



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ ΚΑΙ  
ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ

## **Ενεργειακή Επιθεώρηση στο Κτίριο Χημικών Μηχανικών της Πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου (Πτέρυγα Η)**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Φαίδρα Φ. Τοπαλή

**Επιβλέπων : Ιωάννης Ψαρράς**  
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Οκτώβριος 2010





ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ ΚΑΙ  
ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ

## Ενεργειακή Επιθεώρηση στο Κτίριο Χημικών Μηχανικών της Πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου (Πτέρυγα Η)

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Φαίδρα Φ. Τοπαλή

**Επιβλέπων : Ιωάννης Ψαρράς**

Καθηγητής Ε.Μ.Π

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την 22<sup>η</sup> Οκτωβρίου 2010.

.....  
Ιωάννης Ψαρράς

.....  
Δημήτριος Ασκούνης

.....  
Βασίλειος Ασημακόπουλος

Αθήνα, Οκτώβριος 2010

Copyright © ΦΑΙΔΡΑ Φ. ΤΟΠΑΛΗ, 2010

.....

Φαίδρα Φ. Τοπαλή

Διπλωματούχος Ηλεκτρολόγος Μηχανικός και Μηχανικός Υπολογιστών Ε.Μ.Π.

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.



## Περίληψη

Ένα ιδιαίτερα εξαπλωμένο φαινόμενο των τελευταίων χρόνων είναι η ολοένα αυξανόμενη ενεργειακή κατανάλωση και δη στον κτιριακό τομέα που ευθύνεται για το 40% περίπου της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας σε εθνικό και ευρωπαϊκό επίπεδο, γεγονός που συνεισφέρει ταυτόχρονα και στην αύξηση των εκπομπών CO<sub>2</sub> στην ατμόσφαιρα.

Για την εξασφάλιση εξοικονόμησης ενέργειας, η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει προχωρήσει στην προώθηση ενεργειών για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων, όπως η Οδηγία 2002/91/EK, σύμφωνα με την οποία είναι απαραίτητη η εφαρμογή των αρχών του ενεργειακού σχεδιασμού των κτιρίων.

Στην Ελλάδα η νομοθεσία εναρμονίζεται με την οδηγία αυτή μέσω του Ν.3855/2010. Ο συγκεκριμένος νόμος καθορίζει τις ελάχιστες απαιτήσεις ενεργειακής απόδοσης, επιβάλλει την έκδοση πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης και προβλέπει τις επιθεωρήσεις λεβήτων, εγκαταστάσεων κλιματισμού και κτιριακού κελύφους μέσω ειδικευμένων και διαπιστευμένων ενεργειακών επιθεωρητών. Στο πλαίσιο αυτό, είναι πλέον απαραίτητη η διεξαγωγή ενεργειακής επιθεώρησης σε όλα τα κτίρια ούτως ώστε να αποτιμάται η ενεργειακή τους ταυτότητα και να εξάγονται συμπεράσματα για περαιτέρω δράσεις εξοικονόμησης ενέργειας.

Ο σκοπός της διπλωματικής αυτής εργασίας είναι η διεξαγωγή ενεργειακής επιθεώρησης καθώς και η παρουσίαση μέτρων ενεργειακής βελτιστοποίησης ενός συγκεκριμένου κτιριακού συγκροτήματος. Για το σκοπό αυτό, πραγματοποιήθηκε μια ενεργειακή μελέτη στην πτέρυγα Η του κτιρίου των Χημικών Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

Καθοριστικής σημασίας για τη διεξαγωγή της ενεργειακής επιθεώρησης ήταν η χρήση μετρητικών οργάνων, όπως του αναλυτή ηλεκτρικής ενέργειας, της θερμοκάμερας και του αναλυτή καυσαερίων.

Τέλος προτάθηκαν δράσεις για την ενεργειακή βελτιστοποίηση του κτιρίου, και πραγματοποιήθηκε τεχνο-οικονομική αξιολόγησή τους.

**Λέξεις Κλειδιά:** Ενεργειακή επιθεώρηση, Προσδιορισμός Συντελεστών Θερμοπερατότητας, Θερμοκάμερα, Αναλυτής Ηλεκτρικής Ενέργειας, Αναλυτής Καυσαερίων, Τεχνολογίες ενεργειακής βελτιστοποίησης

## Abstract

A particularly expanded phenomenon of the last years is the continuously increasing energy consumption and mainly in the building sector which is responsible for about the 40% of total consumption of energy on a national and European level, fact that contributes at the same time to the increase of the emissions of CO<sub>2</sub> in the atmosphere.

In order to ensure energy saving, European Union has started to promote actions aiming at the improvement of buildings' energy efficiency, like the Directive of 2002/91/EK according to which the application of the principles of buildings' energy planning is essential.

In Greece, the legislation is in harmony with this directive via the law 3855/2010. This particular law determines the energy efficiency's minimal requirements, imposes the publication of a certificate of energy efficiency and predicts the inspections of boilers, air conditioning installations and of the building envelope through specialized and accredited energy inspectors. Thus, henceforth it will be necessary to conduct energy inspections in all buildings so that their energy identity is appraised and all the necessary conclusions for further energy saving actions are drawn.

The aim of this dissertation is the conduct of an energy inspection, as well as the presentation of measures of energy optimization of a specific building. For that purpose, an energy study for the wing H of the building of Chemical Engineers of the National Technical University of Athens was realized.

The use of measuring equipment, like of the power analyzer, the thermal camera and the combustion analyzer, was of great importance for the conduct of the energy inspection.

Finally, there were proposed actions for the building's energy optimization, while a financial and technical analysis was executed.

**Keywords:** Energy audit, Identification of heat permeability, Thermal camera, Power analyzer, Combustion analyzer, Energy optimization technologies

## Πρόλογος

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε στον τομέα Ηλεκτρικών και Βιομηχανικών Διατάξεων και Συστημάτων Αποφάσεων της Σχολής Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου (ΕΜΠ) κατά τη διάρκεια του τελευταίου εξαμήνου φοίτησης.

Θα ήθελα να εκφράσω τη μεγάλη μου ευγνωμοσύνη στον Καθηγητή κ. Ιωάννη Ψαρρά για την ανάθεση αυτής της διπλωματικής εργασίας, την άψογη συνεργασία που είχαμε και κυρίως το έντονο ενδιαφέρον που έδειξε σε όλα τα ζητήματα που κατά καιρούς με απασχόλησαν.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες οφείλω στους επιβλέποντες της διπλωματικής, διδάκτορα ΕΜΠ Αλεξάνδρα Παπαδοπούλου και υποψήφιο διδάκτορα Βαγγέλη Μαρινάκη, για την καθοδήγηση και υποστήριξη που μου παρείχαν. Οι υποδείξεις και οι συμβουλές τους υπήρξαν απαραίτητες για την επιτυχή ολοκλήρωση αυτής της εργασίας.

Ακόμα, οφείλω ιδιαίτερες ευχαριστίες στα μέλη της Τεχνικής Υπηρεσίας του ΕΜΠ και συγκεκριμένα στον κ. Γεώργιο Δήμου, Διευθυντή της Διεύθυνση Συντήρησης Εγκαταστάσεων ΕΜΠ, για την αμέριστη συνεργασία από πλευράς του και τον κ. Βασίλειο Ζησόπουλο για τη βοήθεια που παρείχε καθ' όλη τη διάρκεια των μετρήσεων με τα όργανα ενεργειακής επιθεώρησης και τις πολύτιμες πληροφορίες του σχετικά με τη λειτουργία του κτιρίου. Τέλος, οφείλω ευχαριστίες και στα μέλη της Πολυδύναμης Μονάδας του κτιρίου Χημικών Μηχανικών για τις πληροφορίες και τη συνεργασία που μου παρείχαν κατά τη διάρκεια της καταγραφής.



## Πίνακας Περιεχομένων

1. Εισαγωγή .....	15
1.1 Σκοπός - Αντικείμενο .....	15
1.2 Φάσεις υλοποίησης .....	16
1.3 Οργάνωση τόμου.....	18
2. Θερμογραφία και θερμοκάμερα .....	23
2.1 Θερμογραφία.....	23
2.1.1 Αρχές μεταφοράς θερμότητας.....	23
2.1.1.1 Μεταφορά με αγωγή.....	23
2.1.1.2 Μεταφορά της θερμότητας με θερμική μεταβίβαση .....	24
2.1.1.3 Μεταφορά με ακτινοβολία.....	25
2.1.2 Παράμετροι ακτινοβολίας σώματος.....	25
2.1.3 Βασικές αρχές υπέρυθρης θερμογραφίας.....	26
2.1.4 Κατηγορίες θερμογραφίας.....	27
2.2 Θερμοκάμερα .....	27
2.2.1 Λειτουργία και χαρακτηριστικά θερμοκάμερας.....	27
2.2.2 Επεξεργασία στοιχείων θερμοκάμερας .....	31
2.2.3 Πλεονεκτήματα - μειονεκτήματα .....	36
3. Εφαρμογές θερμοκάμερας.....	41
3.1 Περιπτώσεις χρήσης θερμοκάμερας .....	41
3.2 Συνθήκες μετρήσεως σε κτίρια .....	43
3.3 Παραδείγματα χρησιμοποίησης θερμοκάμερας.....	47
3.3.1 Θερμογέφυρες .....	47
3.3.1.1 Ορισμός θερμογέφυρας .....	47
3.3.1.2 Ενσωματωμένες θερμογέφυρες .....	48
3.3.1.3 Σημεία εμφάνισης θερμογέφυρας.....	48
3.3.1.4 Συνέπειες θερμογέφυρας .....	50
3.3.1.5 Αντιμετώπιση θερμογεφυρών.....	51
3.3.1.6 Παραδείγματα θερμοφωτογραφιών σε περιπτώσεις θερμογεφυρών..	54
3.3.2 Μόνωση.....	62

3.3.2.1 Παραδείγματα θερμοφωτογραφιών για τον εντοπισμό προβλημάτων μόνωσης.....	62
3.3.3 Στέγες .....	73
3.3.3.1 Προβλήματα σε στέγες: αιτίες και τρόποι αντιμετώπισης.....	73
3.3.3.2 Χρήση θερμογραφίας στις στέγες.....	75
3.3.3.3 Παραδείγματα θερμοφωτογραφιών σε στέγες.....	78
3.3.4 Διαρροή νερού.....	80
3.3.4.1 Παραδείγματα θερμοφωτογραφιών σε περιπτώσεις διαρροής νερού	80
3.3.5 Διείσδυση νερού - υγρασία και μούχλα .....	86
3.3.5.1 Γενικά .....	86
3.3.5.2 Συνηθισμένες πηγές ζημιάς .....	87
3.3.5.3 Χρήση θερμογραφίας σε περιπτώσεις υγρασίας, μούχλας και διείσδυσης νερού .....	88
3.3.5.4 Παραδείγματα θερμοφωτογραφιών σε περιπτώσεις υγρασίας, μούχλας και διείσδυσης νερού.....	90
3.3.6 Διείσδυση αέρα.....	101
3.3.6.1 Γενικά .....	101
3.3.6.2 Σημεία διείσδυσης αέρα.....	102
3.3.6.3 Παραδείγματα θερμοφωτογραφιών σε περιπτώσεις διείσδυσης αέρα.....	103
3.3.7 Απώλεια θερμότητας – διαρροή αέρα .....	110
3.3.7.1 Αίτια απωλειών θερμότητας (αγωγή και διαρροή αέρα).....	110
3.3.7.2 Αντιμετώπιση προβλημάτων διαρροής αέρα.....	111
3.3.7.3 Παραδείγματα θερμοφωτογραφιών σε περιπτώσεις διαρροής αέρα και απώλειας θερμότητας .....	114
3.3.7.4 Περίπτωση έρευνας για ατέλειες σε κατοικία με τη χρήση θερμοκάμερας .....	129
4. Ενεργειακή μελέτη κτιρίου.....	135
4.1 Περιγραφή της κτιριακής εγκατάστασης.....	135
4.1.1 Γενικές πληροφορίες .....	135
4.1.2 Δράσεις ΑΠΕ και ΕΞΕΝ που έχουν πραγματοποιηθεί .....	136
4.2 Ενεργειακή κατανάλωση κτιρίου.....	141
4.2.1 Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για φωτισμό .....	142
4.2.2 Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για θέρμανση – ψύξη .....	147

4.2.3 Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για συσκευές γραφείου .....	154
4.2.4 Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για οικιακές συσκευές.....	162
4.2.5 Κατανάλωση Ανελκυστήρα .....	165
4.2.6 Συνολική κατανάλωση ενέργειας.....	165
4.2.7 Δείκτης ηλεκτρικής κατανάλωσης .....	173
4.3 Μελέτη συντελεστών θερμοπερατότητας.....	173
4.3.1 Εισαγωγή-Μεθοδολογία.....	173
4.3.2 Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας κτιρίου.....	175
4.3.2.1 Εξωτερικοί τοίχοι από σκυρόδεμα Β160 και διάτρητους οπτόπλινθους .....	176
4.3.2.2 Εξωτερικοί τοίχοι από σκυρόδεμα Β160, διάτρητους οπτόπλινθους και πέτασμα υαλότουβλο .....	177
4.3.2.3 Δάπεδα σε επαφή με το έδαφος.....	178
4.3.2.4 Οριζόντιες επιφάνειες και οροφές που χωρίζουν θερμαινόμενο χώρο από τον ελεύθερο αέρα .....	179
4.3.3 Υπολογισμός θερμομόνωσης ορόφου .....	180
4.3.4 Υπολογισμός θερμομόνωσης περιβλήματος .....	183
5. Αποτελέσματα μετρήσεων με καταγραφικό εξοπλισμό .....	189
5.1 Εισαγωγή.....	189
5.2 Τυπικές μετρήσεις και καταγραφικός εξοπλισμός.....	190
5.2.1 Υγρασιόμετρο.....	190
5.2.1.1 Γενικά στοιχεία .....	190
5.2.1.2 Χρήση του υγρασιόμετρου .....	190
5.2.2 Θερμογραφική κάμερα .....	191
5.2.2.1 Γενικά στοιχεία .....	191
5.2.2.2 Διεξαγωγή θερμογραφικής μελέτης.....	192
5.2.3 Αναλυτής καυσαερίων.....	205
5.2.3.1 Γενικά στοιχεία .....	205
5.2.4 Αναλυτής ηλεκτρικής ενέργειας.....	211
5.2.4.1 Γενικά στοιχεία .....	211
5.2.4.2 Χρήση του αναλυτή ηλεκτρικής ενέργειας.....	212
6. Προτεινόμενες δράσεις ενεργειακής βελτιστοποίησης .....	231

6.1 Εξοικονόμηση ενέργειας στα κτίρια της Πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου .....	231
6.1.1 Γενικά .....	231
6.1.2 Σημερινή κατάσταση .....	231
6.1.3 Δυνατότητες εξοικονόμησης στα κτίρια της Πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου .....	233
6.2 Προτάσεις για εξοικονόμηση ενέργειας .....	235
6.2.1 Φωτισμός .....	235
6.2.1.1 Υπάρχουσα κατάσταση στο φωτισμό .....	235
6.2.1.2 Προτάσεις για το φωτισμό .....	236
6.2.2 Κτιριακό κέλυφος .....	250
6.2.2.1 Υπάρχουσα κατάσταση στο κτιριακό κέλυφος .....	250
6.2.2.2 Προτάσεις για το κτιριακό κέλυφος .....	250
6.2.3 Κλιματισμός .....	261
6.2.3.1 Υπάρχουσα κατάσταση στον κλιματισμό .....	261
6.2.3.2 Προτάσεις για τον κλιματισμό .....	262
6.2.4 Διαμόρφωση προτάσεων .....	266
7. Συμπεράσματα και προοπτικές .....	273
7.1 Συμπεράσματα .....	273
7.2 Προοπτικές .....	274
Βιβλιογραφία .....	279



## *Κεφάλαιο 1. Εισαγωγή*

---



# 1. Εισαγωγή

## 1.1 Σκοπός - Αντικείμενο

Ο κτιριακός τομέας είναι υπεύθυνος για το 40% περίπου της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας σε εθνικό και ευρωπαϊκό επίπεδο. Η κατανάλωση αυτή διακρίνεται είτε σε μορφή θερμικής (κυρίως πετρέλαιο), είτε σε μορφή ηλεκτρικής ενέργειας και ευθύνεται για τη μεγάλη επιβάρυνση της ατμόσφαιρας με ρύπους, κυρίως με διοξείδιο του άνθρακα (CO<sub>2</sub>). Ταυτόχρονα, εξαιτίας του υψηλού κόστους των συμβατικών πηγών ενέργειας, προκαλείται και σημαντική οικονομική επιβάρυνση.

Η κατανάλωση ενέργειας στα κτίρια στην Ελλάδα παρουσιάζει αυξητική τάση, κυρίως λόγω της αύξησης της χρήσης κλιματιστικών και μικροσυσκευών. Η χρήση των κλιματιστικών αποτελεί σημαντικό παράγοντα αύξησης του ηλεκτρικού φορτίου αιχμής στη χώρα, με τεράστιες οικονομικές συνέπειες και σημαντική επιβάρυνση του καταναλωτή.

Η εξοικονόμηση ενέργειας σε ένα κτίριο εξασφαλίζεται εν μέρει με τον κατάλληλο σχεδιασμό του κτιρίου και τη χρήση ενεργειακά αποδοτικών δομικών στοιχείων και συστημάτων και εν μέρει μέσω της υψηλής αποδοτικότητας των εγκατεστημένων ενεργειακών συστημάτων η οποία προϋποθέτει την άριστη ποιότητα του σχετικού εξοπλισμού και της εγκατάστασής του καθώς και των σχετικών τεχνικών μελετών που τον προδιαγράφουν.

Αποφασιστικής σημασίας προς την κατεύθυνση εξοικονόμησης ενέργειας είναι η διεξαγωγή ενεργειακής επιθεώρησης, η ανάδειξη της σημασίας της οποίας αποτελεί και σκοπό αυτής της διπλωματικής εργασίας. Με τον όρο ενεργειακή επιθεώρηση εννοείται μια συστηματική διαδικασία που στοχεύει στην απόκτηση επαρκούς γνώσης γύρω από το προφίλ ενεργειακής συμπεριφοράς ενός κτιρίου.

Ένα από τα σημαντικότερα στοιχεία στα οποία βασίζεται η αποτελεσματική ενεργειακή επιθεώρηση είναι η ύπαρξη κατάλληλης μεθοδολογίας η οποία θα επιτρέψει την ουσιαστική αποτύπωση της υπάρχουσας κατάστασης καθώς και την αύξηση της ενεργειακής αποδοτικότητας των κτιρίων και την προστασία του περιβάλλοντος, μέσω του προσδιορισμού και της αξιολόγησης των αποδοτικότερων οικονομικά και των περισσότερο ρεαλιστικών τρόπων βελτιστοποίησης της ενεργειακής συμπεριφοράς των κτιρίων και εξοικονόμησης ενέργειας και χρημάτων.

Στα πλαίσια της εργασίας αυτής μελετάται η εφαρμογή των παραπάνω στην πτέρυγα Η του κτιρίου των Χημικών Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου που βρίσκεται στην Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου.

Αρχικά κατεγράφησαν όλες οι υφιστάμενες ηλεκτρικές καταναλώσεις και ο ηλεκτρομηχανολογικός εξοπλισμός του κτιρίου, ενώ ακολούθησε μια μελέτη συντελεστών θερμοπερατότητας, με απώτερο σκοπό την αποτίμηση της ενεργειακής ταυτότητας του κτιρίου. Στην παραπάνω διαδικασία χρησιμοποιήθηκαν επίσης τα ακόλουθα μετρητικά όργανα: αναλυτής ηλεκτρικής ενέργειας για την καταγραφή της ηλεκτρικής ενέργειας στο κτίριο, αναλυτής καυσαερίων για μετρήσεις στους λέβητες φυσικού αερίου και θερμοκάμερα για την εύρεση πιθανών ανωμαλιών στα δομικά στοιχεία της κατασκευής που προκαλούν απώλεια ενέργειας.

Κατόπιν προτάθηκαν δράσεις για την εξοικονόμηση ενέργειας στο κτίριο, οι οποίες αξιολογήθηκαν μέσω τεχνοοικονομικής ανάλυσης, προκειμένου να κριθεί ποιες εξ αυτών είναι βιώσιμες.

## 1.2 Φάσεις υλοποίησης

Για την ολοκλήρωση της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας, η οποία πραγματοποιήθηκε την περίοδο Νοεμβρίου 2009 - Οκτωβρίου 2010, ακολουθήθηκε η παρακάτω διαδικασία, που συνίσταται από πέντε φάσεις. Οι συγκεκριμένες φάσεις απεικονίζονται εποπτικά και στο Σχήμα 1.1.

**Φάση 1:** Βιβλιογραφική αναζήτηση με σκοπό τη συγκέντρωση στοιχείων σχετικών με τη θερμογραφία και τη θερμογραφική κάμερα (θερμοκάμερα).

Κατά την διάρκεια της πρώτης φάσης, πραγματοποιήθηκε μέσω αναζήτησης στο διαδίκτυο και σε βάσεις δεδομένων, μια ιδιαίτερα εκτενής έρευνα πάνω στις βασικές αρχές και τις κατηγορίες της υπέρυθρης θερμογραφίας. Επίσης, μελετήθηκε η εφαρμογή της στην πράξη μέσω της θερμοκάμερας. Αναλυτικότερα, έγινε έρευνα σχετικά με τη λειτουργία και τα χαρακτηριστικά της υπέρυθρης κάμερας, καθώς και την επεξεργασία των αποτελεσμάτων της. Τέλος, πραγματοποιήθηκε κατηγοριοποίηση των περιπτώσεων χρήσης της θερμοκάμερας για τον εντοπισμό προβλημάτων σε κτιριακές εγκαταστάσεις.

**Φάση 2:** Καταγραφή του υπάρχοντος εξοπλισμού της πτέρυγας Η του κτιρίου των Χημικών Μηχανικών.

Κατά την διάρκεια της φάσης αυτής, έγινε καταγραφή του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού του κτιρίου και συλλέχθηκαν όλα τα απαραίτητα στοιχεία όσον αφορούν τις λειτουργίες του κτιρίου με βάση τις ανάγκες των χρηστών των

εκάστοτε χώρων. Έτσι, συγκεντρώθηκαν στοιχεία αναφορικά με τα είδη του εξοπλισμού που χρησιμοποιούνται σε κάθε χώρο και τις καταναλώσεις τους, προκειμένου να εκτιμηθεί η συνολική κατανάλωση ενέργειας του υπό μελέτη τμήματος του κτιρίου.

**Φάση 3:** Χρήση μετρητικών οργάνων ενεργειακής επιθεώρησης και εξαγωγή συμπερασμάτων βάσει των μετρήσεων.

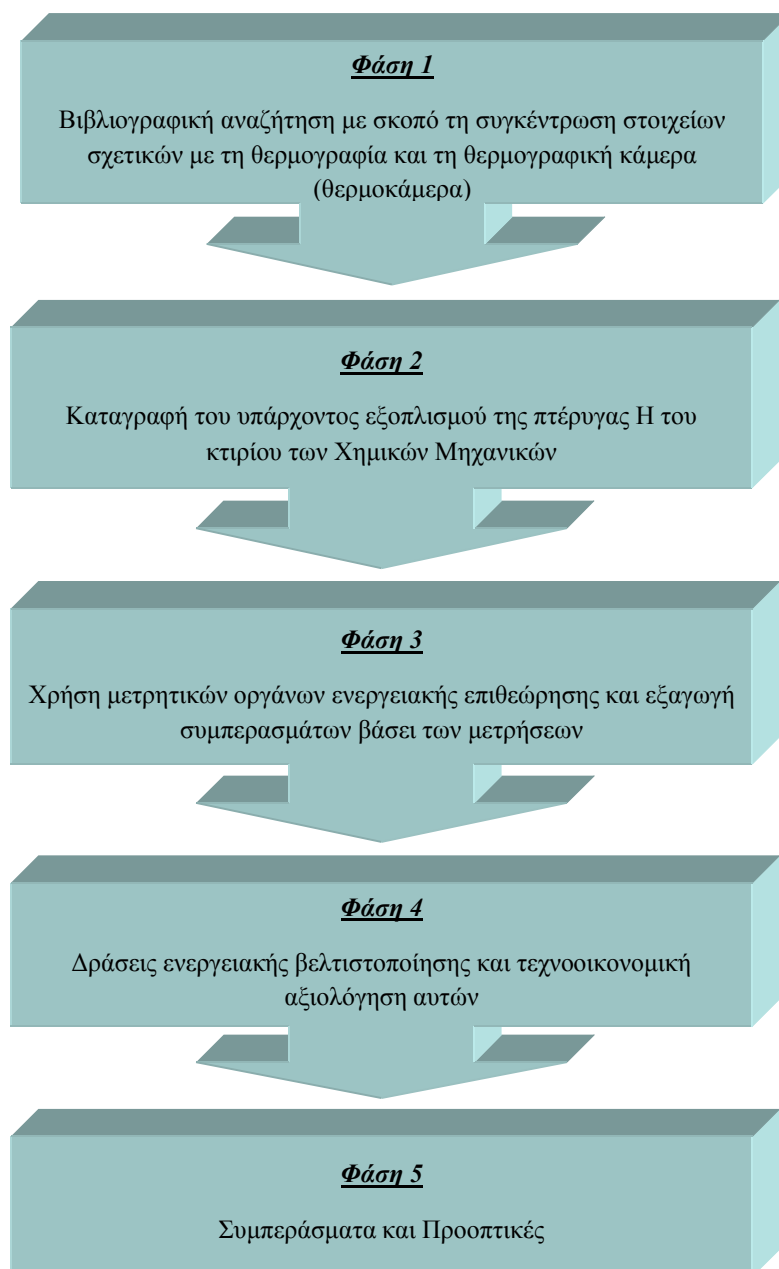
Στο στάδιο αυτό ελήφθησαν θερμοφωτογραφίες του κτιρίου ώστε να εντοπιστούν οι ανωμαλίες, οι κατασκευαστικές ατέλειες, οι παραλείψεις και οι ζημιές που δύναται να έχουν προκληθεί με την πάροδο του χρόνου. Επίσης, με τη χρήση του αναλυτή καυσαερίων αξιολογήθηκε η λειτουργία των δύο λεβήτων του εξεταζόμενου τμήματος του κτιρίου, ενώ τέλος με την τοποθέτηση του αναλυτή ενέργειας στον κεντρικό πίνακα προέκυψαν πολλά χρήσιμα στοιχεία σχετικά με το ενεργειακό προφίλ του κτιρίου. Ακολούθησε επεξεργασία και σχολιασμός των αποτελεσμάτων που προέκυψαν.

**Φάση 4:** Δράσεις ενεργειακής βελτιστοποίησης και τεχνοοικονομική αξιολόγηση αυτών.

Κατά την διάρκεια της φάσης αυτής, προτείνονται διάφορες δράσεις που έχουν σαν στόχο την εξοικονόμηση ενέργειας στο κτίριο και ταυτόχρονα εξετάζεται αν οι προτεινόμενες λύσεις είναι εφαρμόσιμες από οικονομικής απόψεως. Εν συνεχεία, γίνεται σύγκριση αυτών των επενδυτικών σχεδίων και επιλέγονται τα καταλληλότερα εξ αυτών για να τεθούν σε εφαρμογή.

**Φάση 5:** Συμπεράσματα και Προοπτικές.

Κατά την διάρκεια της τελευταίας φάσης της διπλωματικής παρατίθενται τα συμπεράσματα που εξάγονται αναφορικά με την ενεργειακή συμπεριφορά του κτιρίου και τις δυνατότητές του για ενεργειακή βελτίωση. Επιπλέον, ερευνώνται οι προοπτικές για περαιτέρω προσπάθειες ώστε να βρεθούν οι καταναλώσεις που δεν κατεγράφησαν λόγω έλλειψης στοιχείων.



Σχήμα 1.1: Φάσεις ολοκλήρωσης Διπλωματικής Εργασίας

### 1.3 Οργάνωση τόμου

Η δομή της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η ακόλουθη:

- Αρχικά, παρατίθεται η **περίληψη** της διπλωματικής εργασίας στην ελληνική και αγγλική γλώσσα, όπου παρουσιάζονται συνοπτικά τα κυριότερα σημεία της εργασίας.
- Στη συνέχεια έπεται ο **πρόλογος** και ο **πίνακας περιεχομένων** της εργασίας.

- Ακολουθεί το παρόν **Κεφάλαιο 1**, το οποίο αποτελεί το εισαγωγικό κεφάλαιο όπου αναφέρονται ο σκοπός και το αντικείμενο της εργασίας, καθώς και τα στάδια υλοποίησης της διπλωματικής.
- Τα **Κεφάλαια 2 και 3** αποτελούν τα θεωρητικά κεφάλαια της διπλωματικής όπου γίνεται μια αναλυτική περιγραφή της θερμογραφίας και των βασικών αρχών που την διέπουν, αλλά και των αρχών και των χαρακτηριστικών λειτουργίας της υπέρυθρης κάμερας καθώς και των περιπτώσεων χρήσης της.
- Στο **Κεφάλαιο 4** αναφέρονται κάποια εισαγωγικά στοιχεία του κτιρίου που μελετήθηκε (έκταση, χρονολογία κατασκευής, χρήσεις, δράσεις ΑΠΕ και ΕΞΕΝ που έχουν πραγματοποιηθεί μέχρι σήμερα) και στη συνέχεια αναπτύσσεται η καταγραφή των καταναλώσεων ενέργειας ανά είδος εξοπλισμού για όλους τους ορόφους της πτέρυγας Η που εξετάζεται με στόχο τον υπολογισμό του δείκτη ενεργειακής κατανάλωσης. Επίσης, διεξάγεται η μελέτη θερμομόνωσης του κτιρίου ούτως ώστε να υπολογιστεί ο συντελεστής θερμοπερατότητας.
- Στο **Κεφάλαιο 5** αναφέρονται τα όργανα μέτρησης που χρησιμοποιήθηκαν (θερμοκάμερα, υγρασιόμετρο, αναλυτής καυσαερίων, αναλυτής ενέργειας) και γίνεται επεξεργασία και σχολιασμός των αποτελεσμάτων τους με απώτερο σκοπό την εξαγωγή συμπερασμάτων για το ενεργειακό προφίλ του κτιρίου.
- Στο **Κεφάλαιο 6** παρουσιάζονται δράσεις ενεργειακής βελτίωσης για διάφορους τομείς και γίνεται οικονομική αξιολόγηση αυτών ώστε να ελεγχθεί ποιες από αυτές μπορούν να τεθούν σε εφαρμογή.
- Το **Κεφάλαιο 7** που είναι και το τελευταίο, αφιερώνεται στη συγκεντρωτική παρουσίαση των σημαντικότερων σημείων - συμπερασμάτων που προέκυψαν από την εργασία σχετικά με την ενεργειακή συμπεριφορά και τις περαιτέρω δυνατότητες για ενεργειακή βελτίωση.
- Τέλος, αναφέρονται οι **βιβλιογραφικές αναφορές** που χρησιμοποιήθηκαν ως πηγές κατά τη διάρκεια της εκπόνησης της παρούσας διπλωματικής εργασίας.





## ***Κεφάλαιο 2. Θερμογραφία και θερμοκάμερα***

---



## 2. Θερμογραφία και θερμοκάμερα

### 2.1 Θερμογραφία

Η θερμογραφία είναι μια μέθοδος ανίχνευσης θερμοκρασιών που αναπτύσσονται στις επιφάνειες διαφόρων υλικών. Με τη μέθοδο αυτή προσδιορίζονται και ερμηνεύονται οι θερμοκρασιακές διαφορές που εμφανίζονται σε διάφορα αντικείμενα και εφαρμογές εν γένει και εξάγονται συμπεράσματα ως προς την ορθή θερμική θωράκισή τους.

Για την ερμηνεία των θερμικών εικόνων αναπτύσσονται ακολούθως οι αρχές της μεταφοράς θερμότητας.

#### 2.1.1 Αρχές μεταφοράς θερμότητας

##### 2.1.1.1 Μεταφορά με αγωγή

Η θερμότητα μεταδίδεται δια μέσου της μάζας των σωμάτων. Η δυσκολία της μεταφοράς της θερμότητας δια μέσου των σωμάτων, εξαρτάται από την αγωγιμότητα του σώματος. Παράδειγμα καλών αγωγών είναι τα μέταλλα, ενώ αντίστοιχα παράδειγμα κακών αγωγών είναι τα πλαστικά, το ξύλο και ο αέρας. Η μεταφορά με αγωγή έχει σαν συνέπεια, απώλειες θερμότητας από ένα κτήριο. Οι απώλειες αυτές μπορούν να μειωθούν με την χρήση μονωτικών υλικών. Ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας  $\lambda$  [W/m\*K] των υλικών είναι δείκτης της ικανότητας μεταφοράς θερμότητας των υλικών διαμέσου της μάζας τους. Το ποσό της θερμότητας που μεταφέρεται από πέτασμα με συγκεκριμένη επιφάνεια για δεδομένο πάχος διατυπώνεται ως εξής:

$$Q = (\lambda/d) * F * (t_1 - t_2) * z$$

όπου:

- Q η ποσότητα της θερμότητας η οποία διέρχεται σε μία ώρα από την μία πλευρά στην άλλη
- $\lambda$  ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας του υλικού
- F το εμβαδόν της επιφάνειας
- $t_1$  η θερμοκρασία της εσωτερικής επιφάνειας της κατασκευής
- $t_2$  η θερμοκρασία της εξωτερικής επιφάνειας της κατασκευής
- d το πάχος του υλικού και
- z ο χρόνος ροής του θερμότητας

Η εξίσωση αυτή είναι γνωστή ως νόμος μεταφοράς του Fourier.

### 2.1.1.2 Μεταφορά της θερμότητας με θερμική μεταβίβαση

Η θερμότητα σε ένα ρευστό μεταφέρεται και μέσω της μάζας του με την κίνηση του. Αν η κίνηση γίνεται σε φυσικό μέσο όπου υπάρχουν θερμοκρασιακές διαφορές (ο κρύος αέρας κινείται προς τα κάτω ενώ ο ζεστός αέρας κινείται προς τα πάνω) την κίνηση αυτή ονομάζεται φυσική διάχυση ενώ αν η κίνηση γίνεται βεβιασμένα (ανεμιστήρες, ανεμοπίεση) ονομάζεται βίαη διάχυση. Η μεταφορά θερμότητας με θερμική μεταβίβαση είναι μακροσκοπικό φαινόμενο και παρατηρείται κατά την διάχυση των ρευστών. Η διαφορά πυκνοτήτων διαφόρων ρευστών προκαλεί φυσική διάχυση. Αντίστοιχα η μηχανική ανάμειξη προκαλεί βεβιασμένη διάχυση. Μεταφορά με θερμική μεταβίβαση παρατηρείται και μεταξύ ρευστού με στερεό σώμα. Έτσι παρατηρείται μεταφορά με θερμική μεταβίβαση από ένα αέριο στην τοιχοποιία, όπως φαίνεται στο σχήμα. Το ποσό της μεταφερόμενης θερμότητας υπολογίζεται ως εξής.

$$Q = (\lambda \text{ αέρα}/x) * F * (t_{Li} - t_1)$$

Επειδή δεν μπορεί να προσδιοριστεί το πάχος του στρώματος στο οποίο γίνεται η διάχυση της θερμότητας, ο παράγοντας  $\lambda/x$  αντικαθίσταται με έναν διορθωτικό συντελεστής  $\alpha$  [ $W/m^2 \cdot K$ ], που ονομάζεται συντελεστής θερμικής μεταβίβασης και εξαρτάται από την κινητική κατάσταση του αέρα. Η μεταφορά της θερμότητας από τον εσωτερικό χώρο προς το περιβάλλον διατυπώνεται ως εξής.

$$Q = K * F * (t_{Li} - t_{La}) * z = \alpha_i * F * (t_{Li} - t_1) * z = (\lambda/d) * F * (t_1 - t_2) * z = \alpha_a * F * (t_2 - t_{La}) * z$$

όπου:

- Q το ποσόν θερμότητας που διέρχεται σε μία ώρα από τον εσωτερικό χώρο στο περιβάλλον
- K ο συντελεστής θερμοπερατότητας του απλού μέλους κατασκευής
- $\lambda$  ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας του υλικού
- F το εμβαδόν της επιφάνειας
- $\alpha$  ο συντελεστής θερμικής μεταβίβασης ( $i$  εσωτερικού χώρου,  $a$  εξωτερικού χώρου)
- $t_{Li}$  η θερμοκρασία στο εσωτερικό του χώρου
- $t_{La}$  η θερμοκρασία περιβάλλοντος
- $t_1$  η θερμοκρασία της εσωτερικής επιφάνειας της κατασκευής
- $t_2$  η θερμοκρασία της εξωτερικής επιφάνειας της κατασκευής

- $d$  το πάχος του υλικού και
- $z$  ο χρόνος ροής του θερμότητας

### 2.1.1.3 Μεταφορά με ακτινοβολία

Όλα τα σώματα εκπέμπουν ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία η οποία εξαρτάται από την θερμοκρασία που βρίσκονται, τον συντελεστή εκπομπής τους, 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. 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.

$$Q = \epsilon \cdot \sigma \cdot (T_1^4 - T_2^4)$$

όπου:

- $q$  η εκπεμπόμενη ενέργεια [ $W/m^2$ ]
- $\epsilon$  ο συντελεστής εκπομπής υλικού
- $\sigma$  η σταθερά Stefan – Boltzmann και
- $T$  απόλυτη θερμοκρασία  $^{\circ}K$

Η εξίσωση αυτή είναι γνωστή ως νόμος των Stefan – Boltzmann. Οι ιδιότητες αυτές αξιοποιούνται από την θερμογραφία έτσι ώστε να προκύπτουν τα θερμογραφήματα.

### 2.1.2 Παράμετροι ακτινοβολίας σώματος

Οι παράμετροι ακτινοβολίας ενός σώματος είναι οι εξής:

- συντελεστής εκπομπής  $\epsilon$ : η ικανότητα εκπομπής ακτινοβολίας
- συντελεστής απορρόφησης  $\alpha$  : η ικανότητα απορρόφησης ακτινοβολίας
- συντελεστής διαπερατότητας  $\tau$ : η ικανότητα προσπέλασης της ακτινοβολίας μέσα από το σώμα
- συντελεστής ανάκλασης  $\rho$ : η ικανότητα ανάκλασης της ακτινοβολίας

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

Οι πιο κρίσιμες παράμετροι ακτινοβολίας είναι ο συντελεστής εκπομπής  $\epsilon$  και ο συντελεστής ανάκλασης  $\rho$  για αυτό και επιβάλλεται πάντα ο προσδιορισμός τους. Η

διαπερατότητα  $\tau$  συνήθως είναι μικρή ως μηδενική και δε λαμβάνεται υπόψη μιας και τα σώματα που εξετάζονται συνήθως είναι αδιαφανή. Σε αντίθετη περίπτωση όμως πρέπει να υπολογίζεται γιατί επηρεάζει σημαντικά τις μετρήσεις.

### 2.1.3 Βασικές αρχές υπέρυθρης θερμογραφίας

Η θερμογραφία ή η υπέρυθρη φωτογράφιση, ανιχνεύει την εκπομπή θερμικής ακτινοβολίας και έτσι προκύπτει οπτική απεικόνιση του θερμικού σήματος (θερμογράφημα). Με τη θερμογραφία δε μετράται απ' ευθείας η θερμοκρασία μιας επιφάνειας αλλά η μεταβολή της επιφανειακής ακτινοβολίας. Έτσι, οι υποεπιφανειακές ανωμαλίες στο υλικό δημιουργούν τοπικές διαφορές στην επιφανειακή θερμοκρασία προκαλούμενες από τους διαφορετικούς βαθμούς θερμικής μεταφοράς στις ζώνες που υπάρχουν ατέλειες.

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. Το μήκος κύματος που εκπέμπεται εξαρτάται από την θερμοκρασία. Αυξανόμενης της θερμοκρασίας το μήκος κύματος γίνεται βραχύτερο και στην περίπτωση πολύ μεγάλων θερμοκρασιών βρίσκεται στο ορατό φάσμα (π.χ. πυρακτωμένη άκρη βελόνας). Στη θερμοκρασία δωματίου το μήκος κύματος της ακτινοβολίας είναι της τάξεως των 10 $\mu\text{m}$  (στην υπέρυθρη περιοχή του φάσματος). Η ακτινοβολία ανιχνεύεται με κατάλληλες ανιχνευτικές διατάξεις (θερμοκάμερες) οι οποίες παράγουν ηλεκτρικό σήμα ανάλογο της προσπίπτουσας ακτινοβολίας το οποίο με κατάλληλη βαθμονόμηση εκφράζεται σε θερμοκρασία.

Ο ρυθμός εκπομπής ενέργειας,  $\Phi$ , ανά μονάδα επιφανειακής περιοχής του υλικού σχετίζεται με την τέταρτη δύναμη της απόλυτης θερμοκρασίας  $T$ , με βάση το νόμο των Stefan-Boltzmann:

$$\Phi = \varepsilon \cdot \sigma \cdot T^4$$

ενώ σύμφωνα με το νόμο εκτοπίσματος του Wien:

$$\lambda_{\text{max}} = b/T$$

όπου:

- $\lambda_{\text{max}}$ : μήκος κύματος της μέγιστης έντασης ακτινοβολίας ( $\mu\text{m}$ ) και
- $b$ : σταθερά εκτοπίσματος Wien (2.897  $\mu\text{m}/\text{K}$ ) που συσχετίζει την επιφανειακή θερμοκρασία με το μέγιστο μήκος κύματος της εκπεμφθείσας ενέργειας.

Εντός κάποιων περιορισμών, η υπέρυθρη θερμογραφία είναι μια μέθοδος που εφαρμόζεται εξ αποστάσεως, έχει σχετικά χαμηλό κόστος και έχει τη δυνατότητα ποιοτικής ή ποσοτικής πληροφόρησης. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον εντοπισμό και τον καθορισμό του μεγέθους ενός μεγάλου εύρους ατελειών, σφαλμάτων, διαρροών σε διάφορα αντικείμενα ή εφαρμογές.

## 2.1.4 Κατηγορίες θερμογραφίας

Υπάρχουν δύο κατηγορίες θερμογραφίας : η ‘παθητική’ και η ‘ενεργητική’.

Η ‘παθητική’ θερμογραφία στηρίζεται στις ανιχνεύσιμες θερμοκρασιακές διαφορές στο εκάστοτε οικοδόμημα ως αποτέλεσμα των φυσικών περιβαλλοντικών κύκλων θέρμανσης και ψύξης. Για τη θερμογραφία σε κτίρια αυτή είναι μια ιδιαίτερα πρακτική προσέγγιση λόγω της κλίμακας και της μάζας των σχετικών κατασκευών. Η θερμοφωτογράφιση τις ώρες της δύσης του ηλίου ενδείκνυται για να παρατηρηθούν οι αλλαγές καθώς τα κτίρια τέτοια ώρα είναι δροσερά μετά τη θέρμανσή τους κατά τη διάρκειά της ημέρας.

Η απουσία μιας τεχνητής πηγής θέρμανσης/ψύξης αναγκάζει αυτήν την προσέγγιση για να θεωρηθεί ως παθητική τεχνική, αν και στην πραγματικότητα οι αρχές είναι οι ίδιες.

Η ‘ενεργητική’ θερμογραφία στηρίζεται στην εφαρμογή μιας εξωτερικής πηγής θέρμανσης/ψύξης ώστε να επιτευχθεί προσομοίωση της ροής θερμότητας μέσα από το υλικό ενώ η επιφάνεια ελέγχεται κατά τη διάρκεια της περιόδου της επιθεώρησης για τυχόν μεταβολές θερμοκρασίας καθώς επιστρέφει σε θερμική ισορροπία.

## 2.2 Θερμοκάμερα

### 2.2.1 Λειτουργία και χαρακτηριστικά θερμοκάμερας

Κάθε σώμα στη φύση, με θερμοκρασία πάνω από το απόλυτο μηδέν (-273 β. Κελσίου) εκπέμπει ποσότητα υπέρυθρης ακτινοβολίας. Η θερμοκάμερα είναι μια συσκευή που σχηματίζει εικόνα χρησιμοποιώντας υπέρυθρη ακτινοβολία και είναι παρεμφερής με την κοινή κάμερα, η οποία σχηματίζει εικόνα χρησιμοποιώντας την ορατή ακτινοβολία. Αντί της περιοχής των 450-750 nm της κάμερας ορατούς ακτινοβολίας, οι υπέρυθρες κάμερες λειτουργούν σε μήκη κύματος της τάξεως των 14000nm.

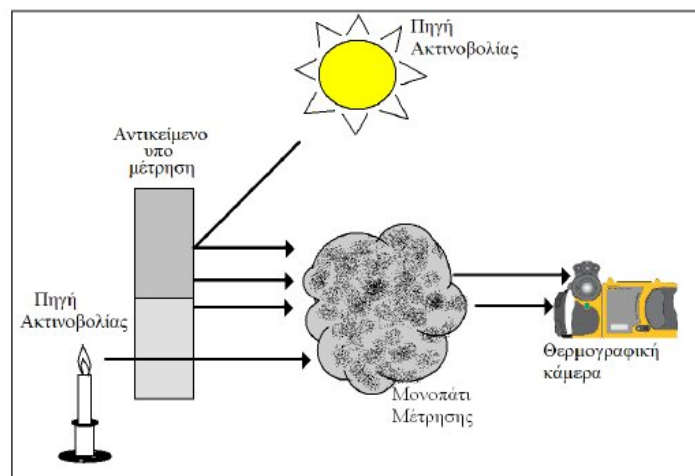
Οι θερμοκάμερες (IR κάμερες) μετρούν την υπέρυθρη ακτινοβολία (την οποία εκπέμπει κάθε σώμα και η οποία αυξάνεται όσο μεγαλύτερη είναι η θερμοκρασία του) και την αντιστοιχίζουν με τις σημειακές επιφανειακές θερμοκρασίες του σώματος, με την προϋπόθεση ότι λαμβάνονται υπόψη όλες οι, σχετικές με τη μέτρηση, επιπλέον παράμετροι. Αυτές οι παράμετροι μπορεί να είναι:

- ο συντελεστής εκπομπής του αντικειμένου, που εκφράζει ένα μέτρο της ποσότητας ακτινοβολίας που εκπέμπεται από ένα αντικείμενο σε σχέση με την ακτινοβολία ενός μέλανος σώματος (σώμα που δεν ανακλά απολύτως τίποτα και που όλη η ακτινοβολία του οφείλεται στη θερμοκρασία του) στην ίδια θερμοκρασία και είναι ένας αριθμός που κυμαίνεται μεταξύ 0 και 1.

Γενικά τα δομικά υλικά έχουν μεγάλο συντελεστή εκπομπής (μεγαλύτερο από 0,8)

- η απόσταση του αντικειμένου από την κάμερα
- η σχετική υγρασία
- η σχετική IR διαπερατότητα (transmissivity) περιβάλλοντος
- η φαινόμενη θερμοκρασία ανάκλασης (που αντισταθμίζει τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος που ανακλάται πάνω στο αντικείμενο και καταλήγει πάνω στην κάμερα)
- η θερμοκρασία του περιβάλλοντος καθώς και άλλες που σχετίζονται με την κάθε εφαρμογή ειδικότερα.

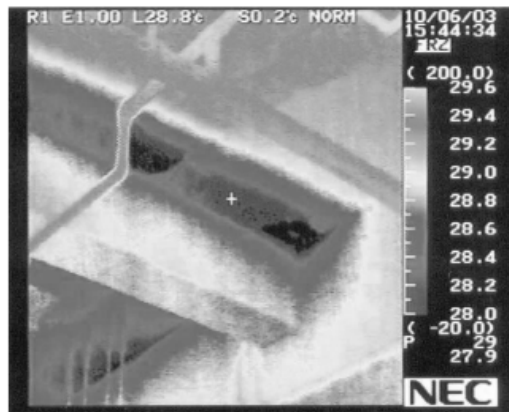
Επιπλέον, υπάρχουν και κάποιοι άλλοι παράγοντες, πέρα από την απόσταση της θερμοκάμερας από το αντικείμενο, που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά τη θερμογραφική επιθεώρηση και οι οποίοι μπορούν να αλλοιώσουν εν μέρει το αποτέλεσμα. Ένας πολύ σημαντικός παράγοντας είναι η ύπαρξη εξωτερικών θερμικών πηγών στο χώρο των μετρήσεων, όπως θερμαντικά σώματα. Έτσι μετρήσεις κάτω από πολύ δυνατή ηλιοφάνεια είναι δυσχερείς, μιας και το ποσοστό των ανακλάσεων είναι πολύ υψηλό και είναι δύσκολο να προσδιοριστεί, με αποτέλεσμα αυτό που μετράται να μην είναι αυτό που πραγματικά εκπέμπεται από το σώμα. Αντίστοιχα, μετρήσεις κάτω από ισχυρή ψύξη (ισχυροί άνεμοι, σώματα κλιματισμού) οδηγούν σε εσφαλμένη εκτίμηση της θερμοκρασιακής κατάστασης του σώματος λόγω της βεβαισμένης ψύξης του. Γι' αυτό και για ταχύτητες μέχρι 16 κόμβους (8m/s) χρησιμοποιείται ένας συντελεστής διόρθωσης ο οποίος πολλαπλασιαζόμενος με τη μετρούμενη υπερθέρμανση δίνει την υπερθέρμανση χωρίς άνεμο. Άλλοι παράγοντες είναι οι καιρικές συνθήκες, όπως έντονη ηλιοφάνεια, βροχή και χιόνι, αλλά και το μέγεθος του αντικειμένου.



Εικόνα 2.2.1 Διαδρομή ακτινοβολίας μέχρι τη θερμογραφική κάμερα

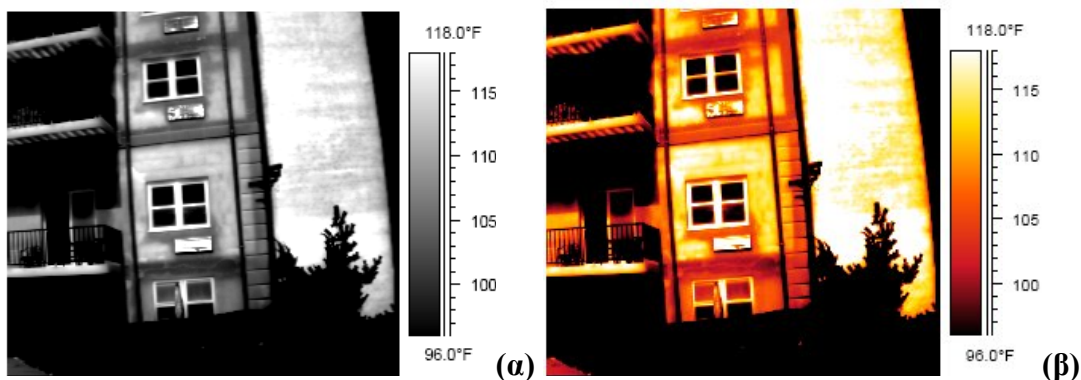


Όπως φαίνεται και στο παραπάνω σχήμα, οι συνιστώσες ακτινοβολίας που καταλήγουν στο αντικείμενο προέρχονται από την εκπομπή από το αντικείμενο, από εκπομπή μέσω ανάκλασης από την πηγή του περιβάλλοντος και από εκπομπή από την ατμόσφαιρα. Έτσι στην οθόνη της θερμοκάμερας εμφανίζεται μια γραφική εικόνα που απεικονίζει την κατανομή θερμοκρασιών στις εκάστοτε επιφάνειες και μάλιστα με δυνατότητα να εντοπίζει θερμοκρασιακές διακυμάνσεις της τάξεως των 0,1 Κ. Οι εικόνες από τις υπέρυθρες κάμερες μπορούν να είναι μονοχρωματικές, όταν σχεδιάζονται με έναν μόνο τύπο αισθητήρα, ο οποίος ανταποκρίνεται σε μία περιοχή απλού μήκους κύματος της υπέρυθρης ακτινοβολίας. Ακολουθεί μια τυπική μονοχρωματική θερμοφωτογραφία .



**Εικόνα 2.2.2 Μονοχρωματική θερμοφωτογραφία έρευνας για τον εντοπισμό υγρασίας σε οροφή**

Υπάρχουν όμως και έγχρωμες κάμερες (όπως αυτή που χρησιμοποιήθηκε στο εργαστήριο) οι οποίες απαιτούν πιο πολύπλοκη κατασκευή, ώστε να διαφοροποιηθεί το μήκος κύματος και το χρώμα έχει λιγότερη σημασία έξω από κανονικό φάσμα ορατότητας, επειδή τα διαφορετικά μήκη κύματος δεν λειτουργούν σταθερά στο σύστημα του χρωματικού πεδίου, που χρησιμοποιείται από τους ανθρώπους. Η κάμερα που χρησιμοποιήθηκε στο εργαστήριο διαθέτει χρωματική παλέτα η οποία προσφέρει τη δυνατότητα τροποποίησης των χρωμάτων για την απεικόνιση των διαφόρων θερμοκρασιών (γκρι, σίδηρο, ουράνιο τόξο).



**Εικόνα 2.2.3 Θερμοφωτογραφίες σε (α) γκρι και σε (β) ουράνιο τόξο**

Έχοντας ορίσει με ένα ευρύ φάσμα χρωμάτων τις διαβαθμίσεις της καταγραφόμενης θερμικής ακτινοβολίας που εκπέμπει το σώμα, περιγράφεται η μορφή του με διαφορετικά χρώματα, ανάλογα με την εκπεμπόμενη θερμική ακτινοβολία από το κάθε σημείο της επιφάνειάς του. Πιο συγκεκριμένα τα πιο φωτεινά (ζεστότερα) μέρη της εικόνας έχουν άσπρο χρώμα, για ενδιάμεσες θερμοκρασίες είναι κόκκινα και κίτρινα και τα πιο σκοτεινά (ψυχρότερα) κομμάτια είναι μπλε, ενώ στην οθόνη αναγράφεται και η θερμοκρασία για το κάθε σημείο μέτρησης. Η σχέση μεταξύ χρωματικής και θερμοκρασιακής διαφοράς απεικονίζεται στη φωτογραφία υπερύθρων που ακολουθεί και που έχει τραβηχτεί μέσα στο Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο .



**Εικόνα 2.2.4 Φωτογραφίες από το Πολυτεχνείο**

Όσο μεγαλύτερη είναι η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ του εξεταζόμενου σώματος και του περιβάλλοντός του, τόσο μεγαλύτερες είναι οι εκπεμπόμενες ροές θερμότητας και άρα τόσο πιο ευκρινείς οι χρωματικές διαφοροποιήσεις στο θερμογράφημα της θερμοκάμερας. Για το λόγο αυτό οι θερμοφωτογραφήσεις είναι περισσότερο αποτελεσματικές, όταν διεξάγονται σε ψυχρή περίοδο και κατά τη διάρκεια της νύκτας (οι ιδανικές συνθήκες μετρήσεως σε κτίρια αναφέρονται αναλυτικά σε επόμενο κεφάλαιο).

Μια θερμοκάμερα λειτουργεί ακόμα και στο απόλυτο σκοτάδι, αφού το επίπεδο του υπάρχοντος φωτός δεν παίζει κανένα ρόλο.

Επίσης διαθέτει τρία είδη συναγερμών: το συναγερμό χρώματος, το συναγερμό σημείου δρόσου και το συναγερμό μόνωσης.

Αναλυτικότερα, στο συναγερμό χρώματος, οι περιοχές με θερμοκρασίες εκτός των τρεχουσών ρυθμίσεων επιπέδου/ εύρους χρωματίζονται με τα χρώματα κορεσμού. Τα χρώματα κορεσμού περιέχουν ένα χρώμα ‘υπερροής’ και ένα χρώμα ‘υπορροής’. Υπάρχει επίσης ένα τρίτο κόκκινο χρώμα κορεσμού που επισημαίνει οτιδήποτε έχει κορεστεί από τον ανιχνευτή, που υποδηλώνει ότι το εύρος θα πρέπει μάλλον να αλλάξει.

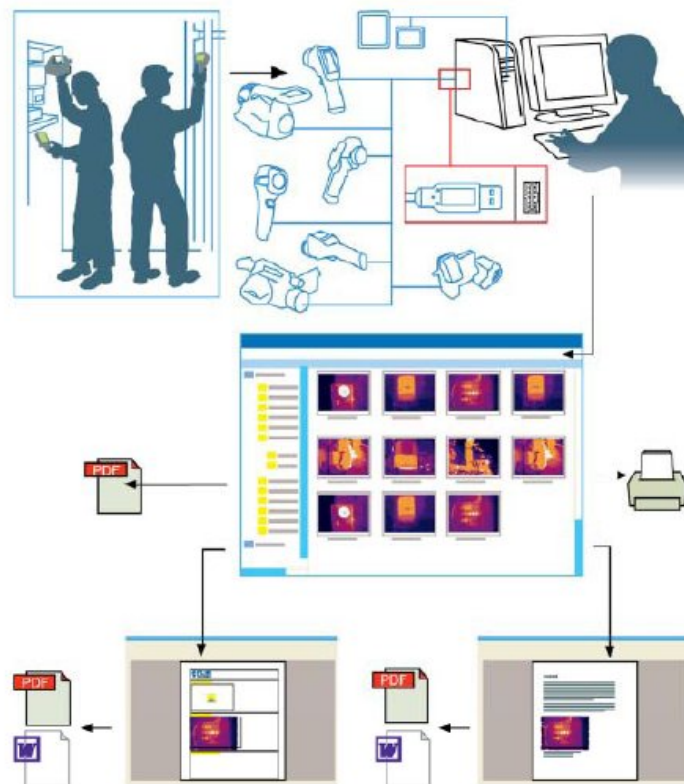
Ο συναγερμός σημείου δρόσου, για μία σειρά από περιβαλλοντικές παραμέτρους, μπορεί να εντοπίσει αυτές τις περιοχές με επικινδυνότητα σχηματισμού

συμπυκνώματος υδρατμών και να προειδοποιήσει ότι εκεί μπορεί να υπάρχει ατέλεια στη δομή της κατασκευής (ρύθμιση: σχετική υγρασία, θερμοκρασία ατμόσφαιρας).

Ο συναγερμός μόνωσης μπορεί να εντοπίσει περιοχές όπου ενδέχεται να υπάρχει ανεπάρκεια στη μόνωση του κτιρίου. Ο συναγερμός αυτός πυροδοτείται όταν το επίπεδο μόνωσης πέφτει κάτω από μια προκαθορισμένη τιμή διαρροής θερμότητας μέσω ενός τοίχου (ρύθμιση: θερμοκρασία εξωτερικού τοίχου, θερμοκρασία εσωτερικού τοίχου, επίπεδο μόνωσης).

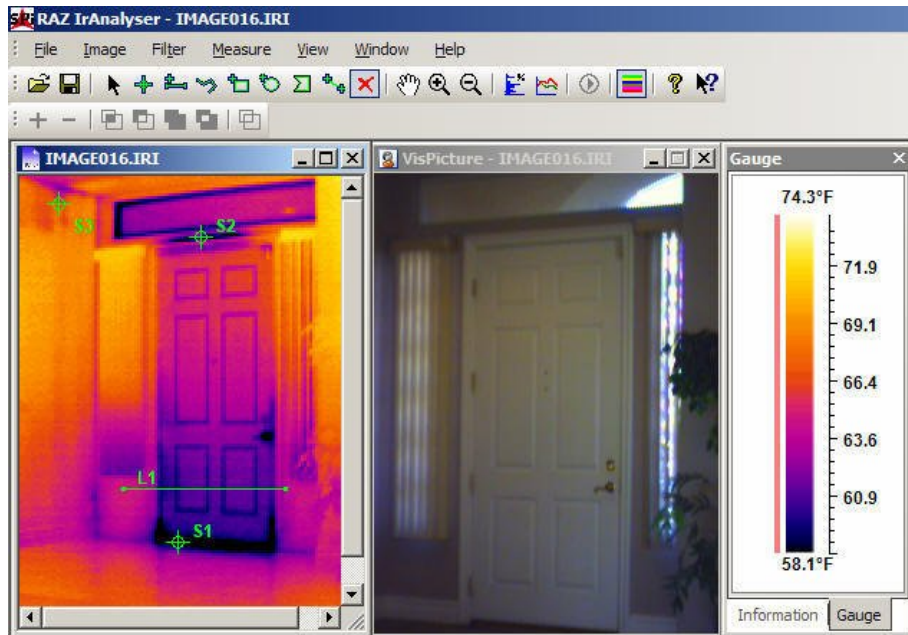
### 2.2.2 Επεξεργασία στοιχείων θερμοκάμερας

Τα στοιχεία που συλλέγονται από τη θερμοκάμερα επεξεργάζονται με ειδικό λογισμικό θερμικής (θερμογραφικής) ανάλυσης, με στόχο την εξαγωγή συμπερασμάτων μηχανικής, ανάλογα με την εφαρμογή. Στο παρακάτω σχήμα φαίνονται τα βήματα που πρέπει να ακολουθηθούν για την επεξεργασία της εικόνας από θερμοκάμερα.



Εικόνα 2.2.5 Ροή εργασίας

Τη λήψη των φωτογραφιών ακολουθεί η επεξεργασία τους με ειδικό λογισμικό μέσω υπολογιστή, οπότε και μπορούν στη συνέχεια να εκτυπωθούν ή να ενταχθούν σε μια τελική έκθεση.

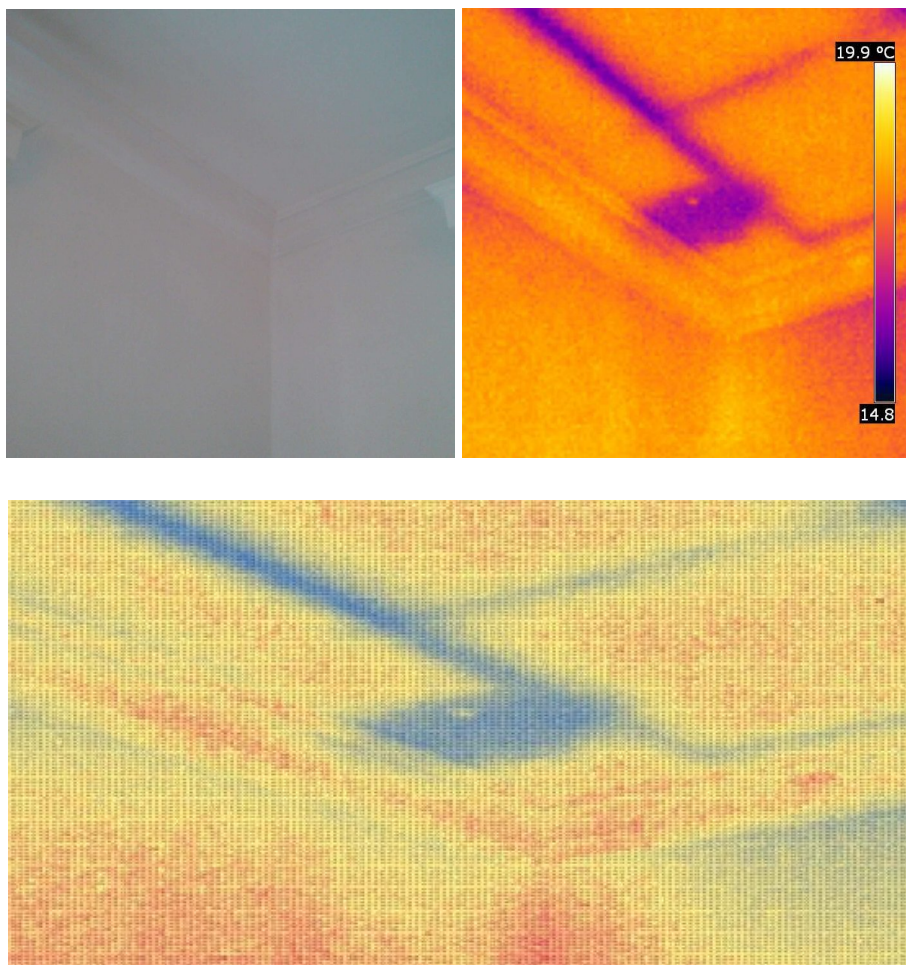


**Εικόνα 2.2.6 Παράδειγμα επεξεργασίας θερμοφωτογραφίας μέσω του υπολογιστή**

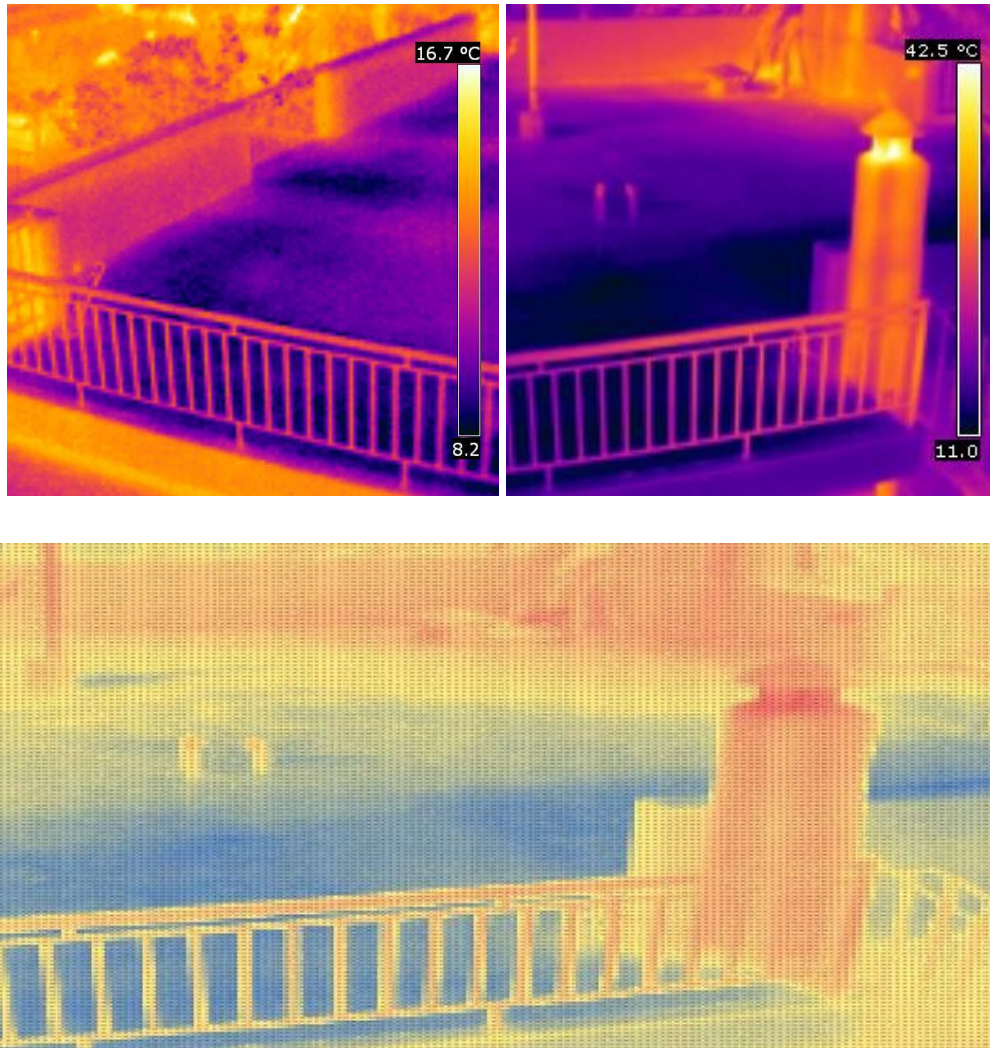
Στην παραπάνω περίπτωση έχει φωτογραφηθεί μια πόρτα εισόδου κατοικίας. Φαίνονται ξεκάθαρα τα σημεία διαφυγής θερμότητας στην κορυφή και το κατώτατο σημείο του κουφώματος της πόρτας.

Μια επιπλέον δυνατότητα που παρέχεται είναι μέσω προγράμματος να πάρουμε τις τιμές της θερμοκρασίας σε excel το οποίο δίνει τη δυνατότητα να απεικονίσω την υπέρυθη εικόνα με τέτοιο τρόπο ώστε κάθε κουτί- pixel στο excel να αντιστοιχεί και σε μια τιμή θερμοκρασίας η οποία και αναγράφεται μέσα στο κουτί, ενώ ταυτόχρονα το κουτί χρωματίζεται με το χρώμα που αντιστοιχεί στην εκάστοτε θερμοκρασία. Ακολουθούν 2 παραδείγματα εικόνων, όπου σε κάθε παράδειγμα φαίνεται η κανονική εικόνα, η υπέρυθη και αυτή του excel.





**Εικόνα 2.2.7 Έλλειψη θερμομόνωσης δώματος**



**Εικόνα 2.2.8 Έλλειψη θερμομόνωσης οροφής**

Τα βασικά στοιχεία μιας έκθεσης είναι:

#### Α' Μέρος



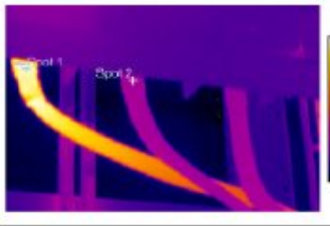
- Τα στοιχεία του πελάτη, όπως π.χ. η επωνυμία της εταιρείας και το ονοματεπώνυμο του υπευθύνου
- Η τοποθεσία όπου έλαβε χώρα η επιθεώρηση: διεύθυνση, πόλη κ.ο.κ. του εργοστασίου
- Η ημερομηνία της επιθεώρησης
- Η ημερομηνία σύνταξης της έκθεσης
- Το ονοματεπώνυμο του τεχνικού θερμογραφίας
- Η υπογραφή του τεχνικού θερμογραφίας
- Μια περίληψη ή ένας πίνακας περιεχομένων

## Β' Μέρος

Σελίδες επιθεώρησης που περιέχουν υπέρυθρες εικόνες για την τεκμηρίωση και την ανάλυση θερμικών ιδιοτήτων ή ανωμαλιών.

- Περιγραφή του επιθεωρούμενου αντικειμένου (χαρακτηρισμός, ονομασία, κωδικός κ.ο.κ., φωτογραφία)
- Υπέρυθρη εικόνα όπου θα λαμβάνονται υπόψη λεπτομέρειες όπως: οπτική εστίαση, θερμική προσαρμογή του σκηνικού ή του προβλήματος (όρια και εύρος), σύνθεση (ορθή απόσταση και
- οπτική εικόνα παρατήρησης), σχολιασμός (βλάβες, φαινόμενα ανάκλασης)
- Χρήση εργαλείου μέτρησης — σημείου, περιοχής ή ισόθερμης — για την ποσοτικοποίηση του προβλήματος. Είναι προτιμότερο να χρησιμοποιείται το απλούστερο δυνατό εργαλείο. Μια γραφική παράσταση προφίλ πολύ σπάνια απαιτείται σε εκθέσεις επιθεώρησης ηλεκτρικών εγκαταστάσεων.

Ακολουθεί ένα παράδειγμα φύλλου τελικής έκθεσης.

