37,10%
Παναγίτσα	39,488	43,00%
Μουσών	39,488	43,00%
Εδέμ	38,71	39,30%
Πικροδάφνη	38,71	39,30%
Μαρίνα Αλίμου	38,81	39,30%
Καλαμάκι	38,912	43,00%

Ζέφυρος	38,87	40,30%
Λουτρά Αλίμου	38,57	40,30%
Ελληνικό	37,014	52,50%
1η Αγ.Κοσμά	37,014	52,50%
2η Αγ.Κοσμά	37,13	52,50%
Άγιος Αλέξανδρος	36,756	46,10%
Ελλήνων Ολυμπιονικών	36,85	46,10%
Κέντρο Ιστιοπλοΐας	36,75	46,10%
Πλατεία Βεργωτή	35,667	48,60%
Παραλία Γλυφάδας	35,585	38,30%
Παλαιό Δημαρχείο	35,61	38,30%
Πλατεία Κατράκη	35,954	35,20%
Αγγ.Μεταξά	34,1	34,90%

Μετρήσεις 12/7/10

Στάση	Θερμοκρασία Τ (°C)	Υγρασία(RH)
Μπάτης	36,035	45,90%
Φλοίσβος	36,11	45,90%
Πάρκο Φλοίσβου	35,799	45,60%
Τροκαντερό	35,81	45,60%
Αγία Σκέπη	37,792	38,10%
Δέλτα Φαλήρου	37,322	40,30%
Τζιτζιφιές	37,3	40,30%
Καλλιθέα	38,06	36,40%
Μοσχάτο	36,782	33,80%
Νέο Φάληρο	36,65	33,80%
ΣΕΦ	32,717	38,80%

Μετρήσεις 16/7/10

Στάση	Θερμοκρασία Τ (°C)	Υγρασία(RH)
Πλατεία Εσπερίδων	34,25	35,80%
Κολυμβητήριο	35,237	40,80%
Ασκληπιείο Βούλας	36,01	45,30%

5.4 Αποτελέσματα θερμογράφησης

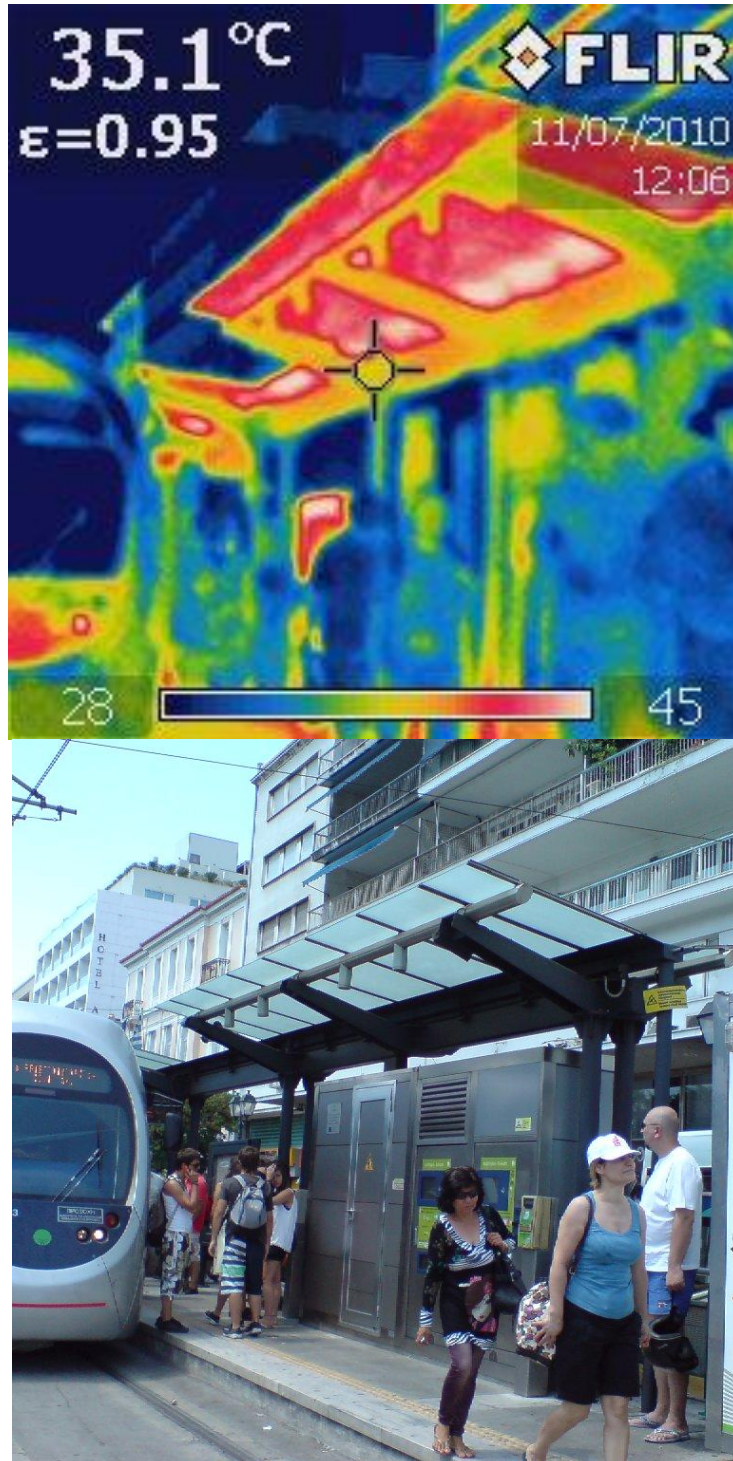
Σταθμός	T=22°C RH=43% Wind=0 mph	T=18,7 °C RH=59%
Σύνταγμα	Σταθμός	Ευρύτερη περιοχή

Χειμερινή περίοδος : 23/03/2010, 11:32



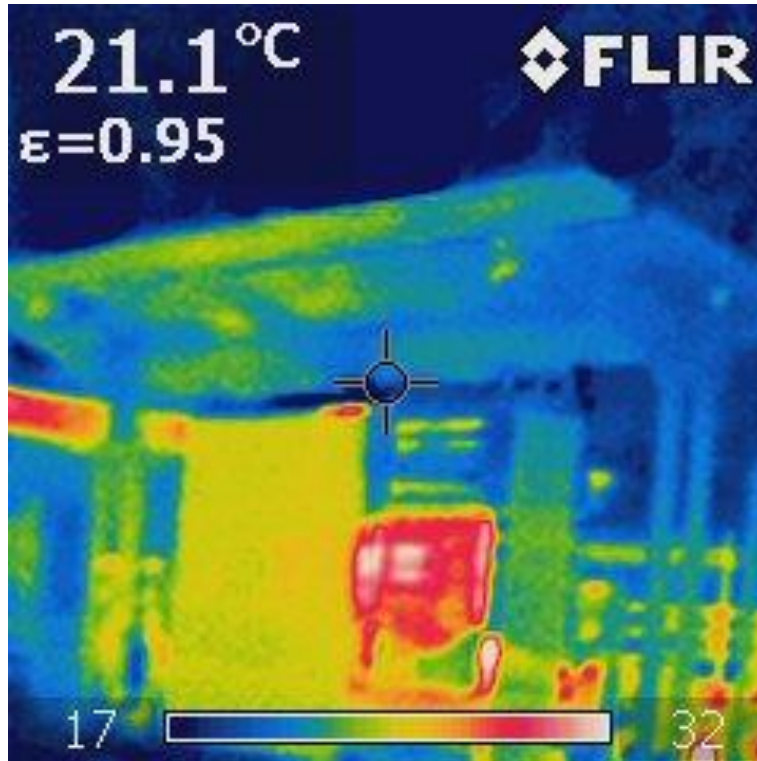
Σταθμός	T=29,799 °C	RH=51,30%	T=29,8 °C	RH=34%
Σύνταγμα	Σταθμός		Ευρύτερη περιοχή	

Καλοκαιρινή περίοδος : 11/07/2010, 12:05



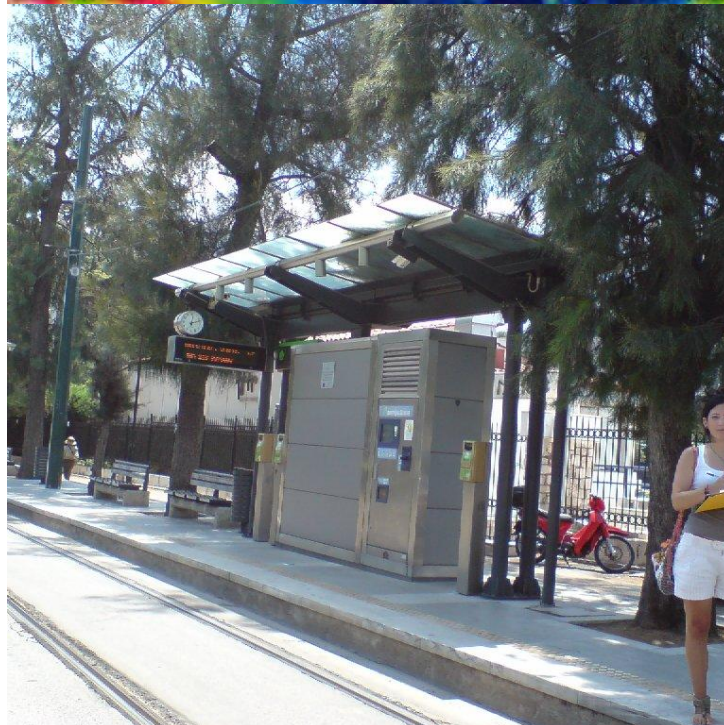
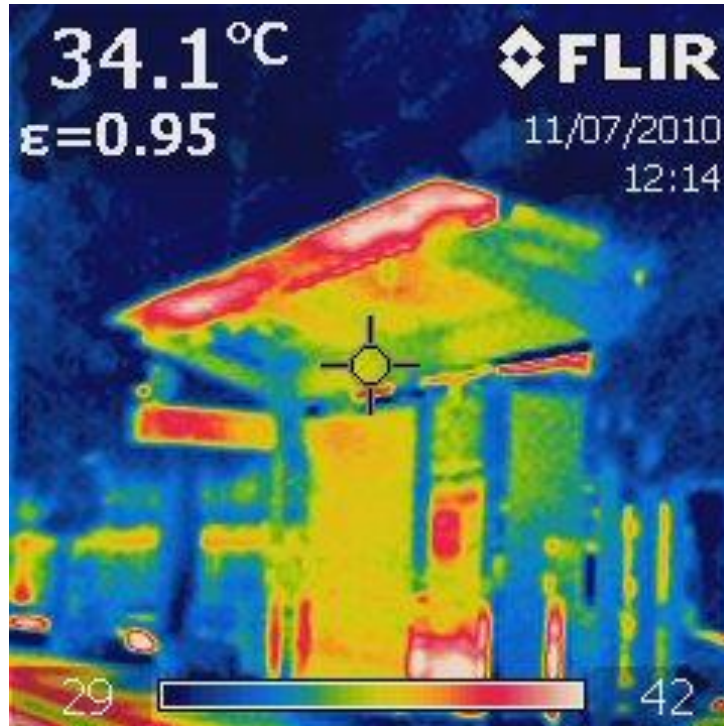
Σταθμός Ζάππειο	T=20,6°C RH=56,1% Wind=2 mph	T=19,5°C RH=55%
	Σταθμός	Ευρύτερη περιοχή

Χειμερινή περίοδος : 23/03/2010, 11:48



Σταθμός Ζάππειο	T=32,03 °C	RH=40,80%	T=29,8 °C	RH=34%
	Σταθμός		Ευρύτερη περιοχή	

Καλοκαιρινή περίοδος : 11/07/2010, 12:14



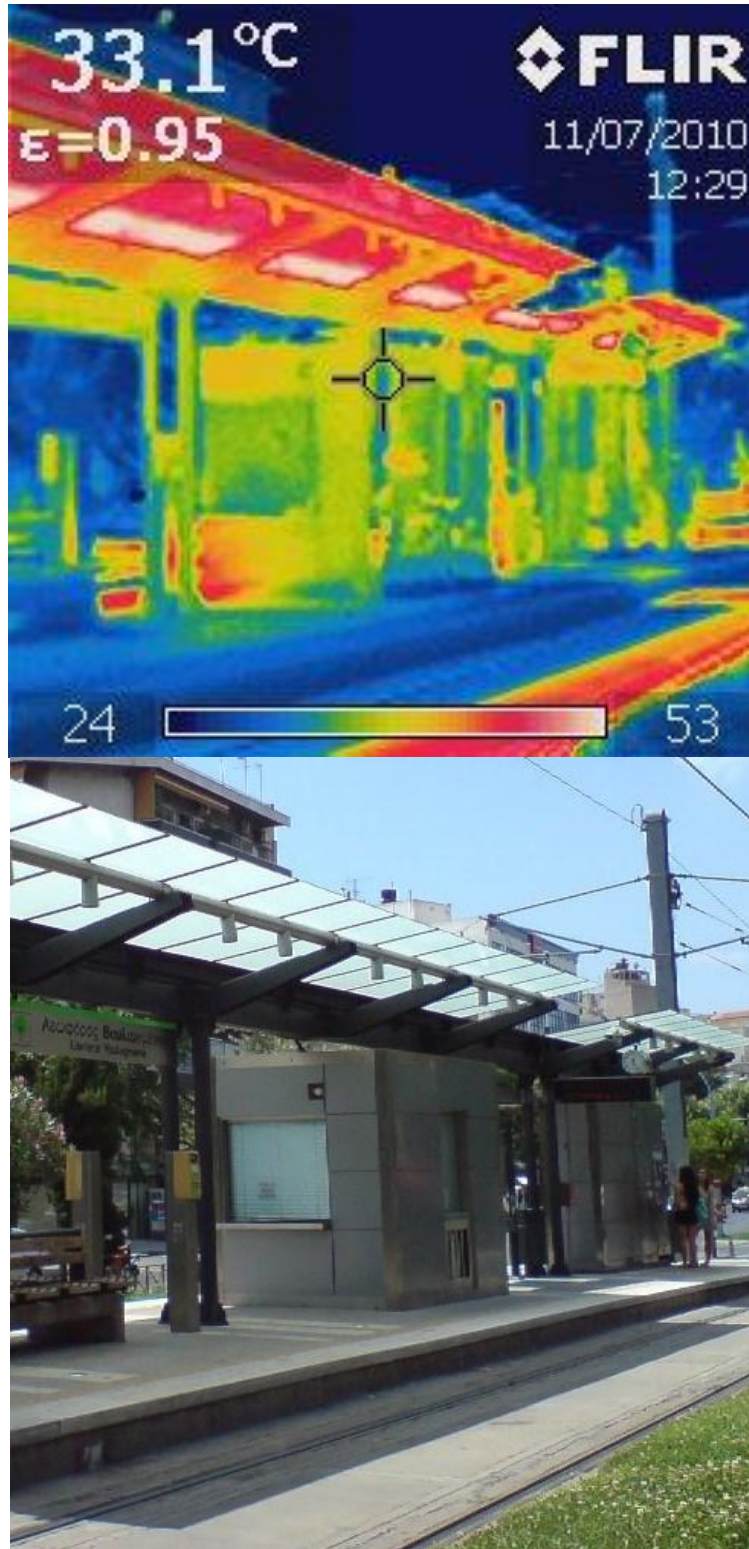
Σταθμός Λ.Βουλιαγμένης	T=20,7°C RH=50,5% Wind=0 mph	T=19,5°C RH=55%
	Σταθμός	Ευρύτερη περιοχή

Χειμερινή περίοδος : 23/03/2010, 11:51



Σταθμός Λ.Βουλιαγμένης	T=32,5 °C RH=37,60%	T=30,1 °C RH=33%
	Σταθμός	Ευρύτερη περιοχή

Καλοκαιρινή περίοδος : 11/07/2010, 12:29



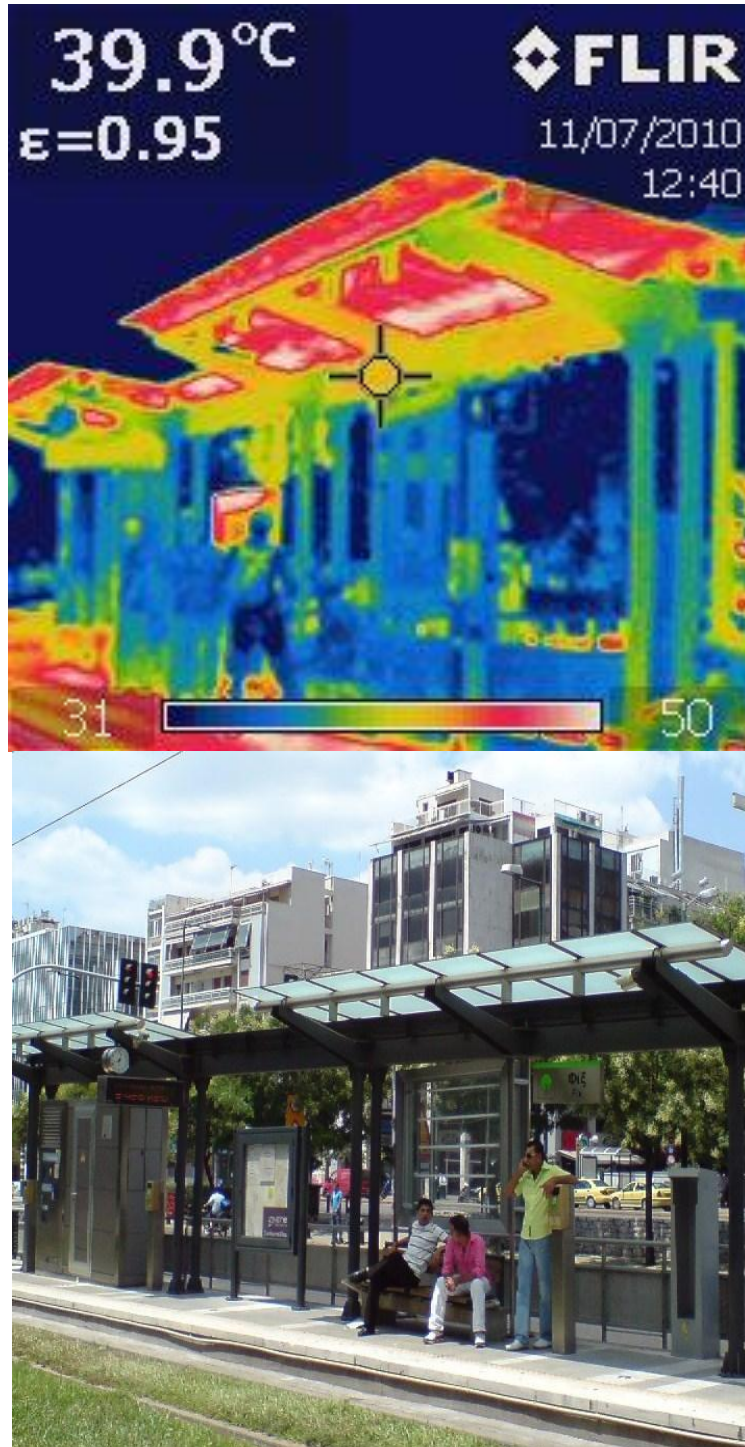
Σταθμός Φιξ	T=21,4°C RH=46,7% Wind=2 mph	T= 19,5 °C RH=55%
	Σταθμός	Ευρύτερη περιοχή

Χειμερινή περίοδος : 23/03/2010, 12:00



Σταθμός Φιξ	T=38,107 °C	RH=34,50%	T= 30,1 °C	RH=33%
	Σταθμός		Ευρύτερη περιοχή	

Καλοκαιρινή περίοδος : 11/07/2010, 12:40



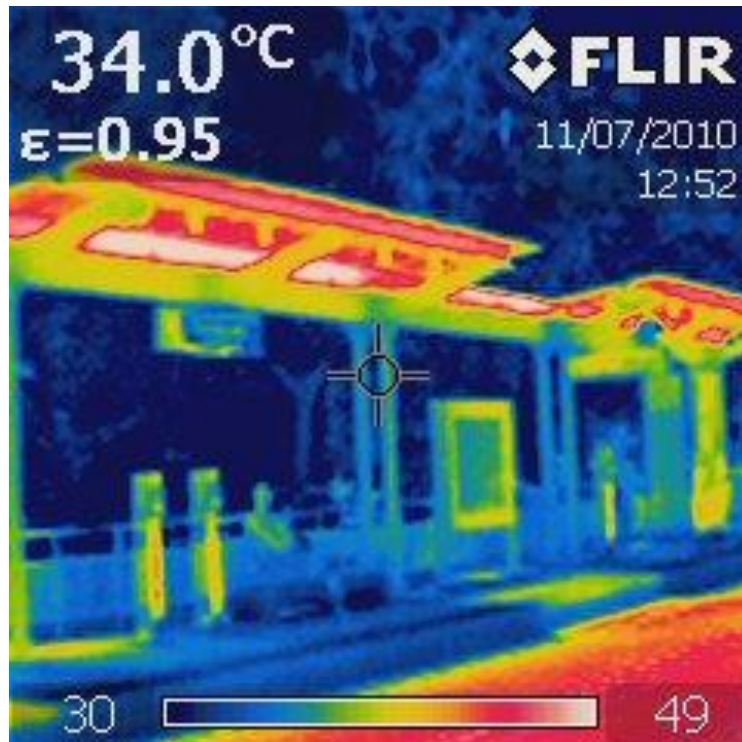
Σταθμός Κασομούλη	T=23,2°C RH=44,6% Wind=2 mph	T=19,5 °C RH=55%
	Σταθμός	Ευρύτερη περιοχή

Χειμερινή περίοδος : 23/03/2010, 12:13



Σταθμός Κασομούλη	T=38,432 °C	RH=32,10%	T=30,1 °C	RH=33%
	Σταθμός		Ευρύτερη περιοχή	

Καλοκαιρινή περίοδος : 11/07/2010, 12:51



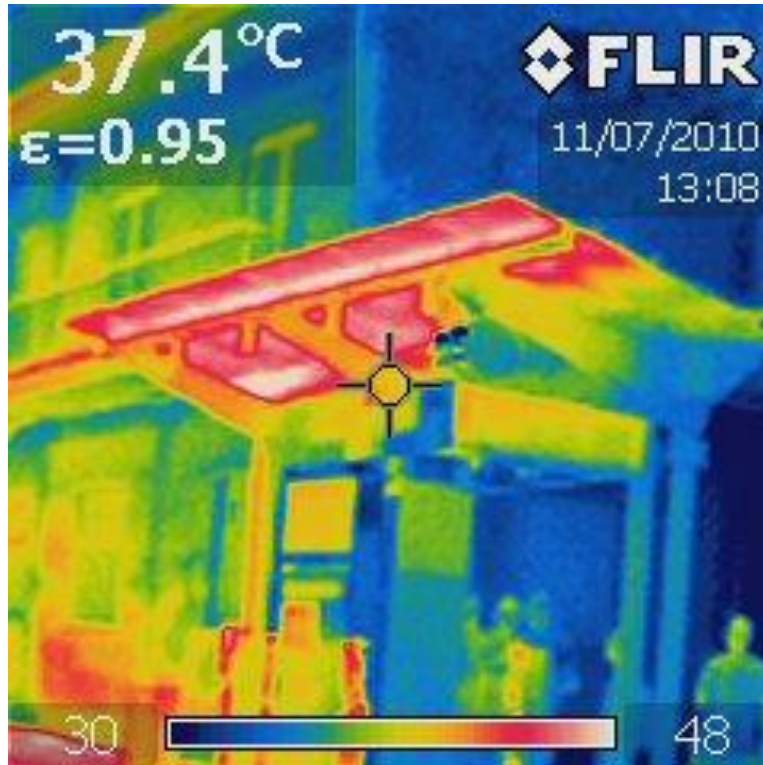
Σταθμός Νέος Κόσμος	T=20,8°C RH=43,5% Wind=0 mph	T=20,3 °C RH=53%
	Σταθμός	Ευρύτερη περιοχή

Χειμερινή περίοδος : 23/03/2010, 12:25



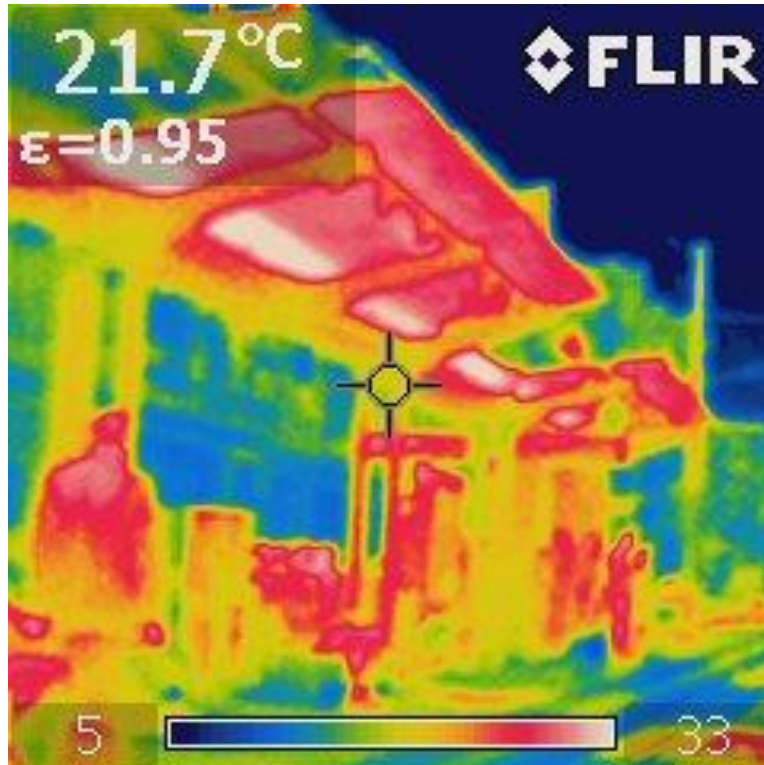
Σταθμός Νέος Κόσμος	T=39,369 °C	RH=35,20%	T=30,1 °C	RH=33%
	Σταθμός		Ευρύτερη περιοχή	

Καλοκαιρινή περίοδος : 11/07/2010, 13:08



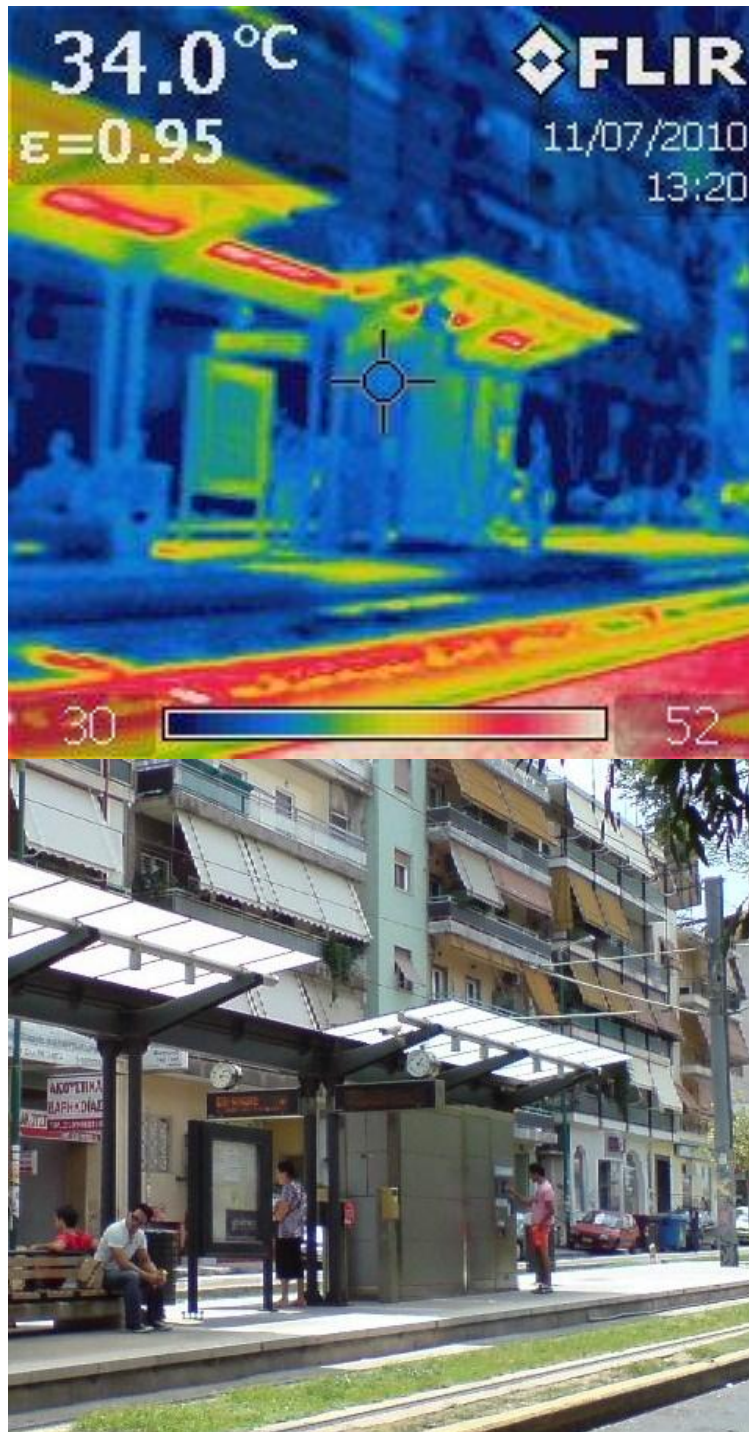
Σταθμός Μπακνανά	T=22,5°C RH=45,7% Wind=2 mph	T=19,9 °C RH=54%
	Σταθμός	Ευρύτερη περιοχή

Χειμερινή περίοδος : 23/03/2010, 12:35



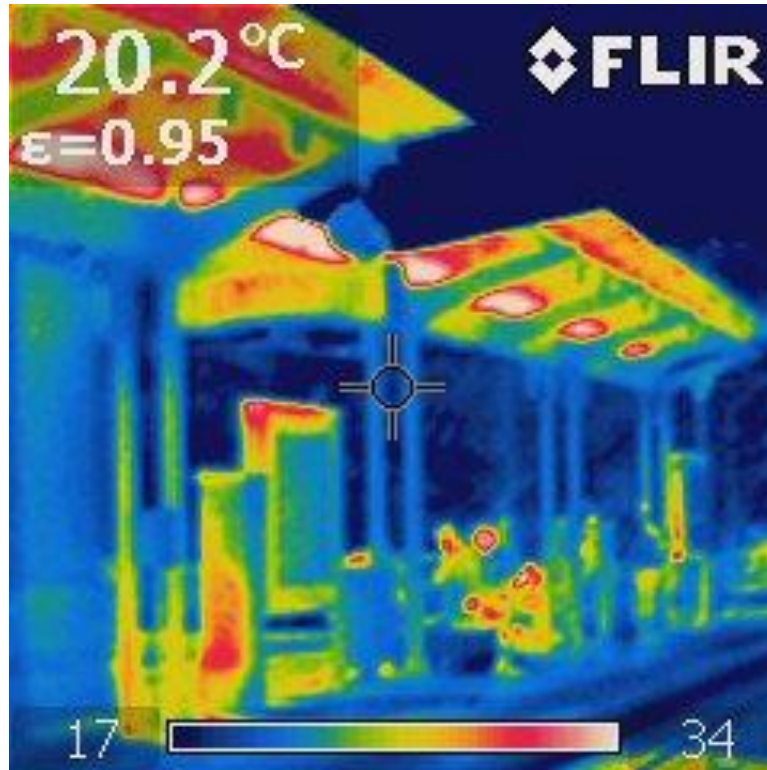
Σταθμός Μπακκανά	T=37,33 °C	RH=34,00%	T=30,1 °C	RH=33%
	Σταθμός		Ευρύτερη περιοχή	

Καλοκαιρινή περίοδος : 11/07/2010, 13:19



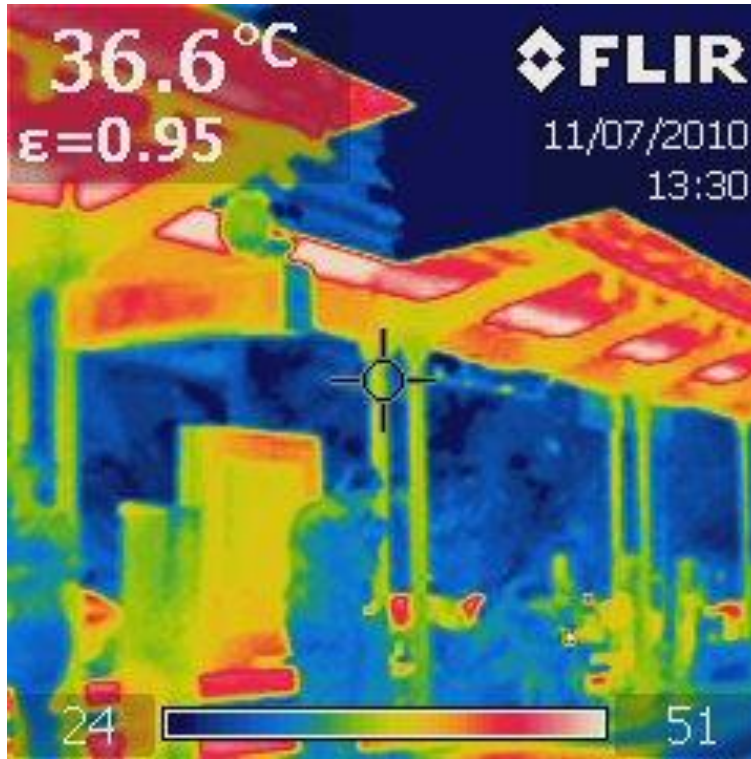
Σταθμός Αιγαίου	T=19,5°C RH=60,5% Wind=4 mph	T=19,9 °C RH=54%
	Σταθμός	Ευρύτερη περιοχή

Χειμερινή περίοδος : 23/03/2010, 12:40



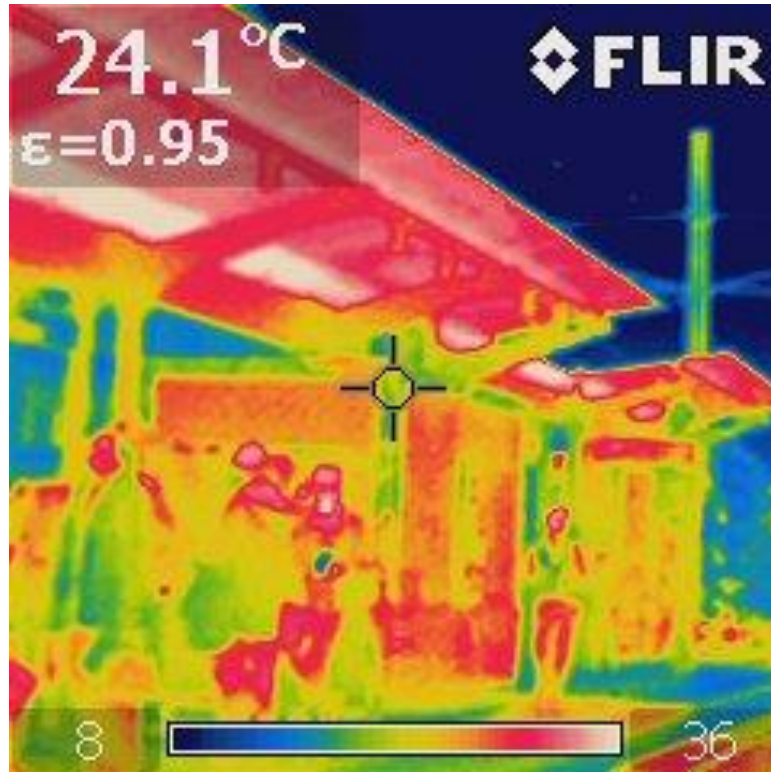
Σταθμός Αιγαίου	T=37,12 °C	RH=33,70%	T= 31,8 °C	RH=33%
	Σταθμός		Ευρύτερη περιοχή	

Καλοκαιρινή περίοδος : 11/07/2010, 13:30



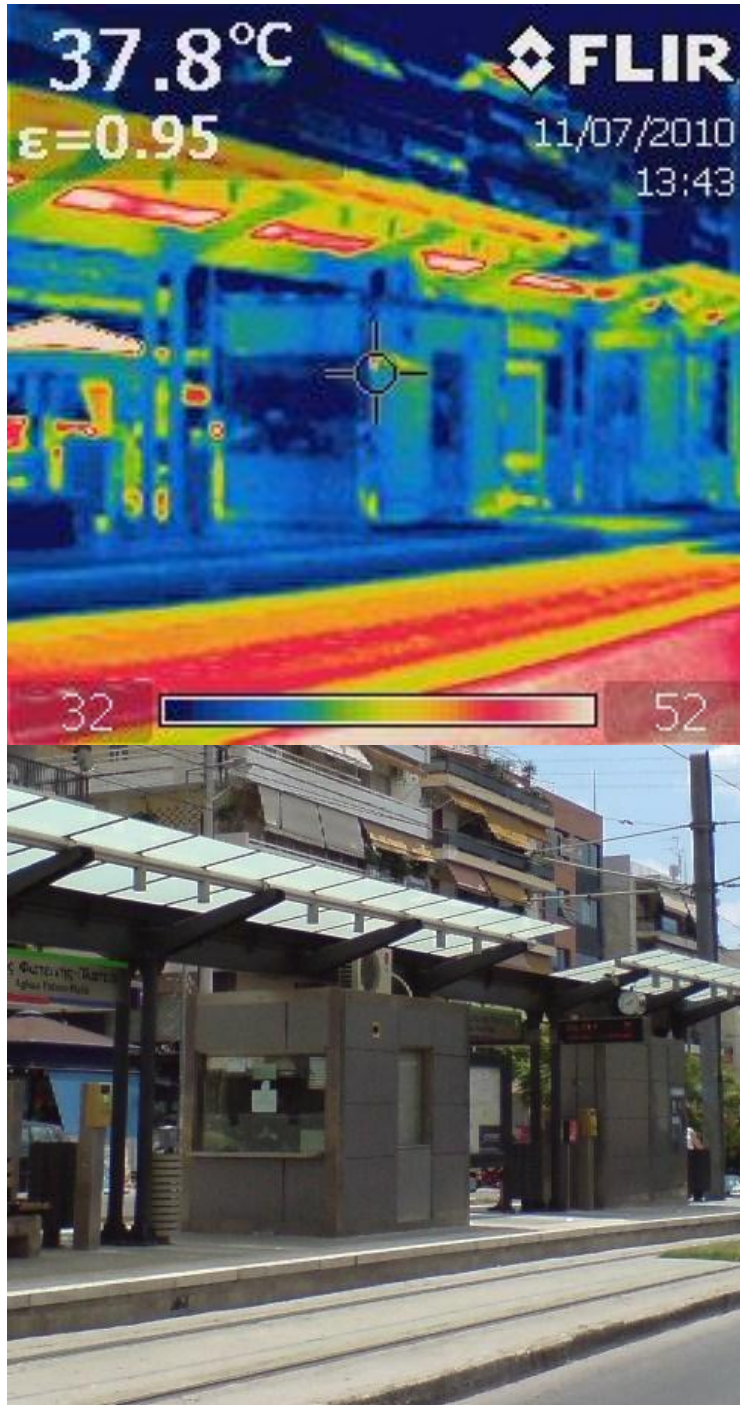
Σταθμός Αγίας Φωτεινής	T=21,8°C RH=52% Wind=2 mph	T=19,9 °C RH=54%
	Σταθμός	Ευρύτερη περιοχή

Χειμερινή περίοδος : 23/03/2010, 12:55



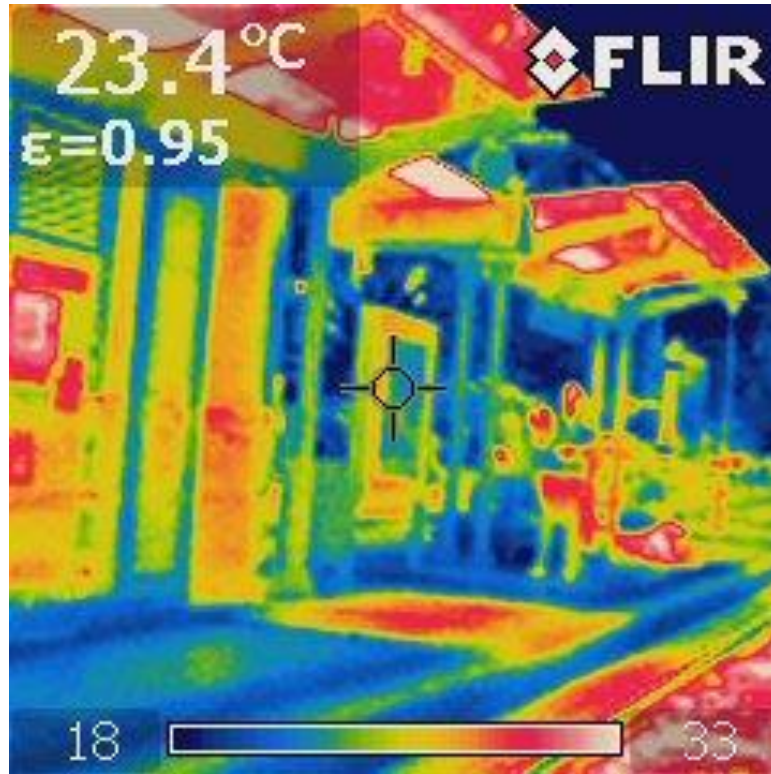
Σταθμός Αγίας Φωτεινής	T=36,721 °C	RH=32,80%	T= 31,8 °C	RH=33%
	Σταθμός		Ευρύτερη περιοχή	

Καλοκαιρινή περίοδος : 11/07/2010, 13:43



Σταθμός Μεγάλου Αλεξάνδρου	T=21,2°C RH=48,2% Wind=2 mph	T=19,9 °C RH=54%
	Σταθμός	Ευρύτερη περιοχή

Χειμερινή περίοδος : 23/03/2010, 13:07



Σταθμός Μεγ.Αλεξάνδρου	T=35,002 °C	RH=32,80%	T=31,8 °C	RH=33%
	Σταθμός		Ευρύτερη περιοχή	

Καλοκαιρινή περίοδος : 11/07/2010, 13:52



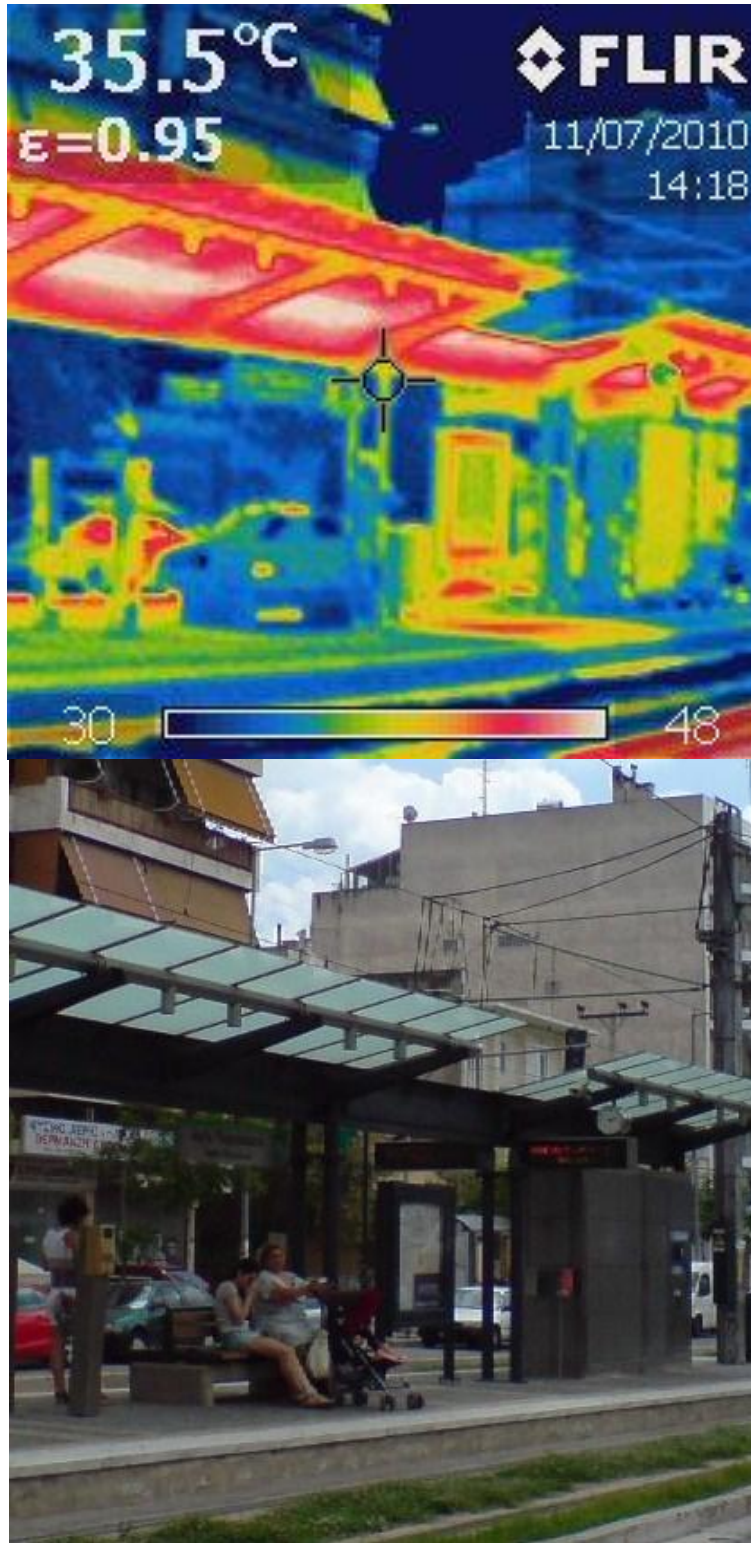
Σταθμός Αγία Παρασκευή	T=21,0°C RH=47,6% Wind=2 mph	T=19,9 °C RH=54%
	Σταθμός	Ευρύτερη περιοχή

Χειμερινή περίοδος : 23/03/2010, 13:13



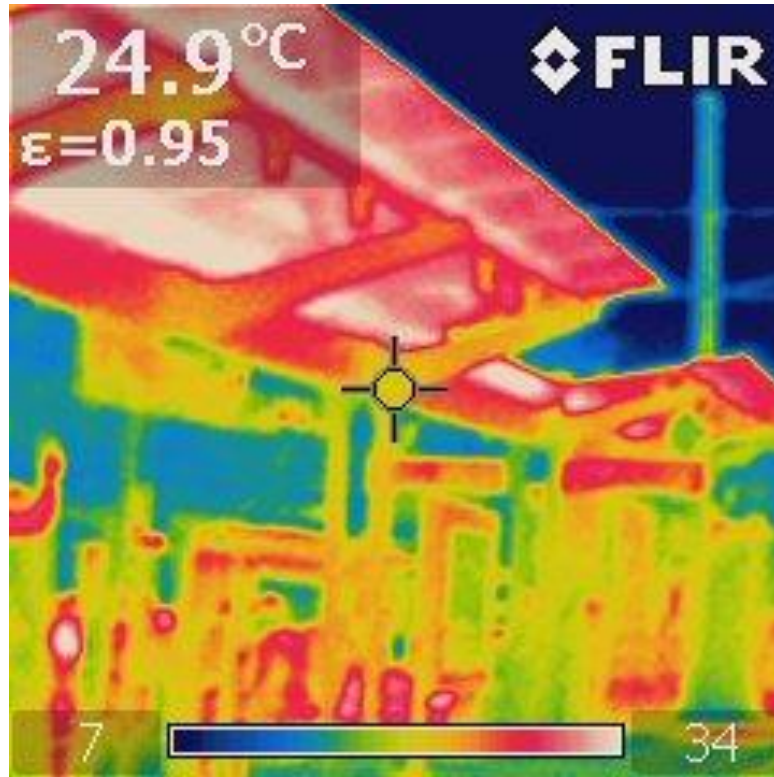
Σταθμός Αγία Παρασκευή	T=35,212 °C	RH=32,10%	T=33,8 °C	RH=39%
	Σταθμός		Ευρύτερη περιοχή	

Καλοκαιρινή περίοδος : 11/07/2010, 14:18



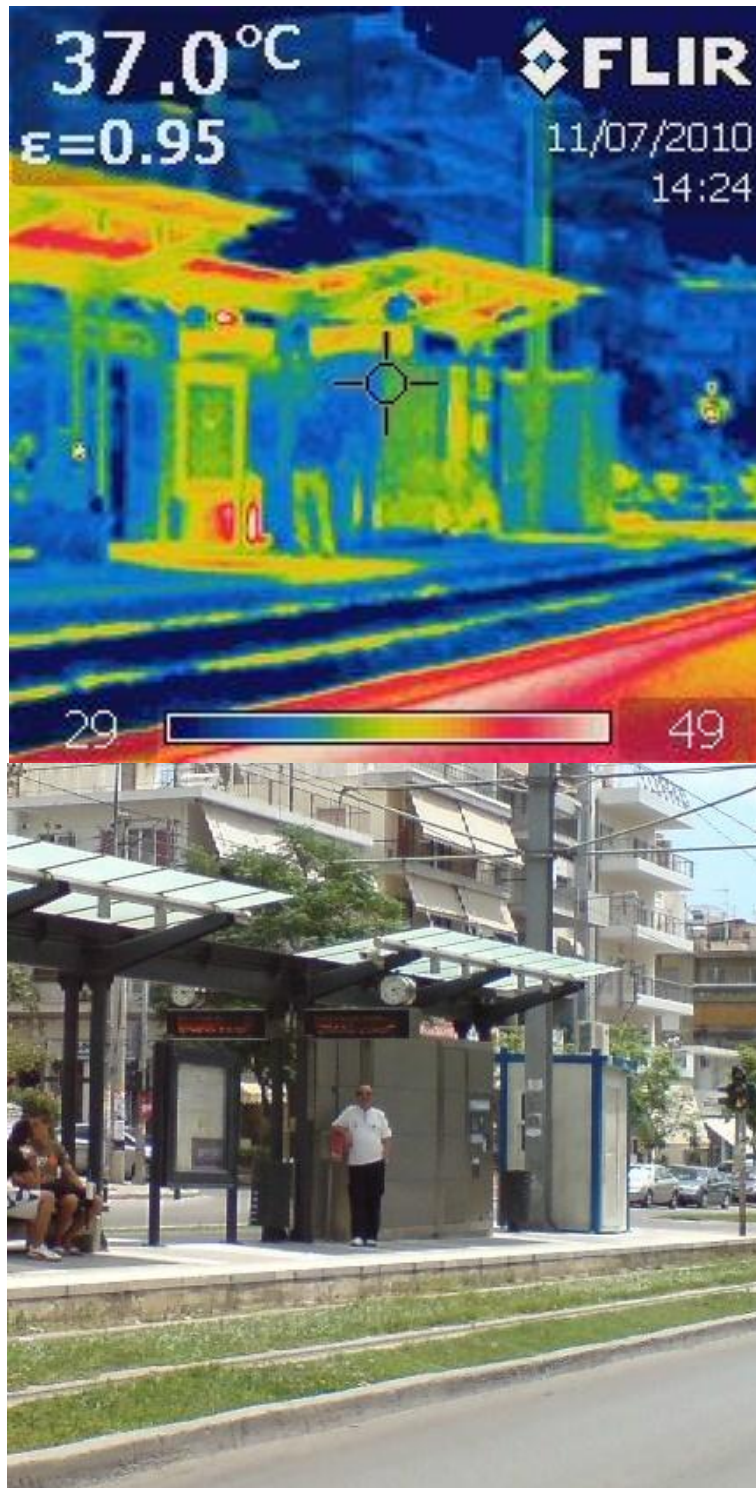
Σταθμός Μηδεΐας-Μυκάλης	T=21,6°C RH=44,4% Wind=2 mph	T=20,3 °C RH=53%
	Σταθμός	Ευρύτερη περιοχή

Χειμερινή περίοδος : 23/03/2010, 13:21



Σταθμός Μηδεΐας-Μυκάλης	T=36,651 °C	RH=37,60%	T=31,8 °C	RH=33%
	Σταθμός		Ευρύτερη περιοχή	

Καλοκαιρινή περίοδος : 11/07/2010, 14:24



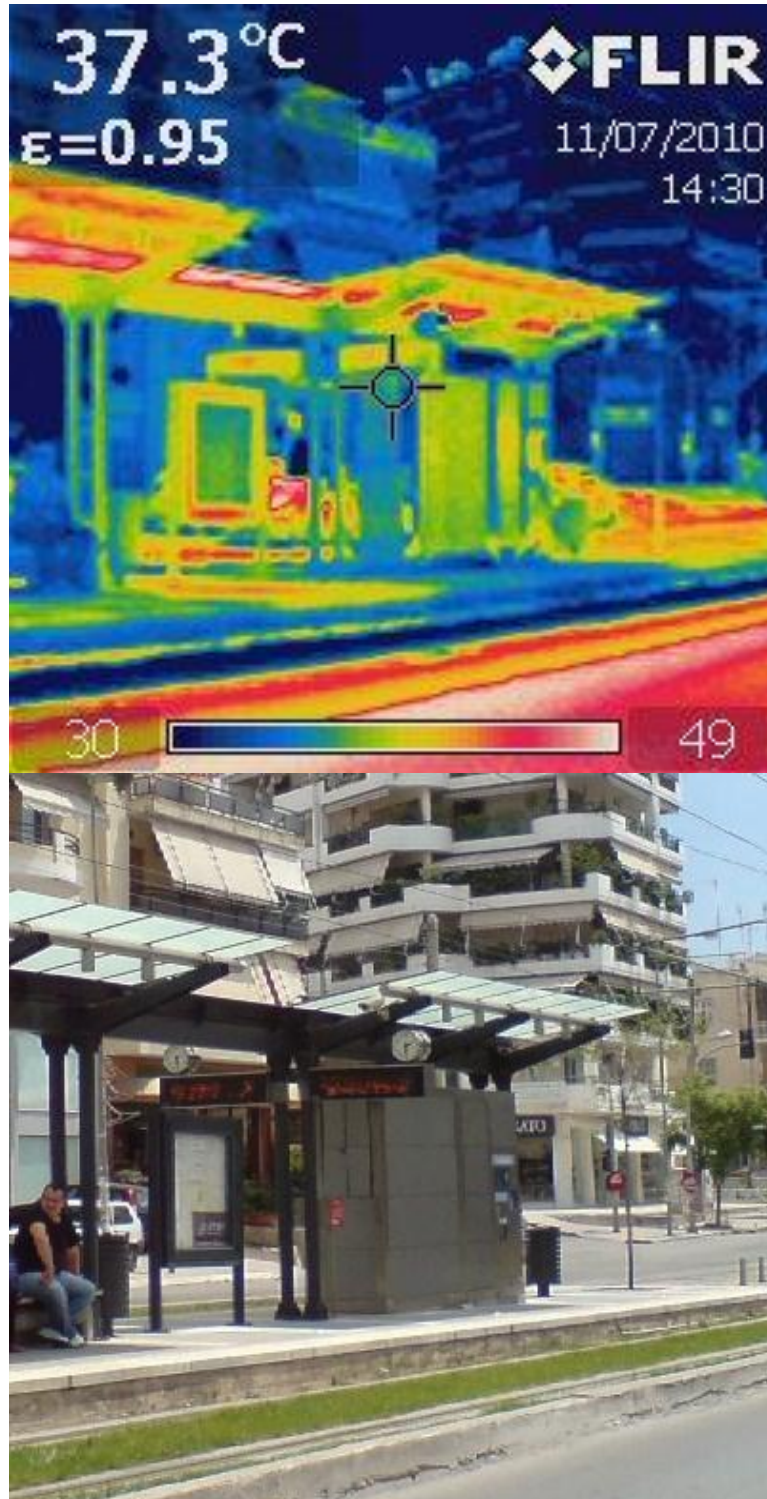
Σταθμός Ευαγγελική Σχολή	T=22,3°C RH=46,2% Wind=0 mph	T=20,3 °C RH=53%
	Σταθμός	Ευρύτερη περιοχή

Χειμερινή περίοδος : 23/03/2010, 13:25



Σταθμός Ευαγγελική Σχολή	T=37,357°C	RH=38,20%	T=33,8 °C	RH=39%
	Σταθμός		Ευρύτερη περιοχή	

Καλοκαιρινή περίοδος : 11/07/2010, 14:30



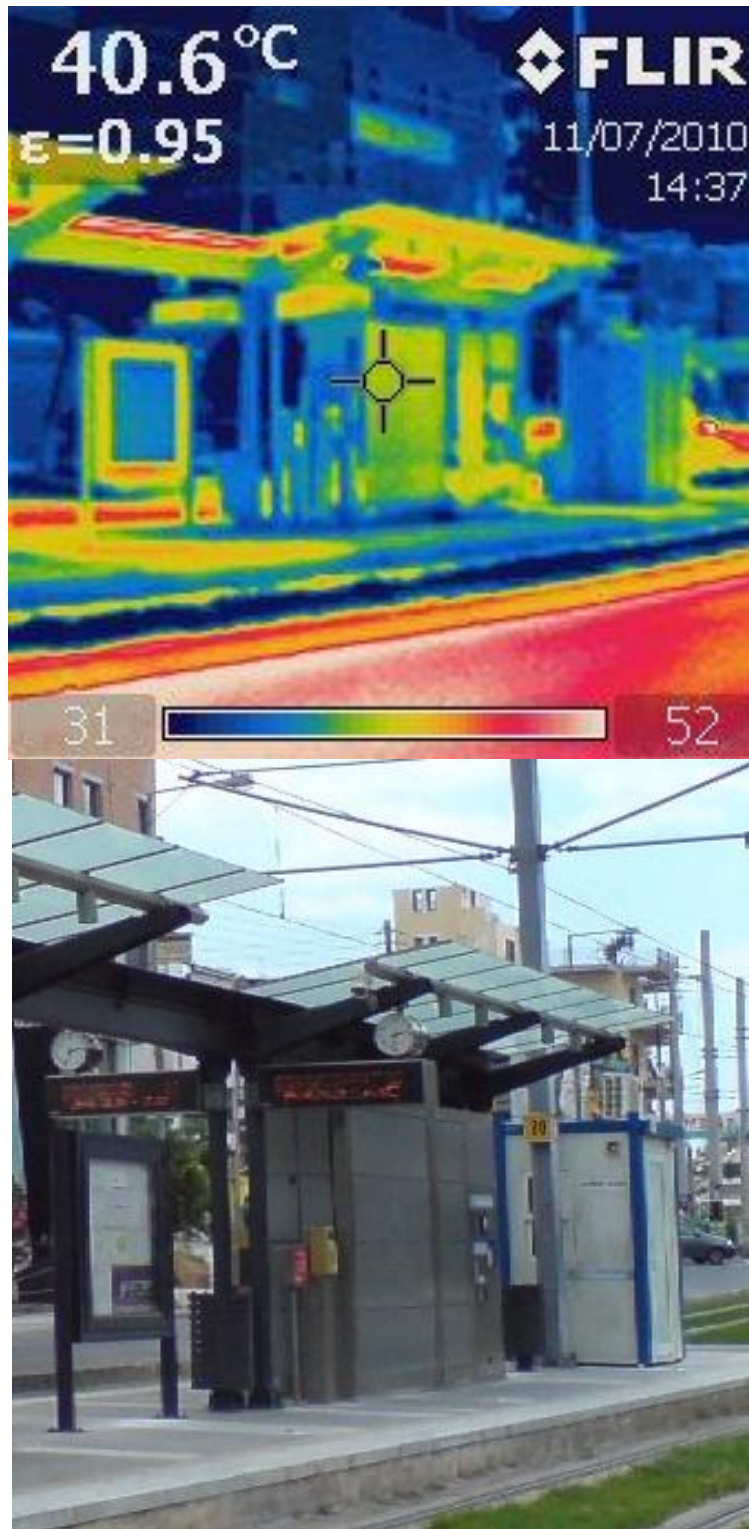
Σταθμός Αχιλλέως	T=22,5°C RH=53,8% Wind=2 mph	T=20,3 °C RH=53%
	Σταθμός	Ευρύτερη περιοχή

Χειμερινή περίοδος : 23/03/2010, 13:33



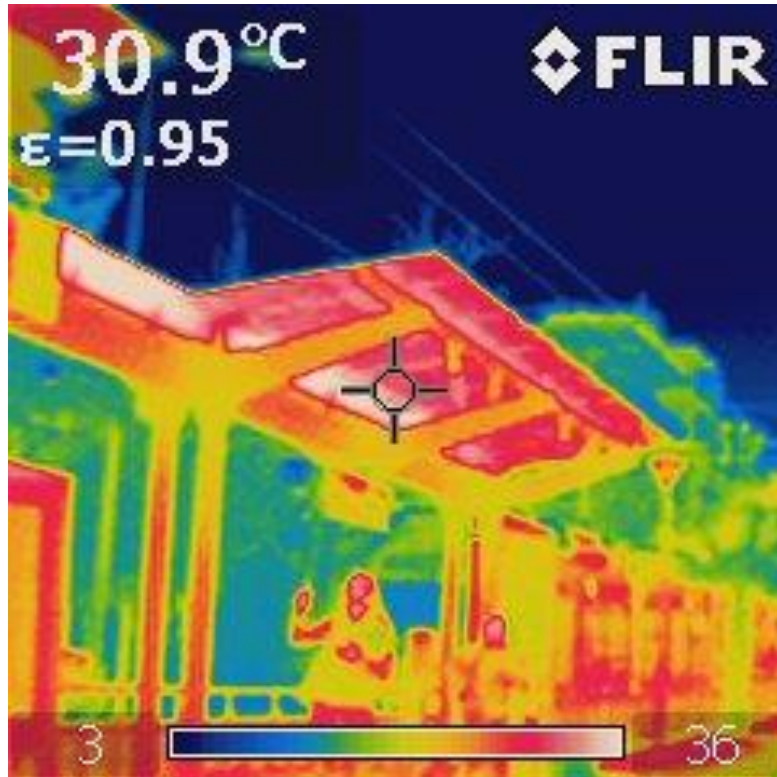
Σταθμός Αχιλλέως	T=41,235°C	RH=37,10%	T=33,8%	RH=39%
	Σταθμός		Ευρύτερη περιοχή	

Καλοκαιρινή περίοδος : 11/07/2010, 14:37



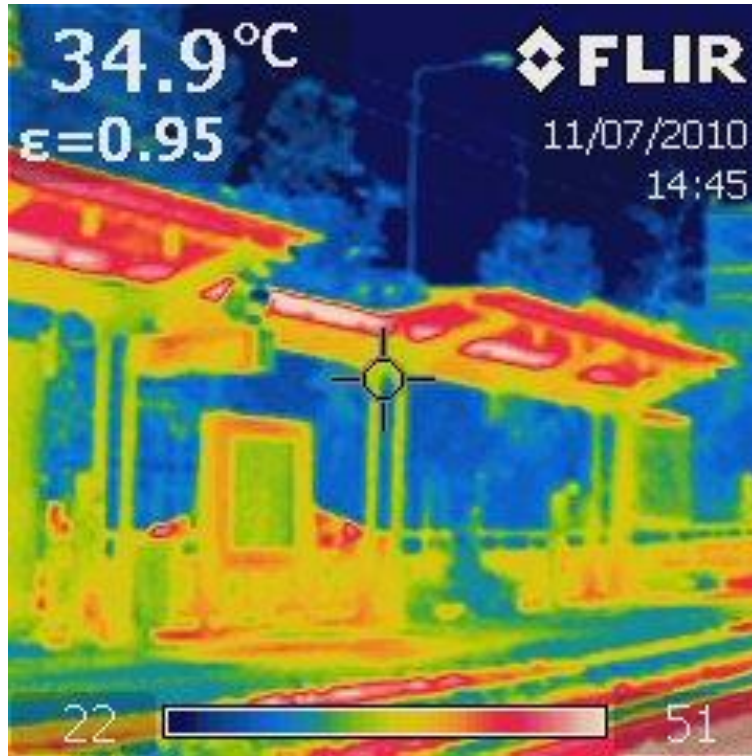
Σταθμός Φεραίου-Αμφιθέας	T=21,8°C RH=51,6% Wind=0 mph	T=20,3 °C RH=53%
	Σταθμός	Ευρύτερη περιοχή

Χειμερινή περίοδος : 23/03/2010, 13:42



Σταθμός Ρήγα Φεραίου-Αμφιθέας	T=41,317°C	RH=37,10%	T=33,8%	RH=39%
	Σταθμός		Ευρύτερη περιοχή	

Καλοκαιρινή περίοδος : 11/07/2010, 14:44



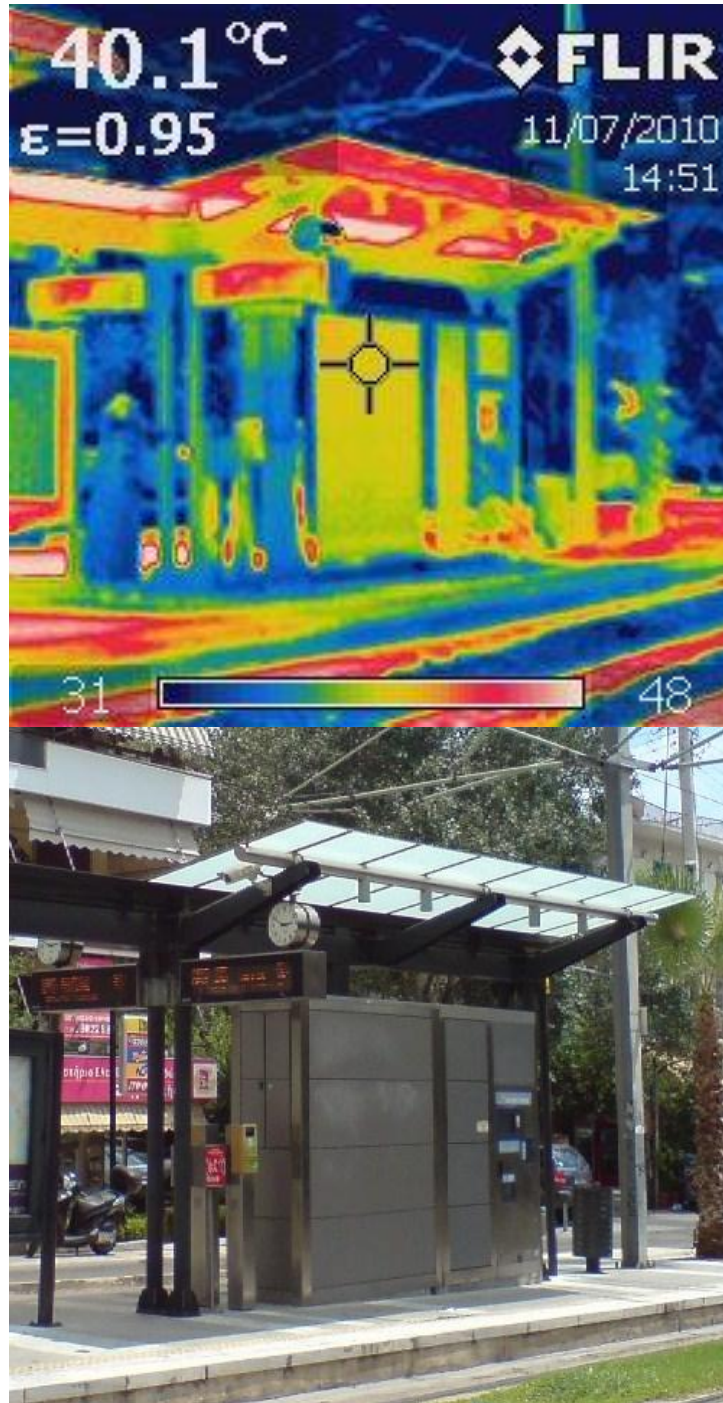
Σταθμός Παναγίτσα	T=20,4°C RH=54,7% Wind=2 mph	T=20,3 °C RH=53%
	Σταθμός	Ευρύτερη περιοχή

Χειμερινή περίοδος : 23/03/2010, 13:46



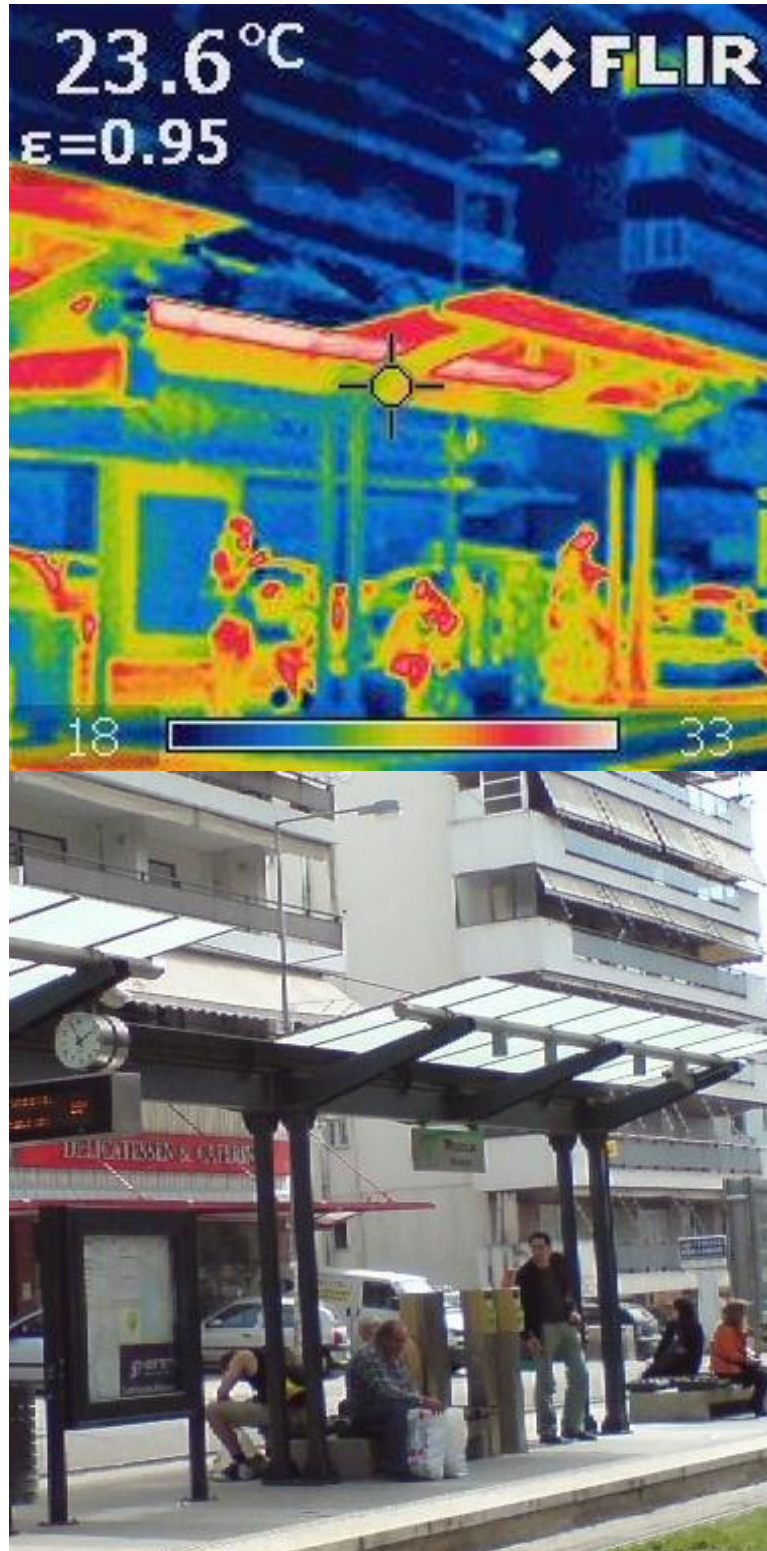
Σταθμός Παναγίτσα	T=39,488°C	RH=48,00%	T=33,8 °C	RH=39%
	Σταθμός		Ευρύτερη περιοχή	

Καλοκαιρινή περίοδος : 11/07/2010, 14:51



Σταθμός Μουσών	T=21,7°C RH=54,5% Wind=2 mph	T=20,3°C RH=53%
	Σταθμός	Ευρύτερη περιοχή

Χειμερινή περίοδος : 23/03/2010, 13:57



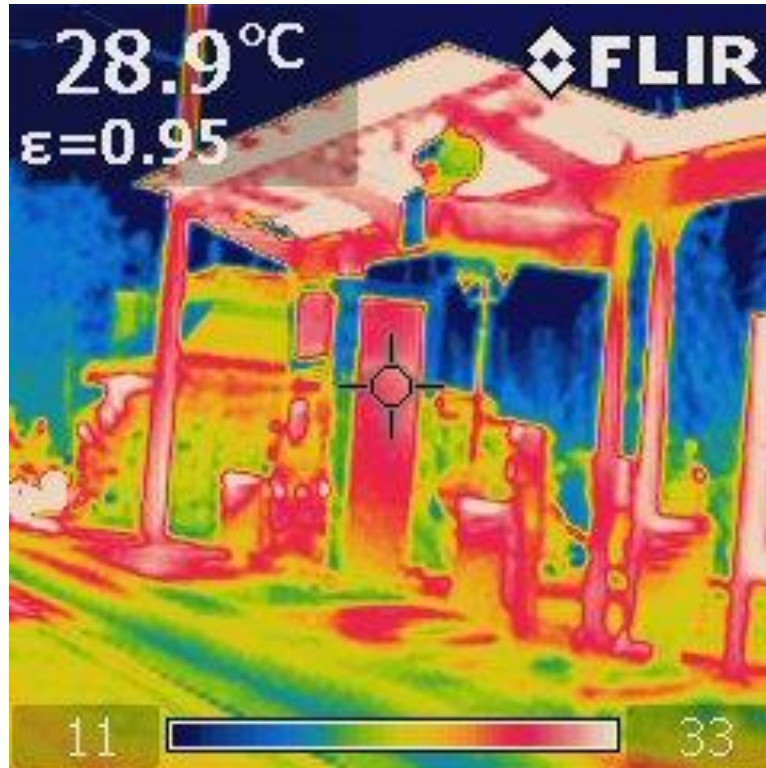
Σταθμός Μουσών	T=39.45°C	RH=48,00%	T=33,8 °C	RH=39%
	Σταθμός		Ευρύτερη περιοχή	

Καλοκαιρινή περίοδος : 11/07/2010, 14:58



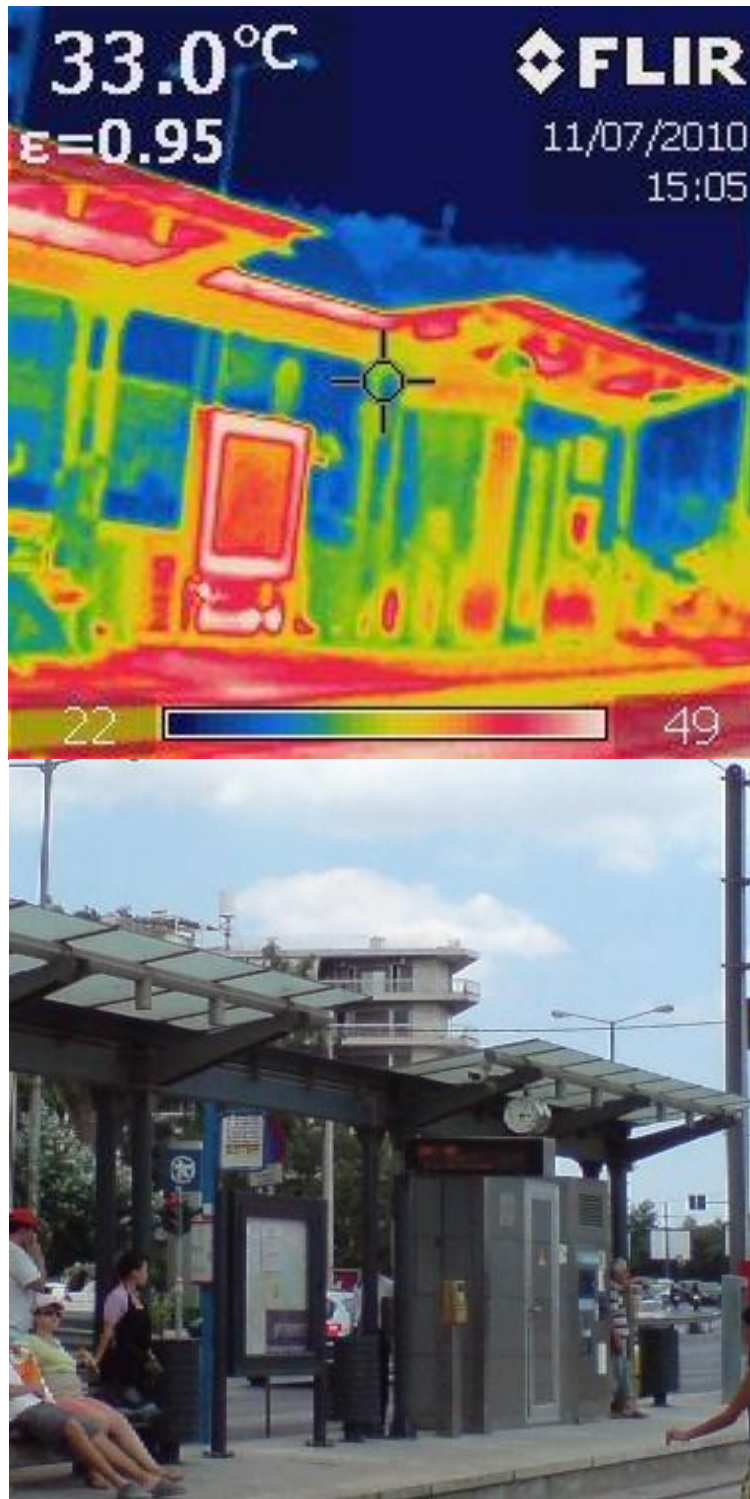
Σταθμός Εδέμ	T=19,5°C RH=63,5% Wind=0 mph	T= 19,0°C RH=70%
	Σταθμός	Ευρύτερη περιοχή