	<b>THERMOGRAPHY INSPECTION</b> for <b>FLIR Systems AB</b>		Date: 2005-10-10 Sign: _____ Contract. : 1708																													
	<b>Photograph</b>																															
	<table border="1"> <tr><td>Place</td><td colspan="3">Building 1</td></tr> <tr><td>Localization</td><td colspan="3">Right panel, group 2</td></tr> <tr><td>Equipment</td><td colspan="3">Fuse</td></tr> <tr><td>Model / type</td><td colspan="3">BBC LHBN 250</td></tr> <tr><td>Phase / ID</td><td colspan="3">Supply for Panel 8</td></tr> <tr><td>Room temperature °C</td><td colspan="3">15</td></tr> <tr><td>Status</td><td colspan="3">Over heated</td></tr> </table>				Place	Building 1			Localization	Right panel, group 2			Equipment	Fuse			Model / type	BBC LHBN 250			Phase / ID	Supply for Panel 8			Room temperature °C	15			Status	Over heated		
	Place	Building 1																														
Localization	Right panel, group 2																															
Equipment	Fuse																															
Model / type	BBC LHBN 250																															
Phase / ID	Supply for Panel 8																															
Room temperature °C	15																															
Status	Over heated																															
<b>Thermogram</b>																																
	<table border="1"> <tr><td>Temp. Spot 1</td><td colspan="3">34 °C</td></tr> <tr><td>Temp. Spot 2</td><td colspan="3">17 °C</td></tr> <tr><td><b>TEMPERATURE DIFF</b></td><td colspan="3"><b>17 °C</b></td></tr> <tr><td>Phase</td><td>L1</td><td>L2</td><td>L3</td></tr> <tr><td>Load ( A )</td><td>45</td><td>47</td><td>47</td></tr> <tr><td>Rated load</td><td colspan="3">250</td></tr> <tr><td><b>Fault class</b></td><td colspan="3"><b>2</b></td></tr> </table>				Temp. Spot 1	34 °C			Temp. Spot 2	17 °C			<b>TEMPERATURE DIFF</b>	<b>17 °C</b>			Phase	L1	L2	L3	Load ( A )	45	47	47	Rated load	250			<b>Fault class</b>	<b>2</b>		
	Temp. Spot 1	34 °C																														
Temp. Spot 2	17 °C																															
<b>TEMPERATURE DIFF</b>	<b>17 °C</b>																															
Phase	L1	L2	L3																													
Load ( A )	45	47	47																													
Rated load	250																															
<b>Fault class</b>	<b>2</b>																															
<b>Comment</b>																																
Disconnect cable, clean contact surfaces. Check for connectivity between cable shoe and lead. Replace any defective component. Assemble according to directions with correct torque. Note that load is only 18%. Calculated temperature rise at 50% load would be approximately 104°C. $[ T_{50} = (T_1 - T_2) * (1.25/45)^2 * 1.6 + T_2 ]$																																
<b>Corrected</b>																																
Measure taken: _____ Sign: _____			Date: _____ Sign.: _____																													

Side 1

Εικόνα 2.2.9 Φύλλο τεχνικής έκθεσης

### 2.2.3 Πλεονεκτήματα - μειονεκτήματα

Κάθε μη καταστρεπτική τεχνική έχει τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματά της. Στην περίπτωση της υπέρυθρης θερμογραφίας, τα πλεονεκτήματα είναι τα ακόλουθα:

- γρήγορη επιθεώρηση μεγάλων επιφανειών (μέχρι μερικά m<sup>2</sup> κάθε φορά)
- ανίχνευση μη ορατών σφαλμάτων και εντοπισμός τους με ακρίβεια
- επιθεώρηση χωρίς επαφή με το υπό εξέταση αντικείμενο
- έγκαιρος εντοπισμός αστοχίας που συντελεί στην πρόγνωση ανεπιθύμητων καταστάσεων



- η ασφάλεια του προσωπικού (δεδομένου ότι δεν υπάρχει καμία σχετική επιβλαβής ακτινοβολία)
- αποτελεσματικότερη συντήρηση
- τα αποτελέσματα είναι σχετικά εύκολο να μελετηθούν δεδομένου ότι οι εικόνες μπορούν να υποβληθούν σε επεξεργασία για να εξαχθούν περισσότερες πληροφορίες
- ευρεία έκταση των εφαρμογών
- είναι ίσως το μοναδικό εργαλείο επιθεώρησης σε κάποιες περιπτώσεις (π.χ. όπως στην περίπτωση μερικών κεραμικών επιστρωμάτων που επιθεωρούνται μετά βίας με άλλες μη καταστρεπτικές τεχνικές ή στην περίπτωση ερευνών στη διάρκεια συντήρησης).
- Προσφέρει στον εκάστοτε πελάτη τη δυνατότητα οπτικοποίησης των προβλημάτων και όχι απλώς μιας γραπτής αναφοράς
- Καθιστά γνωστές τις πραγματικά απαραίτητες διορθωτικές ενέργειες ώστε να δοθεί προτεραιότητα στις πιο απαραίτητες εξ' αυτών
- Ανταγωνιστικό κόστος λαμβάνοντας υπόψη αυτά που προσφέρει σε σχέση με άλλες μεθόδους ενεργειακής επιθεώρησης
- Δυνατότητα ενεργειακού ελέγχου κτιρίων πριν την αγορά τους

Από την άλλη, υπάρχουν μερικά μειονεκτήματα όπως:

- δυσκολία απόκτησης μιας γρήγορης, ομοιόμορφης και ιδιαίτερα ενεργητικής θερμικής διέγερσης πάνω σε μια μεγάλη επιφάνεια.
- επίδραση των θερμικών απωλειών (εκ μεταφοράς, ακτινοβολίας) που συνήθως προκαλούν ψεύτικες μεταβολές θερμοκρασίας και έχουν επιπτώσεις στην αξιοπιστία της μέτρησης.
- δυνατότητα επιθεώρησης ενός περιορισμένου πάχους υλικού κάτω από την επιφάνεια.



## ***Κεφάλαιο 3. Εφαρμογές θερμοκάμερας***

---



## 3. Εφαρμογές θερμοκάμερας

### 3.1 Περιπτώσεις χρήσης θερμοκάμερας

Η θερμοκάμερα είναι ένα πολύτιμο εργαλείο με ποικίλες εφαρμογές. Αποτελεί την κυριότερη και αποτελεσματικότερη μέθοδο μη καταστρεπτικού ελέγχου. Μερικές από τις εφαρμογές της υπέρυθρης θερμογραφίας είναι:

- στην ιατρική (ανίχνευση καρκίνου του μαστού, αναπνευστικών ασθενειών, αρθρίτιδας κ.α.)
- στο περιβάλλον και συγκεκριμένα σε περιβαλλοντικές επιθεωρήσεις όπου συντελεί στον εντοπισμό των περιοχών διάθεσης αποβλήτων ή παλαιών θαμμένων δεξαμενών
- στην αεροδιαστημική
- σε πετροχημικές εφαρμογές (δυλιστήρια)
- στον ηλεκτρονικό εξοπλισμό για την επιθεώρηση και την αξιολόγηση υβριδικών μικροκυκλωμάτων και κυρίως
- σε ηλεκτρικές εγκαταστάσεις, όπου η θερμογραφική επιθεώρηση εφαρμόζεται σε τρεις κύριους τομείς, στην παραγωγή, τη μεταφορά και τη διανομή της ηλεκτρικής ενέργειας. Η θερμοκάμερα χρησιμοποιείται από τους τεχνικούς συντήρησης των υψηλών γραμμών για να εντοπίζονται τα υπέρθερμα σημεία και μέρη, ώστε να εξαλειφθούν πιθανοί κίνδυνοι. Ανιχνεύει την υπερθέρμανση στις κεραίες, τους οδηγούς κυμάτων, τα καλώδια και τις δομές πλαισίων, εντοπίζει τις διαρροές στα υδραυλικά, ενώ μπορεί να ελέγξει τη λειτουργία συστημάτων κλιματισμού (π.χ. μειωμένης απόδοσης).
- στη θερμική επιθεώρηση κτιριακών εγκαταστάσεων προσδιορίζοντας τη θερμική κατάστασή τους, **διαρροές αέρα, απώλειες θερμότητας ή ενέργειας και διείσδυση κρύου αέρα** μέσα από τοίχους, οροφές, πατώματα, πόρτες και παράθυρα (αναλυτικά αναγράφονται παρακάτω).

Συχνά μάλιστα, για την ανίχνευση διαρροών αέρα η μέθοδος της θερμογραφίας συνδυάζεται με ένα εργαλείο που ονομάζεται “blower door”. Μια “blower door” είναι μια συσκευή με έναν ανεμιστήρα μεταβλητής ταχύτητας και μετρητές ροής. Εγκαθίσταται προσωρινά σε μια εξωτερική πόρτα με τη χρήση ενός πλαισίου και ενός ειδικού τυλίγματος. Αφού όλα τα εξωτερικά ανοίγματα σφραγιστούν, οι εσωτερικές πόρτες παραμείνουν ανοικτές και οι συσκευές καύσης κλειστές και τα τζάκια καλυφθούν, ο ανεμιστήρας της “blower door” αρχίζει να ελαττώνει την πίεση στην κατοικία τραβώντας τον εσωτερικό αέρα έξω από το κτίριο. Με τη

διαφορά πίεσης που δημιουργείται (γύρω στα 50 Pa) σχεδόν προσομοιώνεται η επίδραση ενός αέρα με ταχύτητα 20 μίλια ανά ώρα σε όλες τις πλευρές του κτιρίου. Ο αέρας εισέρχεται στην κατοικία μέσω των ανοιγμάτων. Με τη βοήθεια της θερμοκάμερας εντοπίζονται οι περιοχές διήθησης αέρα.



Εικόνα 3.1.1 Εγκατάσταση “blower door”

Εάν ο ανεμιστήρας δεν είναι απαραίτητο να δουλέψει πολύ για να επιτύχει αυτήν την διαφορά πίεσης, αυτό συνεπάγεται ότι η κατοικία δεν έχει πολλές διαρροές. Εάν πρέπει να δουλέψει αρκετά για να επιτύχει αυτήν την διαφορά πίεσης, αυτό σημαίνει ότι υπάρχουν ουσιώδη ανοίγματα μεταξύ του εσωτερικού και του εξωτερικού του κελύφους.

Η θερμογραφία συμβάλει επιπλέον και στον άμεσο και ακριβή εντοπισμό της ελλιπούς ή κατεστραμμένης λόγω φυσικής φθοράς με την πάροδο του χρόνου ή ακόμα και υγρής **μόνωσης** σε μεσοπατώματα, ψευδοδάπεδα, προσόψεις και στέγες, ενώ γενικά χρησιμοποιείται για την αξιολόγηση της ακεραιότητας ενός ευρέος φάσματος συστημάτων **στεγών** για λόγους συντήρησης και αποτελεσματικότητας.

Εκτός από τον εντοπισμό προβλημάτων μόνωσης, χρησιμοποιείται για τον εντοπισμό της **υγρασίας**, της **μούχλας**, της **συμπύκνωσης**, των **διαρροών νερού** (όπως π.χ. από ελαττωματικές βαλβίδες θερμαντικών σωμάτων), της **διείσδυσης νερού**, των **ατελειών** και πιθανών **κοιλοτήτων** στα τοιχώματα και τις οροφές των κτιρίων, παρέχοντας τη δυνατότητα να επισκευαστεί το όποιο πρόβλημα προτού αυτό επεκταθεί. Χρησιμοποιείται ευρέως στον προσδιορισμό της ευστάθειας του σκυροδέματος, την ανίχνευση και τον εντοπισμό καλωδίων και σωληνώσεων θέρμανσης που εκπέμπουν ακτινοβολία, διαφορετικών υλικών μέσα σε μία κατασκευή και υποεπιφανειακών ανωμαλιών στα υλικά, ακόμα και την ανίχνευση

στηριγμάτων ξυλείας και γενικά την ανίχνευση **κατασκευαστικών ελαττωμάτων** (όπως χαλασμένη τοποθέτηση διπλών υαλοπινάκων).

Αποδεικνύεται επίσης ιδιαίτερα χρήσιμη και στον εντοπισμό των **θερμικών γεφυρών (θερμογεφυρών)** στο κτιριακό κέλυφος. Ως θερμογέφυρα ορίζεται το τμήμα εκείνο του περιβλήματος του κτιρίου, στο οποίο η θερμική του αντίσταση εμφανίζεται μειωμένη συγκριτικά με τη θερμική αντίσταση στο υπόλοιπο κέλυφος και κατά συνέπεια στη θέση εκείνη η θερμική ροή είναι αυξημένη. Γι' αυτό το λόγο και οι θερμογέφυρες θεωρούνται ως τα "ασθενή" σημεία του κτιριακού κελύφους και λειτουργούν επιβαρυντικά στη θερμική του προστασία, ευνοώντας την εκδήλωση του φαινομένου της συμπίκνωσης των υδρατμών και την ανάπτυξη μυκήτων μούχλας και διαφόρων μικροοργανισμών στην επιφάνεια των δομικών στοιχείων. Ως συνέχεια αυτού, η θερμοκάμερα βοηθάει και στον καθορισμό της πιθανότητας εισβολής και προσβολής από παράσιτα και έντομα και άλλων μολυσματικών παραγόντων.

Τέλος, έχει εφαρμογή στην πυρόσβεση, καθώς εντοπίζει τις πυρκαγιές χαμηλής έντασης (προλαβαίνοντας τυχόν επέκτασή τους) σε δασικά εδάφη και ανθρώπους σε φλεγόμενα κτίρια συνδράμοντας σημαντικά στην έγκαιρη διάσωσή τους. Εφαρμόζεται και στην οδοποιία, καθώς εντοπίζει τις μη ομοιόμορφες πυκνότητες στην καυτή επίστρωση των διαφόρων μιγμάτων της ασφάλτου.

### **3.2 Συνθήκες μετρήσεως σε κτίρια**

Κατά την διάρκεια των μετρήσεων για την μεγαλύτερη δυνατή ακρίβεια πρέπει να υπάρχουν όσο το δυνατό μεγαλύτερες διαφορές θερμοκρασιών ανάμεσα στο εσωτερικό της κατασκευής και το περιβάλλον. Ο ιδανικότερος χρόνος μέτρησης είναι το χειμώνα, ημέρα με ελάχιστη ή κατά προτίμηση καθόλου ηλιοφάνεια. Η προς μέτρηση επιφάνεια πρέπει να είναι κατά το δυνατόν κάθετη προς τον άξονα της μέτρησης.

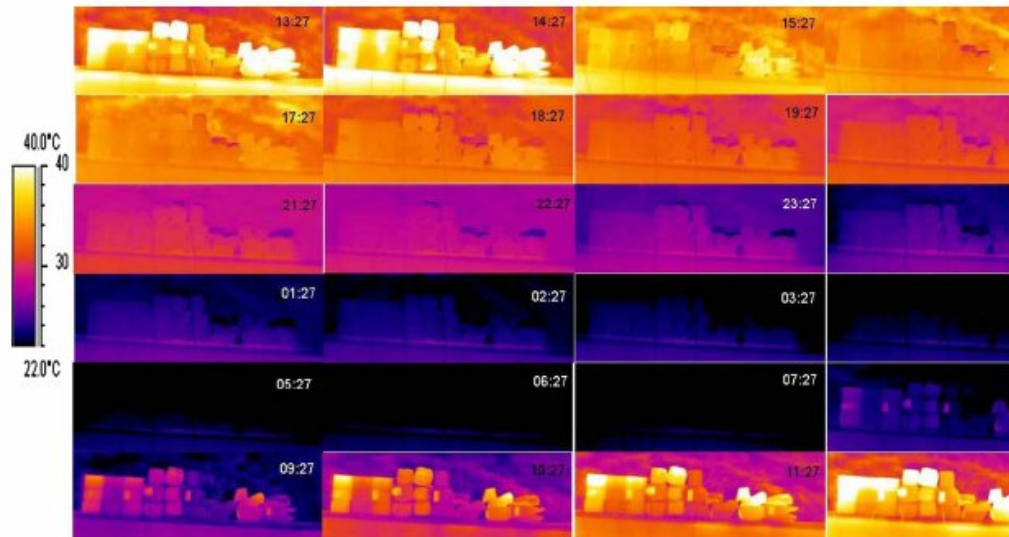
Η θερμογραφία εξυπηρετεί στην ερμηνεία της κατάστασης αλλά και μερικές φορές στον προσδιορισμό του είδους των υλικών που βρίσκονται στην κατασκευή. Ακολουθεί ένας πίνακας στον οποίο αναγράφονται οι ιδανικές συνθήκες μετρήσεως σε κτίρια για κάθε περίπτωση εντοπισμού προβλημάτων.

**Πίνακας 3.1 Ιδανικές συνθήκες μετρήσεως σε κτίρια για εντοπισμό προβλημάτων μέσω θερμοκάμερας**

Στον εντοπισμό θερμικών γεφυρών (κακής μόνωσης)	<p>Ιδανικές συνθήκες:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ελάχιστη ή καθόλου ηλιακή ακτινοβολία</li> <li>• αποκατάσταση θερμικής ισορροπίας σε ένα κτίριο για αρκετό χρονικό διάστημα</li> <li>• ύπαρξη μεγάλων θερμοκρασιακών διαφορών ανάμεσα στον εσωτερικό και εξωτερικό χώρο του κτιρίου</li> </ul>
Στον εντοπισμό διαφυγών θερμού αέρα μέσα από την κατασκευή	
Στον εντοπισμό αγωγών	<p>Ιδανικές συνθήκες:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ροή ζεστού ή ψυχρού υγρού ή αέρα μέσα στους αγωγούς</li> </ul>
Στην ύπαρξη διαφορετικών υλικών πίσω από ενιαία επιφάνεια (π.χ ξύλο, πέτρα ή σκυρόδεμα κάτω από μια ενιαία επιχρισμένη επιφάνεια)	<p>Ιδανικές συνθήκες:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• καθαρός ουρανός</li> <li>• έντονη ηλιακή ακτινοβολία</li> <li>• ασθενείς άνεμοι</li> <li>• η θερμοκρασία εδάφους να είναι πάνω από 0°C</li> <li>• κατά τη νυχτερινή θερμογράφηση δε θα πρέπει να υπάρχουν σύννεφα (γιατί ανατακλούν την υπέρυθη ακτινοβολία)</li> <li>• η θερμογράφηση να γίνεται όταν ο ρυθμός μεταβολής της θέρμανσης ή της ψύξης είναι μεγάλος, δηλαδή είτε νωρίς το πρωί είτε αμέσως μετά τη δύση του ηλίου</li> </ul> <p>Κατάσταση υλικού</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• καθαρισμός της επιφάνειας από χαλαρά υλικά</li> <li>• να μη γίνεται έλεγχος σε επιφάνειες με νερό, πάγο ή χιόνι. Οι υγρές επιφάνειες να στεγνώσουν επί τουλάχιστον ένα εικοσιτετράωρο (εκτός των περιπτώσεων ανίχνευσης νερού μέσα στα υλικά)</li> </ul>
Στην ύπαρξη εσωτερικών ανωμαλιών, κενών ή ρωγμών σε επιφάνειες (π.χ σε καταστρώματα γεφυρών)	
Στον εντοπισμό υγρασίας στα υλικά	

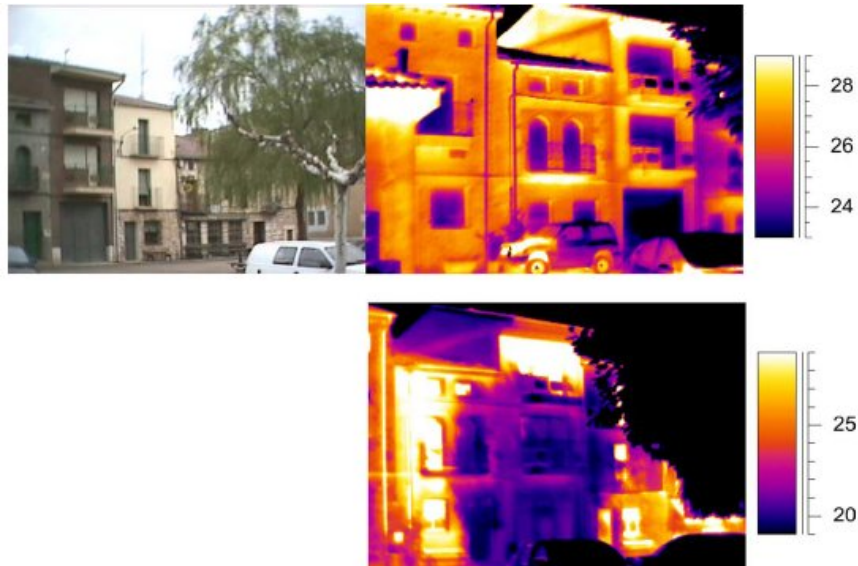
Οι επόμενες θερμοφωτογραφίες αποδεικνύουν τη σημασία της τήρησης των συνθηκών μέτρησης σε κτίρια.





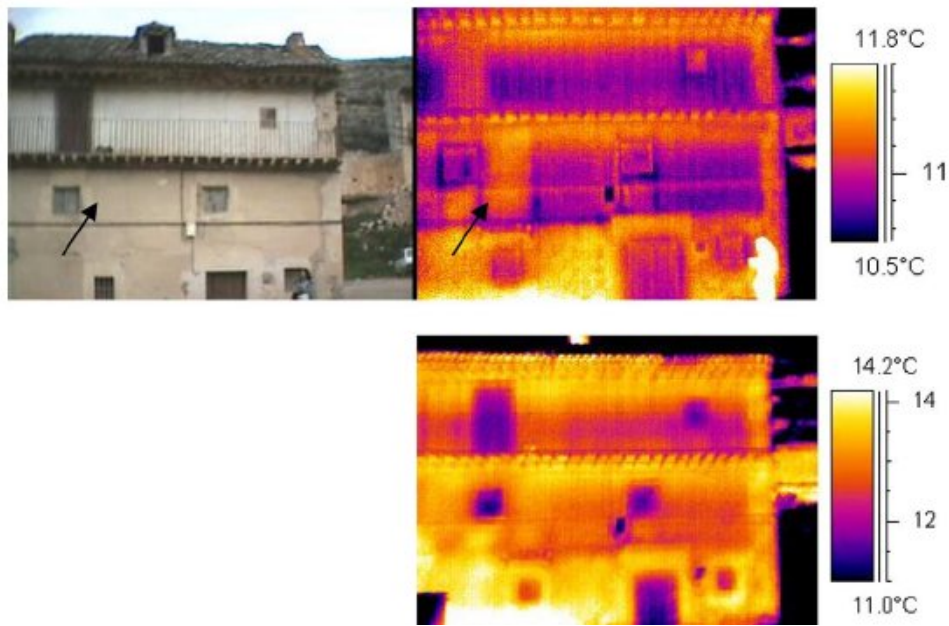
**Εικόνα 3.2.1** Θερμοφωτογραφίες που τραβήχτηκαν με διαφορά μιας ώρας χρησιμοποιώντας την ίδια κλίμακα θερμοκρασιών.

Στις παραπάνω θερμοφωτογραφίες υψηλές διαφορές μεταξύ των υλικών παρατηρήθηκαν όταν η ηλιακή ακτινοβολία έφτασε στην υψηλότερη τιμή της. Χρησιμοποιώντας αυτήν την κλίμακα θερμοκρασιών από 15:27 μέχρι 9:27 δεν είναι δυνατή η διάκριση των διαφορετικών υλικών.



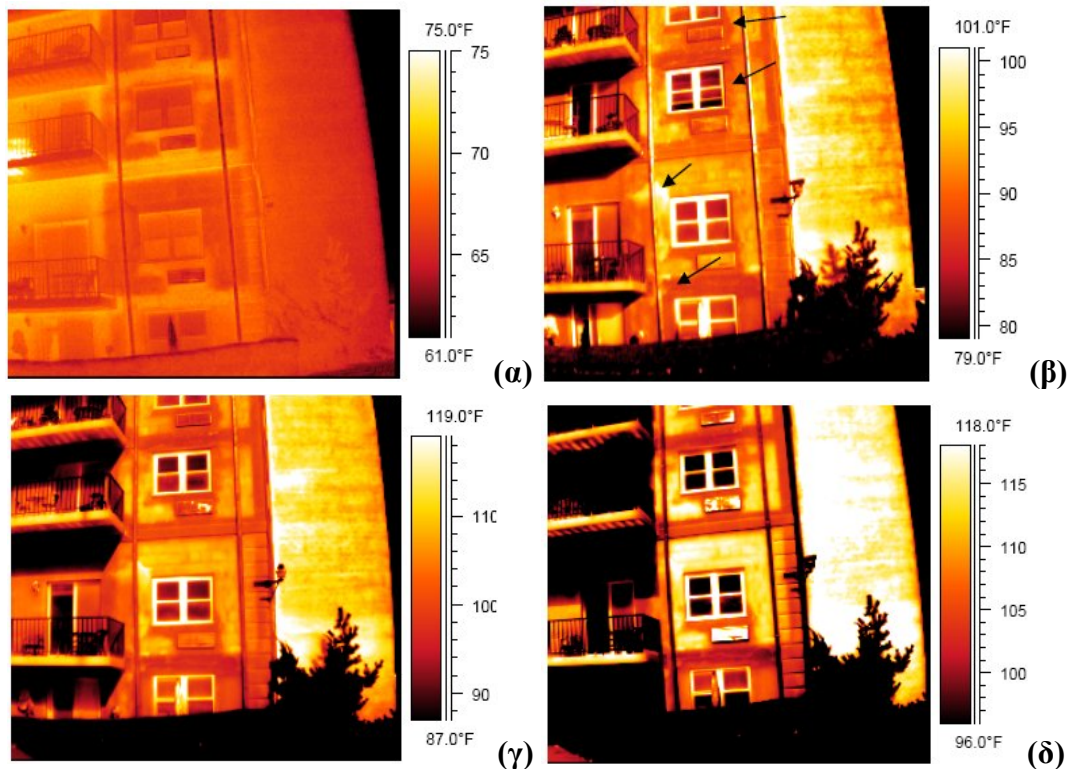
**Εικόνα 3.2.2** Πάνω: θερμοφωτογραφία που τραβήχτηκε τη νύχτα  
Κάτω: θερμοφωτογραφία που τραβήχτηκε το πρωί.

Στη δεύτερη θερμοφωτογραφία ένα μέρος φαίνεται να έχει χαμηλότερη θερμοκρασία λόγω της σκιάς ενός δέντρου. Σ' αυτήν την περίπτωση είναι προτιμότερο η έρευνα να γίνει τη νύχτα.



**Εικόνα 3.2.3 Πρόσωση ενός αγροτικού σπιτιού**  
**Πάνω :** θερμοφωτογραφία που τραβήχτηκε τη μέρα  
**Κάτω:** θερμοφωτογραφία που τραβήχτηκε τη νύχτα

Στην πάνω θερμοφωτογραφία τα βέλη υποδηλώνουν την ύπαρξη ενός κρυμμένου ανοίγματος, το οποίο δε γίνεται αντιληπτό στην κάτω θερμοφωτογραφία. Σ' αυτήν την περίπτωση είναι προτιμότερο η έρευνα να γίνει τη μέρα.



**Εικόνα 3.2.4** Θερμοφωτογραφίες του ίδιου κτιρίου σε διαφορετικές ώρες της ίδιας ημέρας

(α) 6:01:49 π.μ., (β) 7:50:28 π.μ., (γ) 9:06:52 π.μ., (δ) 10:48:28 π.μ

Στην πρώτη θερμοφωτογραφία οι ύποπτες υγρές περιοχές φαίνονται πιο θερμές από τον ξηρό τοίχο. Στη δεύτερη το κτίριο έχει αρχίσει να λαμβάνει ζέστη. Οι προβληματικές περιοχές έχουν γίνει ορατές, όπως φαίνεται και από τα βέλη.

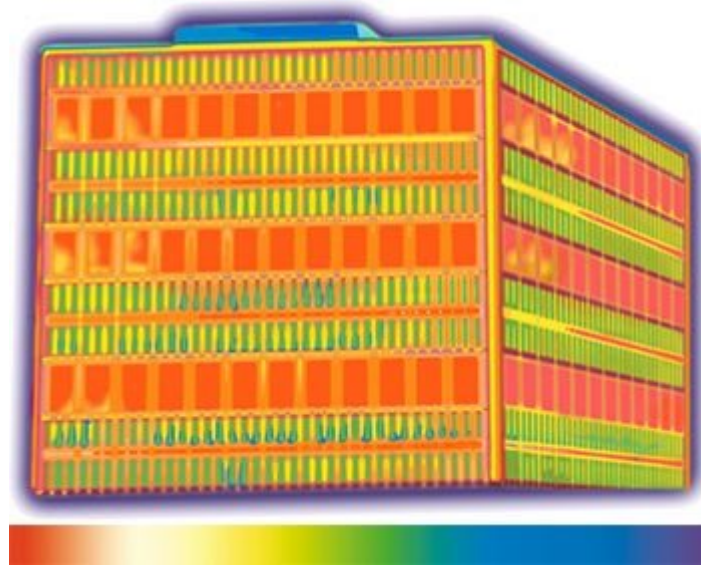
### 3.3 Παραδείγματα χρησιμοποίησης θερμοκάμερας

#### 3.3.1 Θερμογέφυρες

##### 3.3.1.1 Ορισμός θερμογέφυρας

Οι θερμογέφυρες είναι συνδέσεις σε σημεία όπου η μόνωση δεν είναι συνεχής γεγονός που προκαλεί την απώλεια θερμότητας. Συγκεκριμένα, εμφανίζονται στα κτιριακά κελύφη όταν υπάρχει κενό μεταξύ των υλικών (σχετικά υψηλής θερμικής αγωγιμότητας υλικά, όπως ο χάλυβας και το σκυρόδεμα) και της επιφάνειας του κτιρίου, οπότε δημιουργείται ένα είδος ‘δρόμου’ για απώλεια θερμότητας παρά την ύπαρξη θερμομόνωσης σε κάποιες περιπτώσεις. Η θερμότητα ακολουθεί το ευκολότερο μονοπάτι από το θερμό μέρος προς τα έξω – το μονοπάτι με τη μικρότερη αντίσταση. Αυτό δεν είναι απαραίτητα το μονοπάτι που είναι κάθετο στις επιφάνειες. Πολύ συχνά, η θερμότητα θα ‘κόψει’ δρόμο μέσα από ένα στοιχείο που έχει μεγαλύτερη αγωγιμότητα από το περιβάλλον υλικό. Αυτό είναι και η λεγόμενη θερμογέφυρα, δηλαδή ένα θερμικά αγωγίμο υλικό το οποίο διαπερνά ή παρακάμπτει ένα σύστημα μόνωσης όπως ένας σύνδεσμος μετάλλων, ένα δοκάρι,

μια πλάκα ή μια κολώνα. Αυτή η επίδραση είναι ιδιαίτερα σημαντική στα κρύα κλίματα κατά τη διάρκεια του χειμώνα όταν η διαφορά εσωτερικής και εξωτερικής θερμοκρασίας είναι πολύ μεγάλη.



**Εικόνα 3.3.1.1 Γραφική απεικόνιση θερμογέφυρας μέσα από ένα τυπικό κτιριακό κέλυφος.**

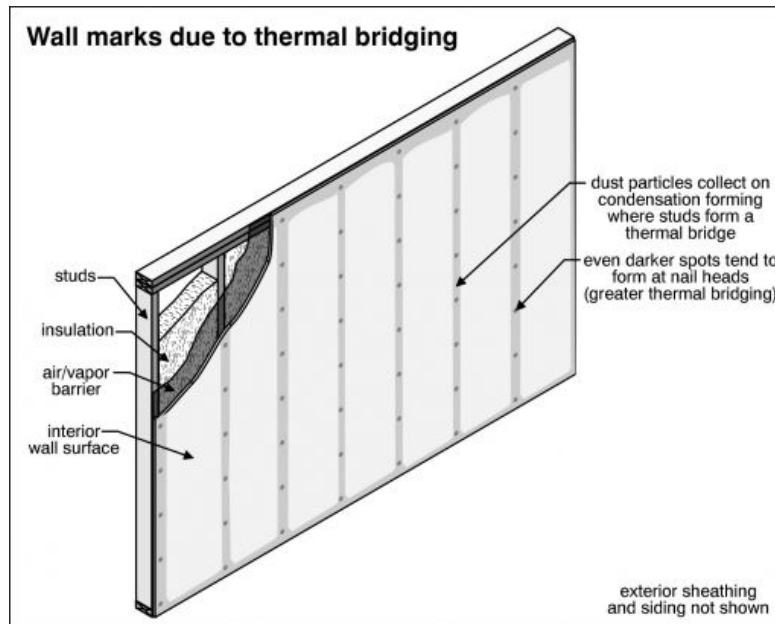
Στο ανωτέρω κέλυφος το κόκκινο χρώμα υποδεικνύει την απώλεια θερμότητας, ενώ το μωβ το αντίθετο. Οι κίτρινες περιοχές αντιστοιχούν στις πολύ υψηλές απώλειες θερμότητας μέσα από μη μονωμένα στηρίγματα χάλυβα.

### **3.3.1.2 Ενσωματωμένες θερμογέφυρες**

Ένας τοίχος ή ένα πάτωμα σχεδόν πάντα αποτελείται από διάφορα συστατικά που είναι κολλημένα μεταξύ τους, βιδωμένα ή ενωμένα με μηχανικό τρόπο. Εάν δεν είναι καλά σχεδιασμένα, αυτά τα συστήματα μπορούν να προκαλέσουν θερμογέφυρες, από όπου και προκύπτει το όνομα των ενσωματωμένων θερμογεφυρών.

### **3.3.1.3 Σημεία εμφάνισης θερμογέφυρας**

Στο ακόλουθο σχήμα φαίνονται όλα τα πιθανά σημεία σχηματισμού θερμογέφυρας σε ένα τμήμα κελύφους.



**Εικόνα 3.3.1.2 Σημεία σχηματισμού θερμογέφυρας**

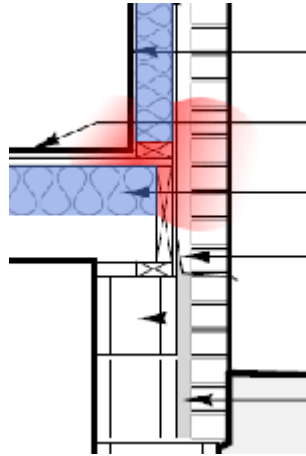
Γενικά, η θερμογέφυρα εμφανίζεται σε μία από τις ακόλουθες περιπτώσεις:

- Δεν υπάρχει επαρκής μόνωση στους τοίχους ή τις οροφές και έτσι ο κρύος και ο θερμός αέρας συναντιούνται στην επιφάνεια προκαλώντας συμπύκνωση.
- Το σπίτι 'σφραγίζεται' πάρα πολύ στενά, είναι εσφαλμένα μονωμένο και η θερμογέφυρα εμφανίζεται στο φράγμα που φαίνεται στην παραπάνω εικόνα (plastic vapor barrier ) και από τις δύο πλευρές.

Η δεύτερη περίπτωση είναι πιθανότερη από την πρώτη. Η υγρασία εμφανίζεται εκεί που είναι τα στηρίγματα καθώς εκεί προσκολλώνται τα μόρια νερού. Τα τελευταία στάζουν κάτω από το πλαστικό και, τουλάχιστον μερικώς, απορροφώνται από το ξύλο δημιουργώντας ένα σημείο υγρασίας που τελικά επεκτείνεται κατά μήκος των στηριγμάτων.

Μια κοινή θερμική γέφυρα σε κατοικημένες κατασκευές εμφανίζεται στις διασταυρώσεις τοίχου--ταβανιού και τοίχου--πατώματος, όπου οι ξύλινες συνδέσεις στηριγμάτων είναι ανεπαρκώς μονωμένες όπως φαίνεται στην επόμενη εικόνα.





**Εικόνα 3.3.1.3 Κοινή θερμική γέφυρα**

Επίσης, η θερμογέφυρα μπορεί να δημιουργηθεί σε όλων των ειδών τις συνδέσεις που μπορεί να υπάρχουν σε ένα κτίριο: συνδέσεις όψεων και πατωμάτων, κάθετων τοίχων σε αυτές, στεγών και χαμηλότερων ορόφων. Επίσης, εμφανίζονται κάθε φορά που υπάρχει κάποια τρύπα (πόρτες, παράθυρα), αλλά και σε όλα τα κτίρια από μέταλλο. Αυτού του είδους οι θερμογέφυρες ποικίλουν σε σημασία ανάλογα με τον τύπο του τοίχου ή της στέγης (μονωμένων ή μη).

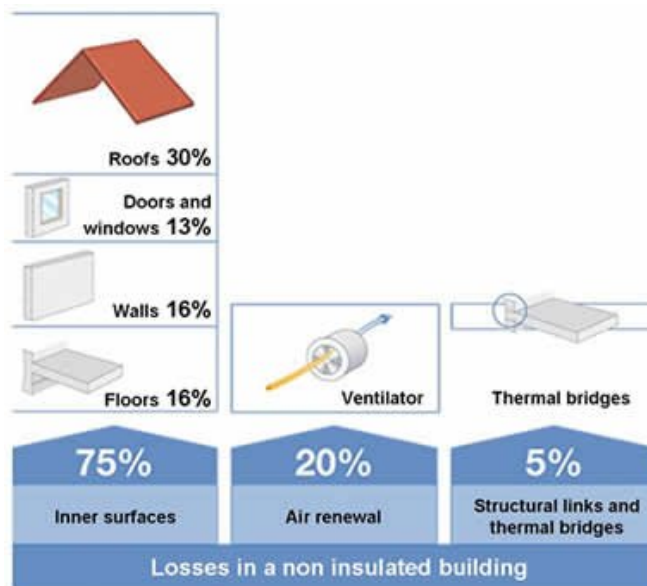
#### **3.3.1.4 Συνέπειες θερμογέφυρας**

Το φαινόμενο της θερμογέφυρας μπορεί να οδηγήσει σε μια υψηλότερη ανταλλαγή θερμότητας μεταξύ εσωτερικού και του εξωτερικού - απώλεια θερμότητας ή διείσδυση αέρα, ανάλογα με το κλίμα - και έτσι σε απώλεια θερμότητας και μείωση στη ενεργειακή αποδοτικότητα του κτιρίου. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία κρύων σημείων στο εσωτερικό ενός κτιρίου, στα σημεία συνάντησης των τοίχων, άρα και χαμηλότερες θερμοκρασίες στις εσωτερικές επιφάνειες, γεγονός που στη χειρότερη περίπτωση μπορεί να οδηγήσει σε προβλήματα συμπύκνωσης, ειδικά στις γωνίες ενός κτιρίου. Εκτός από τη συμπύκνωση, τα κρύα σημεία λόγω των θερμογεφυρών μπορούν να οδηγήσουν στην απόθεση μορίων στον τοίχο όπως φαίνεται στην κατωτέρω εικόνα.



**Εικόνα 3.3.1.4 Απόθεση μορίων σε τοίχο**

Σε ένα κτίριο που δεν είναι επαρκώς μονωμένο, οι θερμογέφυρες αντιπροσωπεύουν ένα μικρό ποσοστό απωλειών θερμότητας (συνήθως μικρότερο από 20%) , καθώς οι συνολικές απώλειες μέσω των τοίχων και των στεγών είναι πολύ περισσότερες. Παρόλ' αυτά, όταν οι τοίχοι και οι στέγες είναι καλά μονωμένα, το ποσοστό των απωλειών που οφείλονται στις θερμογέφυρες αυξάνεται (περισσότερο από 30%), αλλά οι συνολικές απώλειες είναι πολύ χαμηλές. Γι' αυτό είναι σημαντικό σε χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης κτίρια να υπάρχουν υψηλές αντιστάσεις στους τοίχους, ενώ οι στέγες πρέπει να έχουν χαμηλές ενεργειακές απώλειες μέσω των συνδέσεων.

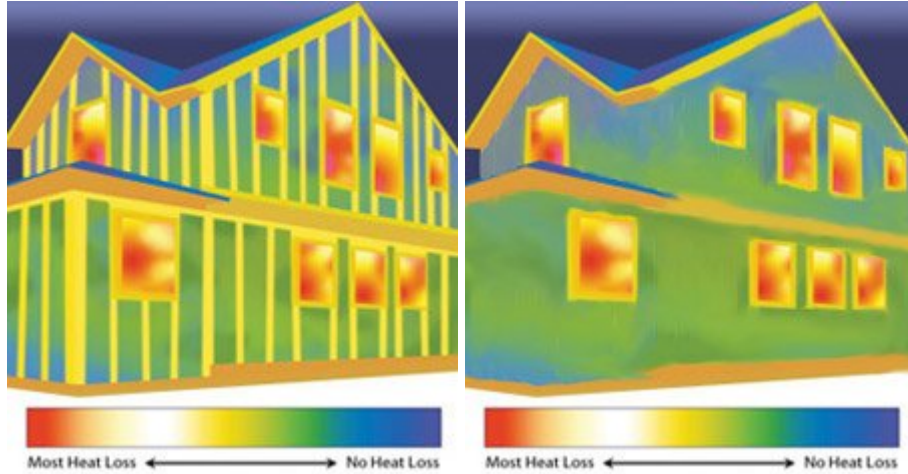


**Εικόνα 3.3.1.5 Απώλειες σε μη μονωμένο κτίριο**

### 3.3.1.5 Αντιμετώπιση θερμογεφυρών

Σε σχεδιαστικό επίπεδο, είναι απαραίτητη η επιλογή κατασκευαστικών διαδικασιών και στοιχείων που μειώνουν τις απώλειες από τις επιφάνειες όσο το δυνατό περισσότερο. Ανάλογα με τα είδη μονώσεων που χρησιμοποιούνται, υπάρχουν αντίστοιχες λύσεις είτε θερμικής είτε ακουστικής προστασίας. Γενικότερα, στην

περίπτωση των ανεξάρτητων σπιτιών, μια καλή μόνωση στα πατώματα είναι απαραίτητη και ανάλογα με τη μόνωση στον τοίχο θα πρέπει το πάτωμα είτε να καλύπτεται από ένα επιπλέον πάτωμα είτε να έχει κάποια ενσωματωμένη μόνωση.

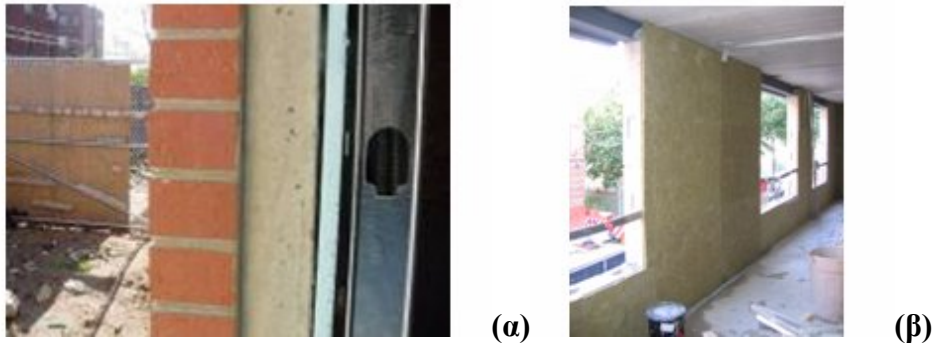


**Εικόνα 3.3.1.6 Αντιπαράθεση παραδοσιακής μόνωσης με θερμική μόνωση σε ολόκληρη την επιφάνεια του κτιρίου**

Η φωτογραφία στα αριστερά απεικονίζει μια θερμογέφυρα μέσα από τις κολώνες ενός σπιτιού όταν η παραδοσιακή μόνωση δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί. Σε αντιπαράθεση τίθεται η φωτογραφία στα δεξιά όπου με τη χρήση θερμικής μόνωσης σε ολόκληρη την επιφάνεια του κτιρίου, μειώνεται αισθητά η ροή ενέργειας μέσα από τις περιοχές της θερμογέφυρας.

Αναλυτικότερα, η βασική προσέγγιση για την ελαχιστοποίηση του φαινομένου της θερμογέφυρας είναι η σχεδίαση ενός τοίχου με ένα θερμικό κέλυφος (στρώμα μόνωσης) που είναι συνεχές σε όλες τις συνδέσεις. Αυτό το στρώμα μόνωσης πρέπει επομένως να καλύπτει εντελώς είτε το εσωτερικό είτε το εξωτερικό του σκυροδέματος ή του χάλυβα. Στην παρακάτω εικόνα φαίνονται τα συνεχή στρώματα της μόνωσης που εγκαθίσταται στο εξωτερικό του πλαισίου από χάλυβα που ελαχιστοποιεί τη θερμογέφυρα, παρά την ύπαρξη στηριγμάτων. Αυτή η μόνωση διακόπτεται από τη σανίδα σκυροδέματος και επομένως δεν προκαλεί θερμογέφυρα στην άκρη των σανίδων στα πατώματα, ενώ δεν ισχύει το ίδιο με μόνωση πετροβάμβακα πάχους μίας ίντσας, η οποία μπορεί να αφήσει να προκληθεί θερμογέφυρα. Και οι δύο περιπτώσεις φαίνονται στις ακόλουθες εικόνες.



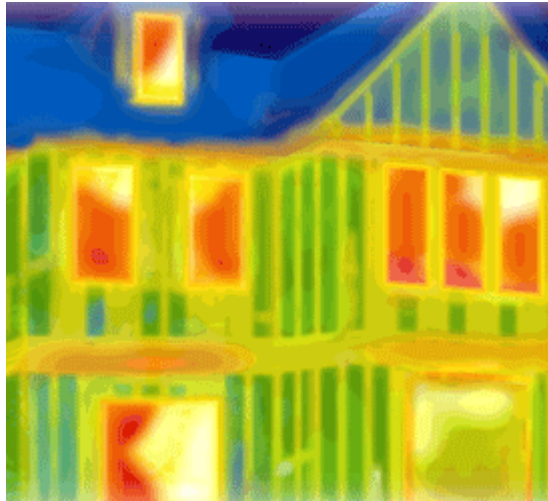


**Εικόνα 3.3.1.7 (α) Συνεχή στρώματα μόνωσης στο εξωτερικό πλαίσιο από χάλυβα  
(β) Μόνωση πετροβάμβακα**

Για τις πιο σύνθετες κατασκευές, μπορεί να χρησιμοποιηθεί το THERM, ένα λογισμικό πρόγραμμα αναπτυγμένο από το εργαστήριο του Lawrence Berkeley (LBNL) που ειδικεύεται στην αξιολόγηση της θερμικής απόδοσης των κτιρίων. Αυτό το λογισμικό περιλαμβάνει επιπλέον μια ενσωματωμένη βιβλιοθήκη με τις θερμικές ιδιότητες πολλών κοινών υλικών οικοδόμησης.

Υπάρχουν και άλλες μέθοδοι για την αποφυγή δημιουργίας θερμογέφυρας. Ένα παράδειγμα είναι η χρήση των λεγόμενων μονωμένων πάνελων που μειώνει ή ακόμα και εξαφανίζει την ύπαρξη θερμογέφυρας, καθώς αυτά είναι που παίρνουν τη θέση των δομικών στοιχείων και δεν υπάρχουν πλέον στηρίγματα που θα μπορούσαν να εμποδίσουν τη δράση της μόνωσης. Τα πάνελα αυτά επιτρέπουν στα δομικά και μονωτικά στοιχεία να ενωθούν και να συμπεριφέρονται σαν ένα στοιχείο. Δεν υπάρχουν κρυμμένα κενά, αφού ένα στερεό στρώμα μόνωσης αφρού είναι ενσωματωμένο στο πάνελ.

Το πλεονέκτημά της μόνωσης αφρού είναι ότι δίνει μια επιπρόσθετη θερμική αντίσταση στο κτίριο, ενώ ταυτόχρονα στο εσωτερικό του μπορεί να χρησιμοποιηθεί μια λιγότερο ακριβή μόνωση. Απ' την άλλη πλευρά, αυτό το είδος μόνωσης έχει το μειονέκτημα ότι το ξύλο μέσα στον τοίχο ακουμπά ταυτόχρονα και στην εσωτερική και στην εξωτερική πλευρά του κτιρίου και με αυτόν τον τρόπο δεν προσφέρει την ίδια μονωτική αξία με άλλα υλικά. Αυτό κυρίως αφορά την περίπτωση των σπιτιών που είναι κατασκευασμένα με ξύλινο σκελετό.



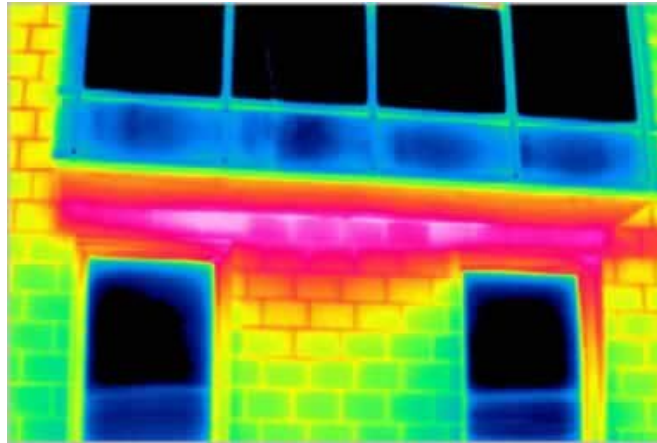
**Εικόνα 3.3.1.8** Θερμογέφυρα σε ένα σπίτι κατασκευασμένο με ξύλινο σκελετό

Αν για παράδειγμα το 20% του εξωτερικού τοίχου έρχεται σε επαφή με το ξύλο, δημιουργείται θερμογέφυρα ή διαρροή θερμότητας μέσα από αυτά. Αυτό συμβαίνει ακόμα και με τον ψεκαζόμενο αφρό, καθώς συνήθως τοποθετείται ανάμεσα στο ξύλο του τοίχου. Έτσι, ενώ ο αφρός από μόνος του μπορεί να έχει μια υψηλή θερμική αντίσταση, δεν καλύπτει τα ξύλινα κομμάτια του τοίχου, προκαλώντας το φαινόμενο της θερμογέφυρας με το εξωτερικό ενός κτιρίου.

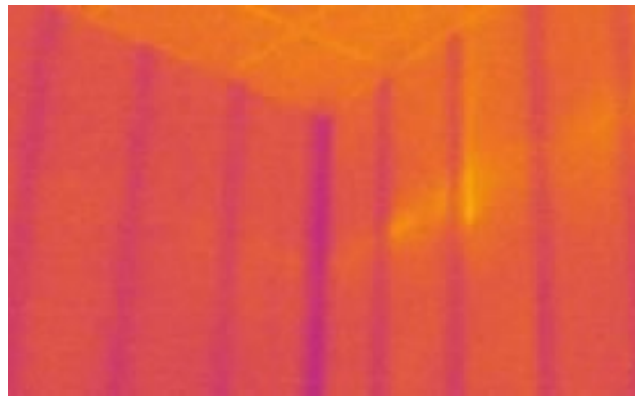
### **3.3.1.6 Παραδείγματα θερμοφωτογραφιών σε περιπτώσεις θερμογεφυρών**



**Εικόνα 3.3.1.9** Οι κρύες περιοχές του τοίχου της θερμοφωτογραφίας προκαλούνται από τα στηρίγματα που λειτουργούν ως θερμογέφυρα.



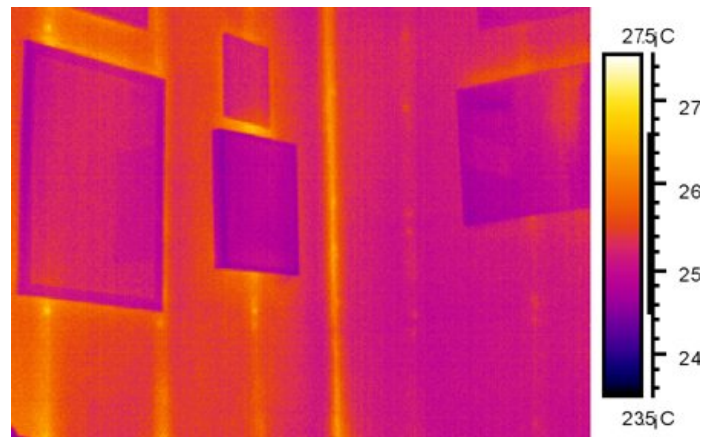
**Εικόνα 3.3.1.10** Θερμογέφυρα που προκαλείται από το δοκάρι που βρίσκεται κάτω από το παράθυρο του μπαλκονιού



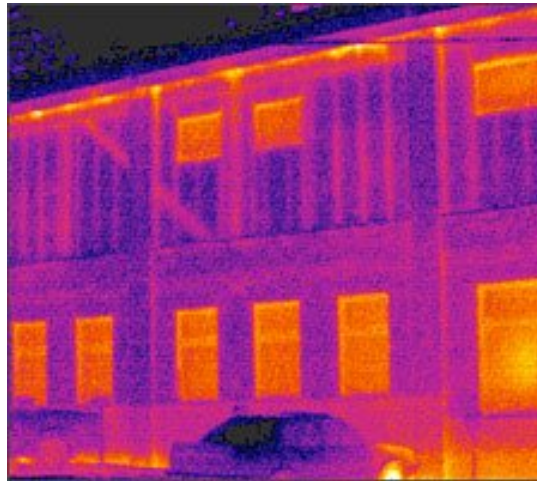
**Εικόνα 3.3.1.11** Τα ατσάλινα στοιχεία του πλαισίου όπως φαίνονται από το εσωτερικό. Στη συγκεκριμένη κατασκευή υπάρχει πλαίσιο βινυλίου στο εξωτερικό, ενώ δεν υπάρχει ισχυρή μόνωση αφρού.



**Εικόνα 3.3.1.12** Θερμογέφυρα που προκαλείται από το πάτωμα που είναι κατασκευασμένο από σκυρόδεμα



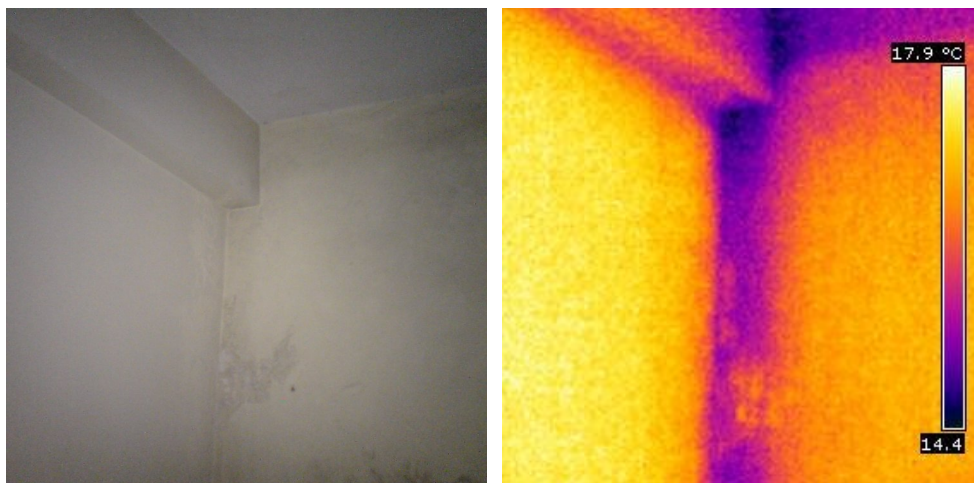
**Εικόνα 3.3.1.13** Θερμοφωτογραφία του εσωτερικού τοίχου ενός σπιτιού όπου φαίνονται οι θερμογέφυρες και οι ενεργειακές απώλειες μέσα από το ξύλινο πλαίσιο της κατασκευής.



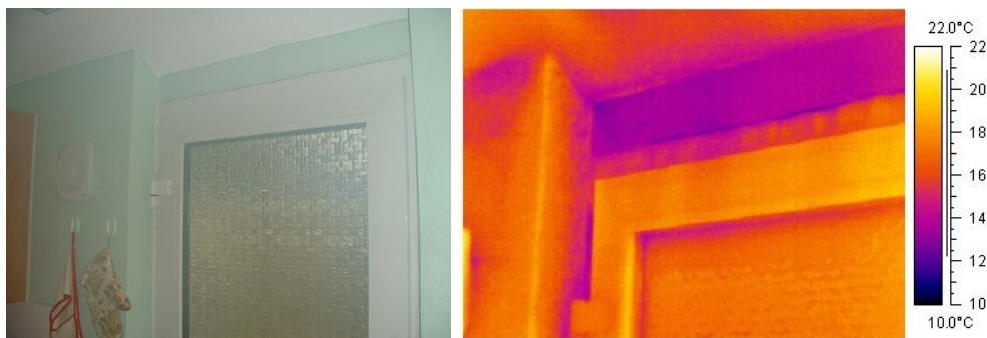
**Εικόνα 3.3.1.14** Κτίριο όπου χαμηλής ποιότητας μονωτικά υλικά έχουν έρθει σε επαφή, επιτρέποντας στη θερμότητα να ρέει μέσα από το δημιουργούμενο μονοπάτι.



**Εικόνα 3.3.1.15** Πιθανή έλλειψη εξωτερικής μόνωσης αφρού που καθιστά τον τοίχο τρεις φορές πιο αγωγίμο θερμικά από ότι αν ήταν μονωμένος και οδηγεί στη δημιουργία θερμογέφυρας.

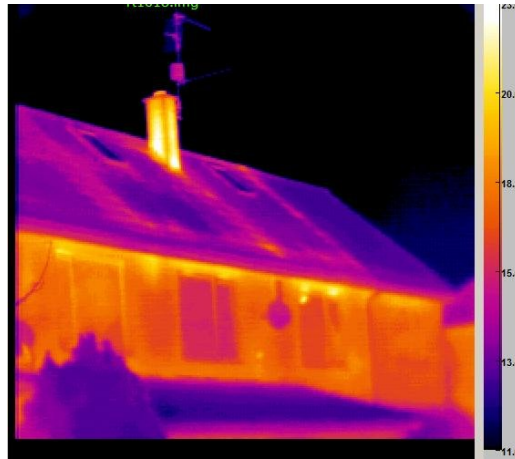


**Εικόνα 3.3.1.16** Κακή εφαρμογή μόνωσης.



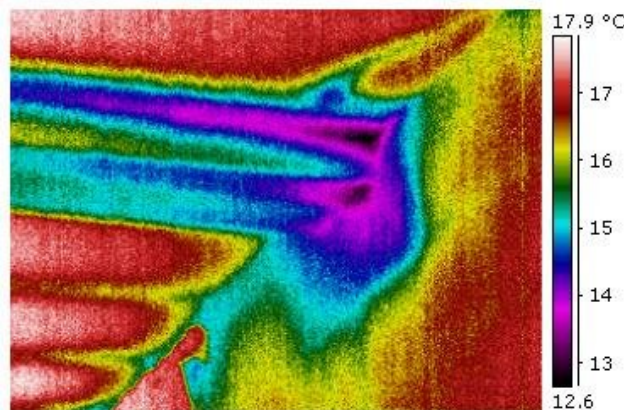
**Εικόνα 3.3.1.17** Θερμοφωτογραφία όπου τα σημεία με έντονο μωβ χρώμα υποδεικνύουν ένα μάλωμα πάνω από την πόρτα της κουζίνας (πιθανώς εξαιτίας κρύας γέφυρας μέσα από το πρέκι)



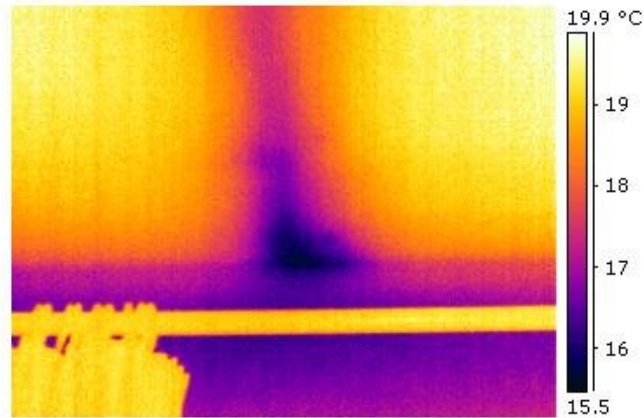


**Εικόνα 3.3.1.18** Θερμογέφυρα που προκαλείται από τη θερμότητα που μεταφέρεται από το δωμάτιο στη στέγη.

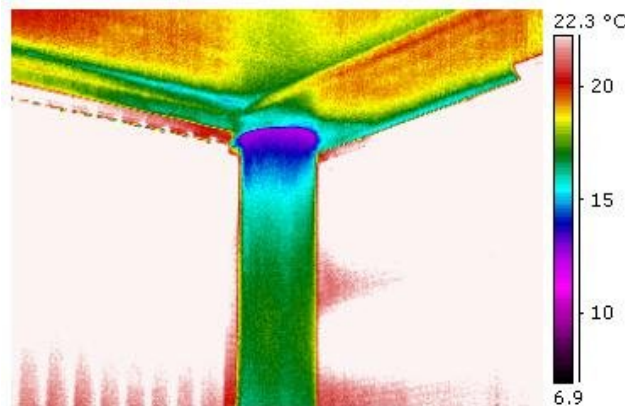
Αναλυτικότερα, στο παραπάνω παράδειγμα ο τοίχος ζεσταίνεται λόγω της θερμότητας του δωματίου. Η ζέση μεταφέρεται κατακόρυφα προς τα πάνω κατά μήκος του τοίχου μέχρι να φτάσει στη στέγη. Στο συγκεκριμένο μάλιστα σπίτι η κατάσταση επιδεινώνεται από το γεγονός ότι υπάρχει δωμάτιο στη σοφίτα και άρα είναι μικρότερη η απόσταση που πρέπει να διανύσει η ζέση κατά μήκος του τοίχου.



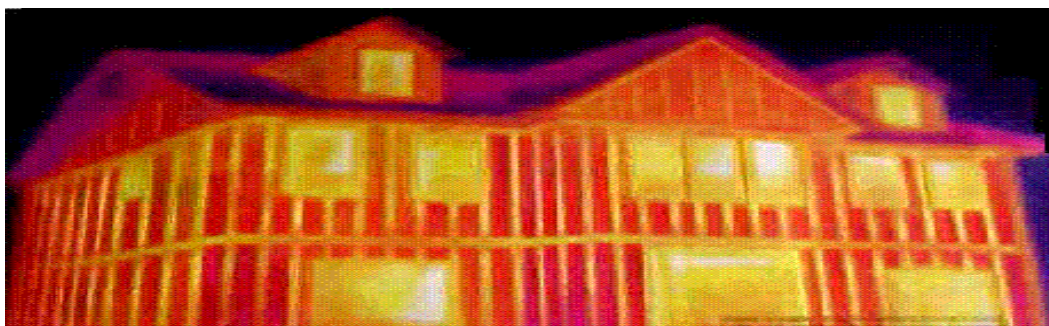
**Εικόνα 3.3.1.19** Θερμογέφυρα σε δοκάρι σε υπνοδωμάτιο του πρώτου ορόφου ενός σπιτιού.



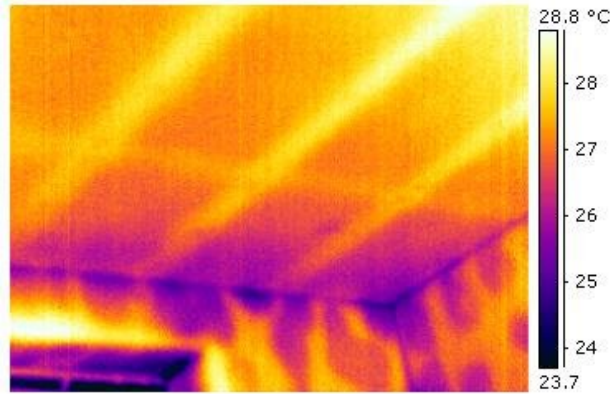
**Εικόνα 3.3.1.20** Ο πετροβάμβακας στο δοκάρι της στέγης επιτρέπει τη δημιουργία μιας μικρής περιοχής κυκλοφορίας αέρα.



**Εικόνα 3.3.1.21** Η κολώνα από ατσάλι που ενώνει τη στέγη με τη το μπαλκόνι αποτελεί μια ιδιαίτερα μεγάλη θερμογέφυρα.



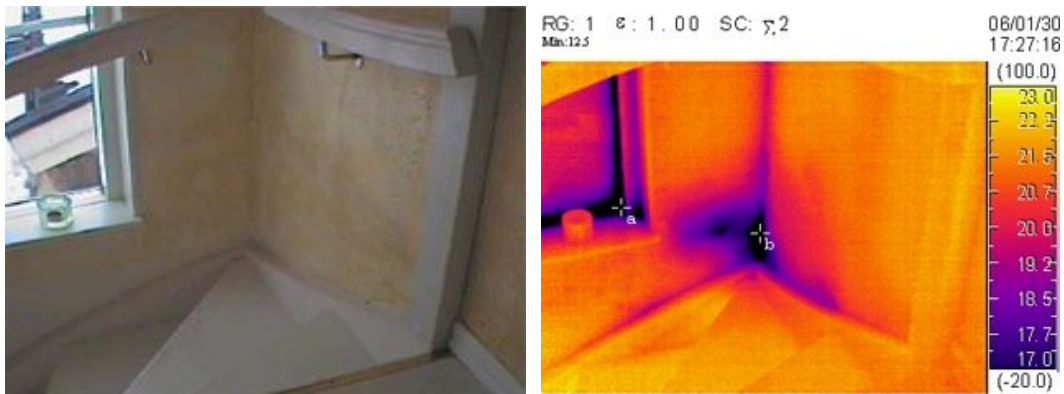
**Εικόνα 3.3.1.22** Θερμογέφυρα σε ένα τυπικό κτιριακό κέλυφος όπου δεν υπάρχει περίβλημα μόνωσης.



**Εικόνα 3.3.1.23** Θερμογέφυρα ανάμεσα στο πλαίσιο του ταβανιού και στη σανίδα από σοβά στους τοίχους.



**Εικόνα 3.3.1.24** Θερμογέφυρα στο σημείο συνάντησης τοίχου και ταβανιού

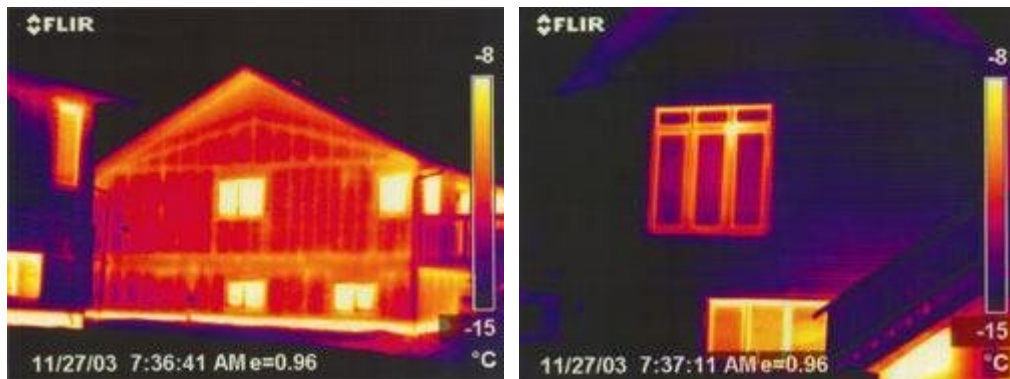


**Εικόνα 3.3.1.25** Θερμογέφυρα στη γωνία σκάλας, όπου η μόνωση είναι ελαττωματική.

Εκτός από τις κρύες-σκούρες μπλε επιφάνειες στη γωνία, η επίσης σκουρόχρωμη επιφάνεια γύρω και μέσα στο παράθυρο δείχνει ότι το τελευταίο δεν είναι καλά μονωμένο και σφραγισμένο. Για να αντιμετωπιστεί το παραπάνω πρόβλημα, κατάλληλα σφραγίσματα πρέπει να τοποθετηθούν στο παράθυρο. Εναλλακτικά, το παράθυρο μπορεί να αντικατασταθεί με ένα άλλο που προσφέρει καλύτερη μόνωση,

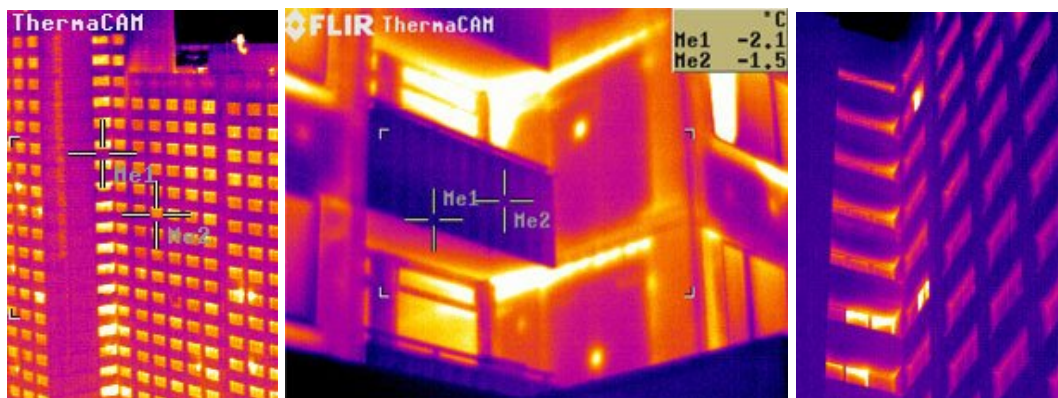


ενώ η θερμογέφυρα στη γωνία είναι πιο δύσκολο να επανορθωθεί. Παρόλ' αυτά , αν επιδιορθωθεί η ξυλεπένδυση στο εξωτερικό του σπιτιού, θα ήταν χρήσιμο να ελεγχθεί η γωνία αυτή από το εξωτερικό και να γίνουν επιδιορθώσεις στη μόνωση.



**Εικόνα 3.3.1.26 Σύγκριση κατασκευής με ράβδους με κατασκευή με SIPs**

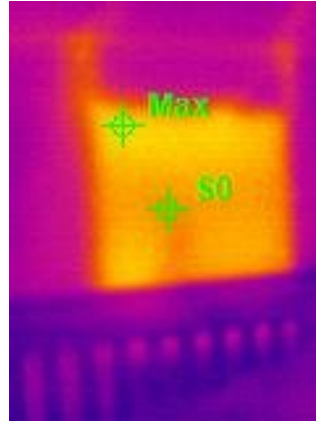
Στην πρώτη θερμοφωτογραφία η θερμότητα δραπετεύει μέσα από το ξύλο, ενώ φαίνεται ο σκελετός από στηρίγματα στο εσωτερικό του σπιτιού. Αντιθέτως, αυτό δε συμβαίνει στη δεύτερη όπου το σπίτι δεν είναι κτισμένο με ράβδους αλλά με μια νέα τεχνολογία που ονομάζεται SIPs (Structural insulated panels), δηλαδή μονωμένα πανέλα, όπου μόνωση συνήθως από σκληρό αφρώδες πλαστικό υλικό τοποθετείται ανάμεσα σε δύο πλάκες. Αυτός ο τρόπος κατασκευής προσφέρει μια θεαματική αύξηση της ενεργειακής αποδοτικότητας και της αντοχής του κτιρίου. Τα SIPs εξαλείφουν τις ενεργειακές απώλειες εξαιτίας θερμογεφυρών μέσα από τα στηρίγματα ενός σπιτιού, όπως συνήθως συμβαίνει.