Χειμερινή περίοδος : 23/03/2010, 14:09



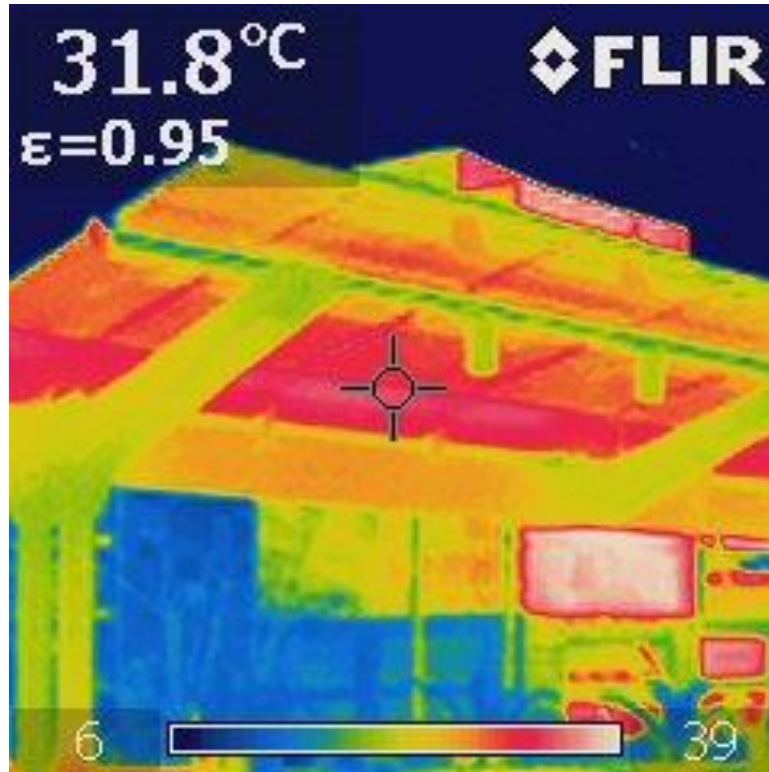
Σταθμός Εδέμ	T=38,71°C	RH=39.30%	T= 32,4°C	RH=41%
	Σταθμός		Ευρύτερη περιοχή	

Καλοκαιρινή περίοδος : 11/07/2010, 15:05



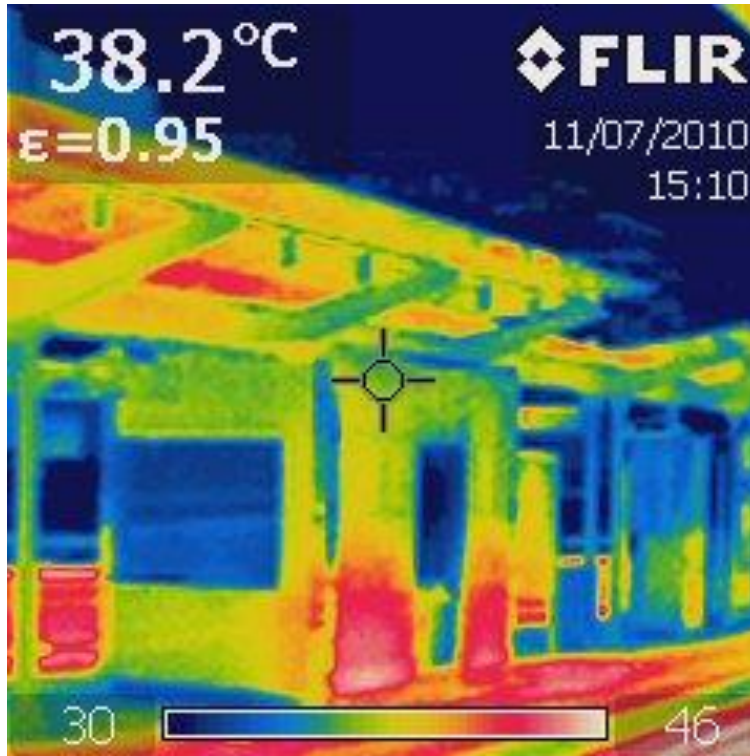
Σταθμός Πικροδάφνη	T=19,9°C RH=68,5% Wind=2 mph	T=19,0°C RH=70%
	Σταθμός	Ευρύτερη περιοχή

Χειμερινή περίοδος : 23/03/2010, 14:19



Σταθμός Πικροδάφνη	T=38,23°C	RH=39.30%	T=32,4 °C	RH=41%
	Σταθμός		Ευρύτερη περιοχή	

Καλοκαιρινή περίοδος : 11/07/2010, 15:10



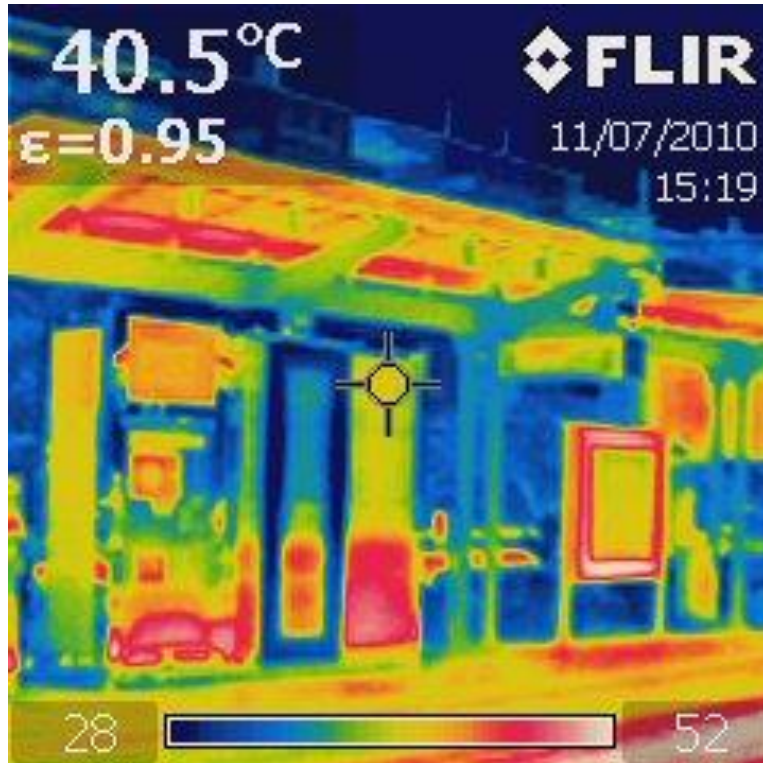
Σταθμός Μαρίνα Αλίμου	T=20,2°C RH=58,8% Wind=0 mph	T=19,0°C RH=70%
	Σταθμός	Ευρύτερη περιοχή

Χειμερινή περίοδος : 23/03/2010, 14:29



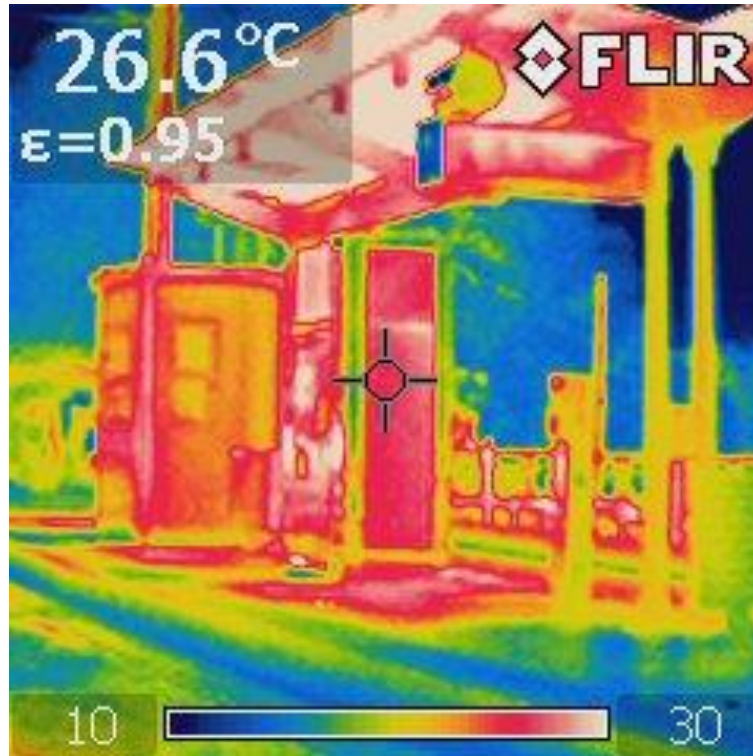
Σταθμός Μαρίνα Αλίμου	T=38,81°C	RH=39.30%	T= 32,4°C	RH=41%
	Σταθμός		Ευρύτερη περιοχή	

Καλοκαιρινή περίοδος : 11/07/2010, 15:19



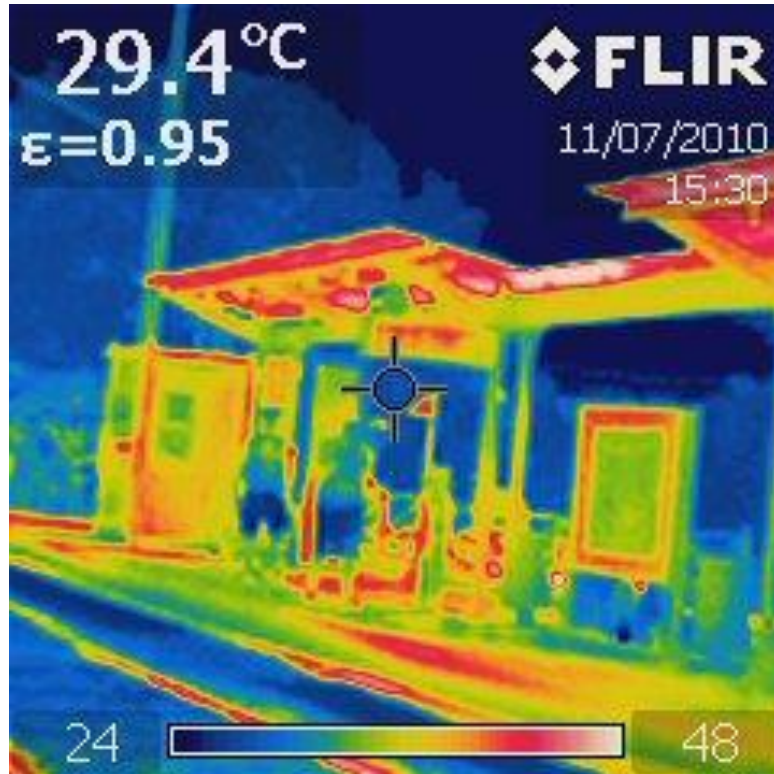
Σταθμός Καλαμάκι	T=21,0°C RH=63,5% Wind=0 mph	T=19,0°C RH=70%
	Σταθμός	Ευρύτερη περιοχή

Χειμερινή περίοδος : 23/03/2010, 14:33



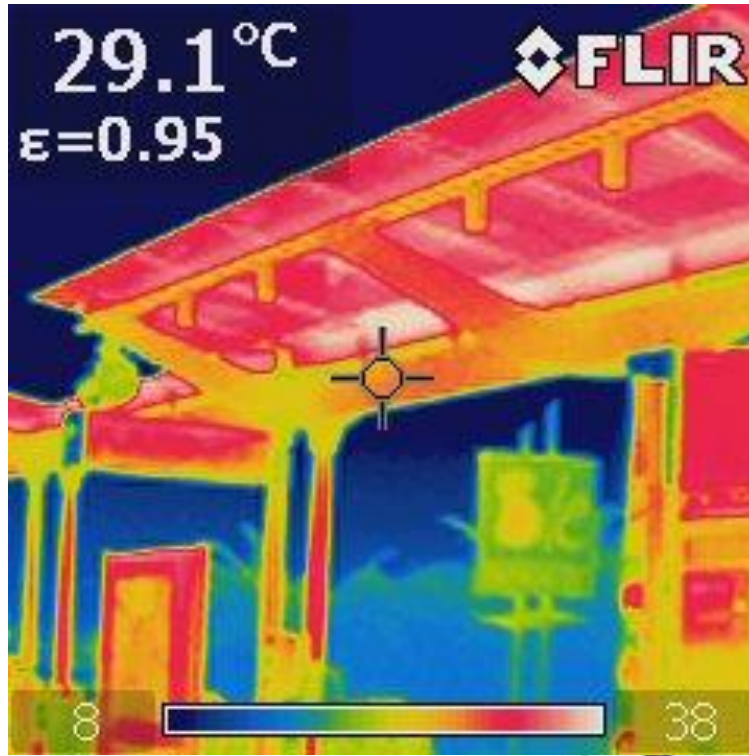
Σταθμός Καλαμάκι	T=38,912°C	RH=43,00%	T= 32,4 °C	RH=41%
	Σταθμός		Ευρύτερη περιοχή	

Καλοκαιρινή περίοδος : 11/07/2010, 15:30



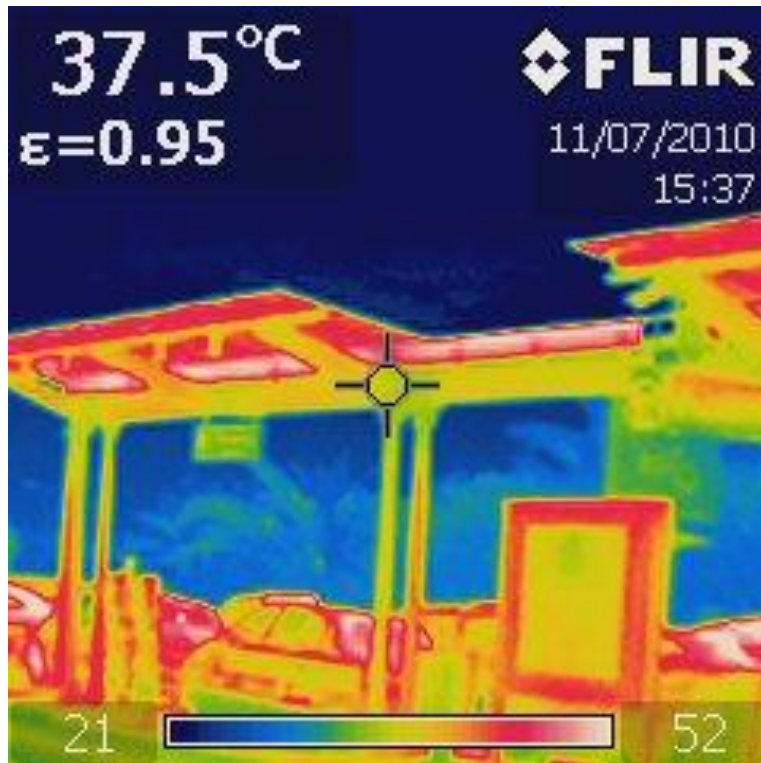
Σταθμός Ζέφυρος	T=20,3°C RH=68,6% Wind=2 mph	T=19,0°C RH=70%
	Σταθμός	Ευρύτερη περιοχή

Χειμερινή περίοδος : 23/03/2010, 14:40



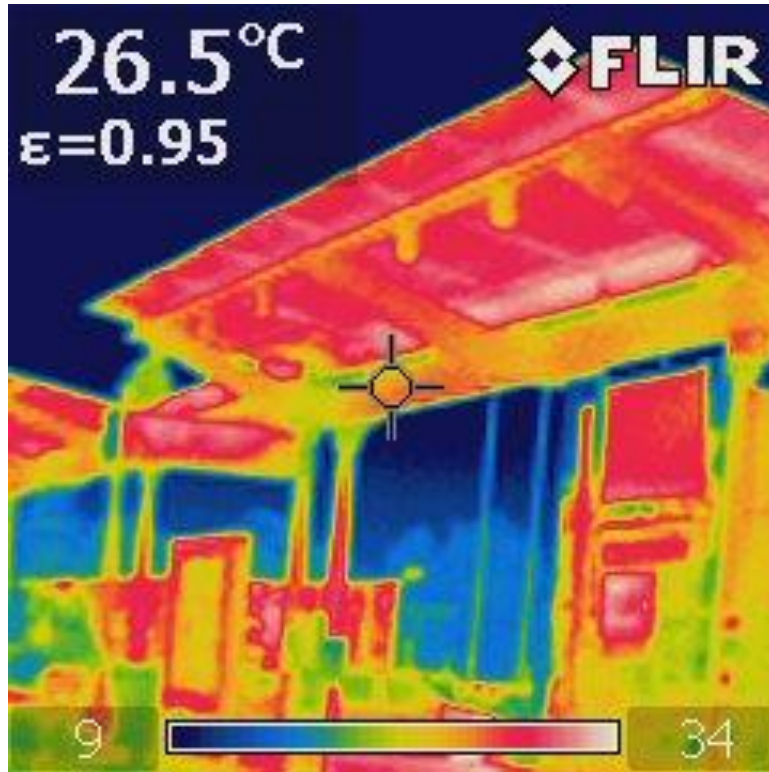
Σταθμός Ζέφυρος	T=38,87°C	RH=40,30%	T= 32,4°C	RH=41%
	Σταθμός		Ευρύτερη περιοχή	

Καλοκαιρινή περίοδος : 11/07/2010, 15:37



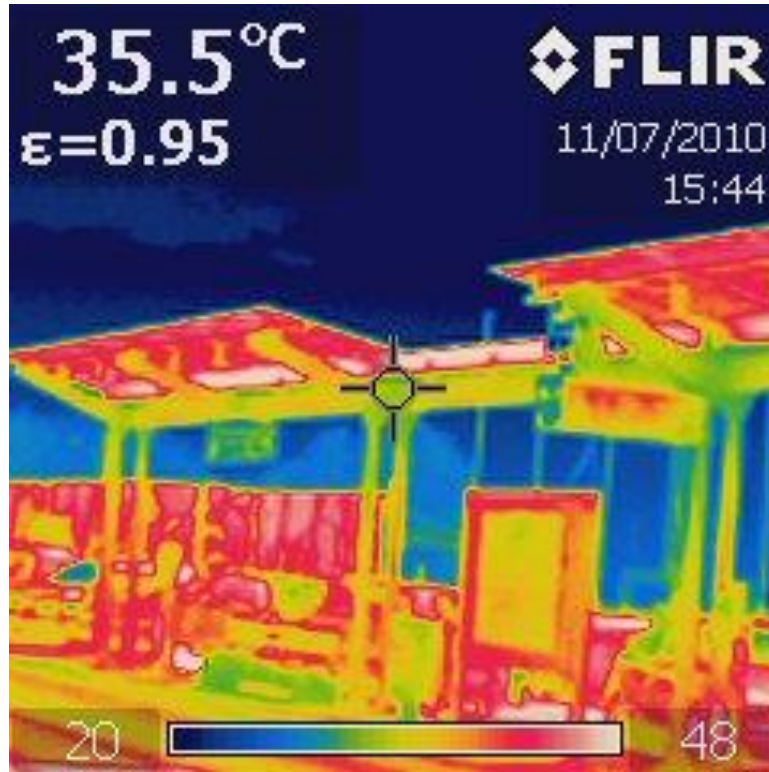
Σταθμός Λουτρά Αλίμου	T=19,6°C RH=78,5% Wind=2 mph	T=19,0°C RH=70%
	Σταθμός	Ευρύτερη περιοχή

Χειμερινή περίοδος : 23/03/2010, 14:48



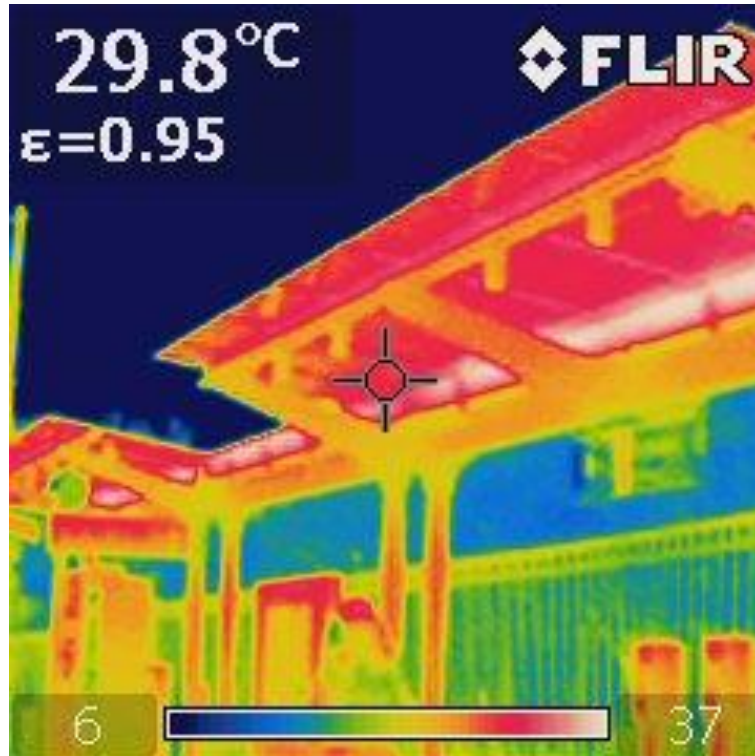
Σταθμός Λουτρά Αλίμου	T=38,57°C	RH=40,30%	T= 32,4 °C	RH=41%
	Σταθμός		Ευρύτερη περιοχή	

Καλοκαιρινή περίοδος : 11/07/2010, 15:44



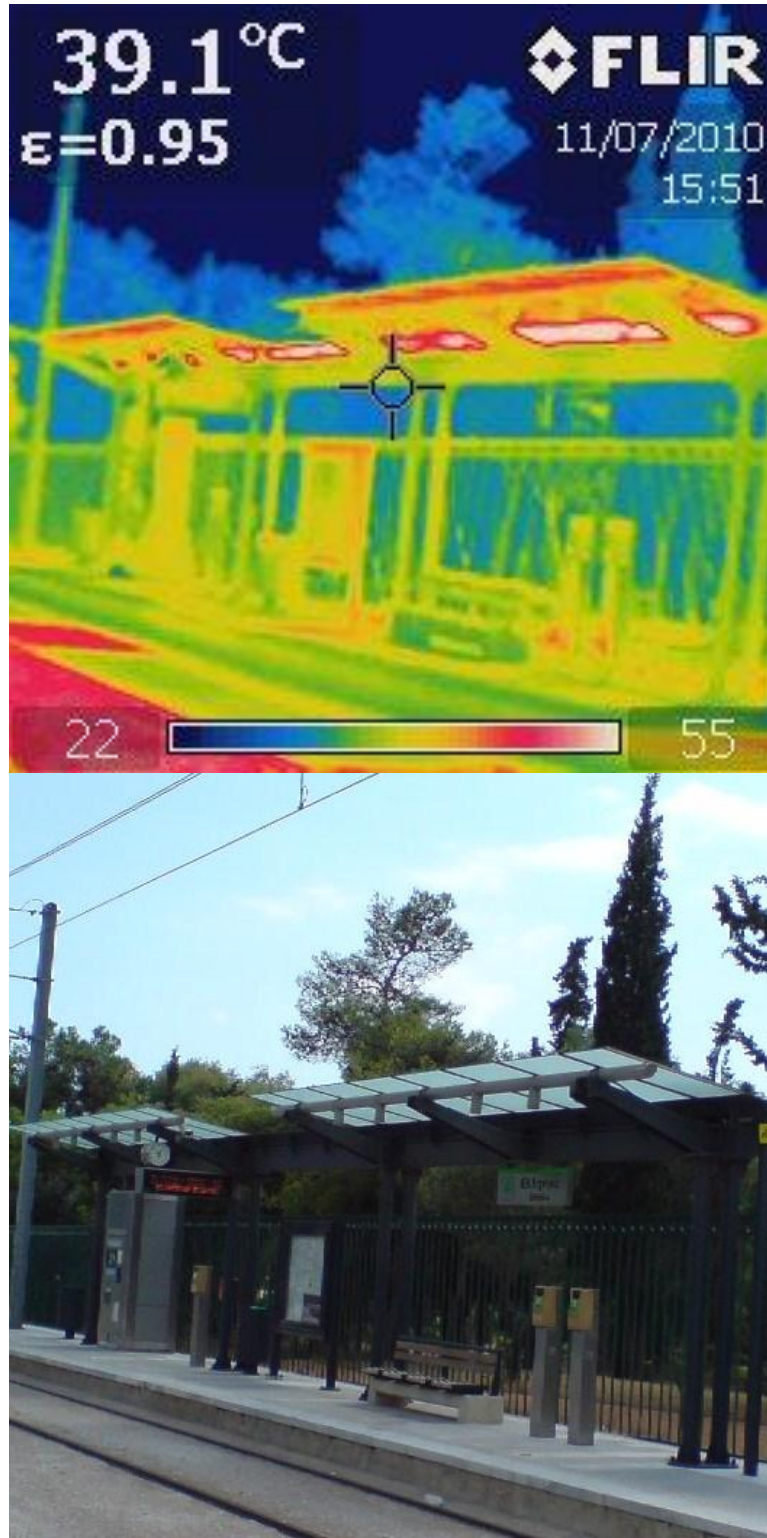
Σταθμός Ελληνικό	T=21,2°C RH=64,7% Wind=0 mph	T=19,0°C RH=70%
	Σταθμός	Ευρύτερη περιοχή

Χειμερινή περίοδος : 23/03/2010, 14:56



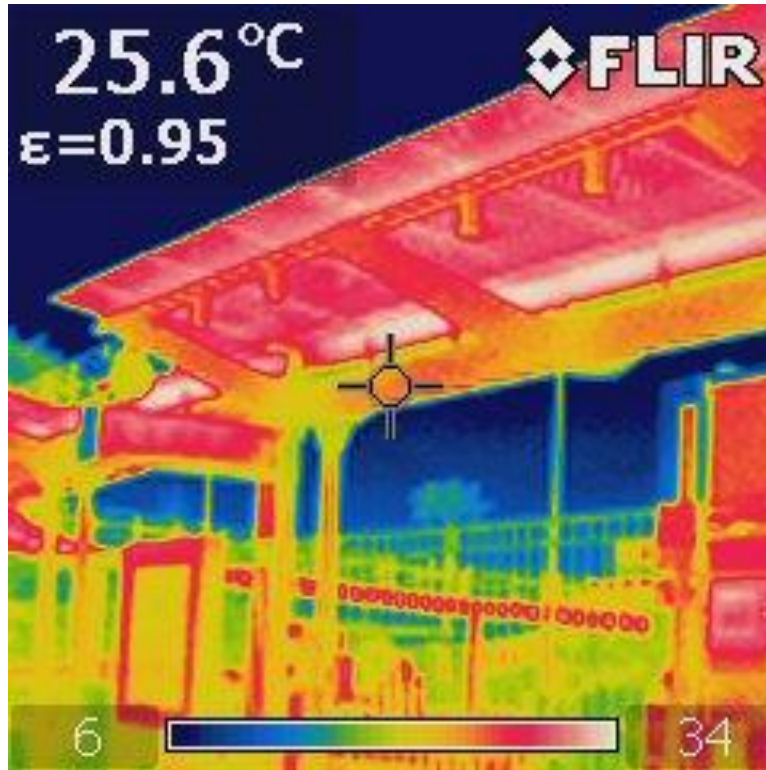
Σταθμός Ελληνικό	T=37,014°C	RH=52,50%	T= 32,4 °C	RH=41%
	Σταθμός		Ευρύτερη περιοχή	

Καλοκαιρινή περίοδος : 11/07/2010, 15:51



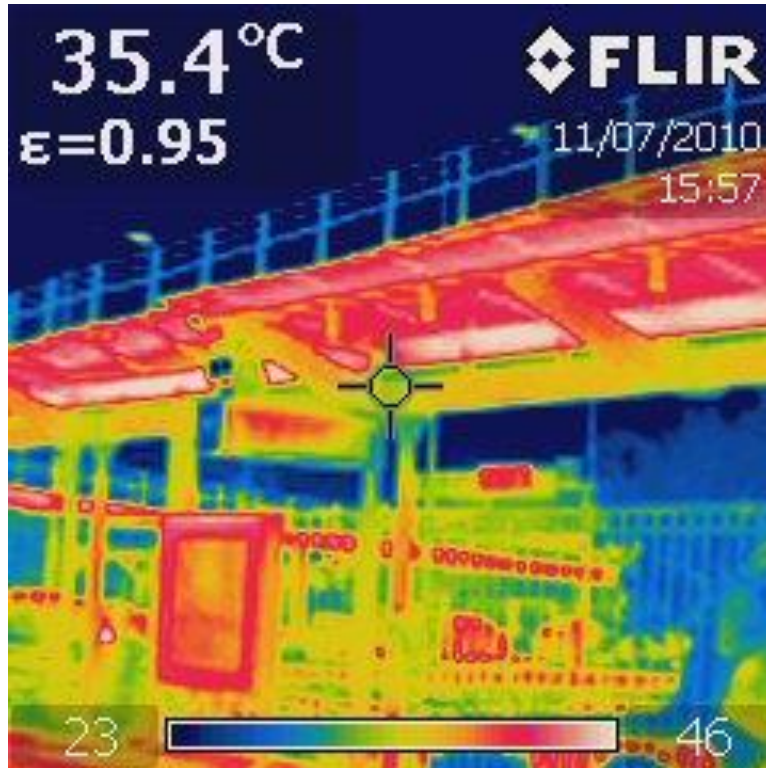
Σταθμός 2 ^η Αγίου Κοσμά	T=21,5°C RH=69,0% Wind=2 mph	T=19,0°C RH=70%
	Σταθμός	Ευρύτερη περιοχή

Χειμερινή περίοδος : 23/03/2010, 15:07



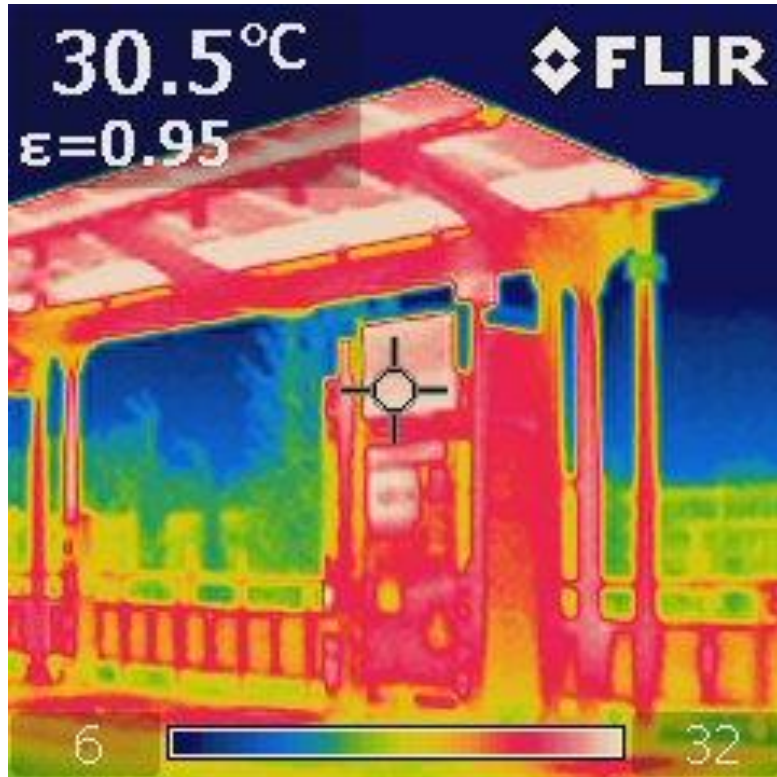
Σταθμός 2 ^η Αγίου Κοσμά	T=37,13°C	RH=52,50%	T= 32,4 °C	RH=41%
	Σταθμός		Ευρύτερη περιοχή	

Καλοκαιρινή περίοδος : 11/07/2010, 15:57



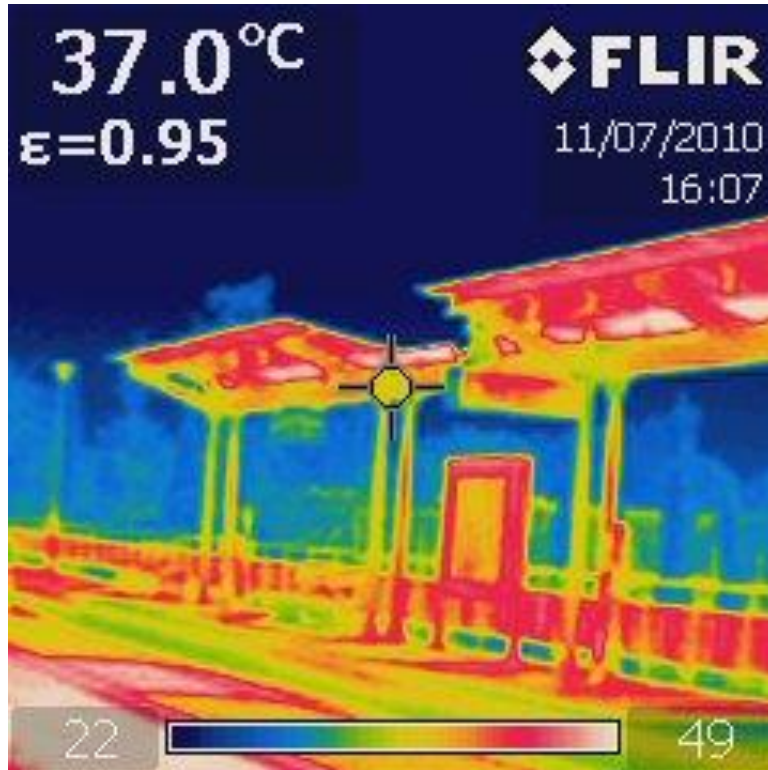
Σταθμός Άγιος Αλέξανδρος	T=21,7°C RH=69,1% Wind=2 mph	T=19,0°C RH=70%
	Σταθμός	Ευρύτερη περιοχή

Χειμερινή περίοδος : 23/03/2010, 15:13



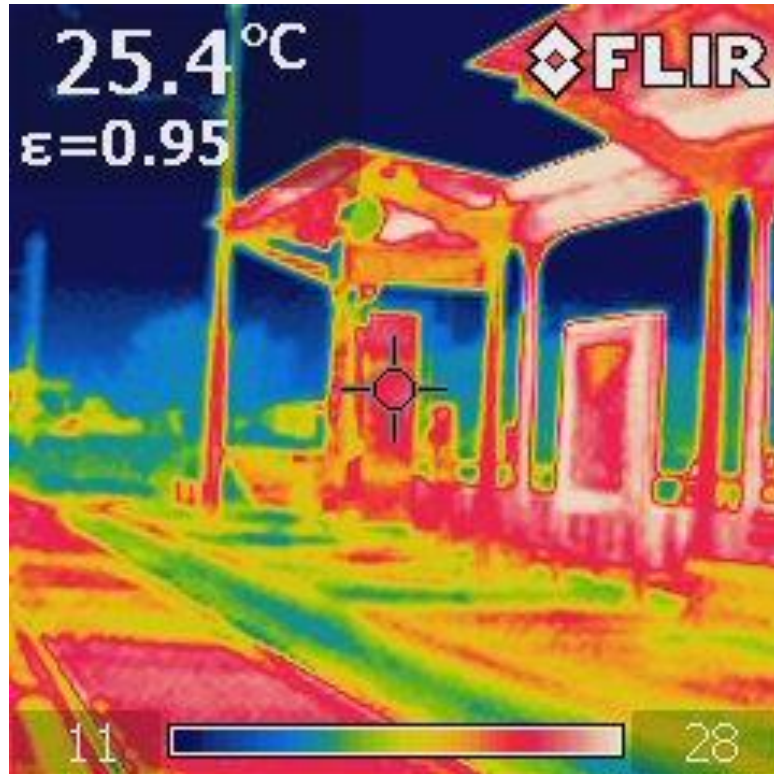
Σταθμός Άγιος Αλέξανδρος	T=36,756°C	RH=46,10%	T= 32,4 °C	RH=41%
	Σταθμός		Ευρύτερη περιοχή	

Καλοκαιρινή περίοδος : 11/07/2010, 16:06



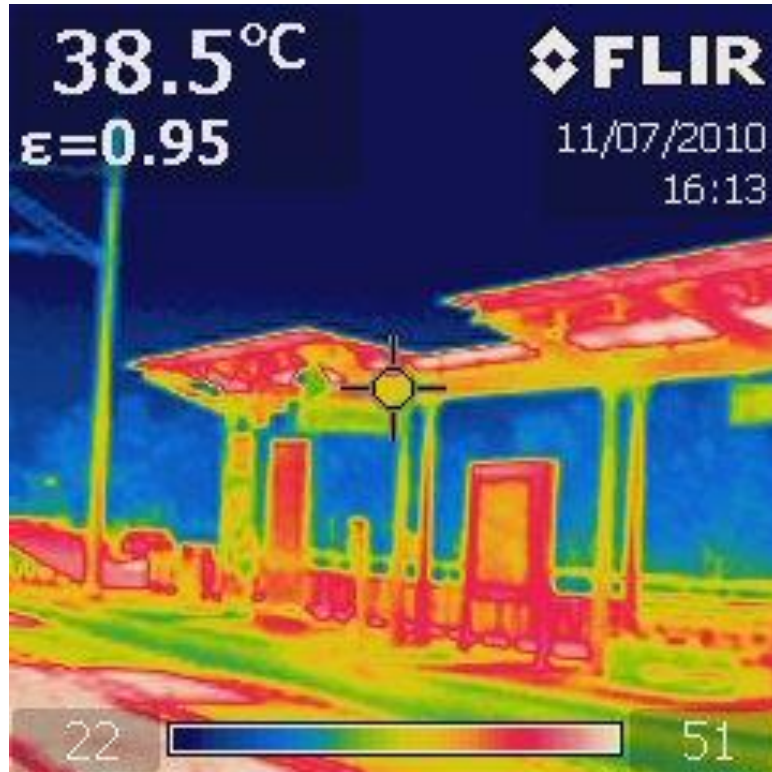
Σταθμός Ελλήνων Ολυμπιονικών	T=22,6°C RH=58,2% Wind=2 mph	T=19,4°C RH=61%
	Σταθμός	Ευρύτερη περιοχή

Χειμερινή περίοδος : 23/03/2010, 16:38



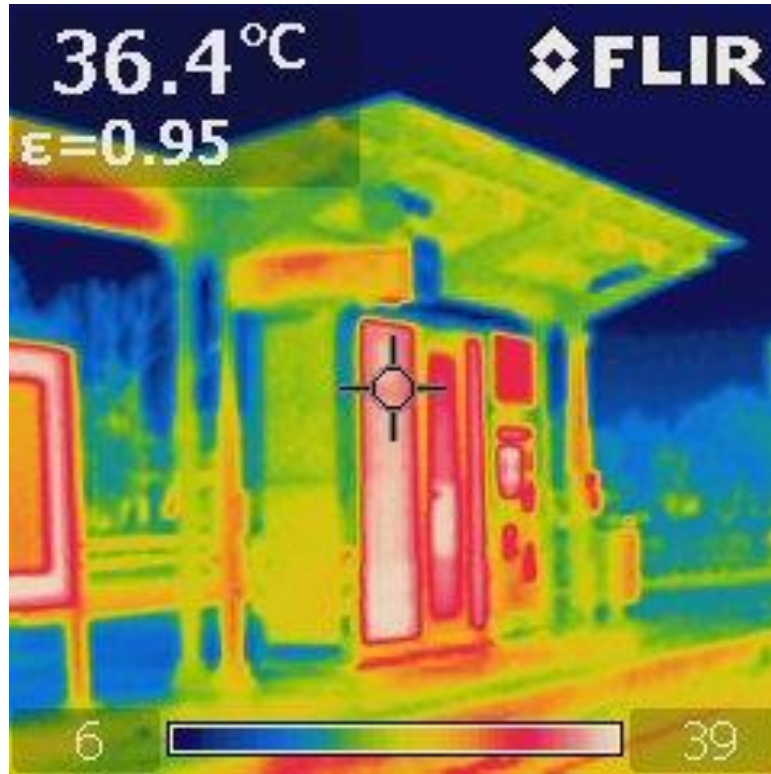
Σταθμός Ελλήνων Ολυμπιονικών	T=36,85°C	RH=46,10%	T= 32,4 °C	RH=41%
	Σταθμός		Ευρύτερη περιοχή	

Καλοκαιρινή περίοδος : 11/07/2010, 16:13



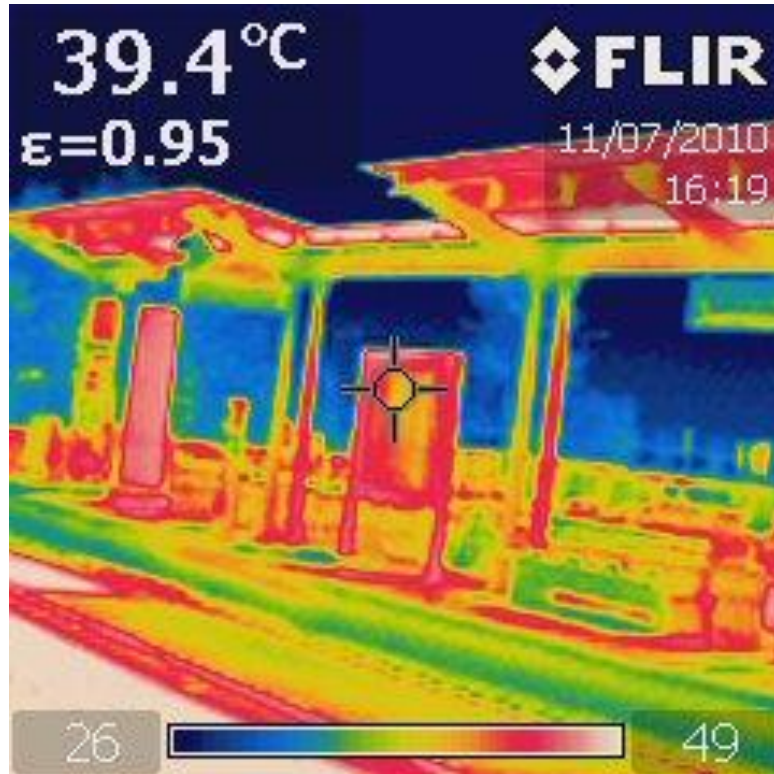
Σταθμός Κέντρο Ιστιοπλοΐας	T=22,4°C RH=53,9% Wind=2 mph	T=19,4°C RH=61%
	Σταθμός	Ευρύτερη περιοχή

Χειμερινή περίοδος : 23/03/2010, 16:34



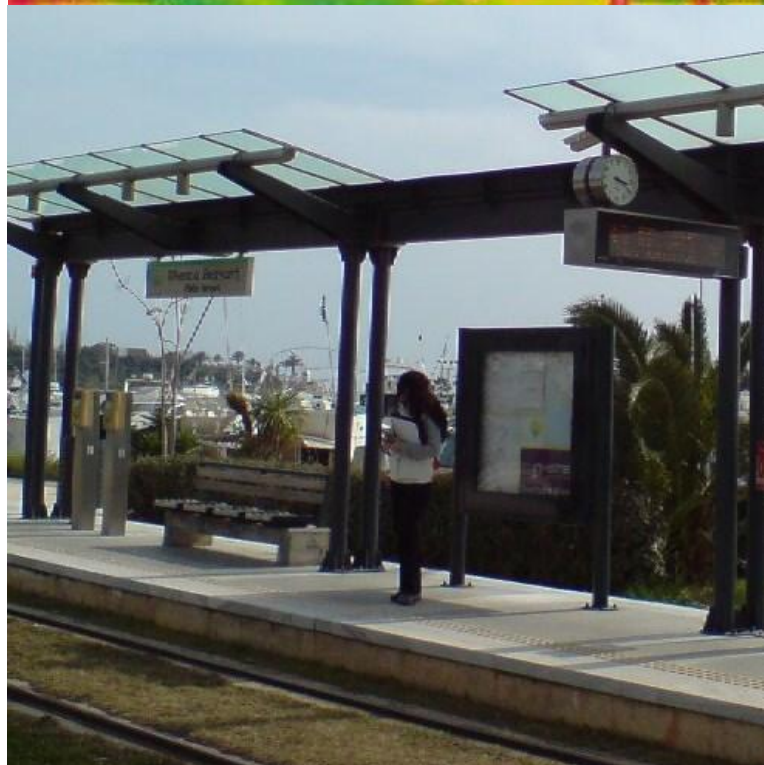
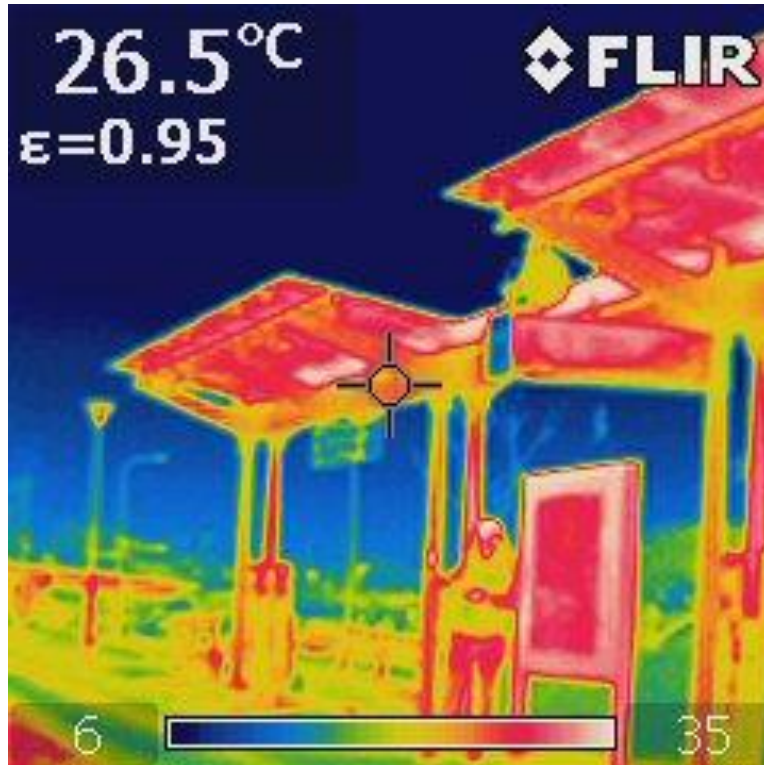
Σταθμός Κέντρο Ιστιοπλοΐας	T=36,75°C	RH=46,10%	T= 32,4 °C	RH=41%
	Σταθμός		Ευρύτερη περιοχή	

Καλοκαιρινή περίοδος : 11/07/2010, 16:19



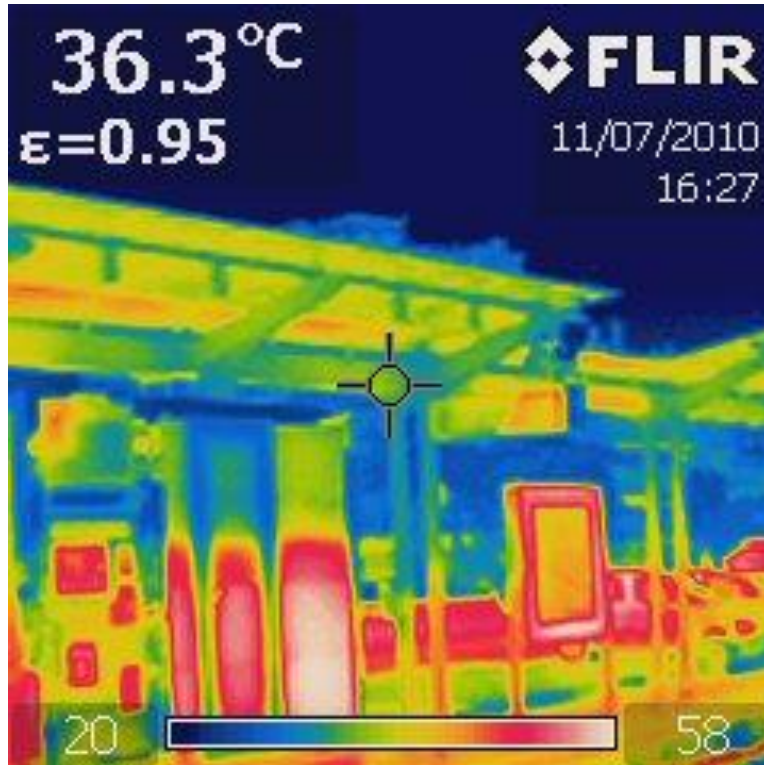
Σταθμός Πλατεία Βεργωτή	T=23,2°C RH=62,8% Wind=0 mph	T=19,0°C RH=70%
	Σταθμός	Ευρύτερη περιοχή

Χειμερινή περίοδος : 23/03/2010, 15:18



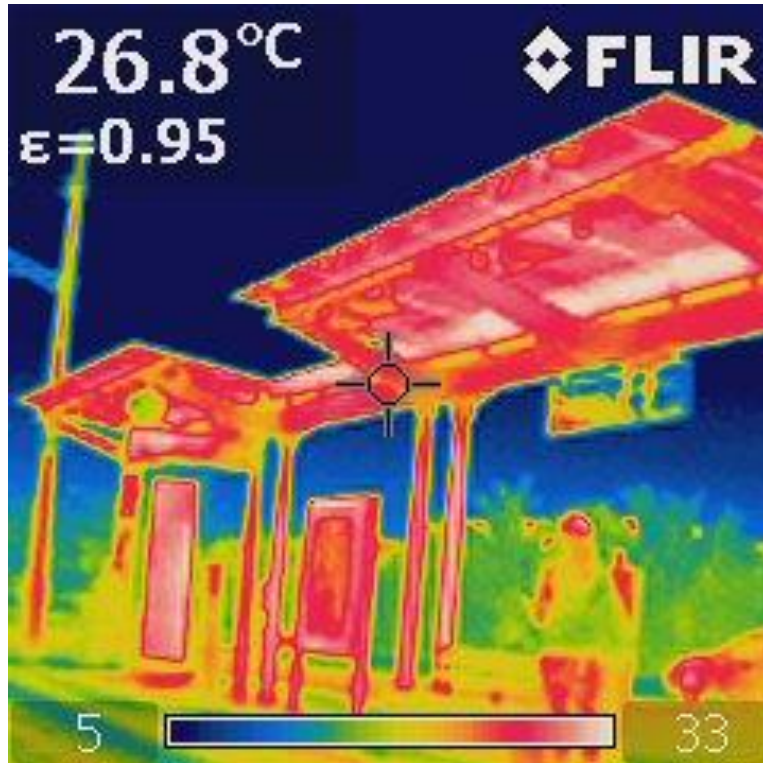
Σταθμός Πλατεία Βεργωτή	T=35,667°C	RH=48,60%	T= 32,4 °C	RH=41%
	Σταθμός		Ευρύτερη περιοχή	

Καλοκαιρινή περίοδος : 11/07/2010, 16:27



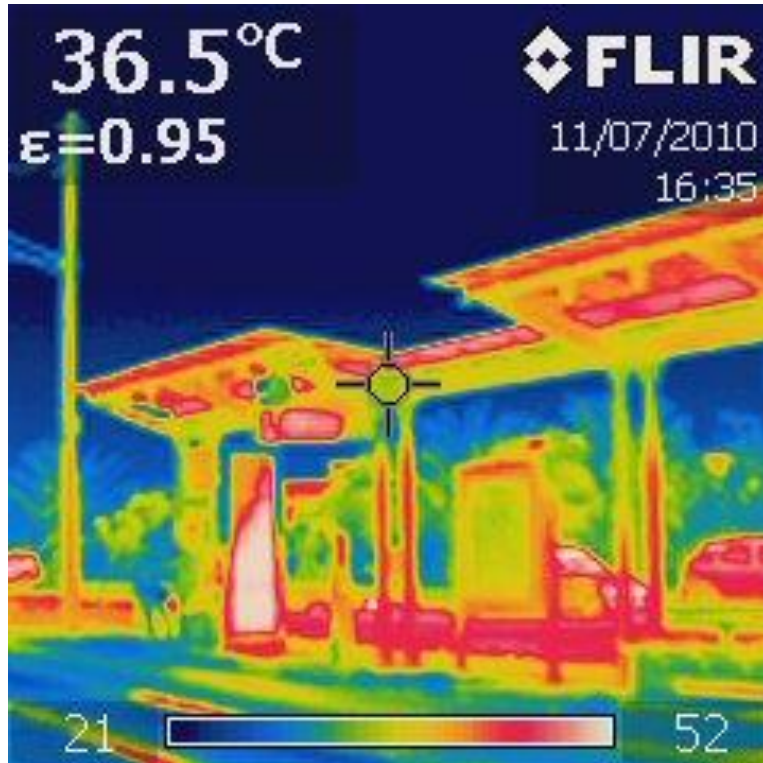
Σταθμός Παραλία Γλυφάδας	T=19,4°C RH=78,3% Wind=2 mph	T=19,0°C RH=70%
	Σταθμός	Ευρύτερη περιοχή

Χειμερινή περίοδος : 23/03/2010, 15:26



Σταθμός Παραλία Γλυφάδας	T=35,585°C	RH=38,30%	T= 32,4 °C	RH=41%
	Σταθμός		Ευρύτερη περιοχή	

Καλοκαιρινή περίοδος : 11/07/2010, 16:35



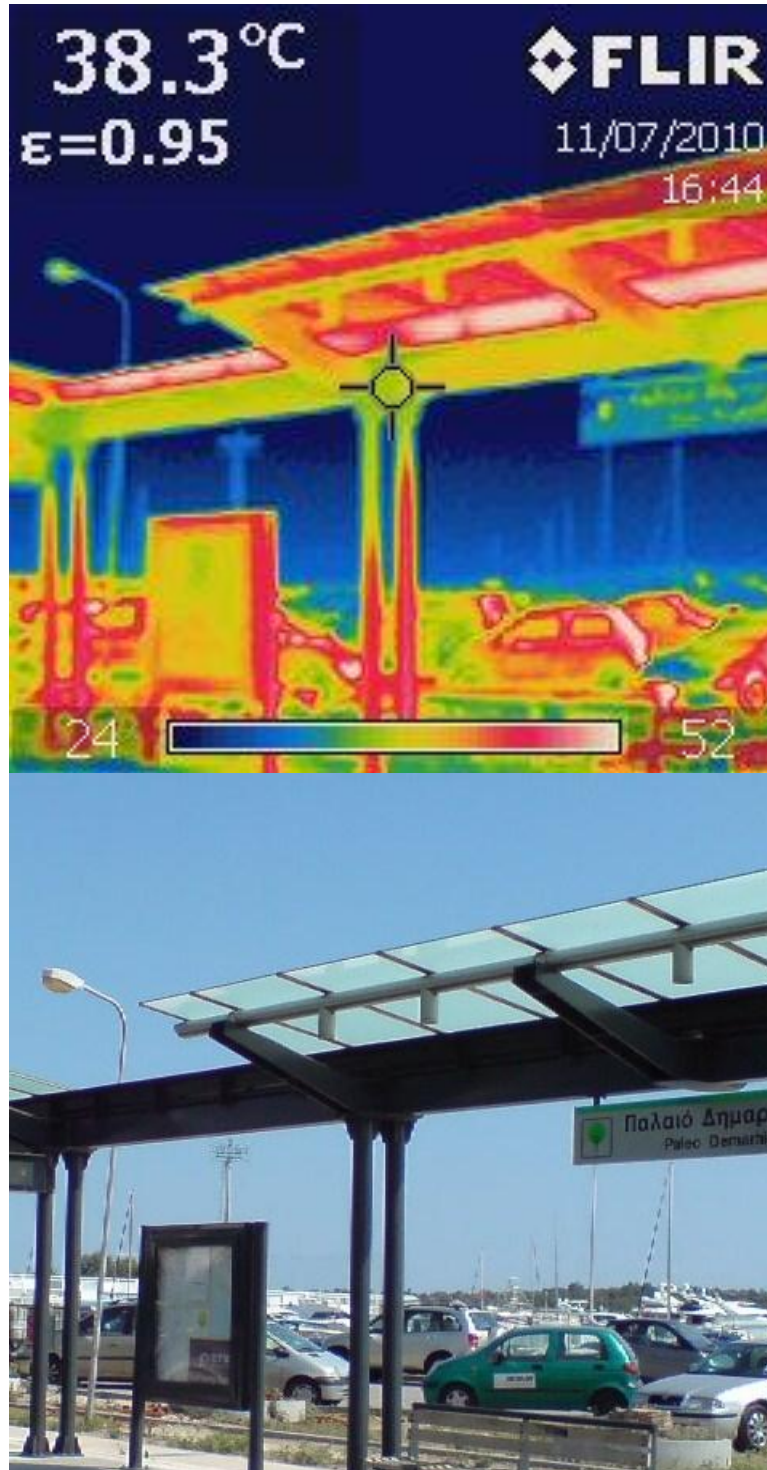
Σταθμός Παλαιό Δημαρχείο	T=19,2°C RH=75,7% Wind=2 mph	T=19,4°C RH=61%
	Σταθμός	Ευρύτερη περιοχή

Χειμερινή περίοδος : 23/03/2010, 15:33



Σταθμός Παλαιό Δημαρχείο	T=35,61°C	RH=38,30%	T= 32,4 °C	RH=41%
	Σταθμός		Ευρύτερη περιοχή	

Καλοκαιρινή περίοδος : 11/07/2010, 16:43



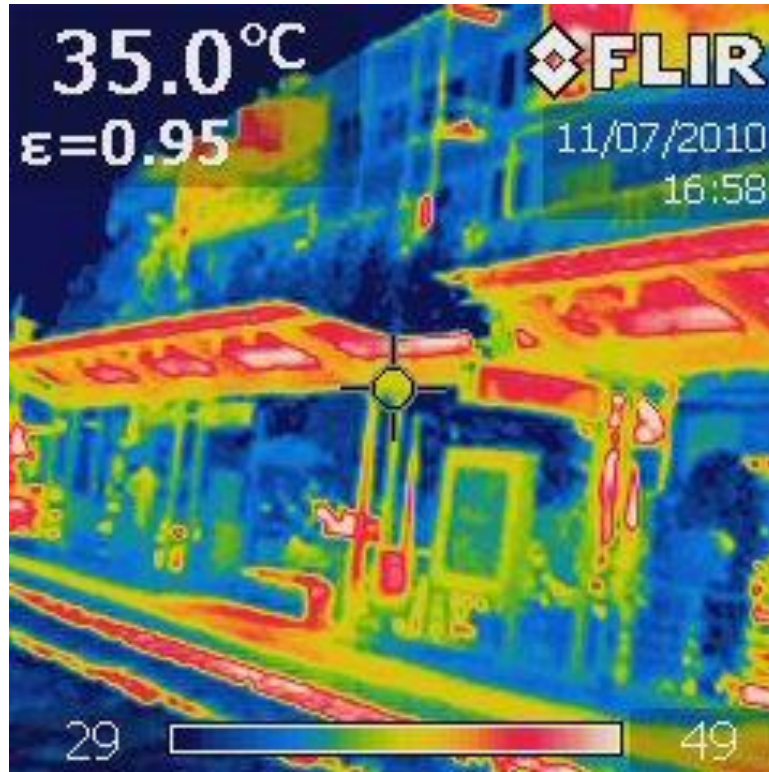
Σταθμός Πλατεία Κατράκη	T=21,2°C RH=67,3% Wind=0 mph	T=19,4°C RH=61%
	Σταθμός	Ευρύτερη περιοχή

Χειμερινή περίοδος : 23/03/2010, 15:37



Σταθμός Πλατεία Κατράκη	T=35,954°C	RH=35,20%	T= 32,4 °C	RH=41%
	Σταθμός		Ευρύτερη περιοχή	

Καλοκαιρινή περίοδος : 11/07/2010, 16:58



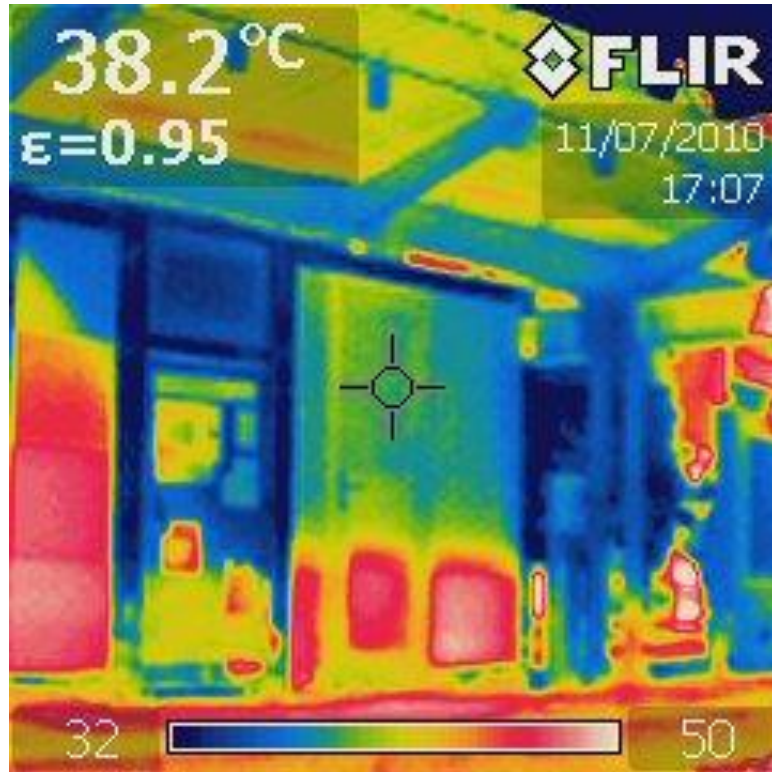
Σταθμός Αγγ. Μεταξά	T=21,3°C RH=63,5% Wind=0 mph	T=19,4°C RH=61%
	Σταθμός	Ευρύτερη περιοχή

Χειμερινή περίοδος : 23/03/2010, 15:44



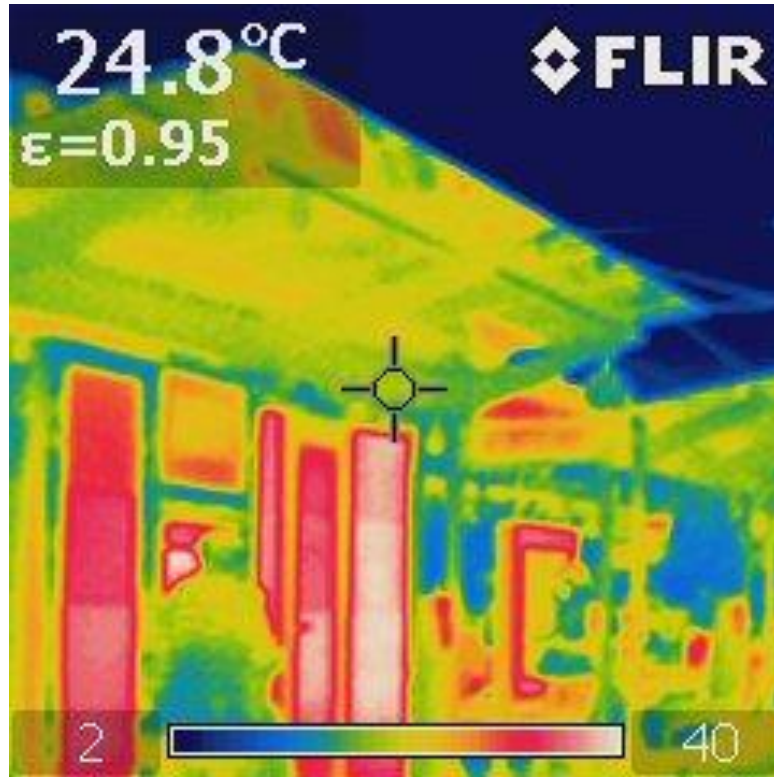
Σταθμός Αγγ. Μεταξά	T=34,1°C	RH=34,90%	T= 32,4 °C	RH=41%
	Σταθμός		Ευρύτερη περιοχή	

Καλοκαιρινή περίοδος : 11/07/2010, 17:06



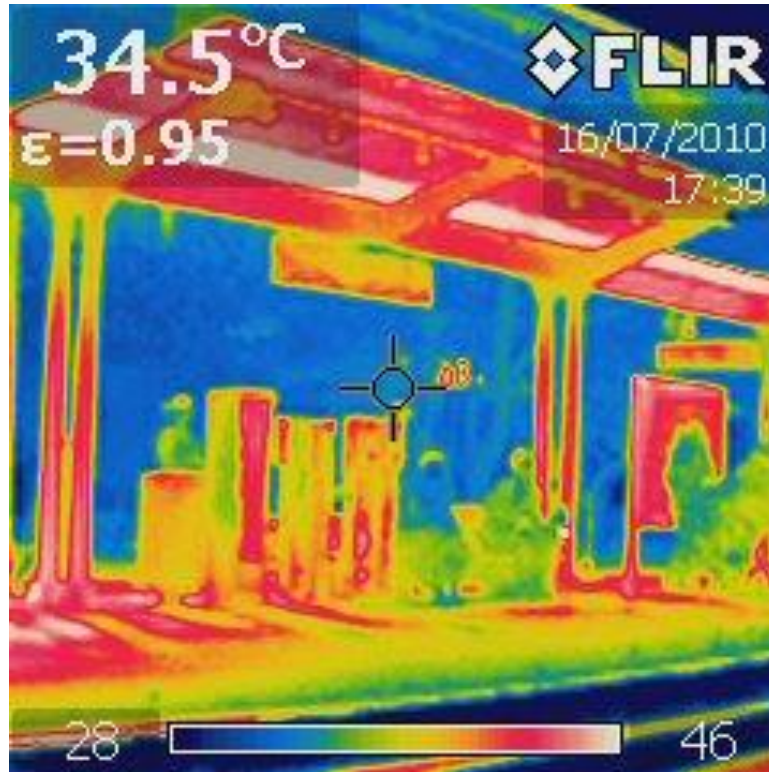
Σταθμός Πλατεία Εσπερίδων	T=21,8°C RH=69,5% Wind=0 mph	T=19,4°C RH=61%
	Σταθμός	Ευρύτερη περιοχή

Χειμερινή περίοδος : 23/03/2010, 15:51



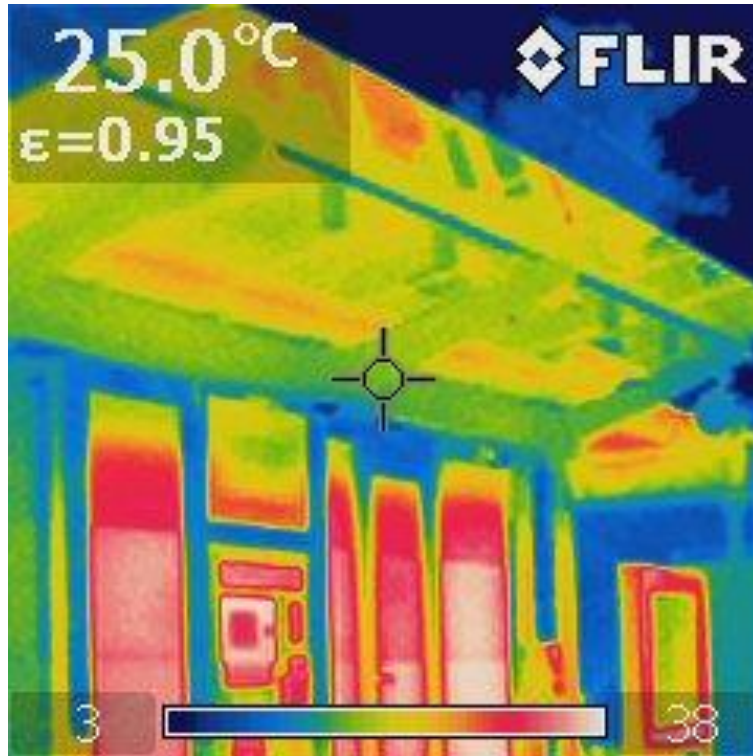
Σταθμός Πλατεία Εσπερίδων	T=34,25°C	RH=35,80%	T= 34 °C	RH=32%
	Σταθμός		Ευρύτερη περιοχή	

Καλοκαιρινή περίοδος : 16/07/2010, 17:38



Σταθμός Κολυμβητήριο	T=23,4°C RH=54,3% Wind=0 mph	T=19,4°C RH=61%
	Σταθμός	Ευρύτερη περιοχή

Χειμερινή περίοδος : 23/03/2010, 15:57



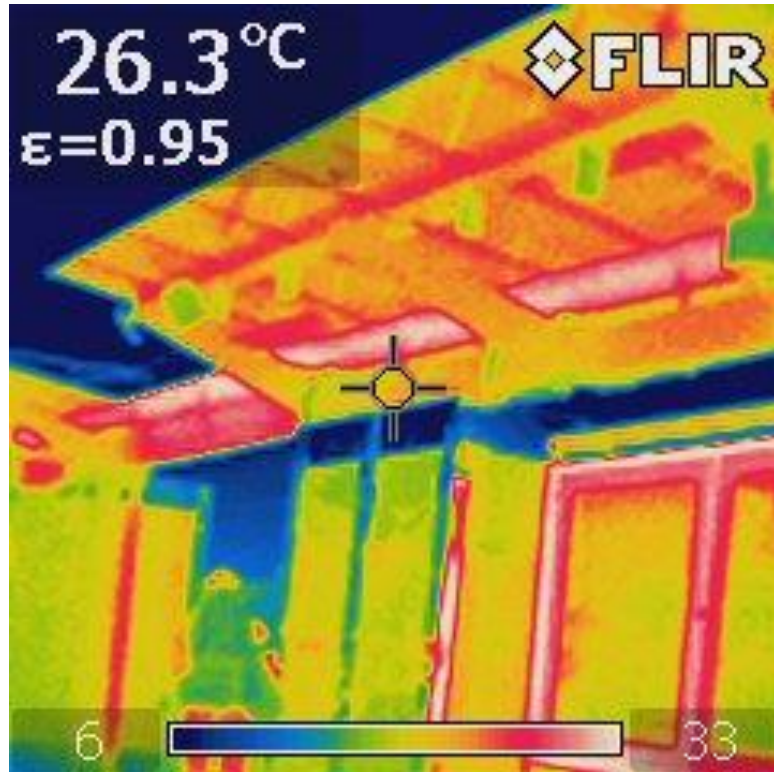
Σταθμός Κολυμβητήριο	T=35,237°C	RH=40,80%	T= 34 °C	RH=32%
	Σταθμός		Ευρύτερη περιοχή	

Καλοκαιρινή περίοδος : 16/07/2010, 17:34



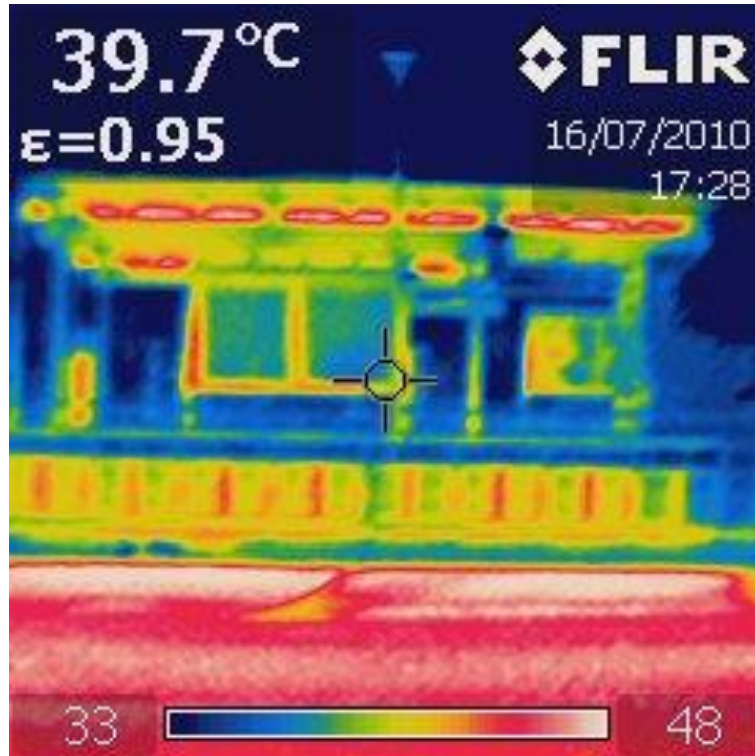
Σταθμός Ασκληπιείο Βούλας	T=22,3°C RH=59,6% Wind=0 mph	T=19,4°C RH=61%
	Σταθμός	Ευρύτερη περιοχή

Χειμερινή περίοδος : 23/03/2010, 16:11



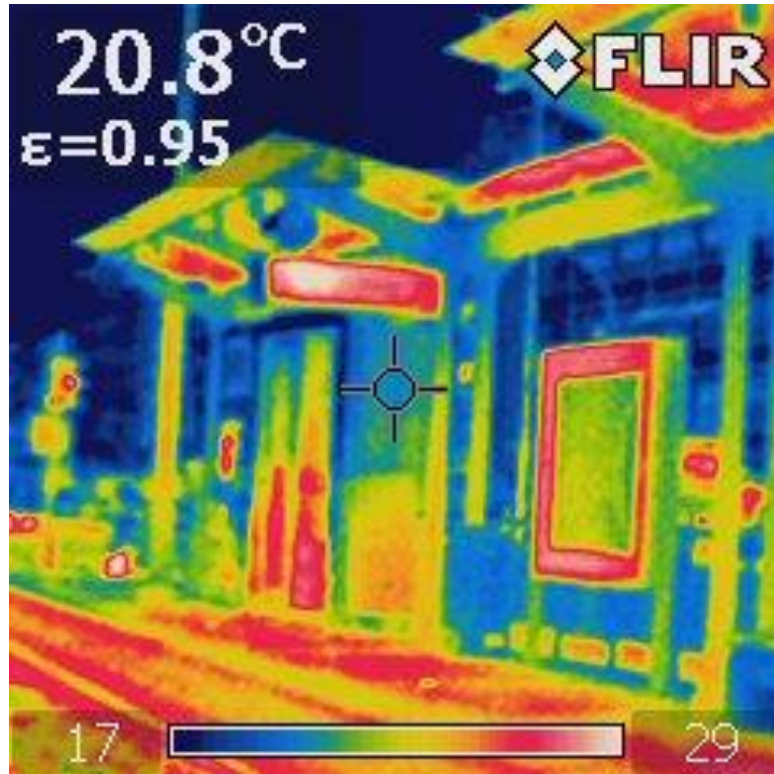
Σταθμός Ασκληπιείο Βούλας	T=36,01°C	RH=45,30%	T= 34 °C	RH=32%
	Σταθμός		Ευρύτερη περιοχή	

Καλοκαιρινή περίοδος : 16/07/2010, 17:28



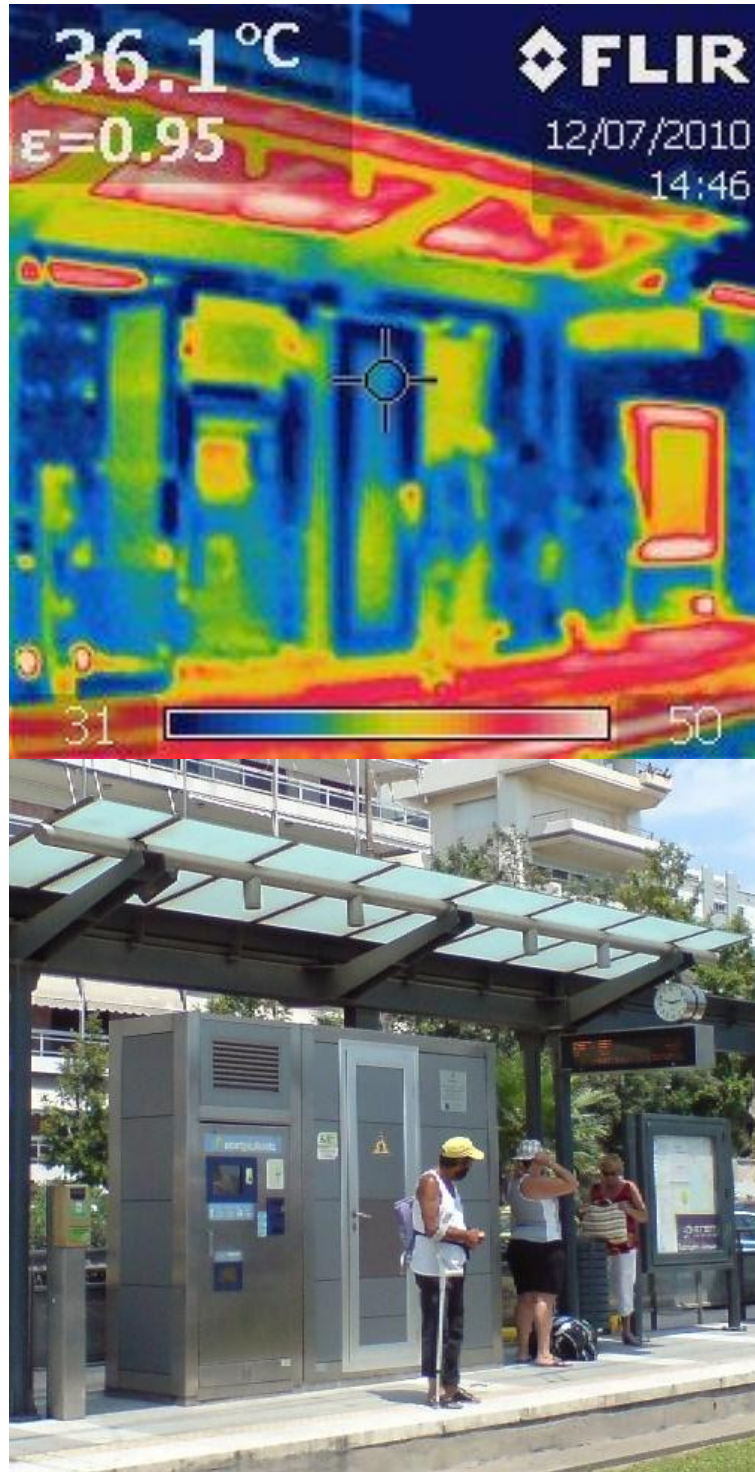
Σταθμός Μπάτης	T=18,5°C RH=64,3% Wind=4 mph	T=17,6°C RH=59%
	Σταθμός	Ευρύτερη περιοχή