**Εικόνα 3.3.1.27 Θερμογέφυρα στην περιοχή του στηθαίου του παραθύρου εξαιτίας του αμόνωτου περβαζιού, αλλά και στην περιοχή των πλακών λόγω έλλειψης μόνωσης.**

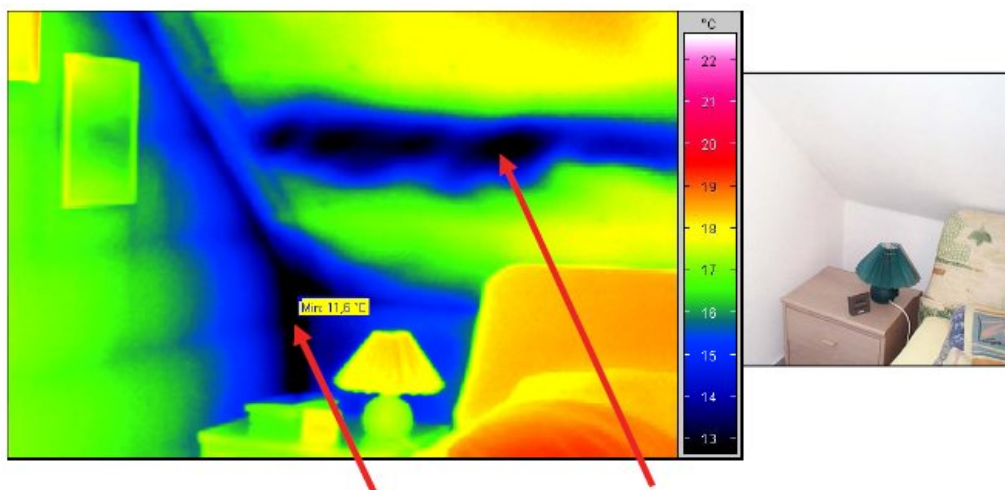
### 3.3.2 Μόνωση

#### 3.3.2.1 Παραδείγματα θερμοφωτογραφιών για τον εντοπισμό προβλημάτων μόνωσης

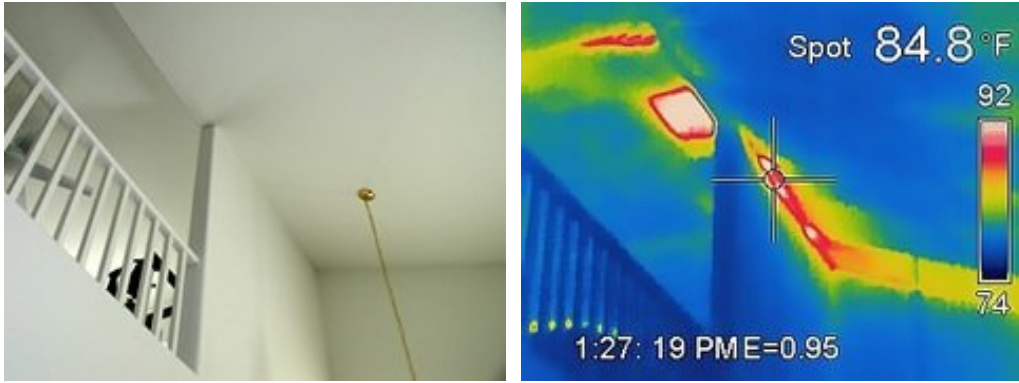


**Εικόνα 3.3.2.1 Κομμάτι τοίχου πίσω από κρεβάτι, όπου απουσιάζει η μόνωση εξαιτίας λάθους του κατασκευαστή.**

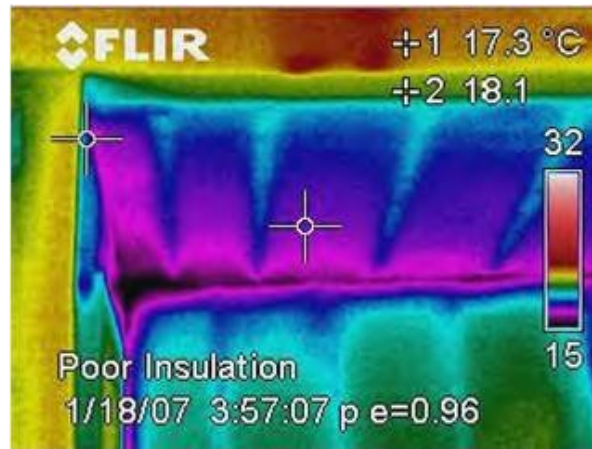
Ο πελάτης και ιδιοκτήτης του συγκεκριμένου σπιτιού παραπονέθηκε ότι το υπνοδωμάτιο ήταν ασυνήθιστα ζεστό το καλοκαίρι και κρύο το χειμώνα.



**Εικόνα 3.3.2.2 Ψυχρή γωνία και προβληματική μόνωση κάτω από τη στέγη**



Εικόνα 3.3.2.3 Τα ζεστά σημεία υποδεικνύουν την απουσία μόνωσης



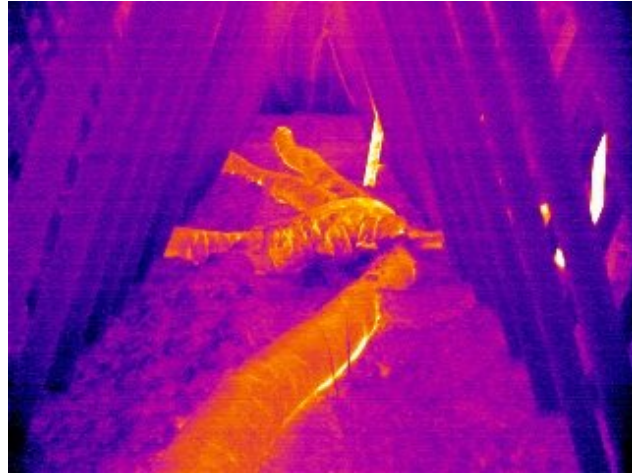
Εικόνα 3.3.2.4 Ελλιπής μόνωση σε οροφή κάτω από ανοικτό μπαλκόνι.

Στο παραπάνω σπίτι η δομή ήταν τέτοια που επέτρεπε την είσοδο ρευμάτων από τον εξωτερικό τοίχο απ' όπου ελήφθη αυτή η εικόνα. Η υπέρυθη εικόνα κατέδειξε εύκολα την ανεπαρκή μόνωση στην οροφή, που δημιούργησε τη διαρροή αέρα.

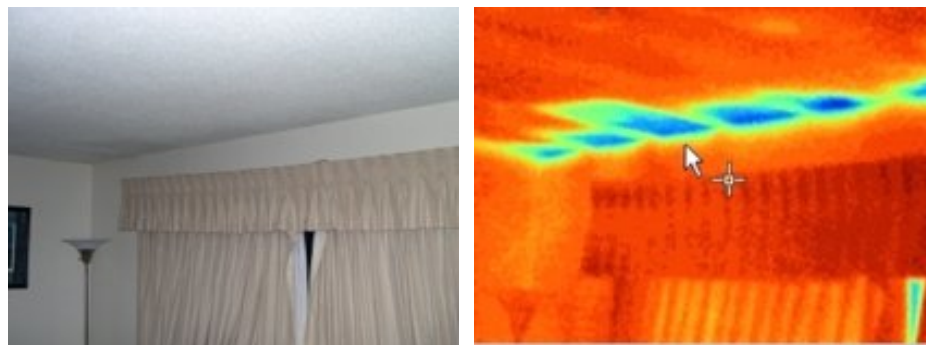


Εικόνα 3.3.2.5 Απουσία μόνωσης σε οροφή.

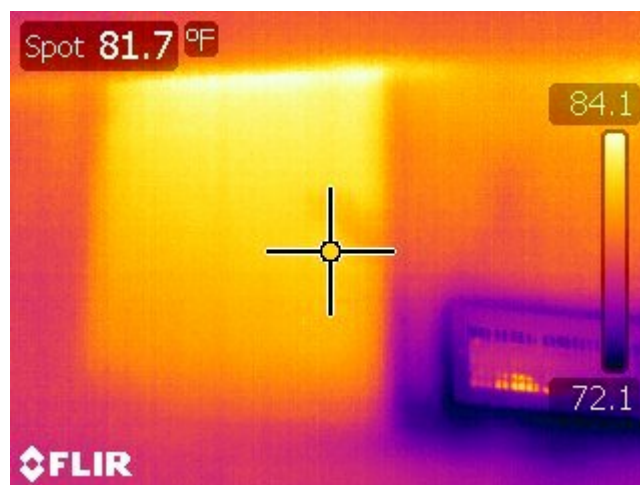
Αυτό το σπίτι είχε επισκευαστεί πρόσφατα μετά από καταστροφή του λόγω πυρκαγιάς, ενώ ο δεύτερος όροφος είχε σχεδόν ξαναχτιστεί. Μετά την επισκευή τα υπνοδωμάτια επέτρεπαν την είσοδο ρευμάτων. Με τη βοήθεια της θερμογραφίας αποδείχτηκε ότι η μόνωση ήταν ιδιαίτερα ασθενής.



Εικόνα 3.3.2.6 Κατεστραμμένη μόνωση σε HVAC αγωγό

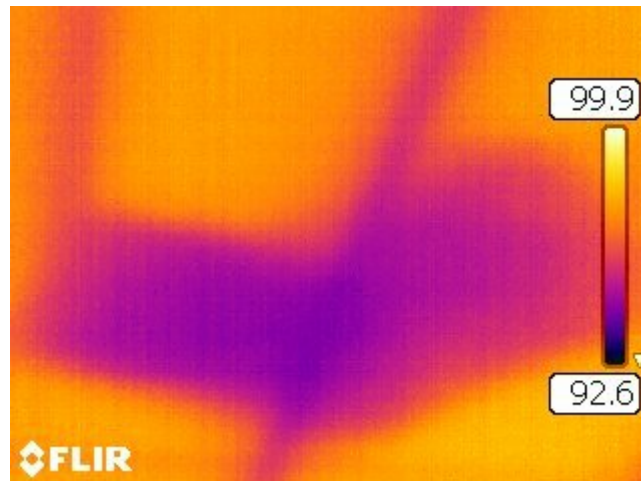


Εικόνα 3.3.2.7 Απουσία μόνωσης (οι μπλε περιοχές υποδεικνύουν τη διείσδυση κρύου αέρα στην κατοικία)



Εικόνα 3.3.2.8 Απουσία μόνωσης





Εικόνα 3.3.2.9 Έλλειψη μόνωσης



Εικόνα 3.3.2.10 Ψηφιακή φωτογραφία και θερμοφωτογραφία του εσωτερικού ενός γραφείου που αποδεικνύει την απουσία μόνωσης.

Ο ιδιοκτήτης του παραπάνω σπιτιού παραπονέθηκε ότι αισθανόταν κρύο κατά τη διάρκεια των χειμερινών μηνών. Η επιθεώρηση με τη βοήθεια θερμοκάμερας αποκάλυψε ότι ένα παράθυρο είχε χτιστεί σε έναν από τους τοίχους του γραφείου. Από τη θερμοφωτογραφία φαίνεται το υπάρχον παράθυρο αφαιρέθηκε και το άνοιγμα κλείστηκε, χωρίς όμως να εγκατασταθεί μόνωση, δημιουργώντας στον ιδιοκτήτη προβλήματα θέρμανσης.



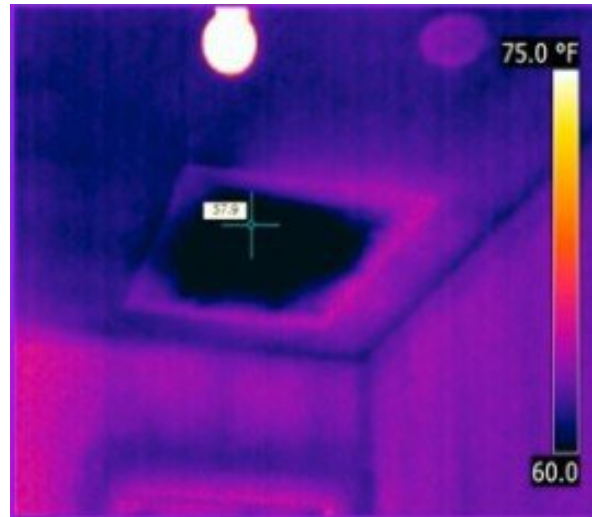
**Εικόνα 3.3.2.11 Ψηφιακή φωτογραφία και θερμοφωτογραφία του εσωτερικού ενός υπνοδωματίου που αποδεικνύει την έλλειψη μόνωσης στην οροφή.**

Ο ιδιοκτήτης του εν λόγω σπιτιού παραπονέθηκε ότι το δωμάτιο ήταν πιο κρύο από τα υπόλοιπα δωμάτια του σπιτιού. Η θερμοφωτογραφία έδειξε ότι η αιτία ήταν η έλλειψη μόνωσης στην οροφή. Περαιτέρω έρευνα απέδειξε ότι ο υπερβολικός εξαιρισμός στο φεγγίτη ανάγκασε τη μόνωση που υπήρχε να μετακινηθεί. Μια άλλη εκδοχή ήταν ότι στη μπλε περιοχή υπήρχε πρόσβαση σε σοφίτα η οποία καλύφθηκε και αργότερα ξεχάστηκε.



**Εικόνα 3.3.2.12 Ψηφιακή φωτογραφία και θερμοφωτογραφία ενός σημείου πρόσβασης σε σοφίτα μέσα σε ένα μικρό δωμάτιο.**

Στη συγκεκριμένη περίπτωση ο ιδιοκτήτης παραπονέθηκε ότι το δωμάτιο ήταν κρύο το χειμώνα. Η θερμοφωτογραφία απέδειξε ότι η έλλειψη μόνωσης στο σημείο πρόσβασης προκαλούσε απώλεια θερμότητας στο χώρο του δωματίου.



**Εικόνα 3.3.2.13 Περίπτωση σημείου πρόσβασης σε σοφίτα που χρειάζεται μόνωση**



**Εικόνα 3.3.2.14 Φωτογραφίες από την κάτω πλευρά ενός πατώματος τραβηγμένες από το υπόγειο που δείχνουν διαρροές αέρα κατά μήκος των σανίδων.**

Ο ιδιοκτήτης είχε παραπονεθεί για την ύπαρξη ρευμάτων κατά μήκος της πλάκας του περβαζιού. Είχε χρησιμοποιήσει μόνωση αφρού για να γεμίσει όλες τις κοιλότητες που υπήρχαν, αλλά παρόλ' αυτά υπήρχαν ρεύματα. Η θερμοφωτογραφία δείχνει διαρροές αέρα κατά μήκος των σανίδων, οι οποίες έπρεπε να σφραγιστούν.



**Εικόνα 3.3.2.15 Μη μονωμένες περιοχές που σε κρύο καιρό φαίνονται σκουρόχρωμες στη θερμοφωτογράφηση.**



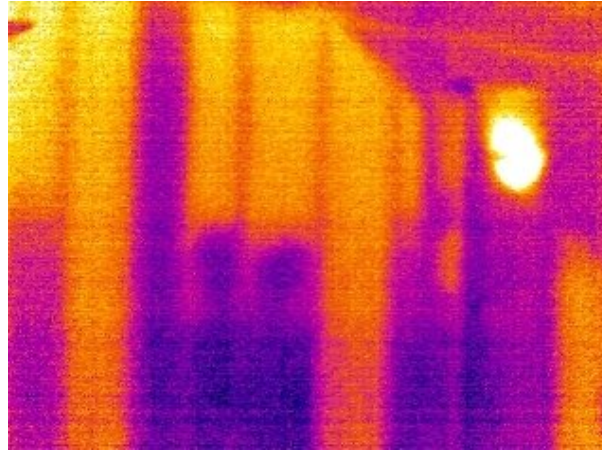
**Εικόνα 3.3.2.16 Σε αντίθεση με την προηγούμενη περίπτωση εδώ φαίνεται ότι οι μη μονωμένες περιοχές εμφανίζονται στη θερμοκάμερα ως ανοιχτόχρωμες όταν ο καιρός είναι ζεστός.**



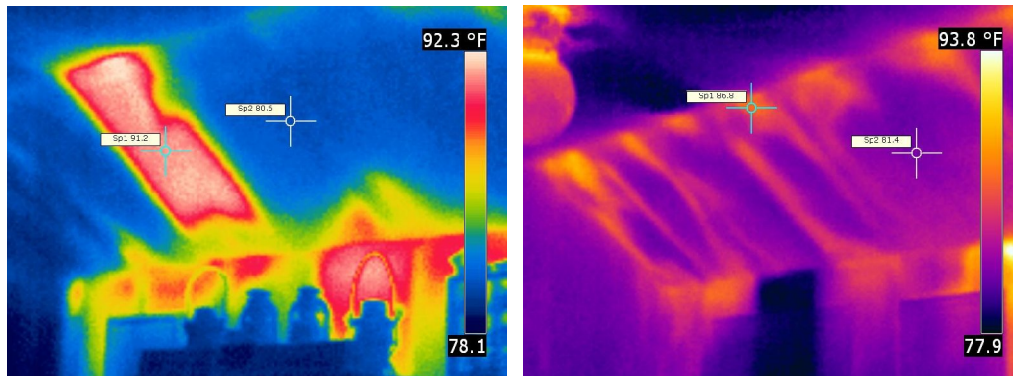
**Εικόνα 3.3.2.17 Παντελής έλλειψη μόνωσης σε σοφίτα υπερπολυτελούς σουίτας.**



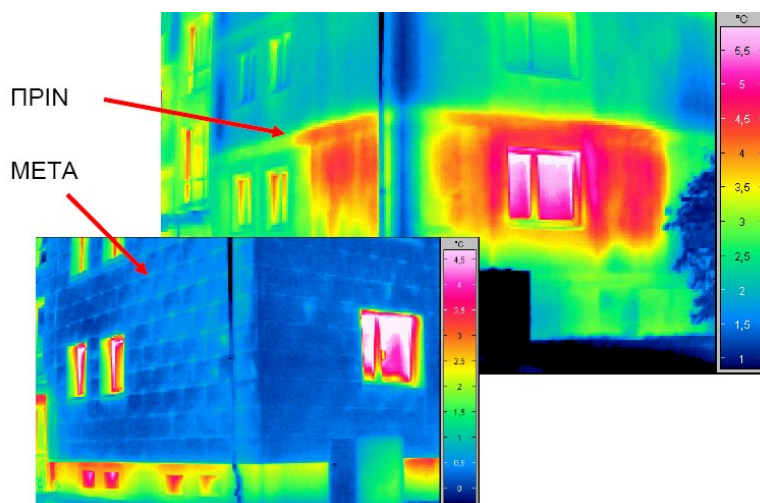
Η επιθεώρηση έγινε κατά τη διάρκεια του χειμώνα και γι' αυτό οι αποχρώσεις είναι αντίστροφα από ότι θα ήταν στη σωστή φωτογραφία. Οι λεπτές κίτρινες γραμμές αντιστοιχούν στα δοκάρια του ταβανιού και αυτά κανονικά θα έπρεπε να είναι σκουρόχρωμα το χειμώνα.



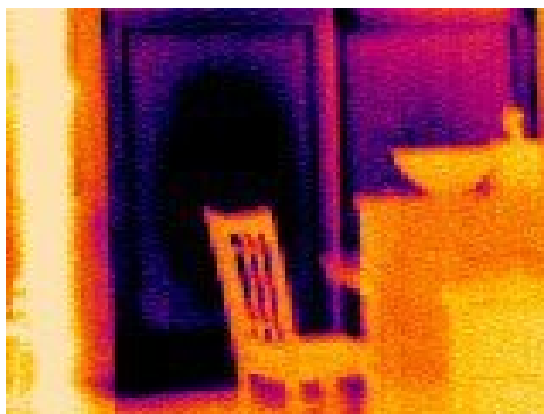
**Εικόνα 3.3.2.18 Ο τοίχος που οδηγεί στη σοφίτα έχει χάσει τη μισή μόνωσή του, πρόβλημα το οποίο εντοπίστηκε μόνο μέσω της θερμοκάμερας, καθώς η σοφίτα δεν ήταν προσβάσιμη.**



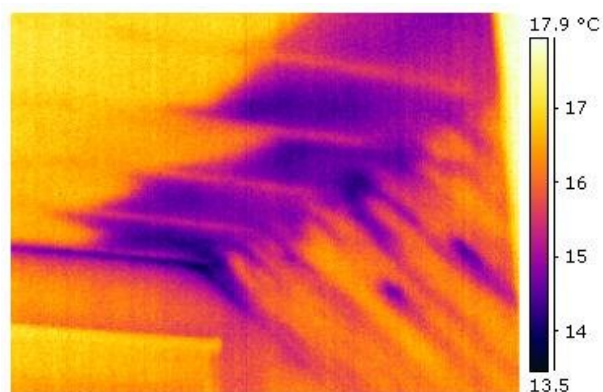
**Εικόνα 3.3.2.19 Ελλιπής ή κακώς εγκατεστημένη μόνωση.**



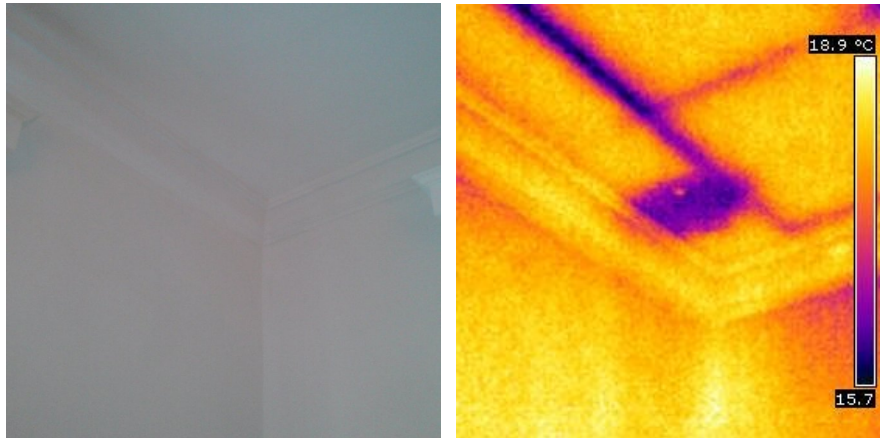
**Εικόνα 3.3.2.20** Θερμοφωτογραφίες του ίδιου σπιτιού πριν και μετά τη θερμομόνωσή του. Χάρη σε αυτές αποδεικνύεται η αποτελεσματικότητα των εργασιών βελτίωσης θερμομόνωσης.



**Εικόνα 3.3.2.21** Ανεπάρκεια μόνωσης του παραθύρου

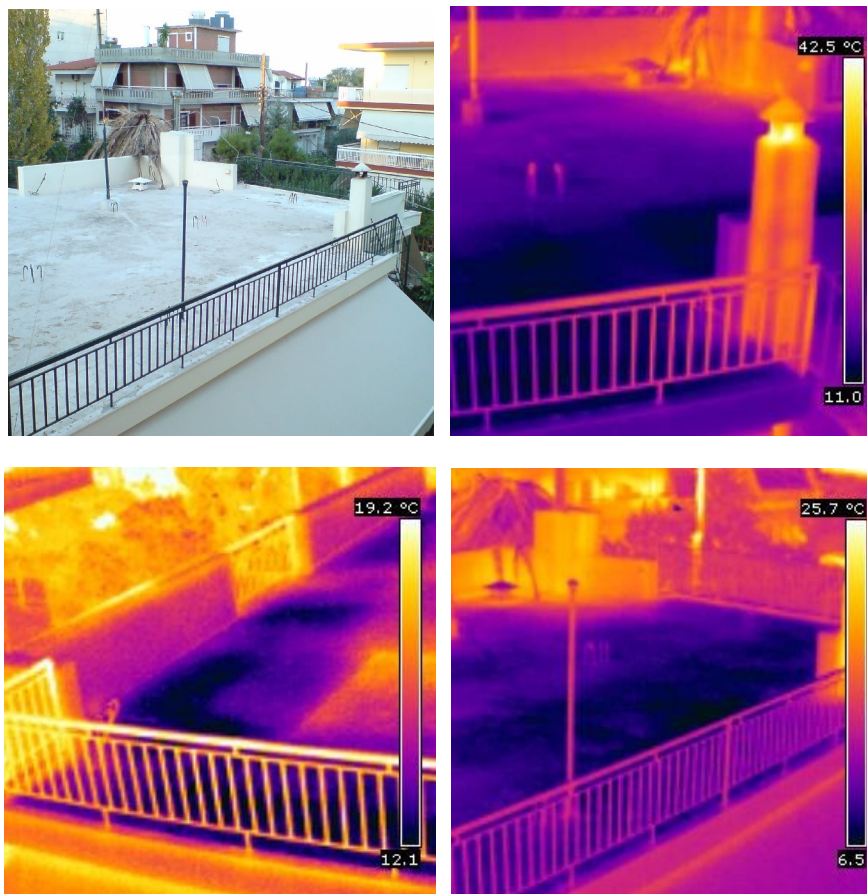


**Εικόνα 3.3.2.22** Σνηθισμένο πρόβλημα λανθασμένης εγκατάστασης μόνωσης.



**Εικόνα 3.3.2.23 Ατέλειες στη μόνωση**

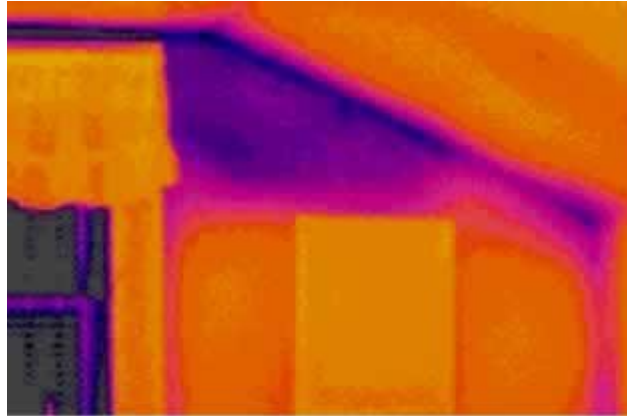
Η ατέλεια στην παραπάνω εικόνα μπορεί να είναι είτε ελλειπίες είτε εσφαλμένα τοποθετημένες επενδύσεις μόνωσης (σχηματισμός θυλάκων παγιδευμένου αέρα). Παράλληλα, πιθανή είναι η διείσδυση υδρατμών στα σημεία με έντονο μοβ χρώμα της υπέρυθρης εικόνας.



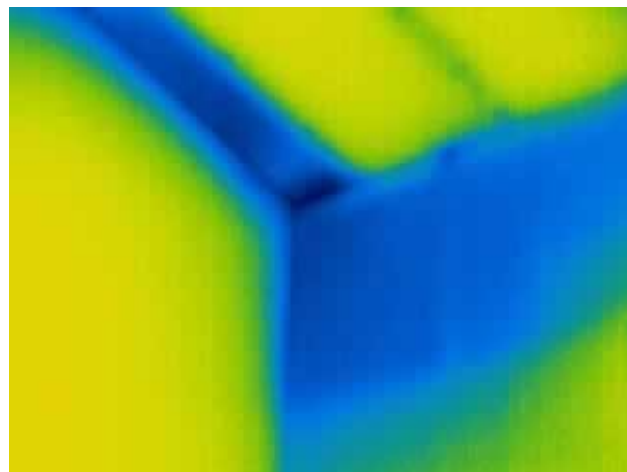
**Εικόνα 3.3.2.24 Απουσία μόνωσης**



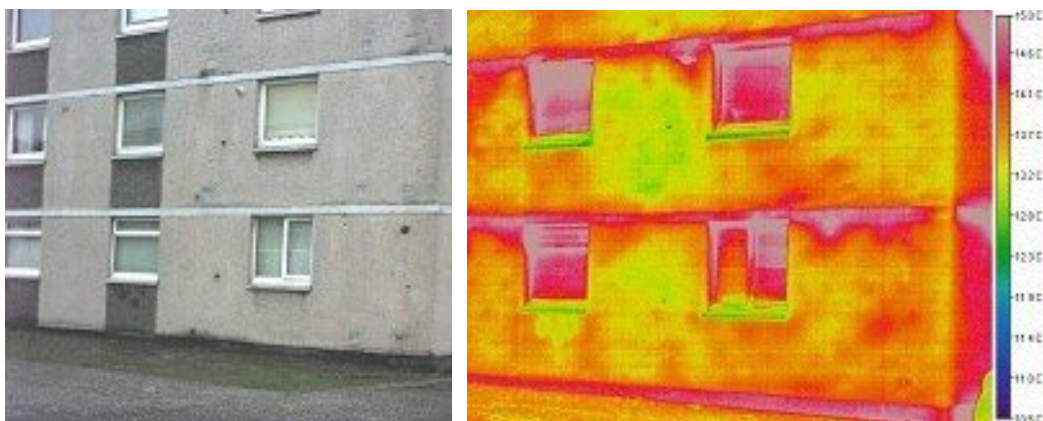
Στην παραπάνω εικόνα , όλη η πλάκα είναι αμόνωτη (δεν έχει ούτε θερμομόνωση , ούτε υγραμόνωση) οπότε είναι εντελώς αναπόφευκτο η θερμοκρασία εκεί να είναι πολύ μικρότερη από άλλα σημεία δεδομένου μάλιστα ότι η ταράτσα που εικονίζεται είναι εντελώς εκτεθειμένη σε καιρικές συνθήκες.



Εικόνα 3.3.2.25 Εγκατάσταση μόνωσης σε τοίχο

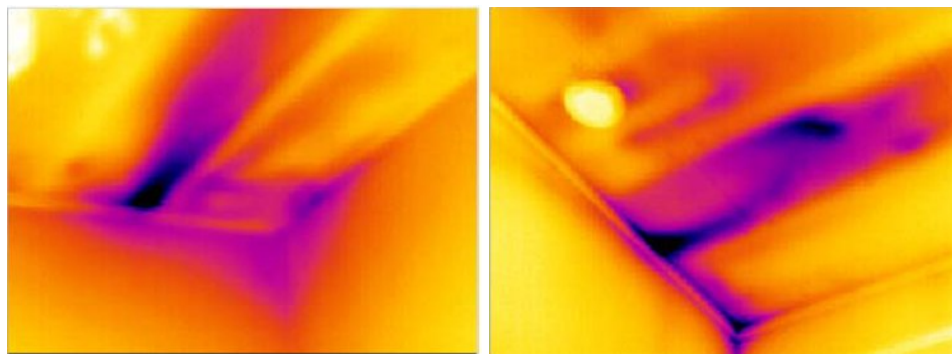


Εικόνα 3.3.2.26 Ελλιπής μόνωση στην οροφή και στον τοίχο

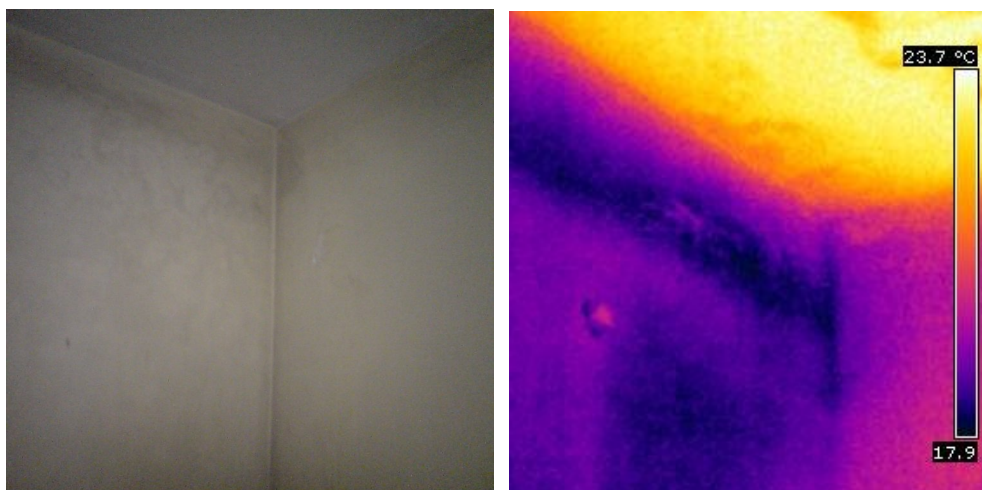


Εικόνα 3.3.2.27 Τα 'μπαλώματα' του κτιρίου υποδηλώνουν πιθανά προβλήματα στη μόνωση στις κοιλότητες του τοίχου

Στην παραπάνω περίπτωση η μόνωση είχε εγκατασταθεί 10 χρόνια νωρίτερα. Ενδοσκοπική έρευνα στα ζεστά σημεία του κτιρίου επιβεβαίωσε ότι η μόνωση είχε καταστραφεί σε σημεία μέσα στον τοίχο.



**Εικόνα 3.3.2.28 Ατέλειες στη μόνωση στη δομή ενός μετζοπατώματος. Οι ατέλειες μπορεί να είναι είτε ελλειπείς είτε εσφαλμένες τοποθετημένες επενδύσεις μόνωσης (σχηματισμός θυλάκων παγιδευμένου αέρα).**



**Εικόνα 3.3.2.29 Αμόνωτος τοίχος που οδηγεί σε συσσώρευση υγρασίας (η υψηλότερη θερμοκρασία της οροφής οφείλεται είτε στο ότι είναι μονωμένη είτε απλώς στο ότι ο από πάνω ο όροφος κατοικείται)**

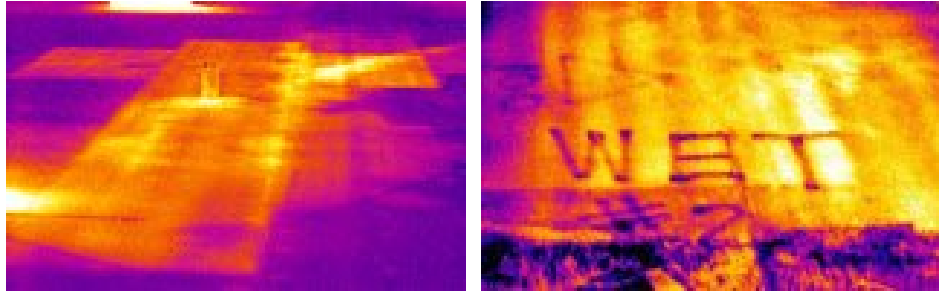
### 3.3.3 Στέγες

#### 3.3.3.1 Προβλήματα σε στέγες: αιτίες και τρόποι αντιμετώπισης

Η θερμογραφία είναι ιδιαίτερα αποδοτική στην έρευνα για ελαττώματα στις στέγες και ειδικά στην έρευνα για υγρασία στη μόνωση των στεγών σε επίπεδα συστήματα στέγασης.

Πολλές στέγες απαιτούν πρόωρη αντικατάσταση εξαιτίας της διαρροής νερού και της εισόδου υγρασίας μέσω της μεμβράνης τους, επιτρέποντας στη μόνωση της στέγης να γίνει υγρή. Οι διαρροές στις στέγες μπορούν να προκαλέσουν δαπανηρές ζημιές σε ένα κτίριο. Η θερμογραφία μπορεί να εντοπίσει γρήγορα τις

προβληματικές περιοχές, όπως τις περιοχές ελλιπούς μόνωσης ή μόνωσης που έχει απορροφήσει υγρασία κάτω από τη μεμβράνη μιας επίπεδης στέγης όπου η μόνωση χρειάζεται αντικατάσταση, επιτρέποντας με αυτόν τον τρόπο την επιδιόρθωση μόνο των κατεστραμμένων περιοχών και όχι την αντικατάσταση ολόκληρης της οροφής.



**Εικόνα 3.3.3.1 Σύστημα στέγης με υψηλή περιεκτικότητα σε υγρασία**

Η υγρασία που συσσωρεύεται στη μόνωση είναι ο κύριος λόγος για τις διαστατικές αλλαγές, την αποσύνθεση, το “φούσκωμα” των τοίχων εξαιτίας της απομάκρυνσης των σοβάδων και τη διάβρωση, προκαλώντας την καταστροφή του υλικού κατασκευής της σκεπής. Γενικά η υγρασία είναι η βασική αιτία καταστροφής όσον αφορά τα επίπεδα συστήματα στεγών.

Η τεχνική της θερμογραφίας είναι ιδιαίτερα αποδοτική σε στέγες που έχουν μόνωση αρκετά απορροφητική, όπως μόνωση από ίνες ξύλου, υαλοβάμβακα και περλίτη όπου τα σημάδια που αφήνει η θερμότητα εμπλέκονται με αυτά της υγρασίας. Στις στέγες με μη απορροφητικές μονώσεις, η διάγνωση των προβλημάτων γίνεται ακόμα πιο δύσκολη, καθώς τα σημάδια είναι ακόμα πιο διάχυτα.

Καθώς οι επίπεδες στέγες είναι αυτές που χρησιμοποιούνται κατά κανόνα στο βιομηχανικό και εμπορικό τομέα, εκτιμάται ότι περίπου το 40% των στεγών θα επηρεάζεται από τέτοιου είδους προβλήματα μέσα στον πρώτο χρόνο εγκατάστασης της μόνωσης. Καθώς μάλιστα ο μέσος όρος ζωής μιας στέγης είναι τα 7 χρόνια, με την εφαρμογή μιας τακτικής επιθεώρησης και ενός κατάλληλου προγράμματος συντήρησης, η διάρκεια ζωής των στεγών μπορεί να αυξηθεί κατά 300%.

Οι μεμβράνες των επίπεδων στεγών είναι τα στεγανοποιητικά εμπόδια ανάμεσα στα εξωτερικά στοιχεία και στο εσωτερικό των κτιρίων. Κυκλοφορούν σε μια ποικιλία υλικών και σχεδίων και πρέπει να έχουν τη δυνατότητα να διασταλούν και να συσταλούν, να προβάλλουν αντίσταση σε δυνατούς ανέμους και στις επιπτώσεις της ηλιακής ακτινοβολίας, ακόμα και στα ανθρώπινα βήματα.

Φυσιολογικά, υπάρχει λίγο ή και καθόλου νερό σε μια συστοιχία επίπεδης στέγης. Όταν αναπτύσσεται μια διαρροή, το νερό εισέρχεται στη συστοιχία και, ανάλογα με τον τύπο της μόνωσης, είτε απορροφάται από τη μόνωση, είτε ακολουθεί το δρόμο ανάμεσα στη μη απορροφητική μόνωση. Αν το νερό εισέλθει στη στέγη παραμένει εκεί για μεγάλο χρονικό διάστημα, συνήθως για όλη τη διάρκεια ζωής της στέγης.

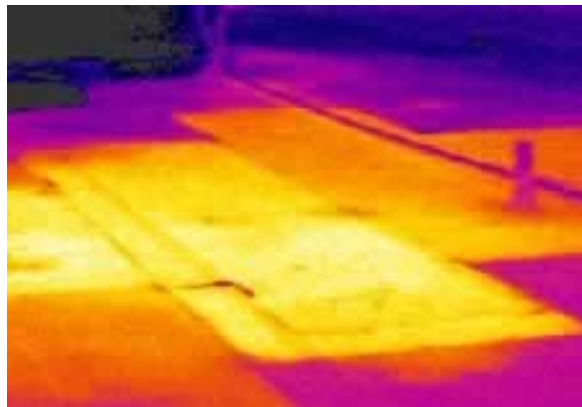
Γενικότερα, ο τύπος της μόνωσης που χρησιμοποιείται σε μια στέγη καθορίζει το πόσο αυτή η μόνωση απορροφά το νερό. Οι απορροφητικές μονώσεις συμπεριφέρονται σαν ‘σφουγγάρια’. Το νερό μετακινείται υπό τη μορφή τριχοειδούς σχήματος από το κάθε δοκάρι της οροφής στο διπλανό του. Τα σημάδια στην περίπτωση μη απορροφητικής μόνωσης παίρνουν διαφορετικό σχήμα όταν αυτή γίνεται υγρή. Το νερό δεν απορροφάται και οδηγείται στην άκρη του δοκαριού. Έτσι, το νερό μαζεύεται στις άκρες των δοκαριών παίρνοντας έτσι το σχέδιο του πλαισίου ενός παραθύρου.

### 3.3.3.2 Χρήση θερμογραφίας στις στέγες

Η θερμοχωρητικότητα είναι η φυσική ιδιότητα ενός υλικού να αποθηκεύει θερμότητα. Τα υλικά που χρησιμοποιούνται στις στέγες έχουν σχετικά χαμηλή θερμοχωρητικότητα, ειδικά σε σύγκριση με το νερό. Το νερό απαιτεί μεγάλη ποσότητα ενέργειας για να αυξήσει τη θερμοκρασία του και επιπλέον πρέπει να απελευθερώνει πολλή ενέργεια για να κρυώσει.

Οι θερμογραφικές έρευνες βασίζονται στη θεωρία ότι τα υλικά από τα οποία αποτελείται μία στέγη έχουν διαφορετικές μάζες. Έτσι, η αρχή που χρησιμοποιείται για τις επιθεωρήσεις στεγών είναι ότι η ξηρή μόνωση στις στέγες ζεσταίνεται και κρύνει γρηγορότερα από ότι εκείνη που έχει απορροφήσει υγρασία.

Με βάση αυτήν την αρχή, η θερμογραφία μπορεί να εντοπίσει μια διαρροή εντοπίζοντας την έκταση της εισβολής της υγρασίας στη μόνωση. Απαραίτητη γι’ αυτό το σκοπό είναι η ύπαρξη ηλιακής θερμότητας. Έτσι, κατά τις βραδινές ώρες, αφού δύσει ο ήλιος και η επιφάνεια της στέγης αρχίσει να κρύνει, η ξηρή μόνωση θα κρυώσει γρηγορότερα από εκείνη που έχει συσσωρεύσει υγρασία η οποία έχει μεγαλύτερη θερμική μάζα από ότι η ξηρή και γι’ αυτό διατηρεί τη θερμότητα για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα. Αυτό σημαίνει ότι περιοχές όπου η μόνωση έχει συσσωρεύσει υγρασία θα εμφανιστούν στις θερμοφωτογραφίες ως περιοχές με την υψηλότερη θερμοκρασία.



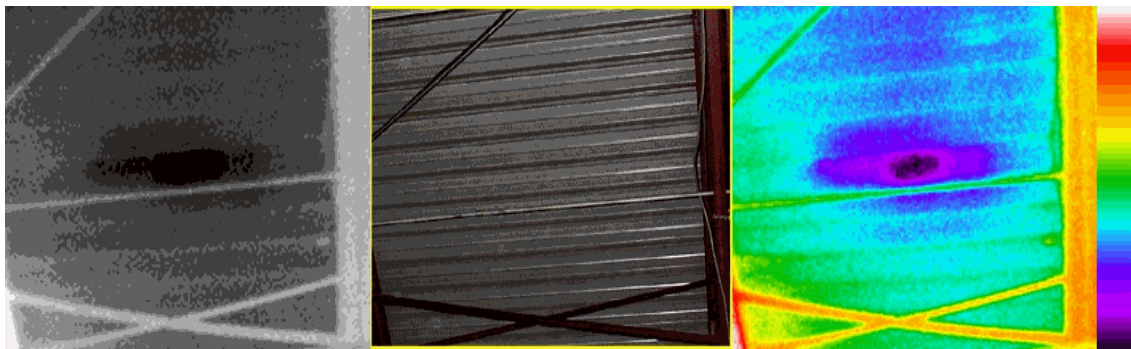
**Εικόνα 3.3.3.2 Η υγρασία στη μόνωση της στέγης απεικονίζεται με πορτοκαλί αποχρώσεις**



Γενικά, η θερμοκρασιακή διαφορά μεταξύ ξηρής μόνωσης και μόνωσης με υγρασία είναι σχετικά μικρή (γύρω στους 1-3K). Βάσει αυτής της λογικής, όλες οι έρευνες διεξάγονται δύο ώρες μετά τη δύση του ηλίου, ώστε να επιτραπεί στη στέγη να επανέλθει σε ισορροπία με τη θερμοκρασία περιβάλλοντος.

Η θερμογραφία μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για την επιθεώρηση θερμογεφυρών σε στέγες από το εσωτερικό των κτιρίων, μια πολύ καλή προσέγγιση όσον αφορά μεταλλικά συστήματα στεγών που είναι δύσκολο να επιθεωρηθούν από πάνω. Σε αυτήν την περίπτωση, η επιθεώρηση πρέπει να διεξάγεται αμέσως μετά το ηλιοβασίλεμα, όταν οι υγρές περιοχές από το κάτω μέρος της στέγης ζεσταίνονται πιο αργά από τις στεγνές και γι' αυτό εμφανίζονται στις φωτογραφίες ως κρύα σημεία.

Γενικά, οι ενεργειακές επιθεωρήσεις σε στέγες πρέπει να διεξάγονται κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες. Απαιτείται διαφορετική θερμοκρασία μεταξύ μέρας και νύχτας.



**Εικόνα 3.3.3.3 Θερμοφωτογράφιση τη νύχτα**

Για καλύτερα αποτελέσματα πρέπει να ληφθούν υπόψη ορισμένες παράμετροι, όπως το αν είναι ηλιόλουστη η μέρα ή αν ο ουρανός δεν έχει σύννεφα, αν δεν υπάρχει ή αν τουλάχιστον υπάρχει λίγος αέρας, αν η επιφάνεια της στέγης είναι στεγνή και αν η στέγη δεν έχει χιόνι, ακαθαρσίες ή κομμάτια που έχουν αποκολληθεί από αυτή.

Ακολουθούν μερικά παραδείγματα συνθηκών που μπορεί να οδηγήσουν σε λανθασμένες ενεργειακές επιθεωρήσεις:

- Διαφορετικές θερμοκρασίες στο εσωτερικό του κτιρίου
- Περιττό αμμοχάλικο ή άσφαλτος που έχει μείνει από την κατασκευή
- Επανακινοβόληση θερμότητας από νότιους ή δυτικούς τοίχους πρόσοψης
- Άνεμος



- Εσωτερικές πηγές θερμότητας ή κρύου όπως φωτιστικά, θερμαντικά σώματα και αγωγοί ατμού
- Ακαθαρσίες, βλάβιση και κομμάτια που έχουν πέσει από το κτίριο λόγω φθοράς
- Ζέστη ή κρύο που κατευθύνεται προς την οροφή
- Φουσκάλες
- Συγκέντρωση νερού και ψεκασμός με νερό
- Μονοπάτια για πεζούς

Κατά τη διάρκεια των χειμερινών μηνών πρέπει να χρησιμοποιείται η ίδια διαδικασία με τους θερινούς μήνες. Παρόλ' αυτά, οι χειμερινές έρευνες είναι πιο δύσκολες επειδή οι θερμοκρασιακές διαφορές είναι μικρότερες από ότι κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού.

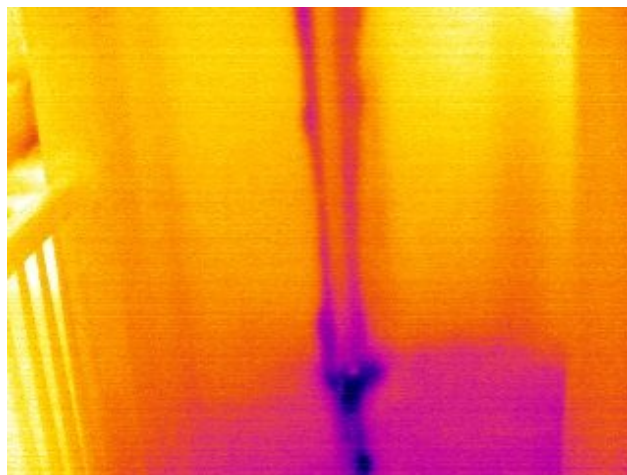
Η θερμογραφική έρευνα στην περίπτωση των στεγών πρέπει να διεξάγεται στις ακόλουθες περιπτώσεις:

- Όταν οι διαρροές ανιχνεύονται μέσα από τα συστήματα στεγών
- Πριν την αποδοχή κατασκευής ενός νέου συστήματος στέγης
- Προτού λήξουν οι οποιεσδήποτε υπάρχουσες εγγυήσεις
- Πριν την αγορά ενός καινούριου κτιρίου
- Πριν την αντικατάσταση μιας παλιάς στέγης με μια καινούρια
- Για λόγους προγραμματισμένης συντήρησης
- Όταν χρειάζεται αναφορά για την κατασκευή πριν την αγορά του κτιρίου

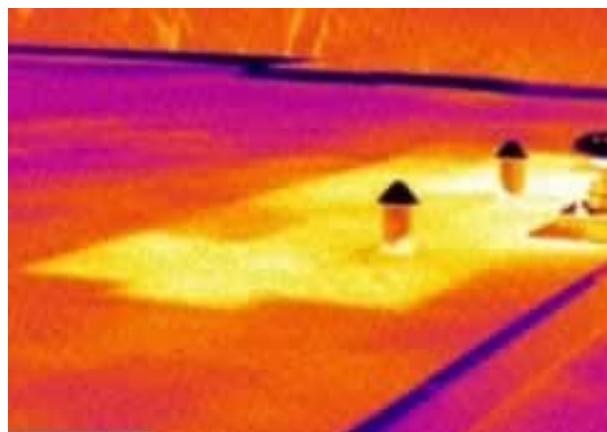
### 3.3.3.3 Παραδείγματα θερμοφωτογραφιών σε στέγες



**Εικόνα 3.3.3.4** Υγρασίας τη μόνωση κάτω από μια επίπεδη στέγη που παρουσιάζει διαρροή σε σημεία τα οποία φαίνονται πιο ζεστά καθώς η υγρασία κρατά τη θερμότητα από τον ήλιο της μέρας περισσότερο από τη μόνωση.



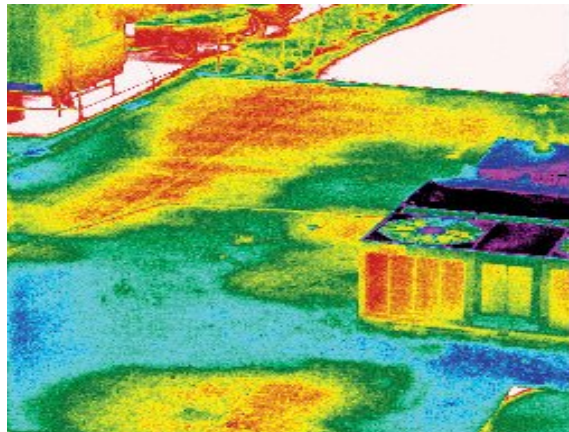
**Εικόνα 3.3.3.5** Διαρροή σε στέγη



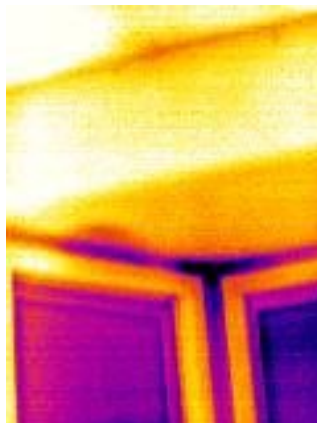
**Εικόνα 3.3.3.6** Είσοδος νερού γύρω από τις καμινάδες



**Εικόνα 3.3.3.7 Αποτυχημένη κατασκευή στέγης επαγγελματικού χώρου.**



**Εικόνα 3.3.3.8 Οι κατεστραμμένες περιοχές της σκεπής φαίνονται ξεκάθαρα κατά τη διάρκεια της επιθεώρησης**

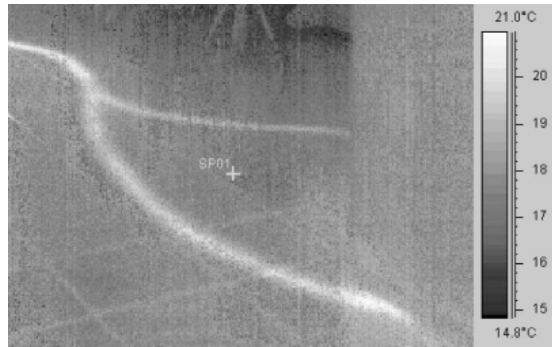


**Εικόνα 3.3.3.9 Διαρροή από στέγη γύρω από παράθυρο.**

Η θερμοκρασιακή διαφορά στην παραπάνω εικόνα υποδεικνύει την ύπαρξη υγρασίας. Ο ιδιοκτήτης είχε αναφερθεί σε λακκούβες που υπήρχαν στο πάτωμα κοντά στο παράθυρο για κάποιο χρονικό διάστημα, αλλά η πηγή της διαρροής δε βρέθηκε μέχρι που έγινε θερμογραφική έρευνα.

### 3.3.4 Διαρροή νερού

#### 3.3.4.1 Παραδείγματα θερμοφωτογραφιών σε περιπτώσεις διαρροής νερού



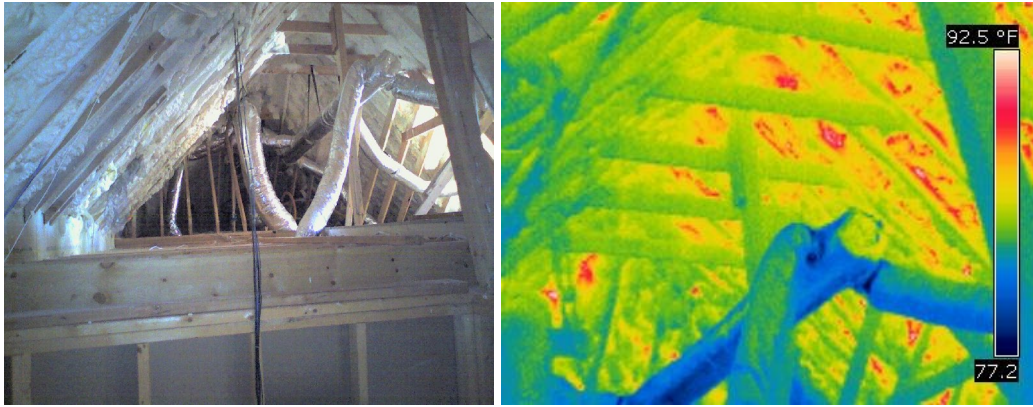
**Εικόνα 3.3.4.1 Θερμογράφημα υποδαπέδιας παροχής νερού και σωλήνων που οδηγούν στα καλοριφέρ.**

Με τη βοήθεια της παραπάνω θερμοφωτογραφίας είναι δυνατό να προσδιοριστεί η ακριβής θέση, να διερευνηθεί όλο το δίκτυο σωλήνων και να βρεθούν τυχόν διαρροές νερού.



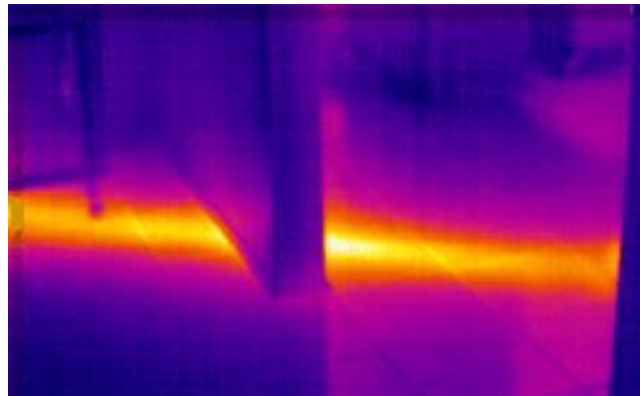
**Εικόνα 3.3.4.2 Διαρροή σε σωλήνα πίσω από πλακάκι μπάνιου**



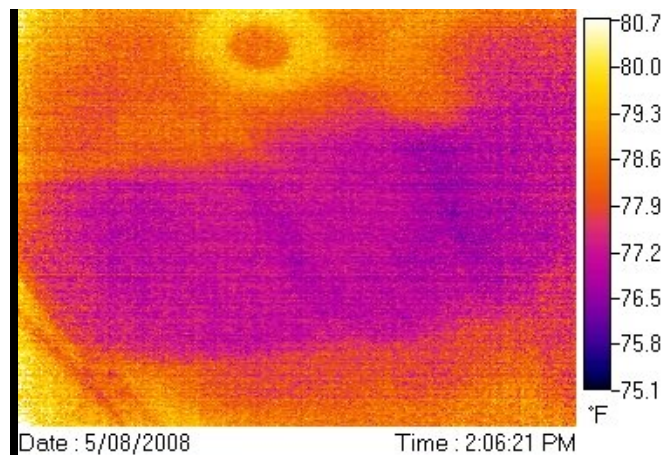


**Εικόνα 3.3.4.3 Μικρές διαρροές στις αρθρώσεις των σωληνώσεων.**

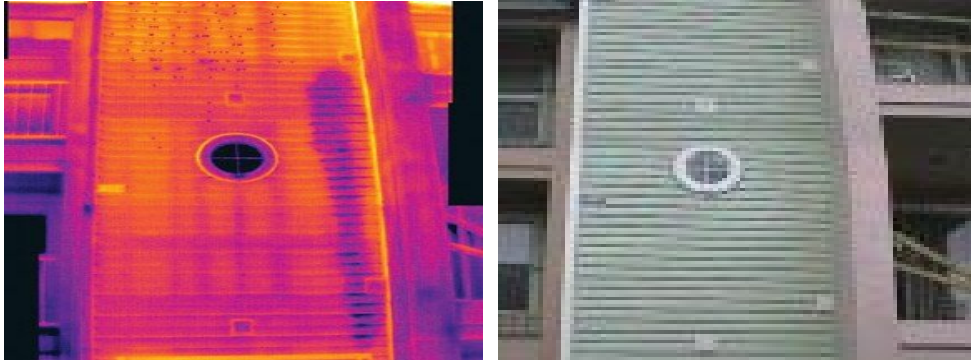
Το παραπάνω πρόβλημα μπορεί να αντιμετωπιστεί με σφράγισμά των σωληνώσεων ώστε ο αέρας να κατευθύνεται πίσω στο σπίτι.



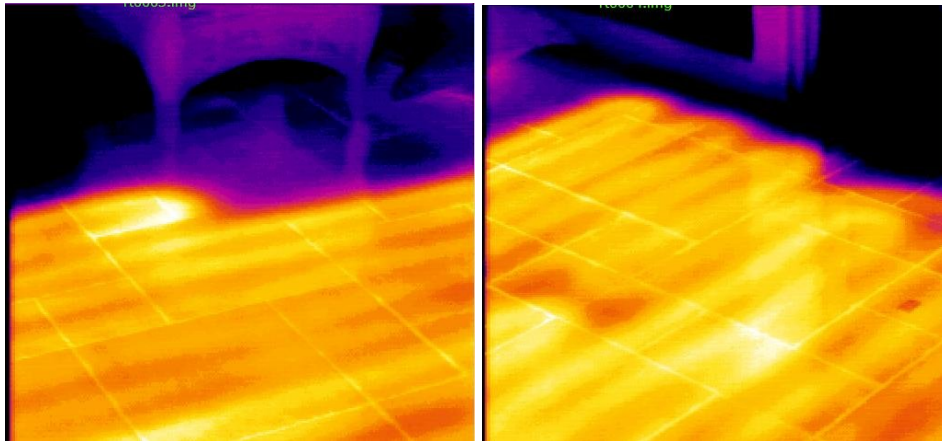
**Εικόνα 3.3.4.4 Σ' αυτήν την εικόνα φαίνεται η ευαισθησία του συστήματος, καθώς φαίνεται ξεκάθαρα η διαρροή στο σωλήνα μέσα από τα θεμέλια και τα πλακάκια του δαπέδου**



**Εικόνα 3.3.4.5 Η υπέρυθρη εικόνα αποκαλύπτει μια μεγάλη διαρροή στους σωλήνες από τη σοφίτα προς τον πρώτο όροφο.**



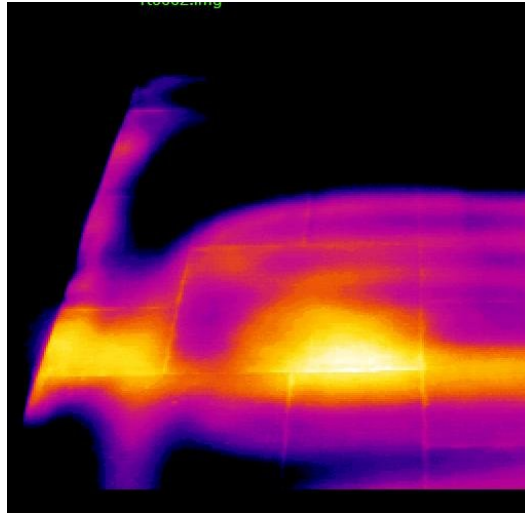
**Εικόνα 3.3.4.6 Η υπέρυθρη εικόνα αυτής της τριώροφης οικίας με πλευρικές επενδύσεις βινυλίου δείχνει ξεκάθαρα τη διαδρομή μιας σοβαρής διαρροής από ένα πλυντήριο που βρίσκεται στον τρίτο όροφο, η οποία είναι τελείως κρυμμένη μέσα στην τοιχοποιία.**



**Εικόνα 3.3.4.7 Διαρροή θερμού νερού σε κύκλωμα θέρμανσης κάτω από το δάπεδο.**

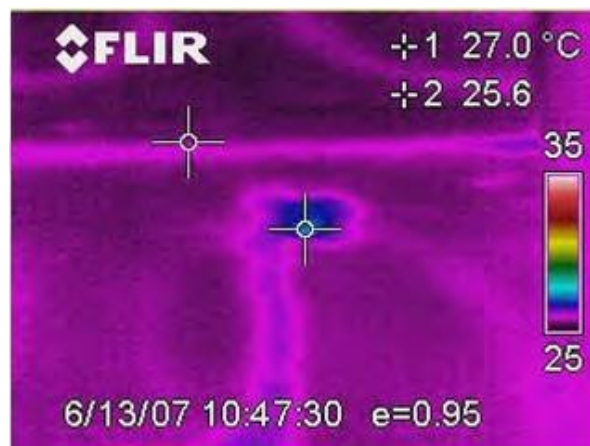
Χάρη σε θερμοφωτογραφίες όπως η παραπάνω μπορούμε να εντοπίσουμε τα σημεία εξόδου απ' όπου το νερό φεύγει από το κτίριο.

Η επόμενη εικόνα παρουσιάζει τη θέση της διαρροής, εύκολα διακριτή από το συνηθισμένο σχέδιο της θέρμανσης κάτω από το δάπεδο.



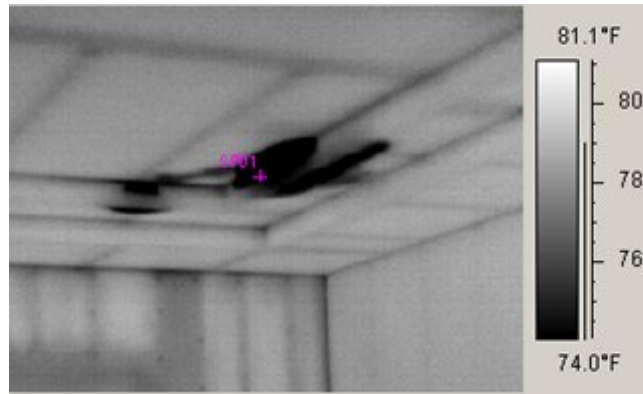
**Εικόνα 3.3.4.8 Διαρροή κάτω από δάπεδο**

Στην εικόνα αυτή η διαρροή είναι η κίτρινη περιοχή στο κέντρο της εικόνας, ενώ φαίνονται ξεκάθαρα οι πραγματικοί σωλήνες που αρχίζουν να χάνονται στο δεξιό μέρος της εικόνας (μωβ χρώμα). Το ίχνος του μωβ χρώματος με κατεύθυνση προς τα πάνω στο αριστερό μέρος της εικόνας αντιστοιχεί στο νερό της διαρροής που ακολουθεί την πορεία της χαμηλότερης αντίστασης καθώς ρέει.

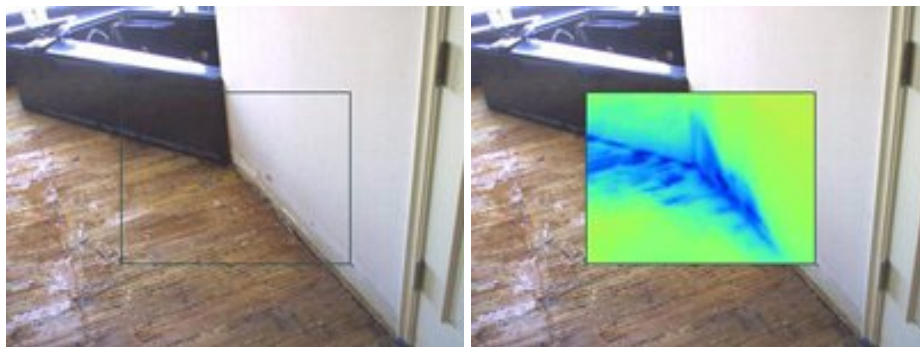


**Εικόνα 3.3.4.9 Διαρροή νερού σε σύστημα θέρμανσης στο δάπεδο σπιτιού**

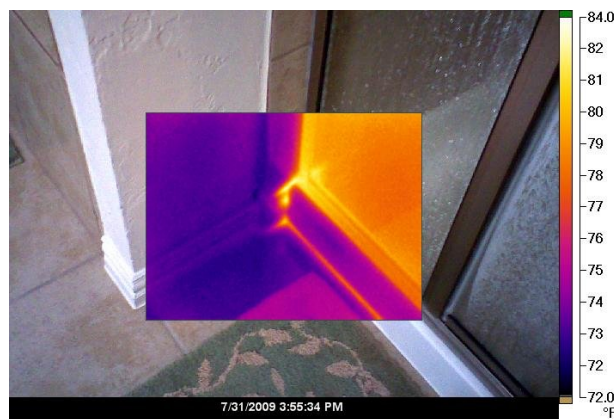
Οι θερμοκάμερες ανιχνεύουν εύκολα διαρροές και ζημιές σε συστήματα θέρμανσης. Κατά τη διάρκεια των υπολοίπων μεθόδων ενεργειακής επιθεώρησης χρησιμοποιούνται δοκιμές ιδιαίτερα δαπανηρές. Αντιθέτως, μια θερμοκάμερα θα εντοπίσει τα σημεία που χρειάζονται επισκευή ή τις καταστροφές από υγρασία σε διάφορα δομικά στοιχεία.



**Εικόνα 3.3.4.10 Καταστροφή από νερό σε οροφή**

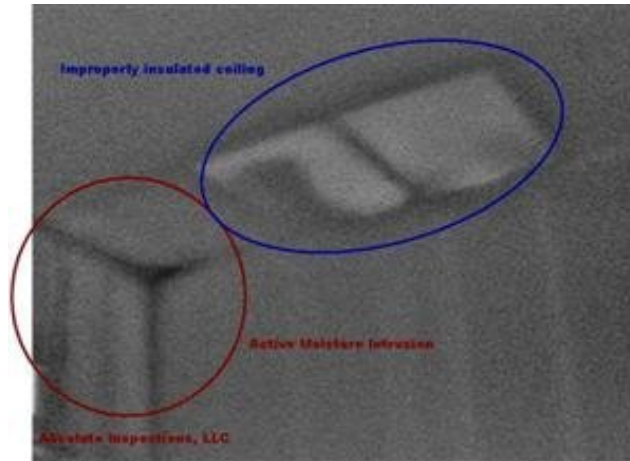


**Εικόνα 3.3.4.11 Αντιπαράθεση αυτού που φαίνεται με γυμνό μάτι με αυτό που φαίνεται μέσω θερμοκάμερας. Η ζημιά από το νερό δεν είναι ορατή, καθώς όλοι οι σωλήνες και οι αγωγοί περνούν μέσα από τους τοίχους.**

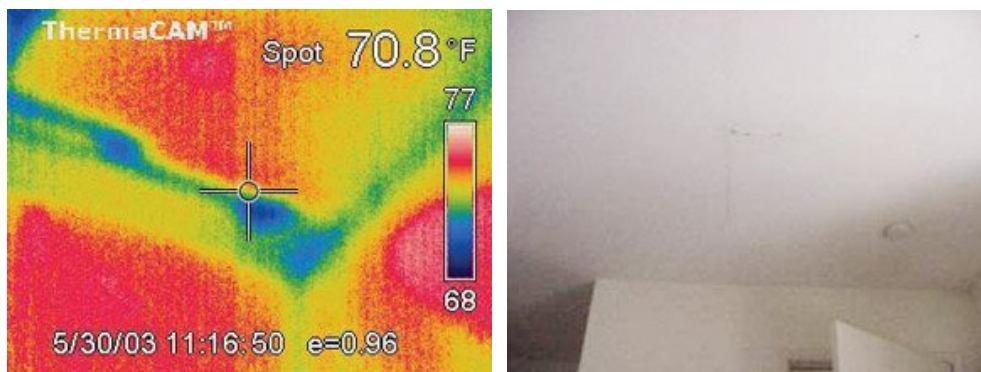


**Εικόνα 3.3.4.12 Σημαντική διαρροή νερού από κακώς εγκατεστημένο κεραμίδι**



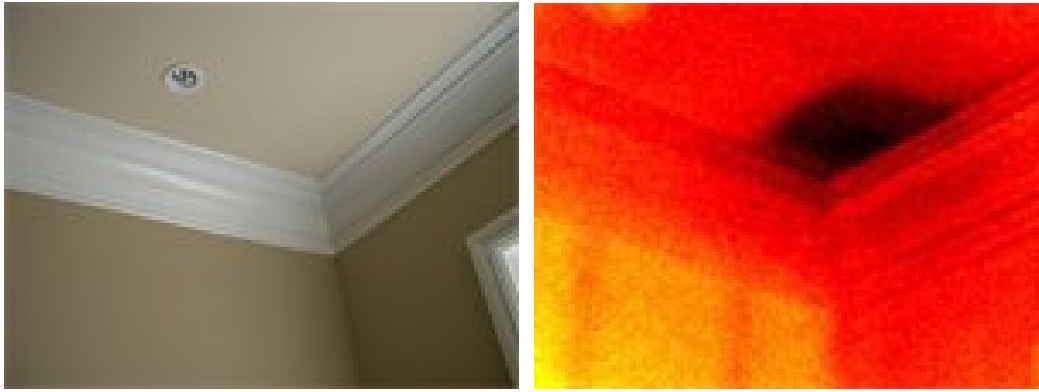


**Εικόνα 3.3.4.13** Ενεργή διαρροή νερού στην οροφή και στον τοίχο υπνοδωματίου (γωνία) και ελλιπής μόνωση (ανοιχτόχρωμη ορθογώνια περιοχή στην οροφή).



**Εικόνα 3.3.4.14** Διαρροή σε οροφή υπνοδωματίου

Στην παραπάνω περίπτωση η διαρροή υποτίθεται σύμφωνα με τον ιδιοκτήτη ότι προήλθε από το επενδυμένο με μάρμαρο μπάνιο που βρίσκεται στον από πάνω όροφο (το σπίτι ήταν αξίας \$3 εκατομμυρίων). Το εκτιμώμενο κόστος για να αντικατασταθεί το μάρμαρο ώστε να επιτευχθεί πρόσβαση στα υδραυλικά υπολογίστηκε σε \$80.000. Η περαιτέρω θερμογραφική έρευνα υπέδειξε ότι η πηγή της διαρροής ήταν μια φραγμένη τρύπα κάτω από το κατώφλι μιας πόρτας που οδηγούσε προς τα πάνω.