Χειμερινή περίοδος : 24/03/2010, 12:22



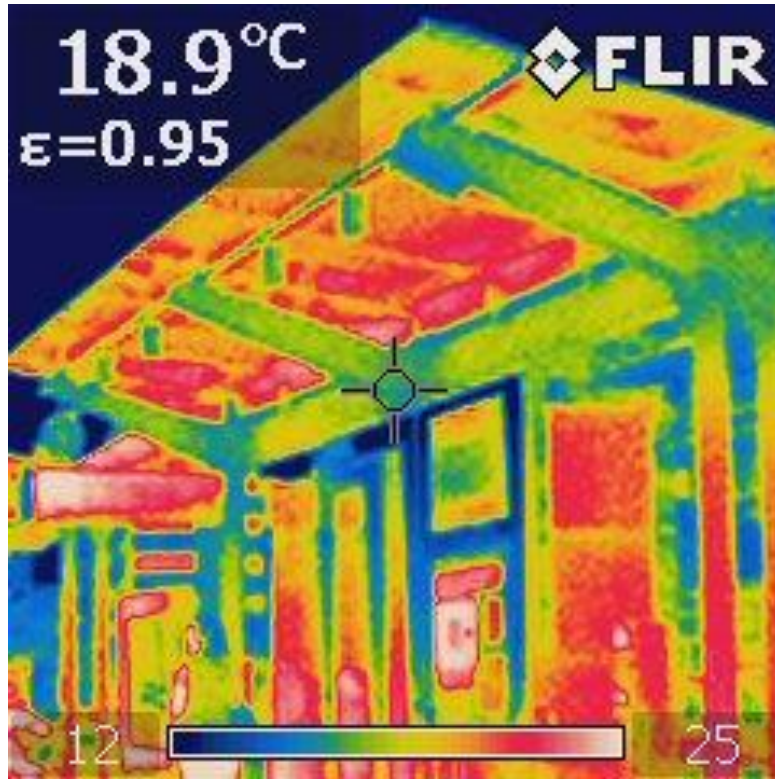
Σταθμός Μπάτης	T=36,035°C	RH=45,90%	T= 33,0 °C	RH=40%
	Σταθμός		Ευρύτερη περιοχή	

Καλοκαιρινή περίοδος : 12/07/2010, 14:45



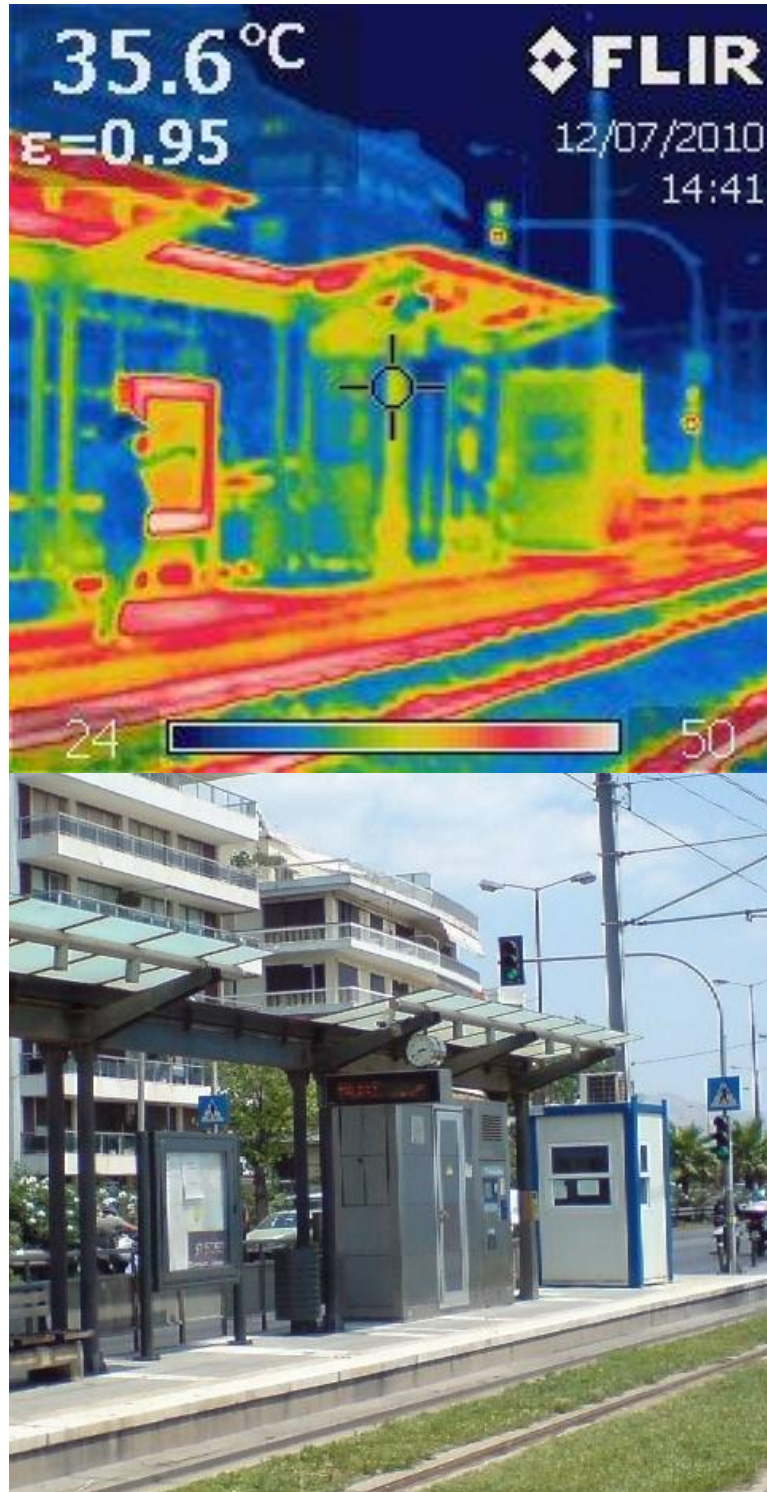
Σταθμός Φλοίσβος	T=17,3°C RH=73,3% Wind=8 mph	T=17,6°C RH=59%
	Σταθμός	Ευρύτερη περιοχή

Χειμερινή περίοδος : 24/03/2010, 12:32



Σταθμός Φλοίσβος	T=36,11°C	RH=45,90%	T= 33,0 °C	RH=40%
	Σταθμός		Ευρύτερη περιοχή	

Καλοκαιρινή περίοδος : 12/07/2010, 14:41



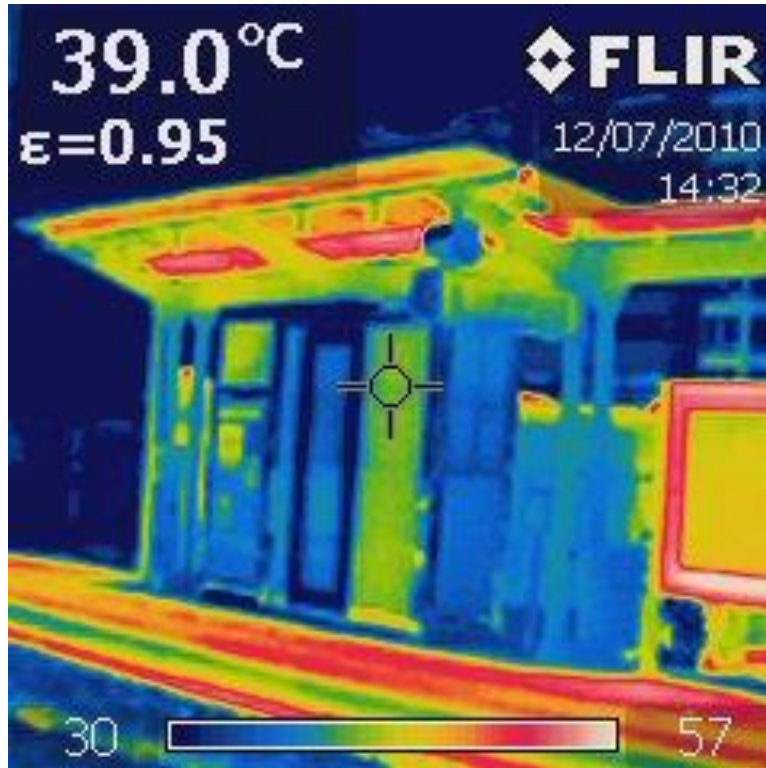
Σταθμός Πάρκο Φλοίσβου	T=18,6°C RH=68,8% Wind=6 mph	T=19,0°C RH=61%
	Σταθμός	Ευρύτερη περιοχή

Χειμερινή περίοδος : 24/03/2010, 12:36



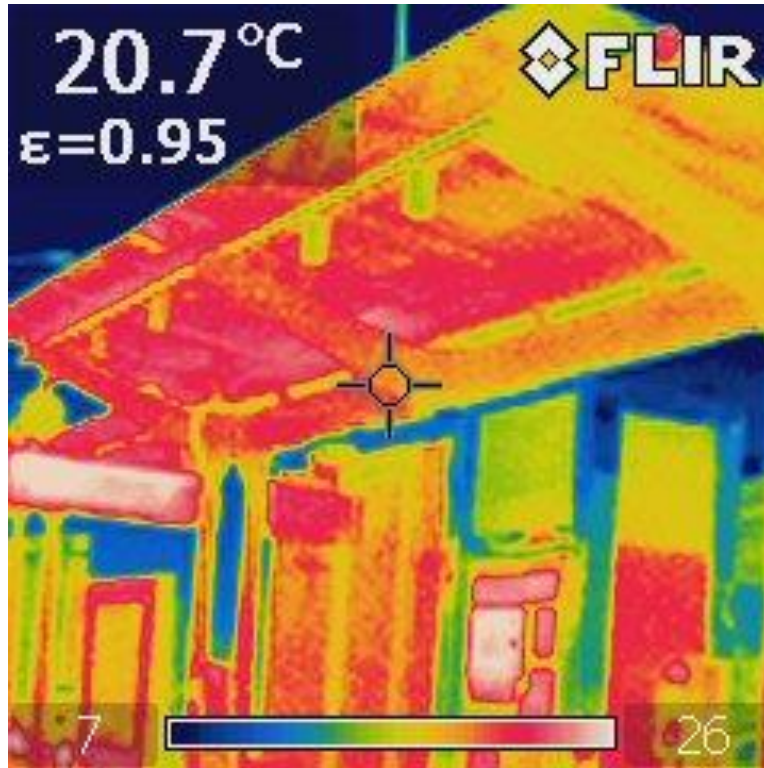
Σταθμός Πάρκο Φλοίσβου	T=35,799°C	RH=45,60%	T= 33,0 °C	RH=40%
	Σταθμός		Ευρύτερη περιοχή	

Καλοκαιρινή περίοδος : 12/07/2010, 14:32



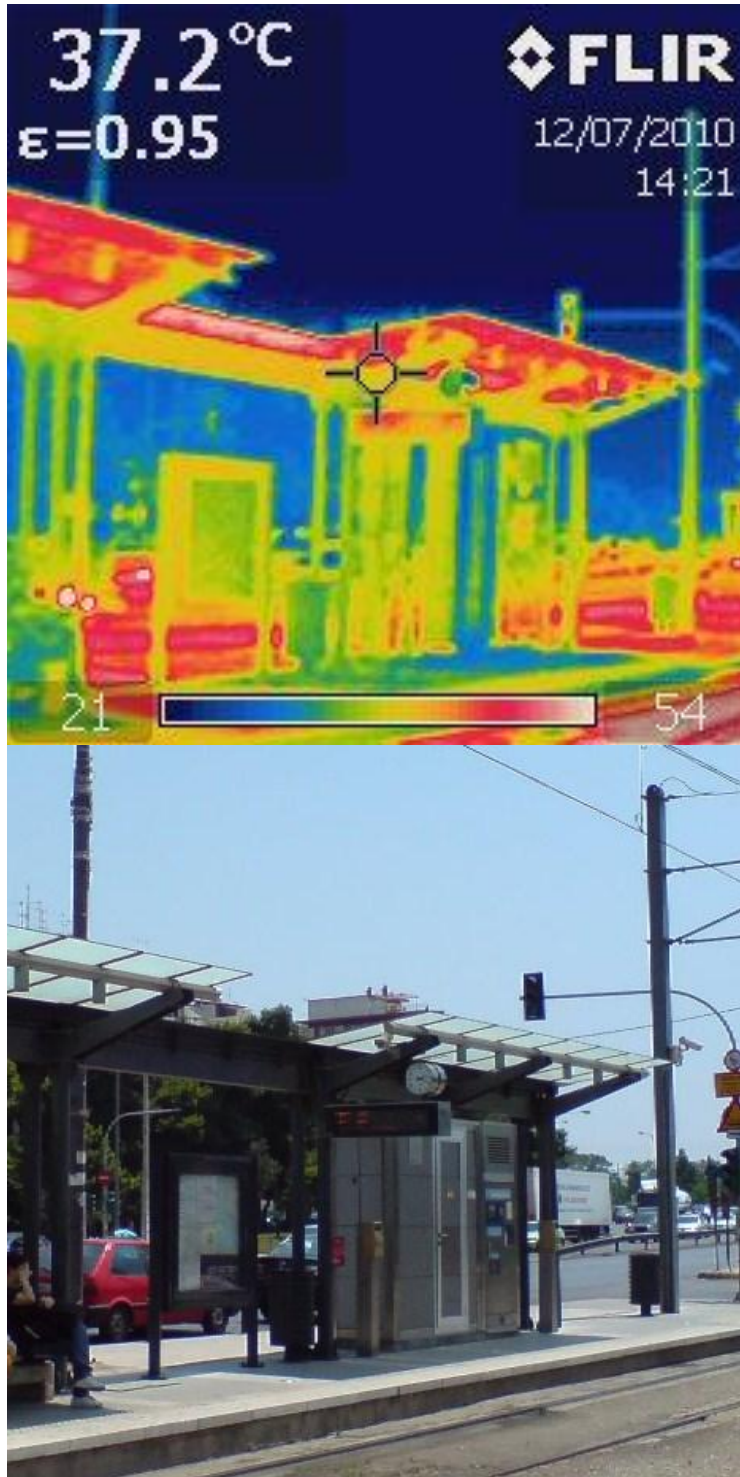
Σταθμός Τροκαντερό	T=18,2°C RH=67,7% Wind=6 mph	T=19,0°C RH=61%
	Σταθμός	Ευρύτερη περιοχή

Χειμερινή περίοδος : 24/03/2010, 12:41



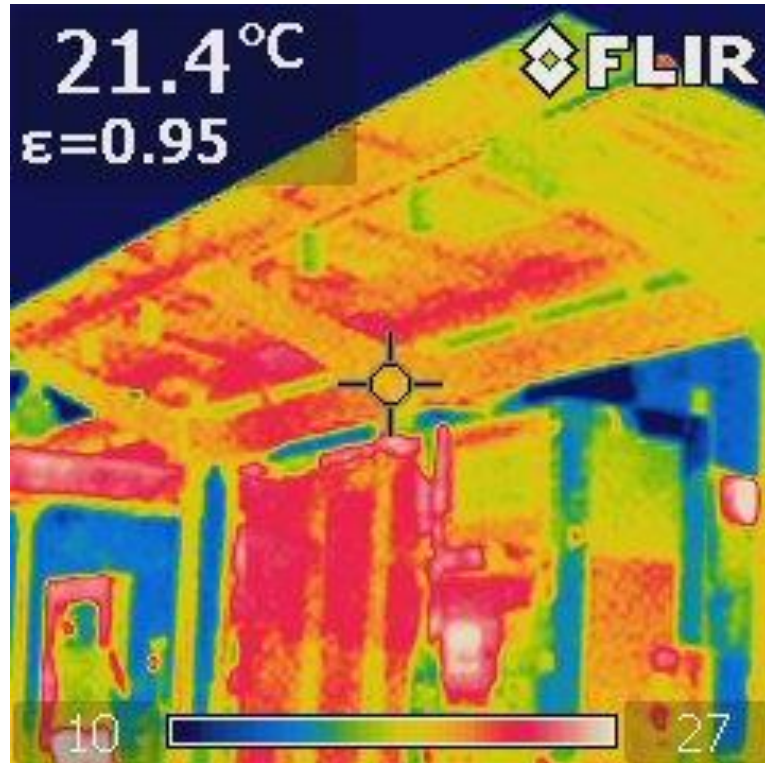
Σταθμός Τροκαντερό	T=35,81°C	RH=45,60%	T= 33,0 °C	RH=40%
	Σταθμός		Ευρύτερη περιοχή	

Καλοκαιρινή περίοδος : 12/07/2010, 14:21



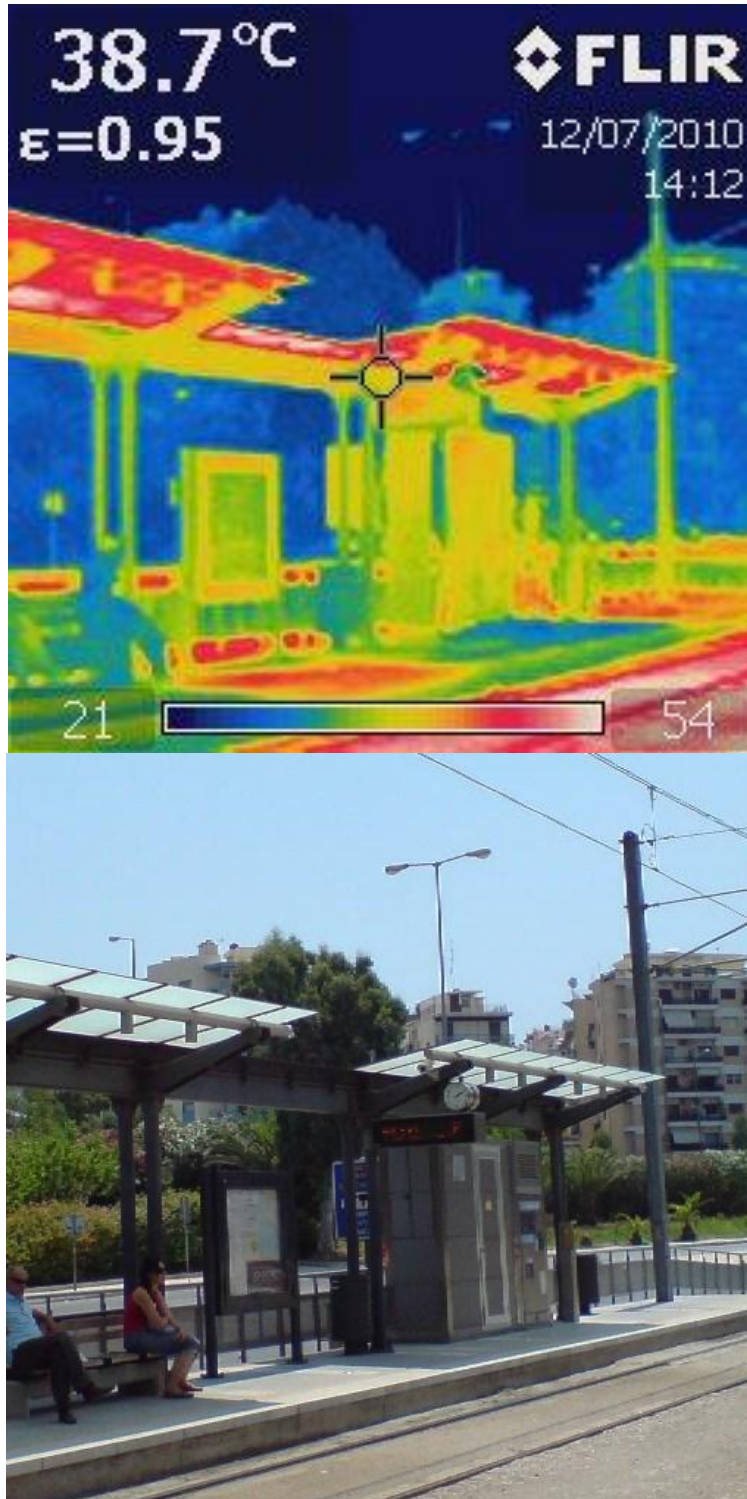
Σταθμός Αγία Σκέπη	T=19,1°C RH=62,4% Wind=0 mph	T=19,0°C RH=61%
	Σταθμός	Ευρύτερη περιοχή

Χειμερινή περίοδος : 24/03/2010, 12:52



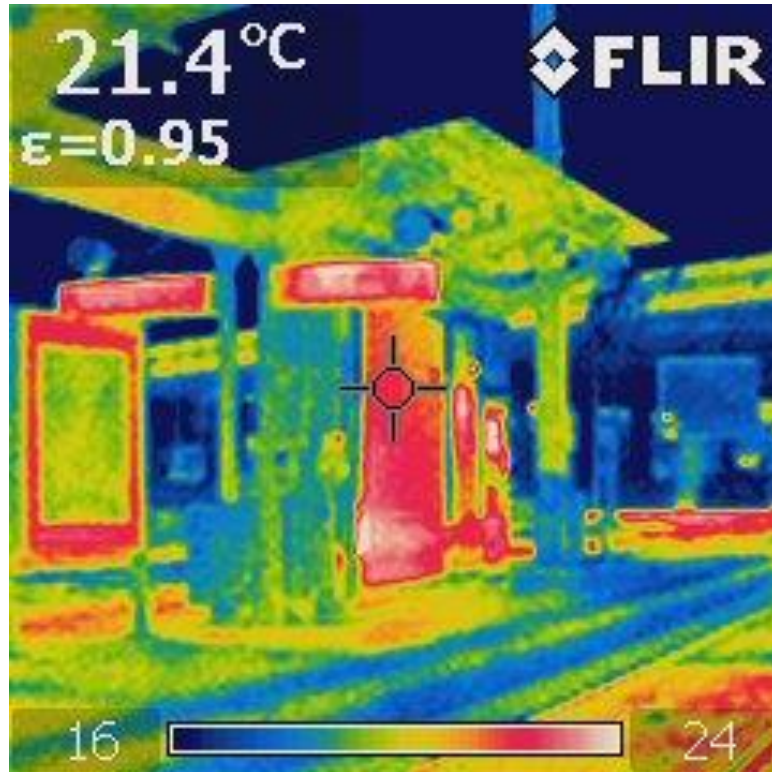
Σταθμός Αγία Σκέπη	T=37,792°C	RH=38,10%	T= 33,0 °C	RH=40%
	Σταθμός		Ευρύτερη περιοχή	

Καλοκαιρινή περίοδος : 12/07/2010, 14:12



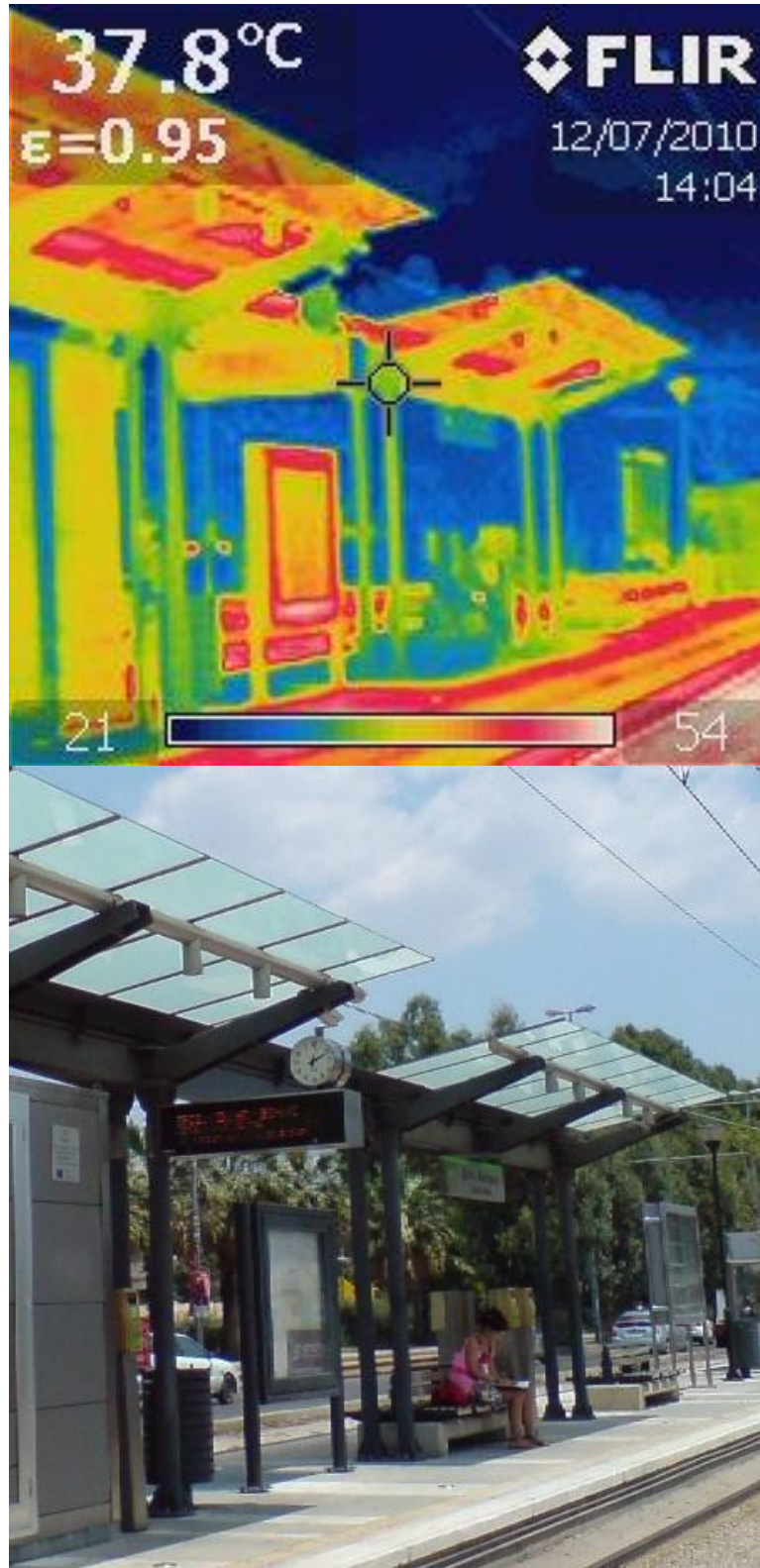
Σταθμός Δέλτα Φαλήρου	T=18,6°C RH=58,7% Wind=10 mph	T=19,0°C RH=61%
	Σταθμός	Ευρύτερη περιοχή

Χειμερινή περίοδος : 24/03/2010, 13:11



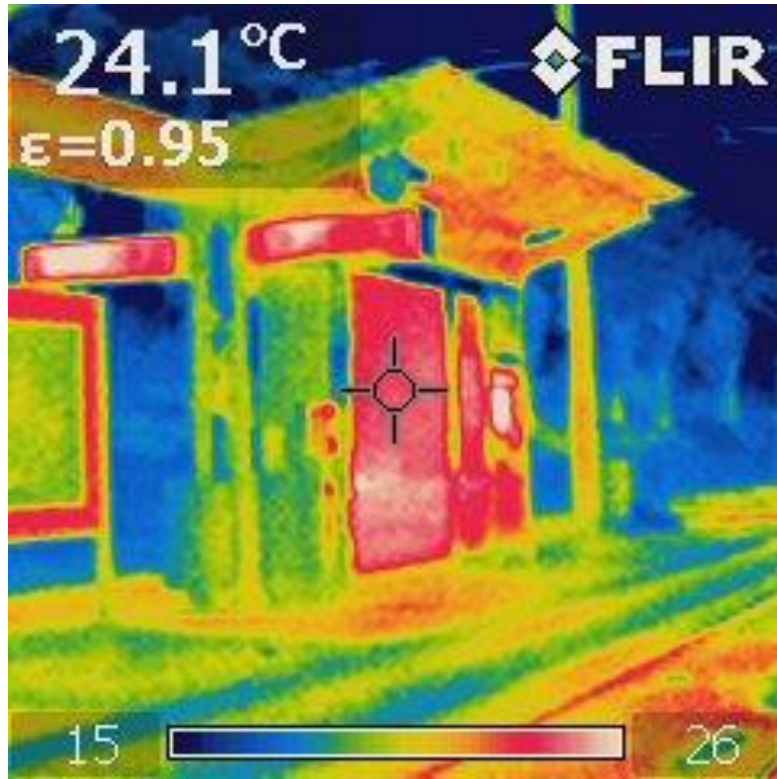
Σταθμός Δέλτα Φαλήρου	T=37,322°C	RH=40,30%	T= 33,0 °C	RH=40%
	Σταθμός		Ευρύτερη περιοχή	

Καλοκαιρινή περίοδος : 12/07/2010, 14:04



Σταθμός Τζιτζιφιές	T=18,9°C RH=61,5% Wind=6 mph	T=19,0°C RH=61%
	Σταθμός	Ευρύτερη περιοχή

Χειμερινή περίοδος : 24/03/2010, 13:16



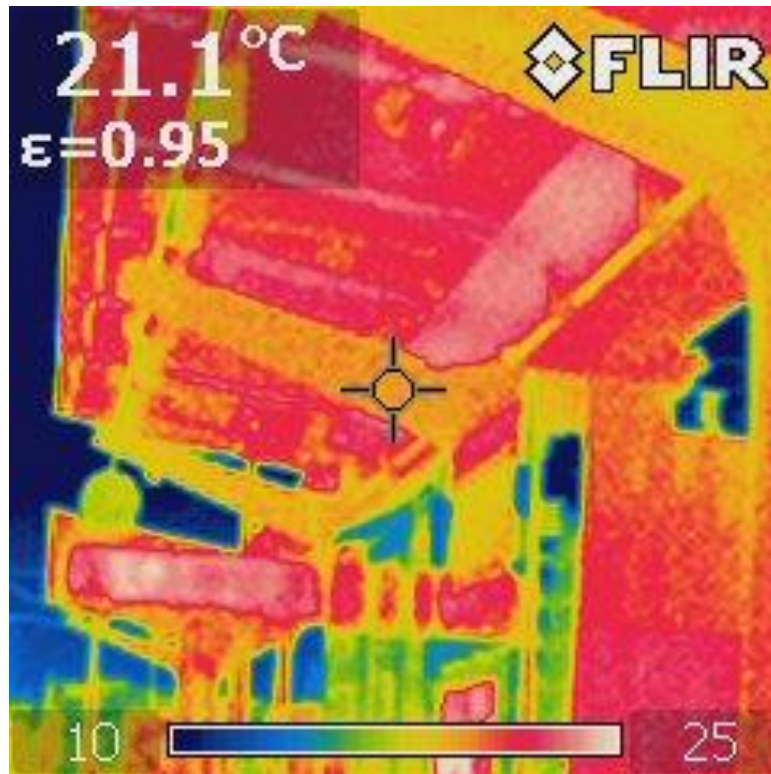
Σταθμός Τζιτζιφιές	T=37,3°C	RH=40,30%	T= 33,0 °C	RH=40%
	Σταθμός		Ευρύτερη περιοχή	

Καλοκαιρινή περίοδος : 12/07/2010, 13:58



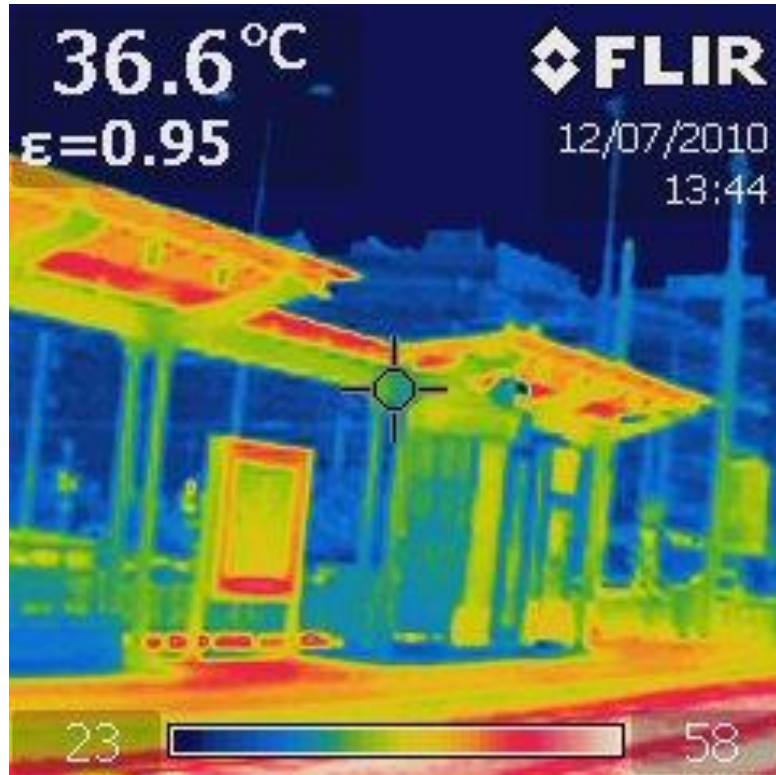
Σταθμός Καλλιθέα	T=19,7°C RH=57,4% Wind=4 mph	T=19,0°C RH=61%
	Σταθμός	Ευρύτερη περιοχή

Χειμερινή περίοδος : 24/03/2010, 13:25



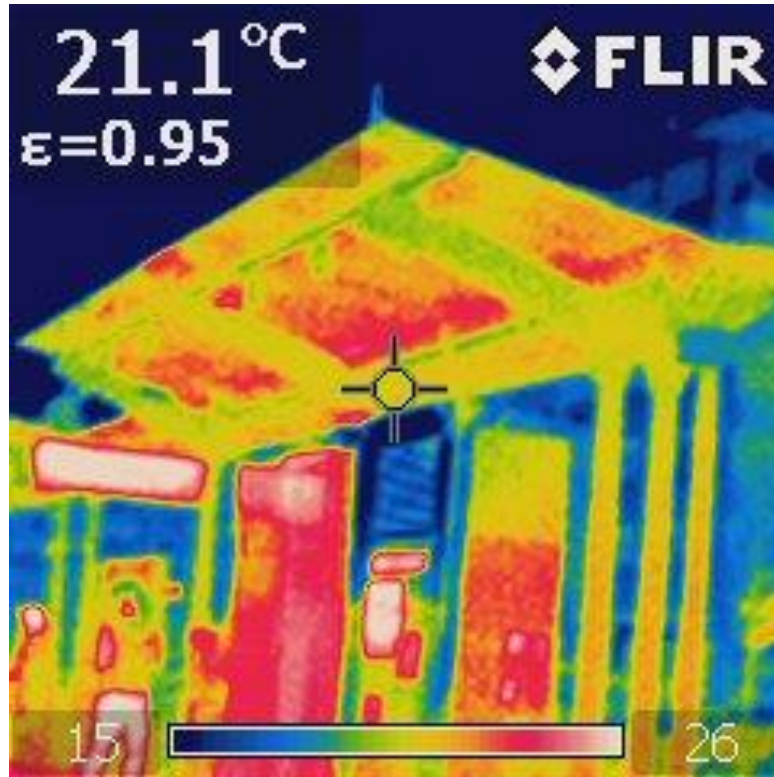
Σταθμός Καλλιθέα	T=38,06°C	RH=36,40%	T= 33,0 °C	RH=40%
	Σταθμός		Ευρύτερη περιοχή	

Καλοκαιρινή περίοδος : 12/07/2010, 13:44



Σταθμός Μοσχάτο	T=19,7°C RH=67,4% Wind=2 mph	T=19,0°C RH=61%
	Σταθμός	Ευρύτερη περιοχή

Χειμερινή περίοδος : 24/03/2010, 13:35



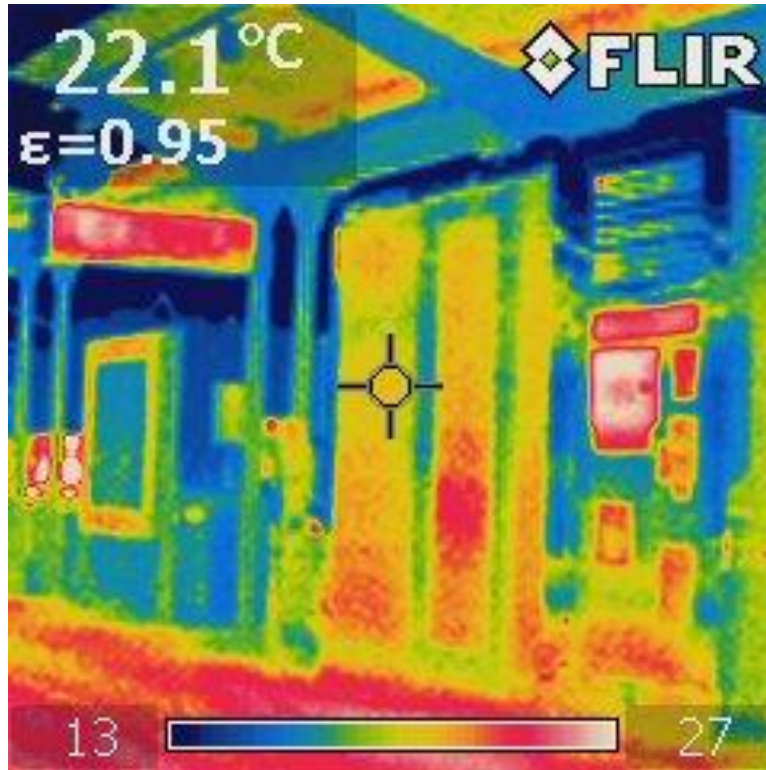
Σταθμός Μοσχάτο	T=36,782°C	RH=33,8%	T= 33,0 °C	RH=40%
	Σταθμός		Ευρύτερη περιοχή	

Καλοκαιρινή περίοδος : 12/07/2010, 13:36



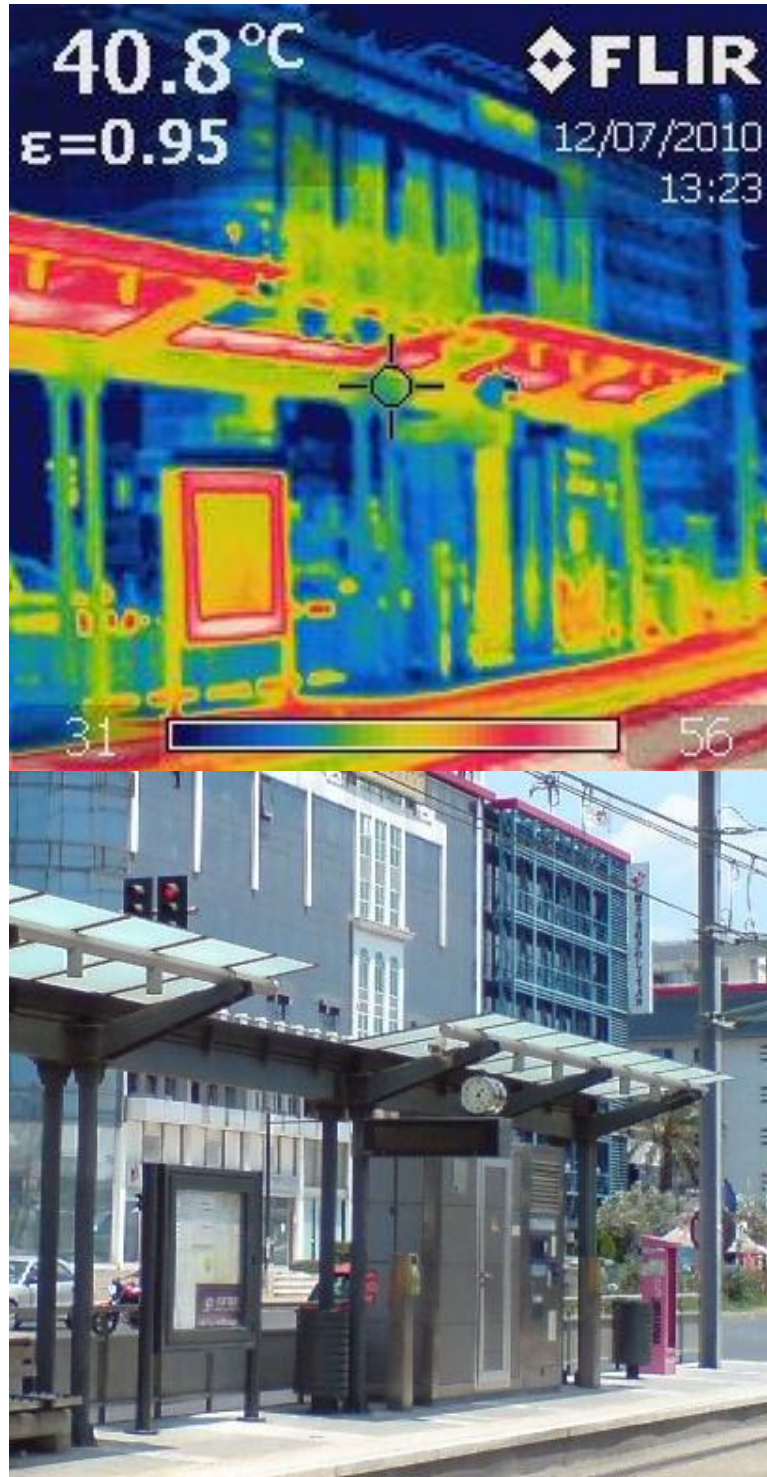
Σταθμός Νέο Φάληρο	T=19,8°C RH=60,7% Wind=2 mph	T=19,0°C RH=61%
	Σταθμός	Ευρύτερη περιοχή

Χειμερινή περίοδος : 24/03/2010, 13:44



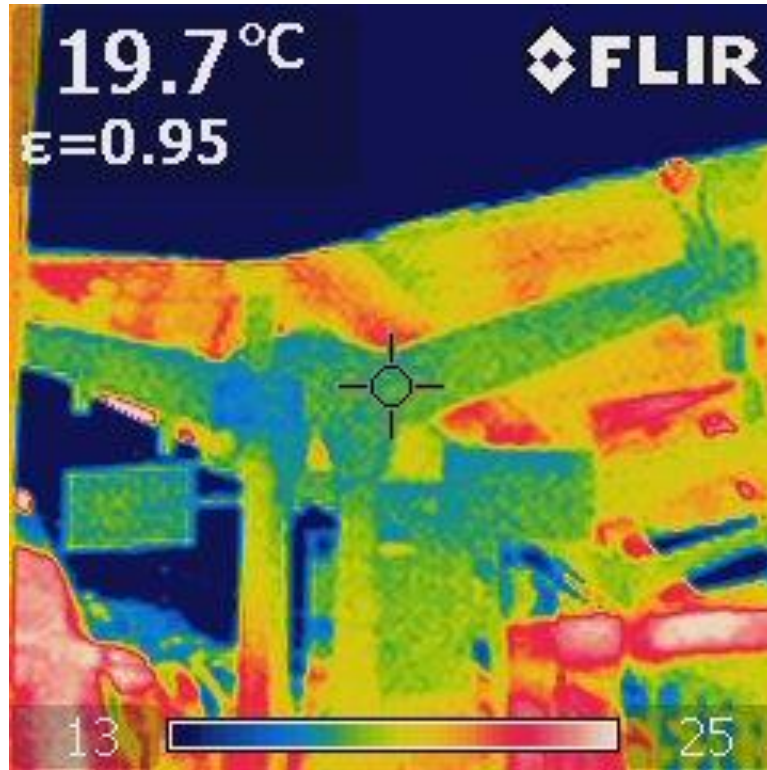
Σταθμός Νέο Φάληρο	T=36,65°C	RH=33,8%	T= 33,0 °C	RH=40%
	Σταθμός		Ευρύτερη περιοχή	

Καλοκαιρινή περίοδος : 12/07/2010, 13:22



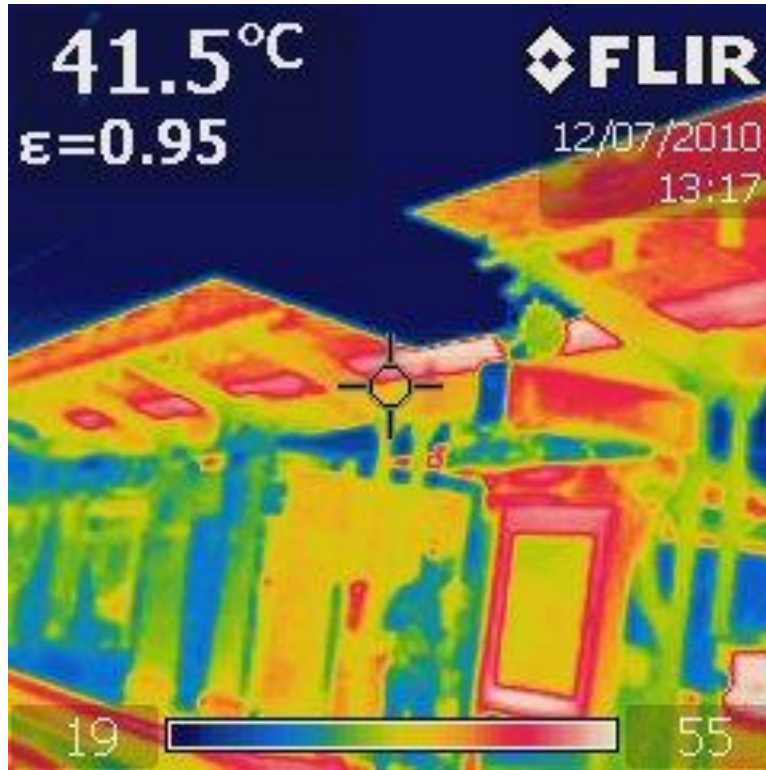
Σταθμός ΣΕΦ	T=18,6°C RH=63,8% Wind=2 mph	T=19,0°C RH=61%
	Σταθμός	Ευρύτερη περιοχή

Χειμερινή περίοδος : 24/03/2010, 13:50



Σταθμός ΣΕΦ	T=32,717°C	RH=38,8%	T= 33,0 °C	RH=40%
	Σταθμός		Ευρύτερη περιοχή	

Καλοκαιρινή περίοδος : 12/07/2010, 13:17



5.5 Επεξεργασία θερμοφωτογραφιών

5.5.1 Λογισμικό επεξεργασίας δεδομένων

Η επεξεργασία των θερμοφωτογραφιών έγινε με το λογισμικό FLIR QuickReport 1.2 με τη ρύθμιση κατάλληλων παραμέτρων του εξεταζόμενου αντικειμένου οι οποίες θα αναλυθούν παρακάτω. Το FLIR QuickReport 1.2 software επιτρέπει την οργάνωση και την ανάλυση των εικόνων καθώς και την σύνταξη έκθεσης ενεργειακής επιθεώρησης.

lewforos vouliagmenis3.jpg
 Μέγεθος: 63 KB
 Δημιουργήθηκε: 23/3/2010 11:53:00 πμ
 Κάμερα: Flir b40
 Φακός: Default X Lens

Περιγραφή εικόνας

Σχόλια σε μορφή κειμένου Παράμετροι αντικειμένου

Συντελεστής εκπομπής: 0,95
 Θερμοκρασία ανάκλισης: 20,7 °C
 Θερμοκρασία ατμόσφαιρας: 20,7 °C
 Σχετική υγρασία: 50,5 %
 Απόσταση: 2,0 m

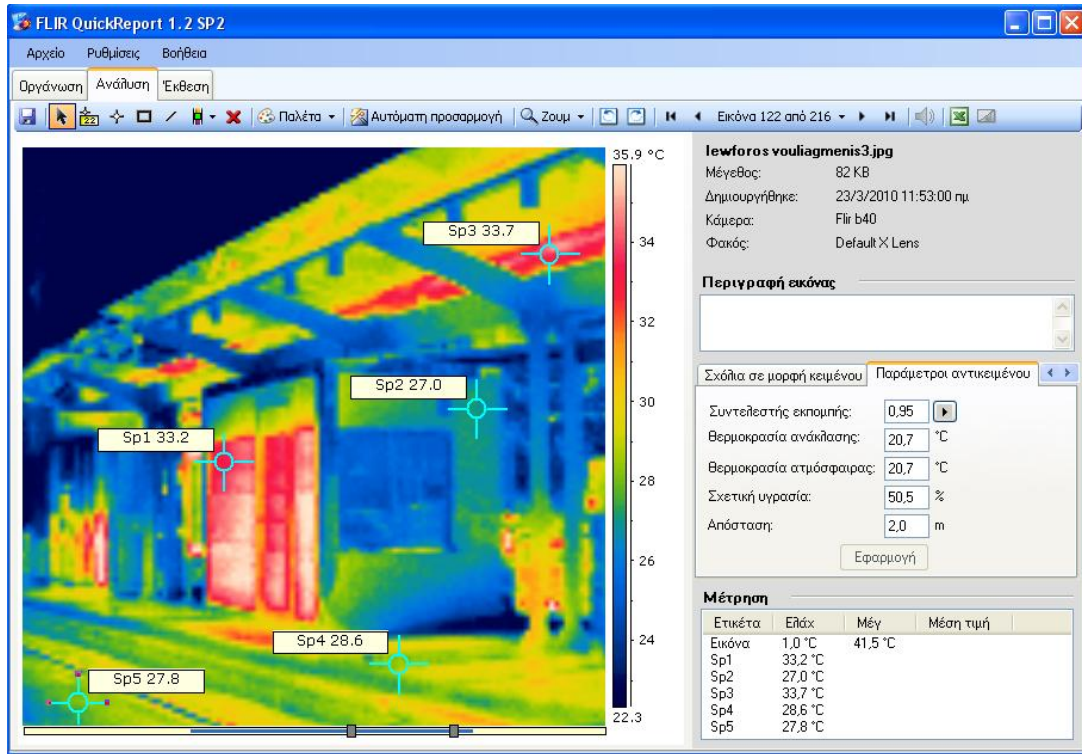
Εφαρμογή

Μέτρηση

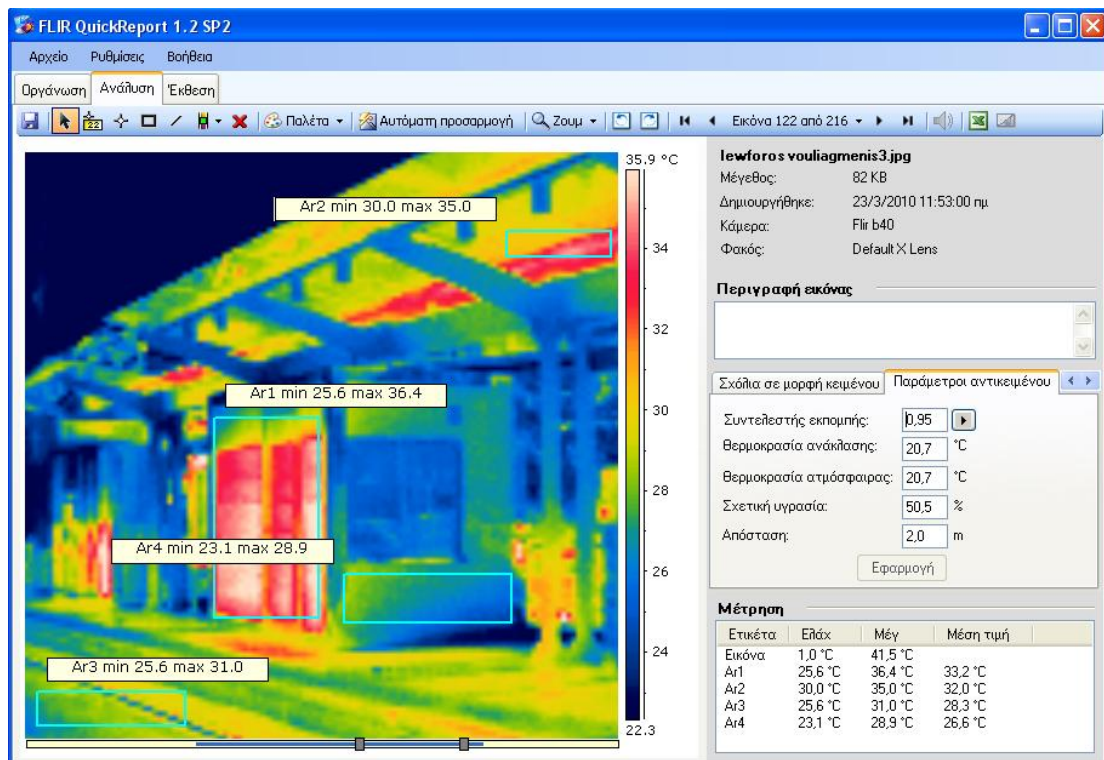
Ετικέτα	Ελάχ	Μέγ	Μέση τιμή
Εικόνα	1,0 °C	41,5 °C	
Sp1	30,7 °C		

Τα εργαλεία ανάλυσης των θερμοφωτογραφιών είναι τα εξής:

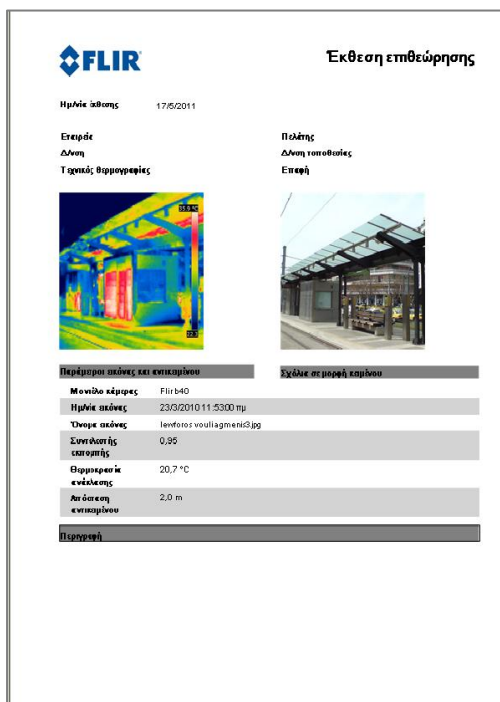
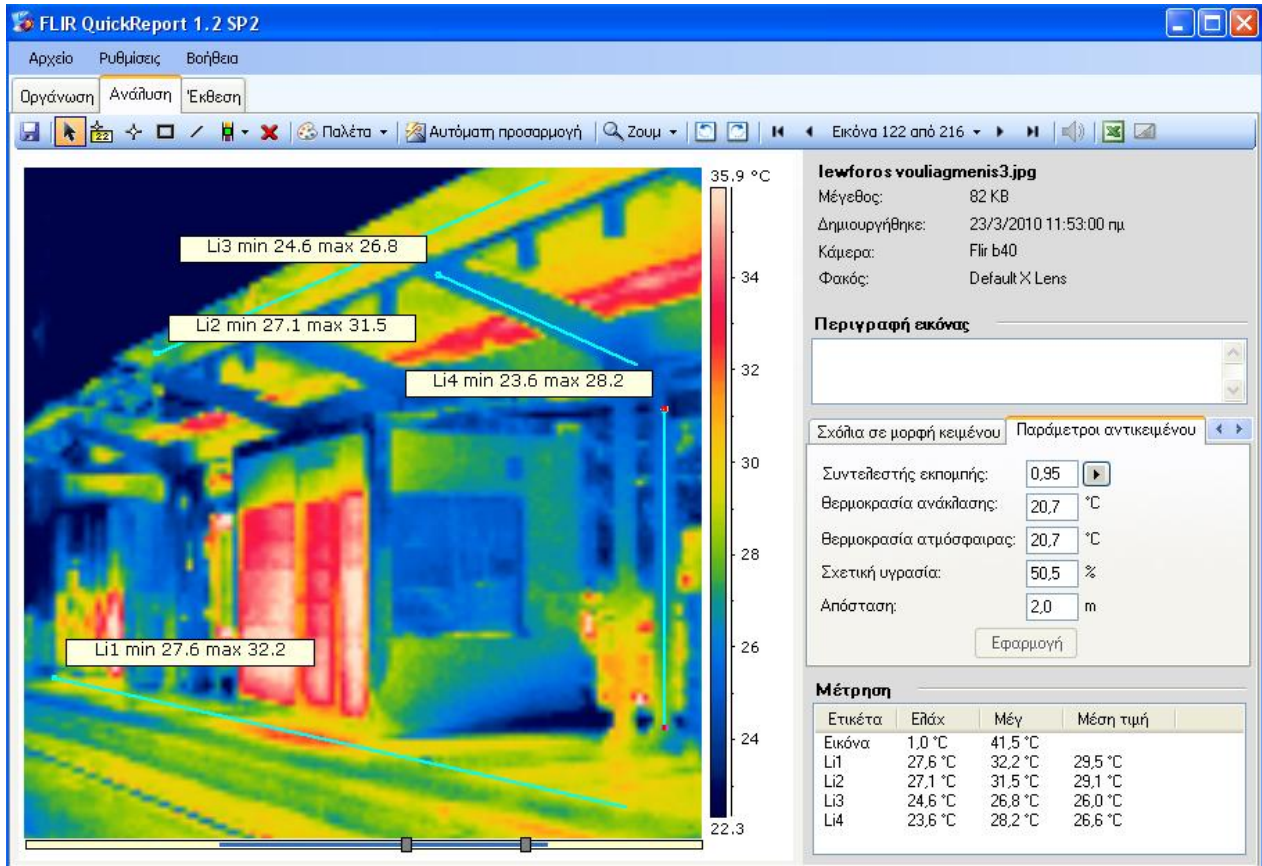
- ⊗ **Εργαλείο σταυρονήματος (Spot)** για στόχευση σε συγκεκριμένο σημείο και ανίχνευση της θερμοκρασίας του



- ⊗ **Εργαλείο περιοχής (Area)** για την επιλογή συγκεκριμένης περιοχής που επιθυμώ να εξετάσω και εμφάνιση ελάχιστης, μέγιστης και μέσης τιμής θερμοκρασίας .



- ⊗ **Εργαλείο γραμμής (line)** για την ανίχνευση των θερμοκρασιών που εμφανίζονται κατά μήκος της με εμφάνιση ελάχιστης, μέγιστης και μέσης τιμής θερμοκρασίας.



- ⊗ **Έκθεση επιθεώρησης (Inspection report)** όπου γίνεται περιγραφή του επιθεωρούμενου αντικειμένου και σχολιασμός της θερμικής του συμπεριφοράς.

Οι παράμετροι αντικείμενου στο πρόγραμμα συμπληρώθηκαν ως εξής:

- Για τη θερμοκρασία ατμόσφαιρας και τη σχετική υγρασία, από τα δεδομένα που προέκυψαν από τις μετρήσεις στο περιβάλλον του σταθμού την εκάστοτε χρονική στιγμή λήψεως της θερμοφωτογραφίας.
- Για τη θερμοκρασία ανάκλασης (που αντισταθμίζει τη θερμοκρασία περιβάλλοντος που ανακλάται πάνω στο αντικείμενο και καταλήγει πάνω στην κάμερα [20]) η τιμή της θεωρήθηκε προσεγγιστικά ίση με την αντίστοιχη τιμή της θερμοκρασίας ατμόσφαιρας.
- Για την απόσταση: όλες οι λήψεις έγιναν από απόσταση περίπου δύο μέτρων.
- Για το συντελεστή εκπομπής που είναι και η παράμετρος με τη μεγαλύτερη βαρύτητα στην εξαγωγή των αποτελεσμάτων οι τιμές που εφαρμόστηκαν για κάθε υλικό είναι οι εξής:

- Ανοξειδωτος χάλυβας : $\epsilon=0,76$
- Ανοξειδωτη Λαμαρίνα : $\epsilon=0,69$
- Χάλυβας : $\epsilon=0,64$
- Ξύλο : $\epsilon=0,90$
- Υαλοπίνακας : $\epsilon=0,89$ (Πηγή: Υαλοδομή)
- Μπετόν : $\epsilon=0,95$
- Γκαζόν : $\epsilon=0,70$
- Άσφαλτος : $\epsilon=0,95$
- Φυσικός κυβόλιθος από μάρμαρο : $\epsilon=0,60$

Οι τιμές αυτές επιλέχθηκαν με βάση ενδεικτικές τιμές του προγράμματος καθώς και από ξένη βιβλιογραφία (emissivity tables).

(www.thermoworks.com/emissivity_table.html)

Ειδικά για τον διπλό υαλοπίνακα, ο συντελεστής εκπομπής του συμπληρώθηκε κατόπιν επικοινωνίας με την βιομηχανία παραγωγής του, Υαλοδομή.

5.5.2 Αποτελέσματα επεξεργασίας χειμερινών θερμοφωτογραφιών

Στάση	Υλικό								
	1α	1β	1γ	2	3	4	5	6	7
Σύνταγμα	27,6	25,4	27,5	*	30,8	23	Δ.Υ.	23	27,5
Ζάππειο	21,6	25	21,7	*	22,1	*	Δ.Υ.	*	*
Λ.Βουλιαγμένης	26,2	30,1	28,4	26,8	32,5	25	28,3	27,9	29,1
Φιξ	27,1	24,3	28,3	30,5	32,6	21,3	24,5	19,9	20,8
Κασομούλη	27,7	25,2	24,6	23,9	30,5	20,3	Δ.Υ.	25,5	22,4
Ν.Κόσμος	24,5	22,6	27,4	Δ.Υ.	29,3	Δ.Υ.	Δ.Υ.	25,5	22,4
Μπακκανά	25,5	24,6	23,4	23,1	30,1	21,2	23,6	21,1	20,9
Αιγαίου	27,7	25,4	26,2	24,1	30,2	21	23,1	21,4	23,1
Αγ.Φωτεινής	29,6	27,9	26,7	24,1	32,2	21	Δ.Υ	21,4	23,6
Μεγ.Αλεξάνδρου	29,2	27,2	24,6	24,5	31,5	21,2	30,8	26,1	24,3
Αγ.Παρασκευή	28,6	26,4	25,7	26,5	34	23,6	28,4	26,1	23,3
Μηδείας-Μυκάλης	29,1	26,1	25,7	25,1	34,3	24,4	27,5	25,8	23,4
Ευαγγελική Σχολή	29,8	28	26,8	27,5	32,9	22,2	26,8	25,3	24,5
Αχιλλέως	29,3	27,9	26,4	25,7	31,3	22,3	28,5	28,6	24,5
Ρήγα Φεραίου-Αμφιθέας	26,9	29,3	29,2	28,5	32,9	25,4	29,1	28,4	28,3
Παναγίτσα	27,5	27,8	27,6	28,3	31,3	23,1	29	26,9	25,6
Μουσών	25,1	26,3	21,8	20	24,5	18,6	20,1	22,8	21,7
Εδέμ	32,8	28,9	32,2	25,2	33	24,6	24,1	23,3	24,7
Πικροδάφνη	27,4	28,6	32,8	34,5	33,3	25	23,9	25,6	33,3
Μαρίνα Αλίμου	30	28,4	32,2	*	33,2	*	Δ.Υ.	*	*
Καλαμάκι	29,6	26,9	26,2	25,7	30,6	22,3	20,2	20,4	22,7
Ζέφυρος	31,1	31,9	35,1	25,9	35,5	23,2	22,3	25,4	23,7
Λουτρά Αλίμου	28,2	28,9	28,9	28,3	30,8	25	Δ.Υ	23,2	22,9
Ελληνικό	29,7	27,4	29,6	24,6	31,7	23,8	Δ.Υ	23,5	24,9
1η Αγ.Κοσμά	26,7	29,1	21,9	23,6	28,1	22,6	Δ.Υ	23,2	24,2
2η Αγ.Κοσμά	27,9	28,9	23,9	23,8	30,6	22,8	Δ.Υ	22,4	23,5
Άγιος Αλέξανδρος	27,6	28,4	30,2	24,9	32,8	23,9	Δ.Υ	22,3	23,4
Ελλήνων Ολυμπιονικών	24,2	24,6	24,8	25,8	25,2	23,9	Δ.Υ	20,3	22,2
Κέντρο Ιστοιολογίας	23,1	36,3	25	24,9	23,2	22,2	Δ.Υ	26,1	24,8
Πλατεία Βεργωτή	27,2	28,1	32,8	29,3	24,5	23	24,4	25,5	23,6
Παραλία Γλυφάδας	27,5	29,8	31,7	29,7	23	26,4	21,3	21,4	21,7
Παλαιό Δημαρχείο	27,4	28,5	30,2	29,7	22,1	25,8	22,4	20,7	21,6
Πλατεία Κατράκη	25,3	26,6	24,8	25,5	26,7	25,6	23,1	22,1	22
Αγγ.Μεταξά	23,9	29,5	28,9	24,8	29,1	26,8	24,3	27,1	26,8
Πλατεία Εσπερίδων	24,9	32,9	31,5	25,6	24,7	24,6	25	26,2	28,9
Κολυμβητήριο	24,2	32,8	28,6	26,1	*	*	*	26,1	28
Ασκληπιείο Βούλας	26,7	26	29,5	28,4	*	*	Δ.Υ.	22,1	23,1
Μπάτης	22	23,6	22,7	23,3	22,4	20,7	23,7	23,9	24,4
Φλοίσβος	21,5	21,6	23,2	20,5	*	*	*	*	24,1
Πάρκο Φλοίσβου	21,3	24,1	22,7	23,8	*	*	22,1	24,6	23,1
Τροκαντερό	20,3	21,2	22,2	22	20,2	20	20,2	20,3	21,4
Αγία Σκέπη	21,7	22,5	22,4	22,6	25,9	20,8	20,5	19,1	20,7
Δέλτα Φαλήρου	20	22,3	19,4	20,4	*	*	Δ.Υ.	19,3	19,5
Τζιτζιφιές	23,1	24,5	21,2	21,1	*	*	Δ.Υ.	21,2	20,9
Καλλιθέα	21,1	21,6	20,3	21,7	*	*	Δ.Υ.	*	24,1
Μοσχάτο	21,1	22,5	22,3	21,6	21,5	21	Δ.Υ.	24,2	22,8
Νέο Φάληρο	20	22,6	21,7	20,5	*	*	Δ.Υ.	24	24,1
ΣΕΦ	21,8	23,2	21,4	20,8	21,9	20,2	Δ.Υ.	20,1	20,3

5.5.3 Αποτελέσματα επεξεργασίας καλοκαιρινών θερμοφωτογραφιών

Στάση	Υλικό									
	1α	1β	1γ	1δ	2	3	4	5	6	7
Σύνταγμα	37,2	34,6	39,2	38,9	*	43,7	*	Δ.Υ	*	36,1
Ζάππειο	37,8	35,2	33,4	37,6	32,7	37,8	30,1	Δ.Υ	34,2	34,1
Λ.Βουλιαγμένης	40,4	36,2	38,6	41,2	34,2	45,1	30,8	30,5	31,9	32,6
Φιξ	37,9	29,6	33,7	38,5	28,6	46,5	29,7	28,4	27	28,3
Κασομούλη	39,9	32,2	30,4	36,1	32,2	45,2	30,1	Δ.Υ	40,6	31,4
Ν.Κόσμος	37,2	31,6	30,4	36,5	Δ.Υ	44,6	Δ.Υ	Δ.Υ	*	*
Μπακκανά	37,1	33,2	31,7	37,3	32,1	44,1	30,2	42,5	32,2	34,8
Αιγαίου	38,8	30,7	34,6	39,2	32,1	45,3	31,9	*	29,7	32,2
Αγ.Φωτεινής	40,7	35,5	35,7	39,2	33,5	44,5	33,4	Δ.Υ	45,5	35,6
Μεγ.Αλεξάνδρου	41,4	33,2	36,5	40,3	34,6	45,7	34,8	43,1	28,5	36,1
Αγ.Παρασκευή	40,3	36,7	36,2	42,4	34,9	45,7	32,2	42,9	34,7	36,7
Μηδείας-Μυκάλης	39,2	35,7	36,1	38,8	34,6	42,5	32,8	44	32,7	36,4
Ευαγγελική Σχολή	40,5	37,4	35,8	38,1	33,1	46,3	35,2	45,2	31,6	37,1
Αχιλλέως	40,8	36,8	36,2	38,6	32,6	46,9	33,4	48,1	33,7	37,8
Ρήγα Φεραίου-Αμφιθέας	39,5	36,4	35,7	37,9	32,9	44,2	33,1	40,1	32,5	35,6
Παναγίτσα	41,1	36,9	35,5	37,5	33,1	45,2	34,2	37,4	37	38,9
Μουσών	39,3	35,9	34,5	35,9	31,9	43,2	33,4	35,1	37,7	37,2
Εδέμ	41,4	35,7	34,5	38,4	33,9	44,2	34,5	Δ.Υ	39,5	41,6
Πικροδάφνη	36,6	36,5	35,5	36,5	33,7	40,4	34,2	Δ.Υ	41,5	40,3
Μαρίνα Αλίμου	40,4	36,7	35,7	35,9	32,6	44,2	33,6	Δ.Υ	41,6	41,1
Καλαμάκι	36,7	34,8	33,5	34,6	32,5	43,6	33,6	29,1	35,5	34,9
Ζέφυρος	39,2	38,2	38,6	38,7	32,9	43,4	33,9	*	*	36,5
Λουτρά Αλίμου	38,9	35,9	36,9	35	32,5	43,1	33,5	Δ.Υ	38,7	36,5
Ελληνικό	41,4	38,5	39,5	40,1	37,9	45,6	35	Δ.Υ	39,6	38,9
1η Αγ.Κοσμά	38,5	35,9	34,5	37,4	34,9	43,3	33,2	Δ.Υ	37,1	37,8
2η Αγ.Κοσμά	38,5	35,9	34,5	37,4	34,9	43,3	33,2	Δ.Υ	37,1	37,8
Αγιος Αλέξανδρος	41,5	39,4	36,3	37,5	34,8	44,6	33,2	Δ.Υ	41,9	37,9
Ελλήνων Ολυμπιονικών	42,8	38,5	39,5	40,1	37,7	46,3	36,2	Δ.Υ	40,2	39,4
Κέντρο Ιστιοπλοΐας	41,3	39,8	38,5	39,2	37,6	46,2	35,4	Δ.Υ	43,1	38,6
Πλατεία Βεργωτή	35,7	40,1	39,7	37,8	37,9	39,9	37	32,4	42,8	42,4
Παραλία Γλυφάδας	38,3	42,1	42,5	40,2	37,5	42,1	37,5	32,6	40,3	35,8
Παλαιό Δημαρχείο	40,2	41,8	41,7	41,4	38,5	44,1	38,2	30,1	42,6	35,7
Πλατεία Κατράκη	39,5	39,8	37,9	39,5	38,9	44,8	38,5	29,8	39,1	35,8
Αγγ.Μεταξά	38,1	39,7	37,8	38,2	35,5	41,3	35,8	*	41,8	39,6
Πλατεία Εσπερίδων	41,5	39,5	41,2	41,8	34,3	44,5	37,3	28,8	39,3	40,5
Κολυμβητήριο	42,7	44,3	44,1	44,3	38,1	43,6	40,1	29	38,5	39,8
Ασκληπιείο Βούλας	41,5	40,5	41,4	41,5	*	44,7	*	Δ.Υ	40,5	*
Μπάτσης	39,9	39,4	35,8	37,3	33,5	46,5	34,6	34,7	43,6	43,9
Φλοίσβος	39,9	33,6	34,3	34,8	32,9	44,2	33,8	33	45,4	41,4
Πάρκο Φλοίσβου	40,4	35,1	36,7	41,6	33,9	46,7	34,9	33,6	47,2	45,4
Τροκαντερό	42,9	34,7	35,9	38,1	35,3	47,9	36,9	Δ.Υ	51,1	38,8
Αγία Σκέπη	44,5	37,1	34,7	38,6	33,4	46,4	35,4	Δ.Υ	51,8	38,2
Δέλτα Φαλήρου	40,7	36,9	35,4	38,8	33,7	44,7	32,2	Δ.Υ	50,5	40,3
Τζιτζιφιές	43,6	36,1	38,9	42,5	36,8	46,9	33,9	Δ.Υ	52,2	43,6
Καλλιθέα	43,7	36,5	37,8	38,9	36,5	46,7	34,1	Δ.Υ	54,1	44
Μοσχάτο	45,1	37,9	38,9	43,1	37,5	49,5	37,9	Δ.Υ	53,7	44,4
Νέο Φάληρο	49,5	41,7	39,9	43,7	37,8	51,5	37,9	Δ.Υ	55,7	45,9
ΣΕΦ	46,2	43,5	45,6	47,5	*	52,9	*	Δ.Υ	*	34,7

Υπόμνημα:Υλικό

- 1α δοκοί στήριξης υαλοπινάκων από ανοξείδωτο χάλυβα (διάτρητο)
- 1β φύλλα αλουμινίου (αυτόματα εκδοτήρια εισιτήριων)
- 1γ υποστυλώματα από μαύρο χάλυβα βαμμένο με ηλεκτροστατική βαφή
- 1δ κεντρική δοκός από μαύρο χάλυβα

- 2 ξύλινα καθίσματα
- 3 διπλός υαλοπίνακας πάχους 6 χιλιοστά ο καθένας
- 4 πάγκοι στήριξης καθισμάτων από οπλισμένο σκυρόδεμα
- 5 γκαζόν κατά μήκος του διαδρόμου κίνησης του τραμ
- 6 άσφαλτος
- 7 φυσικός κυβόλιθος από πλάκες φυσικού γρανίτη εγκιβωτισμένες σε λωρίδες μαρμάρου

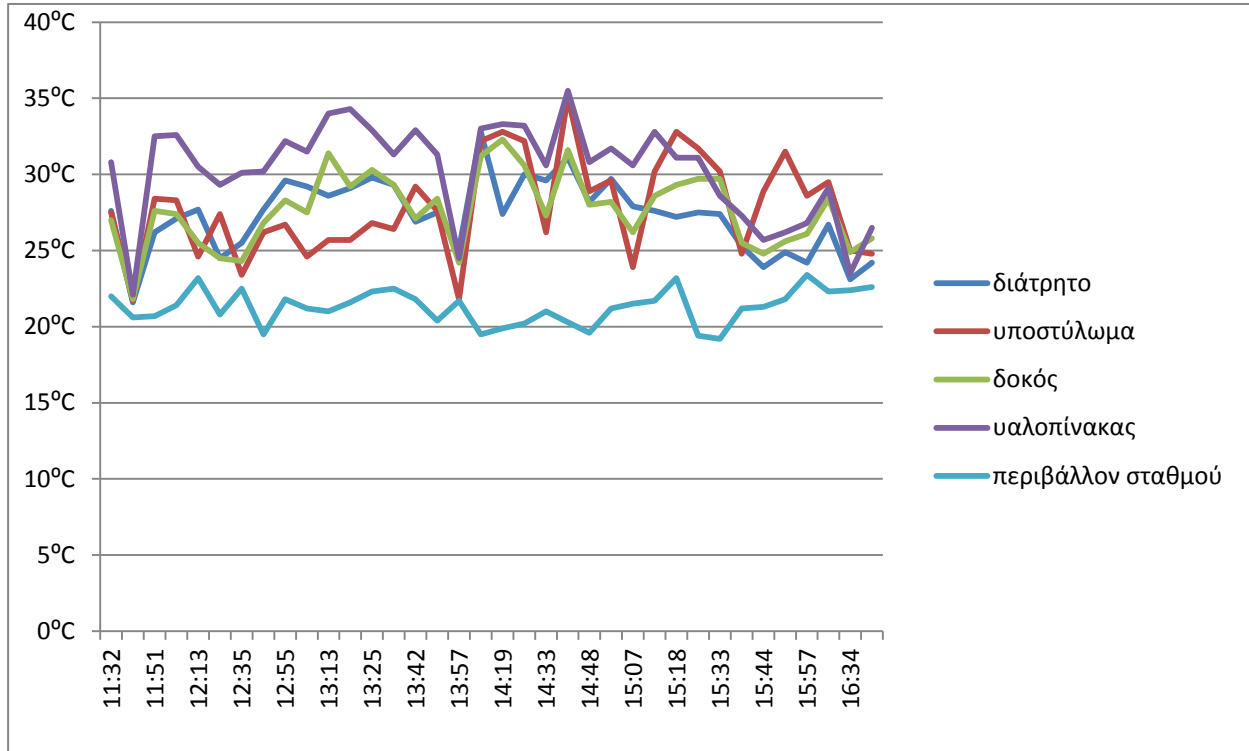
Δ.Υ δεν υπάρχει το υλικό στη συγκεκριμένη στάση

- * δε διακρίνεται από τη θερμοφωτογραφία το συγκεκριμένο υλικό

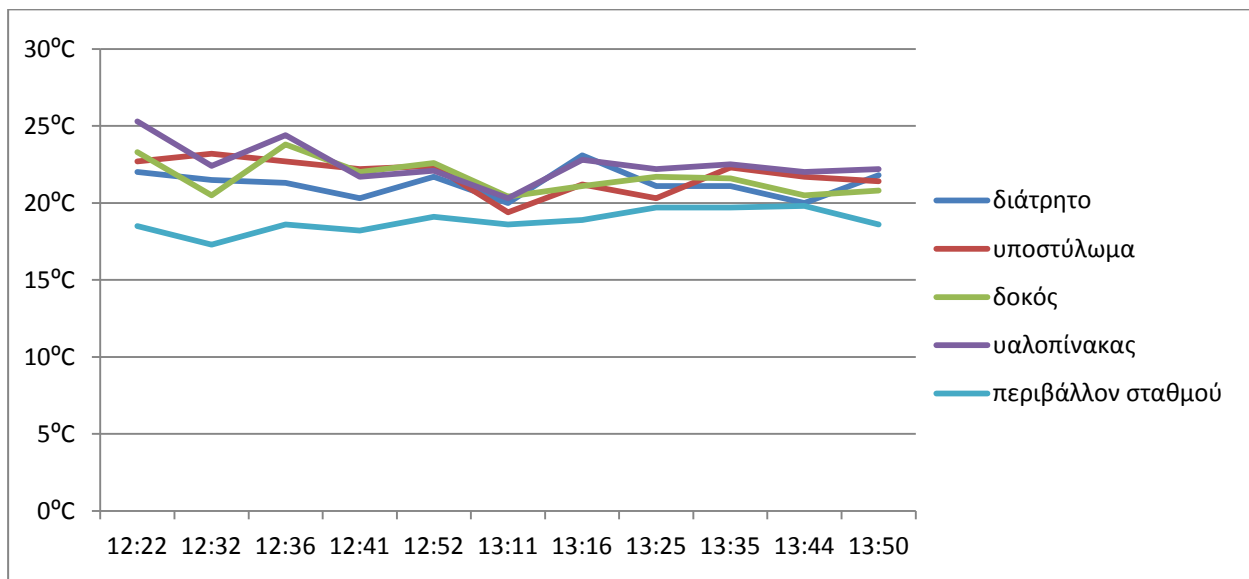
5.5.4 Διαγράμματα θερμικής συμπεριφοράς των υλικών κατά τη διάρκεια της ημέρας