Εικόνα 3.3.4.15 Διαρροή νερού σε χώρο υγιεινής



Εικόνα 3.3.4.16 Υποδαπέδιες διαρροές εξαιτίας λανθασμένης εγκατάστασης σωληνώσεων

### 3.3.5 Διείσδυση νερού - υγρασία και μούχλα

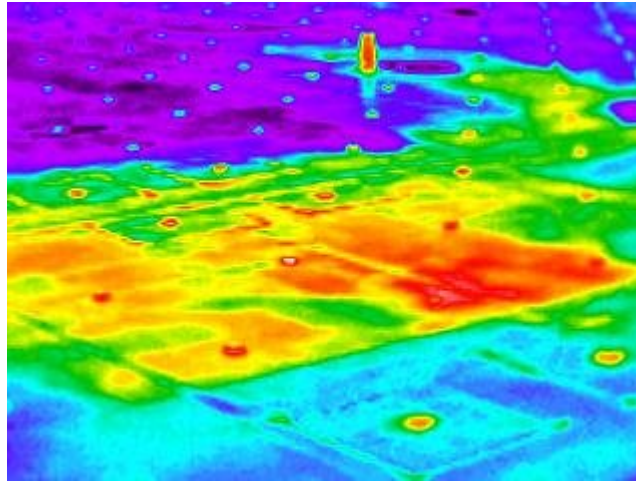
#### 3.3.5.1 Γενικά

Το πρόβλημα της μούχλας, το οποίο συνδέεται με πολλά προβλήματα υγείας τα οποία μπορούν να πάρουν τη μορφή αλλεργικών αντιδράσεων ή άσθματος, δεν περιορίζεται μόνο στις κατοικίες. Εμπορικά κτίρια με συγκέντρωση υγρασίας εξαιτίας συμπύκνωσης ή διαρροών είναι επίσης υποψήφια για ανάπτυξη μούχλας.



Εικόνα 3.3.5.1 Μούχλα

Η ανάπτυξη μούχλας μπορεί να ξεκινήσει σε λιγότερο από 24 ώρες. Οι διαρροές σε στέγες και σε σωλήνες νερού είναι συνηθισμένες αιτίες συγκέντρωσης νερού, προκαλώντας έτσι την ανάπτυξη μούχλας. Η μούχλα έχει οδηγήσει στο κλείσιμο πολλών σχολείων και έχει αναγκάσει πολλές εταιρίες να ξοδέψουν πολλά χρήματα σε περιβαλλοντικές δοκιμές και ελέγχους για επιδιορθώσεις.



**Εικόνα 3.3.5.2 Υγρασία σε στέγη**

Δεν υπάρχει κάποιος πρακτικός τρόπος για να εξαφανιστούν τα σημεία μούχλας σε εσωτερικούς χώρους. Ο καλύτερος τρόπος για να ελέγξουμε την ανάπτυξη μούχλας είναι να ελέγξουμε την υγρασία.

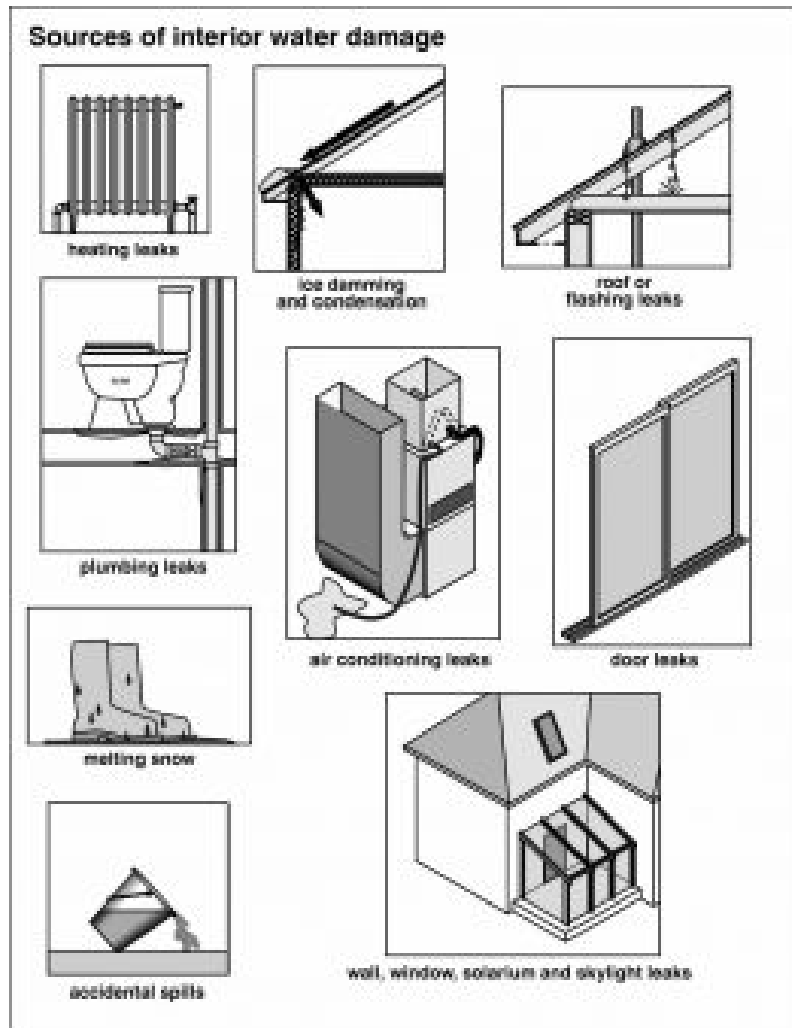
Η υγρασία στη δομή των κτιρίων μπορεί να θέσει σε κίνδυνο την ακεραιότητα των κτιρίων και να δημιουργήσει ένα ιδανικό περιβάλλον για την ανάπτυξη μούχλας και την εισβολή παρασίτων.

### 3.3.5.2 Συνηθισμένες πηγές ζημιάς

Μερικές από τις πιο συνηθισμένες πηγές ζημιάς από νερό σε εσωτερικούς χώρους είναι:

- Διαρροές σε θερμαντικά σώματα
- Εισροή χιονιού μέσω στεγών
- Διαρροές σε στέγες
- Διαρροές σε υδραυλικά
- Διαρροές σε ψυκτικά σώματα
- Διαρροές σε πόρτες
- Διαρροές σε παράθυρα, φεγγίτες, τοίχους

Αυτές οι διαρροές απεικονίζονται στο παρακάτω σχήμα.



**Εικόνα 3.3.5.3 Πηγές πρόκλησης ζημιάς από νερό**

Μια ζημιά στην επιφάνεια της εξωτερικής μεμβράνης θα προκαλέσει απορρόφηση νερού στα στρώματα μόνωσης και μπορεί να οδηγήσει σε καταστροφή της κατασκευής στην περιοχή που βρίσκεται κοντά στη διαρροή.

### **3.3.5.3 Χρήση θερμογραφίας σε περιπτώσεις υγρασίας, μούχλας και διείσδυσης νερού**

Για την αντιμετώπιση των προβλημάτων που προκαλούνται από τη μούχλα, είναι απαραίτητος ο εντοπισμός και η απομάκρυνση όλων των πηγών υγρασίας, όπως επίσης και των σημείων εισόδου νερού. Η υγρασία τείνει να είναι δροσερότερη ή θερμότερη ανάλογα με τις περιβαλλοντικές συνθήκες. Αυτό σημαίνει ότι ενώ η θερμοκάμερα δεν μπορεί να ανιχνεύσει απευθείας την παρουσία μούχλας, μπορεί να ανιχνεύσει την υγρασία και έτσι και τα σημεία όπου είναι δυνατό να αναπτυχθεί μούχλα.

Οι θερμοκάμερες μπορούν στιγμιαία να απεικονίσουν ολόκληρα δωμάτια, να επιθεωρήσουν περιοχές που δεν μπορούν να εξερευνηθούν με υγρασιόμετρα, να

αποκαλύψουν την ύπαρξη υγρών συνθηκών πίσω από επιφάνειες, όπως ταπετσαρίες και τοίχους από σμάλτο όπου δε φαίνονται οι κηλίδες από το νερό, να ακολουθήσουν τις διαρροές ως την πηγή τους, να ελέγξουν τη διαδικασία αποξήρανσης και να επιβεβαιώσουν τότε μια κατασκευή είναι πλέον υγρή.

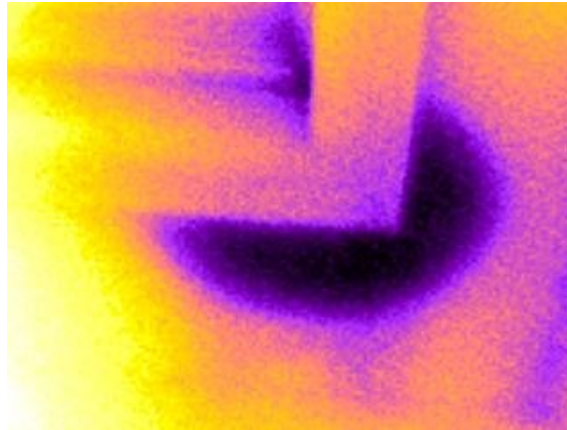
Οι θερμοκάμερες διαφοροποιούνται μεταξύ υγρών και ξηρών υλικών, εκμεταλλευόμενες τα θερμικά χαρακτηριστικά των υγρών υλικών να αποθηκεύουν τη θερμότητα πολύ καλά και να ζεσταίνονται ή να κρύνουν πιο αργά απ' ότι τα ξηρά υλικά. Η θερμοκρασιακή διαφορά μεταξύ υγρού και ξηρού τοίχου είναι πολύ μικρή. Καθώς η ακρίβεια στις υπέρυθρες φωτογραφίες σχετίζεται άμεσα με τη δυνατότητα της εξεταζόμενης επιφάνειας να εκπέμπει θερμική ενέργεια, πρέπει να χρησιμοποιούνται υπέρυθρες κάμερες υψηλής ευαισθησίας.

Οι διαρροές στις στέγες είναι δύσκολο να θερμογραφηθούν εξαιτίας των πολλών ημερών ηλιοφάνειας και των λίγων βροχερών ημερών, ενώ η επιθεώρησή τους πρέπει να γίνεται κάτω από τις σωστές συνθήκες όπως αυτές έχουν αναφερθεί σε προηγούμενο κεφάλαιο. Οι διαρροές στα υδραυλικά είναι ευκολότερο να εντοπιστούν, καθώς το σύστημα μπορεί να υποβληθεί σε δοκιμή την ώρα της επιθεώρησης αφήνοντας ελεύθερη τη ροή του νερού σε συσκευές, μπανιέρες, νεροχύτες και ντους ώστε έπειτα να αξιολογηθεί μέσω της θερμογραφίας.

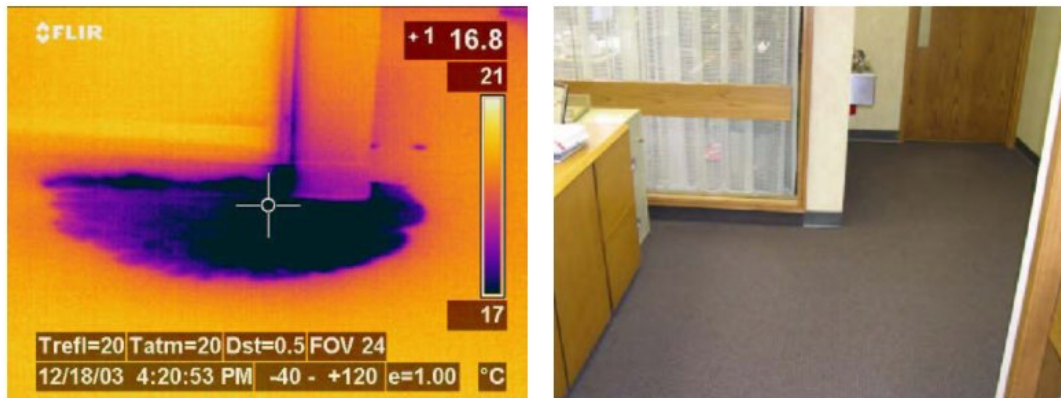
Οι ιδιοκτήτες των κατοικιών θα πρέπει να χρησιμοποιούν τη θερμογραφία για ανίχνευση υγρασίας υπό τις ακόλουθες προϋποθέσεις:

- Μετά από ένα καταστροφικό σχετικό γεγονός ή φαινόμενο, όπως μια πλημμύρα, σπασμένοι σωλήνες νερού, καταστροφή κάποιου εξοπλισμού, διαρροές σε στέγες κτλ.
- Πριν τη λήξη εγγύησης σε νέα κατασκευή
- Υποψία για ζημιά από υγρασία πριν την απόκτηση ενός σπιτιού
- Όταν έχουν συμβεί διαρροές σε υδραυλικά
- Όταν υπάρχει πιθανότητα διαρροής σε πόρτες, παράθυρα ή άλλα ανοίγματα
- Όταν διεξάγεται ενεργειακή επιθεώρηση σε ένα κτίριο για να καθοριστούν τα σημεία εισόδου και εξόδου νερού
- Για να εντοπιστούν κρυμμένες διαρροές και/ή υγρασία κάτω από ελαστικό πάτωμα
- Για να εντοπιστούν υγρές περιοχές σε απρόσβατα σημεία
- Για να ανακαλυφθεί η πηγή μιας οσμής μούχλας

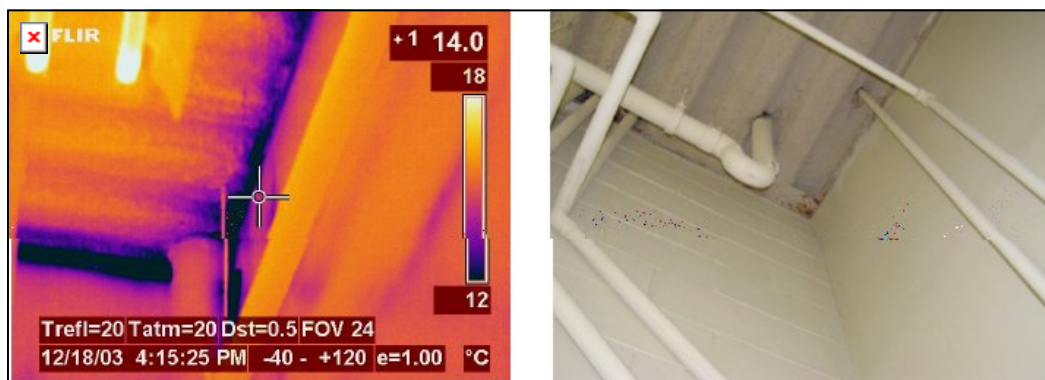
### 3.3.5.4 Παραδείγματα θερμοφωτογραφιών σε περιπτώσεις υγρασίας, μούχλας και διείσδυσης νερού



Εικόνα 3.3.5.4 Υγρασία πίσω από εσωτερικούς τοίχους



Εικόνα 3.3.5.5 Θερμοφωτογραφία που δείχνει τη διείσδυση νερού από διαρροή υδραυλικών



Εικόνα 3.3.5.6 Θερμοφωτογραφία που δείχνει τη διείσδυση νερού σε υπόγειο εξαιτίας σφάλματος στη σύνδεση μεταξύ φύλλων μονωτικού

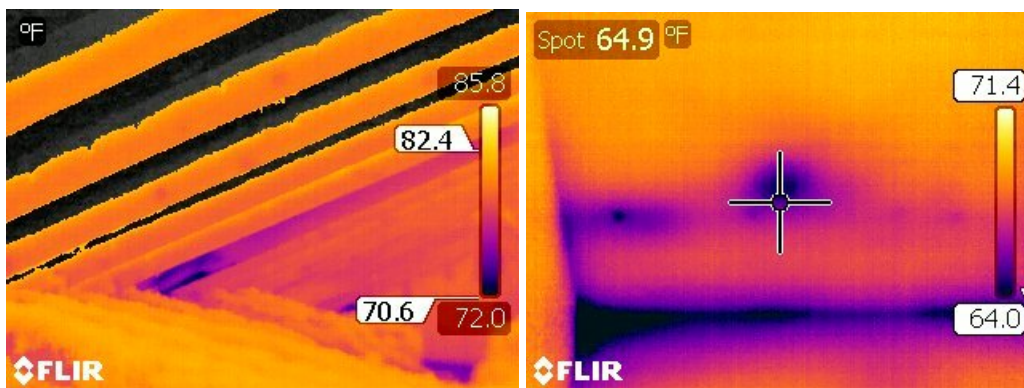




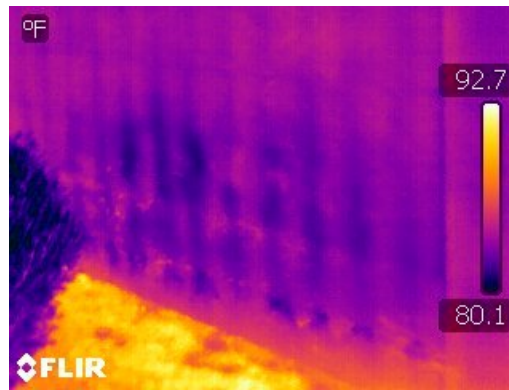
Εικόνα 3.3.5.7 Ζημιά από διείσδυση νερού κάτω από το παράθυρο



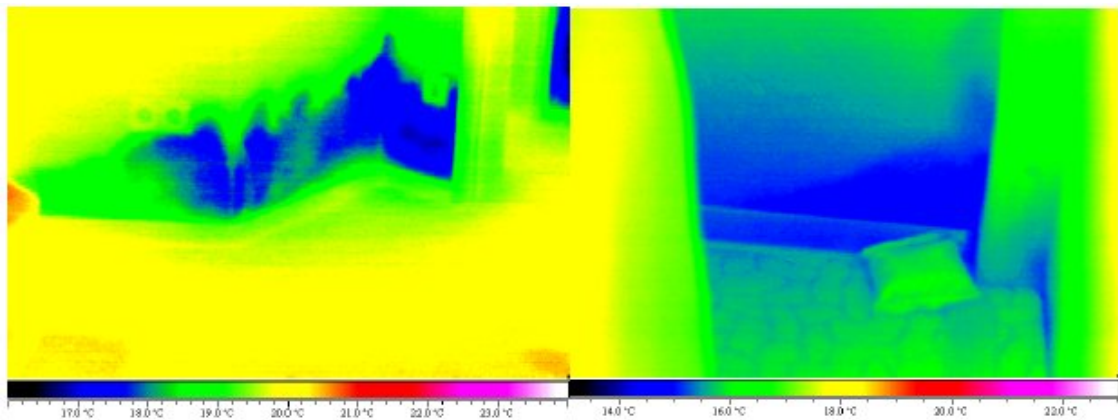
Εικόνα 3.3.5.8 Διείσδυση νερού από το περβάζι του παραθύρου.



Εικόνα 3.3.5.9 Στην πρώτη φωτογραφία, η μπλε περιοχή στο καδρόνι συνεπάγεται την ύπαρξη διαρροής στη στέγη. Στη δεύτερη, η οροφή κάτω από τη διαρροή αποκαλύπτει την υγρή περιοχή.

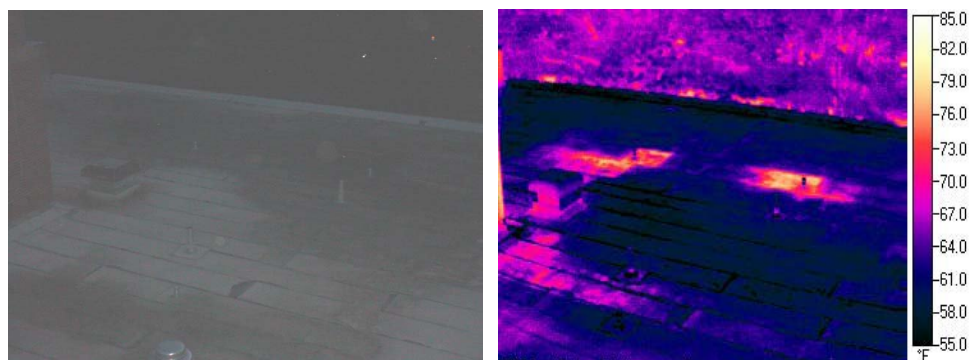


Εικόνα 3.3.5.10 Υγρός τοίχος εξαιτίας κατάβραξης



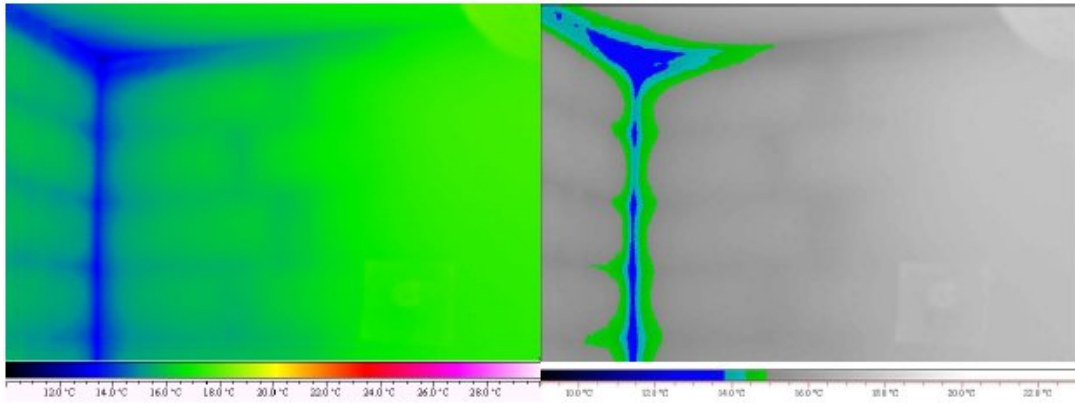
Εικόνα 3.3.5.11 Σύγκριση πρόσφατης υγρασίας (εξαιτίας συνεχούς διαρροής σωλήνα) και παλαιότερης υγρασίας που μερικά έχει «στεγνώσει» και η οποία προκλήθηκε από κάποια βροχόπτωση.

Η «ηλικία» της υγρασίας μπορεί να καθοριστεί με βάση το σχήμα και την οξύτητα του θύλακα της στο θερμογράφημα.



Εικόνα 3.3.5.12 Εσωτερικός διαποτισμός από υγρασία



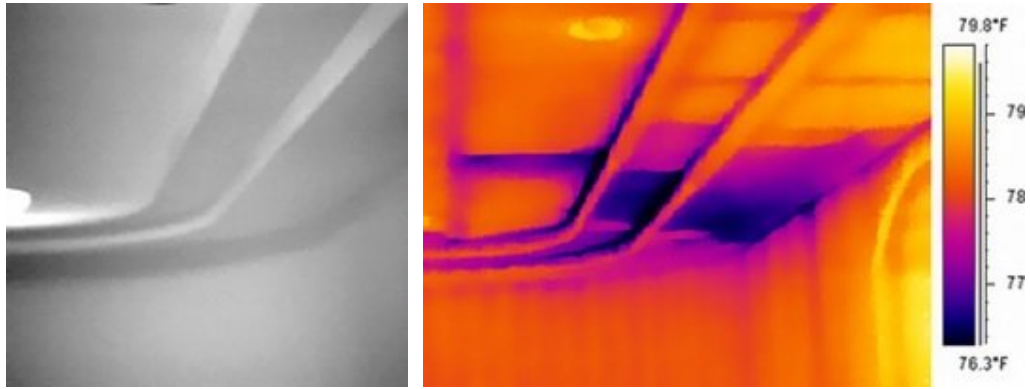


**Εικόνα 3.3.5.13 Εντοπισμός Περιοχών Συμπύκνωσης**

Σε χαμηλές θερμοκρασίες είναι δυνατό η εσωτερική επιφάνεια τοίχου να έχει χαμηλότερη θερμοκρασία από τη θερμοκρασία συμπύκνωσης της ποσότητας υδρατμών που βρίσκεται στο χώρο. Η συμπύκνωση σταδιακά φθείρει και αποσαθρώνει τις κρύες περιοχές. Τα όρια της περιοχής συμπύκνωσης και αποσάθρωσης μπορούν να καθοριστούν με μετρήσεις από τη θερμογραφία και με χρήση λογισμικού προσομοίωσης. Η συμπύκνωση μπορεί να προκαλέσει πολλά προβλήματα, όπως η μείωση του μέτρου θερμικής αντίστασης της μόνωσης ή ακόμα και ολική καταστροφή της μόνωσης και φθορά των υλικών. Μπορεί να προκαλέσει διάβρωση των μετάλλων, σήψη του ξύλου, να βάνει τα τούβλα και τις επιφάνειες από τσιμέντο και σε εξαιρετικές περιπτώσεις να προκαλέσει διαχωρισμό των τούβλων ή θρυμματισμό του ασβέστη. Μπορεί ακόμα να διαβρώσει το ατσάλι, μεταλλικά υπόστεγα και σύρτες, δημιουργώντας έτσι σοβαρά θέματα ασφάλειας.

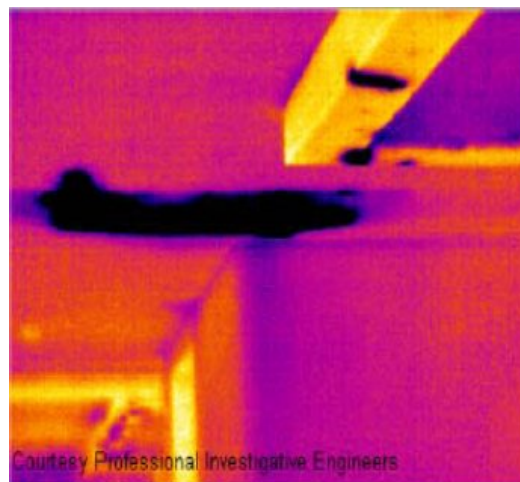


**Εικόνα 3.3.5.14 Στον τοίχο αυτό, κομμάτια στόκου που είχαν τοποθετηθεί κατά τη διάρκεια των χρόνων αποδείχτηκε ότι ήταν ανεπαρκή και ότι επέτρεψαν την εισβολή υγρασίας που δυνητικά οδηγεί σε μούχλα.**

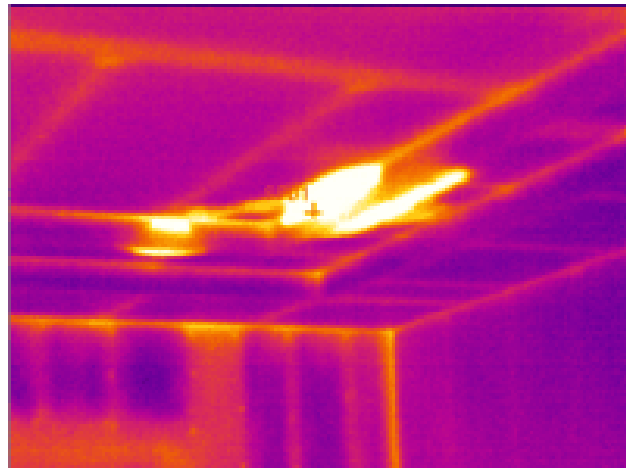


**Εικόνα 3.3.5.15 Περιοχή εισόδου υγρασίας σε μια ψηλή οροφή κατοικίας.**

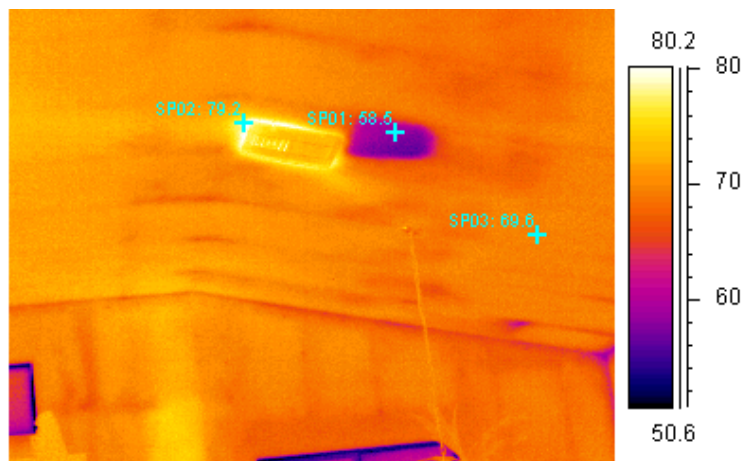
Στην παραπάνω περίπτωση, το σχήμα του νερού είναι συνήθως υποδηλωτικό περισσότερο υγρασίας παρά ακατάλληλης μόνωσης. Τέτοιου είδους ζημιά από υγρασία δύναται να οδηγήσει σε συνθήκες μούχλας αν δεν επιδιορθωθεί με το σωστό τρόπο.



**Εικόνα 3.3.5.16 Η εσφαλμένη τοποθέτηση γείσων στα σημεία σύνδεσης μπαλκονιού με τον τοίχο και η απουσία περιμετρικού συστήματος αποστράγγισης προκάλεσαν διείσδυση υγρασίας στο ξύλινο πλαίσιο υποστήριξης αυτού του εξωτερικού μπαλκονιού ενός συγκροτήματος με σοφίτες.**



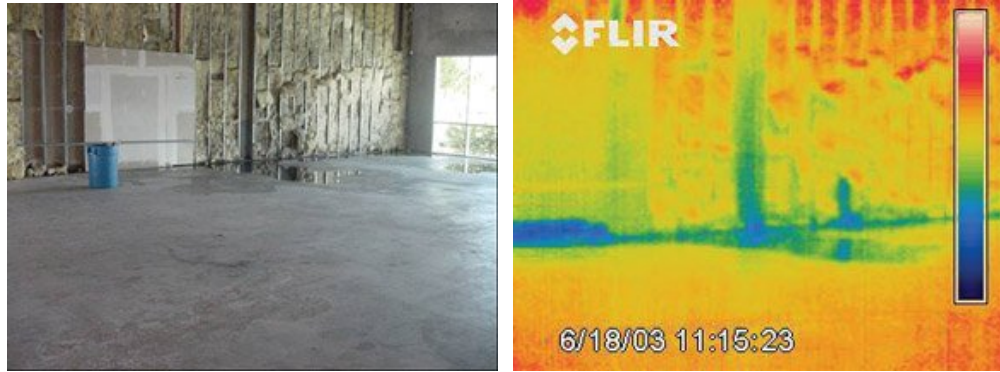
Εικόνα 3.3.5.17 Υγρασία σε ξηρό τοίχο



Εικόνα 3.3.5.18 Υγρασία συγκεντρωμένη κοντά στον εξαερισμό του ταβανιού



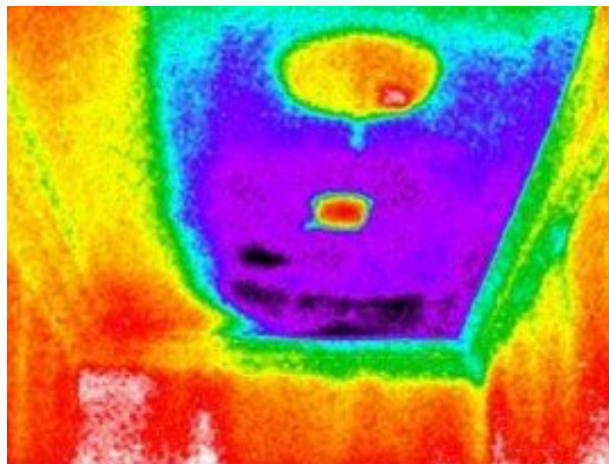
Εικόνα 3.3.5.19 Μεταφορά υγρασίας κάτω από το ντους στο χαλί του υπνοδωματίου.



**Εικόνα 3.3.5.20** Νερό και υγρασία που παρέμειναν από τους ψεκαστήρες που ενεργοποιήθηκαν κατά τη διάρκεια μιας πυρκαγιάς που συνέβη περίπου 11 ώρες νωρίτερα.

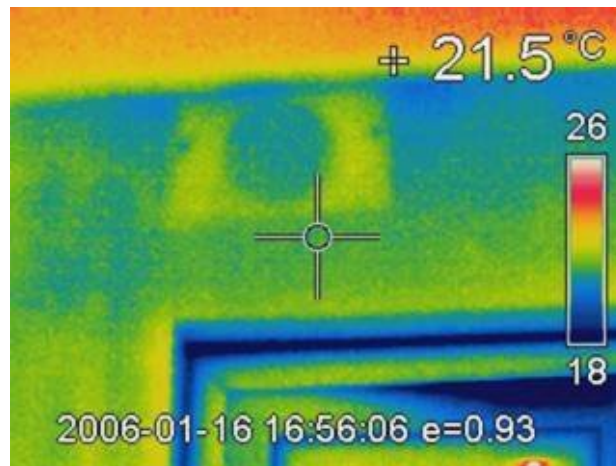


**Εικόνα 3.3.5.21** Η υπέρυθρη έρευνα που πραγματοποιήθηκε στο εσωτερικό κατά τη διάρκεια των πρωινών ωρών αποκαλύπτει ότι η κεντρική περιοχή της οροφής της αποθήκης που είναι ταυτόχρονα και στέγη έχει υγρασία, γεγονός που απαιτεί άμεση επισκευή

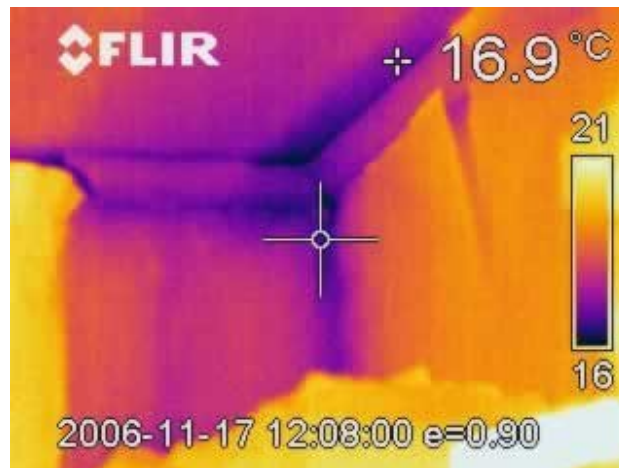


**Εικόνα 3.3.5.22** Υγρασία από διαρροή που βρίσκεται από πάνω και πιθανώς οδηγεί σε ανάπτυξη μούχλας στην περιοχή του ταβανιού.

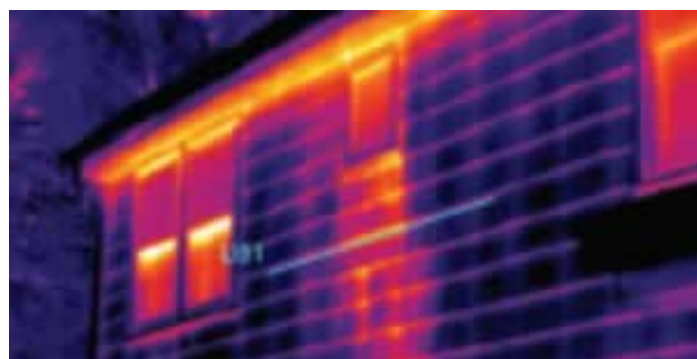




**Εικόνα 3.3.5.23** Κρυμμένος αέρας πάνω από πόρτα και θερμογέφυρα που οδηγεί σε μούχλα.



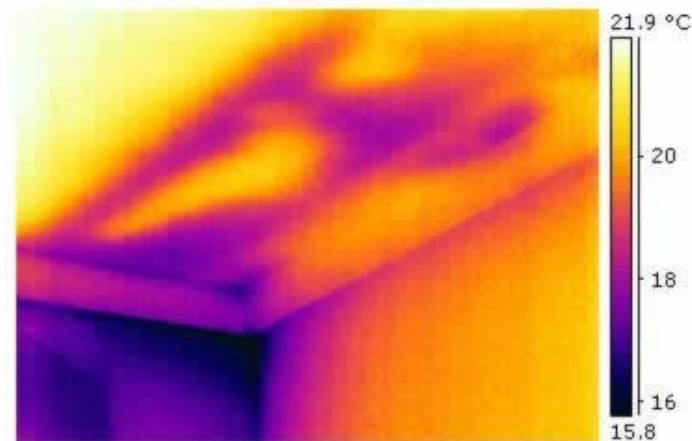
**Εικόνα 3.3.5.24** Υγρασία σε τείχο και οροφή



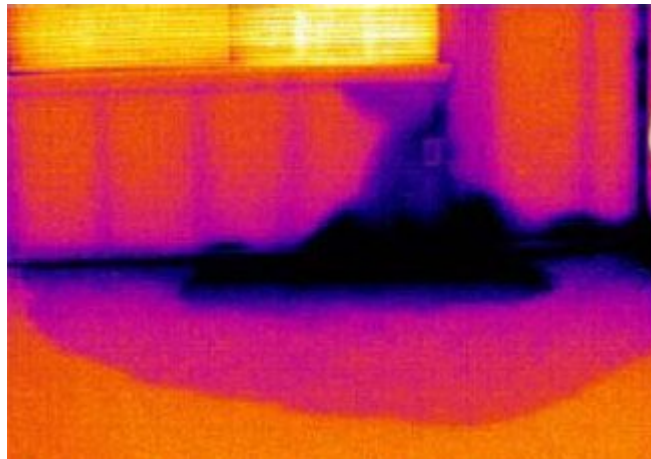
**Εικόνα 3.3.5.25** Διείσδυση νερού σε τείχο μέσω κατασκευαστικού ελαττώματος του παραθύρου



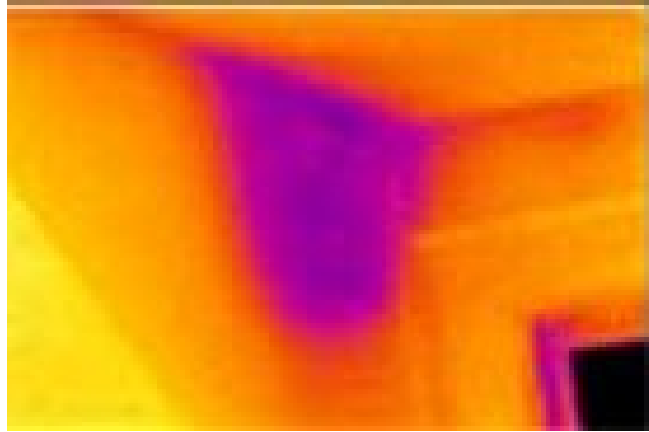
**Εικόνα 3.3.5.26 Υγρασία στην οροφή**



**Εικόνα 3.3.5.27 Υγρασία σε τοίχο και οροφή υπνοδωματίου**

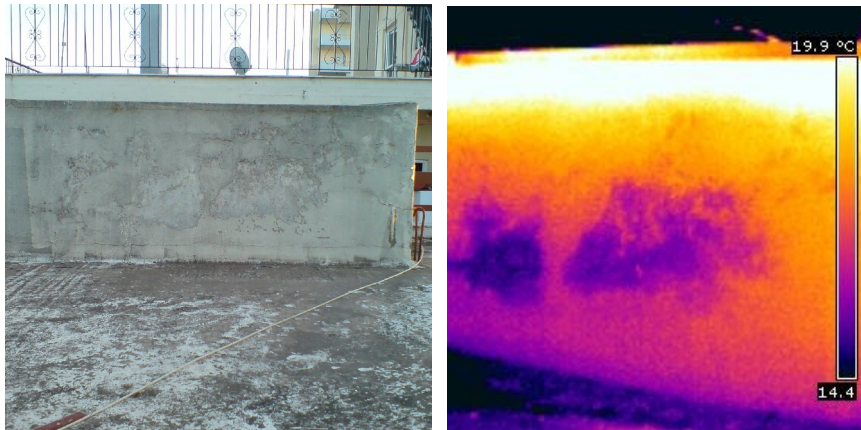


**Εικόνα 3.3.5.28 Η εσφαλμένα τερματισμένη και στεγανοποιημένη επένδυση από πέτρα σε κούφωμα παραθύρου και η μη τοποθέτηση γείσου είχε ως αποτέλεσμα τη διείσδυση υγρασίας τόσο μέσα στην κοιλότητα του τοίχου όσο και στην εσωτερική επιφάνεια του κατοικήσιμου χώρου.**



**Εικόνα 3.3.5.29 Υγρασία σε τοίχο**

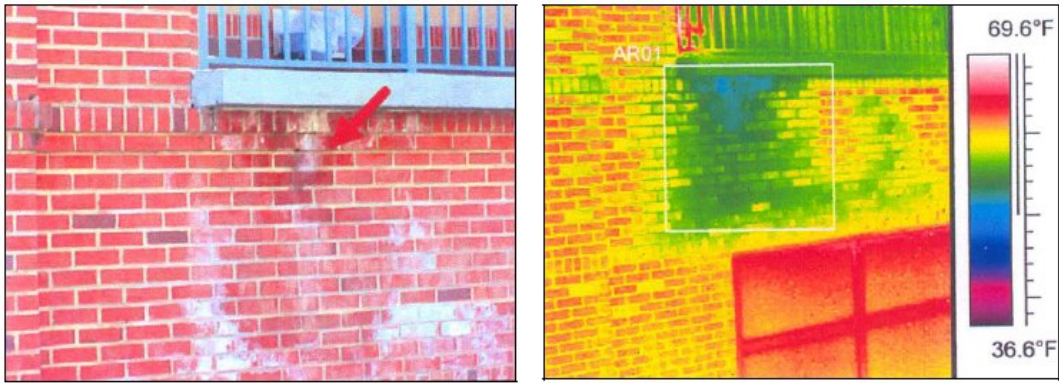
Στην περίπτωση αυτή η εσφαλμένα τερματισμένη και στεγανοποιημένη επένδυση από πέτρα σε κούφωμα παραθύρου και η μη τοποθέτηση γείσου είχε ως αποτέλεσμα τη διείσδυση υγρασίας τόσο μέσα στην κοιλότητα του τοίχου όσο και στην εσωτερική επιφάνεια του κατοικήσιμου χώρου.



**Εικόνα 3.3.5.30 Απορρόφηση υγρασίας**

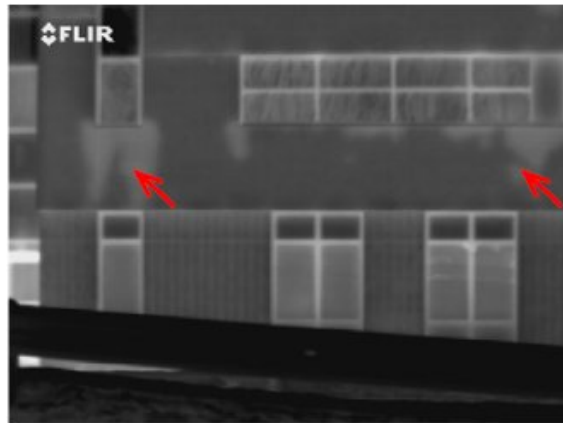
Στον συγκεκριμένο τοίχο η φυσική φθορά λόγω παλαιότητας απομάκρυνε τους σοβάδες και στη συνέχεια κυρίως εξαιτίας της βροχής απορροφήθηκε νερό, στο οποίο και οφείλεται η μικρότερη θερμοκρασία σε ορισμένα σημεία.

Ένα άλλο παράδειγμα διείσδυσης υγρασίας παρουσιάζεται στις επόμενες δύο φωτογραφίες οι οποίες προέρχονται από ένα στάδιο του μπέιζμπολ στη Βόρεια Καρολίνα των ΗΠΑ. Οι φωτογραφίες αυτές ήταν απαραίτητες για τον εντοπισμό του προβλήματος και για την επίλυσή του από τον αρχιτέκτονα που προσελήφθη γι' αυτό το λόγο.

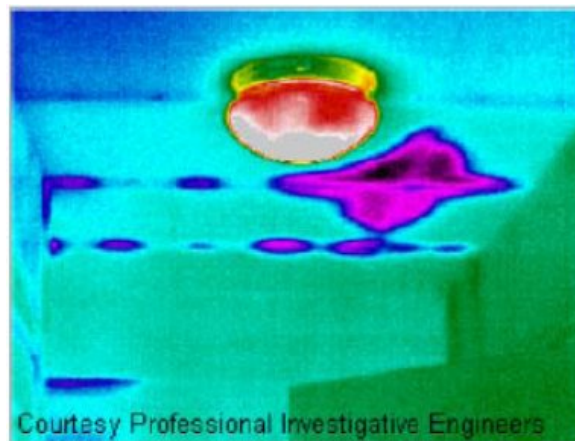


**Εικόνα 3.3.5.31 Διείσδυση υγρασίας**

Η ζημιά φαίνεται ήδη από την ψηφιακή εικόνα, αλλά η υπέρυθρη εκθέτει το μέγεθος του προβλήματος της διείσδυσης της υγρασίας.

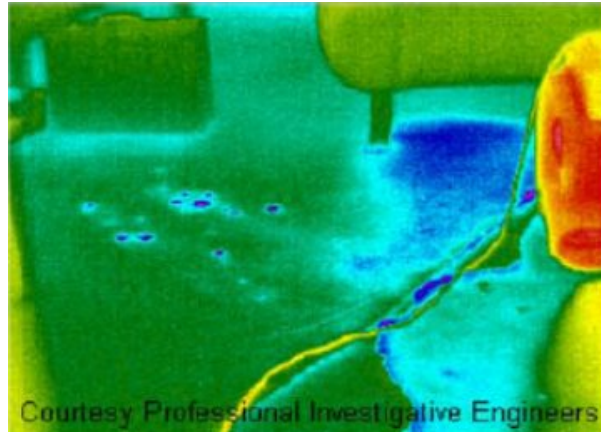


**Εικόνα 3.3.5.32 Υγρασία κάτω από τα παράθυρα στο εξωτερικό μέρος κτιρίου**



**Εικόνα 3.3.5.33 Μετανάστευση υγρασίας που διατρέχει τα χαλύβδινα κανάλια των δοκαριών στήριξης του πατώματος σε μονοκατοικία, όπου έχει συμβεί ρήξη κάποιας υδραυλικής σωλήνωσης.**





**Εικόνα 3.3.5.34** Νερό από διαρροή υδραυλικής εγκατάστασης εντοπίστηκε να έχει μεταναστεύσει σε μεγαλύτερη απόσταση απ' ό,τι είχε αρχικά εκτιμηθεί από τον εργολάβο κατά την εφαρμογή τεχνικών αποκατάστασης με αφαίρεση μοκέτας και την τοποθέτηση αφυγραντών χώρου.



**Εικόνα 3.3.5.35** Μετανάστευση υγρασίας μέσα στο στεγνό τοίχο λόγω φαινομένων τριχοειδούς και σε εσωτερικά τελειώματα λόγω ανεπαρκούς διακένου και κλίσης βαθμίδας από πρόσοψη με πλευρική επένδυση βινυλίου σε συγκρότημα διαμερισμάτων.

Γενικότερα, σημεία που έχουν υγρασία, επειδή έχουν διαφορετικές ιδιότητες αγωγής θερμότητας αλλά και επειδή παρουσιάζουν διαφορετική ικανότητα αποθήκευσης της θερμότητας από τα υπόλοιπα υλικά, εμφανίζονται στη θερμοκάμερα με ψυχρότερα χρώματα.

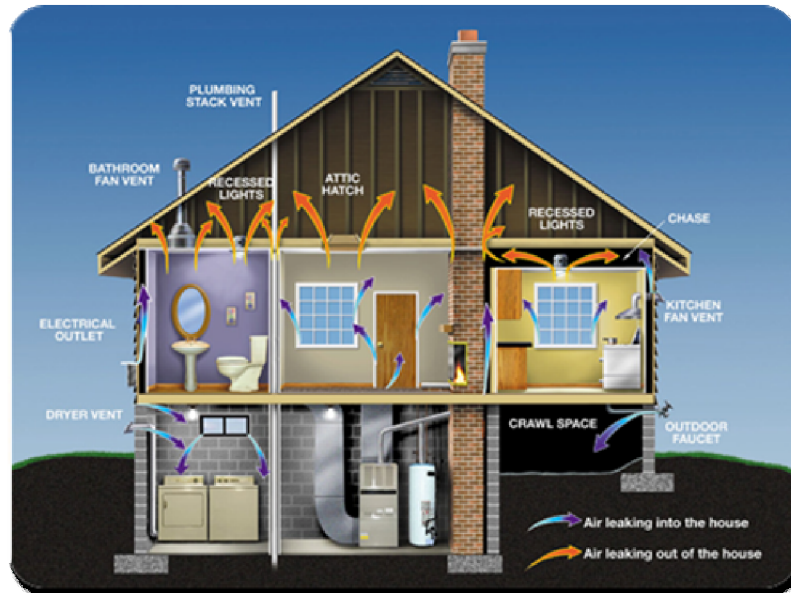
### **3.3.6 Διείδυση αέρα**

#### **3.3.6.1 Γενικά**

Στη διείδυση αέρα μπορεί να οφείλεται το 30% ή περισσότερο των δαπανών θέρμανσης και ψύξης ενώ μπορεί να συντελέσει στα προβλήματα με την υγρασία, το θόρυβο, τη σκόνη, και την είσοδο των ρύπων, των εντόμων, και των τρωκτικών. Η μείωση της διήθησης μπορεί να περιορίσει σημαντικά τις ετήσιες δαπάνες θέρμανσης και ψύξης, να βελτιώσει τη διάρκεια οικοδόμησης και να δημιουργήσει

ένα υγιέστερο εσωτερικό περιβάλλον. Έτσι, χάρη στον εντοπισμό τέτοιου είδους προβλημάτων μέσω της θερμογραφίας βελτιώνεται η ενεργειακή αποδοτικότητα των κτιρίων.

### 3.3.6.2 Σημεία διείσδυσης αέρα



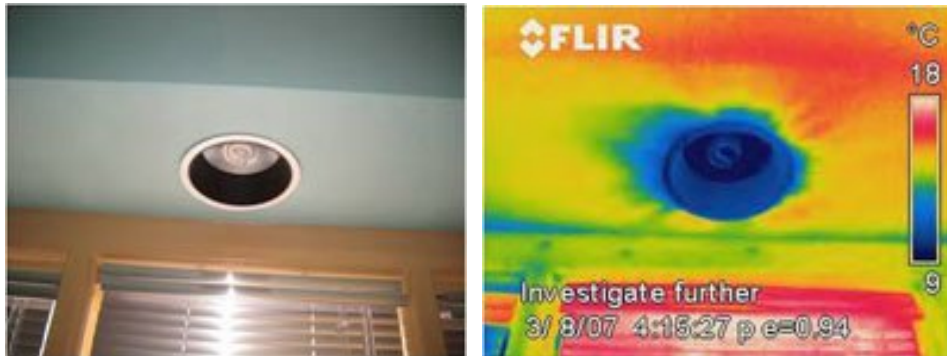
Εικόνα 3.3.6.1 Σημεία διείσδυσης αέρα σε ένα σπίτι

Όπως φαίνεται και στο παραπάνω σχήμα, οι βασικές περιοχές διείσδυσης αέρα περιλαμβάνουν:

- Πόρτες και παράθυρα
- Σημεία σύνδεσης του σπιτιού με τη σοφίτα ή το υπόγειο, τα οποία είναι ιδιαίτερα δύσκολο να εντοπιστούν
- Κεκλιμένες στέγες και φεγγίτες
- Αυλακώματα αγωγού και υδραυλικών και μανιέρες
- Σημεία εισόδου σε σοφίτες και σκαλοπάτια
- Κακώς τοποθετημένα κουφώματα
- Τρύπες στα ντουλάπια δωματίων που λειτουργούν μηχανικά
- Σημεία διέλευσης καλωδίων μέσω τοίχων και πατωμάτων
- Ενώσεις στο περίβλημα και θερμογέφυρες (π.χ στις γωνίες των τοίχων) που επιτρέπουν σε μεγάλες ποσότητες αέρα να εισέρχονται και να εξέρχονται από το σπίτι

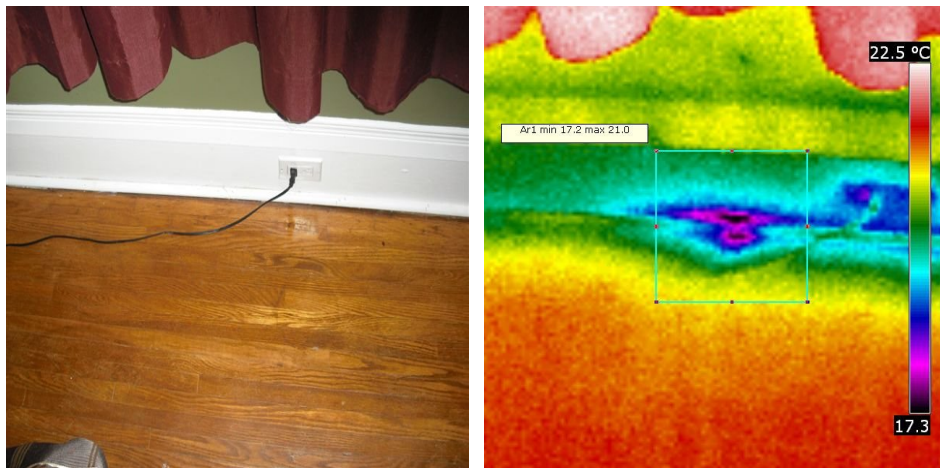
- Σημαντικές περιοχές διαρροής στα πατώματα
- Δοκός ζωνών και δοκός πλαισίων
- Μεγάλα ανοίγματα σε πόρτες και διεισδύσεις μέσα από γυψοσανίδες
- Εξωτερικό περίβλημα

### 3.3.6.3 Παραδείγματα θερμοφωτογραφιών σε περιπτώσεις διείσδυσης αέρα

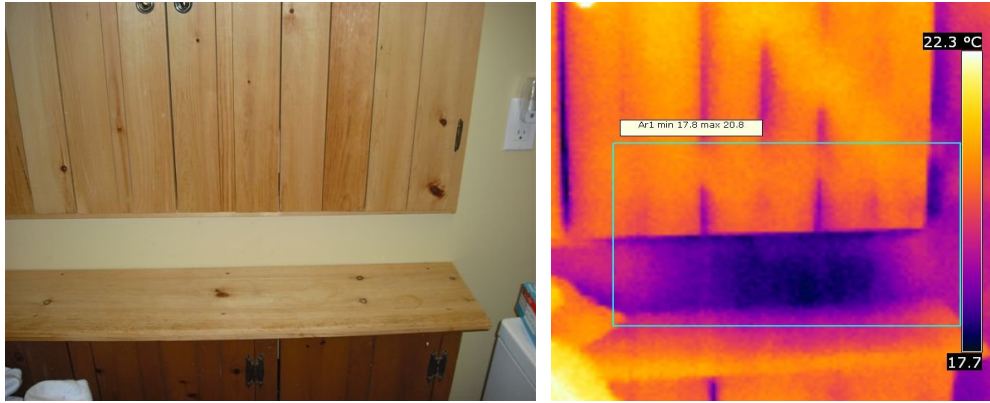


**Εικόνα 3.3.6.2 Ψηφιακή και υπέρυθη φωτογραφία ενός διαφράγματος πάνω από το νεροχύτη κουζίνας, που υποδεικνύει είσοδο ρεύματος.**

Ο ιδιοκτήτης του ανωτέρω σπιτιού αισθανόταν την ύπαρξη ενός ρεύματος, γεγονός που τον οδήγησε στο συμπέρασμα ότι υπήρχε διαρροή στο παράθυρο της κουζίνας. Η υπέρυθη φωτογραφία απέδειξε ότι το ρεύμα δεν ερχόταν από το παράθυρο αλλά από το φως που βρίσκεται πάνω απ' αυτό.



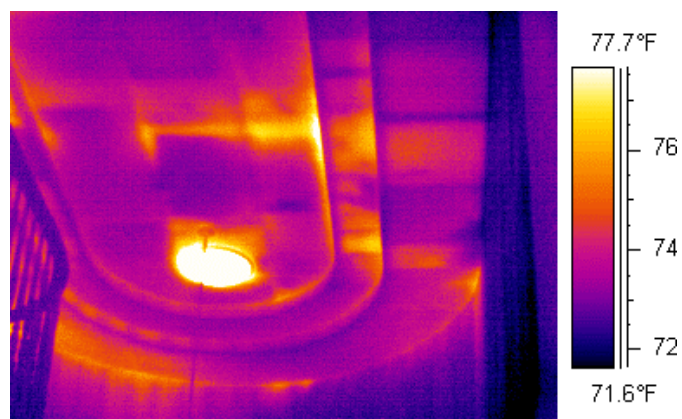
**Εικόνα 3.3.6.3 Περιοχή παρείσφρησης αέρα όπου υπάρχει σημαντική πτώση της θερμοκρασίας.**



Εικόνα 3.3.6.4 Παρέισφρηση αέρα από μη μονωμένη περιοχή



Εικόνα 3.3.6.5 Διείσδυση κρύου αέρα

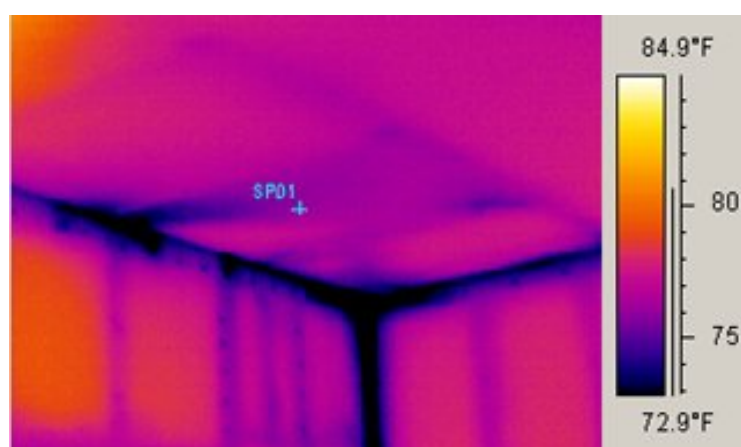


Εικόνα 3.3.6.6 Διείσδυση ζεστού αέρα από την οροφή κατοικίας ιδιαίτερα υψηλής αξίας

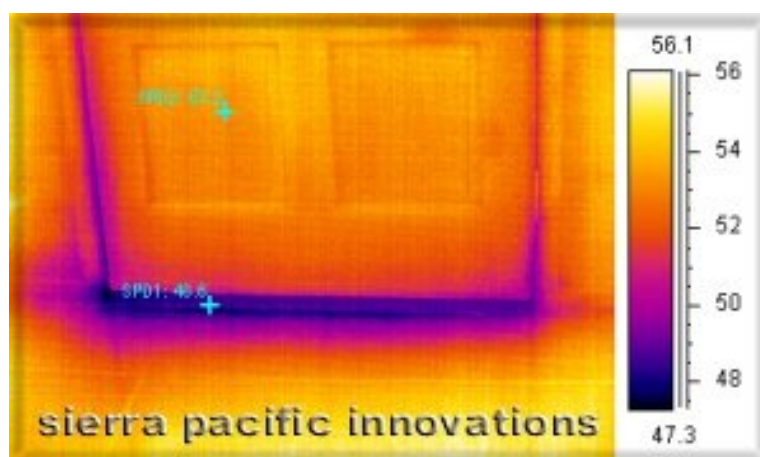




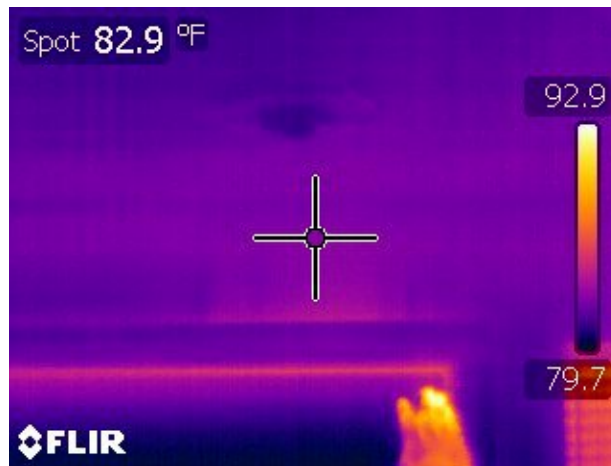
Εικόνα 3.3.6.7 Διείσδυση κρύου αέρα σε κατοικία



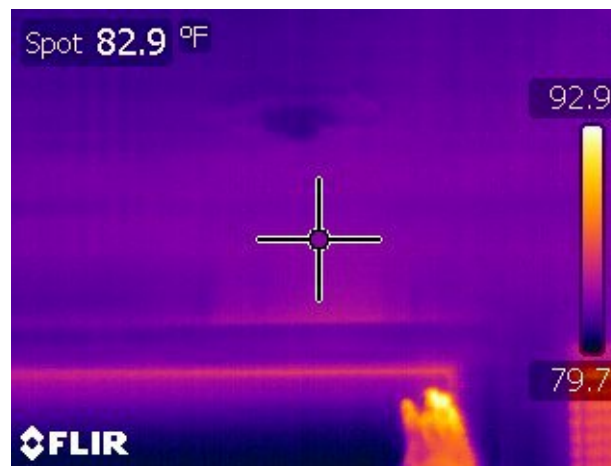
Εικόνα 3.3.6.8 Διείσδυση κρύου αέρα στο βασικό υποδομάτιο



Εικόνα 3.3.6.9 Διείσδυση κρύου αέρα σε κατοικία μέσα από το κάτω μέρος μιας πόρτας



Εικόνα 3.3.6.10 Διήθηση νερού πάνω από πόρτα



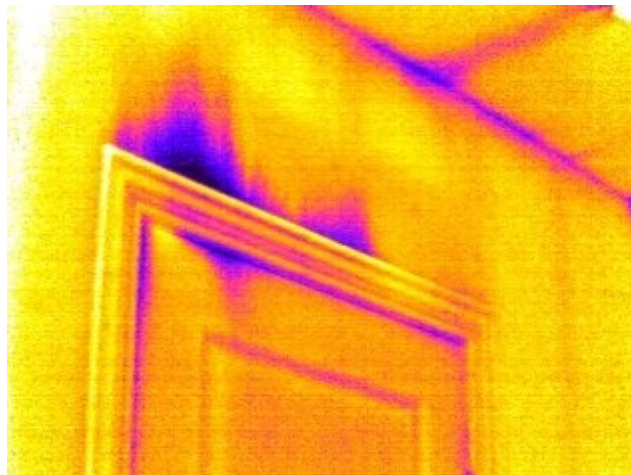
Εικόνα 3.3.6.11 Τρύπα στο σφράγισμα της πόρτας που επιτρέπει τη διαρροή αέρα



Εικόνα 3.3.6.12 Είσοδος κρύου αέρα μέσα από το φεγγίτη στο χώρο πίσω από την οροφή που είναι κατασκευασμένη από κασσίτερο.



**Εικόνα 3.3.6.13 Διείσδυση κρύου αέρα από κακώς σφραγισμένο πλαίσιο πόρτας.**



**Εικόνα 3.3.6.14 Υπερβολική διείσδυση αέρα στην κορυφή της πόρτας**

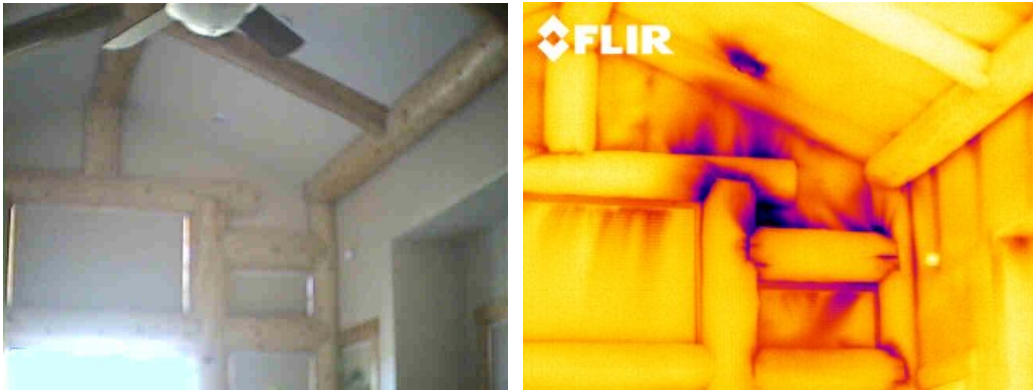


Date : 3/05/2008  
Emissivity : 0.95

Time : 10:34:03 AM

**Εικόνα 3.3.6.15 Διείσδυση αέρα στην περιοχή γύρω από το σύρτη της πόρτας.**

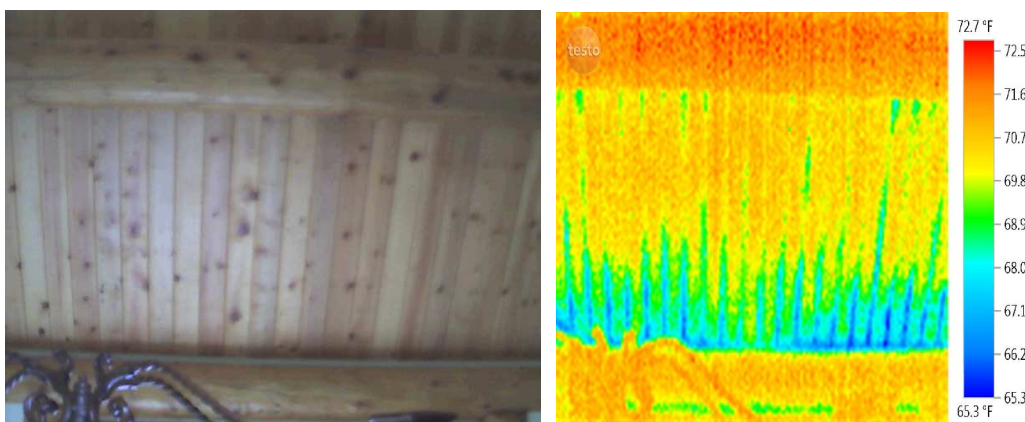




**Εικόνα 3.3.6.16 Περιοχές διείσδυσης αέρα οι οποίες προκαλούν σημαντικές απώλειες θερμότητας.**

Οι παραπάνω εικόνες δείχνουν τα αποτελέσματα ενός τεστ πίεσης (“blower door testing”) όπως κατεγράφησαν από την υπέρυθρη κάμερα.

Η εφαρμογή της θερμογραφίας είναι απαραίτητη στο να υπολογίσουμε τη διείσδυση αέρα με το τεστ πίεσης. Ο συνδυασμός αυτών των δύο τεχνικών προσφέρει μια ολοκληρωμένη, οπτική ανάλυση ενός αθέατου προβλήματος και δίνει τη δυνατότητα επικεντρωμένων σε ορισμένα σημεία και άρα οικονομικών επισκευών.

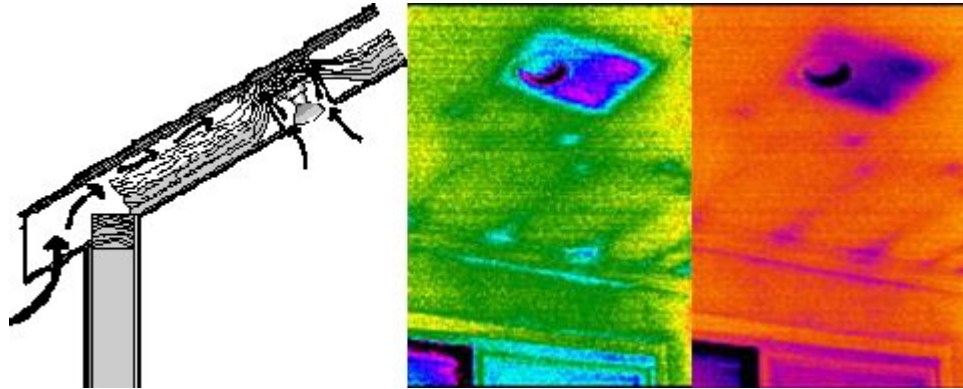


**Εικόνα 3.3.6.17 Είσοδος κρύου αέρα στο κάτω άκρο της στέγης, σημείο στο οποίο η στέγη συναντά τον τοίχο**

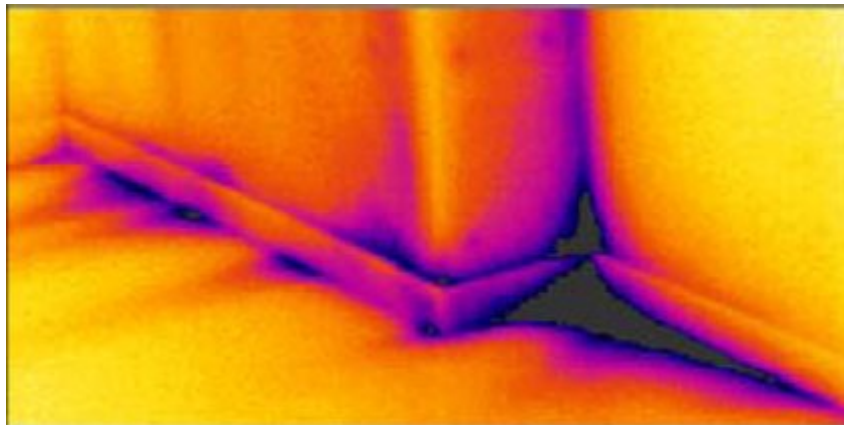


**Εικόνα 3.3.6.18 Διείσδυση αέρα από την οροφή σπιτιού**

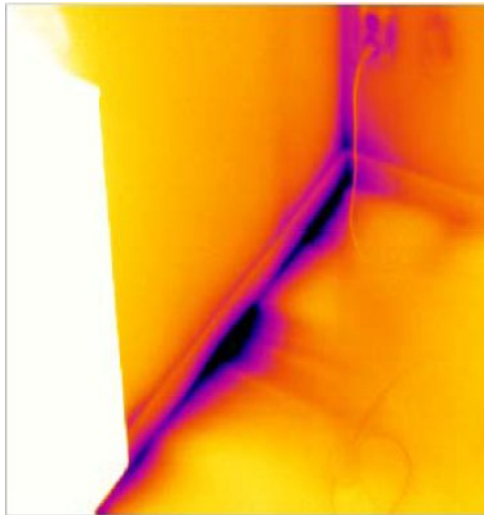
Η διείσδυση αέρα μπορεί να λάβει χώρα σε μαρκίζες στεγών με φεγγίτες. Αν η μόνωση της σοφίτας αφηθεί εκτεθειμένη, ο αέρας που περνά από το φεγγίτη μπορεί να ρεύσει μέσα από τη μόνωση και σε μερικές περιπτώσεις να οδηγήσει στην αποκόλλησή της από την άκρη. Ως αποτέλεσμα, η εισβολή αέρα υποδαυλίζει την αποτελεσματικότητα της μόνωσης και αυξάνει τις πιθανότητες για προβλήματα υγρασίας.



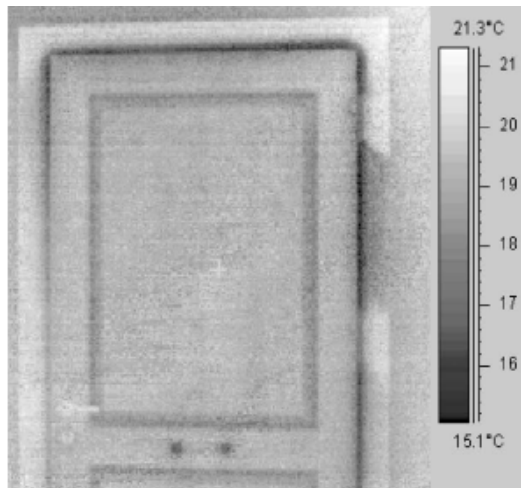
**Εικόνα 3.3.6.19** Διείσδυση αέρα μέσα από φωτιστικά οροφής.