Υλικά στεγάστρου

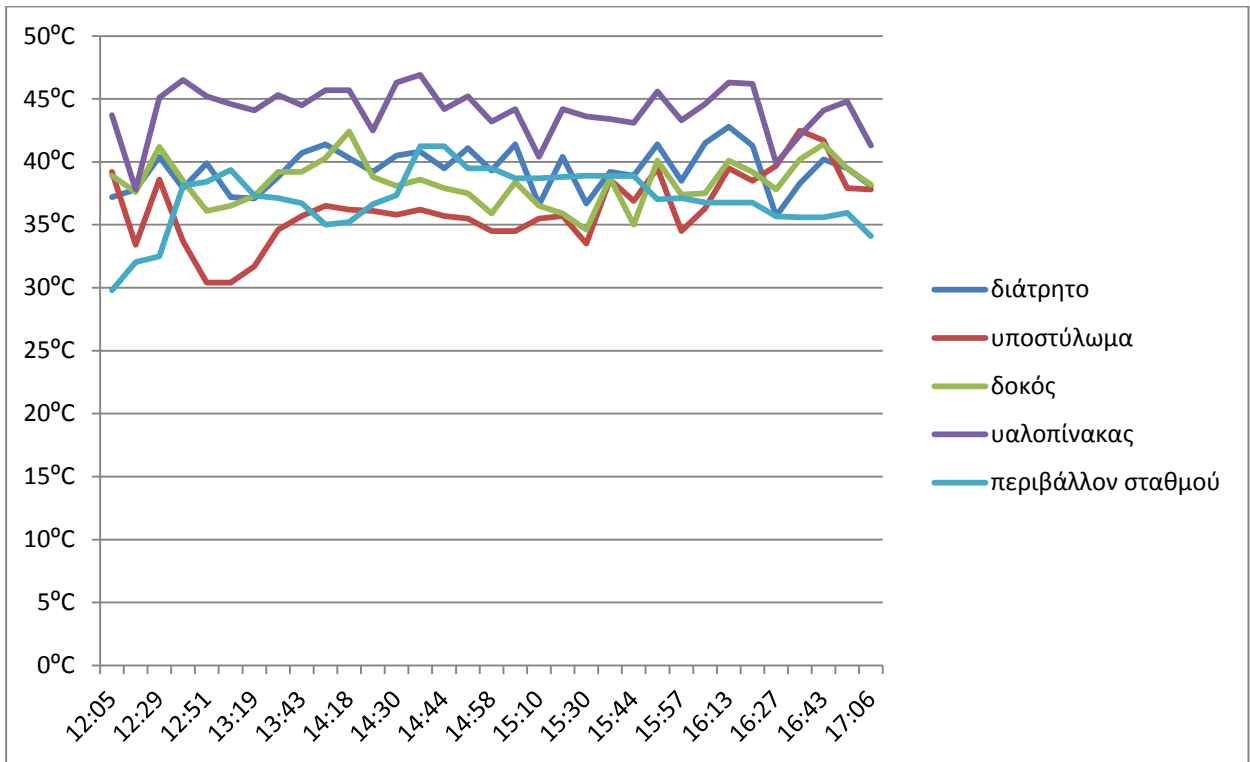
Χειμερινές συνθήκες (23/03/2010)



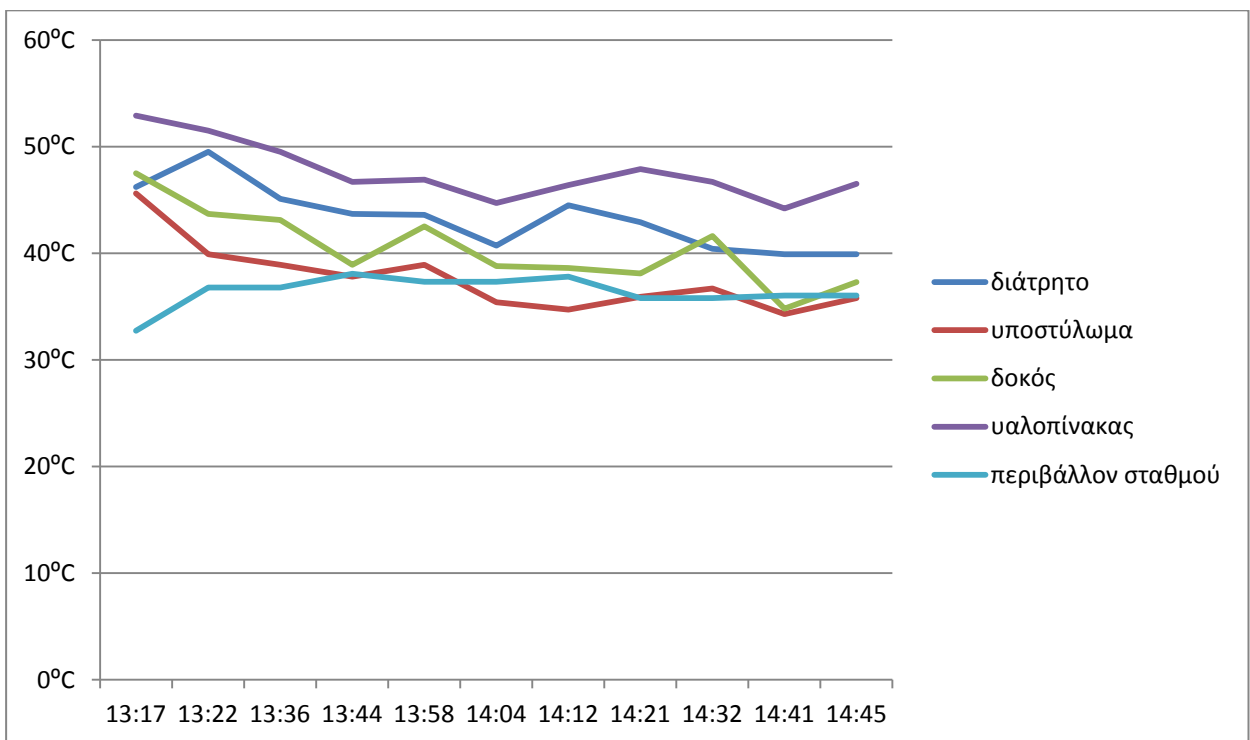
Χειμερινές συνθήκες (24/03/2010)



Καλοκαιρινές συνθήκες (11/07/2010)

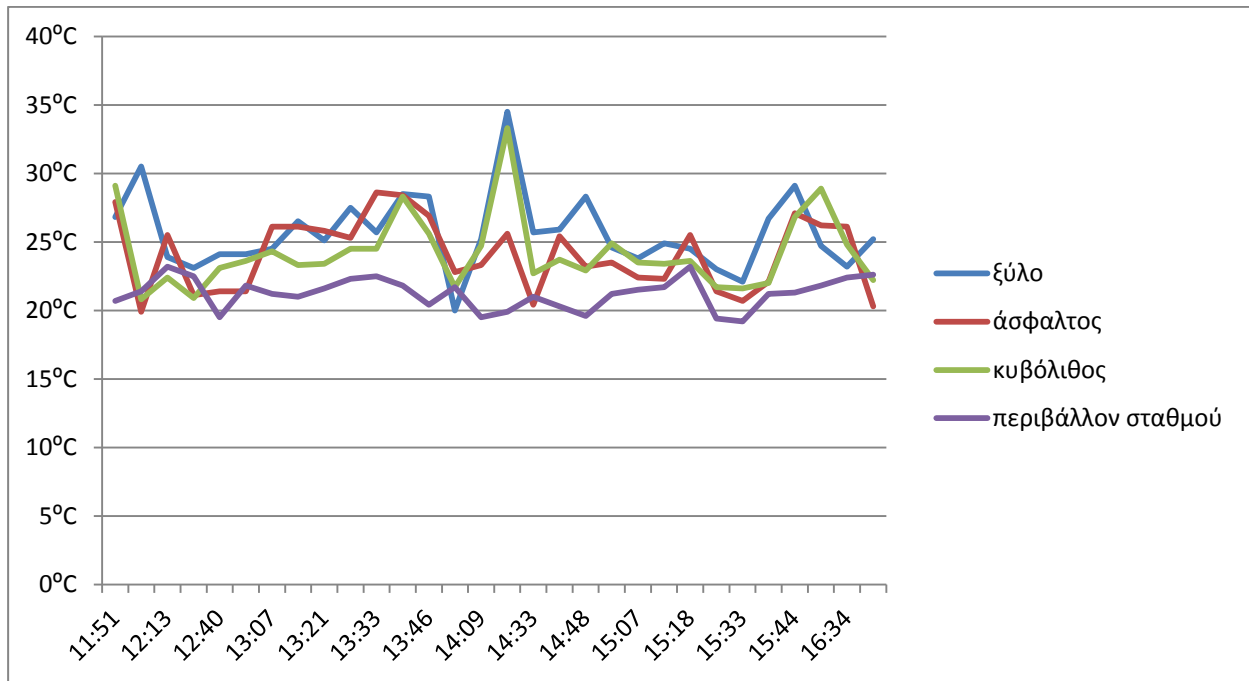


Καλοκαιρινές συνθήκες (12/07/2010)

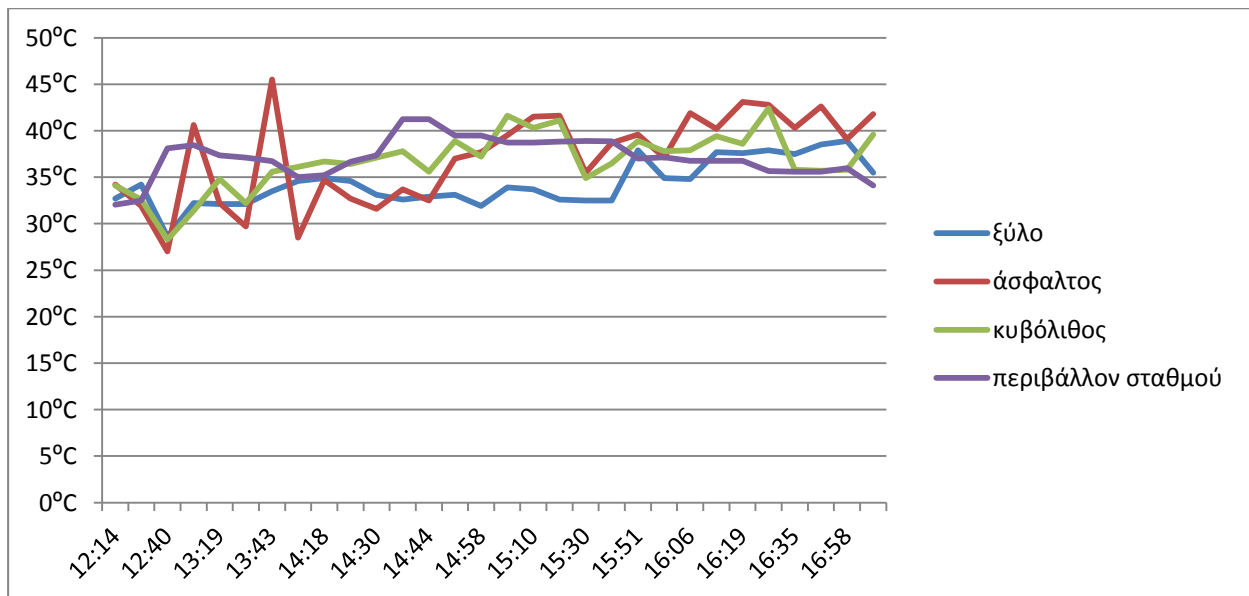


Υλικά επίστρωσης και εξοπλισμού της στάσης

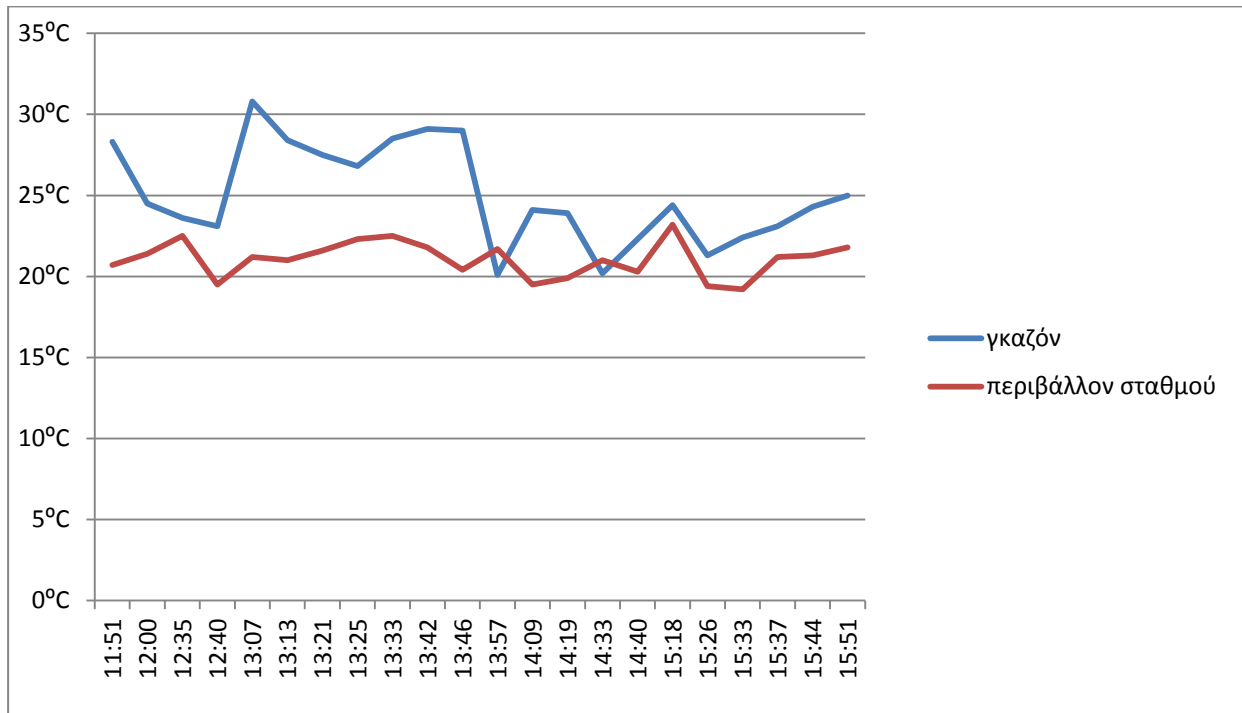
Χειμερινές συνθήκες (23/03/2010)



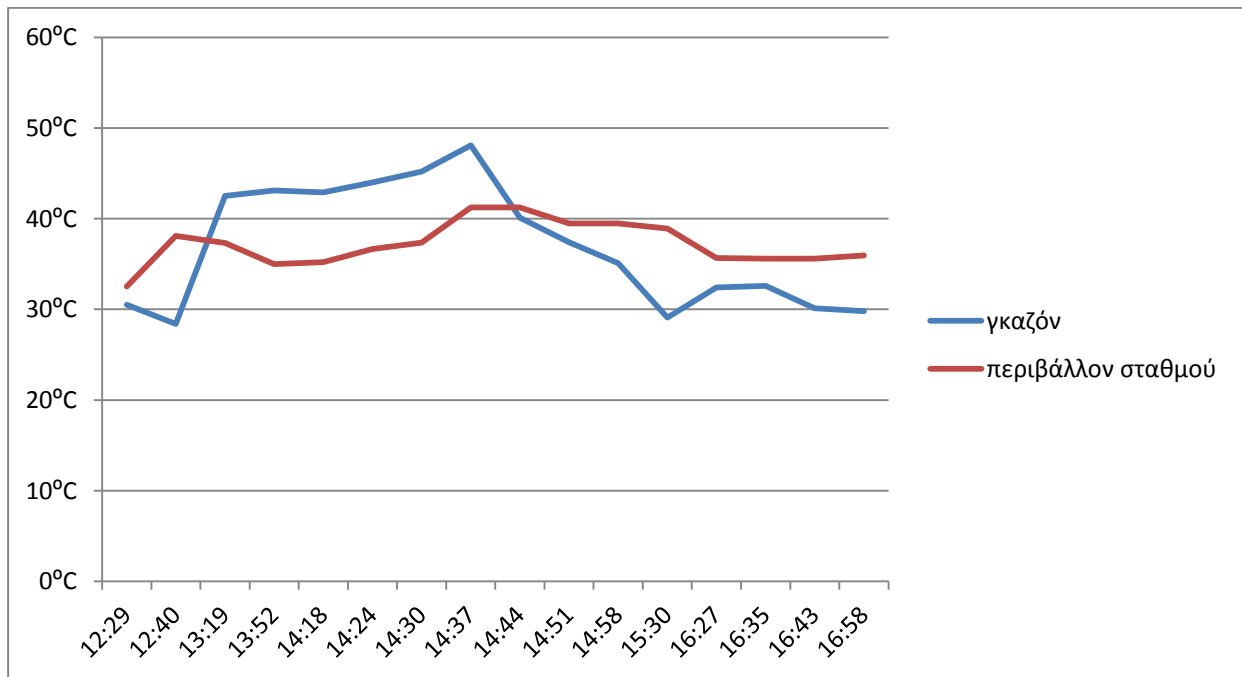
Καλοκαιρινές συνθήκες (11/07/2010)



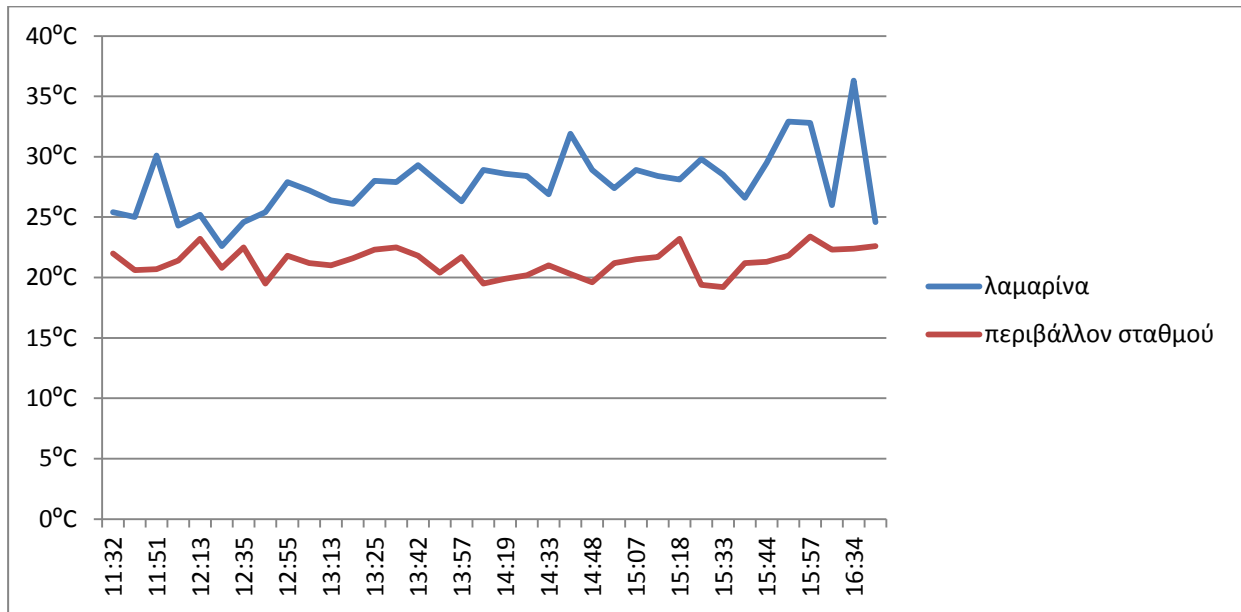
Χειμερινές συνθήκες (23/03/2010)



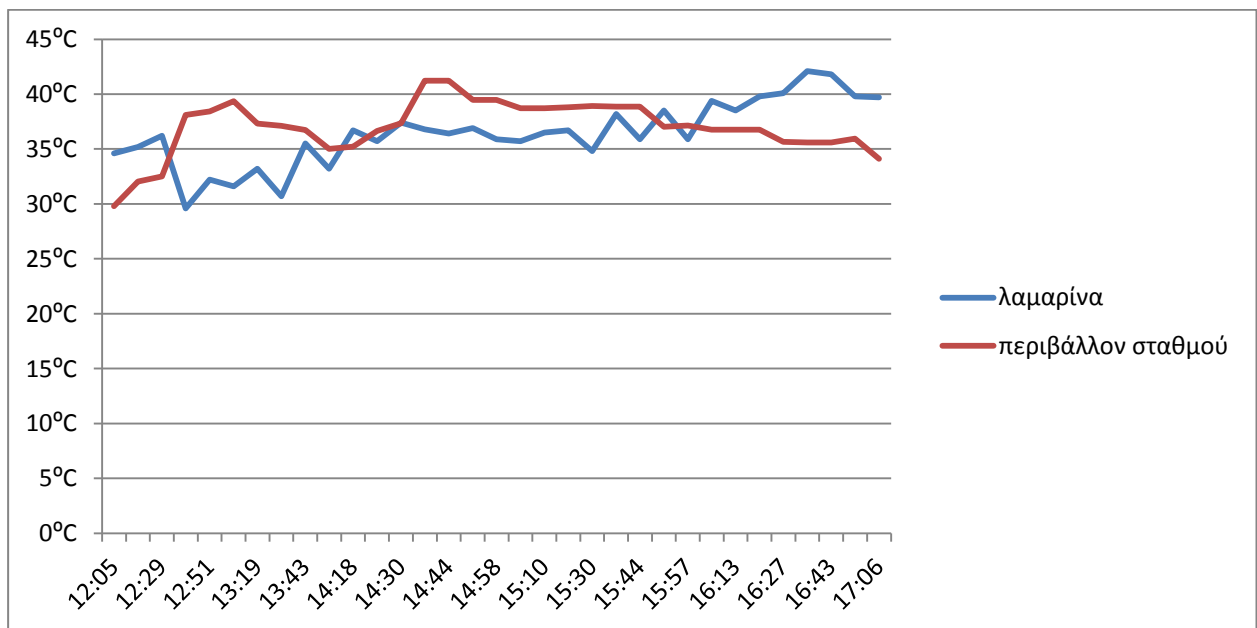
Καλοκαιρινές συνθήκες (11/07/2010)



Χειμερινές συνθήκες (23/03/2010)



Καλοκαιρινές συνθήκες (11/07/2010)



ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

α) Υλικά στεγάστρου

Όσον αφορά τα υλικά του στεγάστρου (υποστυλώματα από μαύρο χάλυβα βαμμένο με ηλεκτροστατική βαφή, χαλύβδινοι δοκοί, διάτρητο από ανοξείδωτο χάλυβα και υαλοπίνακες) παρατηρούμε ότι τα χαλύβδινα μέλη έχουν ομοιόμορφη απόκριση στις ανταλλαγές θερμότητας με το περιβάλλον τόσο στις χειμερινές όσο και στις καλοκαιρινές μετρήσεις. Το υλικό που παρουσιάζει μεγαλύτερες επιφανειακές θερμοκρασίες σε σχέση με τα υπόλοιπα είναι ο υαλοπίνακας, γεγονός που εν μέρει οφείλεται στην άμεση έκθεσή του στην ηλιακή ακτινοβολία. Μάλιστα, κατά τη καλοκαιρινή περίοδο που έχουμε περισσότερες ώρες ηλιοφάνειας, η διαφορά θερμοκρασίας του σε σχέση με τα υπόλοιπα υλικά αυξάνεται ακόμα περισσότερο.

Τη χειμερινή περίοδο καταγράφονται μεγαλύτερες θερμοκρασίες των υλικών σε σχέση με τη θερμοκρασία περιβάλλοντος, γεγονός που επιδρά θετικά στο επιθυμητό επίπεδο θερμικής άνεσης. Η αντίστοιχη διαφορά θερμοκρασίας υλικών-περιβάλλοντος είναι μικρότερη κατά τους καλοκαιρινούς μήνες, συμπεριφορά που δεν επιβαρύνει ιδιαίτερα το ήδη θερμό περιβάλλον του σταθμού.

Η ανομοιογένεια που παρατηρείται κατά τη διάρκεια της ημέρας στη σχέση θερμοκρασίας περιβάλλοντος-υλικών στάσης οφείλεται και σε φυσικές παραμέτρους όπως η ύπαρξη έντονης βλάστησης και η παρουσία θάλασσας σε κάποια τμήματα της διαδρομής που συντελούν στο δροσισμό του περιβάλλοντος, ενώ ο προσανατολισμός της στάσης ως προς τη θέαση στον ήλιο αποτελεί επίσης ένα σημαντικό παράγοντα.

β) Υλικά επίστρωσης

Από τα υλικά επίστρωσης παρατηρούμε ότι η άσφαλτος και ο κυβόλιθος έχουν παρόμοια θερμική συμπεριφορά κατά τη διάρκεια της ημέρας. Από τα διαγράμματα φαίνεται ότι οι τιμές θερμοκρασίας τους αποκλίνουν ελάχιστα με αυτή του περιβάλλοντος. Ειδικότερα, ενώ στις χειμερινές συνθήκες παρατηρείται ότι η θερμοκρασία περιβάλλοντος έστω και οριακά είναι μονίμως χαμηλότερη από αυτή των υλικών, στις καλοκαιρινές συνθήκες έχουμε θερμοκρασίες περιβάλλοντος που σε ένα μεγάλο φάσμα ωρών ξεπερνούν αυτές των υλικών, ωστόσο με μικρή διαφορά

της τάξεως των 5⁰C. Σε γενικές γραμμές, οι θερμοκρασίες τους εμφανίζονται χαμηλότερες από αυτές των υλικών στεγάστρου για τις αντίστοιχες συνθήκες.

Όπως ήταν αναμενόμενο το υλικό που έχει συνολικά την πιο επιθυμητή θερμική συμπεριφορά είναι το γκαζόν, καθώς σε χαμηλές θερμοκρασίες περιβάλλοντος διατηρείται θερμό σε σχέση με το περιβάλλον του σταθμού, ενώ σε υψηλές θερμοκρασίες αυτό διατηρείται δροσερό, προσφέροντας έτσι το επιθυμητό επίπεδο θερμικής άνεσης στο χρήστη. Μάλιστα λόγω των βιολογικών διεργασιών που εκτελεί απορροφά μεγάλο μέρος θερμότητας χωρίς να την επαναποδίδει στο περιβάλλον. Παράλληλα μέσω της εξατμισοδιαπνοής συντελεί στο δροσισμό του περιβάλλοντα χώρου.

γ) Υλικά εξοπλισμού στάσης

Αναφορικά με τα υλικά εξοπλισμού της στάσης (ανοξειδωτή λαμαρίνα, ξύλο) παρατηρούμε ότι η λαμαρίνα για χειμερινές συνθήκες είναι πιο θερμή από το περιβάλλον διατηρώντας μια σταθερή διαφορά της τάξεως των 5⁰C. Το καλοκαίρι η διαφορά αυτή μειώνεται, κι όπως φαίνεται κι από το αντίστοιχο διάγραμμα έχουμε κατά κύριο λόγο χαμηλότερες θερμοκρασίες λαμαρίνας από τις αντίστοιχες θερμοκρασίες του περιβάλλοντος για δεδομένο τόπο και χρόνο, το οποίο οφείλεται εξολοκλήρου στον επαρκή σκιασμό της από το στέγαστρο, μιας και η λαμαρίνα ως υλικό επαναποδίδει μεγάλο μέρος της ληφθείσας θερμότητας στο περιβάλλον. Το ξύλο ως βιοκλιματικό υλικό εξασφαλίζει στον καθημένο ευχάριστες θερμικές συνθήκες αφού το χειμώνα διατηρείται θερμότερο από το περιβάλλον 5 ⁰C κατά προσέγγιση, ενώ το καλοκαίρι εμφανίζει μειωμένες τιμές συγκρινόμενο με τη θερμοκρασία του σταθμού.

Γενικά παρατηρείται μείωση των επιφανειακών θερμοκρασιών όλων των υλικών κατά τις απογευματινές ώρες για τη χειμερινή περίοδο, γεγονός που οφείλεται στον υψηλό συντελεστή εκπομπής τους ο οποίος με τη σειρά του συνεπάγεται γρήγορο ρυθμό εκπομπής των ποσών θερμότητας που απορρόφησαν τα υλικά το μεσημέρι.

Ο βιοκλιματικός χαρακτήρας των υλικών έχει ως αποτέλεσμα μια γενικότερη αίσθηση ικανοποίησης από θερμικής πλευράς, η οποία διαπιστώνεται και από τις επί τόπου συνεντεύξεις χρηστών με τη μορφή ερωτηματολογίων.

5.6 ΔΗΜΟΣΚΟΠΗΣΗ ΕΠΙΒΑΤΩΝ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΩΝ

Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν τον Ιούλιο του 2010 σε δείγμα 50 επιβατών. Η μορφή του ερωτηματολογίου ήταν η εξής:

ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ

Ώρα: Στάση:

✚ ΦΥΛΟ:

Α Γ

✚ ΗΛΙΚΙΑ:

✚ ΠΟΣΟ ΣΥΧΝΑ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΕΙΤΕ ΤΟ TRAM?

Κάθε μέρα 1-2 φορές την εβδομάδα πιο σπάνια

✚ ΠΩΣ ΑΞΙΟΛΟΓΕΙΤΕ ΤΗΝ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΠΟΥ ΠΑΡΕΧΕΙ Ο ΣΤΑΘΜΟΣ

ΕΝΑΝΤΙ ΗΛΙΟΦΑΝΕΙΑΣ?

ΚΑΚΗ	ΑΝΕΠΑΡΚΗ	ΙΚΑΝΟΠΟΙΗΤΙΚΗ	ΚΑΛΗ	ΕΞΑΙΡΕΤΙΚΗ
1	2	3	4	5

ΕΝΑΝΤΙ ΒΡΟΧΗΣ?

ΚΑΚΗ	ΑΝΕΠΑΡΚΗ	ΙΚΑΝΟΠΟΙΗΤΙΚΗ	ΚΑΛΗ	ΕΞΑΙΡΕΤΙΚΗ
1	2	3	4	5

ΕΝΑΝΤΙ ΑΝΕΜΟΥ?

ΚΑΚΗ	ΑΝΕΠΑΡΚΗ	ΙΚΑΝΟΠΟΙΗΤΙΚΗ	ΚΑΛΗ	ΕΞΑΙΡΕΤΙΚΗ
1	2	3	4	5

✚ ΠΩΣ ΑΞΙΟΛΟΓΕΙΤΕ ΑΙΣΘΗΤΙΚΑ ΤΗΝ ΟΛΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΤΗΣ ΣΤΑΣΗΣ?

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

✚ ΠΩΣ ΑΙΣΘΑΝΕΣΤΕ ΤΩΡΑ?

ΠΟΛΥ ΖΕΣΤΟΣ ΘΕΡΜΟΣ ΟΥΔΕΤΕΡΟΣ ΔΡΟΣΕΡΟΣ ΚΡΥΟΣ

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

ΡΟΥΧΙΣΜΟΣ:

✚ ΠΩΣ ΣΑΣ ΦΑΙΝΕΤΑΙ Η ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΚΑΤΑ ΤΙΣ ΒΡΑΔΙΝΕΣ ΩΡΕΣ?

ΠΟΛΥ ΣΚΟΤΕΙΝΟΣ ΣΚΟΤΕΙΝΟΣ ΙΚΑΝΟΠΟΙΗΤΙΚΟΣ ΦΩΤΕΙΝΟΣ ΠΟΛΥ ΦΩΤΕΙΝΟΣ

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

✚ Η ΠΑΡΟΥΣΙΑ ΠΡΑΣΙΝΟΥ ΣΤΗ ΣΤΑΣΗ ΣΑΣ ΦΑΙΝΕΤΑΙ:

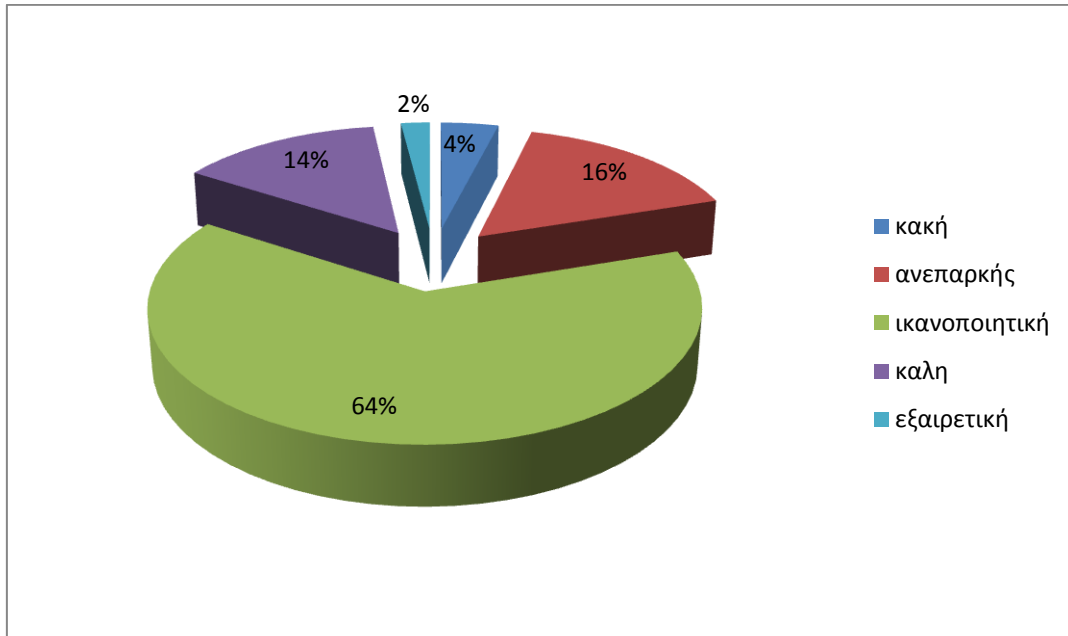
ΑΝΥΠΑΡΚΤΗ	ΕΛΑΧΙΣΤΗ	ΙΚΑΝΟΠΟΙΗΤΙΚΗ
-----------	----------	---------------

✚ ΠΩΣ ΑΞΙΟΛΟΓΕΙΤΕ ΤΑ ΚΑΘΙΣΜΑΤΑ ΤΗΣ ΣΤΑΣΗΣ?