**Εικόνα 3.3.6.20** Διείσδυση αέρα πίσω από το σοβατεπί (τυπικό ακτινωτό μοτίβο)



**Εικόνα 3.3.6.21 Διείσδυση αέρα πίσω από σοβατεπί. Η λευκή επιφάνεια στα αριστερά είναι σώμα κεντρικής θέρμανσης (καλοριφέρ).**



**Εικόνα 3.3.6.22 Διήθηση κρύου αέρα γύρω από το πλαίσιο εξωτερικής πόρτας (η πόρτα είναι ιδωμένη από τον θερμαινόμενο εσωτερικό χώρο).**

### 3.3.7 Απώλεια θερμότητας – διαρροή αέρα

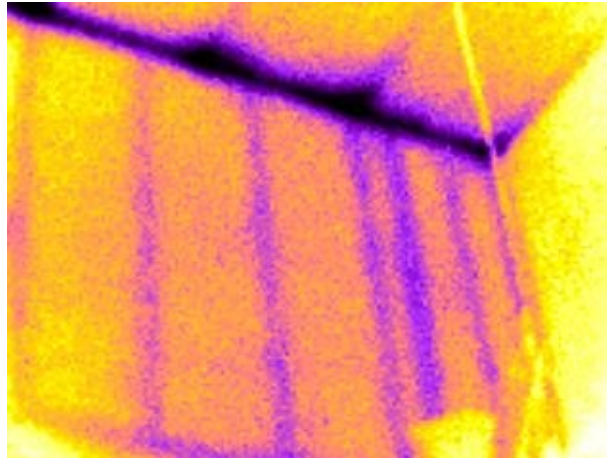
#### 3.3.7.1 Αίτια απωλειών θερμότητας (αγωγή και διαρροή αέρα)

Οι βασικοί μηχανισμοί που οδηγούν σε απώλειες θερμότητας στα κτίρια είναι η μεταφορά θερμότητας με αγωγή μέσω των τοίχων και η διαρροή αέρα.

Η απώλεια θερμότητας λόγω αγωγής της οφείλεται σε ελλιπή ή λανθασμένα εγκατεστημένη μόνωση, συρρίκνωση ή κατακράτηση των μονωτικών υλικών, θερμογέφυρες σε διάφορες συνδέσεις, καταστροφή λόγω υγρασίας των μονωτικών και κατασκευαστικών υλικών, ενεργειακές απώλειες μέσα από κακώς σφραγισμένα

παράθυρα, διαρροές σε σωλήνες, κατεστραμμένους αγωγούς, διαρροές σε θαμμένους σωλήνες νερού ή αέρα κ.α.

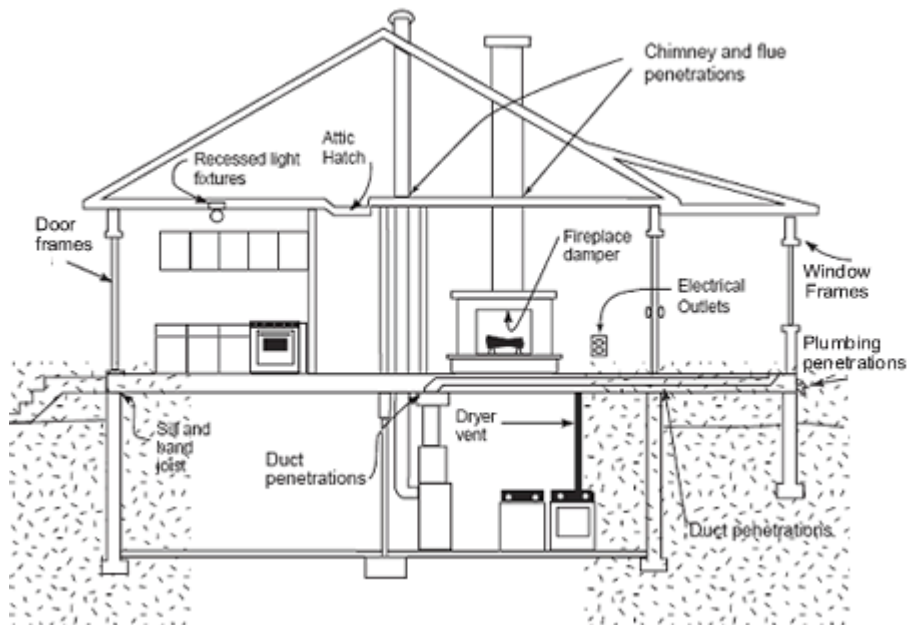
Διαρροή αέρα είναι ένα ανεξέλεγκτο πέρασμα αέρα μέσα από τα στοιχεία του κτιριακού κελύφους, όπως τα σημεία σύνδεσης τοίχων και πατωμάτων και τα πλαίσια των παραθύρων. Η υπερβολική μετακίνηση αέρα μειώνει τη θερμική ακεραιότητα του κτιρίου και απόδοση του κελύφους και έτσι αυξάνει την ενεργειακή κατανάλωση των κτιρίων.



Εικόνα 3.3.7.1 Διαρροή αέρα

### 3.3.7.2 Αντιμετώπιση προβλημάτων διαρροής αέρα

Μερικά από τα από τα πιο συνηθισμένα σημεία εισόδου αέρα σε ένα σπίτι φαίνονται στην εικόνα που ακολουθεί.



Εικόνα 3.3.7.2 Σημεία εισόδου αέρα σε κατοικία

Για να αποφευχθούν οι μετακινήσεις αέρα που οδηγούν σε είσοδο και έξοδο θερμότητας από ένα κτίριο χρησιμοποιείται η μόνωση.

Αν όμως παρόλ' αυτά υπάρχουν προβλήματα, για τον εντοπισμό τους χρησιμοποιείται η θερμοκάμερα η οποία βρίσκει όλων των ειδών τις ελλείψεις και παραλείψεις σε ένα κτίριο, οι οποίες επιτρέποντας την είσοδο κρύου αέρα και την έξοδο ζεστού, αυξάνουν τα ενεργειακά έξοδα του κτιρίου.

Χρησιμοποιώντας θερμοκάμερα και δημιουργώντας διαφορές πίεσης ανάμεσα στο κτίριο και στο εξωτερικό περιβάλλον, μπορούμε να εντοπίσουμε τις θερμικές ανωμαλίες που υποδεικνύουν την ύπαρξη προβλημάτων μόνωσης και διαρροής αέρα.

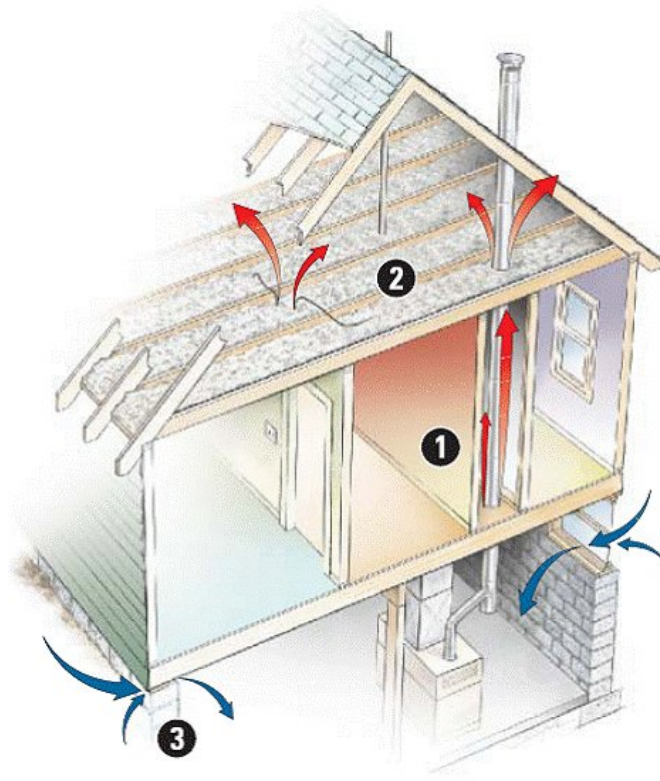
Το τεστ πίεσης χρησιμοποιεί ένα σύστημα αερισμού για να αφαιρέσει την πίεση από το κτίριο. Το σύστημα αυτό προσαρμόζεται σε ένα πλαίσιο που σφραγίζεται μέσα από ένα εξωτερικό άνοιγμα όπως το πλαίσιο μιας πόρτας. Τα ανοίγματα εξαερισμού σφραγίζονται με φύλλα πολυθενίου ή άλλα υλικά. Συστήματα εξαερισμού για τον καπνό κλείνονται αλλά δε σφραγίζονται, ενώ άλλα εσωτερικά ανοίγματα δε σφραγίζονται. Καθώς αφαιρείται η πίεση από το κτίριο, ο πιο κρύος αέρας μπαίνει στο κτίριο μέσα από κενά, ρωγμές και τρύπες που υπάρχουν και αυτό μπορεί να φανεί με τη βοήθεια της θερμογραφίας.

Εκτός από ενεργειακές απώλειες, οι διαρροές αέρα μπορούν να προκαλέσουν συμπύκνωση (της οποίας οι συνέπειες έχουν αναφερθεί πιο πάνω), ακόμα και ηχορύπανση.

Οι ανεξέλεγκτες απώλειες αέρα έχουν σημαντικό αντίκτυπο στην άνεση των ιδιοκτητών, αλλά και στο κόστος συντήρησης ενός σπιτιού, αφού όπως έχει αναφερθεί ευθύνονται για το 30% περίπου των απωλειών θερμότητας. Οι οικονομικές συνέπειες συνίστανται στην αύξηση των εξόδων καυσίμων, αλλά και άλλων λειτουργικών εξόδων που οφείλονται στα συστήματα θέρμανσης τα οποία χρειάζεται να είναι σε λειτουργία για περισσότερο από το κανονικό διάστημα ώστε να διατηρήσουν τη θερμοκρασία του κτιρίου σε ικανοποιητικά επίπεδα. Σχετικά μικρές διαρροές αέρα μπορούν να οδηγήσουν σε ξηρασία, συμπύκνωση στους τοίχους και μειωμένη ενεργειακή αποδοτικότητα. Ο εντοπισμός του αιτίου της ξηρασίας μπορεί να γίνει δύσκολος, καθώς οι διαδρομές διαρροής αέρα είναι καλύπτονται από ηλεκτρικές κουζίνες, λεκάνες, νιπτήρες, μανιέρες, κ.α.

Η εισροή εξωτερικού αέρα μέσω των διαρροών στα υπόγεια επιδεινώνεται από το επονομαζόμενο 'φαινόμενο της καμινάδας' ('chimney effect') που δημιουργείται από τις διαρροές στη σοφίτα. Το 'φαινόμενο της καμινάδας' απεικονίζεται στο παρακάτω σχήμα.

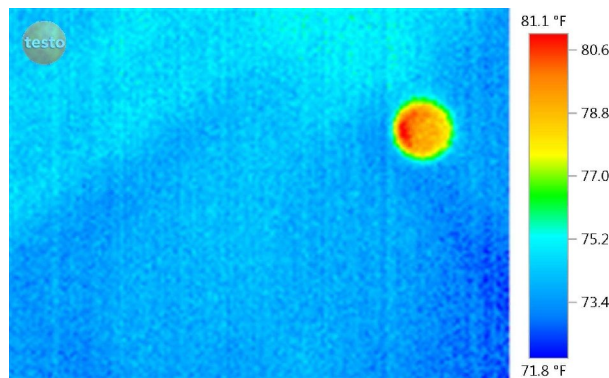




**Εικόνα 3.3.7.3 Φαινόμενο της καμινάδας**

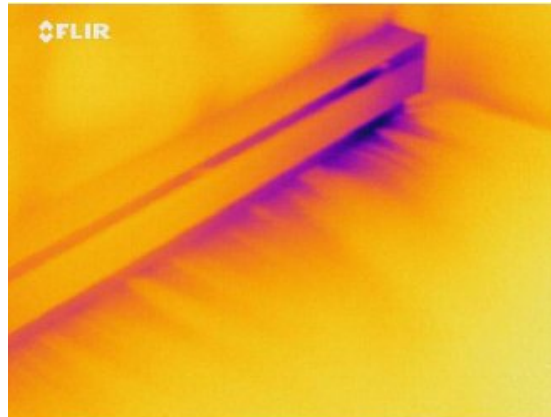
Καθώς παράγεται ο ζεστός αέρας (1), ανεβαίνει μέσα από το σπίτι και στη σοφίτα μέσω των διαρροών (2). Ταυτόχρονα ο κρύος εξωτερικός αέρας εισέρχεται από τις διαρροές των υπογείων για να αντικαταστήσει το μετατοπισμένο αέρα (3). Αυτό κάνει ένα σπίτι ιδανικό περιβάλλον για ύπαρξη ρευμάτων. Αφού σφραγιστούν οι διαρροές αέρα στη σοφίτα, η εργασία αποκατάστασης συνεχίζεται με το σφράγισμα των διαρροών των υπογείων, εμποδίζοντας με αυτόν τον τρόπο το ‘φαινόμενο της καμινάδας’.

Ο αποτελεσματικότερος τρόπος αποφυγής των διαρροών αέρα είναι η σωστή κατασκευή των κτιρίων, η σημασία της οποίας φαίνεται στην ακόλουθη εικόνα.

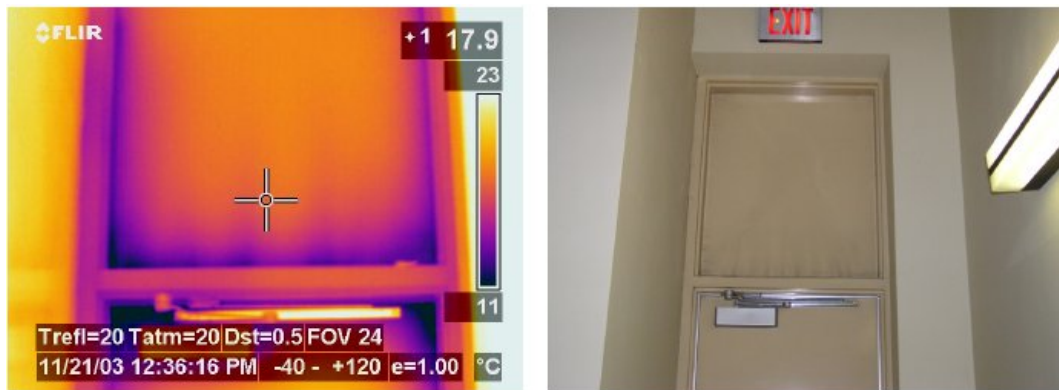


**Εικόνα 3.3.7.4 Η πρόσφατη προσθήκη στο νότιο άκρο του συγκεκριμένου κτιρίου κατασκευάστηκε με διαφορετικό τρόπο και έτσι δεν παρουσιάζει κανένα σημάδι διαρροής αέρα στην κορυφογραμμή.**

### 3.3.7.3 Παραδείγματα θερμοφωτογραφιών σε περιπτώσεις διαρροής αέρα και απώλειας θερμότητας

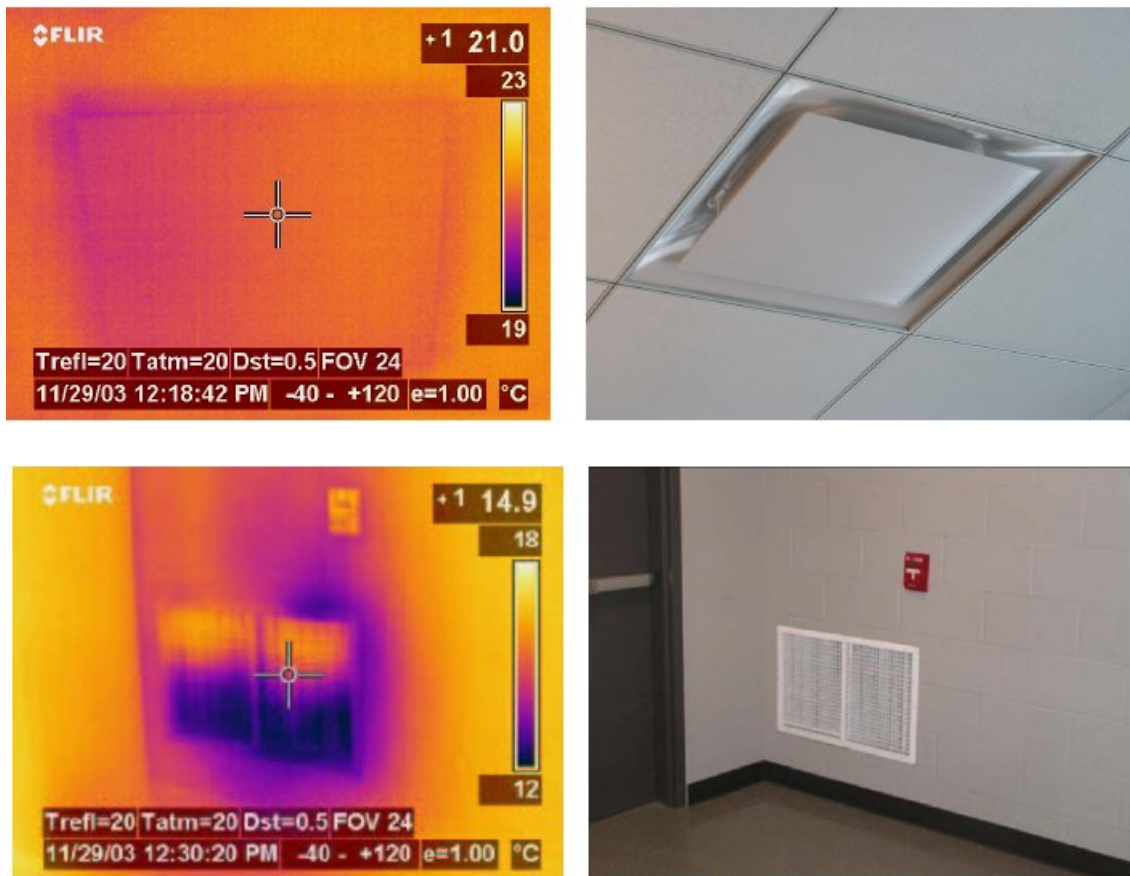


Εικόνα 3.3.7.5 Διαρροή αέρα που παρατηρείται κάτω από κανάλι καλωδίων

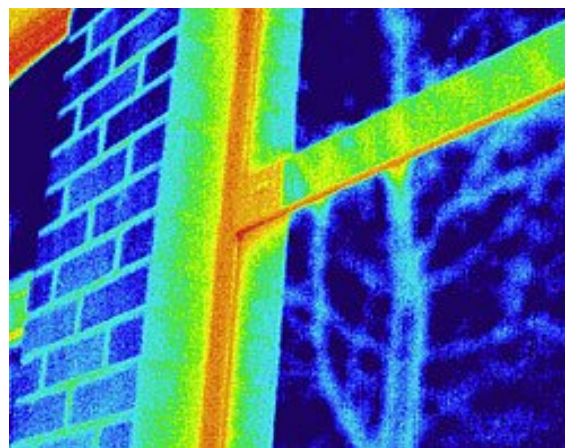


Εικόνα 3.3.7.6 Μη ελεγχόμενη είσοδος κρύου αέρα εξαιτίας αρνητικής πίεσης στο εσωτερικό του κτιρίου λόγω της μη ισορροπημένης λειτουργίας του συστήματος κλιματισμού





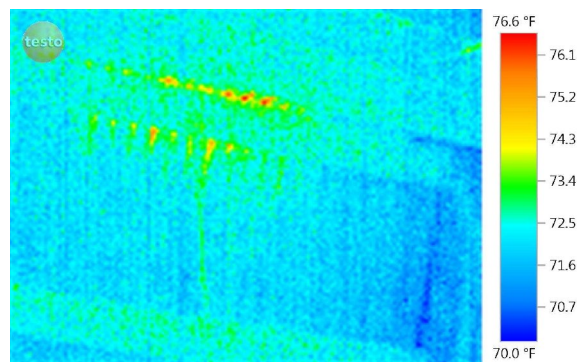
**Εικόνα 3.3.7.7** Θερμοφωτογραφίες όπου φαίνεται ανομοιόμορφη διανομή αέρα από αεραγωγούς



**Εικόνα 3.3.7.8** Διαρροή θερμότητας από παράθυρο εξαιτίας μη επαρκούς μόνωσης



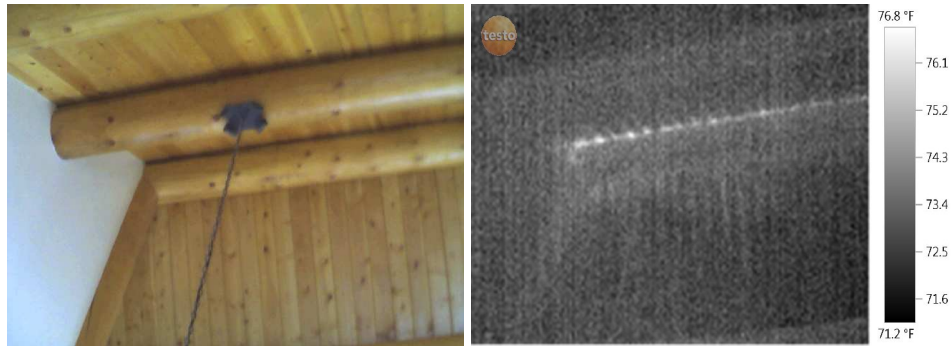
Εικόνα 3.3.7.9 Διαφυγή ζεστού αέρα από τη γωνία του σπιτιού.



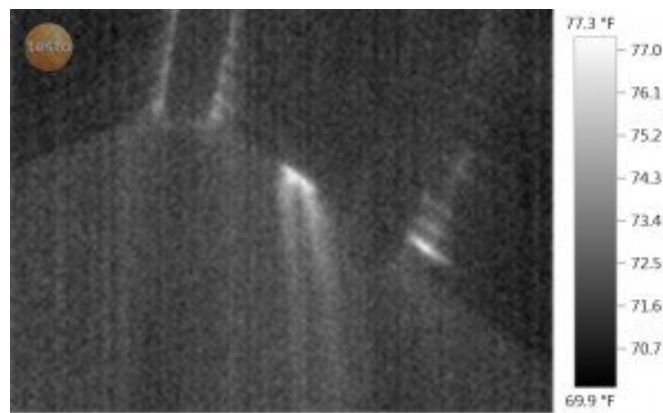
Εικόνα 3.3.7.10 Οι κόκκινες και κίτρινες ραβδώσεις σε αυτήν την εικόνα παρουσιάζουν διαρροή αέρα από κάθε πλευρά του δοκαριού.



Εικόνα 3.3.7.11 Οι σκοτεινές ραβδώσεις παρουσιάζουν διαρροή αέρα στη στέγη και ιδιαίτερα στο σημείο σύνδεσής της με τον τοίχο.



**Εικόνα 3.3.7.12 Οι ανοιχτόχρωμες ραβδώσεις υποδηλώνουν την ύπαρξη διαρροής αέρα γύρω από το δοκάρι**

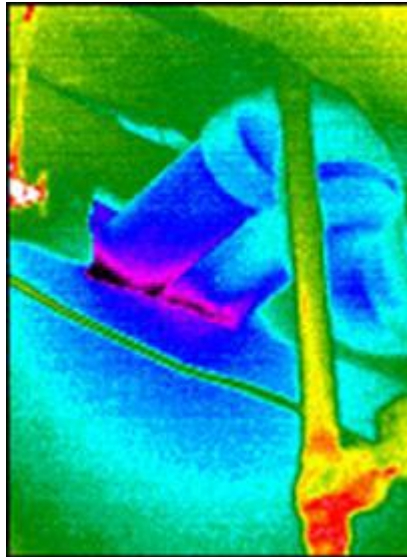


**Εικόνα 3.3.7.13 Διαρροές αέρα σε κατεστραμμένη οροφή**

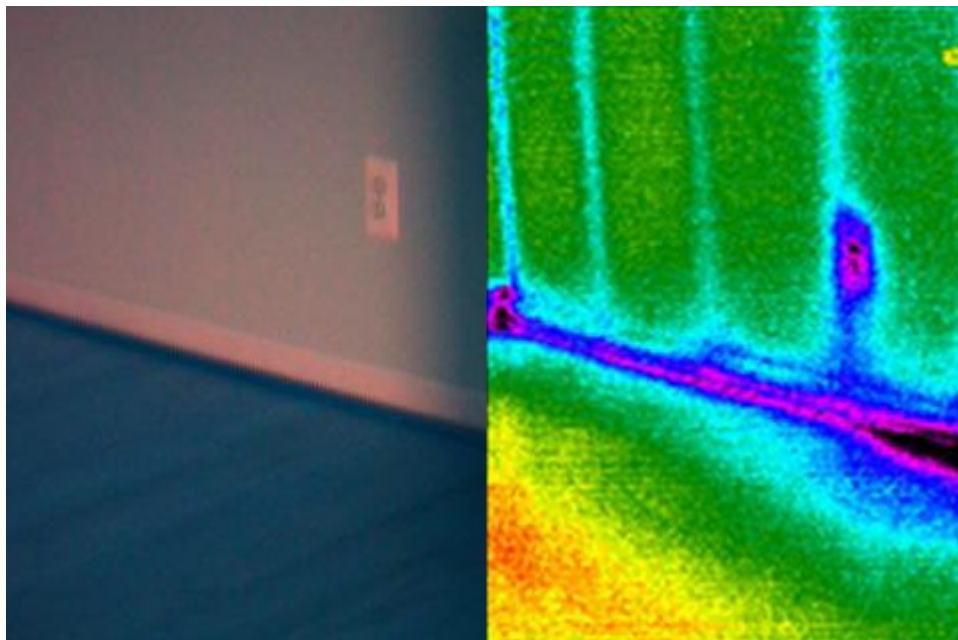


**Εικόνα 3.3.7.14 Ο θερμός αέρας διαρρέει προς τα έξω από το ανοιχτό τμήμα του αριστερού παραθύρου (φωτεινή περιοχή κατά μήκος της πάνω άκρης του παραθύρου), το οποίο δεν σφραγίζεται κατάλληλα όταν κλείνει.**

Στην παραπάνω περίπτωση θα ήταν χρήσιμη η αντικατάσταση ή το σφράγισμα στις γωνίες του παραθύρου.

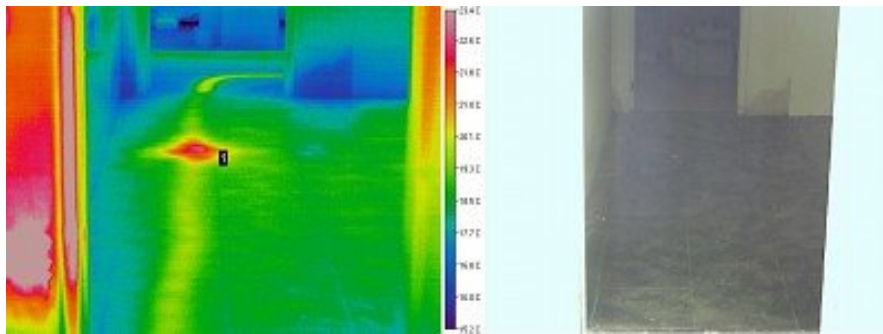


**Εικόνα 3.3.7.15** Διείσδυση αέρα λόγω ακατάλληλου σφραγίσματος σε αγωγούς που διαπερνούν το κτιριακό κέλυφος.

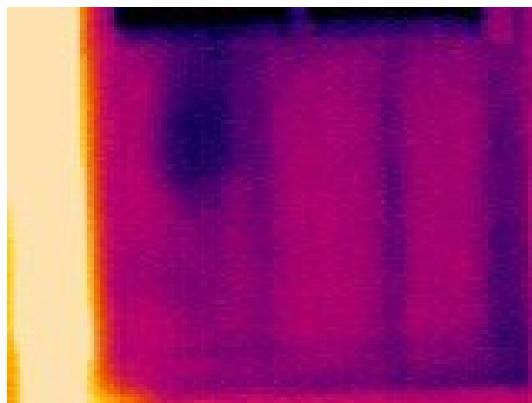


**Εικόνα 3.3.7.16** Διείσδυση αέρα μέσα από το σοβατεπί και την πρίζα.





**Εικόνα 3.3.7.17 Διαρροή κάτω από το δάπεδο μάνιου από σχιστόλιθο**

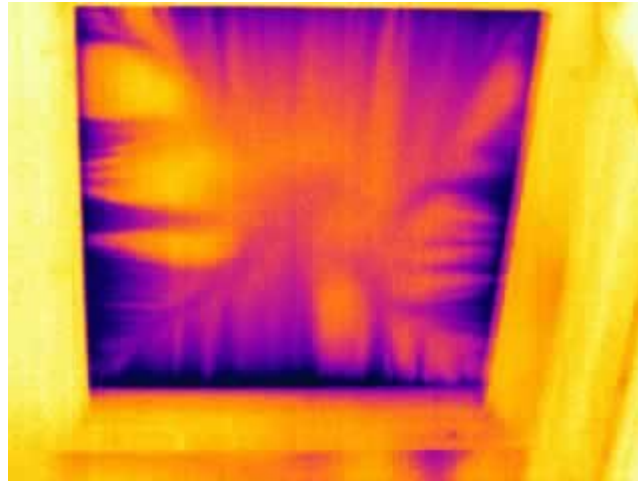


**Εικόνα 3.3.7.18 Διαρροή στην πάνω αριστερή γωνία.**

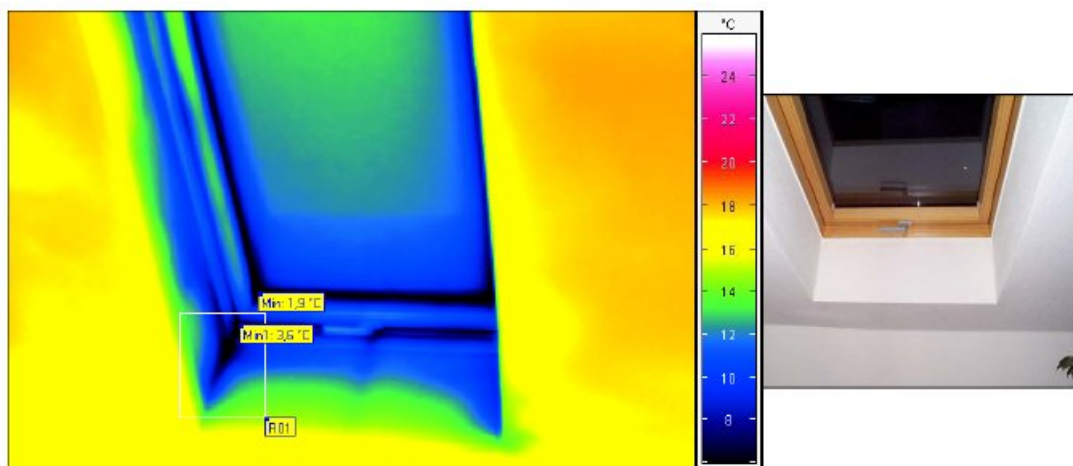
Στην εικόνα αυτή οι κατακόρυφες μωβ γραμμές στον τοίχο υποδεικνύουν την ύπαρξη πλατυκέφαλων καρφιών και δε συνεπάγονται κάποια ατέλεια στην κατασκευή.



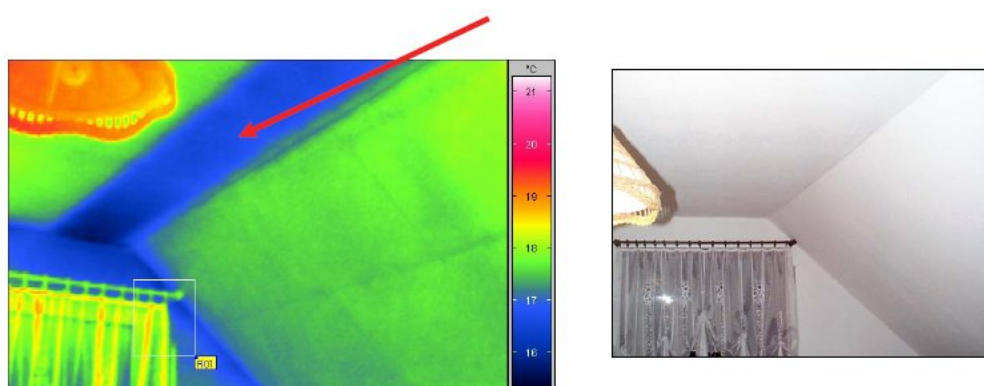
**Εικόνα 3.3.7.19 Διαρροή αέρα γύρω από την κεντρική πόρτα**



Εικόνα 3.3.7.20 Διαρροή αέρα μέσα από πόρτα παταριού



Εικόνα 3.3.7.21 Παράθυρο με σημαντικές απώλειες ενέργειας



Εικόνα 3.3.7.22 Εσωτερικό στέγης. Ένα κατασκευαστικό πρόβλημα, προκαλεί ενεργειακές απώλειες, σε σημαντικό τμήμα της επιφάνειας της στέγης (συνδέσμους)



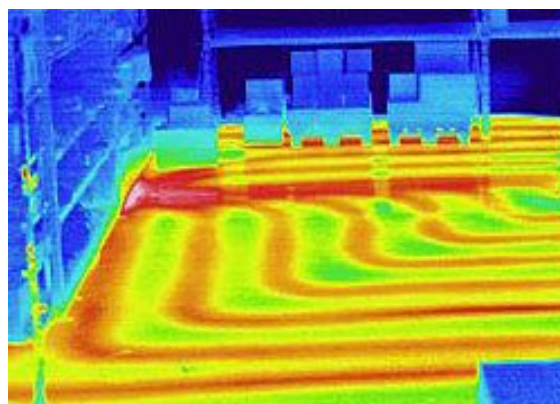


**Εικόνα 3.3.7.23** Θερμικές απώλειες εξαιτίας έλλειψης μόνωσης και/ή υπερβολικής ροής αέρα

Ως σύγκριση με την ανωτέρω περίπτωση σπιτιού παρατίθεται η ακόλουθη εικόνα όπου φαίνεται ένα καλά μονωμένο σπίτι.

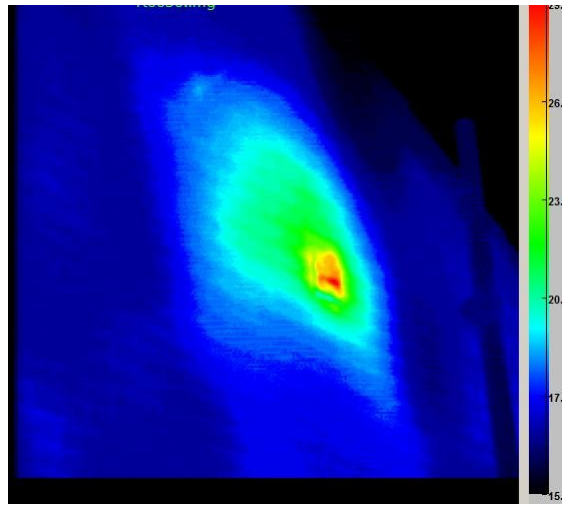


**Εικόνα 3.3.7.24** Καλά μονωμένο σπίτι που εμποδίζει τις θερμικές απώλειες



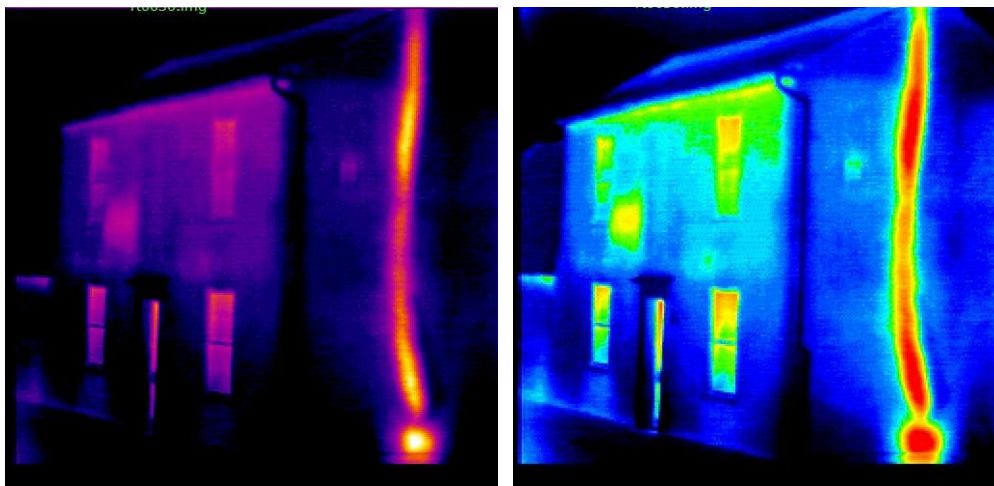
**Εικόνα 3.3.7.25** Διαρροές θερμότητας σε καλυμμένους σωλήνες που δε φαίνονται με γυμνό μάτι.

Σε περιπτώσεις όπως η προηγούμενη, η θερμογραφία αποδεικνύεται ιδιαίτερα χρήσιμη, αφού χάρη σε αυτή το έργο συντήρησης μπορεί να εκτελεστεί επικερδώς και με την ελάχιστη δυνατή ζημιά στην περιβάλλουσα περιοχή.



**Εικόνα 3.3.7.26 Απώλεια θερμότητας γύρω από εξαεριστήρα μπάνιου**

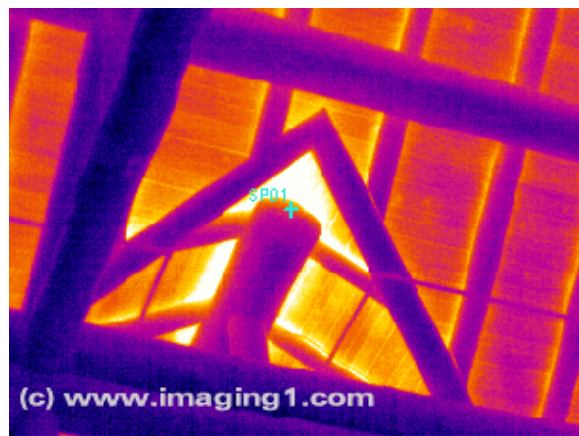
Αυτό που είναι ασυνήθιστο στην παραπάνω περίπτωση είναι το γεγονός ότι φαίνεται ότι υπάρχει διαρροή θερμότητας μέσα στον τοίχο του κτιρίου. Αργότερα, διαπιστώθηκε ότι η διαρροή οφειλόταν στη μεταφορά ζεστού αέρα από τον εξαεριστήρα του μπάνιου απευθείας στην κοιλότητα του τοίχου.



**Εικόνα 3.3.7.27 Απώλεια θερμότητας από το θερμαντικό σώμα στο τελευταίο όροφο κοντά στο παράθυρο (αριστερά), όπως επίσης και από το μπουρί της καμινάδας και μιας σόμπας με ξύλα που περνάει από τον τοίχο.**



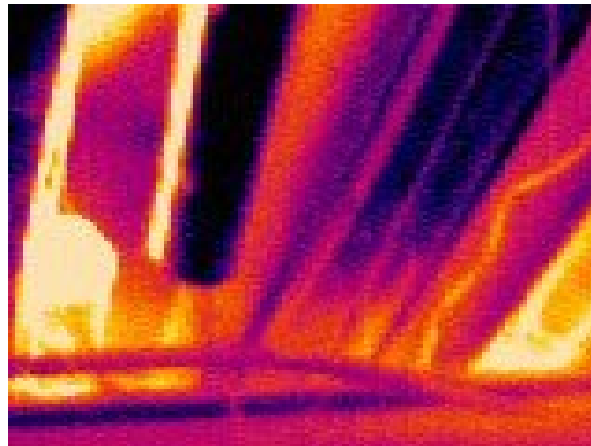
**Εικόνα 3.3.7.28 Απώλεια θερμότητας από δύο θερμαντικά σώματα στον τελευταίο όροφο ενός σπιτιού. Τα ανακλαστικά πάνελ πίσω από κάθε θερμαντικό σώμα θα βοηθούσαν να συντηρηθεί η θερμότητα.**



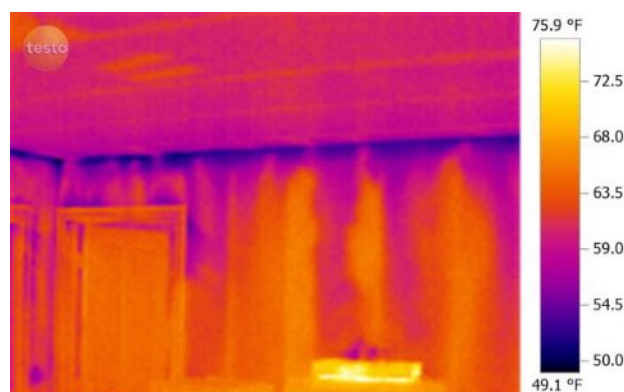
**Εικόνα 3.3.7.29 Απώλεια ενέργειας σε οροφή**



**Εικόνα 3.3.7.30** Εξαιρετικά αυξημένη απώλεια θερμότητας από ένα από τα παράθυρα στο κάτω μέρος του σπιτιού όπου το παράθυρο είναι μονό, σε αντίθεση με τα υπόλοιπα που είναι διπλά.

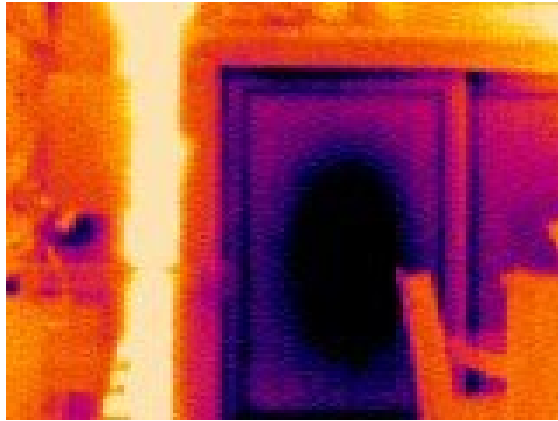


**Εικόνα 3.3.7.31** Διαφυγή θερμότητας σε γραμμή συναρμογής σε σωληνώσεις

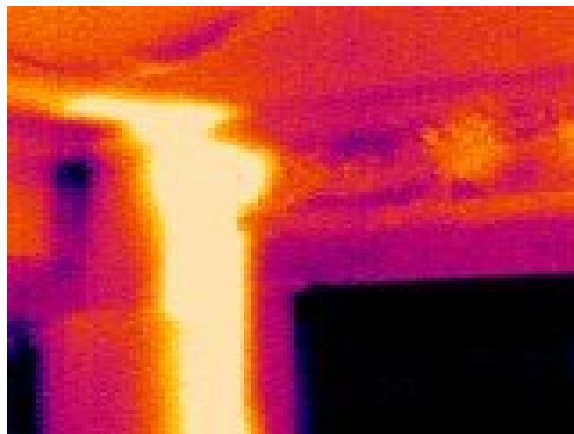


**Εικόνα 3.3.7.32** Ακριβής εντοπισμός σημείων διαρροής αέρα. Όσο ψυχρότερο είναι το χρώμα τόσο περισσότερη είναι η θερμότητα που χάνεται.





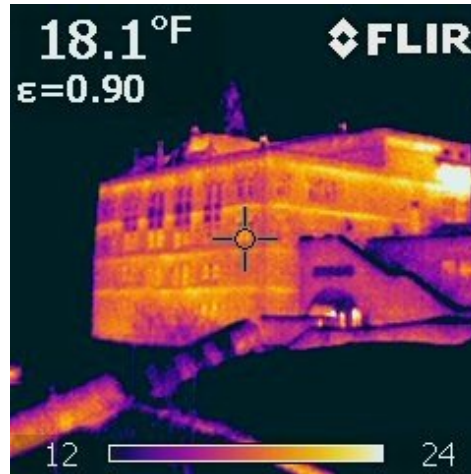
**Εικόνα 3.3.7.33 Ροή θερμότητας σε εξωτερικό τοίχο λόγω ανεπαρκούς μόνωσης στο παράθυρο.**



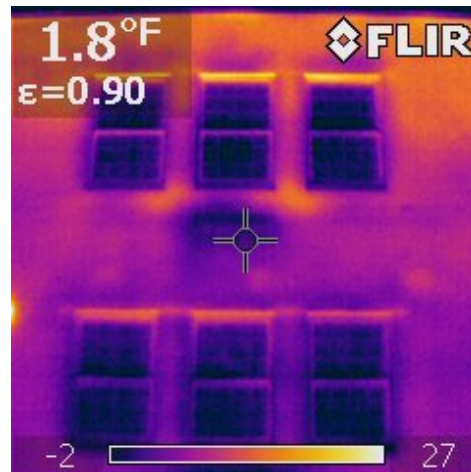
**Εικόνα 3.3.7.34 Ροή θερμότητας σε εξωτερικό τοίχο. Η διαρροή βρίσκεται στο χώρο του δοκαριού.**



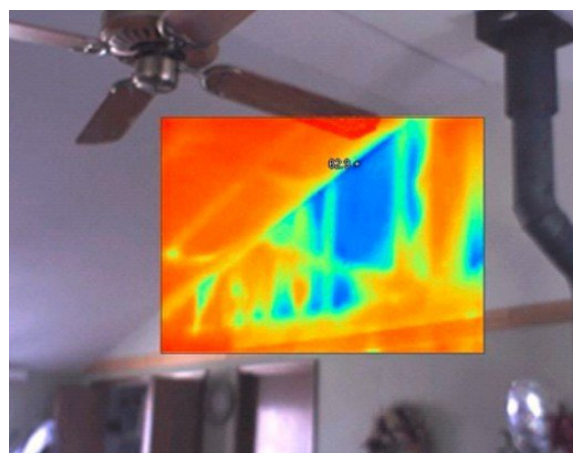
**Εικόνα 3.3.7.35 Διάφορες πηγές απωλειών ενέργειας όπως φαίνονται από το εξωτερικό του κτιρίου**



**Εικόνα 3.3.7.36 Κτίριο με πλαίσιο από ατσάλι και κατασκευασμένο από τούβλο που παρουσιάζει απώλειες ενέργειας όπως φαίνεται από τις κίτρινες γραμμές στις γωνίες του κτιρίου.**

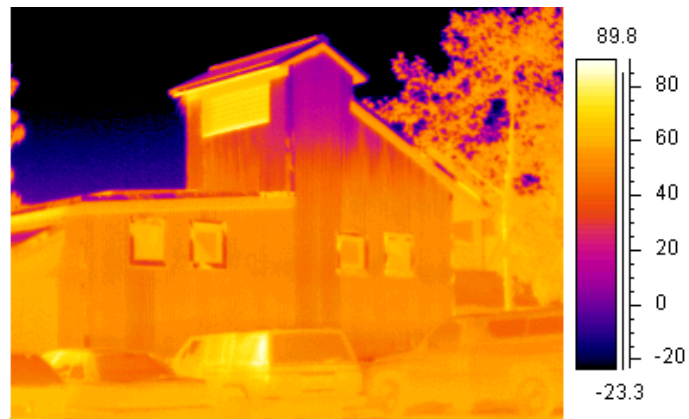


**Εικόνα 3.3.7.37 Απώλεια θερμότητας μέσα από το ατσάλινο πρέκι μιας τοιχοποιίας.**

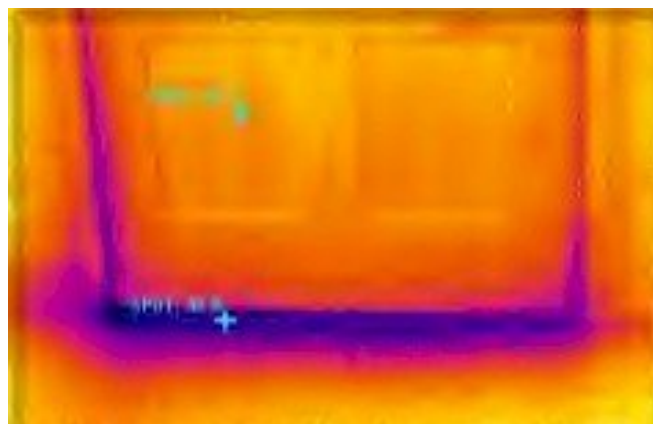


**Εικόνα 3.3.7.38 Ακτινοβόλος θερμότητα από εσωτερική αυλή κατά τη διάρκεια του μήνα Ιουλίου**

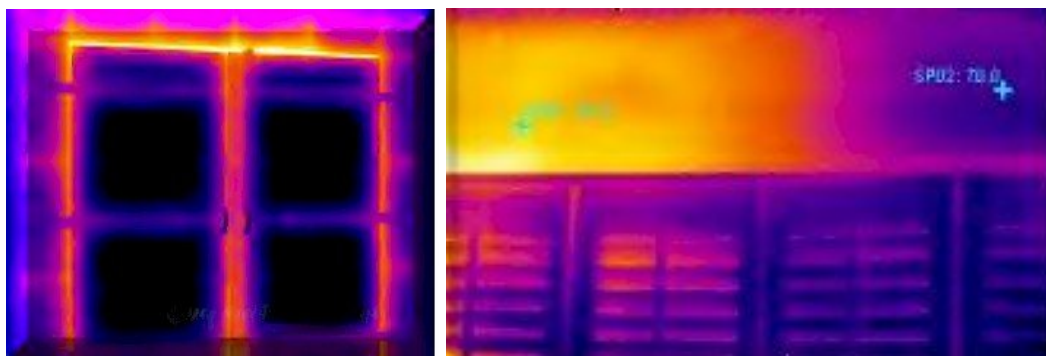




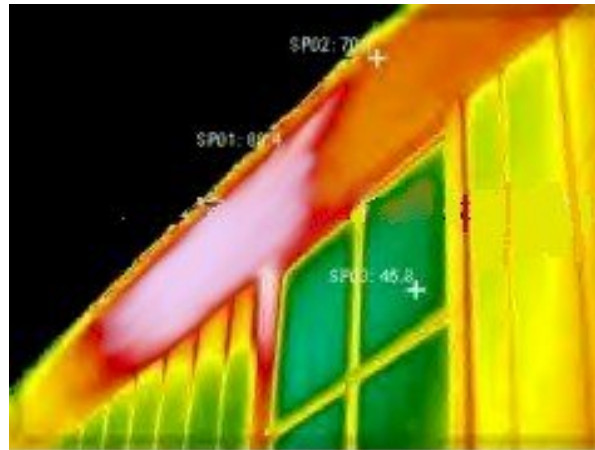
**Εικόνα 3.3.7.39** Απώλεια θερμότητας εξαιτίας έλλειψης μόνωσης σε δωμάτιο του δεύτερου ορόφου



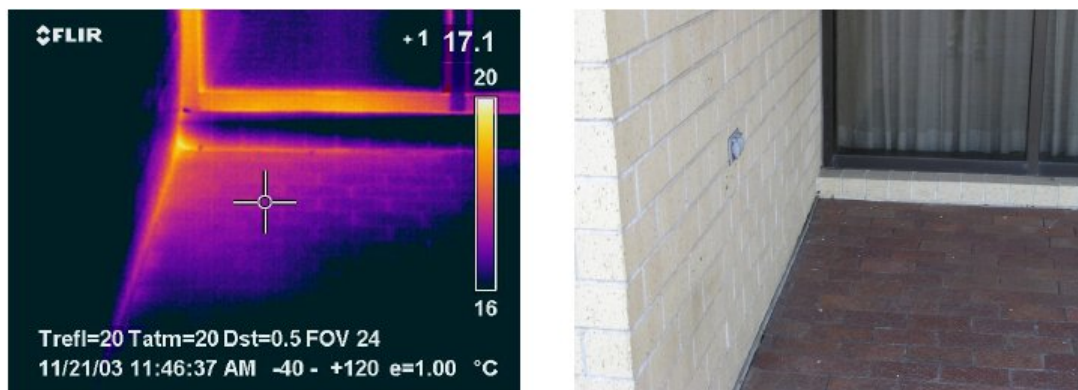
**Εικόνα 3.3.7.40** Απώλεια θερμότητας γύρω από πόρτα



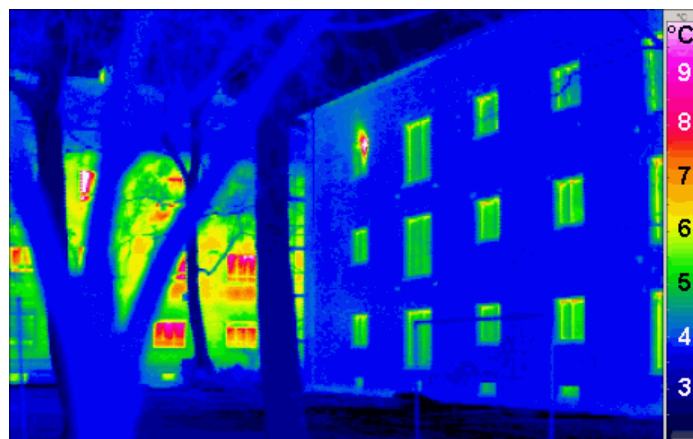
**Εικόνα 3.3.7.41** Απώλεια θερμότητας



Εικόνα 3.3.7.42 Απώλεια θερμότητας σε παράθυρο



Εικόνα 3.3.7.43 Απώλειες θερμότητας από το εσωτερικό του κτιρίου εξαιτίας σφάλματος στη στεγανωτική ουσία



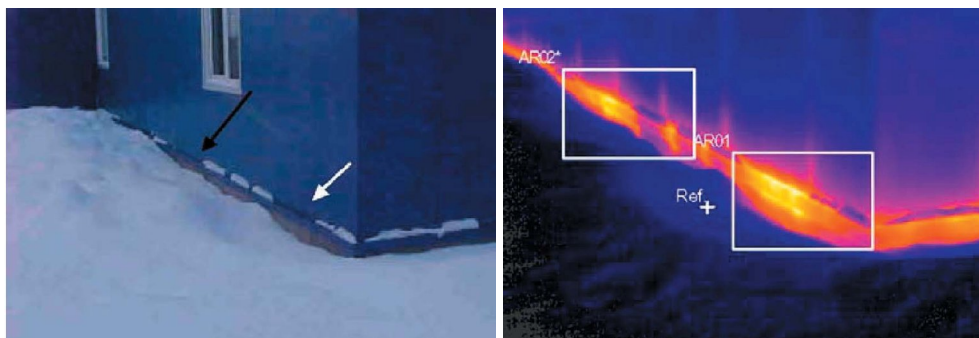
Εικόνα 3.3.7.44 Παθητικό σπίτι (δεξιά) σε σύγκριση με ένα παραδοσιακό (αριστερά).

Τα σκούρα χρώματα στην παραπάνω θερμογραφία αποδεικνύουν ότι η ποσότητα θερμότητας που διαφεύγει από ένα παθητικό σπίτι είναι σαφώς λιγότερη από αυτή που διαφεύγει από το παραδοσιακό.



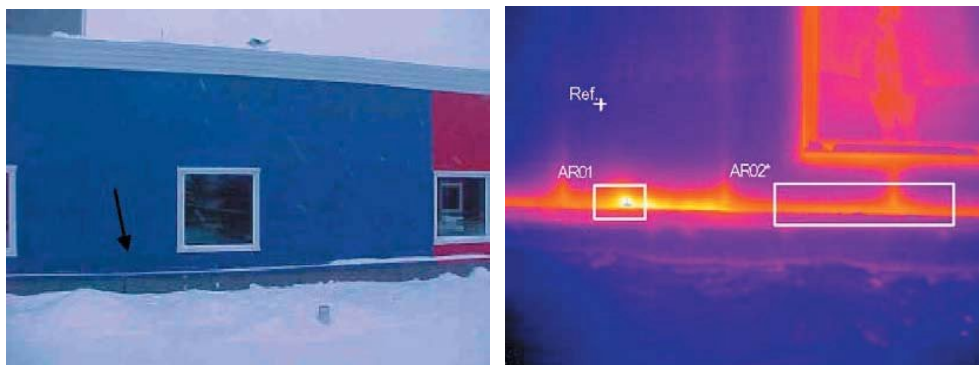
Εικόνα 3.3.7.45 Διαρροή κρύου αέρα σε κακώς τοποθετημένο παράθυρο

### 3.3.7.4 Περίπτωση έρευνας για ατέλειες σε κατοικία με τη χρήση θερμοκάμερας

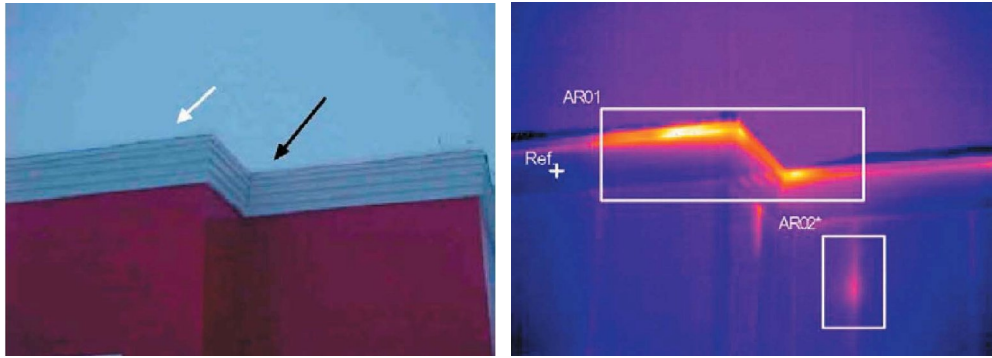


Εικόνα 3.3.7.46 Διαρροή αέρα στη βάση των SIPS πάνελ στο επίπεδο του ισογείου.

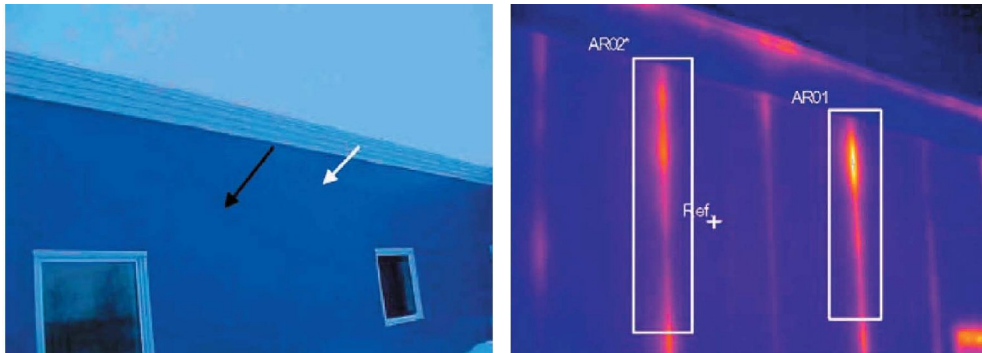
Αξίζει να σημειωθεί ότι στις περιοχές μέσα στα δύο πλαίσια η διαρροή είναι πιο έντονη εξαιτίας του χιονιού που έχει υγροποιηθεί σ' αυτά τα δύο σημεία, γεγονός που αιτιολογεί τα ανοιχτά χρώματα της θερμοφωτογραφίας.



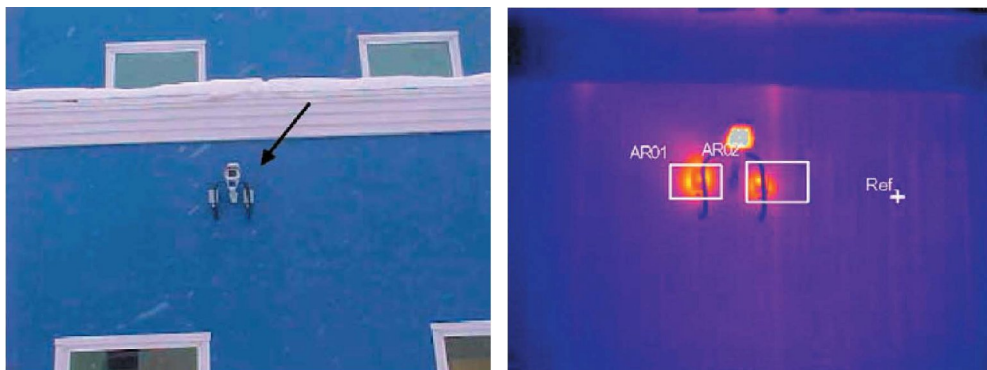
Εικόνα 3.3.7.47 Διαρροή αέρα στη βάση των SIPS πάνελ στον δεύτερο όροφο του σπιτιού



**Εικόνα 3.3.7.4.3** Σημαντικές διαρροές αέρα σε δύο θέσεις του στηθαίου. Μια μικρή διαρροή φαίνεται στη γραμμή συναρμογής των πάνελ στα δεξιά.



**Εικόνα 3.3.7.4.8** Διαρροή στους συνδέσμους ανάμεσα στα πάνελ



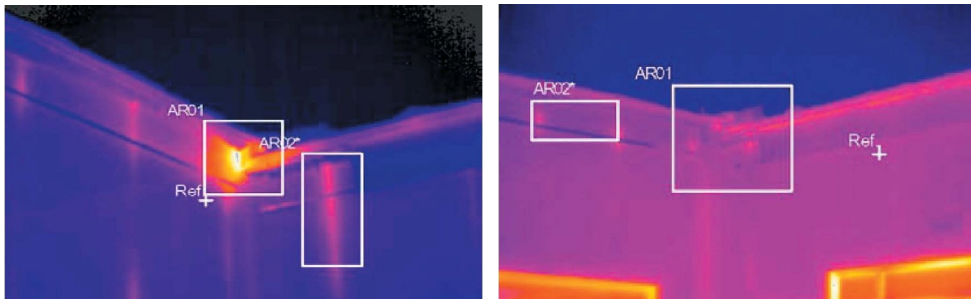
**Εικόνα 3.3.7.4.9** Διαρροές αέρα από διάφορα σημεία διείσδυσης του σπιτιού

Το φωτεινό σημείο πάνω από τα δύο ορθογώνια όπου και λαμβάνουν χώρα οι διαρροές οφείλεται στη θερμότητα που εκπέμπεται από μία κάμερα παρακολούθησης και γι' αυτό δε θεωρείται ατέλεια).

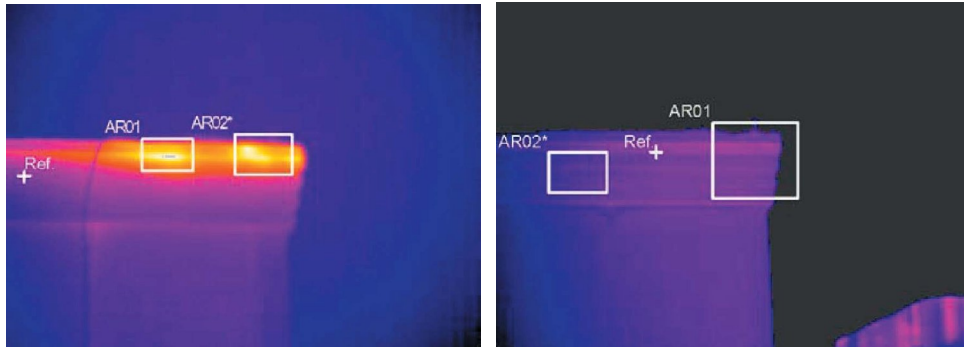
Για να επιβεβαιωθεί ότι οι θερμικές ανωμαλίες προκλήθηκαν από διαρροή αέρα και όχι στο φαινόμενο της θερμογέφυρας, η πίεση του αέρα μέσα στο κτίριο αναστράφηκε χρησιμοποιώντας ένα μηχανικό σύστημα, έτσι ώστε ο αέρας να εισέρχεται στο κτίριο αντί να εξέρχεται. Ένα παράδειγμα εφαρμογής αυτής της διαδικασίας φαίνεται παρακάτω, όπου για να επιβεβαιωθεί ότι η θερμική ανωμαλία (αριστερά στην εικόνα) οφειλόταν σε διαρροή αέρα, η πίεση στο κτίριο αναστράφηκε από τα θετικά στα αρνητικά και η ανωμαλία διερευνήθηκε



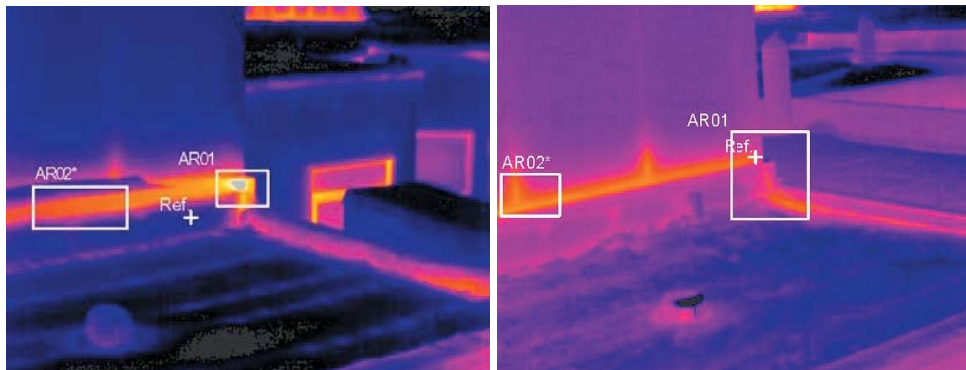
ξανά. Όπως φαίνεται από τη δεύτερη φωτογραφία, η ανωμαλία είχε εξαφανιστεί εντελώς. Το ίδιο συνέβη και σε άλλες αντίστοιχες περιπτώσεις.



**Εικόνα 3.3.7.50 Περίπτωση αναστροφής της πίεσης του αέρα**



**Εικόνα 3.3.7.51 Φωτογραφίες πριν και μετά των επιδιορθώσεων των σφραγισμάτων αέρα αντιστοίχως.**



**Εικόνα 3.3.7.52 Φωτογραφίες πριν και μετά των εργασιών επιδιόρθωσης με στόχο την καταπολέμηση των διαρροών αέρα μεγάλης ποσότητας στη βάση των πάνελ.**

Τα αποτελέσματα της παραπάνω έρευνας ήταν τα ακόλουθα:

- Οι ανωμαλίες που υπήρχαν μεταξύ στέγης και τοίχου εξαφανίστηκαν
- Η πλειοψηφία των ανωμαλιών στα σοβατεπιά είτε εξαφανίστηκαν είτε μειώθηκαν σε μέγεθος
- Οι ανωμαλίες μεταξύ οροφής και τοίχου στο επίπεδο του δεύτερου ορόφου μειώθηκαν κατά ένα μεγάλο ποσοστό

- Δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές ανωμαλίες στα παράθυρα
- Οι ανωμαλίες στις συνδέσεις μεταξύ των πάνελ εξαφανίστηκαν



## ***Κεφάλαιο 4. Ενεργειακή μελέτη κτιρίου***

---



## 4. Ενεργειακή μελέτη κτιρίου

### 4.1 Περιγραφή της κτιριακής εγκατάστασης

#### 4.1.1 Γενικές πληροφορίες

Για τους σκοπούς αυτής της διπλωματικής, επιλέχτηκε η μελέτη της πτέρυγας Η του κτιρίου των Χημικών Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.



**Εικόνα 4.1.1 Κτίριο Χημικών Μηχανικών**

Το κτίριο των Χημικών Μηχανικών (προσανατολισμός δυτικός) κατασκευάστηκε σύμφωνα με το σχεδιασμό του 1976 και λειτουργεί πλήρως στην Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου από τις αρχές της δεκαετίας του 1980, οπότε και είχε εμβαδόν  $10.809 \text{ m}^2$ . Ωστόσο, άρχισαν να εκτελούνται έργα αναμόρφωσης από το τέλος του 1996, για να καλύψουν τις νέες λειτουργικές ανάγκες του τμήματος. Έτσι, επαναδιαμορφώθηκαν χώροι και προστέθηκαν νέοι για γραφεία και ελαφρά εργαστήρια μέσα στο κτίριο, στις πιλοτές και τον πίσω διάδρομο κυκλοφορίας, που αύξησαν τους χώρους του τμήματος. Σήμερα, έχει ένα συνολικό εμβαδόν περίπου  $12.500 \text{ m}^2$ , χωρισμένο σε πτέρυγες, εκ των οποίων τα  $2.857 \text{ m}^2$  ανήκουν στην πτέρυγα που μελετήθηκε και αποτελείται από 7 ορόφους συνολικά, συμπεριλαμβανομένων των υπογείων. Η πτέρυγα Η επεκτείνεται στους 4 από αυτούς τους ορόφους: ισόγειο που αντιστοιχεί στο επίπεδο 2 στα αρχιτεκτονικά σχέδια, πρώτος όροφος (επίπεδο 3), δεύτερος όροφος (επίπεδο 4) και τρίτος όροφος (επίπεδο 5), ενώ αποτελείται κυρίως από γραφεία διδακτικού και διοικητικού προσωπικού, εργαστήρια και κοινόχρηστους χώρους. Στο υπόλοιπο κτίριο υπάρχουν επίσης αμφιθέατρα τα οποία χρησιμοποιούνται για διδασκαλία

μαθημάτων αλλά και για παρουσιάσεις και συνεδριάσεις. Επίσης, δε διαθέτει θερμομόνωση κελύφους, ενώ η πλειοψηφία των υαλοπινάκων είναι μονοί.

Το κτίριο επισήμως παραμένει ανοιχτό 8 ώρες τη μέρα, 5 μέρες τη βδομάδα και 10-10,5 μήνες το χρόνο, αφαιρουμένων των αργιών, των εθνικών εορτών, των διακοπών του Πάσχα και των Χριστουγέννων και του Αυγούστου, παρά το γεγονός ότι ορισμένα άτομα κάνουν χρήση του κτιρίου για μεγαλύτερο διάστημα.

#### 4.1.2 Δράσεις ΑΠΕ και ΕΞΕΝ που έχουν πραγματοποιηθεί

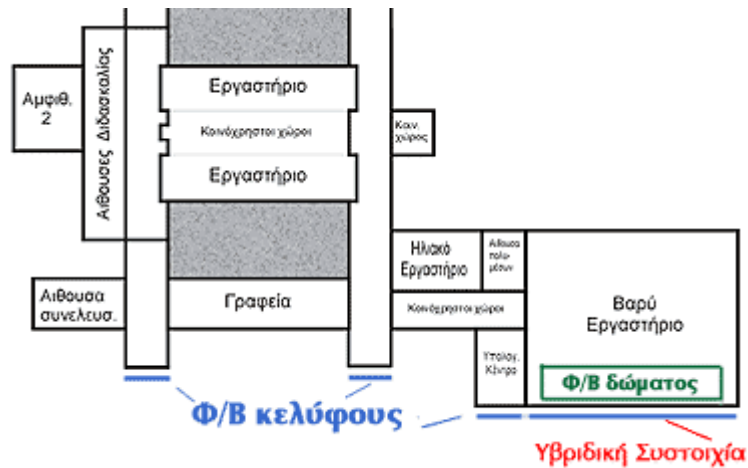
Η βασική δράση ΑΠΕ που έχει πραγματοποιηθεί στο κτίριο είναι η εγκατάσταση στο κτίριο φωτοβολταϊκών συστοιχιών συνολικής ισχύος 50 kWp (σύνολο 2.500 πάνελ ισχύος 20 Wp το καθένα), τόσο σε συνήθη όσο και σε υβριδική φωτοβολταϊκή-θερμική διάταξη μέσω του προγράμματος THERMIE.

Στόχος της δράσης αυτής είναι η εξοικονόμηση συμβατικής ενέργειας (και ο αντίστοιχος περιορισμός της ατμοσφαιρικής ρύπανσης που προέρχεται από αυτήν), καθώς και η βελτίωση των συνθηκών θερμικής άνεσης στον παρακείμενο μεγάλο εργαστηριακό χώρο.



**Εικόνα 4.1.2 Φωτογραφία φωτοβολταϊκών συστοιχιών στο κτίριο των Χημικών Μηχανικών**

Οι κατακόρυφες συστοιχίες του κελύφους βρίσκονται έξω από τον νότιο τοίχο των μεγάλων διαδρόμων και του Υπολογιστικού Κέντρου, καθώς και στην μεσημβρινή πλευρά του 'βαρέος εργαστηρίου', όπως φαίνεται και στο παρακάτω σχήμα. Οι συστοιχίες του δώματος, εξ άλλου, έχουν τοποθετηθεί με κλίση 30 μοιρών πάνω από το βαρύ εργαστήριο, στη μεσημβρινή πλευρά του κουβουκλίου του, η οποία δεν αποτελεί τη βέλτιστη δυνατή θέση από άποψη απόδοσης και γι' αυτό στην πράξη κάθε πάνελ έχει ισχύ 14 Wp. Επίσης, ο αντιστροφέας που χρησιμοποιήθηκε ήταν ισχύος 17 kW.



Εικόνα 4.1.3 Θέση φωτοβολταϊκών πλαισίων

Η τεχνολογία που εφαρμόζεται στις υβριδικές συστοιχίες εκμεταλλεύεται την ενέργεια μεταξύ της ανάγκης για ψύξη των Φ/Β κελιών - προκειμένου η απόδοσή τους να παραμείνει σε υψηλά επίπεδα - και της ύπαρξης θερμικού φορτίου στον παρακείμενο εργασιακό χώρο.

Η μετατροπή του συνεχούς ρεύματος σε εναλλασσόμενο γίνεται στον χώρο των αντιστροφών, στη μεζάνινα του 'βαρέος' εργαστηρίου, από όπου και μεταφέρεται στον υποσταθμό του υπογείου για διανομή στο κτίριο. Η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια διοχετεύεται στον κεντρικό πίνακα διανομής του κτιρίου.



Εικόνα 4.1.4 Θέση υποσταθμού και αντιστροφών DC>AC



**Εικόνα 4.1.5 Αντιστροφείς DC > AC**

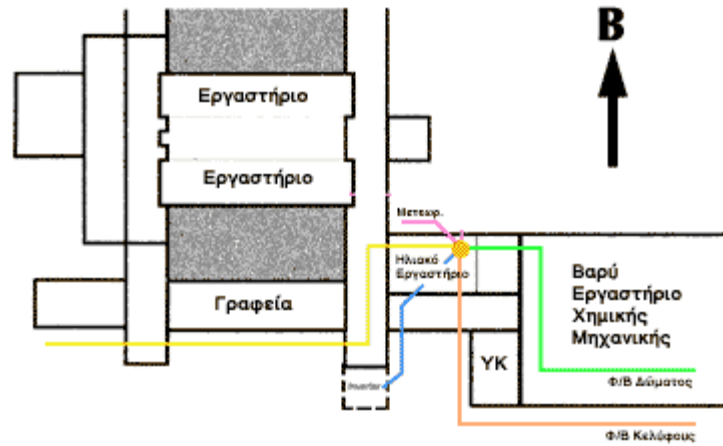


**Εικόνα 4.1.6 Υποσταθμός**

Το σύστημα αποτελείται από μονάδες ADAM 4011, 4017 και 4018, τοποθετημένες σε ειδικό αδιάβροχο πίνακα στο δώμα, οι οποίες χειρίζονται απλές τάσεις καθώς και σήματα θερμοζευγών.

Οι μονάδες συνδέονται μέσω ενός δισύρματου RS-485 δικτύου με έναν μετατροπέα από RS-485 σε RS-232C και τελικά με έναν Η/Υ της Μονάδας Ηλιακής Μηχανικής, που βρίσκεται ακριβώς από κάτω, όπου και καταλήγουν μετρήσεις από διάφορα σημεία του κτιρίου. Όλ' αυτά φαίνονται στην ακόλουθη φωτογραφία.





**Εικόνα 4.1.7 Σύνδεση μονάδων με Η/Υ της Μονάδας Ηλιακής Μηχανικής**

Προκειμένου να μελετηθούν οι μακροχρόνιες επιπτώσεις της σκόνης και της λασποβροχής στην απόδοση της συστοιχίας τοποθετήθηκε η εικονιζόμενη διάταξη.



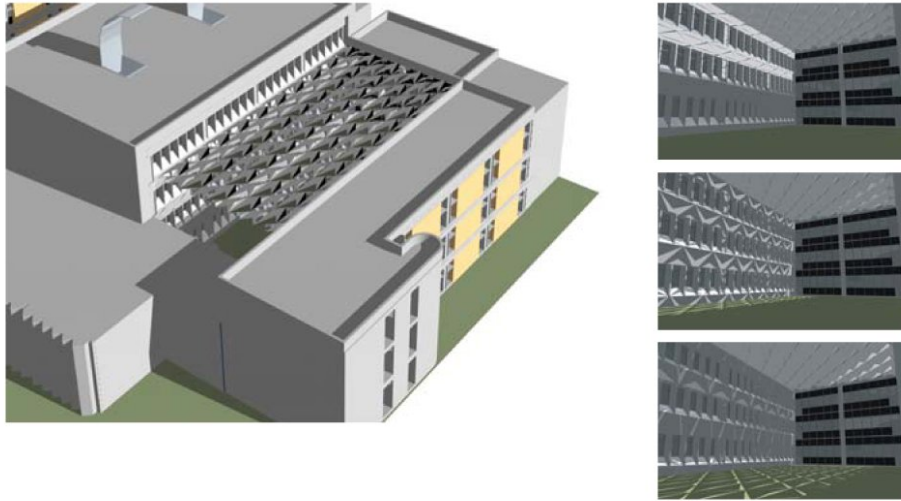
**Εικόνα 4.1.8 Διάταξη για αντιμετώπιση επιπτώσεων σκόνης και λασποβροχής**

Οι σχετικές μετρήσεις (σύγκριση ανάμεσα σε καθοριζόμενο και μη πλαίσιο κάθε ζεύγους) θα βοηθήσουν ώστε μακροπρόθεσμα να προσδιορισθούν οι ανάγκες (μηχανικού) καθαρισμού της συστοιχίας. Καταχωρούνται σε ειδική βάση και είναι ανακτήσιμες τόσο οι τρέχουσες τιμές, (στιγμιαίες ή μέσες ωριαίες), όσο και μετρήσεις συγκεκριμένων ωρών/ημερών σε προηγούμενες ημερομηνίες.

Οι δράσεις ΕΞΕΝ που πραγματοποιήθηκαν στο κτίριο περιελάμβαναν τις εξής 2 ενέργειες:

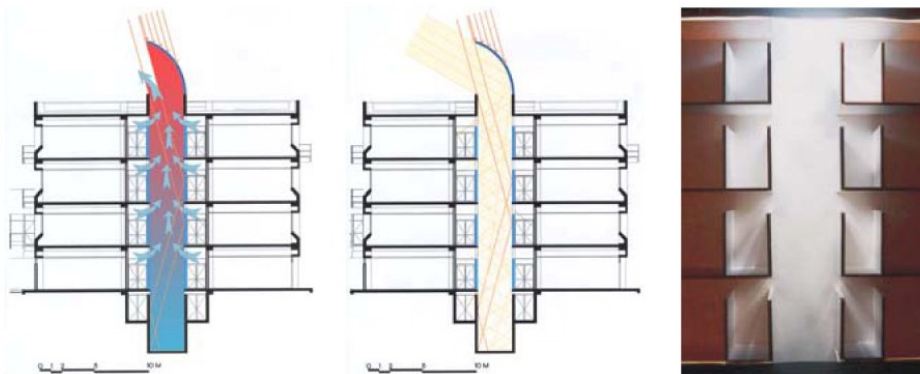
1. Ενσωμάτωση βιοκλιματικής οροφής στο αίθριο του κτιρίου. Ο ειδικός σχεδιασμός της οροφής συμβάλλει τόσο στην παθητική ηλιακή θέρμανση του αίθριου και των γύρω χώρων κατά την διάρκεια του χειμώνα όσο και στον δροσισμό του μέσω των στοιχείων ηλιοπροστασίας και φυσικού αερισμού κατά την διάρκεια του καλοκαιριού. Έτσι εξασφαλίζεται ένα σημαντικό ποσοστό εξοικονόμησης ενέργειας για τους χώρους που

περιβάλλουν το αίθριο καθώς και σημαντική βελτίωση των περιβαλλοντικών συνθηκών για τους χρήστες του αίθριου σε όλη την διάρκεια του χρόνου (εικόνα 4.1.9).



**Εικόνα 4.1.9 Ενσωμάτωση βιοκλιματικής οροφής στο αίθριο**

2. Ενσωμάτωση στοιχείων φυσικού αερισμού/φωτισμού στους φωταγωγούς. Το σύστημα περιλαμβάνει την αξιοποίηση του φωταγωγού του κτιρίου μέσω ειδικά σχεδιασμένων στοιχείων ανάκλασης και ενίσχυσης του φυσικού φωτισμού στο εσωτερικό του κτιρίου. Η λειτουργία του συστήματος βελτιώνει επίσης τον φυσικό αερισμό των χώρων στο κέντρο του κτιρίου μέσω του φαινομένου της «ηλιακής καμινάδας» (εικόνα 4.1.10).



**Εικόνα 4.1.10 Ενσωμάτωση στοιχείων φυσικού αερισμού/φωτισμού στους φωταγωγούς του κτιρίου**

## 4.2 Ενεργειακή κατανάλωση κτιρίου

Οι μορφές ενέργειας που καταναλώνονται στο κτίριο είναι η ηλεκτρική ενέργεια και το φυσικό αέριο. Η ηλεκτρική ενέργεια χρησιμοποιείται κυρίως για φωτισμό, για τη λειτουργία ηλεκτρονικών υπολογιστών, εκτυπωτών, σαρωτών και φωτοτυπικών, για την λειτουργία ηλεκτρικών συσκευών όπως ψυγείο, φούρνος μικροκυμάτων κλπ., καθώς και για τη θέρμανση-ψύξη των χώρων του κτιρίου μέσω κλιματιστικών (air conditioning). Επίσης, μέρος της ηλεκτρικής ενέργειας του κτιρίου καλύπτεται από την εγκατάσταση των φωτοβολταϊκών. Το φυσικό αέριο χρησιμοποιείται αποκλειστικά για τη θέρμανση των χώρων, μέσω τυπικών θερμαντικών σωμάτων (fan coils). Συγκεκριμένα, στην πτέρυγα Η του κτιρίου Χημικών Μηχανικών υπάρχουν δύο λέβητες, ονομαστικής ισχύος 850Mcal/h και 770Mcal/h, οι οποίοι λειτουργούν από αρχές Οκτωβρίου μέχρι τέλη Μαΐου από τις 10:00 – 18:00.

Ωστόσο, για τους δυο λέβητες φυσικού αερίου δεν υπάρχουν στοιχεία από μετρητές ή τιμολόγια όσον αφορά την κατανάλωση του καυσίμου, οπότε δεν είναι δυνατή η εκτίμηση της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας για την θέρμανση του κτιρίου για ένα έτος.

Τα δεδομένα για την ηλεκτρική ενέργεια (kWh) προέκυψαν από καταγραφή του εξοπλισμού στο κτίριο καθώς και της ονομαστικής κατανάλωσης της κάθε συσκευής και αναφέρονται στο έτος 2009-2010. Η καταγραφή που έγινε συνέβαλε αποφασιστικά στην οργάνωση της υπάρχουσας κατάστασης όσον αφορά τον προσδιορισμό των διαφορετικών φορτίων που υπάρχουν στο κτίριο, καθώς τα στοιχεία που έπρεπε να συλλεχθούν δεν ήταν καταγεγραμμένα σε άλλα αρχεία ή σχέδια. Η δυσκολία της καταγραφής συνίστατο επίσης στο ότι δεν υπήρχαν διαθέσιμα στοιχεία από τιμολόγια της ΔΕΗ (στο Πολυτεχνείο εφαρμόζονται τιμολόγια Μέσης Τάσης, Β2 γενικής χρήσης) τα οποία θα προσέφεραν στοιχεία αναφορικά με τις ετήσιες πραγματικές καταναλώσεις, καθώς για τη χρέωση της ηλεκτρικής ενέργειας αντί επί μέρους μετρητών στα κτίρια υπάρχει ένας ενιαίος μετρητής για όλο το συγκρότημα Ζωγράφου. Επίσης, μια άλλη δυσκολία που συναντήθηκε ήταν το ότι η καταγραφή ήταν ανέφικτη σε κάποιους χώρους, είτε γιατί οι χώροι ήταν μονίμως κλειστοί και δε χρησιμοποιούνται πλέον, είτε γιατί οι χρήστες τους απουσιάζουν για μεγάλο χρονικό διάστημα. Βέβαια και στις δύο περιπτώσεις η κατανάλωση ενέργειας σε αυτούς τους χώρους είναι αμελητέα, γεγονός που συνεπάγεται ότι ακόμα και να ήταν δυνατή η πρόσβαση σε αυτούς τους χώρους, αυτό δε θα αλλοίωνε το αποτέλεσμα της τελικής κατανάλωσης. Η μόνη εξαίρεση ήταν η περίπτωση του ‘Ημιβιομηχανικού Εργαστηρίου’, το οποίο ήταν αδύνατο να καταγραφεί λόγω της φύσεως του εξοπλισμού του. Συγκεκριμένα, περιείχε ημιβιομηχανικό εξοπλισμό, μεγάλου μεγέθους, χωρίς σαφή στοιχεία ενεργειακής κατανάλωσης αναγραφόμενα, ενώ ταυτόχρονα δεν υπήρχε η δυνατότητα πληροφόρησης επί αυτών από κάποιον υπεύθυνο. Ακολουθούν πίνακες όπου φαίνεται η εκτιμώμενη κατανάλωση ενέργειας για κάθε τύπο συσκευής.

#### 4.2.1 Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για φωτισμό

Η κατανάλωση ενέργειας για φωτισμό προκύπτει από την καταμέτρηση των φωτιστικών σωμάτων και της ισχύος τους σε κάθε χώρο του κτιρίου και από την εκτίμηση των ωρών λειτουργίας τους ετησίως ανάλογα με τη χρήση του χώρου. Σε χώρους όπως γραφεία και εργαστήρια οι χρήστες ρωτήθηκαν για τον ακριβή αριθμό ωρών λειτουργίας των φωτιστικών σωμάτων.

Συνολικά, στην υπό μελέτη πτέρυγα μετρήθηκαν 223 λαμπτήρες φθορισμού T8 των 58W, 128 λαμπτήρες φθορισμού T8 των 36W και 54 λαμπτήρες φθορισμού T8 των 18W, 12 λαμπτήρες πυρακτώσεως των 60W, 10 συμπαγείς λαμπτήρες φθορισμού των 20W και 1 λαμπτήρας αλογόνου των 12W. Για τον εξωτερικό φωτισμό χρησιμοποιούνται 6 λάμπες ατμών υδραργύρου των 125W, 4 λαμπτήρες φθορισμού T8 U-shaped των 36W και 4 λαμπτήρες φθορισμού T8 των 18W.

Αυτό που παρατηρήθηκε είναι ότι σε κοινόχρηστους χώρους, όπως οι διάδρομοι και οι χώροι υγιεινής, τα φώτα ήταν αναμμένα και σε ώρες που δεν ήταν απαραίτητο να είναι με αποτέλεσμα να σπαταλείται πολύτιμη ενέργεια. Συγκεκριμένα στους διαδρόμους παρέμεναν αναμμένα για περίπου 15 ώρες, πράγμα το οποίο μπορεί να είναι απαραίτητο για τους χειμερινούς μήνες όχι όμως και για τους θερινούς, ενώ στους χώρους υγιεινής παρέμεναν αναμμένα τις ίδιες ώρες ελλείψει φυσικού φωτισμού στα σημεία στα οποία βρίσκονταν.

Η καταγραφή των λαμπτήρων για το ισόγειο (επίπεδο 2) φαίνεται στον επόμενο πίνακα.

**Πίνακας 4.2.1 Εκτίμηση της ηλεκτρικής κατανάλωσης για τα φωτιστικά σώματα στο ισόγειο**

Χώρος	Τύπος φωτιστικών σωμάτων	Ισχύς (W)	Σύνολο χώρου (kW)	Ώρες/ημέρα	kWh/μήνα	kWh/έτος
Αμφιθέατρο 230	Φθορισμού T8	124*58	8,99	12	2.373	24.920
	Συμπαγής φθορισμού	6*20	0,12	12	32	332
Γραφείο Η.201	Φθορισμού T8	8*36	0,36	8	63	665
	Φθορισμού T8	4*18	0,09	8	16	166
	Συμπαγής φθορισμού (σε	1*20	0,03	0,5	0,3	3

	φωτιστικό)					
Γραφείο Η.202 (1)	Φθορισμού T8	4*58	0,29	6	38	402
Γραφείο Η.202 (2)	Συμπαγής φθορισμού (σε φωτιστικό)	1*20	0,03	0,17	0,1	1
	Φθορισμού T8	8*36	0,36	6	48	499
Γραφείο Η.202 (3)	Αλογόνου (σε φωτιστικό)	1*35	0,044	10	10	101
	Αλογόνου (σε φωτιστικό)	1*12	0,015	10	3	35
	Φθορισμού T8	4*58	0,29	10	63	670
K62	Φθορισμού T8	2*58	0,145	15	65	685
Διάδρομος 202	Φθορισμού T8	2*18	0,045	15	20	213
Διάδρομος 298	Φθορισμού T8	16*18	0,36	15	162	1.701
	Φθορισμού T8	8*58	0,58	15	261	2.741
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>					<b>3.155</b>	<b>33.134</b>

Η ισχύς των φωτιστικών φθορισμού με μαγνητικό ballast υπολογίζεται από το άθροισμα της ισχύος των λαμπτήρων προσαυξημένο κατά 25% για να συμπεριληφθεί η κατανάλωση του ballast. Ουσιαστικά αυτό έχει να κάνει με τις λάμπες φθορισμού, τις λάμπες αλογόνου και τις συμπαγείς φθορισμού (μόνο αυτές που είναι μέσα σε φωτιστικό).

Οι KWh ανά μήνα υπολογίστηκαν από το γινόμενο της ισχύος με τις ώρες λειτουργίας ανά ημέρα επί τον αριθμό των ημερών που λειτουργούν τα φωτιστικά το μήνα (εδώ θεωρήθηκε ότι τα φωτιστικά είναι αναμμένα όλες τις μέρες της εβδομάδας εκτός του σαββατοκύριακου, δηλαδή 22 μέρες το μήνα), ενώ

πολλαπλασιάστηκαν με το 10,5 για να προκύψουν οι kWh ανά χρόνο, καθώς θεωρήθηκε ότι, αφαιρώντας το μήνα Αύγουστο και τις διακοπές Χριστουγέννων και Πάσχα, το κτίριο είναι ανοιχτό 10,5 μήνες το χρόνο.

Ακολουθεί ο πίνακας για τα φωτιστικά σώματα στον πρώτο όροφο (επίπεδο 3).

**Πίνακας 4.2.2 Εκτίμηση της ηλεκτρικής κατανάλωσης για τα φωτιστικά σώματα στον πρώτο όροφο**

Χώρος	Τύπος φωτιστικών σωμάτων	Ισχύς (W)	Σύνολο χώρου (kW)	Ώρες/ημέρα	kWh/μήνα	kWh/έτος
Γραφείο Η.302.β	Φθορισμού T8	19*36	0,855	5,5	103	1.086
Γραφείο 323	Φθορισμού T8	8*36	0,36	5,5	44	457
Γραφείο Η.301.γ	Φθορισμού T8	8*36	0,36	10	79	832
Γραμματεία 318	Φθορισμού T8	12*36	0,54	5	59	624
Γραφείο Η1.301	Φθορισμού T8	6*58	0,435	8	77	804
Γραφείο Η1.303	Φθορισμού T8	5*58	0,363	8	64	670
Γραφείο 326Ε(1)	Φθορισμού T8	16*18	0,36	8	63	665
Γραφείο 326Ε(3)	Φθορισμού T8	32*18	0,72	3	48	499
Διάδρομος 302	Φθορισμού T8	20*18	0,45	15	203	2.126
Διάδρομος 301	Φθορισμού T8	8*18	0,18	15	81	851
Χώρος υγιεινής 304	Πυρακτώσεως E27	3*60	0,18	15	81	851
Χώρος υγιεινής 324	Συμπαγής φθορισμού	2*20	0,04	15	18	189
	Φθορισμού T8	2*18	0,045	15	20	213
Διάδρομος 326	Φθορισμού T8 U-shaped	18*36	0,81	15	365	3.827
Διάδρομος 313	Φθορισμού T8	12*58	0,87	15	392	4.111
Διάδρομος 312	Φθορισμού T8	8*18	0,18	15	81	851
Γραφείο Η.301.δ	Φθορισμού T8	24*36	1,08	6	143	1.497



Γραφείο Η.301.α	Φθορισμού T8	24*36	1,08	6	143	1.497
Γραφείο Η1.304	Φθορισμού T8	16*18	0,36	6	48	499
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>					<b>2.109</b>	<b>22.147</b>

Ακολουθεί ο πίνακας για τα φωτιστικά σώματα στο δεύτερο όροφο (επίπεδο 4).

**Πίνακας 4.2.3 Εκτίμηση της ηλεκτρικής κατανάλωσης για τα φωτιστικά σώματα στο δεύτερο όροφο**

Χώρος	Τύπος φωτιστικώ ν σωμάτων	Ισχύς (W)	Σύνολο χώρου (kW)	Ώρες/ημ έρα	kWh/μήνα	kWh/έτος
Γραφείο Η.402.β	Φθορισμού T8	8*18	0,18	3	12	59
Γραφείο Η.402.δ	Φθορισμού T8	3*58	0,22	3.5	17	176
Γραφείο Η.402.α	Φθορισμού T8	6*58	0,435	6	57	603
Γραφείο Η.401.γ	Φθορισμού T8	4*58	0,29	4	26	268
Γραφείο Η.401.α	Φθορισμού T8	8*58	0,58	8	102	1.072
Γραφείο Η.402.γ	Φθορισμού T8	8*18	0,18	4	16	166
Γραφείο Η.405.δ	Φθορισμού T8	18*36	0,81	7	125	1.310
Γραφείο Η1.402 (417.α)	Φθορισμού T8	32*18	0,72	8	127	1.331
Γραφείο Η1.402 (417.β)	Φθορισμού T8	32*18	0,72	8	127	1.331
Γραφείο Η1.403	Φθορισμού T8	26*36	1,17	10	257	2.703
Γραφείο Η1.401 (α)	Φθορισμού T8	12*36	0,54	10	119	1.247
Γραφείο Η1.401 (β)	Φθορισμού T8	12*36	0,54	1	12	125

Διάδρομος 433	Φθορισμού T8	12*58	0,87	15	392	4.111
	Φθορισμού T8	1*36	0,045	15	20	213
Διάδρομος 411	Φθορισμού T8	13*58	0,943	15	424	4.453
Χώρος υγιεινής 425	Πυρακτώσε ως E27	4*60	0,24	15	108	1.134
Διάδρομος 410	Φθορισμού T8	8*18	0,18	15	81	851
Διάδρομος 401	Φθορισμού T8	10*58	0,725	15	326	3.426
Διάδρομος 402	Φθορισμού T8	9*58	0,653	15	294	3.083
Χώρος υγιεινής 403	Πυρακτώσε ως E27	5*60	0,3	15	135	1.418
Υπολογιστικό κέντρο ΕΠΥ/PC lab	Φθορισμού T8	20*58	1,45	6,5	207	2.074
Γραφείο 412η	Φθορισμού T8	4*58	0,29	3	19	201
Γραφείο Η.404 (1)	Φθορισμού T8	8*58	0,58	10	128	1.340
Γραφείο Η.404 (2)	Φθορισμού T8	8*18	0,18	4	16	166
Γραφείο Η.403.γ	Φθορισμού T8	12*36	0,54	7	83	873
Γραφείο Η.403.α	Φθορισμού T8	12*36	0,54	7	83	873
Γραφείο Η.403.β	Φθορισμού T8	12*36	0,54	7	83	873
Γραφείο Η.405.α	Φθορισμού T8	12*36	0,54	10	119	1.247
Γραφείο Η.405.β	Φθορισμού T8	18*36	0,81	5	89	936
Γραφείο Η.405.γ	Φθορισμού T8	12*36	0,54	6	71	748
Γραφείο Η.405.ζ	Φθορισμού T8	6*58	0,435	3	29	301

<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>		<b>3.704</b>	<b>38.710</b>
---------------	--	--------------	---------------

**Πίνακας 4.2.4 Εκτίμηση της ηλεκτρικής κατανάλωσης για τα φωτιστικά σώματα στον τρίτο όροφο**

Χώρος	Τύπος φωτιστικών σωμάτων	Ισχύς (W)	Σύνολο χώρου (kW)	Ώρες/ημέρα	kWh/μήνα	kWh/έτος
Διάδρομος 502	Φθορισμού T8	5*58	0,363	15	163	1.713
Γραφεία H1.501, H1.502, H1.503	Φθορισμού T8	80*58	5,8	6	766	8.039
Διάδρομος 501	Φθορισμού T8	5*58	0,363	20	218	2.284
Υπολογιστικό κέντρο H1.505	Φθορισμού T8	80*58	5,8	3	383	4.019
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>					<b>1.529</b>	<b>16.055</b>

**Πίνακας 4.2.5 Εκτίμηση της ηλεκτρικής κατανάλωσης για τον εξωτερικό φωτισμό**

Τύπος φωτιστικών σωμάτων	Ισχύς (W)	Σύνολο χώρου (kW)	Ώρες/ημέρα	kWh/μήνα	kWh/έτος
Ατμών υδραργύρου	6*125	0,9375	10	281	3.375
Φθορισμού T8 U-shaped	4*36	0,18	10	54	648
Φθορισμού T8	4*18	0,09	10	27	324
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>				<b>362</b>	<b>4.347</b>

Η ολική κατανάλωση ενέργειας για φωτισμό εκτιμάται ότι είναι 10.859 kWh το μήνα και 114.393 kWh το χρόνο.

#### 4.2.2 Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για θέρμανση – ψύξη

Στην εξεταζόμενη πτέρυγα του κτιρίου δεν υπάρχει κεντρικός κλιματισμός και γι' αυτό το λόγο χρησιμοποιούνται ανεξάρτητες κλιματιστικές μονάδες (split-units), τόσο για ψύξη όσο και για θέρμανση, ούτως ώστε να ρυθμίζεται η κατάλληλη

θερμοκρασία των χώρων. Αναλυτικά, υπάρχουν 19 κλιματιστικά των 9.000 Btu/h, 3 των 12.000 Btu/h, 5 των 24.000 Btu/h, 1 των 12.600 Btu/h, 4 των 11.000 Btu/h, 2 των 18.000 Btu/h, 3 των 16.000 Btu/h, 2 των 8.000 Btu/h και 2 των 12.500 Btu/h.

Για τη μετατροπή των μονάδων από Btu σε kW ισχύει  $1 \frac{Btu}{h} = 2,928 \cdot 10^{-4} kW$

**Πίνακας 4.2.6 Εκτίμηση της ηλεκτρικής κατανάλωσης λόγω κλιματιστικών σωμάτων για ψύξη το καλοκαίρι στο ισόγειο**

Χώρος	Πλήθος κλιματιστικών σωμάτων	Δυναμικότητα ενός κλιματιστικού σώματος (Btu/h)	Ώρες/ημέρα	kWh/μήνα	kWh/έτος
Γραφείο Η.202 (1)	1	9.000	2	116	348
Γραφείο Η.202 (2)	1	12.000	2	155	464
Γραφείο Η.202 (3)	1	24.000	10	2.108	25.298
Γραφείο Η.201	1	12.600	6	487	1.461
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>				<b>2.866</b>	<b>27.571</b>

Για να βρεθεί η ετήσια κατανάλωση θεωρήθηκε ότι τα κλιματιστικά λειτουργούν για ψύξη 3 μήνες το χρόνο (Μάιο, Ιούνιο και Ιούλιο). Η θεώρηση αυτή δεν είναι τυχαία καθώς οι χρήστες των χώρων ρωτήθηκαν για το χρονικό διάστημα που χρησιμοποιούν τα κλιματιστικά και αυτό προέκυψε ότι κατά μέσο όρο είναι 3 μήνες. Παρ' όλ' αυτά, σε περιπτώσεις που οι χρήστες τόνισαν ότι κάνουν περιορισμένη ή επιπλέον χρήση των κλιματιστικών τους, αναγράφηκε ο ακριβής αριθμός των μηνών και χρησιμοποιήθηκε αυτός για τους μετέπειτα υπολογισμούς όπως συνέβη για παράδειγμα στην περίπτωση του Γραφείου Η.202 (3), όπου το κλιματιστικό χρησιμοποιείται και τους 12 μήνες του χρόνου ώστε να διατηρείται σταθερή η θερμοκρασία σε ένα συγκεκριμένο χώρο όπου γίνονται πειράματα.

Οι τρεις επόμενοι πίνακες αφορούν την αντίστοιχη κατανάλωση ενέργειας για τους υπόλοιπους ορόφους.

**Πίνακας 4.2.7 Εκτίμηση της ηλεκτρικής κατανάλωσης λόγω κλιματιστικών σωμάτων για ψύξη το καλοκαίρι στον πρώτο όροφο**

Χώρος	Πλήθος κλιματιστικών σωμάτων	Δυναμικότητα ενός κλιματιστικού σώματος (Btu/h)	Ώρες/ημέρα	kWh/μήνα	kWh/έτος
Γραφείο Η.302.β	1	9.000	8	464	1.391
Γραφείο Η.301.γ	1	9.000	6	348	1.044
Γραφείο Η1.301	1	11.000	1	71	213
Γραφείο Η1.303	1	11.000	0	0	0
Γραφείο 326Ε(2)	1	18.000	10	1.581	18.973
Γραφείο Η.301.δ	1	9.000	5	290	870
Γραφείο Η.301.α	1	9.000	5	290	870
Γραφείο Η1.304	1	11.000	1	71	71
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>				<b>3.114</b>	<b>23.431</b>

**Πίνακας 4.2.8 Εκτίμηση της ηλεκτρικής κατανάλωσης λόγω κλιματιστικών σωμάτων για ψύξη το καλοκαίρι στο δεύτερο όροφο**

Χώρος	Πλήθος κλιματιστικών σωμάτων	Δυναμικότητα ενός κλιματιστικού σώματος (Btu/h)	Ώρες/ημέρα	kWh/μήνα	kWh/έτος
Γραφείο Η.402.β	1	9.000	1	58	174
Γραφείο Η.402.α	1	9.000	5	290	870
Γραφείο Η.401.γ	1	11.000	10	709	2.126
Γραφείο Η.401.α	1	9.000	0	0	0
Γραφείο Η.402.γ	1	9.000	4	232	696
Γραφείο Η.403.γ	1	9.000	7	406	1.217

Γραφείο Η.403.α	1	9.000	7	406	1.217
Γραφείο Η.403.β	1	9.000	7	406	1.217
Γραφείο Η.405.δ	1	9.000	7	406	1.217
Γραφείο Η1.402 (417.α)	1	9.000	1,25	72	217
Γραφείο Η1.402 (417.β)	1	9.000	3	174	522
Γραφείο Η1.403	1	18.000	6 (για 2 μήνες)	696	1.391
Γραφείο Η1.401 (α)	1	12.500	6	483	1.449
Γραφείο Η1.401 (β)	1	12.500	0	0	0
Υπολογιστικό κέντρο ΕΠΥ/PC lab	3	24.000	5 (για 2 μήνες)	2.319	4.638
	1	9.000	5 (για 2 μήνες)	290	580
Γραφείο 412η	1	9.000	3	174	522
Γραφείο Η.404 (1)	1	12.000	5	387	1.159
Γραφείο Η.404 (2)	1	12.000	5	387	1.159
Γραφείο Η.405.α	1	9.000	10	580	2.319
Γραφείο Η.405.β	1	9.000	5	290	870
Γραφείο Η.405.γ	1	8.000	6	309	928
Γραφείο Η.405.ζ	1	8.000	6	309	309
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>				<b>9.381</b>	<b>24.799</b>



**Πίνακας 4.2.9 Εκτίμηση της ηλεκτρικής κατανάλωσης λόγω κλιματιστικών σωμάτων για ψύξη το καλοκαίρι στον τρίτο όροφο**

Χώρος	Πλήθος κλιματιστικών σωμάτων	Δυναμικότητα ενός κλιματιστικού σώματος (Btu/h)	Ώρες/ημέρα	kWh/μήνα	kWh/έτος
Γραφεία H1.501, H1.502, H1.503	1	24.000	15	3.162	9.487
Υπολογιστικό κέντρο H1.505	3	16.000	3	928	2.783
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>				<b>4.090</b>	<b>12.269</b>

Η ολική κατανάλωση ενέργειας για ψύξη από τα ανεξάρτητα κλιματιστικά σώματα εκτιμάται ότι είναι 19.450 kWh το μήνα και 88.070 kWh το χρόνο.

Στους επόμενους πίνακες καταγράφεται η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για θέρμανση από τις ανεξάρτητες μονάδες κατά τους χειμερινούς μήνες. Οι χειμερινοί μήνες κατά τους οποίους λειτουργούν οι κλιματιστικές μονάδες θεωρούνται ότι είναι 5.

**Πίνακας 4.2.10 Εκτίμηση της ηλεκτρικής κατανάλωσης λόγω κλιματιστικών σωμάτων για θέρμανση κατά τους χειμερινούς μήνες στο ισόγειο**

Χώρος	Πλήθος κλιματιστικών σωμάτων	Δυναμικότητα ενός κλιματιστικού σώματος (Btu/h)	Ώρες/ημέρα	kWh/μήνα	kWh/έτος
Γραφείο H.202 (1)	1	9.000	2	116	580
Γραφείο H.202 (2)	1	12.000	2	155	773
Γραφείο H.201	1	12.600	3	243	1.217
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>				<b>514</b>	<b>2.570</b>

Για όσους χρήστες δε δήλωσαν τον ακριβή αριθμό μηνών που χρησιμοποιούν τις μονάδες θέρμανσής τους θεωρήθηκε ότι οι τελευταίες χρησιμοποιούνται 5 μήνες το

χρόνο (Οκτώβριος, Νοέμβριος, μισός Δεκέμβριος και μισός Ιανουάριος που ισοδυναμούν με ένα μήνα, Φεβρουάριος και Μάρτιος).

Παρατηρείται ότι παραπάνω θεωρήθηκε ότι οι κλιματιστικές μονάδες χρησιμοποιούνται για ψύξη 3 μήνες το χρόνο, ενώ τώρα θεωρήθηκε ότι τα κλιματιστικά λειτουργούν 5 μήνες. Άρα, συνολικά οι μονάδες θέρμανσης/ψύξης χρησιμοποιούνται 8 μήνες το χρόνο και όχι 10,5 που είναι οι εργάσιμοι μήνες και αυτό συμβαίνει γιατί τους υπόλοιπους 2,5 οι καιρικές συνθήκες είναι τέτοιες που δεν επιβάλλουν τη χρήση τέτοιου είδους μονάδων.

**Πίνακας 4.2.11 Εκτίμηση της ηλεκτρικής κατανάλωσης λόγω κλιματιστικών σωμάτων για θέρμανση κατά τους χειμερινούς μήνες στον πρώτο όροφο**

Χώρος	Πλήθος κλιματιστικών σωμάτων	Δυναμικότητα ενός κλιματιστικού σώματος (Btu/h)	Ώρες/ημέρα	kWh/μήνα	kWh/έτος
Γραφείο Η.301.γ	1	9.000	6	348	1.739
Γραφείο Η.302.β	1	9.000	4	232	1.159
Γραφείο Η1.301	1	11.000	1	71	354
Γραφείο Η1.303	1	11.000	0	0	0
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>				<b>651</b>	<b>3.253</b>

**Πίνακας 4.2.12 Εκτίμηση της ηλεκτρικής κατανάλωσης λόγω κλιματιστικών σωμάτων για θέρμανση κατά τους χειμερινούς μήνες στο δεύτερο όροφο**

Χώρος	Πλήθος κλιματιστικών σωμάτων	Δυναμικότητα ενός κλιματιστικού σώματος (Btu/h)	Ώρες/ημέρα	kWh/μήνα	kWh/έτος
Γραφείο Η.402.β	1	9.000	3	174	870
Γραφείο Η.402.α	1	9.000	5	290	1.449
Γραφείο Η.401.γ	1	11.000	10	709	3.543

Γραφείο Η.401.α	1	9.000	0	0	0
Γραφείο Η.402.γ	1	9.000	0	0	0
Γραφείο Η.403.γ	1	9.000	7	406	2.029
Γραφείο Η.403.α	1	9.000	7	406	2.029
Γραφείο Η.403.β	1	9.000	7	406	2.029
Γραφείο Η1.403	1	18.000	4	464	2.319
Γραφείο Η1.401 (α)	1	12.500	1	81	403
Γραφείο 412η	1	9.000	3	174	870
Γραφείο Η.404 (1)	1	12.000	5	386	1.932
Γραφείο Η.404 (2)	1	12.000	5	386	1.932
Γραφείο Η.405.α	1	9.000	2	116	348
Γραφείο Η.405.β	1	9.000	2	116	580
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>				<b>4.113</b>	<b>20.333</b>

**Πίνακας 4.2.13 Εκτίμηση της ηλεκτρικής κατανάλωσης λόγω κλιματιστικών σωμάτων για θέρμανση κατά τους χειμερινούς μήνες στον τρίτο όροφο**

Χώρος	Πλήθος κλιματιστικών σωμάτων	Δυναμικότητα ενός κλιματιστικού σώματος (Btu/h)	Ώρες/ημέρα	kWh/μήνα	kWh/έτος
Γραφεία H1.501, H1.502, H1.503	1	24.000	12	2.530	7.589
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>				<b>2.530</b>	<b>7.589</b>

Η ολική κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση από τα ανεξάρτητα κλιματιστικά σώματα εκτιμάται ότι είναι 7.807 kWh το μήνα και 33.745 kWh το χρόνο.

#### 4.2.3 Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για συσκευές γραφείου

Ως συσκευές γραφείου θεωρούνται κυρίως οι ηλεκτρονικοί υπολογιστές, οι σαρωτές, οι εκτυπωτές και τα φωτοτυπικά μηχανήματα. Συγκεκριμένα, στο κτίριο υπάρχουν 139 υπολογιστές των 270W, ένας υπολογιστής των 500W, 21 υπολογιστές των 300W (σε αυτούς συγκαταλέγονται τα clusters υπολογιστών), 29 servers, 10 laptops των 50W και 13 υπολογιστές των 680W (clusters).

Οι ώρες λειτουργίας των εν λόγω μηχανημάτων είναι οι πραγματικές και όχι κατά προσέγγιση, σύμφωνα πάντα με τα λεγόμενα των χρηστών, ενώ η ισχύς τους είναι μια τυπική και αντιπροσωπευτική τιμή για την κάθε κατηγορία μηχανήματος.

Αρχικά, θα υπολογιστεί η κατανάλωση ενέργειας για τους ηλεκτρονικούς υπολογιστές. Οι υπολογιστές γραφείου θεωρείται ότι έχουν ισχύ 270W μαζί με την οθόνη (με εξαίρεση περιπτώσεις ιδιαίτερα ενισχυμένων υπολογιστών), ενώ τα laptop 50W. Για τους servers η ισχύς είναι 1.200W όταν είναι σε λειτουργία ο επεξεργαστής, δηλαδή για περίπου 12 ώρες την ημέρα και 600W όταν δε λειτουργεί ο επεξεργαστής τις υπόλοιπες ώρες της ημέρας. Γι' αυτό η κατανάλωση σε μία μέρα ενός server είναι

$$E(\text{kWh})=1,2\text{kW}\cdot 12\text{h/day}+0,6\text{kW}\cdot 12\text{h/day}= 21,6\text{kWh/day}$$

Για να προκύψουν οι kWh ανά μήνα λαμβάνεται υπόψη ότι οι υπολογιστές λειτουργούν για 22 μέρες το μήνα, εκτός από τους server που είναι συνεχώς ανοιχτοί. Για να προκύψουν οι kWh ανά χρόνο πολλαπλασιάζονται οι kWh ανά μήνα επί 10 όπως και στην περίπτωση των φωτιστικών σωμάτων, αφού οι υπολογιστές χρησιμοποιούνται και τους 10 μήνες του χρόνου που το κτίριο παραμένει ανοιχτό, ενώ αντιστοίχως για την περίπτωση των servers πρέπει να πολλαπλασιαστούν επί 12 μήνες.

**Πίνακας 4.2.14 Εκτίμηση της ηλεκτρικής κατανάλωσης για τη λειτουργία των ηλεκτρονικών υπολογιστών στο ισόγειο**

Χώρος	Πλήθος ηλεκτρονικών υπολογιστών	Ισχύς ενός υπολογιστή (W)	Ώρες/ημέρα	kWh/μήνα	kWh/έτος
Γραφείο Η.202 (1)	2	270	8	95	998
Γραφείο Η.202 (2)	6	270	10	356	3.742
Γραφείο Η.202 (3)	2	270	10	119	1.247
Γραφείο Η.201	7	270	8	333	3.493
	3	server		1.944	23.328
Γραφείο Η.202 (4)	Cluster (13 παράλληλοι υπολογιστές linux)	680	24	6.365	76.378
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>				<b>9.212</b>	<b>109.186</b>

**Πίνακας 4.2.15 Εκτίμηση της ηλεκτρικής κατανάλωσης για τη λειτουργία των ηλεκτρονικών υπολογιστών στον πρώτο όροφο**

Χώρος	Πλήθος ηλεκτρονικών υπολογιστών	Ισχύς ενός υπολογιστή (W)	Ώρες/ημέρα	kWh/μήνα	kWh/έτος
Γραφείο Η.302.β	1	270	8	48	49
Γραφείο Η.301.γ	1	270	10	59	624
Γραμματεία 318	1	270	8	48	499
Γραφείο Η1.301	4	270	8	190	1.996
Γραφείο Η1.303	2	270	8	95	998
Γραφείο 326Ε(1)	2	270	8	95	998
Γραφείο 326Ε(3)	2	270	1	12	125
Γραφείο Η.301.δ	1	270	6	36	374
Γραφείο	1	270	6	36	374

H.301.α					
Γραφείο H1.304	1	270	6	36	374
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>				<b>653</b>	<b>6.861</b>

**Πίνακας 4.2.16 Εκτίμηση της ηλεκτρικής κατανάλωσης για τη λειτουργία των ηλεκτρονικών υπολογιστών στο δεύτερο όροφο**

Χώρος	Πλήθος ηλεκτρονικών υπολογιστών	Ισχύς ενός υπολογιστή (W)	Ώρες/ημέρα	kWh/μήνα	kWh/έτος
Γραφείο H.402.β	1	270	8	48	499
Γραφείο H.402.δ	1	270	8	48	499
Γραφείο H.402.α	1	270	8	48	499
Γραφείο H.401.γ	1	50	10	11	116
Γραφείο H.401.α	1	270	8	48	499
Γραφείο H.402.γ	1	270	9	53	561
Γραφείο H.405.δ	1	50	8	9	92
Γραφείο H1.402 (417.α)	1	270	10	59	624
Γραφείο H1.402 (417.β)	2	270	8	95	998
Γραφείο H1.403	4	50	10	44	462
	2	270	10	119	1.247
Γραφείο H1.401 (α)	2	server		1.296	15.552
	4	270	8	190	1.996
Γραφείο H1.401 (β)	1	270	0	0	0
Υπολογιστικό κέντρο ΕΠΥ/PC lab	60	270	8 (για 6 μήνες)	2.851	17.107
	20	270	5 (για 5 μήνες)	594	2.970
Γραφείο H.404 (1)	3	270	10	178	1.871
Γραφείο H.404 (2)	1	server		648	7.776
	3	270	2	36	374
Γραφείο	1	270	8	48	499



Η.403.γ					
Γραφείο Η.403.α	1	270	8	48	499
Γραφείο Η.403.β	1	270	8	48	499
Γραφείο Η.405.α	1	50	10	11	116
Γραφείο Η.405.β	1	270	5	30	312
Γραφείο Η.405.γ	1	50	8	9	92
Γραφείο Η.405.ζ	1	270	8	48	499
Γραφείο 412η	1	50	3	3	35
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>				<b>6.617</b>	<b>56.293</b>

**Πίνακας 4.2.17 Εκτίμηση της ηλεκτρικής κατανάλωσης για τη λειτουργία των ηλεκτρονικών υπολογιστών στον τρίτο όροφο**

Χώρος	Πλήθος ηλεκτρονικών υπολογιστών	Ισχύς ενός υπολογιστή (W)	Ώρες/ημέρα	kWh/μήνα	kWh/έτος
Γραφεία Η1.501, Η1.502, Η1.503	Cluster (16 παράλληλοι υπολογιστές linux)	300	24	3.456	41.472
	2	300	24	432	5.184
	3	300	8	158	1.663
	1	50	8	9	92
	1	500	8	88	924
	3	server		1.944	23.328
Υπολογιστικό κέντρο Η1.505	20	server		12.960	155.520
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>				<b>19.047</b>	<b>228.184</b>

Η ολική κατανάλωση ενέργειας για τους ηλεκτρονικούς υπολογιστές εκτιμάται ότι είναι 35.529 kWh το μήνα και 400.523 kWh το χρόνο.

Ακολουθούν οι πίνακες με την κατανάλωση ενέργειας για τους εκτυπωτές.

Για ένα εκτυπωτή laser θα θεωρηθεί ότι έχει κατανάλωση 500W όταν τυπώνει και 10W όταν είναι στο stand-by, ενώ για έναν inkjet ότι έχει κατανάλωση 45W και επίσης 10W όταν είναι στο stand-by. Επίσης, θεωρείται ότι ένας εκτυπωτής τυπώνει για μισή ώρα τη μέρα και ότι βρίσκεται στο stand-by για 7,5 ώρες. Βάσει αυτής της

θεώρησης, η ενέργεια που θα καταναλώνει ένας laser εκτυπωτής ανά ημέρα θα είναι:

$$E(\text{kWh})=0,5\text{kW}\cdot 0,5\text{h/day}+0,01\text{kW}\cdot 7,5\text{h/day}= 0,25 \text{ kWh/day} + 0,075 \text{ kWh/day} = 0,325 \text{ kWh/day}$$

Ενώ η ενέργεια που θα καταναλώνει ένας ink εκτυπωτής θα είναι

$$E(\text{kWh})=0,045\text{kW}\cdot 0,5\text{h/day}+0,01\text{kW}\cdot 7,5\text{h/day}= 0,0225 \text{ kWh/day} + 0,075 \text{ kWh/day} = 0,0975 \text{ kWh/day}$$

Θεωρώντας ότι οι εκτυπωτές λειτουργούν τον ίδιο αριθμό ημερών και μηνών με τους υπολογιστές προκύπτουν οι καταναλώσεις που φαίνονται στους ακόλουθους πίνακες.

**Πίνακας 4.2.18 Εκτίμηση της ηλεκτρικής κατανάλωσης για τη λειτουργία των εκτυπωτών στο ισόγειο**

Χώρος	Πλήθος εκτυπωτών	Είδος εκτυπωτών	kWh/μήνα	kWh/έτος
Γραφείο Η.202 (1)	1	inkjet	2	23
Γραφείο Η.202 (2)	1	laser	7	75
Γραφείο Η.201	1	laser	7	75
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>			<b>16</b>	<b>173</b>

**Πίνακας 4.2.19 Εκτίμηση της ηλεκτρικής κατανάλωσης για τη λειτουργία των εκτυπωτών στον πρώτο όροφο**

Χώρος	Πλήθος εκτυπωτών	Είδος εκτυπωτών	kWh/μήνα	kWh/έτος
Γραφείο Η.302.β	1	laser	7	75
Γραφείο 323	1	laser	7	75
Γραφείο Η.301.γ	1	laser	7	75
Γραμματεία 318	1	laser	7	75
Γραφείο Η1.301	3	laser	21	225
Γραφείο Η1.303	1	inkjet	2	23
	1	laser	7	75
Γραφείο 326E(1)	1	laser	7	75
Γραφείο	1	laser	7	75

H.301.δ				
Γραφείο H.301.α	1	laser	7	75
Γραφείο H1.304	1	laser	7	75
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>			<b>88</b>	<b>923</b>

**Πίνακας 4.2.20 Εκτίμηση της ηλεκτρικής κατανάλωσης για τη λειτουργία των εκτυπωτών στο δεύτερο όροφο**

Χώρος	Πλήθος εκτυπωτών	Είδος εκτυπωτών	kWh/μήνα	kWh/έτος
Γραφείο H.402.α	1	laser	7	75
Γραφείο H.401.γ	1	laser	7	75
Γραφείο H.401.α	1	laser	7	75
Γραφείο H.402.γ	1	laser	7	75
Γραφείο H.403.γ	1	laser	7	75
Γραφείο H.403.α	1	laser	7	75
Γραφείο H.403.β	1	laser	7	75
Γραφείο H1.402 (417.α)	1	inkjet	2	23
Γραφείο H1.402 (417.β)	1	laser	7	75
Γραφείο H1.403	1	laser	7	75
Γραφείο H1.401 (α)	1	laser	7	75
Υπολογιστικό κέντρο EΠΥ/PC lab	2	laser	14	150
Γραφείο H.404	4	laser	29	300
	2	inkjet	4	45
Γραφείο H.405.α	1	laser	7	75

Γραφείο Η.405.β	1	inkjet	2	23
Γραφείο Η.405.γ	1	laser	7	75
Γραφείο Η.405.δ	1	laser	7	75
Γραφείο Η.405.ζ	1	laser	7	75
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>			<b>152</b>	<b>1.592</b>

**Πίνακας 4.2.21 Εκτίμηση της ηλεκτρικής κατανάλωσης για τη λειτουργία των εκτυπωτών στον τρίτο όροφο**

Χώρος	Πλήθος εκτυπωτών	Είδος εκτυπωτών	kWh/μήνα	kWh/έτος
Γραφεία Η1.501, Η1.502, Η1.503	6	laser	43	450
Υπολογιστικό κέντρο Η1.505	3	laser	22	225
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>			<b>65</b>	<b>675</b>

Η ολική κατανάλωση ενέργειας για τους εκτυπωτές εκτιμάται ότι είναι 320 kWh το μήνα και 3.363 kWh το χρόνο.

Για τις υπόλοιπες συσκευές γραφείου γίνονται οι ακόλουθες παραδοχές.

Για τα **φωτοτυπικά** θεωρείται ότι έχουν ισχύ 1,4kW όταν λειτουργούν (30 λεπτά λειτουργίας κατά μέσο όρο την ημέρα) και 30W όταν είναι σε κατάσταση stand-by (τις υπόλοιπες 7,5 ώρες εργασίας την ημέρα).

Βάσει αυτής της θεώρησης, η ενέργεια που θα καταναλώνει ένα φωτοτυπικό ανά ημέρα θα είναι:

$$E(\text{kWh})=1,4\text{kW}\cdot 0,5\text{h/day}+0,03\text{kW}\cdot 7,5\text{h/day}= 0,7 \text{ kWh/day} + 0,225 \text{ kWh/day} = 0,925 \text{ kWh/day}$$

Οι **σαρωτές** θεωρείται ότι λειτουργούν 10 λεπτά την ημέρα έχοντας ισχύ 43W και 15W όταν είναι σε κατάσταση stand-by, άρα η καταναλισκόμενη ενέργεια ανά ημέρα για τους σαρωτές θα είναι

$$E(\text{kWh})=0,043\text{kW}\cdot 0,17\text{h/day} + 0,015\text{kW}\cdot 7,83\text{h/day} = 0,13\text{kWh/day}$$

Τα **πολυμηχανήματα** (printer, scanner, copier) έχουν κατά μέσο όρο ισχύ των 520W όταν λειτουργούν (περίπου για 1 ώρα την ημέρα) και 20W όταν βρίσκονται σε κατάσταση stand-by την υπόλοιπη μέρα, δηλαδή τις υπόλοιπες 23 ώρες, καθώς αυτής της κατηγορίας τα μηχανήματα λειτουργούν και σαν μηχανές φαξ. Έτσι, έχουν ημερήσια κατανάλωση

$$E(\text{kWh})=0,52\text{kW}\cdot 1\text{h/day}+0,02\text{kW}\cdot 23\text{h/day}= 0,52 \text{ kWh/day} + 0,46 \text{ kWh/day} = 0,98 \text{ kWh/day}$$

Οι **μηχανές fax** έχουν ισχύ περί τα 800W όταν είναι σε λειτουργία (10 λεπτά τη μέρα) και 20W όταν είναι σε κατάσταση stand-by.

$$E(\text{kWh})=0,8\text{kW}\cdot 0,17\text{h/day} + 0,02\text{kW}\cdot 7,83\text{h/day} = 0,29\text{kWh/day}$$

Ενώ τα φωτοτυπικά και οι σαρωτές λειτουργούν 22 μέρες το μήνα για 10 μήνες το χρόνο, τα πολυμηχανήματα και οι μηχανές fax είναι σε λειτουργία καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας και τις 365 μέρες το χρόνο.

Τέλος, το προβολικό του γραφείου 412η στο επίπεδο 4 είναι ισχύος 400W και χρησιμοποιείται 3 ώρες την ημέρα, άρα έχει ημερήσια κατανάλωση  $E(\text{kWh}) = 1,2\text{kWh/day}$ , το εξωτερικό cd-drive έχει ισχύ 100W και παραμένει ανοιχτό και τις 24 ώρες της ημέρας, ενώ το υπολογιστικό σύστημα data sender έχει ισχύ 1,5kW και παραμένει ανοιχτό 24 ώρες την ημέρα και τους 12 μήνες του χρόνου.

**Πίνακας 4.2.22 Εκτίμηση της ηλεκτρικής κατανάλωσης για τη λειτουργία των υπόλοιπων συσκευών γραφείου στο ισόγειο**

Χώρος	Πλήθος	Είδος μηχανήματος	kWh/μήνα	kWh/έτος
Γραφείο Η.202 (2)	1	Σαρωτής (scanner)	3	30
Γραφείο Η.202 (4)	1	fax machine	9	104
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>			<b>12</b>	<b>134</b>

**Πίνακας 4.2.23 Εκτίμηση της ηλεκτρικής κατανάλωσης για τη λειτουργία των υπόλοιπων συσκευών γραφείου στον πρώτο όροφο**

Χώρος	Πλήθος	Είδος μηχανήματος	kWh/μήνα	kWh/έτος
Γραφείο 323	1	Φωτοτυπικό μηχανήματα	20	214

Γραφείο 326E (2)	1	Υπολογιστικό σύστημα data sender	1.080	12.960
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>			<b>1.100</b>	<b>13.174</b>

**Πίνακας 4.2.24 Εκτίμηση της ηλεκτρικής κατανάλωσης για τη λειτουργία των υπόλοιπων συσκευών γραφείου στο δεύτερο όροφο**

Χώρος	Πλήθος	Είδος μηχανήματος	kWh/μήνα	kWh/έτος
Γραφείο H.405.δ	1	Σαρωτής (scanner)	3	30
Γραφείο H.404	1	Fax machine	9	104
Γραφείο H1.401 (α)	1	Fax machine	9	104
Γραφείο H.402.β	1	Πολυμηχάνημα	29	353
Γραφείο 412η	1	Προβολικό	26	277
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>			<b>76</b>	<b>868</b>

**Πίνακας 4.2.25 Εκτίμηση της ηλεκτρικής κατανάλωσης για τη λειτουργία των υπόλοιπων συσκευών γραφείου στον τρίτο όροφο**

Χώρος	Πλήθος	Είδος μηχανήματος	kWh/μήνα	kWh/έτος
Γραφεία H1.501, H1.502, H1.503	1	Εξωτερικό cd- drive	72	864
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>			<b>72</b>	<b>864</b>

Η ολική κατανάλωση ενέργειας για τις υπόλοιπες συσκευές γραφείου εκτιμάται ότι είναι 1.260 kWh το μήνα και 15.040 kWh το χρόνο.

#### 4.2.4 Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για οικιακές συσκευές

Για τα ψυγεία καθώς και για το μηχάνημα θέρμανσης/ψύξης του νερού προφανώς θεωρείται ότι λειτουργούν και τις 30 μέρες του μήνα, όπως επίσης και τους 12 μήνες το χρόνο. Η εκτιμώμενη ισχύς τους έχει ληφθεί λίγο μικρότερη από την ονομαστική καθώς θεωρείται ότι λειτουργούν 24 ώρες την ημέρα ενώ στην πραγματικότητα η λειτουργία τους σταματάει για κάποιες ώρες, γεγονός που συνεπάγεται ότι οι δύο αυτές συσκευές δε λειτουργούν και τις 24 ώρες με την ονομαστική τους ισχύ.



**Πίνακας 4.2.26 Εκτίμηση της ηλεκτρικής κατανάλωσης για τη λειτουργία των ηλεκτρικών συσκευών στο ισόγειο**

Χώρος	Είδος συσκευής	Ισχύς (W)	Ώρες/ημέρα	kWh/μήνα	kWh/έτος
Γραφείο Η. 201	Ψυγείο (με κατάψυξη 131 λίτρων)	1*90	24	65	778
	Καφετιέρα	1*1.000	1	22	231
	Ηλεκτρικό θερμαντικό σώμα	1*2.500	2	110	220
Γραφείο Η.202 (1)	Φούρνος μικροκυμάτων	1*700	0,3	5	49
	Καφετιέρα	3*1.000	1	66	693
	Ψυγείο (με κατάψυξη 131 λίτρων)	1*90	24	65	778
	Ηλεκτρικό θερμαντικό σώμα	1*2.500	4	220	1.100
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>				<b>552</b>	<b>3.848</b>

**Πίνακας 4.2.27 Εκτίμηση της ηλεκτρικής κατανάλωσης για τη λειτουργία των ηλεκτρικών συσκευών στον πρώτο όροφο**

Χώρος	Είδος συσκευής	Ισχύς (W)	Ώρες/ημέρα	kWh/μήνα	kWh/έτος
Γραφείο 323	Ψυγείο	1*90	24	65	778
Γραμματεία 318	Ανεμιστήρας	1*45	8	8	24
Γραφείο Η1.301	Ανεμιστήρας	1*65	7	10	30
Γραφείο Η1.303	Ψυγείο	1*110	24	79	950
	Ανεμιστήρας	1*60	2	3	8
Γραφείο 326E (α)	Καφετιέρα	1*850	0,1	2	20

Γραφείο Η.301.δ	Καφετιέρα	1*900	0,1	2	21
	Ραδιόφωνο	1*14	4	1	16
Γραφείο Η1.304	Βραστήρας	1*2.200	0,08	4	41
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>				<b>174</b>	<b>1.887</b>

**Πίνακας 4.2.28 Εκτίμηση της ηλεκτρικής κατανάλωσης για τη λειτουργία των ηλεκτρικών συσκευών στο δεύτερο όροφο**

Χώρος	Είδος συσκευής	Ισχύς (W)	Ώρες/ημέρα	kWh/μήνα	kWh/έτος
Γραφείο Η1.402 (417.β)	Ψυγείο	1*110	24	79	950
	Ηλεκτρικό μάτι	1*450	0,1	1	10
	Καφετιέρα	1*925	0,1	2	21
Γραφείο Η1.403	Ψυγείο	1*90	24	65	778
Γραφείο Η.401.γ	Ψυγείο	1*90	24	65	778
	Βραστήρας	1*2.050	0,16	7	76
Γραφείο Η.404	Μηχάνημα ψύξης νερού	1*120	24	86	1.037
	Ψυγείο	1*90	24	65	778
Γραφείο Η.402.δ	Ηλεκτρικό θερμαντικό σώμα	1*2.500	3	165	495
Γραφείο Η.405.γ	Ψυγείο	1*90	24	65	778
	Βραστήρας	1*2.200	0,16	8	81
Γραφείο Η.405.ζ	Ηλεκτρικό θερμαντικό σώμα	1*2.500	4	220	440
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>				<b>828</b>	<b>6.221</b>

**Πίνακας 4.2.29 Εκτίμηση της ηλεκτρικής κατανάλωσης για τη λειτουργία των ηλεκτρικών συσκευών στον τρίτο όροφο**

Χώρος	Είδος συσκευής	Ισχύς (W)	Ώρες/ημέρα	kWh/μήνα	kWh/έτος
Γραφεία H1.501, H1.502, H1.503	Ψυγείο	1*90	24	65	778
	Καφετιέρα	1*900	0,1	2	21
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>				<b>67</b>	<b>799</b>

Η ολική κατανάλωση ενέργειας για τις οικιακές συσκευές εκτιμάται ότι είναι 1.621 kWh το μήνα και 12.755 kWh το χρόνο.

#### 4.2.5 Κατανάλωση Ανελκυστήρα

Για την εύρεση της μέσης ενεργειακής κατανάλωσης του συστήματος του μηχανικού ανελκυστήρα χρησιμοποιήθηκε ο αναλυτής ηλεκτρικής ενέργειας. Έτσι, η μέση ημερήσια ενεργειακή κατανάλωση εκτιμήθηκε ότι είναι 3 kWh για τις καθημερινές μέρες και 2 kWh για το σαββατοκύριακο. Άρα, η εβδομαδιαία κατανάλωση του ανελκυστήρα εκτιμάται ότι θα είναι  $3*5+2*2 = 19$  kWh, ενώ η μηνιαία  $19*4 = 76$  kWh. Θεωρώντας ότι ο ανελκυστήρας χρησιμοποιείται 11 μήνες το χρόνο και όχι 10,5 όπως θεωρήθηκε για τα υπόλοιπα φορτία, καθώς το ασανσέρ χρησιμοποιείται και από το προσωπικό το οποίο κάνει χρήση του κτιρίου σχεδόν όλο το χρόνο, εκτιμάται ότι η ετήσια κατανάλωση του ανελκυστήρα θα είναι  $76*11 = 836$  kWh.

Επειδή στην πτέρυγα Η υπάρχουν τρεις όμοιοι μηχανικοί ανελκυστήρες, η συνολική ετήσια κατανάλωση για τη λειτουργία των ανελκυστήρων εκτιμάται στις  $836*3 = 2.508$  kWh.

#### 4.2.6 Συνολική κατανάλωση ενέργειας

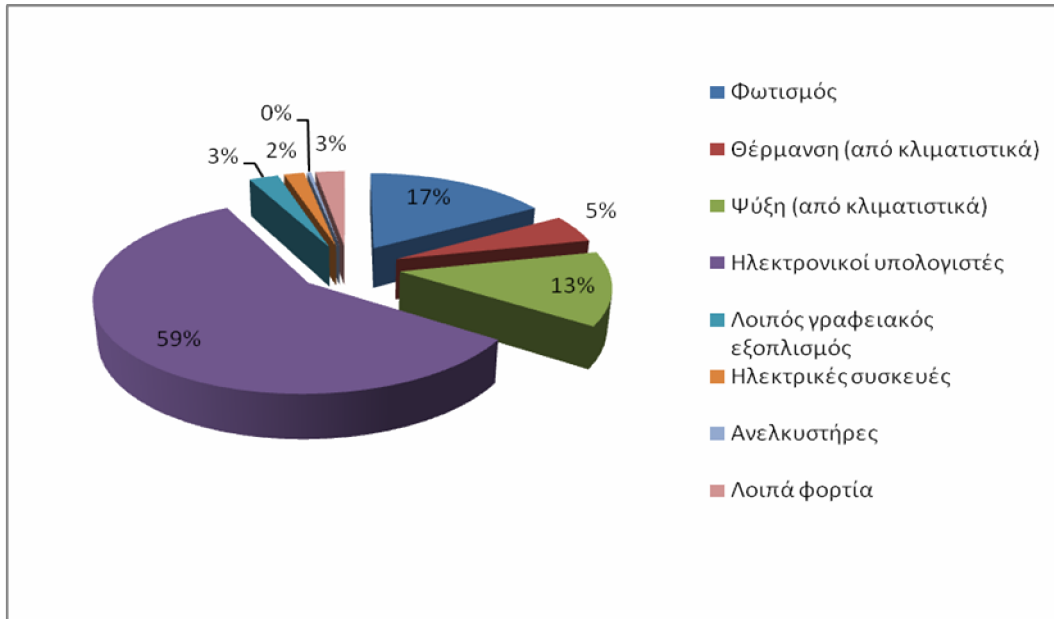
Στον παρακάτω πίνακα αναγράφονται οι εκτιμώμενες καταναλώσεις ηλεκτρικής ενέργειας για κάθε μία από τις κατηγορίες φορτίου, σύμφωνα με τους υπολογισμούς που έγιναν στο προηγούμενο στάδιο.

**Πίνακας 4.2.30 Στοιχεία ηλεκτρικής κατανάλωσης βάσει καταγραφής**

Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για φωτισμό	114.393 kWh
Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για θέρμανση (από κλιματιστικά)	33.745 kWh
Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για ψύξη	88.070 kWh
Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για ηλεκτρονικούς υπολογιστές	400.523 kWh
Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για εκτυπωτές	3.363 kWh
Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για υπόλοιπες συσκευές γραφείου	15.040 kWh
Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για τις ηλεκτρικές συσκευές	12.755 kWh
Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για τους ανελκυστήρες	2.508 kWh
Λοιπές Καταναλώσεις	18.220 kWh
<b>Συνολική Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας</b>	<b>688.617 kWh</b>

Οι «Λοιπές Καταναλώσεις» αφορούν επιμέρους φορτία του κτιρίου (π.χ. εργαστηριακός εξοπλισμός, κλπ) που εντοπίστηκαν κατά τη διάρκεια της καταγραφής, ωστόσο, η συνολική τους κατανάλωση ήταν αισθητά μικρότερη σε σχέση με τα φορτία που παρουσιάστηκαν παραπάνω και δε θεωρήθηκε σκόπιμο να γίνει αναλυτική παρουσίασή τους.

Αυτού του είδους η κατανομή μπορεί να βοηθήσει στην αξιολόγηση των προτάσεων εξοικονόμησης ενέργειας για το κτίριο. Ασφαλώς, για να γίνει ακριβής κατανομή απαιτείται μέτρηση και καταγραφή των κατασκευαστικών και λειτουργικών στοιχείων των ενεργειακών συστημάτων του κτιρίου με τη βοήθεια ειδικού εντύπου. Η κατανομή της ηλεκτρικής ενέργειας, που παρουσιάζεται παρακάτω, είναι προσεγγιστική επειδή δεν υπήρχε η δυνατότητα χρήσης του κατάλληλου μετρητικού εξοπλισμού αλλά ούτε και ο απαιτούμενος χρόνος για μια λεπτομερή καταγραφή.



**Διάγραμμα 4.1 Κατανομή συνολικής κατανάλωσης ενέργειας ανά χρήση**

Σύμφωνα με την παραπάνω κατανομή διαπιστώνεται ότι το μεγαλύτερο μέρος της ηλεκτρικής ενέργειας καταναλώνεται στους ηλεκτρονικούς υπολογιστές που κατέχουν σχεδόν το 59% της συνολικής κατανάλωσης. Αυτό δεν οφείλεται μόνο στη χρήση των συνηθισμένων ηλεκτρονικών υπολογιστών, αλλά και στον αρκετά μεγάλο αριθμό εξυπηρετητών και υπολογιστικών συστημάτων στο κτίριο. Ακολουθεί ο φωτισμός με 17%, ενώ την τρίτη (13%) και την τέταρτη θέση (5%) καταλαμβάνουν τα κλιματιστικά για ψύξη και θέρμανση αντίστοιχα.

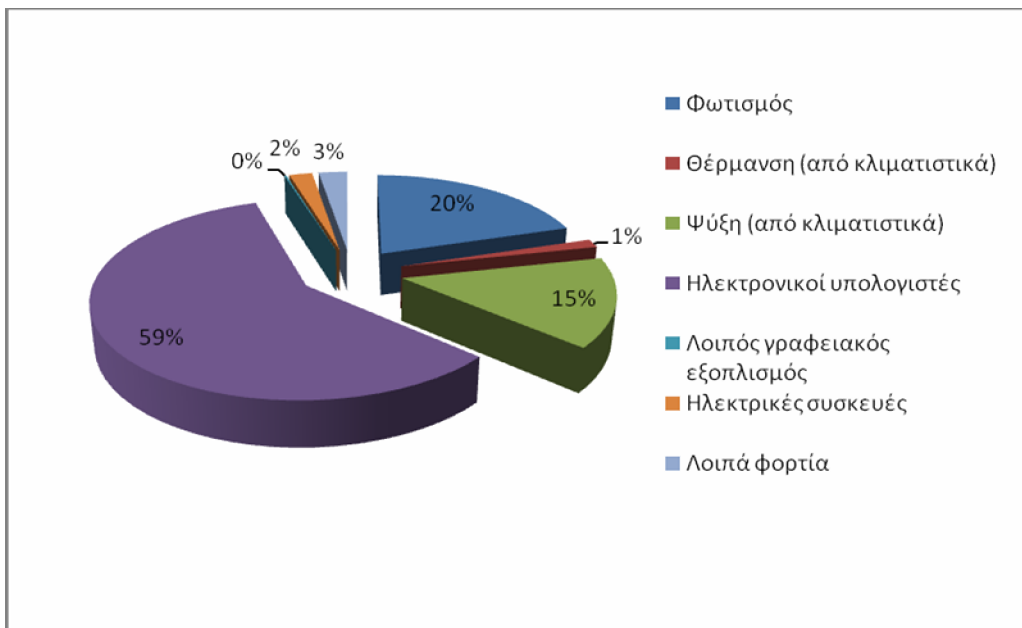
Ωστόσο, αυτές οι χαμηλότερες θέσεις που αντιστοιχούν στον κλιματισμό δεν υποδηλώνουν ότι ο κλιματισμός δεν αποτελεί 'βαρύ' φορτίο. Αντιθέτως, το χαμηλό ποσοστό οφείλεται στο ότι το ποσοστό για κάθε χρήση αναφέρεται σε μερικούς μήνες του χρόνου, οπότε στο σύνολο του χρόνου το ποσοστό φαίνεται μικρότερο. Άλλωστε, από το άθροισμα της κατανάλωσης για ψύξη και θέρμανση προκύπτει ένα ποσοστό της τάξεως του 18% που κατατάσσει τον κλιματισμό στη δεύτερη θέση.

Φυσικά, όπως ήταν αναμενόμενο η κατανάλωση για ψύξη είναι μεγαλύτερη από την κατανάλωση για θέρμανση, παρόλο που οι θερινοί μήνες που θεωρήθηκε ότι κατά μέσο όρο χρησιμοποιούνται τα κλιματιστικά (3 μήνες) είναι λιγότεροι από τους χειμερινούς (5 μήνες) κατά τη διάρκεια των οποίων οι ανεξάρτητες κλιματιστικές μονάδες χρησιμοποιούνται για θέρμανση. Αυτό είναι απολύτως φυσιολογικό καθώς στο κτίριο το μεγαλύτερο ποσοστό των απαιτήσεων για θέρμανση καλύπτεται από την κεντρική θέρμανση (η οποία δεν υπήρχε δυνατότητα να υπολογιστεί όπως επισημάνθηκε και παραπάνω), ενώ δεν ισχύει το ίδιο για την ψύξη αφού δεν υπάρχει κεντρικός κλιματισμός.