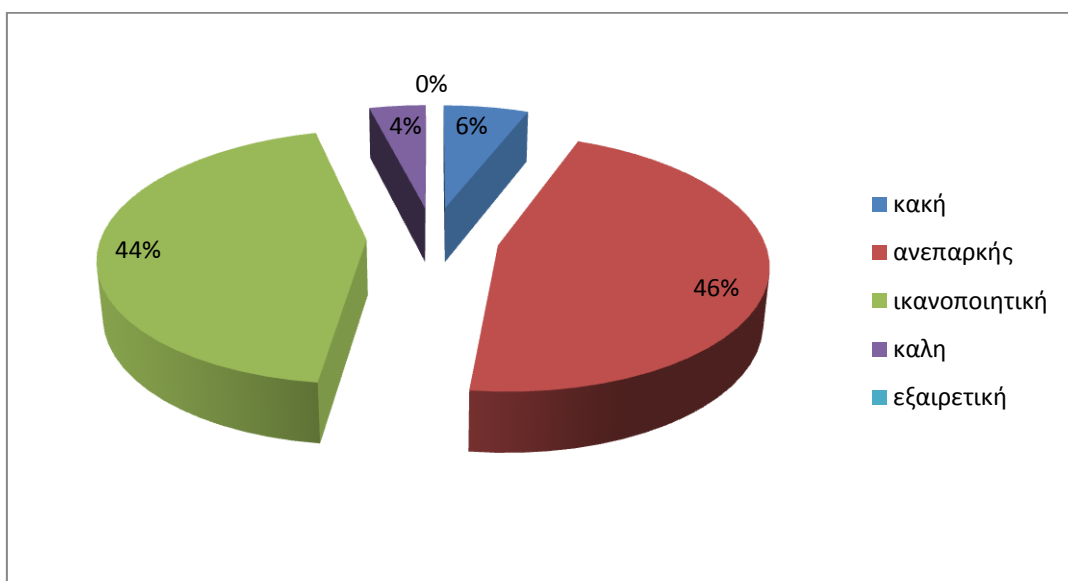
ΑΠΑΡΑΔΕΚΤΑ	ΣΧΕΤΙΚΑ ΑΝΕΤΑ	ΠΟΛΥ ΑΝΕΤΑ
------------	---------------	------------

5.6.1 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΩΝ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ EXCEL

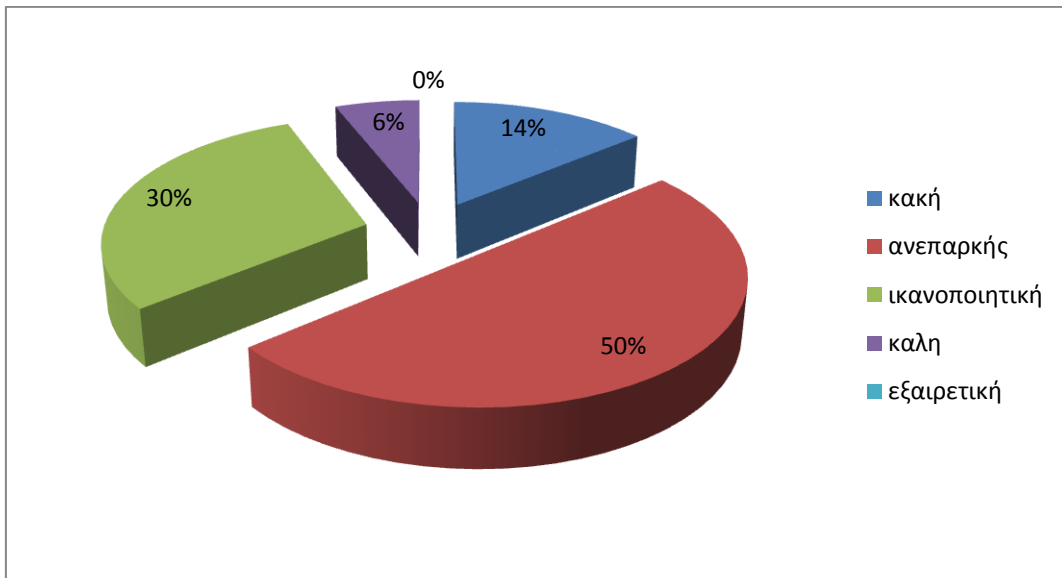
Πώς αξιολογείτε την προστασία που παρέχει το στέγαστρο έναντι ηλιοφάνειας;



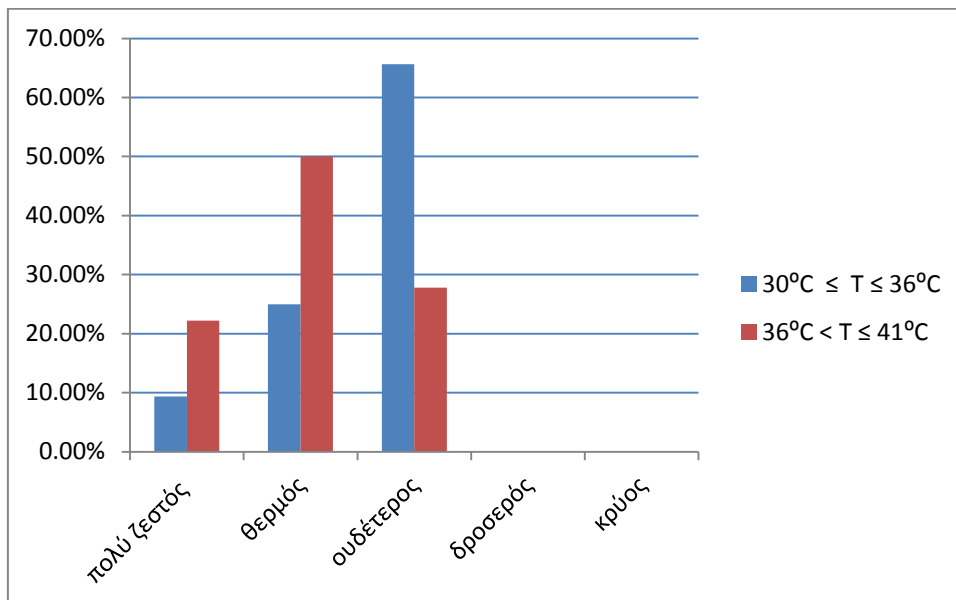
Πώς αξιολογείτε την προστασία που παρέχει το στέγαστρο έναντι βροχής;



Πώς αξιολογείτε την προστασία που παρέχει το στέγαστρο έναντι ανέμου;



Πώς αισθάνεστε τώρα;



ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ-ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ

- Οι ερωτηθέντες είχαν ελαφρύ ρουχισμό λόγω θέρους.
- Ως προς την προστασία του στεγάστρου έναντι ηλιοφάνειας το 78% των ερωτηθέντων την έκρινε ικανοποιητική έως καλή, έναντι βροχής η πλειοψηφία (52%) την έκρινε ανεπαρκή ως κακή και τέλος έναντι ανέμου η προστασία κρίνεται ανεπαρκής έως κακή (64% των ερωτηθέντων).
- Στους σταθμούς όπου η θερμοκρασία κυμαινόταν από 30°C έως 36°C επικρατεί η ουδέτερη αίσθηση ως προς τη θερμική άνεση (με ποσοστά 9,38% 'πολύ ζεστός' ,25% 'θερμός' ,65,63% 'ουδέτερος' και 0% για 'δροσερός' και 'κρύος'). Αντίστοιχα στους σταθμούς με θερμοκρασίες από 36°C έως 41°C επικρατεί η αίσθηση 'θερμός' με ποσοστό 50%, ακολουθεί η απάντηση 'ουδέτερος' με 27,78% , 'πολύ ζεστός' με 22,22% και 'δροσερός' και 'κρύος' με 0%.
- Οι σταθμοί όπου υπάρχει έντονη παρουσία βλάστησης αξιολογήθηκαν υψηλότερα ως προς την αισθητική σε αντίθεση με όσους απουσιάζει το πράσινο στοιχείο.
- Αν και η δημοσκόπηση πραγματοποιήθηκε το καλοκαίρι, οι περισσότεροι επιβάτες έχουν χρησιμοποιήσει το τραμ και το χειμώνα οπότε είναι σε θέση να εκφράσουν άποψη τόσο για την ανεμοπροστασία όσο και για την προστασία έναντι βροχής, ανεξαρτήτως εποχής.

5.6.2 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΩΝ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ SPSS

Η ανάλυση των δεδομένων των ερωτηματολογίων έγινε με το στατιστικό πακέτο SPSS 14.0 for Windows.

Αρχικά έγινε η κωδικοποίηση των δεδομένων μας, δηλαδή η αποτύπωσή τους σε ηλεκτρονική μορφή (π.χ για ηλικίες ερωτηθέντων «έως 30» αντιστοιχίσαμε τον αριθμό «1», για ηλικίες «31 έως 50» τον αριθμό «2» και για ηλικίες «51 και άνω» τον αριθμό 3).

Στη συνέχεια έγινε η εισαγωγή των δεδομένων των 50 ερωτηματολογίων στα κελιά του προγράμματος, καταχωρώντας τις μεταβλητές στις στήλες και τις απαντήσεις των επιβατών στις γραμμές του προγράμματος (Data View).

Με τη χρήση της επιλογής Variable View ορίστηκε το όνομα και οι παράμετροι κάθε μεταβλητής που εξετάσαμε. Εν προκειμένω, οι μεταβλητές μας είναι 11 και είναι οι εξής: φύλο, ηλικία, συχνότητα χρήσης, προστασία έναντι ήλιου, προστασία έναντι βροχής, ανεμοπροστασία, αισθητική, αίσθημα θερμικής άνεσης (αντιστοιχεί στην ερώτηση «Πώς αισθάνεστε τώρα ; »), ικανοποίηση από τον νυχτερινό φωτισμό, παρουσία πρασίνου, άνεση καθισμάτων. Ο τύπος όλων των μεταβλητών ορίστηκε numeric (αριθμητικός), ενώ στην επιλογή Values ορίστηκαν τα επίπεδα κάθε μεταβλητής. Για παράδειγμα, στη μεταβλητή «φύλο» , ο κωδικός «1» αντιστοιχεί στον άντρα και ο κωδικός «2» στη γυναίκα, ή στη μεταβλητή «παρουσία πρασίνου» ο κωδικός «1» αναφέρεται στην ανύπαρκτη, ο κωδικός «2» στην ελάχιστη και ο κωδικός «3» στην ικανοποιητική. Επίσης έγινε η επανακωδικοποίηση των τιμών των μεταβλητών των οποίων η μέτρηση έγινε με βάση την κλίμακα Likert (π.χ. κακή/ανεπαρκής/ουδέτερη/καλή/εξαιρετική) έτσι ώστε να υπάρχουν πλέον τρεις ομάδες απαντήσεων (αρνητική/ουδέτερη/θετική). Με την αλλαγή αυτή, μια πιθανόν μη κανονική κατανομή να μετατραπεί σε κανονική (οι επανακωδικοποιημένες μεταβλητές είναι εκείνες που φέρουν στον τίτλο τους τη λέξη “recode”).

Η τελική μορφή των δεδομένων μας φαίνεται στην παρακάτω εικόνα (Data View) :

*SPSS dedomena [DataSet1] - SPSS Data Editor

File Edit View Data Transform Analyze Graphs Utilities Window Help

1 : Fulo 1

	Fulo	Hlikia	Suxnoxrisis	Ilioprostasia	Vroxoprostasasia	Anemoprostasia	Aisthiki	Anesitwra	Fwtismos	Prasino	Kathismata
1	1,00	2,00	2,00	4,00	2,00	3,00	4,00	3,00	3,00	1,00	2,00
2	1,00	1,00	2,00	3,00	3,00	2,00	5,00	3,00	3,00	3,00	2,00
3	1,00	1,00	2,00	3,00	2,00	2,00	3,00	3,00	3,00	3,00	1,00
4	2,00	1,00	1,00	4,00	3,00	4,00	5,00	2,00	3,00	3,00	2,00
5	2,00	3,00	1,00	3,00	4,00	1,00	4,00	3,00	3,00	3,00	2,00
6	1,00	3,00	2,00	2,00	1,00	1,00	3,00	3,00	3,00	2,00	1,00
7	2,00	1,00	1,00	3,00	2,00	2,00	3,00	2,00	3,00	3,00	2,00
8	2,00	1,00	1,00	3,00	3,00	3,00	4,00	2,00	3,00	3,00	2,00
9	2,00	1,00	2,00	2,00	2,00	1,00	2,00	1,00	4,00	3,00	1,00
10	1,00	1,00	2,00	4,00	3,00	4,00	4,00	2,00	4,00	1,00	1,00
11	1,00	1,00	2,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	2,00	2,00
12	2,00	1,00	3,00	3,00	4,00	2,00	3,00	3,00	4,00	3,00	2,00
13	1,00	3,00	3,00	3,00	3,00	2,00	4,00	3,00	3,00	3,00	2,00
14	1,00	1,00	3,00	3,00	2,00	2,00	5,00	3,00	4,00	3,00	2,00
15	1,00	1,00	3,00	3,00	2,00	2,00	3,00	3,00	3,00	2,00	2,00
16	1,00	2,00	3,00	2,00	3,00	2,00	3,00	2,00	3,00	2,00	2,00
17	1,00	3,00	2,00	3,00	3,00	2,00	4,00	3,00	3,00	2,00	2,00
18	1,00	1,00	3,00	2,00	2,00	2,00	4,00	2,00	3,00	2,00	2,00
19	1,00	2,00	2,00	1,00	1,00	2,00	3,00	1,00	3,00	2,00	1,00
20	2,00	2,00	1,00	3,00	2,00	2,00	4,00	1,00	3,00	2,00	1,00
21	1,00	1,00	3,00	3,00	3,00	2,00	3,00	3,00	3,00	1,00	2,00
22	2,00	3,00	2,00	2,00	2,00	2,00	4,00	2,00	3,00	2,00	2,00
23	1,00	2,00	2,00	3,00	3,00	3,00	3,00	1,00	3,00	2,00	2,00
24	2,00	3,00	2,00	2,00	2,00	2,00	4,00	1,00	3,00	2,00	2,00
25	1,00	1,00	3,00	4,00	2,00	3,00	5,00	2,00	3,00	2,00	2,00
26	2,00	2,00	2,00	4,00	2,00	2,00	5,00	3,00	3,00	3,00	2,00
27	1,00	1,00	3,00	3,00	3,00	3,00	4,00	2,00	3,00	3,00	2,00
28	2,00	2,00	2,00	3,00	2,00	3,00	5,00	3,00	3,00	3,00	2,00
29	2,00	2,00	2,00	3,00	3,00	2,00	4,00	2,00	3,00	2,00	2,00
30	2,00	1,00	2,00	1,00	3,00	1,00	5,00	1,00	3,00	2,00	2,00
31	2,00	1,00	2,00	5,00	1,00	1,00	4,00	3,00	3,00	2,00	3,00
32	1,00	1,00	3,00	3,00	2,00	1,00	3,00	3,00	3,00	3,00	2,00
33	1,00	1,00	2,00	3,00	3,00	3,00	4,00	3,00	3,00	3,00	2,00
34	1,00	1,00	2,00	4,00	4,00	3,00	4,00	3,00	3,00	2,00	2,00
35	1,00	1,00	2,00	3,00	3,00	2,00	3,00	3,00	3,00	2,00	2,00
36	2,00	1,00	3,00	3,00	2,00	2,00	3,00	2,00	3,00	1,00	1,00
37	2,00	1,00	2,00	4,00	3,00	2,00	4,00	3,00	3,00	1,00	1,00
38	2,00	1,00	3,00	3,00	3,00	2,00	5,00	3,00	3,00	1,00	2,00
39	2,00	1,00	2,00	3,00	2,00	2,00	4,00	3,00	3,00	2,00	2,00
40	2,00	1,00	3,00	3,00	2,00	1,00	4,00	3,00	3,00	2,00	2,00
41	2,00	1,00	2,00	3,00	3,00	2,00	4,00	2,00	3,00	2,00	2,00
42	2,00	1,00	2,00	3,00	3,00	3,00	4,00	2,00	3,00	3,00	2,00
43	2,00	3,00	2,00	3,00	2,00	3,00	3,00	3,00	3,00	2,00	2,00
44	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	3,00	4,00	3,00	3,00	1,00	2,00
45	2,00	2,00	2,00	3,00	2,00	2,00	3,00	2,00	3,00	1,00	2,00
46	2,00	1,00	2,00	3,00	3,00	2,00	4,00	2,00	3,00	1,00	2,00
47	1,00	3,00	2,00	3,00	2,00	2,00	3,00	2,00	3,00	1,00	2,00
48	1,00	1,00	3,00	2,00	2,00	3,00	3,00	2,00	3,00	1,00	2,00
49	1,00	1,00	2,00	3,00	2,00	3,00	3,00	2,00	3,00	1,00	2,00
50	1,00	1,00	3,00	3,00	3,00	3,00	4,00	3,00	3,00	1,00	2,00

Data View / Variable View /

SPSS Processor is ready

Κατόπιν, ακολούθησε η ανάλυση των δεδομένων κατά παράγοντες με την εντολή 'Analyze' από το μενού επιλογών.

Επιλέγοντας 'Analyze' → 'Descriptive Statistics' → 'Frequencies' εμφανίζεται ένα παράθυρο όπου πρέπει να επιλέξουμε τις μεταβλητές που θα εξετάσουμε ως προς τη συχνότητα εμφάνισης των παρατηρήσεών τους στο συνολικό δείγμα. Αφού πατήσουμε OK για να τρέξει το SPSS την ανάλυση, εμφανίζεται το παράθυρο αποτελεσμάτων (Output). (Σημείωση: 'Valid' είναι τα απαντημένα δεδομένα και 'Missing' οι αναπάντητες ή ημιτελείς απαντήσεις. Εν προκειμένω, όλες οι ερωτήσεις είχαν απαντηθεί.) Ενδεικτικά, ακολουθούν δύο πινακίδια αποτελεσμάτων συχνότητας εμφάνισης για τις μεταβλητές 'φύλο' και 'ηλικία':

Frequency Table

Fulo

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	man	25	50,0	50,0	50,0
	woman	25	50,0	50,0	100,0
	Total	50	100,0	100,0	

Hlikia

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	< 30	32	64,0	64,0	64,0
	30 - 50	10	20,0	20,0	84,0
	> 50	8	16,0	16,0	100,0
	Total	50	100,0	100,0	

Στη συνέχεια, επιλέγοντας 'Analyze' → 'Compare Means' → 'Means' εξετάζουμε ανά κατηγορία φύλου, ηλικίας και συχνότητας χρήσης το μέσο όρο (Mean) των απαντήσεων των ερωτηθέντων ως προς τη στάση τους για την ηλιοπροστασία, την ανεμοπροστασία, την προστασία έναντι βροχής, την αισθητική, την άνεση των

καθισμάτων και το αίσθημα θερμικής άνεσης. Ακολουθεί ενδεικτικό πίνακάκι αποτελεσμάτων:

Εν συνεχεία, κάνουμε τον έλεγχο της υπόθεσης οι μέσοι όροι στον πληθυσμό να είναι ίσοι, εξετάζοντας δηλαδή αν υπάρχει κάποια στατιστικά σημαντική διαφορά στις απόψεις των δύο φύλων σχετικά με την αισθητική της στάσης του τραμ και το αίσθημα θερμικής άνεσης.

Means

Prostasia apo ton ilio Prostasia apo ti vroxi Prostasia apo ton anemo Krisi aisthitikis kataskeuis tis stasis Pws aisthanestai twra Fwtismos to vradu Parousia prasinou sti stasi Anesi kathismatwn ^ Fulo

Fulo		Prostasia apo ton ilio	Prostasia apo ti vroxi	Prostasia apo ton anemo	Krisi aisthitikis kataskeuis tis stasis	Pws aisthanestai twra	Fwtismos to vradu	Parousia prasinou sti stasi	Anesi kathismatwn
man	Mean	2,9200	2,4800	2,4000	3,6000	2,5200	3,0800	2,0000	1,8400
	N	25	25	25	25	25	25	25	25
	Std. Deviation	,70238	,71414	,70711	,70711	,65320	,27689	,76376	,37417
woman	Mean	2,9600	2,4800	2,0800	3,9200	2,2800	3,0800	2,1200	1,8800
	N	25	25	25	25	25	25	25	25
	Std. Deviation	,78951	,71414	,75939	,75939	,73711	,27689	,78102	,43970
Total	Mean	2,9400	2,4800	2,2400	3,7600	2,4000	3,0800	2,0600	1,8600
	N	50	50	50	50	50	50	50	50
	Std. Deviation	,73983	,70682	,74396	,74396	,69985	,27405	,76692	,40457

Για να χρησιμοποιήσω το ANOVA (Analysis Of Variance, Ανάλυση της διακύμανσης) στους ελέγχους μου πρέπει πρώτα να ελέγξω και για ομοιογένεια. Διενεργούμε έλεγχο ομοιογένειας Levene, όπου αυτός είναι θετικός (δεχόμαστε την υπόθεση ισότητας διακυμάνσεων, δηλαδή $significance > 0,05$) σημαίνει ότι έχω ομοιογένεια στο δείγμα και το εξετάζω με βάση το ANOVA, διαφορετικά όπου δεν επαληθεύεται χρησιμοποιώ το Kruskal-Wallis Test.

Από τους παραπάνω ελέγχους προέκυψε στατιστικά σημαντική διαφορά στις απαντήσεις ηλιοπροστασίας ως προς τη θερμική άνεση ($sig=0,007 < 0,05$) οπότε στη συνέχεια εξετάσαμε τη συσχέτιση (correlation) που υπάρχει μεταξύ ηλιοπροστασίας και θερμικής άνεσης. Εξετάστηκαν οι συντελεστές συσχέτισης Pearson και Spearman's όπως φαίνεται και στο ακόλουθο πίνακάκι:

Correlations**Correlations**

		Pws aisthanestai twra	Prostasia apo ton ilio
Pws aisthanestai twra	Pearson Correlation	1	,441**
	Sig. (2-tailed)		,001
	N	50	50
Prostasia apo ton ilio	Pearson Correlation	,441**	1
	Sig. (2-tailed)	,001	
	N	50	50

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Nonparametric Correlations**Correlations**

			Pws aisthanestai twra	Prostasia apo ton ilio
Spearman's rho	Pws aisthanestai twra	Correlation Coefficient	1,000	,366**
		Sig. (2-tailed)	.	,009
		N	50	50
	Prostasia apo ton ilio	Correlation Coefficient	,366**	1,000
		Sig. (2-tailed)	,009	.
		N	50	50

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Συμπεράσματα

- Παρατηρούμε ότι ανάμεσα στα φύλα οι μέσοι όροι των απαντήσεων είναι ίσοι (δεχόμαστε την υπόθεση ισότητας μέσων), όπως προέκυψε από τη διεξαγωγή των ελέγχων T-Test. Από το τεστ ANOVA δεν υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των χρηστών του τραμ με διαφορετική συχνότητα χρήσης και ηλικία σε σχέση με τη θερμική άνεση, την προστασία έναντι βροχής, τον άνεμο, την άνεση των καθισμάτων, την παρουσία πρασίνου και την αισθητική.
- Αντίστοιχα υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ εκείνων που κρίνουν θετικά, αρνητικά και ουδέτερα την προστασία από τον ήλιο σε σχέση με τη θερμική άνεση. Επιπλέον η κατεύθυνση και το μέγεθος του συντελεστή συσχέτισης δηλώνει ότι υπάρχει μια στατιστικά σημαντική μέτρια (περίπου 0.4) θετική συσχέτιση μεταξύ του επιπέδου της προστασίας από τον ήλιο και της θερμικής άνεσης. Δηλαδή όσο αυξάνεται το επίπεδο προστασίας από τον ήλιο, τόσο αυξάνεται και το επίπεδο θερμικής ικανοποίησης του επιβάτη.
- Από τα δεδομένα της έρευνας, δεν προκύπτει στατιστικά σημαντική διαφορά στις απόψεις μεταξύ των διάφορων κατηγοριών απαντήσεων για την παρουσία πρασίνου, το φωτισμό και τα καθίσματα ως προς την αισθητική της στάσης.
- Στα διαγράμματα Excel που παρατίθενται στο κεφάλαιο 5.6.1, προέκυψε ότι η πλειοψηφία των επιβατών αξιολογεί την προστασία έναντι βροχής ανεπαρκή ως κακή. Εξετάστηκε λοιπόν με τη βοήθεια του SPSS τυχούσα συσχέτιση μεταξύ των απαντήσεων “Πώς αισθάνεστε τώρα” (αποτύπωση αισθήματος θερμικής άνεσης) και των απαντήσεων στη προστασία έναντι βροχής. Τελικά δε προέκυψε κάποια συσχέτιση και ο λόγος είναι ότι οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, όπου επικρατούσε ηλιοφάνεια και το αίσθημα θερμικής άνεσης του επιβάτη δεν επηρεαζόταν προφανώς από το θεωρητικό ενδεχόμενο της βροχής.

ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Ο Μάρκο Πόλο περιγράφει μια γέφυρα, πέτρα την πέτρα.

“Μα ποια είναι η πέτρα που στηρίζει τη γέφυρα”, ρωτάει ο Κουμπλάι Χαν.

“Η γέφυρα δεν στηρίζεται σ’ αυτήν ή σ’ εκείνην την πέτρα”, απαντάει ο Μάρκο, “αλλά στη γραμμή του τόξου που σχηματίζουν όλες μαζί”.

Ο Κουμπλάι Χαν μένει σιωπηλός και σκέφτεται. Ύστερα προσθέτει: “Γιατί μου μιλάς για πέτρες, εμένα μόνο το τόξο με ενδιαφέρει”.

Ο Πόλο απαντάει: “Χωρίς πέτρες, δεν υπάρχει τόξο”.

[Ιταλο Καλβίνο, Οι αόρατες πόλεις, Αθήνα: Εκδόσεις Καστανιώτη, 2004, σ.107.,

ελλ. μτφ. Ανταίος Χρυσοστομίδης]

Ο ρόλος των υλικών, που χρησιμοποιούνται στις οριζόντιες και κατακόρυφες εξωτερικές επιφάνειες των σύγχρονων πόλεων, στη βελτίωση των κλιματικών συνθηκών, αλλά και στη διαφύλαξη των λεπτών οικολογικών ισορροπιών του πλανήτη δεν είναι ούτε ασήμαντος, ούτε αμελητέος. Σε αυτή τη διπλωματική εργασία αποδείχθηκε ότι σε πόλεις με θερμό μεσογειακό κλίμα, τα υλικά που χρησιμοποιούνται στις επιφάνειες των αστικών υπαίθριων χώρων και στο εξωτερικό κέλυφος των κτιρίων μπορούν να έχουν σημαντική επίδραση στο μικροκλίμα και τις συνθήκες θερμικής άνεσης, ιδιαίτερα κατά τη διάρκεια των καλοκαιρινών μηνών. Συνεπώς, στην επιλογή των υλικών πρέπει να λαμβάνονται υπόψη, συγχρόνως με τα οικονομικά και τα αισθητικά κριτήρια, οι παράμετροι της θερμικής συμπεριφοράς και της περιβαλλοντικής επίδρασης τους.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΠΟ ΤΟΝ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΟ ΣΤΑΘΜΟ ΤΟΥ ΘΗΣΕΙΟΥ

Πηγή: Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών

date	hour	temp (°C)	hum(%)
23/3/2010	11	18,7	59
23/3/2010	12	19,5	55
23/3/2010	13	19,9	54
23/3/2010	14	20,3	53
23/3/2010	15	20,7	52
23/3/2010	16	19,8	56
23/3/2010	17	19,9	56
23/3/2010	18	19,2	52
24/3/2010	11	18	59
24/3/2010	12	18,8	55
24/3/2010	13	19	56
24/3/2010	14	18,2	61
24/3/2010	15	17,3	64
24/3/2010	16	17,4	64
24/3/2010	17	16,4	71
24/3/2010	18	15,9	70
11/7/2010	11	28,5	38
11/7/2010	12	29,8	34
11/7/2010	13	30,1	33
11/7/2010	14	31,8	33
11/7/2010	15	33,8	39
11/7/2010	16	31,9	35
11/7/2010	17	30	36
11/7/2010	18	30,5	36
12/7/2010	11	31,9	33
12/7/2010	12	33,2	33

12/7/2010	13	33,5	32
12/7/2010	14	33,4	32
12/7/2010	15	32	33
12/7/2010	16	32,7	32
12/7/2010	17	32,7	37
12/7/2010	18	32	48
16/7/2010	11	36,6	39
16/7/2010	12	35,9	39
16/7/2010	13	34,7	37
16/7/2010	14	34,9	32
16/7/2010	15	36,3	33
16/7/2010	16	36,5	34
16/7/2010	17	36	35
16/7/2010	18	34,4	37

ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΟΣ ΣΤΑΘΜΟΣ ΕΛΛΗΝΙΚΟ

Πηγή: Ε.Μ.Υ.

date	UTC hour	temp (°C)	RH(%)
23/3/2010	0	11,6	90
23/3/2010	3	11,6	90
23/3/2010	6	13,8	89
23/3/2010	9	18,2	71
23/3/2010	12	19	70
23/3/2010	15	19,4	61
23/3/2010	18	16,8	70
23/3/2010	21	15,8	61
24/3/2010	0	12,8	76
24/3/2010	3	11,2	85

24/3/2010	6	12	83
24/3/2010	9	17,2	61
24/3/2010	12	18	67
24/3/2010	15	17,6	67
24/3/2010	18	15	78
24/3/2010	21	13,2	79

date	UTC hour	temp (°C)	RH(%)
11/7/2010	0	25	52
11/7/2010	3	22,2	64
11/7/2010	6	26,8	48
11/7/2010	9	31,6	33
11/7/2010	12	32,4	41
11/7/2010	15	32,2	32
11/7/2010	18	28,4	40
11/7/2010	21	26	72
12/7/2010	0	23,4	73
12/7/2010	3	21,8	69
12/7/2010	6	27,4	51
12/7/2010	9	31,6	54
12/7/2010	12	32,6	39
12/7/2010	15	31	47
12/7/2010	18	28,2	53
12/7/2010	21	26	57
13/7/2010	0	24,6	75
13/7/2010	3	24,2	69
13/7/2010	6	27,4	60
13/7/2010	9	31,2	56
13/7/2010	12	32,2	50
13/7/2010	15	30,6	51

13/7/2010	18	29	55
13/7/2010	21	27,4	70
14/7/2010	0	24,8	79
14/7/2010	3	24,6	79
14/7/2010	6	27,8	67
14/7/2010	9	32,8	52
14/7/2010	12	34,2	39
14/7/2010	15	32,2	57
14/7/2010	18	28,2	69
14/7/2010	21	26,4	69
15/7/2010	0	25	74
15/7/2010	3	26	73
15/7/2010	6	28,6	57
15/7/2010	9	33	55
15/7/2010	12	33	49
15/7/2010	15	35,4	35
15/7/2010	18	31,8	41
15/7/2010	21	30,4	45
16/7/2010	0	28,8	48
16/7/2010	3	28,6	51
16/7/2010	6	29,4	49
16/7/2010	9	33,4	43
16/7/2010	12	34,6	31
16/7/2010	15	34	32

ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΟΣ ΣΤΑΘΜΟΣ ΠΕΙΡΑΙΑΣ

Πηγή: Ε.Μ.Υ.

date	UTC hour	temp (°C)	RH(%)
23/3/2010	6	15,6	74
23/3/2010	9	18,4	58
23/3/2010	12	19,8	55
24/3/2010	6	15,4	68
24/3/2010	9	17,6	59
24/3/2010	12	19	61

date	UTC hour	temp (°C)	RH(%)
11/7/2010	6	27,2	48
11/7/2010	9	30,2	39
11/7/2010	12	30,4	47
12/7/2010	6	28,2	48
12/7/2010	9	30,6	46
12/7/2010	12	33	40
13/7/2010	6	29	50
13/7/2010	9	31,2	52
13/7/2010	12	32,6	39
14/7/2010	6	29	55
14/7/2010	9	32,8	44
14/7/2010	12	34,4	43
15/7/2010	6	30,8	44
15/7/2010	9	33	41
15/7/2010	12	33,2	40
16/7/2010	6	30,4	49
16/7/2010	9	32,2	41
16/7/2010	12	33,2	38

Βιβλιογραφικές και διαδικτυακές αναφορές :

[1] Ασσαέλ Μ.Ι., Κακοσίμος Κ.Ε., Αλεξανδρίδης Α. (Εργαστήριο Θερμοφυσικών Ιδιοτήτων, Τμήμα Χημικών Μηχανικών, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο, Θεσσαλονίκη) & Ασσαέλ Ι.-Α. Μ. (Τμήμα Εφαρμοσμένης Πληροφορικής, Πανεπιστήμιο Μακεδονίας, Θεσσαλονίκη), «Εφαρμογή και μελέτη των δεικτών δυσφορίας στον Ελλαδικό χώρο», 7^ο Πανελλήνιο Επιστημονικό Συνέδριο Χημικής Μηχανικής, 3-5 Ιουνίου 2009, Πάτρα.

[2] Αξαρλή Κλειώ, αναπλ. Καθηγήτρια Α.Π.Θ., «Η ποιότητα του αστικού περιβάλλοντος, το μικροκλίμα και οι συνθήκες άνεσης για τον χρήστη της πόλης », Εργαστήριο Οικοδομικής και Φυσικής των κτιρίων , 4^ο Business Forum “ECO — ECO2”, 73^η Δ.Ε.Θ, 8 Σεπτεμβρίου 2008.

[3] Γιάννας Σίμος, «Βιοκλιματικές Αρχές Πολεοδομικού Σχεδιασμού», Τόμος Α Περιβαλλοντικού Σχεδιασμού Πόλεων και Ανοικτών Χώρων, Περιβαλλοντική Τεχνολογία, Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο, 2001.

[4] Καρλέση Θεώνη, Φυσικός, Msc Φυσικής Περιβάλλοντος, «Ψυχρά υλικά στον αστικό ιστό για εξοικονόμηση ενέργειας και βελτίωση του μικροκλίματος της πόλης».

[5] Κορωναίος Αιμίλιος Γ., καθηγητής Ε.Μ.Π., Σαργέντης Φοίβος, ΥΠ.ΔΡ.Ε.Μ.Π. «Θερμογραφία-Διερεύνηση των δυνατοτήτων της θερμογραφίας στην θερμική συμπεριφορά των κτηρίων», Εργαστήριο τεχνικών υλικών, Σχολή Αρχιτεκτόνων Ε.Μ.Π., Δημοσιεύσεις Εργαστηρίου Τεχνικών Υλικών, Τεύχος 2, 2003.

[6] Κορωναίος Αιμίλιος Γ., καθηγητής Ε.Μ.Π., Σαργέντης Φοίβος. ΥΠ.ΔΡ.Ε.Μ.Π. «Δομικά υλικά και οικολογία», Εργαστήριο τεχνικών υλικών, Σχολή Αρχιτεκτόνων ΕΜΠ, Δημοσιεύσεις Εργαστηρίου Τεχνικών Υλικών, 2005.

[7] Μπουγιατώτη Φλώρα-Μαρία, Αρχιτεκτόνας Μηχανικός Α.Π.Θ, Μ.Δ.Ε Ε.Μ.Π., Δρ. Ε.Μ.Π., «Η θερμική συμπεριφορά και η περιβαλλοντική επίδραση των υλικών που χρησιμοποιούνται στους υπαίθριους χώρους και στο κέλυφος των κτιρίων στην Ελλάδα», Τεχνικά Χρονικά, Μάρτιος-Απρίλιος 2007.

[8] Μπουγιατιώτη Φλώρα-Μαρία, Αρχιτέκτονας μηχανικός Α.Π.Θ., ΜΔΕ Ε.Μ.Π., Δρ. Ε.Μ.Π, διάλεξη / σημειώσεις: “Το αστικό μικροκλίμα. Βιοκλιματικές παρεμβάσεις για τη βελτίωση του”, Μάθημα: Βιοκλιματικός Σχεδιασμός, Ε.Μ.Π. σχολή αρχιτεκτόνων μηχανικών, 2009-10.

[9] Νικολοπούλου Μαριαλένα, «Σχεδιασμός Υπαίθριων Αστικών Χώρων με Βιοκλιματικά Κριτήρια», Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, Τμήμα Κτιρίων.

[10] Νικολοπούλου Μαριαλένα (Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας) και Λυκούδης Σπύρος (Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών, Ινστιτούτο Ερευνών Περιβάλλοντος & Βιώσιμης Ανάπτυξης), “Θερμική άνεση σε υπαίθριους χώρους - Ο ανθρώπινος παράγοντας”, 6^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Μετεωρολογίας, Κλιματολογίας και Φυσικής της Ατμόσφαιρας, 25-28 Σεπτεμβρίου 2002, Ιωάννινα.

[11] Πολύζος Γ. , Κοσμάκη Π., Βλαστός Θ. , Μαυρομάτη Σ. , «Ο βιοκλιματικός σχεδιασμός στον αστικό δημόσιο χώρο με στόχο τη βιωσιμότητα. Περιβαλλοντική και κοινωνική προσέγγιση.», Διατμηματικό πρόγραμμα μεταπτυχιακών σπουδών: Αρχιτεκτονική – Σχεδιασμός του χώρου.

[12] Πολυχρονόπουλος Δημήτρης, «Η ενσωμάτωση των βιοκλιματικών αρχών στον σχεδιασμό», σημειώσεις 3^{ου} εξαμήνου Ε.Μ.Π., «Περιβάλλον και Σχεδιασμός του χώρου», 2002, σελ.67.

[13] Πολυχρονόπουλος Δημήτρης, «Η ένταξη βιοκλιματικών αρχών στον αστικό σχεδιασμό. Ο έλεγχος του ηλιασμού και σκιασμού στον αστικό ιστό.», Διδακτορική Διατριβή, Ε.Μ.Π., 2002, σελ.43.

[14] Σανταμούρης Ματθαίος, ed. Energy and Climate in the Urban Built Environment, London: James and James Science Publishers Ltd., 2001.

[15] Τζώρτζη Τζούλια, Δρ. Αρχιτ.Τοπίου, Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο –Σαρίκου Σοφία, Αρχιτέκτων τοπίου, «Η χρήση των δομικών υλικών στην διαμόρφωση των

υπαίθριων χώρων», 1ο Πανελλήνιο Συνέδριο Δομικών Υλικών και Στοιχείων, ΤΕΕ, Αθήνα, 21-23 Μαΐου 2008.

[16] Τζώρτζη Τζούλια, Δρ. Αρχιτ. Τοπίου, «Η συμβολή του πρασίνου στη βελτίωση του μικροκλίματος», (library.tee.gr).

[17] Τσουκαλής Φώτης, μηχανολόγος μηχανικός M.B.A., «Η θερμογραφία υπερύθρων ως διαγνωστικό μέσο στην προβλεπτική συντήρηση ηλεκτρολογικού εξοπλισμού», Τεχνικά χρονικά, Μάρτιος-Απρίλιος 2005.

[18] Χριστοδουλίδης Αχιλλέας, Διπλ.Ηλεκτρολόγος Μηχανικός, «Εφαρμοσμένη Θερμογραφία στη Διαχείριση Κτιρίων», , IRISTEM ENGINEERING, Παρουσίαση στην ημερίδα: "Τόνωση της συνεργασίας (clustering) στον Τομέα των Κατασκευών στην Περιφέρεια Κρήτης", 28 Νοεμβρίου 2008, Ηράκλειο Κρήτης.

[19] Χρυσομαλλίδου Ν.- Θεοδοσίου Θ. – Τσικαλουδάκη Κ., Εργαστήριο Οικοδομικής & Δομικής Φυσικής, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης , "Αειφόρος ανάπτυξη ελεύθερων χώρων σε αστικό περιβάλλον".

[20] Ψαρράς Ιωάννης, καθηγητής Ε.Μ.Π, «Καταγραφικός Εξοπλισμός για τη Διενέργεια Ενεργειακών Επιθεωρήσεων», Εργαστήριο Συστημάτων Αποφάσεων & Διοίκησης, Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών & Μηχανικών Υπολογιστών ΕΜΠ.

[21] «Βιοκλιματικός σχεδιασμός κτηρίων», Τεχνική Οδηγία Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας, Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 20702-5/2010, Α' Έκδοση.

[22] «Ενεργειακή Ταυτότητα Κτιρίων-Ενεργειακές Επιθεωρήσεις», μελέτη του ΤΕΕ/TKM, ομάδα μελέτης: Δημήτρης Αναστασέλος, Στέργιος Δακουράς, Συμεών Οξυζίδης,Γρηγόρης Σιβέντας,Κατερίνα Τσικαλουδάκη.

[23] Nikolopoulou Marialena, Lykoudis Spyros and Kikira Maria , "Thermal comfort in outdoor spaces: Field studies in Greece", Centre for Renewable Energy Sources (C.R.E.S.)

[24] Nikolopoulou M., Baker N. and Steemers K., "Thermal comfort in urban spaces: different forms of adaptation", Proc. REBUILD 1999: The Cities of Tomorrow, Barcelona, 1999.

[25] Prof. J. Pérez de Lama, "Arquitectura y clima, Técnicas bioclimáticas en arquitectura", Arquitectura y Medio Ambiente ETSA Universidad de Sevilla, 2008/2009.

[26] Dr. Arq. Eduardo Manuel González Cruz., " Selección de materiales en la concepción arquitectónica bioclimática", Instituto de Investigaciones de la Facultad de Arquitectura y Diseño (IFAD), Universidad del Zulia, Maracaibo, Venezuela.

[27] Taha, H. 1990. "An Urban Microclimate Model for Site-Specific Building Energy Simulation: Boundary Layers, Urban Canyon, and Building Conditions," Lawrence Berkeley National Laboratory Report LBL-29630, Ph.D. Dissertation, University of California at Berkeley, Berkeley, CA

[28] Taha H. 1997. "Urban Climates and Heat Islands: Albedo, Evapotranspiration, and Anthropogenic Heat", Energy & Buildings - Special Issue on Urban Heat Islands, Volume 25, Number 2 (1997), pp. 99-103.

[29] "Materiales bioclimáticos" , Revista de Arquitectura, vol. 12, enero-diciembre, 2010, Universidad Católica de Colombia, Bogotá, Colombia, pp. 100-110.

[30] Fanger, P.O. (1970). Thermal Comfort Analysis and Applications in Environmental Engineering. McGraw-Hill

[31] ISO 7730: "Moderate thermal environments –Determination of the PMV and PPD indices and specification of the conditions for thermal comfort", International Standards Organization, Geneva, 1994.

[32] IES Lighting Handbook, Reference Volume, New York 1981, p.7-10

[33] www.construible.es

[34] www.tramsa.gr

[35] www.tee.gr

[36] www.cres.gr (ΚΑΠΕ e-βιβλιοθήκη)

[37] www.ecodomisi.gr

[38] THERMALCOMFORT, <http://www.hse.gov.uk/temperature/thermal/explained.htm>

[39] <http://diocles.civil.duth.gr/>

[40] www.flir.com