Ένα άλλο συμπέρασμα που εξάγεται γενικότερα από την καταγραφή είναι ότι δεν υπάρχει εργαστηριακός εξοπλισμός στο κτίριο. Αυτό εξηγείται από το γεγονός ότι

στο εξεταζόμενο τμήμα κτιρίου δεν υπάρχουν σχεδόν καθόλου εργαστήρια με εξαίρεση το ‘Υπολογιστικό κέντρο ΕΠΥ/PC lab’ και το ‘Υπολογιστικό κέντρο Η1.505’ των οποίων τα φορτία εντάχθηκαν στην κατηγορία των ηλεκτρονικών υπολογιστών λόγω της φύσεως του εξοπλισμού τους (ένας επιπλέον λόγος που εξηγεί το μεγάλο ποσοστό που αντιστοιχεί στην κατανάλωση των ηλεκτρονικών υπολογιστών), αλλά και το ‘Ημιβιομηχανικό εργαστήριο’ του οποίου ωστόσο η κατανάλωση δεν υπολογίστηκε για λόγους που έχουν αναφερθεί στην αρχή του κεφαλαίου.

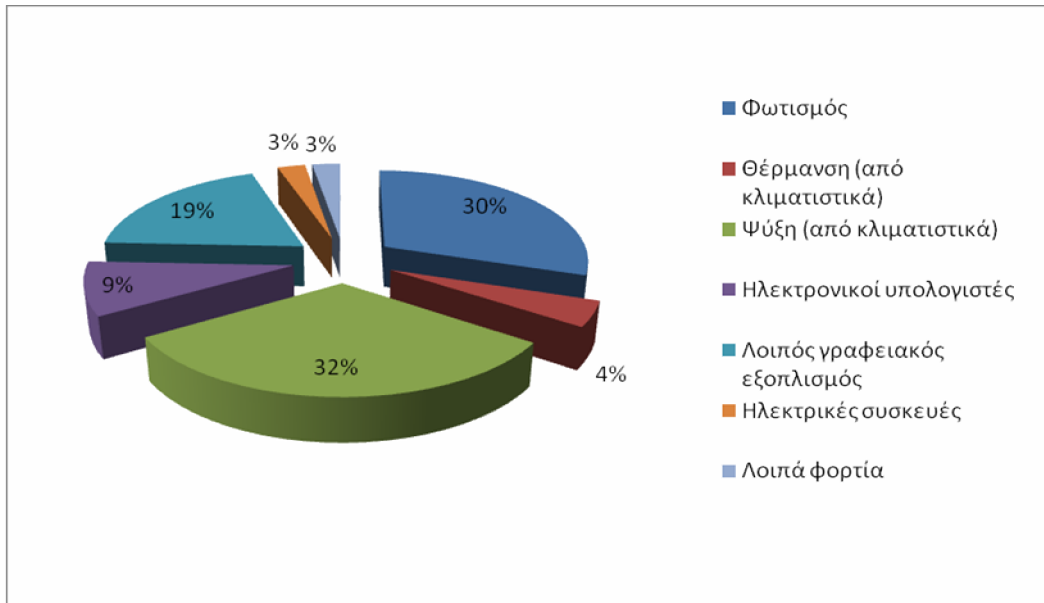
Ακολουθούν τα διαγράμματα για την κατανομή της κατανάλωσης ενέργειας σε κάθε όροφο.



**Διάγραμμα 4.2 Κατανομή κατανάλωσης ενέργειας ανά χρήση στο ισόγειο**

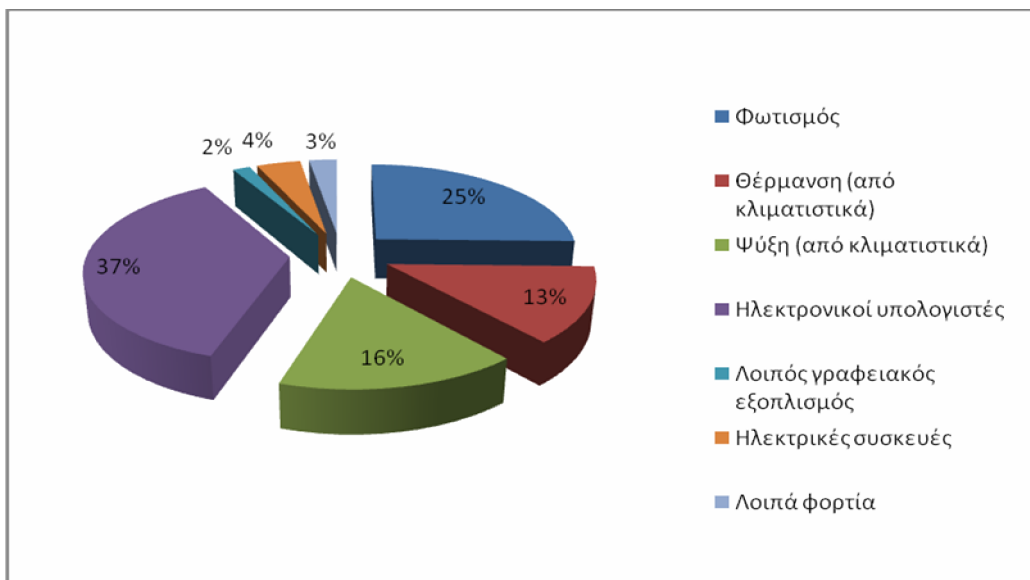
Στο ισόγειο ένα πολύ μεγάλο μέρος της κατανάλωσης αποδίδεται στους υπολογιστές γεγονός λογικό λόγω των clusters υπολογιστών που υπάρχουν σε ένα χώρο.





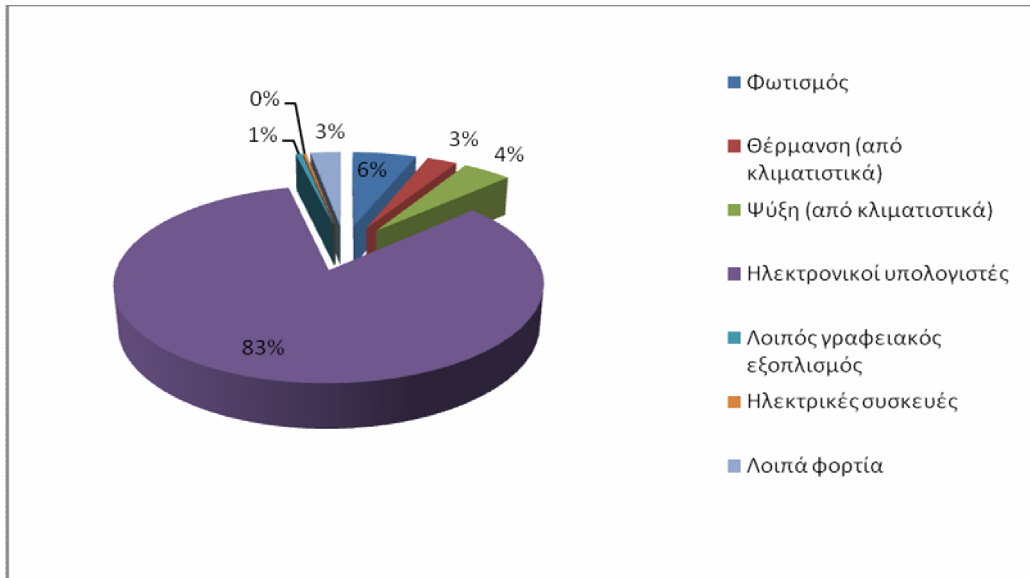
**Διάγραμμα 4.3 Κατανομή κατανάλωσης ενέργειας ανά χρήση στον πρώτο όροφο**

Στον πρώτο όροφο παρατηρείται μια αρκετά μεγάλη ανακατάταξη αφού οι υπολογιστές βρίσκονται στην τέταρτη θέση με πολύ μικρότερη κατανάλωση της ψύξης αλλά και του φωτισμού. Αυτό οφείλεται αφενός στο ότι στον όροφο αυτό υπάρχουν μόνο συνηθισμένοι υπολογιστές και όχι εξυπηρετητές ή υπολογιστικά συστήματα που ευθύνονται άλλωστε για την ιδιαίτερα μεγάλη κατανάλωση της κατηγορίας των ηλεκτρονικών υπολογιστών και αφετέρου στο ότι το ποσοστό του κλιματισμού είναι αυξημένο λόγω των πολλών κλιματιστικών σωμάτων που υπάρχουν εξαιτίας μεγάλης επιφάνειας του ορόφου. Στην ίδια αιτία αποδίδεται και το υψηλό ποσοστό του φωτισμού και του λοιπού γραφειακού εξοπλισμού.



**Διάγραμμα 4.4 Κατανομή κατανάλωσης ενέργειας ανά χρήση στο δεύτερο όροφο**

Αυτό που παρατηρείται στο δεύτερο όροφο ως διαφορά με τους υπόλοιπους ορόφους είναι μια ισορροπημένη χρήση ηλεκτρονικών υπολογιστών και μια αυξημένη χρήση των κλιματιστικών για θέρμανση, το οποίο είναι πιθανό να οφείλεται στη μειωμένη απόδοση κάποιων fan coils ή ακόμα και στο ότι ορισμένα εξ αυτών έχουν τεθεί εκτός λειτουργίας λόγω βλάβης, αναγκάζοντας τους χρήστες των χώρων να καταφεύγουν σε αυξημένη χρήση των ανεξάρτητων κλιματιστικών σωμάτων.



#### Διάγραμμα 4.5 Κατανομή κατανάλωσης ενέργειας ανά χρήση στον τρίτο όροφο

Το μόνο αξιοσημείωτο στο τελευταίο διάγραμμα είναι ότι οι υπολογιστές αντιστοιχούν σε ένα ποσοστό αρκετά πάνω από 80% λόγω του πολύ μεγάλου αριθμού εξυπηρετητών και υπολογιστικών συστημάτων. Το γεγονός μάλιστα ότι ο όροφος αυτός είναι περιορισμένης έκτασης μειώνει την κατανάλωση των υπόλοιπων φορτίων συγκριτικά με τη συγκεκριμένη κατηγορία.

Ακολουθούν πίνακες με την καταναλισκόμενη ενέργεια ανά χρήση και το κόστος της για κάθε όροφο και για το σύνολο του κτιρίου. Το κόστος βρέθηκε πολλαπλασιάζοντας την κατανάλωση με 0,09412 €/kWh, συντελεστής που βρέθηκε από το αρχείο με τις τιμές πωλήσεως ηλεκτρικής ενέργειας υπό μέση τάση σύμφωνα με τη ΔΕΗ (η χρεωστέα ζήτηση δεν έχει ληφθεί υπόψη). Το κτίριο που μελετάται ανήκει στην κατηγορία ‘Τιμολόγιο B2 γενικής χρήσης’.

**Πίνακας 4.2.31 Ηλεκτρικές καταναλώσεις και κόστος ανά χρήση στο ισόγειο**

Χρήση	Ηλεκτρική ενέργεια (kWh)	Κόστος (€)
Φωτισμός	37.481	3.528
Θέρμανση (από κλιματιστικά)	2.570	242
Ψύξη	27.571	2.595
Ηλεκτρονικοί υπολογιστές	109.186	10.277
Λοιπός γραφειακός εξοπλισμός	307	29
Ηλεκτρικές συσκευές	3.848	362
Λοιπά φορτία	4.788	451
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>185.751</b>	<b>17.483</b>

**Πίνακας 4.2.32 Ηλεκτρικές καταναλώσεις και κόστος ανά χρήση στον πρώτο όροφο**

Χρήση	Ηλεκτρική ενέργεια (kWh)	Κόστος (€)
Φωτισμός	22.147	2.084
Θέρμανση (από κλιματιστικά)	3.253	306
Ψύξη	23.431	2.205
Ηλεκτρονικοί υπολογιστές	6.861	646
Λοιπός γραφειακός εξοπλισμός	14.097	1.327
Ηλεκτρικές συσκευές	1.887	178
Λοιπά φορτία	1.896	178
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>73.572</b>	<b>6.925</b>

**Πίνακας 4.2.33 Ηλεκτρικές καταναλώσεις και κόστος ανά χρήση στο δεύτερο όροφο**

Χρήση	Ηλεκτρική ενέργεια (kWh)	Κόστος (€)
Φωτισμός	38.710	3.643
Θέρμανση (από κλιματιστικά)	20.333	1.914

Ψύξη	24.799	2.334
Ηλεκτρονικοί υπολογιστές	56.293	5.298
Λοιπός γραφειακός εξοπλισμός	2.460	232
Ηλεκτρικές συσκευές	6.221	586
Λοιπά φορτία	3.937	371
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>152.753</b>	<b>14.377</b>

**Πίνακας 4.2.34 Ηλεκτρικές καταναλώσεις και κόστος ανά χρήση στον τρίτο όροφο**

Χρήση	Ηλεκτρική ενέργεια (kWh)	Κόστος (€)
Φωτισμός	16.055	1.511
Θέρμανση (από κλιματιστικά)	7.589	714
Ψύξη	12.269	1.155
Ηλεκτρονικοί υπολογιστές	228.184	21.477
Λοιπός γραφειακός εξοπλισμός	1.539	145
Ηλεκτρικές συσκευές	799	75
Λοιπά φορτία	7.599	715
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>274.034</b>	<b>25.792</b>

**Πίνακας 4.2.35 Ηλεκτρικές καταναλώσεις και κόστος ανά χρήση για το σύνολο του κτιρίου**

Χρήση	Ηλεκτρική ενέργεια (kWh)	Κόστος (€)
Φωτισμός	114.393	10.767
Θέρμανση (από κλιματιστικά)	33.745	3.176
Ψύξη	88.070	8.289
Ηλεκτρονικοί υπολογιστές	400.523	37.697
Εκτυπωτές	3.363	317
Υπόλοιπες συσκευές γραφείου	15.040	1.416

Ηλεκτρικές συσκευές	12.755	1.201
Ανελκυστήρες	2.508	236
Λοιπά φορτία	18.220	1.715
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>688.617</b>	<b>64.813</b>

#### 4.2.7 Δείκτης ηλεκτρικής κατανάλωσης

Ο δείκτης ηλεκτρικής κατανάλωσης προκύπτει από το πηλίκο της συνολικής ηλεκτρικής κατανάλωσης προς τη συνολική επιφάνεια του υπό μελέτη χώρου. Άρα, θα ισούται με:

$$\text{Δείκτης ηλεκτρικής κατανάλωσης} = \frac{\text{Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας}}{\text{Συνολική επιφάνεια}} \Rightarrow$$

$$\text{Δείκτης ηλεκτρικής κατανάλωσης} = \frac{688.617 \text{ kWh}}{2.857 \text{ m}^2} \approx 241 \text{ kWh / m}^2$$

### 4.3 Μελέτη συντελεστών θερμοπερατότητας

#### 4.3.1 Εισαγωγή-Μεθοδολογία

Η μελέτη της θερμομόνωσης κτιρίου γίνεται σύμφωνα με τον κανονισμό θερμικών μονώσεων. Τα βασικά φυσικά μεγέθη που συναντώνται στις μελέτες θερμομόνωσης είναι τα εξής:

- **Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας ( $\lambda$ ):** Είναι η ποσότητα θερμότητας που περνά στη μονάδα του χρόνου μέσα από τις απέναντι πλευρές ενός κύβου πλευράς 1m από ομογενές υλικό, όταν η διαφορά θερμοκρασίας των επιφανειών αυτών διατηρείται σταθερή στον 1°C. Η μονάδα μέτρησής του είναι W/mK.
- **Συντελεστής θερμοδιαφυγής ( $\Lambda$ ):** Είναι η ποσότητα θερμότητας που περνά στη μονάδα του χρόνου από επιφάνεια 1m<sup>2</sup> ενός δομικού στοιχείου πάχους d, όταν η διαφορά θερμοκρασίας των απέναντι πλευρών του διατηρείται σταθερή στον 1°C. Μονάδα μέτρησης: W/m<sup>2</sup>K. Το αντίστροφο μέγεθος (1/ $\Lambda$ ), εκφράζει την αντίσταση θερμοδιαφυγής.
- **Συντελεστής θερμικής μετάβασης ή επιφανειακής αγωγιμότητας του αέρα ( $\alpha$ ):** Είναι η ποσότητα θερμότητας που μεταβιβάζεται στη μονάδα του χρόνου από την επιφάνεια 1m<sup>2</sup> ενός δομικού στοιχείου στον αέρα (ή

αντίστροφα) που ακίνητος εφάπτεται επάνω του, όταν η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ στοιχείου-αέρα διατηρείται σταθερή στον 1°C. Μονάδα μέτρησης: W/m<sup>2</sup>K. Το αντίστροφο μέγεθος (1/a), εκφράζει την αντίσταση θερμικής μετάβασης.

- **Συντελεστής θερμοπερατότητας (k):** Είναι η ποσότητα θερμότητας που περνά στη μονάδα του χρόνου μέσα από 1m<sup>2</sup> ενός δομικού στοιχείου πάχους d, όταν η διαφορά θερμοκρασίας του ακίνητου αέρα που εφάπτεται στις δύο πλευρές του διατηρείται σταθερή στον 1°C. Μονάδα μέτρησης: W/m<sup>2</sup>K. Το αντίστροφο μέγεθος (1/K), εκφράζει την αντίσταση θερμοπερατότητας.

Ο ισχύων κανονισμός θερμομόνωσης κτιρίων προβλέπει τρία βήματα υπολογισμών των θερμομονωτικών χαρακτηριστικών των στοιχείων του κελύφους τους και αντίστοιχων ελέγχων. Παρακάτω παρατίθεται η μεθοδολογία υπολογισμού της θερμομόνωσης κτιρίου.

Αρχικά υπολογίζεται και ελέγχεται ως προς τη μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή,  $k_{max}$ , ο συντελεστής θερμοπερατότητας k, κάθε διαφορετικού δομικού στοιχείου του κελύφους του κτιρίου. Τα χαρακτηριστικά που προσδιορίζουν τις θερμομονωτικές ιδιότητες των δομικών στοιχείων είναι:

- Τα υλικά από τα οποία αποτελείται
- Τα πάχη των διαδοχικών στρώσεων
- Ο προσανατολισμός του (οριζόντιος ή κατακόρυφος)
- Το μέσο στο οποίο βρίσκεται σε επαφή (περιβάλλον, έδαφος, στεγασμένος χώρος, κλπ)

Κατά αυτόν τον τρόπο, για κάθε δομικό στοιχείο υπολογίζεται σε πρώτη φάση ο συντελεστής θερμικής αντίστασης. Αυτός υπολογίζεται ως εξής. Καταγράφεται αρχικά το υλικό που χρησιμοποιήθηκε σε κάθε δομικό στοιχείο, καθώς και το πάχος στρώσεώς του d. Επιπλέον για το συγκεκριμένο υλικό καταγράφεται και ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας λ, που προέρχεται από σχετικούς πίνακες της Τεχνικής οδηγίας του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας για τις θερμοφυσικές ιδιότητες των δομικών υλικών και τον έλεγχο της θερμομονωτικής επάρκειας των κτιρίων. Το πηλίκο d/λ δίνει το συντελεστή θερμικής αντίστασης.

Στη συνέχεια, υπολογίζεται η αντίσταση θερμοδιαφυγής του στοιχείου (1/Λ) ως άθροισμα των επιμέρους θερμικών αντιστάσεων. Στην αντίσταση θερμοδιαφυγής προστίθενται οι δύο συντελεστές θερμικής μετάβασης, 1/a<sub>i</sub>(εσωτ) και 1/a<sub>e</sub>(εξωτ), και έτσι υπολογίζεται η αντίσταση θερμοπερατότητας του στοιχείου, 1/k. Από τον αντίσταση θερμοπερατότητας, με αντιστροφή, υπολογίζεται ο συντελεστής θερμοπερατότητας του στοιχείου, k. Η τιμή που προκύπτει ελέγχεται κάθε φορά με την μέγιστη επιτρεπτή  $k_{max}$ . Θα πρέπει  $k \leq k_{max}$ .



Στο δεύτερο βήμα, καταγράφονται τα δομικά στοιχεία που συναποτελούν το κατακόρυφο κέλυφος του κάθε ορόφου. Για καθένα από τα στοιχεία αυτά μεταφέρεται ο συντελεστής θερμοπερατότητάς του, που είχε υπολογιστεί στο πρώτο στάδιο και υπολογίζεται η επιφάνεια που το στοιχείο αυτό καταλαμβάνει στο κατακόρυφο κέλυφος του συγκεκριμένου ορόφου. Τα ίδια επαναλαμβάνονται και για τα κουφώματα που συναντώνται στο κέλυφος του συγκεκριμένου ορόφου, με τη βοήθεια του πίνακα που περιέχει τους αντίστοιχους συντελεστές  $k$  για κάθε τύπο υαλοπίνακα.

Αφού εν συνεχεία υπολογιστούν τα γινόμενα των συντελεστών θερμοπερατότητας  $k$  επί την επιφάνεια  $F$ , που καταλαμβάνει το κάθε δομικό στοιχείο στο κέλυφος του συγκεκριμένου ορόφου, αυτά προστίθενται και το άθροισμα των γινομένων μεταφέρεται ως παρονομαστής, σε κλάσμα, με αριθμητή τη συνολική επιφάνεια του κατακόρυφου κελύφους του ορόφου.

Το αποτέλεσμα της διαίρεσης, ως μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας του ορόφου, θα πρέπει να είναι μικρότερο ή ίσο από την τιμή  $1,86 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

Το τελικό στάδιο περιλαμβάνει τον υπολογισμό της συνολικής θερμομονωτικής ικανότητας του κελύφους του κτιρίου και τελικό έλεγχο της έναντι της αντίστοιχης μέγιστης επιτρεπόμενης  $k_{m,max}$ . Σε αυτό το στάδιο μεταφέρονται όλα τα αθροίσματα των γινομένων  $k \cdot F$  (του συντελεστή  $k$  κάθε δομικού στοιχείου επί την επιφάνεια  $F$  που αυτά καταλαμβάνει), όπως αυτά υπολογίστηκαν προηγουμένως. Στο στάδιο αυτό υπολογίζεται επίσης το ίδιο γινόμενο  $k \cdot F$  και για τα οριζόντια στοιχεία του κελύφους (στέγες, δάπεδα πάνω από το έδαφος). Αθροίζεται το σύνολο των γινομένων  $k \cdot F$  τόσο για τα κατακόρυφα όσο και για τα οριζόντια στοιχεία του κελύφους του κτιρίου και το αποτέλεσμα διαιρείται με τη συνολική επιφάνεια του κελύφους. Το αποτέλεσμα αυτής της διαίρεσης αντιπροσωπεύει το μέσο συντελεστή θερμοπερατότητας,  $k_m$ , του εξεταζόμενου κτιρίου.

Τέλος, υπολογίζεται το πηλίκο της συνολικής επιφάνειας του κελύφους προς τον συνολικό περιεχόμενο όγκο του εξεταζόμενου κτιρίου. Με βάση το αποτέλεσμα της διαίρεσης προσδιορίζεται από τον αντίστοιχο πίνακα η τιμή του μέγιστου αποδεκτού σύμφωνα με τον κανονισμό μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας του κελύφους του κτιρίου,  $k_{m,max}$ . Θα πρέπει να ισχύει  $k_m \leq k_{m,max}$ .

#### 4.3.2 Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας κτιρίου

Σε πρώτη φάση υπολογίστηκαν οι συντελεστές θερμοπερατότητας  $k$ , για κάθε δομικό στοιχείο του κτιρίου που μελετήθηκε, σύμφωνα με την ανάλυση που προηγήθηκε. Τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή του κελύφους του κτιρίου προέκυψαν μετά από συνεννόηση με την Πολυδύναμη Μονάδα του κτιρίου.

Ο πίνακας που ακολουθεί, υποδεικνύει τις αντιστάσεις θερμικής μετάβασης για κάθε δομικό στοιχείο και αποτελεί αναφορά σε όλη την διαδικασία.

**Πίνακας 4.3.1 Αντιστάσεις Θερμικής Μετάβασης ( $m^2K/W$ )**

Αντιστάσεις Θερμικής Μετάβασης $m^2K/W$		$1/a_i$ (εσωτερ.)	$1/a_e$ (εξωτερ.)
Δομικό στοιχείο	Εξωτερικοί τοίχοι και παράθυρα	0,12	0,04
	Οριζόντιες επιφάνειες και οροφές που χωρίζουν θερμαινόμενο χώρο από τον ελεύθερο αέρα	0,12	0,04
	Δάπεδο σε επαφή με το έδαφος	0,17	0,00

**4.3.2.1 Εξωτερικοί τοίχοι από σκυρόδεμα B160 και διάτρητους οπτόπλινθους**

Αρχικά υπολογίζεται η αντίσταση θερμοδιαφυγής ( $1/\Lambda$ ) κάθε δομικού στοιχείου. Ο επόμενος πίνακας παρουσιάζει συγκεντρωτικά τα αποτελέσματα για κάθε θερμική αντίσταση  $d/\lambda$ , σε  $m^2K/W$ .

**Πίνακας 4.3.2 Θερμικές Αντιστάσεις  $d/\lambda$  σε  $m^2K/W$** 

Στρώσεις Δομικού Στοιχείου	Πάχος στρώσεως $d$ σε m	Συντελεστής Θερμικής Αγωγιμότητας $\lambda$ σε $W/mK$	Θερμική Αντίσταση $d/\lambda$ σε $m^2K/W$
Σκυρόδεμα με συλλεκτά ή θραυστά αδρανή κλειστής δομής B160	0,30	2,03	0,15
Οπτοπλινθοδομή	0,20	0,45	0,44
Εσωτερικό τριπτό επίχρισμα	0,02	0,87	0,02
Ανεπίχριστο σκυρόδεμα	0,02	2,03	0,01

Σύμφωνα με το θεωρητικό μέρος, η αντίσταση θερμοδιαφυγής  $1/\Lambda$  προκύπτει ως το άθροισμα των επιμέρους θερμικών αντιστάσεων  $d/\lambda$ . Κατά συνέπεια από τον Πίνακα 4.3.2 και για το συγκεκριμένο δομικό στοιχείο, η αντίσταση θερμοδιαφυγής

προκύπτει  $0,63 \text{ (m}^2\text{K/W)}$ . Από τα παραπάνω στοιχεία (Πίνακες 4.3.1 και 4.3.2), προκύπτει ο ακόλουθος συγκεντρωτικός πίνακας.

**Πίνακας 4.3.3 Αντιστάσεις Θερμικής Μετάβασης (εσωτερικά και εξωτερικά) και Αντίσταση Θερμοδιαφυγής**

Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εσωτερικά)	$1/\alpha_i$	$\text{m}^2\text{K/W}$	0,12
Αντίσταση θερμοδιαφυγής	$1/\Lambda$	$\text{m}^2\text{K/W}$	0,63
Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εξωτερικά)	$1/\alpha_a$	$\text{m}^2\text{K/W}$	0,04

Με βάση τον Πίνακα 4.3.3, η αντίσταση θερμοπερατότητας ( $1/k$ ) προκύπτει ως το άθροισμα των αντιστάσεων θερμικής μετάβασης και της αντίστασης θερμοδιαφυγής και αντιστοιχεί σε  $0,79 \text{ m}^2\text{K/W}$ . Το αντίστροφο μέγεθος εκφράζει το συντελεστή θερμοπερατότητας ( $k$ ) και αυτός προκύπτει ίσος με  $1,27 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Σημειώνεται πως σύμφωνα με τον Πίνακα 1 του Κεφαλαίου 3 του ΚΕΝΑΚ, ο μέγιστος επιτρεπτός συντελεστής θερμοπερατότητας για την εξωτερική τοιχοποιία ενός κτιρίου που ανήκει στην Β κλιματική ζώνη, αντιστοιχεί σε  $0,6 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

#### 4.3.2.2 Εξωτερικοί τοίχοι από σκυρόδεμα B160, διάτρητους οπτόπλινθους και πέτασμα ναλότουβλο

**Πίνακας 4.3.4 Θερμικές Αντιστάσεις d/λ σε  $\text{m}^2\text{K/W}$**

Στρώσεις Δομικού Στοιχείου	Πάχος στρώσεως d σε m	Συντελεστής Θερμικής Αγωγιμότητας λ σε $\text{W/mK}$	Θερμική Αντίσταση d/λ σε $\text{m}^2\text{K/W}$
Σκυρόδεμα με συλλεκτά ή θραυστά αδρανή κλειστής δομής B160	0,30	2,03	0,15
Οπτοπλινθοδομή	0,20	0,45	0,44
Πέτασμα ναλότουβλο	0,20	1,4	0,14
Εσωτερικό τριπτό επίχρισμα	0,02	0,87	0,02

Ανεπίχριστο σκυρόδεμα	0,02	0,87	0,02
--------------------------	------	------	------

Για το συγκεκριμένο δομικό στοιχείο και σύμφωνα με την προηγούμενη διαδικασία, η αντίσταση θερμοδιαφυγής προκύπτει ίση με  $0,78 \text{ m}^2\text{K/W}$ .

Ακολουθεί πίνακας που υποδεικνύει τα δεδομένα της αντίστασης θερμοδιαφυγής και των αντιστάσεων θερμικής μετάβασης (εσωτερικής και εξωτερικής).

**Πίνακας 4.3.5 Αντιστάσεις Θερμικής Μετάβασης (εσωτερικά και εξωτερικά) και Αντίσταση Θερμοδιαφυγής**

Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εσωτερικά)	$1/\alpha_i$	$\text{m}^2\text{K/W}$	0,12
Αντίσταση θερμοδιαφυγής	$1/\Lambda$	$\text{m}^2\text{K/W}$	0,78
Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εξωτερικά)	$1/\alpha_a$	$\text{m}^2\text{K/W}$	0,04

Με χρήση του Πίνακα 4.3.5, η αντίσταση θερμοπερατότητας ( $1/k$ ) προκύπτει ως το άθροισμα των αντιστάσεων θερμικής μετάβασης και της αντίστασης θερμοδιαφυγής και αντιστοιχεί σε  $0,94 \text{ m}^2\text{K/W}$ . Το αντίστροφο μέγεθος εκφράζει το συντελεστή θερμοπερατότητας ( $k$ ) και αυτός προκύπτει ίσος με  $1,06 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

#### 4.3.2.3 Δάπεδα σε επαφή με το έδαφος

Οι θερμικές αντιστάσεις  $d/\lambda$  παρατίθενται στον ακόλουθο πίνακα.

**Πίνακας 4.3.6 Αντιστάσεις Θερμικής Μετάβασης ( $\text{m}^2\text{K/W}$ )**

Στρώσεις Δομικού Στοιχείου	Πάχος στρώσεως $d$ σε $\text{m}$	Συντελεστής Θερμικής Αγωγιμότητας $\lambda$ σε $\text{W/mK}$	Θερμική Αντίσταση $d/\lambda$ σε $\text{m}^2\text{K/W}$
Σκυρόδεμα με συλλεκτά ή θραυστά αδρανή κλειστής δομής B160	0,15	2,03	0,07
Κεραμικά πλακίδια δαπέδου	0,03	1,84	0,02
Μαρμάρινη επένδυση κλιμάκων	0,03	3,5	0,01

Η αντίσταση θερμοδιαφυγής για το συγκεκριμένο δομικό στοιχείο προκύπτει ίση με  $0,1 \text{ m}^2\text{K/W}$ . Οι αντιστάσεις θερμικής μετάβασης παρουσιάζονται αναλυτικά στον πίνακα που ακολουθεί.

**Πίνακας 4.3.7 Αντιστάσεις Θερμικής Μετάβασης (εσωτερικά και εξωτερικά) και Αντίσταση Θερμοδιαφυγής**

Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εσωτερικά)	$1/a_i$	$\text{m}^2\text{K/W}$	0,17
Αντίσταση θερμοδιαφυγής	$1/\Lambda$	$\text{m}^2\text{K/W}$	0,1
Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εξωτερικά)	$1/a_a$	$\text{m}^2\text{K/W}$	0,00

Η αντίσταση θερμοπερατότητας προέκυψε ίση με  $0,27 \text{ m}^2\text{K/W}$ , και επομένως ο συντελεστής θερμοπερατότητας αντιστοιχεί σε  $3,7 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Ο μέγιστος επιτρεπτός συντελεστής θερμοπερατότητας ισούται με  $1,5 \text{ W/m}^2\text{K}$  σύμφωνα με τον Πίνακα 3 του KENAK.

#### 4.3.2.4 Οριζόντιες επιφάνειες και οροφές που χωρίζουν θερμαινόμενο χώρο από τον ελεύθερο αέρα

Τέλος, υπολογίστηκε ο συντελεστής θερμοπερατότητας της οροφής του κτιρίου.

**Πίνακας 4.3.8 Αντιστάσεις Θερμικής Μετάβασης ( $\text{m}^2\text{K/W}$ )**

Στρώσεις Δομικού Στοιχείου	Πάχος στρώσεως d σε m	Συντελεστής Θερμικής Αγωγιμότητας λ σε W/Mk	Θερμική Αντίσταση d/λ σε $\text{m}^2\text{K/W}$
Ανεπίχριστο σκυρόδεμα	0,15	2,03	0,07

Η αντίσταση θερμοδιαφυγής προκύπτει ίση με  $0,07 \text{ m}^2\text{K/W}$ , με τις επιμέρους θερμικές αντιστάσεις να δίδονται στον ακόλουθο πίνακα.

**Πίνακας 4.3.9 Αντιστάσεις Θερμικής Μετάβασης (εσωτερικά και εξωτερικά) και Αντίσταση Θερμοδιαφυγής**

Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εσωτερικά)	$1/\alpha_i$	$m^2K/W$	0,12
Αντίσταση θερμοδιαφυγής	$1/\Lambda$	$m^2K/W$	0,07
Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εξωτερικά)	$1/\alpha_a$	$m^2K/W$	0,04

Η αντίσταση θερμοπερατότητας της οροφής προέκυψε ίση με  $0,23 m^2K/W$ , και επομένως ο συντελεστής θερμοπερατότητας αντιστοιχεί σε  $4,35 W/m^2K$ . Σύμφωνα με τον Πίνακα 2 του ΚΕΝΑΚ, η μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή του συντελεστή είναι  $0,5 W/m^2K$ .

#### 4.3.3 Υπολογισμός θερμομόνωσης ορόφου

Σύμφωνα με την μεθοδολογία που περιγράφεται στον κανονισμό, ακολουθεί η μελέτη κάθε ορόφου ξεχωριστά. Σε κάθε δομικό στοιχείο του ορόφου προστίθενται και οι συντελεστές θερμοπερατότητας θυρών και παραθύρων που εντοπίζονται στον ακόλουθο πίνακα.

**Πίνακας 4.3.10 Συντελεστές θερμοπερατότητας θυρών και παραθύρων**

α/α	Τύπος δομικού στοιχείου	Συντελεστής θερμοπερατότητας ( $W/m^2K$ )
1	Απλός υαλοπίνακας	5,81
2	Διπλός υαλοπίνακας με απόσταση $2cm \leq s \leq 4cm$	3,02
3	Μεταλλικό Κούφωμα	5,81
4	Εξωτερικές πόρτες από μέταλλο	6,00



Κατά συνέπεια για το ισόγειο, ο συντελεστής θερμοπερατότητας προκύπτει ως ακολούθως:

**Πίνακας 4.3.11 Ισόγειο 385 m<sup>2</sup>**

α/α	Δομικό Στοιχείο	Επιφάνεια F σε m <sup>2</sup>	Συντελεστής θερμοπερατό- τητας k σε W/m <sup>2</sup> K	k*F
1	Εξωτερικοί τοίχοι από σκυρόδεμα Β160 και διάτρητους οπτόπλινθους	230	1,27	292
2	Εξωτερικοί τοίχοι από σκυρόδεμα Β160, διάτρητους οπτόπλινθους και πέτασμα υαλότουβλο	26	1,06	27
3	Απλός υαλοπίνακας	73	5,81	427
4	Διπλός υαλοπίνακας με απόσταση 2cm≤s≤4cm	30	3,02	91
5	Κούφωμα με φύλλα αλουμινίου	23	5,81	135
6	Εξωτερική πόρτα από μέταλλο	6	6,00	36
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>		<b>389</b>		<b>1.008</b>

Τελικά για το ισόγειο προκύπτει συντελεστής θερμοπερατότητας  $k_m (W,F) = 1.008/389 = 2,59 \text{ W/m}^2\text{K}$ , τιμή που υπερβαίνει τα επιτρεπτά όρια αφού είναι μεγαλύτερη από  $1,86 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

Ακολούθως για τους υπόλοιπους ορόφους προκύπτουν τα εξής.

**Πίνακας 4.3.12 1<sup>ος</sup> όροφος 904 m<sup>2</sup>**

<b>α/α</b>	<b>Δομικό Στοιχείο</b>	<b>Επιφάνεια F σε m<sup>2</sup></b>	<b>Συντελεστής θερμοπερατό τητας k σε W/m<sup>2</sup>K</b>	<b>k*F</b>
<b>1</b>	Εξωτερικοί τοίχοι από σκυρόδεμα B160 και διάτρητους οπτόπλινθους	327	1,27	415
<b>2</b>	Απλός υαλοπίνακας	104	5,81	604
<b>3</b>	Διπλός υαλοπίνακας με απόσταση 2cm≤s≤4cm	72	3,02	217
<b>4</b>	Κούφωμα με φύλλα αλουμινίου	41	5,81	238
<b>5</b>	Εξωτερική πόρτα από μέταλλο	12	6,00	72
<b>ΣΥΝΟ ΛΟ</b>		<b>556</b>		<b>1.547</b>

Για τον πρώτο όροφο προκύπτει συντελεστής θερμοπερατότητας  $k_m (W,F) = 1.547/556 = 2,78 \text{ W/m}^2\text{K}$ , τιμή που υπερβαίνει τα επιτρεπτά όρια αφού είναι μεγαλύτερη από  $1,86 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

**Πίνακας 4.3.13 2<sup>ος</sup> όροφος 1.046 m<sup>2</sup>**

<b>α/α</b>	<b>Δομικό Στοιχείο</b>	<b>Επιφάνεια F σε m<sup>2</sup></b>	<b>Συντελεστής θερμοπερατότητας k σε W/m<sup>2</sup>K</b>	<b>k*F</b>
<b>1</b>	Εξωτερικοί τοίχοι από σκυρόδεμα B160 και διάτρητους οπτόπλινθους	424	1,27	540
<b>2</b>	Απλός υαλοπίνακας	172	5,81	1.000
<b>3</b>	Κούφωμα με φύλλα	21	5,81	122

	αλουμινίου			
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>		<b>618</b>		<b>1.663</b>

Για το δεύτερο όροφο προκύπτει συντελεστής θερμοπερατότητας  $k_m (W,F) = 1.663/618 = 2,69 \text{ W/m}^2\text{K}$ , τιμή που υπερβαίνει τα επιτρεπτά όρια αφού είναι μεγαλύτερη από  $1,86 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

**Πίνακας 4.3.14 3<sup>ος</sup> όροφος 522 m<sup>2</sup>**

<b>a/a</b>	<b>Δομικό Στοιχείο</b>	<b>Επιφάνεια F σε m<sup>2</sup></b>	<b>Συντελεστής θερμοπερατότητας k σε W/m<sup>2</sup>K</b>	<b>k*F</b>
<b>1</b>	Εξωτερικοί τοίχοι από σκυρόδεμα B160 και διάτρητους οπτόπλινθους	178	1,27	227
<b>2</b>	Απλός υαλοπίνακας	49	5,81	283
<b>3</b>	Κούφωμα με φύλλα αλουμινίου	4	5,81	23
<b>5</b>	Εξωτερική πόρτα από μέταλλο	12	6,00	72
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>		<b>242</b>		<b>605</b>

Για τον τρίτο όροφο προκύπτει συντελεστής θερμοπερατότητας  $k_m (W,F) = 605/243 = 2,49 \text{ W/m}^2\text{K}$ , τιμή που υπερβαίνει τα επιτρεπτά όρια αφού είναι μεγαλύτερη από  $1,86 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

#### 4.3.4 Υπολογισμός θερμομόνωσης περιβλήματος

Έχοντας υπολογίσει το συντελεστή θερμοπερατότητας κάθε ορόφου, η διαδικασία υπολογισμού της θερμομόνωσης του κελύφους του κτιρίου, απλοποιείται ως εξής. Μεταφέρονται όλα τα στοιχεία που υπολογίστηκαν για τα κατακόρυφα εξωτερικά

δομικά στοιχεία (τοίχοι και ανοίγματα) και προστίθενται σε αυτά τα οριζόντια εξωτερικά δομικά στοιχεία.

Συγκεκριμένα η οροφή είναι  $1.046 \text{ m}^2$  και το δάπεδο (δάπεδο σε επαφή με το έδαφος)  $860 \text{ m}^2$ , εκ των οποίων τα  $220 \text{ m}^2$  είναι στο ισόγειο και τα υπόλοιπα  $640 \text{ m}^2$  στον πρώτο όροφο, γεγονός το οποίο είναι εύλογο, καθώς το μέρος του κτιρίου που εξετάζεται είναι χτισμένο πάνω σε κεκλιμένη έκταση. Κατά αυτόν τον τρόπο προέκυψαν τα ακόλουθα αποτελέσματα.

**Πίνακας 4.3.15 Θερμομόνωση περιβλήματος**

a/a	Δομικό στοιχείο	Επιφάνεια F σε $\text{m}^2$	Συντελεστής θερμοπερατότητας k σε $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$	Μειωτικός συντελεστής (λόγω γειννίας με μη θερμαινόμενος χώρος ή με έδαφος)	k*F
1	Εξωτερικοί τοίχοι από σκυρόδεμα B160 και διάτρητους οπτόπλινθους	1.160	1,27		1.473
2	Εξωτερικοί τοίχοι από σκυρόδεμα B160, διάτρητους οπτόπλινθους και πέτασμα υαλότουβλο	26	1,06		27
3	Απλός υαλοπίνακας	398	5,81		2.314
4	Διπλός υαλοπίνακας με απόσταση $2\text{cm} \leq s \leq 4\text{cm}$	102	3,02		308

5	Κούφωμα με φύλλα αλουμινίου	89	5,81		518
6	Εξωτερική πόρτα από μέταλλο	30	6,00		180
7	Δάπεδο σε επαφή με το έδαφος	860	3,7	-0,5	2.864
8	Οριζόντιες επιφάνειες και οροφές που χωρίζουν θερμαινόμεν ο χώρο από τον ελεύθερο αέρα	1.046	4,35		4549
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>		<b>3.711</b>			<b>12.234</b>

Ο παρακάτω πίνακας παρουσιάζει τον επιτρεπόμενο μέσο συντελεστή θερμοπερατότητας σε συνάρτηση με το λόγο περιβάλλουσας επιφάνειας κτιρίου προς τον όγκο του F/V.

**Πίνακας 4.3.16 Επιτρεπόμενος μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας σε συνάρτηση με το λόγο περιβάλλουσας επιφάνειας κτιρίου προς τον όγκο του**

F/V m <sup>-1</sup>	k <sub>m</sub> σε kcal/m <sup>2</sup> h°C			k <sub>m</sub> σε W/m <sup>2</sup> K		
	Ζώνη Α	Ζώνη Β	Ζώνη Γ	Ζώνη Α	Ζώνη Β	Ζώνη Γ
≤0,2	1,335	1,015	0,807	1,553	1,180	0,938
0,3	1,245	0,955	0,760	1,448	1,111	0,884
0,4	1,160	0,897	0,715	1,349	1,043	0,831
0,5	1,092	0,845	0,675	1,270	0,983	0,775
0,6	1,030	0,795	0,635	1,198	0,924	0,738
0,7	0,985	0,750	0,600	1,145	0,872	0,698
0,8	0,947	0,717	0,575	1,101	0,834	0,669
0,9	0,927	0,695	0,550	1,078	0,808	0,640
≥1,0	0,920	0,680	0,530	1,070	0,791	0,616

Το κτίριο που μελετήθηκε εντοπίζεται στην Αττική, επομένως ανήκει στη Ζώνη Β. Ο συνολικός περιεχόμενος όγκος του κτιρίου είναι: Σ(εμβαδόν επιφάνειας (F)\*ύψος (H)) = (385\*4+904\*3+1.046\*3+522\*3) m<sup>3</sup>= 8.956 m<sup>3</sup>. Η συνολική επιφάνεια υπολογίστηκε παραπάνω ίση με 3.711 m<sup>2</sup>. Από το πηλίκο F/V που προκύπτει, θα προσδιοριστεί ο επιτρεπόμενος μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας βάσει του Πίνακα 4.3.16. Για τα δεδομένα του συγκεκριμένου κτιρίου προκύπτει:

$\frac{F}{V} = \frac{3.711}{8.956} = 0,41m^{-1}$  και από τον Πίνακα 4.3.16 μέσω γραμμικής παρεμβολής, η τιμή αυτή αντιστοιχεί σε μέγιστο επιτρεπόμενο συντελεστή θερμοπερατότητας  $k_{m,max} = 1,04 W/m^2K$ .

Τελικά, το κτίριο που μελετήθηκε παρουσιάζει μέσο συντελεστή θερμοπερατότητας ίσο με:

$$k_m = \frac{\sum(k * F)}{\sum(F)} = \frac{12.234}{3.711} = 3,3W / m^2K$$

Η τιμή αυτή προφανώς υπερβαίνει κατά πολύ την μέγιστη επιτρεπόμενη ( $k_{m,max} = 1,04 W/m^2K$ ), και το κτίριο κρίνεται θερμομονωτικά ενεργοβόρο. Η υπέρβαση του μέσου επιτρεπόμενου συντελεστή θερμοπερατότητας ήταν όντως αναμενόμενη καθώς το κτίριο δεν είναι θερμομονωμένο και επιπλέον έχει ως επί το πλείστον μονούς υαλοπίνακες γεγονός που συν τοις άλλοις δε συμβαδίζει με το κανονισμό.

## ***Κεφάλαιο 5. Αποτελέσματα μετρήσεων με καταγραφικό εξοπλισμό***

---





## 5. Αποτελέσματα μετρήσεων με καταγραφικό εξοπλισμό

### 5.1 Εισαγωγή

Ενώ σε μία ενεργειακή επιθεώρηση πολλά από τα δεδομένα και χαρακτηριστικά του εξοπλισμού/ συστημάτων μπορούν να δοθούν από το προσωπικό συντήρησης και λειτουργίας, οι πληροφορίες μπορεί να μην είναι οι κατάλληλες ώστε να παρέχουν την πλήρη εικόνα λειτουργίας.

Για να συλλεχθούν ακριβή στοιχεία για τις συνθήκες λειτουργίας και την απόδοση του εξοπλισμού και των συστημάτων, ο επιθεωρητής θα πρέπει να διαθέτει τον απαραίτητο μετρητικό εξοπλισμό.

Οι μετρήσεις που γίνονται με τον εξοπλισμό αυτό αφορούν τα εξής μεγέθη:

- Παροχές υγρών ή αερίων καυσίμων.
- Ηλεκτρικές μετρήσεις (τάση, ένταση, ισχύς και συντελεστής ισχύος).
- Θερμοκρασίες ρευστών και στερεών επιφανειών.
- Συστάσεις και εκπομπές καυσαερίων (CO<sub>2</sub>, CO, O<sub>2</sub>, καπνός).
- Σχετική Υγρασία.

Ακολούθως περιγράφεται ο μετρητικός καταγραφικός εξοπλισμός ο οποίος χρησιμοποιήθηκε στα πλαίσια της ενεργειακής επιθεώρησης που διεξήχθη στο υπό μελέτη κτίριο και επεξεργάζονται τα αποτελέσματα των μετρήσεών του. Ο εξοπλισμός ήταν ο ακόλουθος:

- Υγρασιόμετρο
- Θερμογραφική κάμερα (θερμοκάμερα)
- Αναλυτής καυσαερίων
- Αναλυτής ενέργειας

## 5.2 Τυπικές μετρήσεις και καταγραφικός εξοπλισμός

### 5.2.1 Υγρασιόμετρο

#### 5.2.1.1 Γενικά στοιχεία

Το υγρασιόμετρο χρησιμοποιείται για την καταγραφή της θερμοκρασίας και της σχετικής υγρασίας του αέρα. Για να γίνουν οι απαραίτητες μετρήσεις, πρέπει το υγρασιόμετρο να είναι ανοιχτό και συνδεδεμένο με τον υπολογιστή. Μέσω του ανιχνευτή που διαθέτει ανιχνεύει τη θερμοκρασία και την υγρασία του περιβάλλοντος χώρου και οι μετρήσεις αυτών των μεγεθών καταγράφονται στον υπολογιστή, ενώ ταυτόχρονα οι στιγμιαίες τιμές τους φαίνονται στην οθόνη του υγρασιόμετρου. Η δυνατότητα μέτρησης είναι από  $-15$  έως  $+65^{\circ}\text{C}$  για τη θερμοκρασία και από 0 έως 100% για την υγρασία.

#### 5.2.1.2 Χρήση του υγρασιόμετρου

Οι μετρήσεις με το υγρασιόμετρο πραγματοποιήθηκαν το πρωί και το βράδυ της 27/4/2010 τόσο στον εσωτερικό χώρο όσο και στον εξωτερικό, ενώ το όργανο είχε ρυθμιστεί να καταγράφει τις τιμές θερμοκρασίας και υγρασίας κάθε 25 δευτερόλεπτα.

Από τις μετρήσεις αυτές προέκυψε ότι: α) η μέση θερμοκρασία την ημέρα είναι  $18,6^{\circ}\text{C}$  στον εξωτερικό χώρο και  $18,7^{\circ}\text{C}$  στον εσωτερικό, ενώ η μέση θερμοκρασία τη νύχτα είναι  $17,6^{\circ}\text{C}$  στον εξωτερικό χώρο και  $17,5^{\circ}\text{C}$  στον εσωτερικό και β) η μέση υγρασία την ημέρα είναι 17,6% στον εξωτερικό χώρο και 13,3% στον εσωτερικό, ενώ η μέση υγρασία τη νύχτα είναι 45,2% στον εξωτερικό χώρο και 43,1% στον εσωτερικό.

Όπως διαπιστώνεται εύκολα, δεν παρατηρήθηκε κάτι το αξιοσημείωτο στις μετρήσεις, εκτός από τις μικρότερες από το αναμενόμενο διαφορές θερμοκρασίας κυρίως μεταξύ ημέρας και νύχτας και όχι τόσο μεταξύ εσωτερικού και εξωτερικού χώρου, δεδομένου ότι οι μετρήσεις έγιναν τέλη Απριλίου όταν το κτίριο δε θερμαίνεται για να έχει μεγαλύτερη θερμοκρασία από τον εξωτερικό χώρο και ορισμένα από τα εξωτερικά ανοίγματα παραμένουν ανοιχτά.

Επίσης διαπιστώνεται ότι το ποσοστό της υγρασίας τις βραδινές ώρες είναι ιδιαίτερα αυξημένο σε σχέση με τις πρωινές (γύρω στο 30%).

Τα στοιχεία που ελήφθησαν για τα επίπεδα θερμοκρασίας και υγρασίας χρησιμοποιήθηκαν στην επεξεργασία των θερμογραφημάτων για την πιστότερη απεικόνισή τους.

## 5.2.2 Θερμογραφική κάμερα

### 5.2.2.1 Γενικά στοιχεία

Η υπέρυθη θερμογραφία βασίζεται στην αρχή ότι κάθε σώμα με θερμοκρασία μεγαλύτερη του απόλυτου μηδενός, εκπέμπει ενέργεια υπό τη μορφή ακτινοβολίας προς όλες τις κατευθύνσεις. Η ανίχνευση της εκπομπής αυτής της θερμικής ακτινοβολίας οδηγεί στην οπτική απεικόνιση του θερμικού σήματος (θερμογράφημα).

Οι θερμογραφικές κάμερες (ή θερμοκάμερες) μετρούν την υπέρυθη ακτινοβολία, την οποία εκπέμπει κάθε σώμα και η οποία εξαρτάται από το συντελεστή εκπομπής του και από τη θερμοκρασία του (συγκεκριμένα αυξάνεται όσο μεγαλύτερη είναι η θερμοκρασία του), και την αντιστοιχίζουν με τις σημειακές επιφανειακές θερμοκρασίες του σώματος. Έτσι, η εκπεμπόμενη ή ανακλώμενη από την επιφάνεια ενός σώματος ακτινοβολία συλλαμβάνεται από την κάμερα υπέρυθρης ακτινοβολίας και μετατρέπεται σε ορατή έγχρωμη εικόνα σε μια οθόνη, όπου σε κάθε χρώμα αντιστοιχεί ένα καθορισμένο πεδίο θερμοκρασιών, επιτρέποντας έτσι την απευθείας διάγνωσή τους. Η ένδειξη της θερμοκρασίας του σώματος εξαρτάται από ορισμένους συντελεστές της κάμερας, αλλά και από το συντελεστή εκπομπής της επιφάνειας του σώματος και το χρωματισμό του.

Με τη βοήθεια της θερμοκάμερας εντοπίζονται όλων των ειδών οι ανωμαλίες, οι κατασκευαστικές ατέλειες και παραλείψεις, καθώς και οι ζημιές που έχουν προκληθεί με την πάροδο του χρόνου στα κτίρια (διαρροές αέρα, απώλειες θερμότητας ή ενέργειας και διείσδυση κρύου αέρα μέσα από τοίχους, οροφές, πατώματα, πόρτες και παράθυρα, διαρροές νερού, διείσδυση υγρασίας, ελλιπής ή κατεστραμμένη ή υγρή μόνωση, υγρασία, μούχλα, συμπύκνωση, θερμογέφυρες και άλλα κατασκευαστικά ελαττώματα), ενώ εντοπίζονται και άλλα στοιχεία ενός κτιρίου τα οποία είναι μη ορατά στο γυμνό μάτι, όπως οι αγωγοί θερμού, κρύου νερού ή αέρα.

Για μια σωστή θερμογράφιση, η διαφορά θερμοκρασιών αέρα εντός του σχετικού τμήματος του κτιρίου πρέπει να είναι τουλάχιστον  $+10\text{ }^{\circ}\text{C}$  επί αρκετές ώρες πριν τη διενέργεια θερμογραφικής απεικόνισης και για όσο διάστημα διαρκεί η διαδικασία έτσι ώστε να είναι δυνατόν να εντοπιστούν οι απώλειες θερμότητας από το κέλυφος του κτιρίου, καθώς και τα σημεία όπου η υπάρχουσα μόνωση είναι υποβαθμισμένη. Για την ίδια χρονική περίοδο, η διαφορά θερμοκρασιών περιβάλλοντος δεν πρέπει να ποικίλλει περισσότερο από το  $\pm 30\%$  της διαφοράς, όταν ξεκινά η θερμογραφική απεικόνιση. Επίσης, κατά τη διάρκεια της θερμογραφικής απεικόνισης, η εσωτερική θερμοκρασία περιβάλλοντος δεν πρέπει να μεταβάλλεται περισσότερο από  $\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ , ενώ για αρκετές ώρες πριν από την έναρξη της θερμογραφικής απεικόνισης και για όσο διάστημα συνεχίζεται αυτή, το σχετικό τμήμα του κτιρίου δεν πρέπει να φωτίζεται απ' ευθείας από τον ήλιο. Προκειμένου να εντοπιστούν μόνον διαρροές αέρα στα περιβάλλοντα τμήματα του κτιρίου, οι απαιτήσεις ως

προς τις συνθήκες μέτρησης μπορεί να είναι χαμηλότερες. Μια διαφορά 5 °C μεταξύ της εσωτερικής και της εξωτερικής θερμοκρασίας περιβάλλοντος θα πρέπει να είναι αρκετή για τον εντοπισμό τέτοιων ατελειών.

Πριν τη θερμογράφιση συγκροτημάτων παραγωγής θερμότητας (π.χ. λέβητες) θα πρέπει αυτά να λειτουργούν στις συνήθεις θερμοκρασίες, έτσι ώστε οι μετρήσεις να είναι κατά το δυνατόν αντιπροσωπευτικές. Η θερμογραφική κάμερα θα πρέπει να λειτουργήσει για 5 περίπου λεπτά πριν από τη θερμογράφιση, για να γίνει αυτόματα η βαθμονόμησή της.

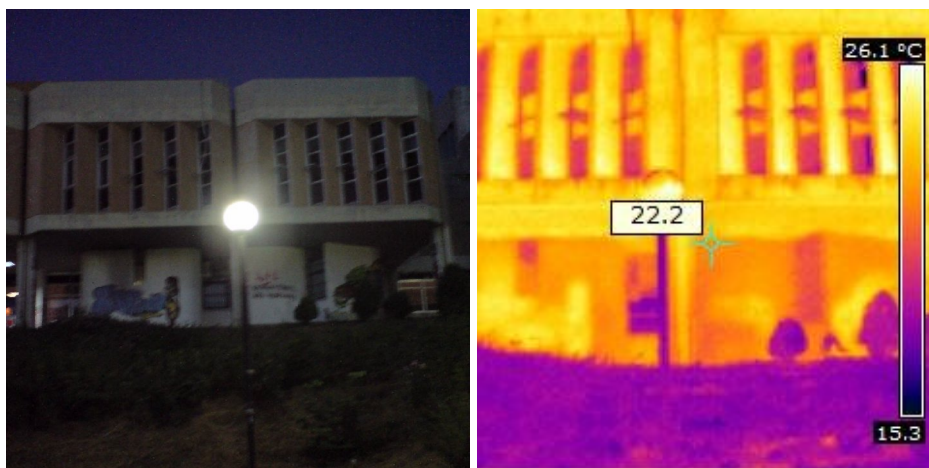
#### **5.2.2.2 Διεξαγωγή θερμογραφικής μελέτης**

Η θερμογραφική εξέταση πραγματοποιήθηκε στο Κτίριο των Χημικών Μηχανικών του Εθνικού Μετσοβίου Πολυτεχνείου, στην Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου, τον μήνα Μάιο και ημερομηνίες 12/5/2010 (πρωινές και μεσημεριανές λήψεις), 13/5/2010 (απογευματινές και βραδινές λήψεις) και 16/5/2010 (βραδινές εξωτερικές λήψεις).

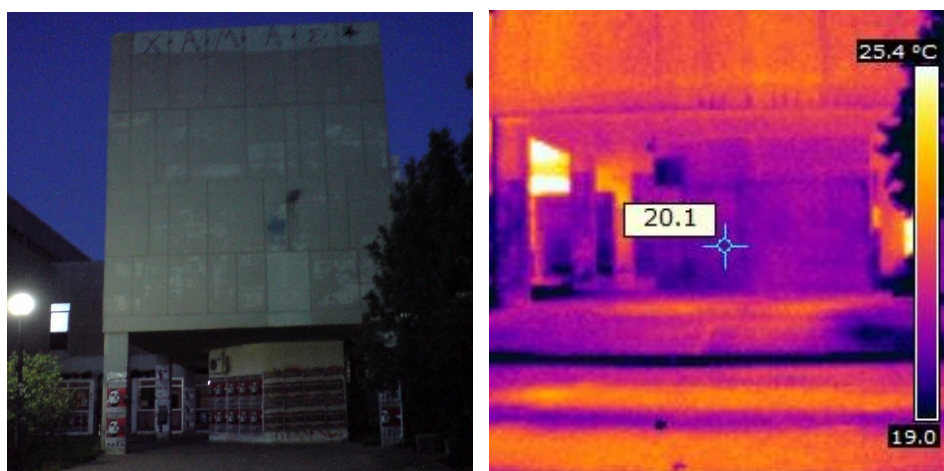
Η επεξεργασία των θερμογραφήματων έγινε με το πρόγραμμα FLIR QuickReport 1.2, όπου για να επιτευχθεί μια πιο σωστή απεικόνιση των διαφορών θερμοκρασίας χρησιμοποιήθηκαν οι μετρήσεις θερμοκρασίας και υγρασίας του υγρασιόμετρου.

Όπως παρατηρήθηκε από τα θερμογραφήματα, δεν υπάρχουν μεγάλες θερμοκρασιακές διαφορές μεταξύ θερμής και ψυχρής περιοχής. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι οι καιρικές συνθήκες του Μαΐου δεν επιτρέπουν κάτι τέτοιο, καθώς εκείνη την εποχή δεν υπάρχει μεγάλη διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ του εσωτερικού και του εξωτερικού του κτιρίου, δεδομένου ότι δεν υπάρχουν υψηλές απαιτήσεις ούτε για θέρμανση ούτε για ψύξη.

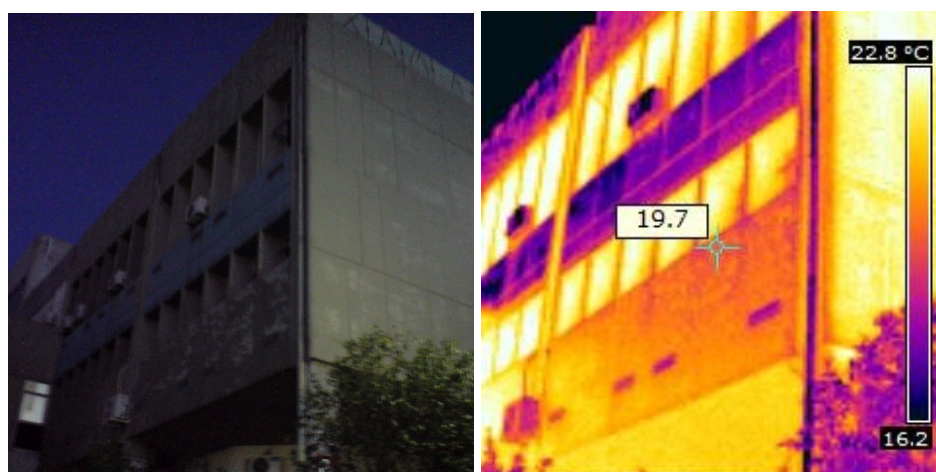
Ακολουθούν μερικές από τις θερμοφωτογραφίες του εξωτερικού του κτιρίου (οι φωτογραφίες ελήφθησαν νύχτα, όταν πλέον το κτίριο έχει συγκεντρώσει θερμότητα κατά τη διάρκεια της μέρας).



Εικόνα 5.2.1 Δυτική όψη κτιρίου



Εικόνα 5.2.2 Δυτική όψη κτιρίου

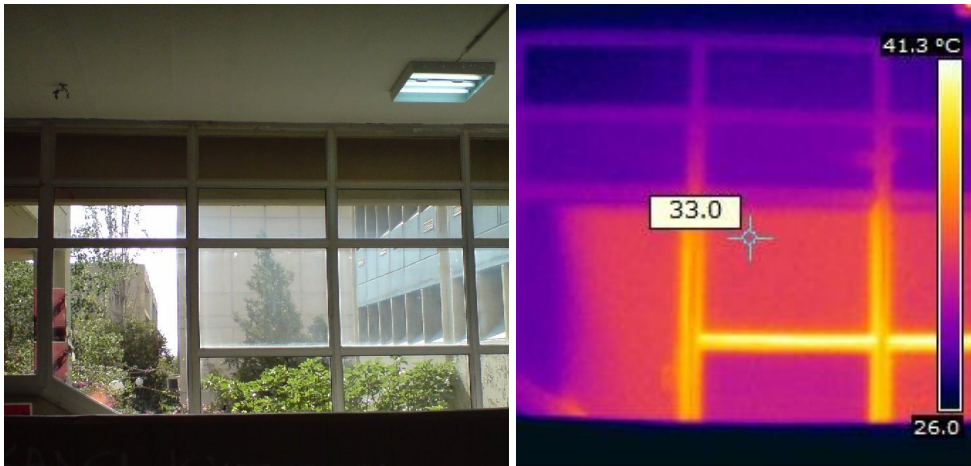


Εικόνα 5.2.3 Νότια όψη κτιρίου

Οι αισθητές θερμοκρασιακές διαφορές που παρατηρούνται οφείλονται στα διαφορετικά υλικά από τα οποία είναι κατασκευασμένο το κτίριο. Οι μικρότερες διαφορές θερμοκρασίας που παρατηρούνται σε σημεία του κτιρίου

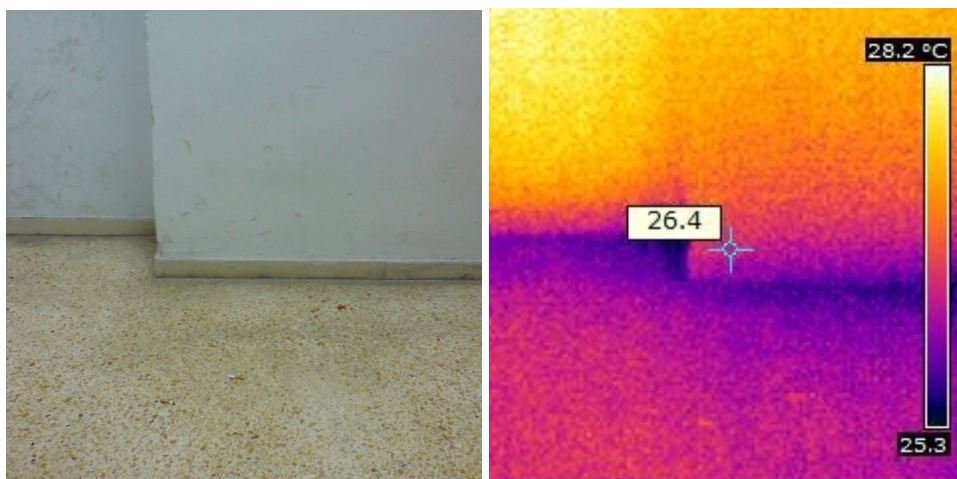
κατασκευασμένα από το ίδιο υλικό, αποδίδονται στη διαφορετική εκπομπή της θερμότητας που έχει απορροφηθεί κατά τη διάρκεια της μέρας από το κτίριο, δεδομένης της διαφορετικής έκθεσης του κάθε σημείου στον ήλιο. Έτσι, περιοχές που είναι εντελώς εκτεθειμένες στον ήλιο εκπέμπουν περισσότερη θερμότητα από τις περιοχές οι οποίες βρίσκονται υπό σκιά κατά τη διάρκεια της ημέρας.

Από τις εσωτερικές φωτογραφίες παρατηρήθηκε ότι το κτίριο παρουσιάζει ορισμένα προβλήματα, όπως διαρροή νερού, συγκέντρωση υγρασίας σε κάποια σημεία, ελλιπής ή κατεστραμμένη μόνωση και θερμογέφυρες, ωστόσο όχι σε ιδιαίτερα εκτεταμένο επίπεδο, όπως διαπιστώνεται από τις μικρές θερμοκρασιακές διαφορές.



**Εικόνα 5.2.4 Θολοί υαλοπίνακες που εμποδίζουν τη διείσδυση της ηλιακής ακτινοβολίας**

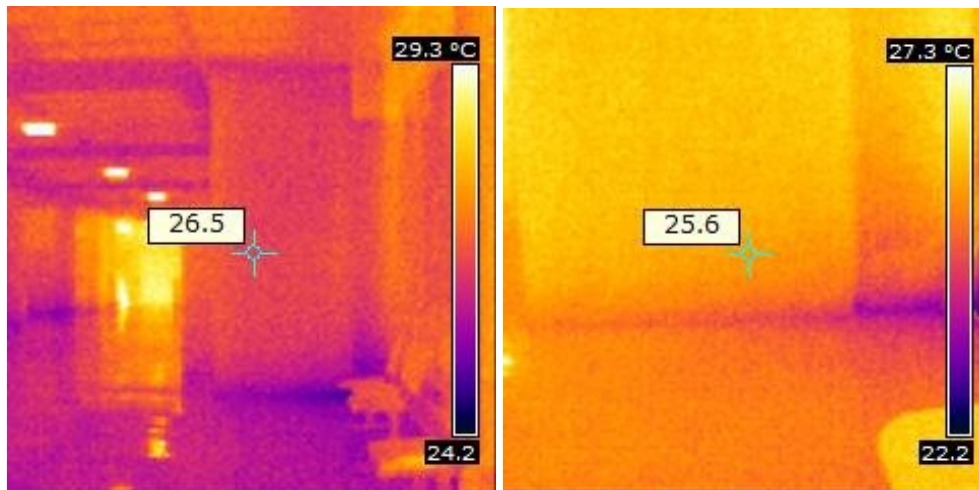
Ακολουθούν μερικά παραδείγματα διείσδυσης νερού και συσσώρευσης υγρασίας.



**Εικόνα 5.2.5 Εσωτερική όψη τοίχου διαδρόμου στον πρώτο όροφο**



Ο τοίχος αυτός είναι εντελώς εκτεθειμένος από την εξωτερική του πλευρά σε καιρικές συνθήκες, με αποτέλεσμα να συγκεντρώνεται η βροχή εξωτερικά και να δημιουργεί υγρασία στο εσωτερικό του τοίχου στα έντονου μωβ χρώματος σημεία.



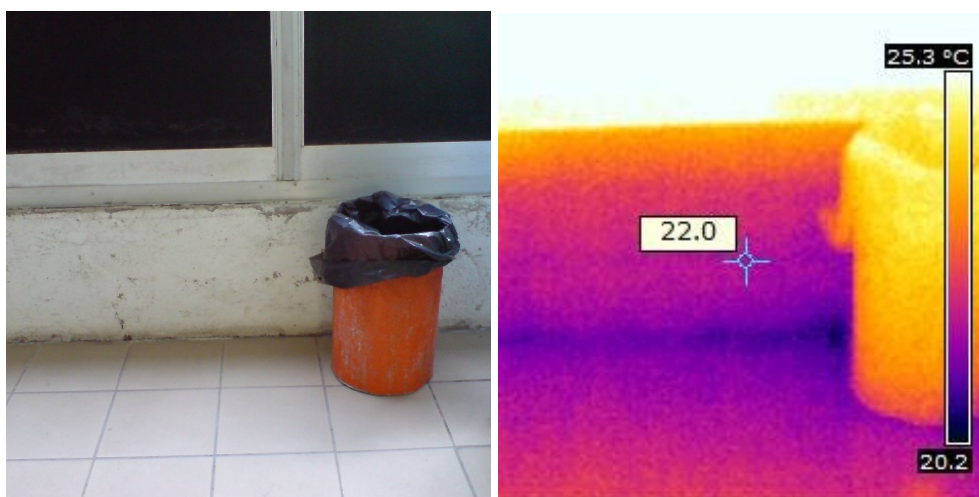
**Εικόνα 5.2.6 Τοίχος του ισογείου πλησίον εξωτερικής πόρτας που οδηγεί σε αίθριο**

Στην περίπτωση αυτή είναι προφανής η συσσώρευση υγρασίας στο κάτω δεξιά σημείο του τοίχου ήδη από την ψηφιακή φωτογραφία. Η πόρτα που βρίσκεται δίπλα μένει συχνά ανοιχτή, ενώ ακόμα και στις περιπτώσεις που είναι κλειστή – κυρίως κατά τη διάρκεια του χειμώνα – όντας ανεπαρκώς μονωμένη και έχοντας ακατάλληλα κουφώματα επιτρέπει την είσοδο του νερού από το κάτω μέρος της. Το νερό που εισέρχεται μπορεί να προέρχεται είτε από βροχές είτε από το αυτόματο πότισμα των φυτών στο αίθριο.



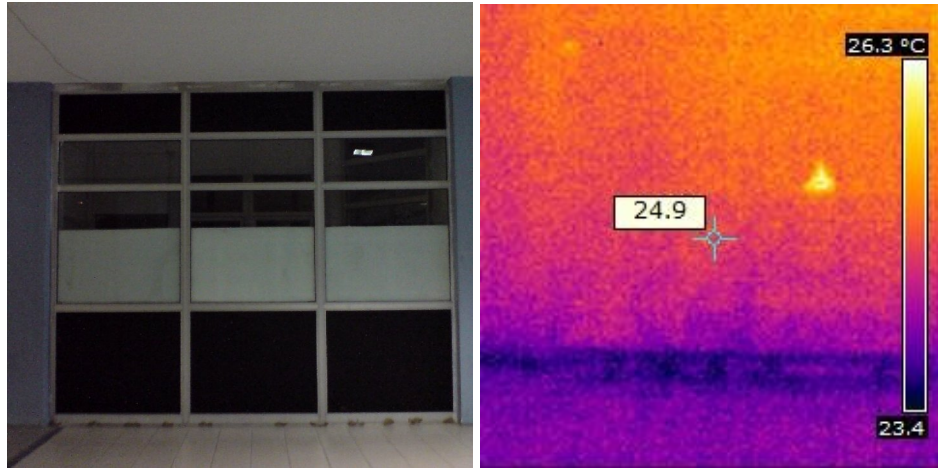
**Εικόνα 5.2.7 Γωνία του κτιρίου στο ισόγειο από το πλαϊνό μέρος του κτιρίου**

Η εξωτερική μεριά του τοίχου της παραπάνω φωτογραφίας είναι σε επαφή με κήπο, γεγονός που οδηγεί στην απορρόφηση νερού και στην πρόκληση υγρασίας και κατά συνέπεια μούχλας.

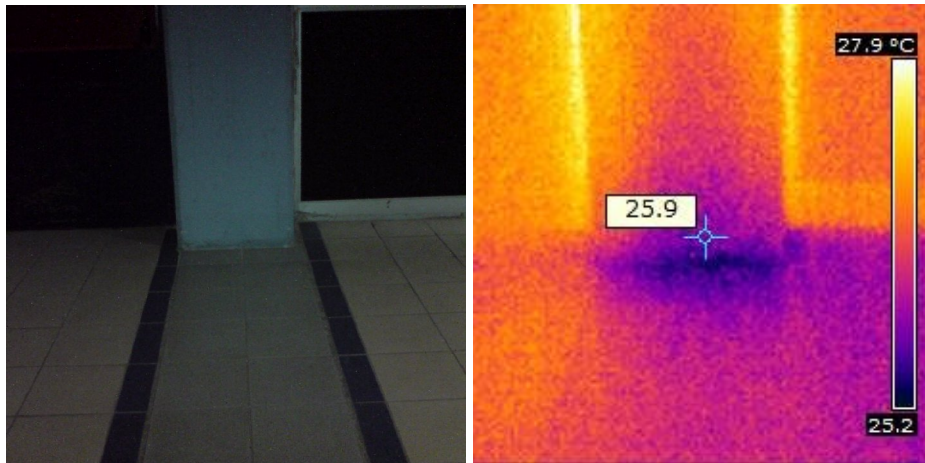


**Εικόνα 5.2.8 Κομμάτι τοίχου σε επαφή με το δάπεδο στο ισόγειο**

Η περίπτωση αυτή είναι παρόμοια με τις δύο παραπάνω μιας και από την εξωτερική μεριά του τοίχου υπάρχει αίθριο.



**Εικόνα 5.2.9** Πιθανή διείσδυση υγρασίας από το κούφωμα του αλουμινίου

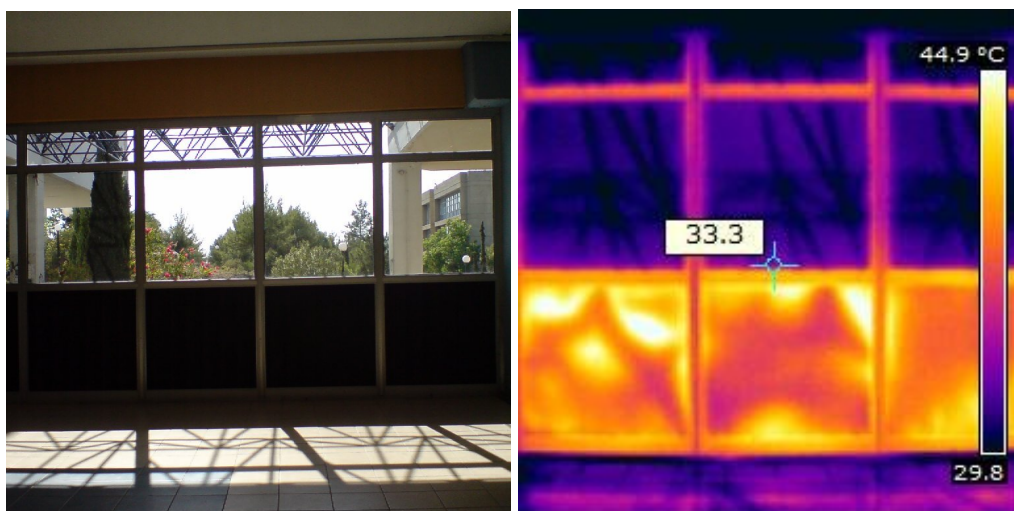


**Εικόνα 5.2.10** Διείσδυση υγρασίας από το κάτω μέρος κολώνας

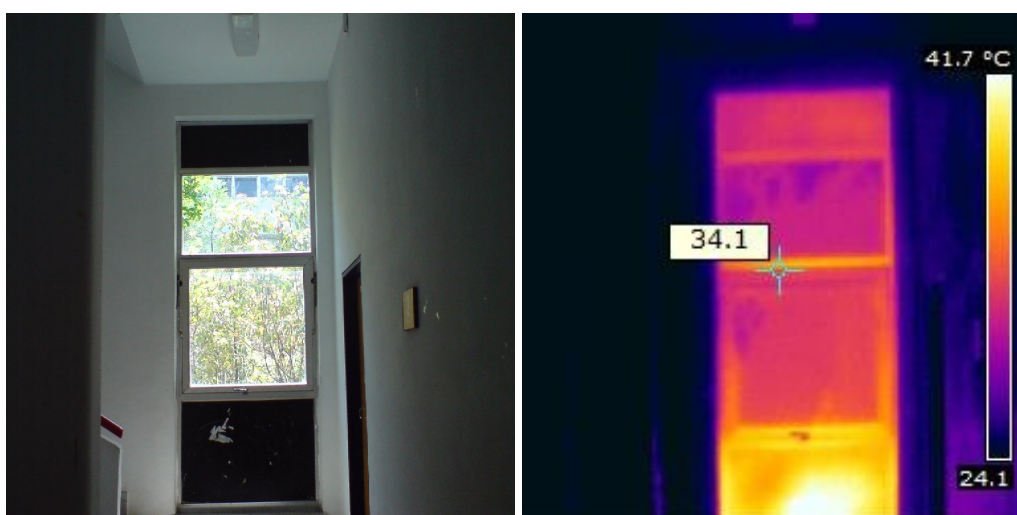
Η παραπάνω φωτογραφία ελήφθη στο ισόγειο. Αριστερά της κολώνας βρίσκεται μια μεταλλική πόρτα, ενώ δεξιά παράθυρα. Η ύπαρξη και των δύο καθιστά ακόμα πιο εύκολη τη δημιουργία υγρασίας, καθώς το παράθυρο ακριβώς δίπλα ενδέχεται να παραμένει ανοιχτό και τις ώρες της βροχής, ενώ η πόρτα δεν εφάπτεται στο έδαφος.

Τους καλοκαιρινούς ή γενικά τους ζεστούς μήνες το ισοδύναμο πρόβλημα με αυτό της διείσδυσης κρύου αέρα που εμφανίζεται κατά τους χειμερινούς μήνες είναι η είσοδος ζεστού αέρα που είναι εξίσου ανεπιθύμητη καθώς αυξάνει τις ανάγκες του κτιρίου για ψύξη. Επειδή οι θερμοφωτογραφίες ελήφθησαν το μήνα Μάιο, υπήρχαν τέτοιες περιπτώσεις στο κτίριο, μερικές από τις οποίες και φαίνονται ακολούθως.

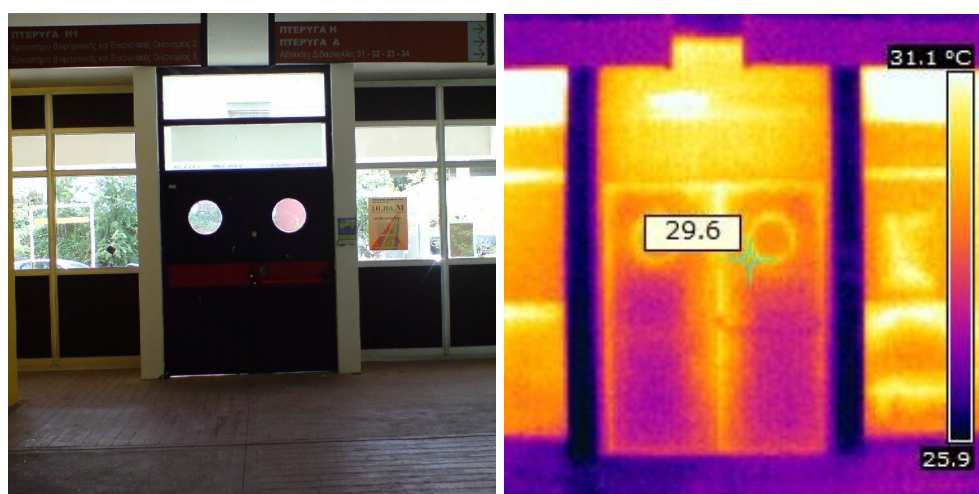




Εικόνα 5.2.11 Κουφώματα με υαλοπίνακες και αλουμίνιο στο ισόγειο



Εικόνα 5.2.12 Κουφώματα με υαλοπίνακες και αλουμίνιο στο ισόγειο



Εικόνα 5.2.13 Εξωτερική πόρτα του πρώτου ορόφου

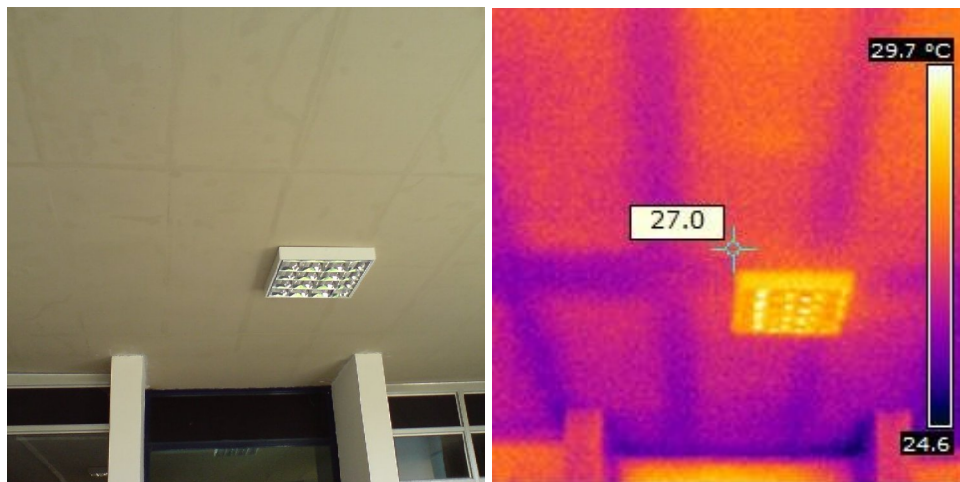
Στην εικόνα 5.2.13 τα ζεστά σημεία καταδεικνύουν την εισροή ζεστού αέρα από τα κουφώματα. Στις εικόνες 5.2.11 και 5.2.12, ενώ εξετάστηκε η πιθανότητα εισροής κάποιας ποσότητας ζεστού αέρα μέσα από τις επιφάνειες που είναι κατασκευασμένες από αλουμίνιο, τα σχήματα πάνω στα φύλλα αλουμινίου στην υπέρυθη εικόνα παραπέμπουν σε διαφορετική απορρόφηση (και άρα και εκπομπή) θερμότητας σε κάθε περιοχή λόγω διαφορετικής σκίασης κατά τη διάρκεια της ημέρας. Στη διαφορετική απορρόφηση θερμότητας ενδέχεται να έχει συντελέσει και το ξεφλούδισμα του χρώματος βαφής του αλουμινίου που οδηγεί σε χαμηλότερη απορρόφηση θερμότητας σε αυτά τα πιο ανοιχτόχρωμα πλέον σημεία.

Όπως φαίνεται από την κλίμακα θερμοκρασιών στις θερμοφωτογραφίες, στην δεύτερη εικόνα η θερμοκρασία του αλουμινίου είναι μεγαλύτερη, γεγονός εύλογο δεδομένου ότι ο προσανατολισμός του ήλιου είναι προς αυτήν την πρόσοψη του κτιρίου.

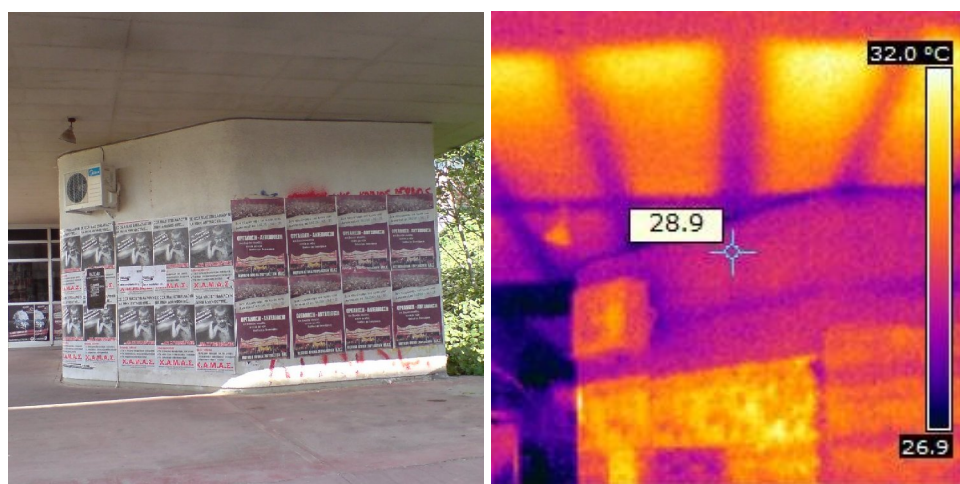
Γενικά, οι περιπτώσεις εισόδου θερμού (όπως και κρύου) αέρα οφείλονται σε ανεπαρκή μόνωση και ακατάλληλα κουφώματα, ενώ στους ίδιους λόγους οφείλεται και η διαφυγή θερμού αέρα, καθώς η ασυνέχεια στη θερμομόνωση δημιουργεί δίοδο εξόδου του αέρα προς τα έξω. Στο ίδιο αποτέλεσμα οδηγούν και οι ατέλειες στους αρμούς των κουφωμάτων των παραθύρων και των θυρών. Το πρόβλημα αυτό εντείνεται και από το γεγονός ότι χρησιμοποιούνται μονοί υαλοπίνακες σχεδόν σε όλο το κτίριο.

Ιδιαίτερη λοιπόν προσοχή πρέπει να δοθεί στη στεγανοποίηση παραθύρων και θυρών, που χωρίζουν θερμαινόμενους χώρους από το εξωτερικό περιβάλλον, καθώς τέτοια σημεία συντελούν σε μεγάλο βαθμό στις θερμικές απώλειες του κτιρίου, είτε πρόκειται για είσοδο κρύου αέρα, είτε πρόκειται για έξοδο θερμού.

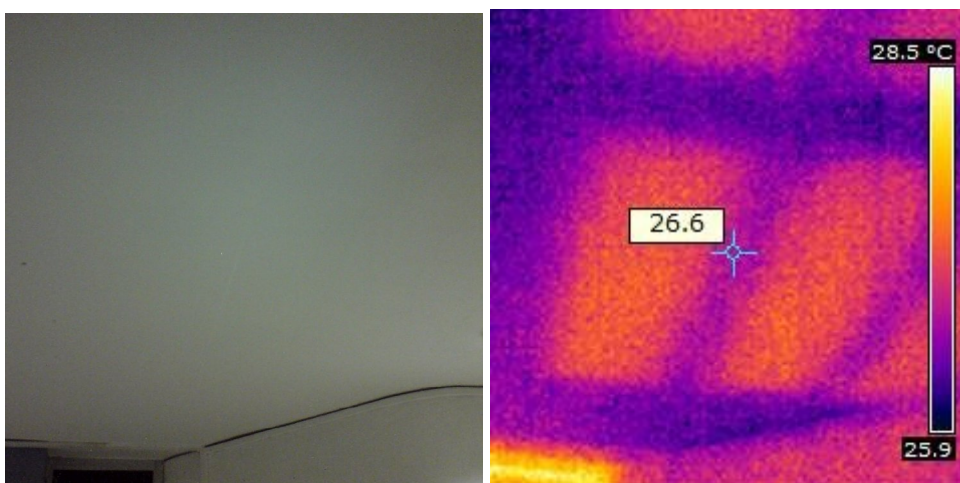
Μια τρίτη κατηγορία προβλήματος είναι οι αμόνωτες πλάκες σε οροφές, το οποίο διαπιστώνεται μέσω θερμογραφίας χάρη στις μωβ οριζόντιες και κάθετες γραμμές που σχηματίζονται στις οροφές, γραμμές που αντιστοιχούν στα σημεία εφαρμογής των πλακών, όπου και απουσιάζει ή έχει καταστραφεί η μόνωση. Σχετικό με το πρόβλημα αυτό είναι και το πρόβλημα των αμόνωντων δαπέδων, το οποίο οδηγεί σε ανερχόμενη ροή κρύου αέρα, όταν από κάτω βρίσκεται μη θερμαινόμενος χώρος. Μερικές από αυτές τις περιπτώσεις φαίνονται στις επόμενες εικόνες.



Εικόνα 5.2.14 Αμόνωτες πλάκες σε υπόστεγο στο ισόγειο

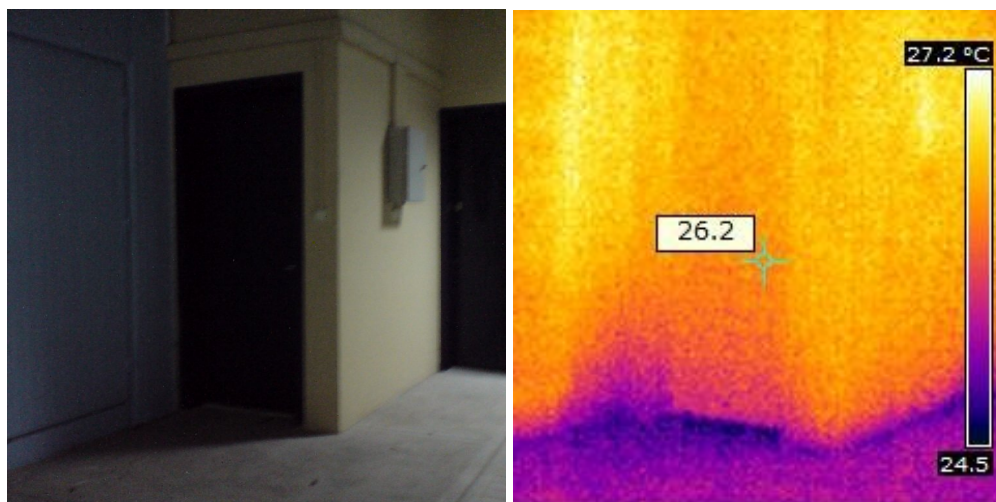


Εικόνα 5.2.15 Επέκταση του προηγούμενου προβλήματος σε όλο το υπόστεγο



Εικόνα 5.2.16 Αμόνωτες πλάκες σε οροφή εσωτερικού χώρου στο ισόγειο



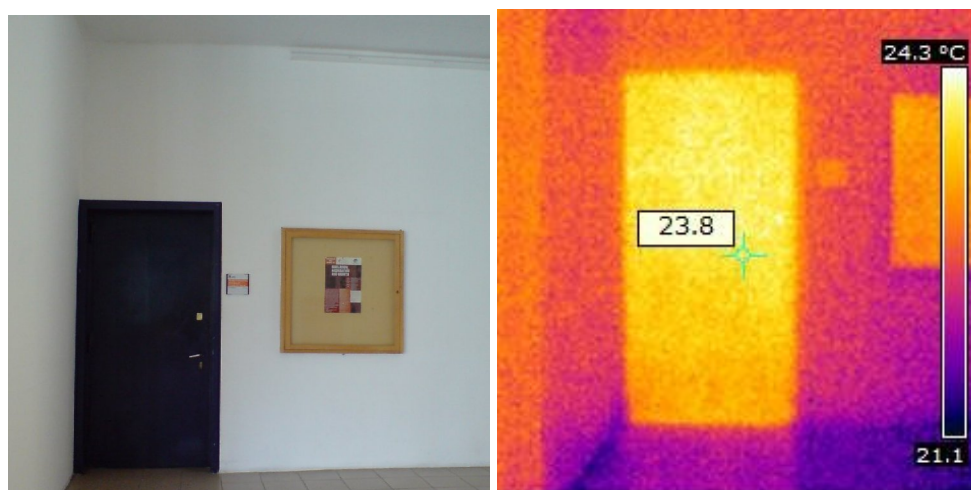


**Εικόνα 5.2.17 Αμόνωτο δάπεδο στον πρώτο όροφο**

Στην περίπτωση της τελευταίας εικόνας, η περιοχή που φωτογραφήθηκε βρίσκεται πάνω από πυλωτή και κατά πάσα πιθανότητα είναι αμόνωτη.

Οι μικρές θερμοκρασιακές διαφορές σε οροφές και δάπεδα αποδίδονται εν μέρει στο ζεστό καιρό του Μαΐου που δεν οδηγεί σε μεταφορά ιδιαίτερα ψυχρού αέρα.

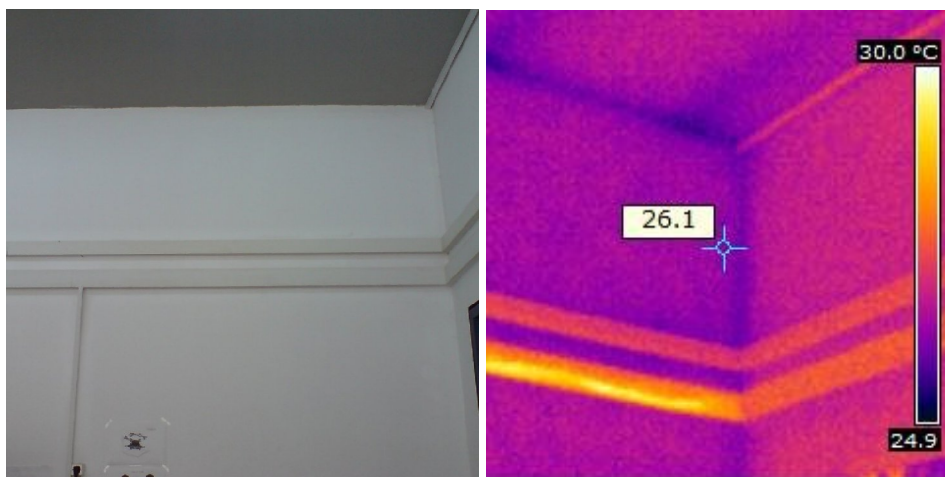
Στην περίπτωση που ακολουθεί εξετάστηκε η περίπτωση αμόνωτου δαπέδου, αλλά απορρίφθηκε γιατί οι θερμοκρασιακές διαφορές είναι αρκετά μικρές και δεν επιτρέπουν την εξαγωγή ενός παρόμοιου συμπεράσματος.



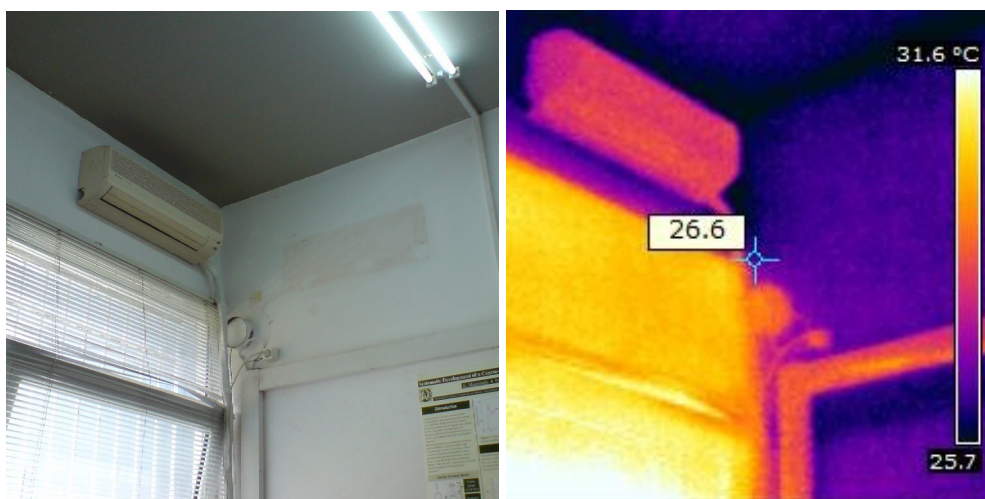
**Εικόνα 5.2.18 Θερμοκρασιακή διαφορά που αποδίδεται στο διαφορετικό υλικό της πόρτας**

Μερικά παραδείγματα του αρκετά συνηθισμένου φαινομένου της θερμογέφυρας εικονίζονται στις τρεις επόμενες φωτογραφίες.

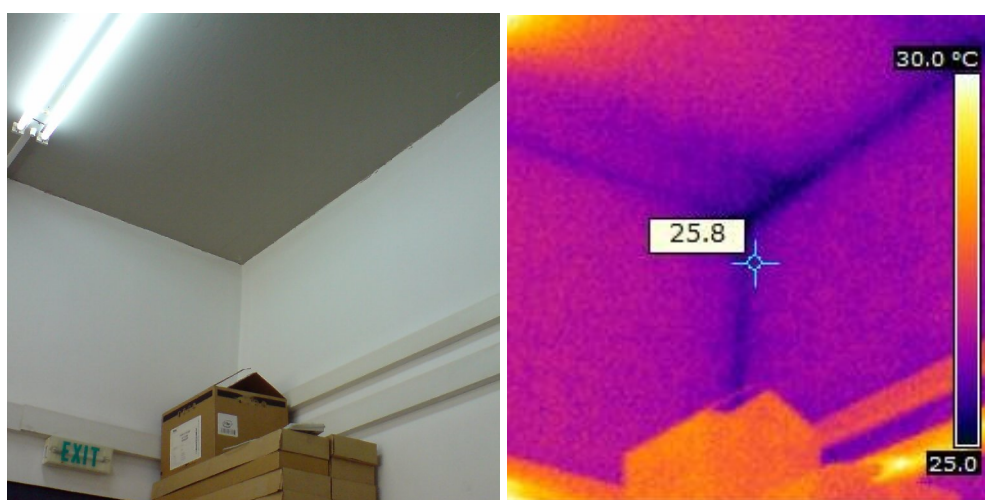




Εικόνα 5.2.19 Θερμογέφυρα σε γραφείο του ισόγειου



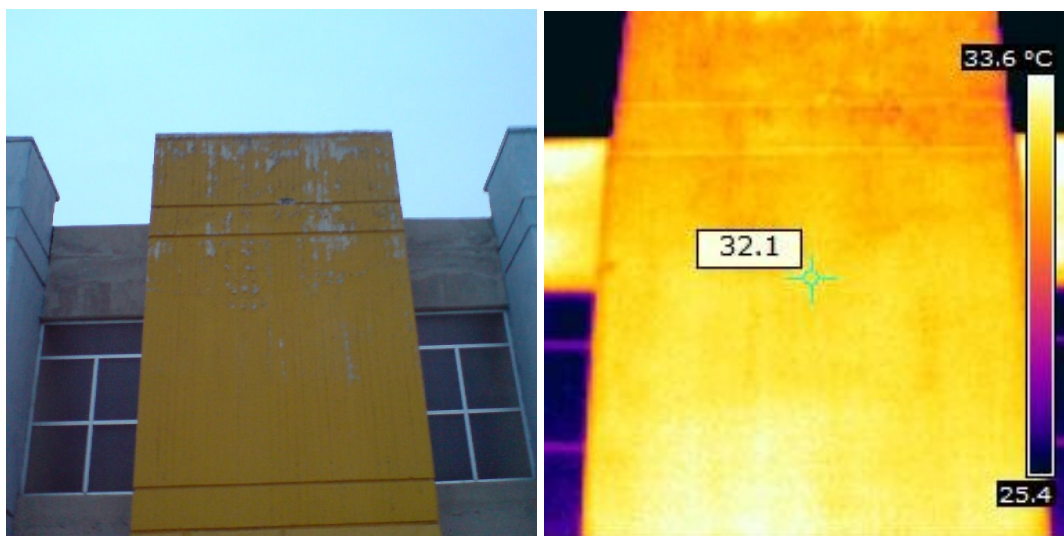
Εικόνα 5.2.20 Θερμογέφυρα σε γραφείο του ισόγειου



Εικόνα 5.2.21 Θερμογέφυρα σε γραφείο του ισόγειου

Τέλος, παρατίθενται ορισμένες εξωτερικές λήψεις του δώματος του κτιρίου. Η θερμογράφιση εκεί πραγματοποιήθηκε σχεδόν αμέσως μετά τη δύση του ηλίου

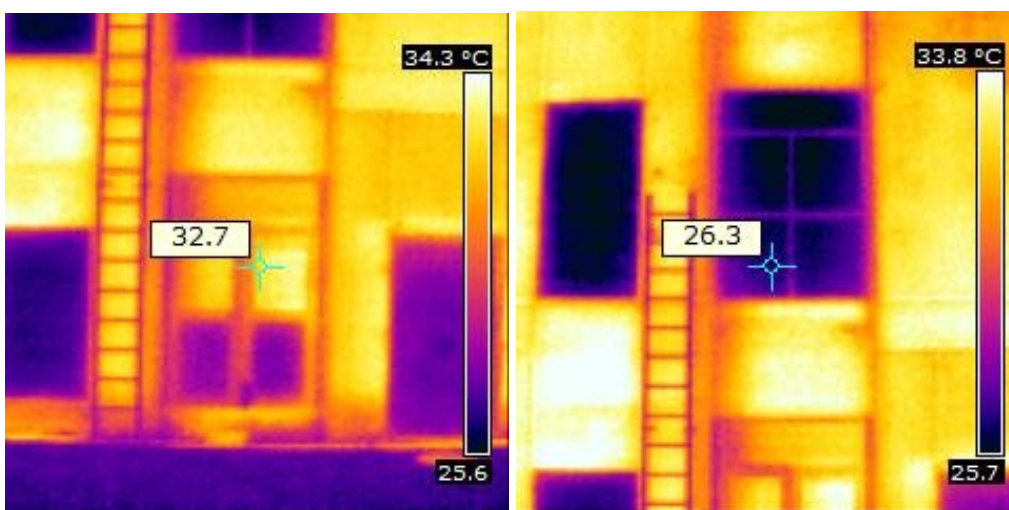
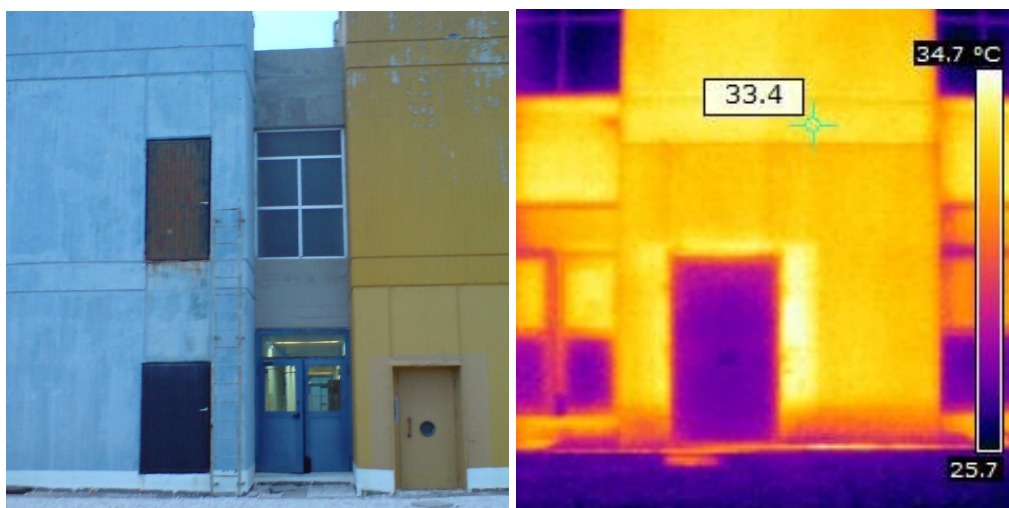
(γύρω στις 19:00), όταν δηλαδή ο ρυθμός μεταβολής της θέρμανσης ή της ψύξης είναι μεγάλος και το νερό βρίσκεται σε διαφορετική θερμοκρασία από τη θερμοκρασία των δομικών υλικών.



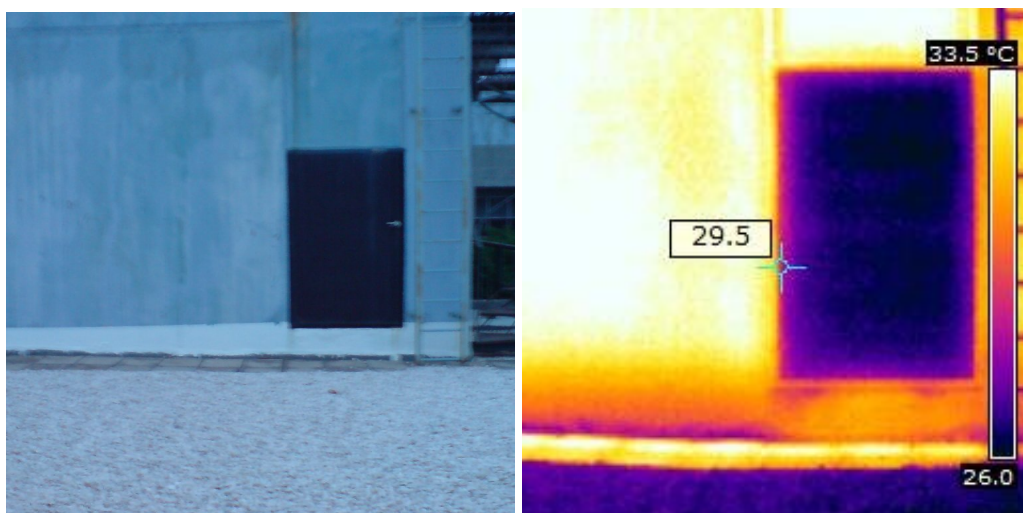
**Εικόνα 5.2.22 Εξωτερική πρόσοψη του δώματος του κτιρίου**

Αυτό που διαπιστώνεται τόσο από την ψηφιακή όσο και από την υπέρυθρη φωτογραφία είναι το ξεφλούδισμα του χρώματος του εμφανούς σκυροδέματος που αν δεν επιδιορθωθεί σύντομα είναι δυνατό να οδηγήσει σε συγκέντρωση μεγάλης ποσότητας υγρασίας.

Γενικότερα, η συγκέντρωση υγρασίας είναι το βασικό πρόβλημα που απαντάται σε όλες τις εξωτερικές επιφάνειες δωματίων, συμπεριλαμβανομένης και αυτής του υπό μελέτη κτιρίου, γεγονός απόλυτα φυσιολογικό καθώς αποτελούν το περισσότερο εκτεθειμένο στις καιρικές συνθήκες μέρος του κτιρίου. Αυτό αποδεικνύεται στην πράξη μέσω των επόμενων εικόνων.

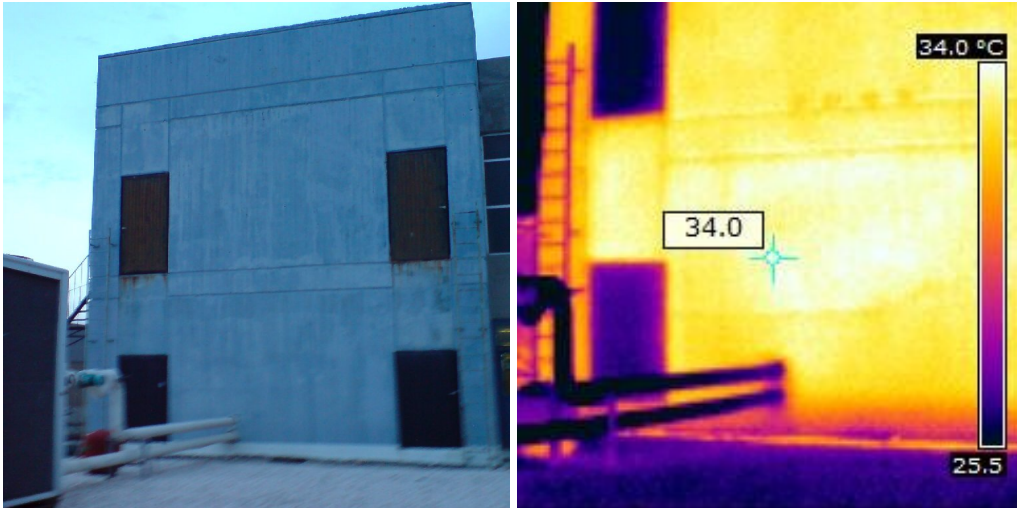


Εικόνα 5.2.23 Εξωτερική πρόσοψη του δώματος του κτιρίου

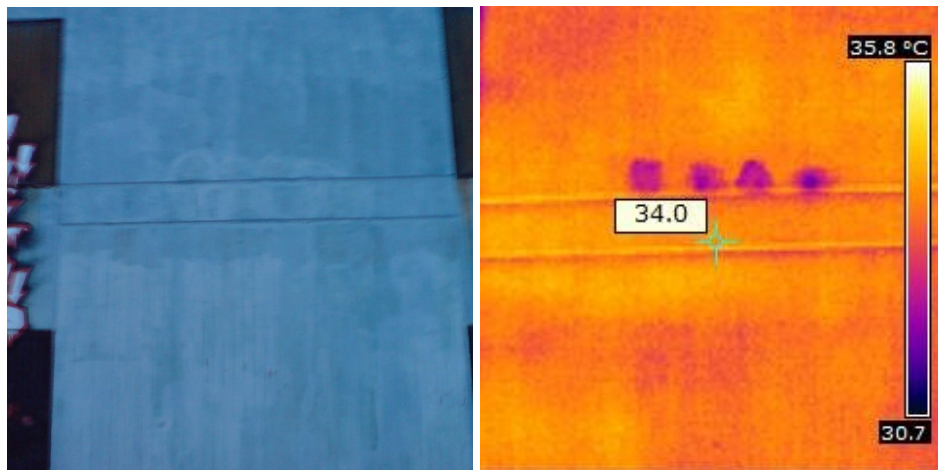


Εικόνα 5.2.24 Εξωτερική πρόσοψη του δώματος του κτιρίου





Εικόνα 5.2.25 Εξωτερική πρόσοψη της ταράτσας του κτιρίου



Εικόνα 5.2.26 Εξωτερική πρόσοψη της ταράτσας του κτιρίου

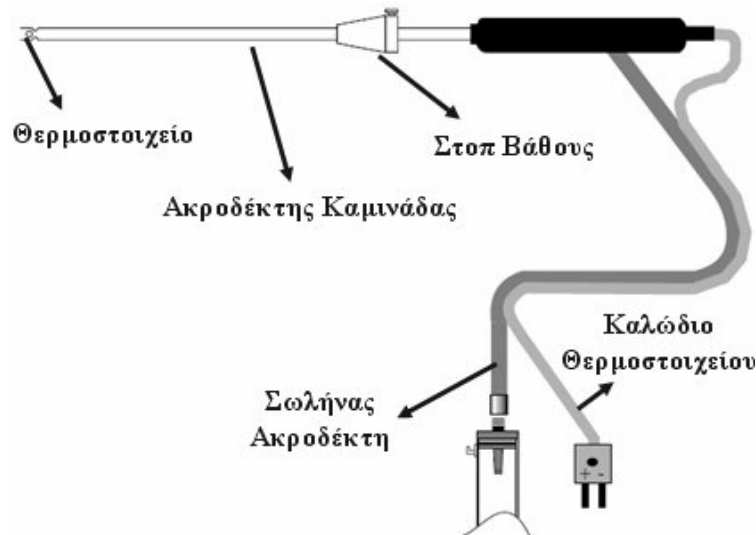
Όπως φαίνεται από τις θερμοφωτογραφίες η υγρασία συγκεντρώνεται στο επίπεδο του δώματος στην ευθεία τομής του με τον κατακόρυφο τοίχο, στους αρμούς των κουφωμάτων και τις εσοχές του κτιρίου (συχνά αυτά τα δύο είναι αλληλένδετα, αφού πολλές από τις εσοχές καταλήγουν σε αρμούς) όπου είναι πιο εύκολο να συσσωρευτεί νερό. Στην τελευταία εικόνα, τα σκούρα στίγματα υποδηλώνουν την ύπαρξη υγρασίας που πιθανόν οφείλεται στο ότι το 'μπάλωμα' σε εκείνη την περιοχή έχει γίνει με πιο απορροφητικό υλικό απ' ότι ο υπόλοιπος τοίχος. Η υγρομόνωση θα αποτελούσε μια λύση στο πρόβλημα καθώς θα απέτρεπε την κατακράτηση υγρασίας.

### 5.2.3 Αναλυτής καυσαερίων

#### 5.2.3.1 Γενικά στοιχεία

Ο αναλυτής καυσαερίων χρησιμοποιείται για τη μέτρηση της απόδοσης καύσης του λέβητα και της ανάλυσης των καυσαερίων.

Η διαδικασία που ακολουθείται γι' αυτές τις μετρήσεις είναι η εξής: εισάγεται ο ακροδέκτης καμινάδας περίπου μέχρι το μέσο της καπνοδόχου, οπότε και αρχίζει η δειγματοληψία των καυσαερίων χάρη στο θερμοστοιχείο που βρίσκεται στο άκρο του ακροδέκτη. Το βάθος στο οποίο θα εισαχθεί ο ακροδέκτης ρυθμίζεται με τη βοήθεια ενός στοπ βάθους που μπορεί να μετακινηθεί κατά μήκος του ακροδέκτη και να σταθεροποιηθεί στο επιθυμητό σημείο. Αυτά εικονίζονται και στο επόμενο σχήμα.



Σχήμα 5.2.1 Σύνδεση ακροδέκτη

Το ιδανικό σημείο δειγματοληψίας είναι τουλάχιστον δύο διαμέτρους του καπνοσωλήνα κατάντη οποιασδήποτε γωνιάς. Με ζυγοσταθμισμένους τους καπνοσωλήνες, ο ακροδέκτης πρέπει να έχει τοποθετηθεί αρκετά μακριά μέσα στον καπνοσωλήνα, έτσι ώστε να μην υπάρχει περίπτωση να πισωγυρίσει ο αέρας μέσα στον «ακροδέκτη».

Όταν ο ακροδέκτης βρίσκεται σε σημείο όπου δεν υπάρχει επαρκής «καθαρός αέρας», στον αναλυτή θα εμφανίζεται χαμηλή ένδειξη οξυγόνου ή χαμηλή ένδειξη «Poison Index».

Οι στιγμιαίες μετρήσεις φαίνονται – όπως και στην περίπτωση του υγρασιόμετρου – στην οθόνη του αναλυτή, η οποία μπορεί να απεικονίσει μέχρι 8 ταυτόχρονες ενδείξεις. Μπορεί επίσης να απεικονίζεται και η μέση τιμή των μετρήσεων για το χρονικό διάστημα που ο αναλυτής παραμένει συνδεδεμένος με τον λέβητα.

Ο αναλυτής που χρησιμοποιήθηκε φαίνεται στο σχήμα που ακολουθεί.



**Σχήμα 5.2.2 Ηλεκτρονικός Αναλυτής Καυσαερίων KANE 900 PLUS**

Αφού γίνει η δειγματοληψία, γίνεται ανάλυση των καυσαερίων ούτως ώστε να υπολογιστούν η περιεκτικότητα τους σε αιθάλη (καπνό), μονοξείδιο του άνθρακα (CO), διοξείδιο του άνθρακα (CO<sub>2</sub>), O<sub>2</sub>, διοξείδιο του θείου (SO<sub>2</sub>), οξειδία του αζώτου (NO<sub>x</sub>), και υδρογονάνθρακες (HC), ουσίες που δημιουργούν ατμοσφαιρική ρύπανση. Ωστόσο, στο κτίριο των Χημικών, χρησιμοποιείται ως καύσιμο το φυσικό αέριο αντί του πετρελαίου, του οποίου τα καυσαέρια περιέχουν λιγότερα οξείδια του Αζώτου όπως και μικρότερες ποσότητες μονοξειδίου του άνθρακα. Η καύση του είναι καθαρή και πρακτικά δεν εκπέμπει αιθάλη και αιωρούμενα σωματίδια.

Επιπλέον, εφόσον επιτευχθεί η σωστή δειγματοληψία, προσδιορίζεται και ο δείκτης αιθάλης των καυσαερίων του καυστήρα. Ο αναλυτής καυσαερίων είναι πλήρως αυτοματοποιημένος, ώστε τοποθετώντας το ειδικό χάρτινο φίλτρο στο ακροστοιχείο δειγματοληψίας του να προκύψει κατευθείαν η μέτρηση του δείκτη αιθάλης συγκρίνοντάς τον με το πρότυπο έντυπο της κλίμακας Bacharach. Οι μετρήσεις προσδιορισμού του δείκτη αιθάλης των καυσαερίων αξιολογούνται οπτικά τοποθετώντας το χάρτινο ειδικό φίλτρο κάτω από την κλίμακα σύγκρισεως του δείκτη αιθάλης έτσι ώστε η κηλίδα της αιθάλης να καλύπτει τελείως μια οπή της κλίμακας σύγκρισεως. Η πλησιέστερη προς της κηλίδα της αιθάλης σε βαθμό μαυρίσματος επιφάνεια της κλίμακας σύγκρισης, δίνει το δείκτη αιθάλης.

Επίσης, υπολογίζεται και η απόδοση καύσης του αναλυτή, που εκφράζει το ποσοστό της ενέργειας του καυσίμου που αποδίδεται σαν χρήσιμη θερμική ενέργεια. Αναλυτικότερα, σε μια ορισμένη ποσότητα καυσίμου που καταναλώνεται αντιστοιχεί παραγωγή μιας μέγιστης ποσότητας θερμότητας, που μεταφέρεται στο νερό του λέβητα. Στην πράξη ωστόσο, το σύστημα καυστήρα - λέβητα ποτέ δεν μπορεί να εκμεταλλευτεί ολόκληρη αυτή τη θερμογόνα δύναμη του καυσίμου, αλλά μόνο ένα ποσοστό, καθώς υπάρχουν κάποιοι παράγοντες όπως οι απώλειες από τα

τοιχώματα του λέβητα, η θέρμανση κάποιας ποσότητας αέρα, η ατελής καύση και η απαγωγή θερμών καυσαερίων στο περιβάλλον που αναστέλλουν την εξολοκλήρου μετατροπή του καυσίμου σε θερμική ενέργεια. Το ποσοστό εκμετάλλευσης της ενέργειας του καυσίμου λέγεται βαθμός απόδοσης και αποτελεί μια καθοριστική παράμετρο της καλής και οικονομικής λειτουργίας μιας εγκατάστασης κεντρικής θέρμανσης. Ο βαθμός απόδοσης της καύσης επηρεάζεται από όλα τα χαρακτηριστικά της καύσης, όπως περίσσεια αέρα, περιεκτικότητα σε CO, αιθάλη, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, αλλά κυρίως από τις τιμές ποσοστού του CO<sub>2</sub>, και της θερμοκρασίας εξόδου των καυσαερίων. Όσο μεγαλύτερο είναι το CO<sub>2</sub> και χαμηλότερη η θερμοκρασία των καυσαερίων, τόσο μεγαλύτερος είναι ο βαθμός απόδοσης.

### 5.2.3.2 Επεξεργασία αποτελεσμάτων μέτρησης

Τα αποτελέσματα της ανάλυσης των καυσαερίων βρίσκονται στον επόμενο πίνακα. Όπως φαίνεται και απ' τον πίνακα, στο λεβητοστάσιο του κτιρίου των Χημικών υπάρχουν δύο λέβητες, οι οποίοι τέθηκαν λίγο πριν τη μέτρηση σε λειτουργία, καθώς την περίοδο που έγιναν οι μετρήσεις δε λειτουργούσε η κεντρική θέρμανση.

**Πίνακας 5.2.1 Αποτελέσματα ανάλυσης καυσαερίων του συστήματος λέβητα-καυστήρα**

ΜΕΤΡΟΥΜΕΝΑ ΜΕΓΕΘΗ	ΚΤΙΡΙΟ ΧΗΜΙΚΩΝ ΛΕΒΗΤΑΣ I	ΚΤΙΡΙΟ ΧΗΜΙΚΩΝ ΛΕΒΗΤΑΣ II
	<b>850 Mcal/h</b>	<b>770 Mcal/h</b>
<b>DATE</b>	16-04-10	16-04-10
<b>TIME</b>	12:01:08	12:14:36
<b>FUEL</b>	Φ.Α.	Φ.Α.
<b>NET (Καθαρή θερμοκρασία)</b>	194 °C	180 °C
<b>FLUE (Θερμοκρασία καυσαερίων)</b>	218 °C	205 °C
<b>AMBIENT (Θερμοκρασία καθαρού αέρα)</b>	24.2 °C	25.1 °C
<b>O<sub>2</sub></b>	4.5 %	7.4 %
<b>CO<sub>2</sub></b>	9.3 %	7.7 %
<b>SMOKE (Brigon smoke scale 0-9)</b>	0	0
<b>CO</b>	0 ppm	0 ppm
<b>NO</b>	54 ppm	37 ppm
<b>NO<sub>x</sub></b>	56 ppm	38 ppm
<b>SO<sub>2</sub></b>	0 ppm	0 ppm
<b>λ (περίσσεια αέρα)</b>	1.27	1.55
<b>CO/CO<sub>2</sub> INDEX (Pindex)</b>	0.00 %	0.00 %



LOSSES	8.1 %	9.1 %
ΑΠΟΔΟΣΗ ΚΑΥΣΗΣ EFF (N)*	91.9 %	90.9 %

Από τα αποτελέσματα των μετρήσεων προκύπτει ότι η απόδοση καύσης είναι αρκετά καλή και στους 2 λέβητες, δεδομένου ότι με ελάχιστη απαιτούμενη απόδοση 80% και οι 2 λέβητες έχουν απόδοση γύρω στο 91%.

Επίσης, η ποσότητα οξυγόνου είναι μέτρια στον λέβητα I και υψηλότερη στον λέβητα II, γεγονός το οποίο εξηγείται βάσει της περίσσειας αέρα στον κάθε λέβητα. Περίσσεια αέρα είναι ο λόγος του παρεχόμενου αέρα στον καυστήρα προς τον στοιχειομετρικά απαιτούμενο για ιδανική καύση. Όπως διαπιστώνεται και από τις μετρήσεις, όσο μεγαλύτερη είναι η περίσσεια αέρα τόσο μεγαλύτερη είναι και η ποσότητα οξυγόνου. Έτσι, στον λέβητα I, η περίσσεια αέρα κυμαίνεται στο 1,27 και η ποσότητα οξυγόνου στο 4,5%, ενώ στον λέβητα II η περίσσεια αέρα είναι 1,55 με αντίστοιχη ποσότητα οξυγόνου 7,4%.

Αντιθέτως, το ποσοστό του διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>) που περιέχεται στα καυσαέρια είναι αντιστρόφως ανάλογο της περίσσειας αέρα (εδώ είναι 9,3 και 7,7% στον λέβητα I και στον λέβητα II αντίστοιχα). Δηλαδή όσο πιο υψηλό είναι το ποσοστό CO<sub>2</sub>, τόσο η καύση πλησιάζει την τέλεια (μικρή περίσσεια αέρα).

Η ποσότητα CO είναι μηδενική, γεγονός που αποδεικνύει ότι η καύση είναι πάρα πολύ καλή. Το γεγονός ότι η καύση είναι καλή αποδεικνύεται και από το μηδενικό δείκτη αιθάλης της κλίμακας Bacharach που προσδιορίζει την αιθάλη (καπνό) που εμπεριέχεται στα καυσαέρια. Λίγη αιθάλη σημαίνει καλή καύση και συνεπώς λίγη ρύπανση.

Η θερμοκρασία καυσαερίων πρέπει να είναι πάνω από μία τέτοια θερμοκρασία έτσι ώστε να αποφεύγονται οι συμπυκνώσεις των καυσαερίων που οδηγούν σε διαβρώσεις και επίσης όχι πολύ υψηλή για να μην αυξάνονται οι θερμικές απώλειες των καυσαερίων. Και στους δύο λέβητες είναι μέσα στα όρια καλής λειτουργίας έτσι ώστε να μην γίνεται συμπύκνωση υδρατμών. Η θερμοκρασία εξόδου των καυσαερίων είναι ενδεικτική του θερμικού περιεχομένου και του βαθμού αξιοποίησής τους.

Γενικά, η υψηλή θερμοκρασία καυσαερίων αποδίδεται κυρίως σε κακές συνθήκες λειτουργίας του λέβητα οι οποίες οφείλονται κυρίως:

- Στην πολύ μικρή ή μεγάλη περίσσεια αέρα καύσης.
- Στις αποθέσεις πάνω στους αυλούς είτε από την πλευρά του νερού είτε από την πλευρά της καύσης.
- Στην λειτουργία του λέβητα σε μεγαλύτερο από το κανονικό φορτίο.

- Στην κακή ρύθμιση του καυστήρα ή χρησιμοποίηση ακατάλληλου καυστήρα για τον υπάρχοντα τύπο λέβητα και καυσίμου.

Από την περίσσεια αέρα καθώς και από τη θερμοκρασία καυσαερίων εξαρτάται και η ποσότητα NO που πρέπει να είναι όσο το δυνατόν χαμηλότερη. Η ποσότητα SO<sub>2</sub> εξαρτάται κυρίως από την περιεκτικότητα θείου στο καύσιμο και θα πρέπει επίσης να είναι όσο το δυνατόν μικρότερη.

Από τα μεγέθη που αναφέρθηκαν, το μοναδικό που πιθανώς να χρειάζεται μια μικρή βελτίωση είναι η περίσσεια αέρα, η οποία θα πρέπει να μειωθεί κυρίως στο λέβητα II και λιγότερο στο λέβητα I. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με ρύθμιση της αναλογίας αέρα / καυσίμου σε κανονικά επίπεδα. Με αυτό το μέτρο όχι μόνο θα μειωθεί η περίσσεια αέρα άρα και οι απώλειες από τα καυσαέρια, αφού η περίσσεια αέρα προκαλεί διαφυγή μεγαλύτερης ποσότητας θερμότητας στο περιβάλλον, αλλά ταυτόχρονα θα μειωθεί ακόμα περισσότερο η ήδη ικανοποιητική θερμοκρασία καυσαερίων και θα αυξηθεί η απόδοση της καύσης.

Ωστόσο, εν γένει, η λειτουργία του συστήματος είναι πολύ καλή και αυτό οφείλεται στο ότι η συντήρηση των λεβήτων γίνεται ανά τακτά χρονικά διαστήματα. Αναλυτικότερα, η συντήρηση όλης της εγκατάστασης (καυστήρα – λέβητα – καπνοδόχου) γίνεται τουλάχιστον μια φορά το χρόνο και εν γένει μετά τη λήξη της περιόδου θέρμανσης (δηλαδή Απρίλιο - Μάιο) που αποτελεί άλλωστε τον καταλληλότερο χρόνο διεξαγωγής της συντήρησης, καθώς έχει ως αποτέλεσμα να μη μένουν τα κατάλοιπα της καύσης κατά την περίοδο του καλοκαιριού, οπότε είναι πιο δύσκολος ο καθαρισμός και υπάρχει κίνδυνος διάβρωσης των εσωτερικών τοιχωμάτων του λέβητα.

Αναλυτικότερα, στο λέβητα πρέπει να γίνονται:

- Καθαρισμός της θερμαντικής εσωτερικής επιφάνειας και των αεριαυλών με συρμάτινες βούρτσες.
- Στεγανοποίηση τυχόν διαρροών καυσαερίων.

Στον καυστήρα πρέπει να γίνονται:

- Καθαρισμός του ακροφυσίου (μπεκ) του καυστήρα ή αντικατάστασή του, αν διαπιστωθεί ότι είναι μικρό ή μεγάλο για το λέβητα ή έχει συμπληρώσει τον αριθμό ωρών λειτουργίας, που προδιαγράφει ο κατασκευαστής του.
- Καθαρισμός της κεφαλής καύσης και του στροβιλιστή.
- Καθαρισμός και έλεγχος των ηλεκτροδίων ανάφλεξης και του φωτοστοιχείου.

- Καθαρισμός της αντλίας φυσικού αερίου και των φίλτρων φυσικού αερίου στη σωληνογραμμή, που φέρνει το καύσιμο από τη δεξαμενή στον καυστήρα.
- Καθαρισμός των πτερυγίων του ανεμιστήρα.

Στην καπνοδόχο πρέπει να γίνονται:

- Επιμελημένος και τακτικός καθαρισμός του καπναγωγού και της καπνοδόχου από τις κάπνες, τουλάχιστον κάθε δύο (2) χρόνια.

Άλλες εργασίες γενικής συντήρησης, που διευκολύνουν την καλή λειτουργία της κεντρικής θέρμανσης είναι οι ακόλουθες:

- Αποκατάσταση της θερμομόνωσης της εξωτερικής επιφάνειας του λέβητα και των σωληνώσεων του λεβητοστάσιου, αν έχουν καταστραφεί.
- Καθαρισμός της δεξαμενής φυσικού αερίου από σκουριές, λάσπες, νερό κλπ. μετά την εκκένωσή της, τουλάχιστον κάθε τρία (3) χρόνια.
- Απομάκρυνση των καπνοσυλλεκτών, αν υπάρχουν, από τις ταράτσες.

## **5.2.4 Αναλυτής ηλεκτρικής ενέργειας**

### **5.2.4.1 Γενικά στοιχεία**

Ο αναλυτής ηλεκτρικής ενέργειας είναι ένα όργανο που χρησιμοποιείται για τις μετρήσεις ηλεκτρικών μεγεθών. Για τη διεξαγωγή των μετρήσεων συνδέεται στον ηλεκτρικό πίνακα. Συγκεκριμένα αποτελείται από 4 καλώδια, τα οποία συνδέονται στις 3 φάσεις και στον ουδέτερο. Ο έλεγχος της σωστής συνδεσμολογίας γίνεται αυτόματα από τον αναλυτή ηλεκτρικής ενέργειας.



**Εικόνα 5.2.42 Αναλυτής ηλεκτρικής ενέργειας**

Οι μετρήσεις περιλαμβάνουν στιγμιαίες και προγραμματισμένης διάρκειας μετρήσεις ανά φάση και στο σύνολο τάσης, έντασης, φαινόμενης αέργου και ενεργού ισχύος, συνφ, ενέργειας. Οι μετρήσεις είναι στιγμιαίες και ανανεώνονται κάθε 20 δευτερόλεπτα, επίσης υπάρχει η δυνατότητα αποθήκευσης των μετρήσεων στη μνήμη (memory pack) για μεγάλο χρονικό διάστημα. Εκτός από τις προγραμματισμένης διάρκειας μετρήσεις, ο αναλυτής ενέργειας προσφέρει και στιγμιαίες μετρήσεις.

Οι αποθηκευμένες στη μνήμη (memory pack) μετρήσεις αναλύονται και επεξεργάζονται με το λογισμικό πακέτο FLUKE Power Log 2.9 Software. Από τα αποτελέσματα αυτά δημιουργούνται γραφήματα στα οποία απεικονίζεται η απορρόφηση ισχύος κατά την χρονική περίοδο της μέτρησης καθώς και η διακύμανση του συνφ. Επίσης αναγράφεται και η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας σε kWh του μετρούμενου μηχανήματος για την συγκεκριμένη χρονική περίοδο καθώς και η άεργος ισχύς ανά φάση και στο σύνολο των τριών φάσεων.

Για τους σκοπούς της ενεργειακής επιθεώρησης στο κτίριο των Χημικών Μηχανικών, ο αναλυτής ενέργειας συνδέθηκε στους πίνακες φωτισμού και κίνησης που εξυπηρετούν τις πτέρυγες Η, Α και Ζ του κτιρίου μία βδομάδα μέσα στον Ιούνιο του 2010 και στον πίνακα κίνησης μία βδομάδα μέσα στον Ιούλιο του 2010, καθώς θεωρήθηκε ότι η κατανάλωση για το φωτισμό είναι ίδια με του Ιουνίου. Με αυτόν τον τρόπο προέκυψαν δεδομένα από τον πίνακα κίνησης και τον πίνακα φωτισμού ξεχωριστά.

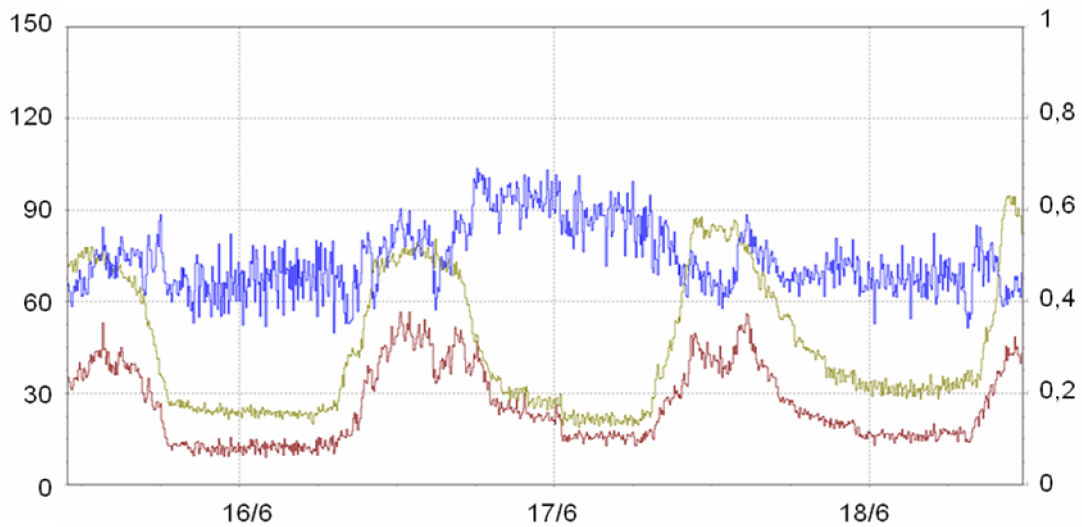
#### **5.2.4.2 Χρήση του αναλυτή ηλεκτρικής ενέργειας**

- **Ενεργός ισχύς, άεργος ισχύς και συντελεστής ισχύος**

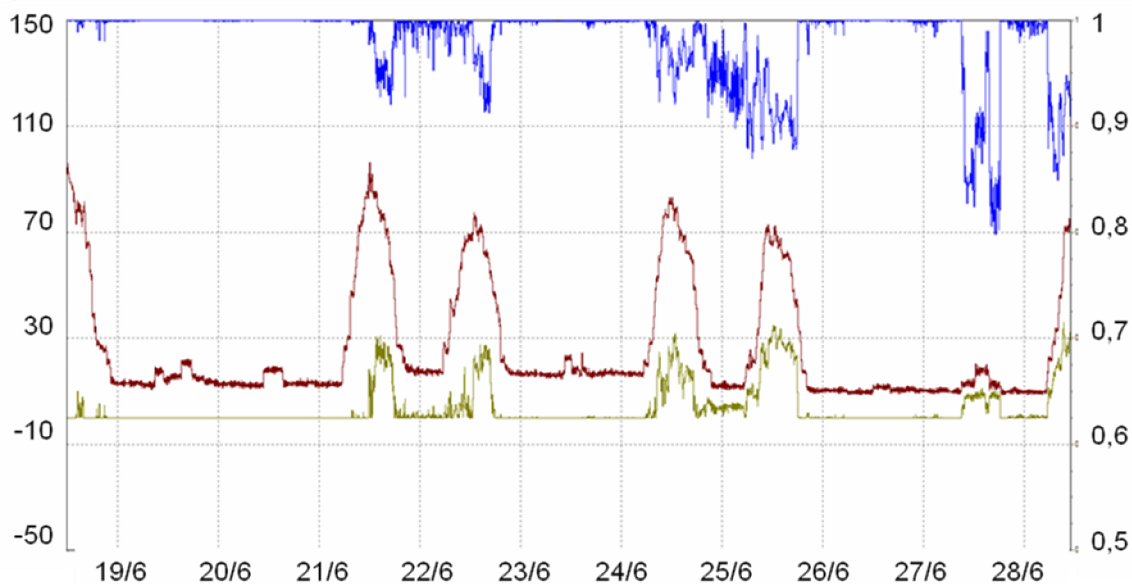
Η ανάλυση των δεδομένων συνοδεύεται και από τη γραφική τους απεικόνιση, που βοηθά ιδιαίτερα στη σύγκριση μεγεθών μεταξύ τους. Στο κεφάλαιο αυτό

παρουσιάζονται και σχολιάζονται τα γραφήματα των διακυμάνσεων της καταναλισκόμενης και απορροφούμενης ισχύος, κατά τη διάρκεια των 2 εβδομάδων που αναφέρθηκαν, όλων των ειδών εγκατεστημένου εξοπλισμού (ηλεκτρονικών υπολογιστών και λοιπών συσκευών γραφείου, κλιματιστικών σωμάτων, οικιακών συσκευών και εργαστηριακού εξοπλισμού και ξεχωριστά των φωτιστικών σωμάτων), όπως επίσης και της διακύμανσης του συντελεστή ισχύος, αλλά και αυτά της τάσης και του ρεύματος (ανά φάση). Σε όλα τα διαγράμματα απεικονίζονται οι μέσες τιμές των μεγεθών.

Αρχικά παρουσιάζονται τα διαγράμματα του συντελεστή ισχύος, της ενεργού ισχύος (ισχύς που καταναλώνεται) και της άεργου ισχύος (ισχύς που απορροφάται) που προέκυψαν από τη σύνδεση του αναλυτή με τον πίνακα κίνησης την περίοδο Τρίτη 15/6 – Παρασκευή 18/6 και τον πίνακα φωτισμού την περίοδο Παρασκευή 18/6 – Δευτέρα 28/6.



**Διάγραμμα 5.1 Μέση ενεργός και άεργος ισχύς και διακύμανση  $\cos\phi$  της εβδομάδας του Ιουνίου (φορτία κίνησης)**



**Διάγραμμα 5.2 Μέση ενεργός και άεργος ισχύς και διακύμανση  $\cos\phi$  της εβδομάδας του Ιουνίου (φορτία φωτισμού)**

Από το διάγραμμα 5.1 παρατηρείται ότι η κατανάλωση για τα φορτία κίνησης το εν λόγω διάστημα ακολούθησε φυσιολογική πορεία. Οι αυξομειώσεις της ενεργού και άεργου ισχύος ήταν εν γένει ομοιόμορφες. Η κατανάλωση άρχισε να αυξάνεται κατά τις 08:00 το πρωί, οπότε και άρχισε το ωράριο εργασίας και αυξανόταν σταδιακά καθώς πλήθαινε ο αριθμός των ατόμων που προσέρχονταν στο κτίριο και έκαναν χρήση των εγκαταστάσεων και ειδικά των κλιματιστικών σωμάτων που γίνονται περισσότερο αναγκαία καθώς πλησιάζουν οι μεσημεριανές ώρες. Στην αυξημένη χρήση των κλιματιστικών λόγω υψηλής θερμοκρασίας αποδίδεται το ότι η κατανάλωση αποκτά τη μέγιστη τιμή της περίπου στις 14:00, ενώ αρχίζει να μειώνεται μετά τις 18:00, όταν οι περισσότεροι χρήστες έχουν αποχωρήσει από το κτίριο.

Αυτή η εικόνα επαναλαμβάνεται σε γενικές γραμμές όλες τις μέρες των μετρήσεων.

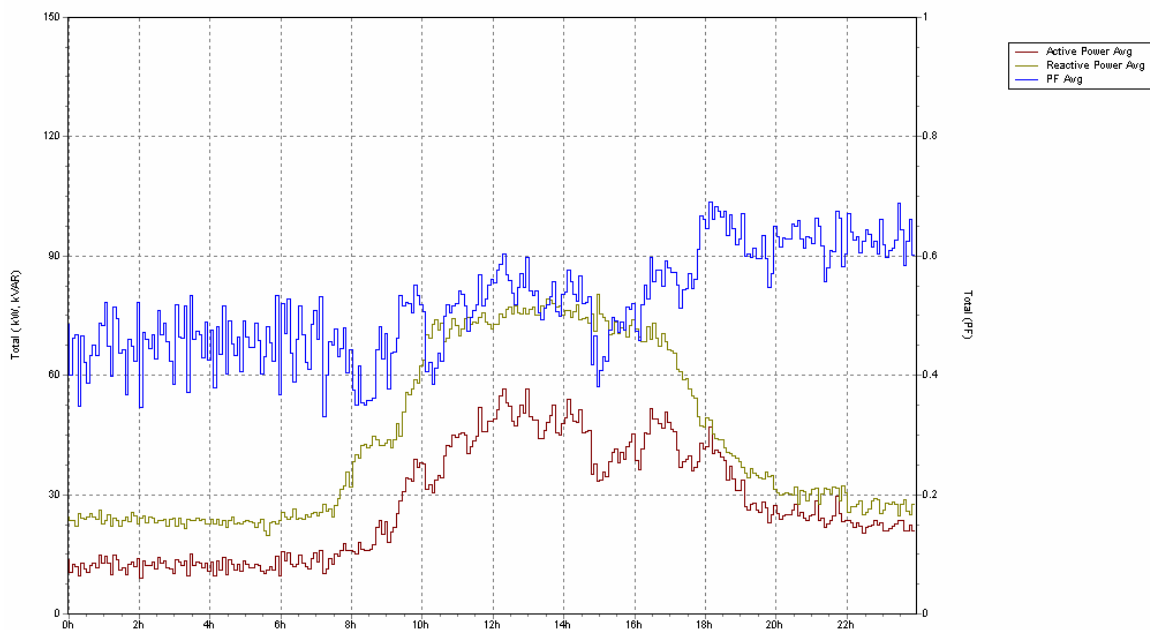
Από το διάγραμμα 5.2 παρατηρείται ότι ο φωτισμός ακολουθεί μια πορεία ανάλογη των φορτίων κίνησης, με τη διαφορά ότι η αύξηση της κατανάλωσης για φωτισμό αρχίζει τις καθημερινές από τις 06:00 το πρωί αντί για τις 08:00 που αρχίζει η αύξηση της κατανάλωσης για τα φορτία κίνησης, προφανώς λόγω της λειτουργίας των φωτιστικών σωμάτων στους κοινόχρηστους χώρους. Παρατηρείται ότι στις 19 και 20/6, καθώς και στις 26 και 27/6 η κατανάλωση μειώνεται αισθητά, γεγονός το οποίο οφείλεται στο ότι αυτές οι μέρες αντιστοιχούν σε σαββατοκύριακα, όταν το κτίριο υπολειτουργεί, αφού η πλειοψηφία των χώρων παραμένουν κλειστοί. Η μικρή αύξηση της κατανάλωσης κάποιες ώρες μέσα στο σαββατοκύριακο οφείλεται στο ότι ορισμένοι χρήστες εξακολουθούν να δουλεύουν και αυτές τις μέρες. Μειωμένη κατανάλωση παρατηρείται και την Τετάρτη 23/6, λόγω της 24ωρης απεργίας.



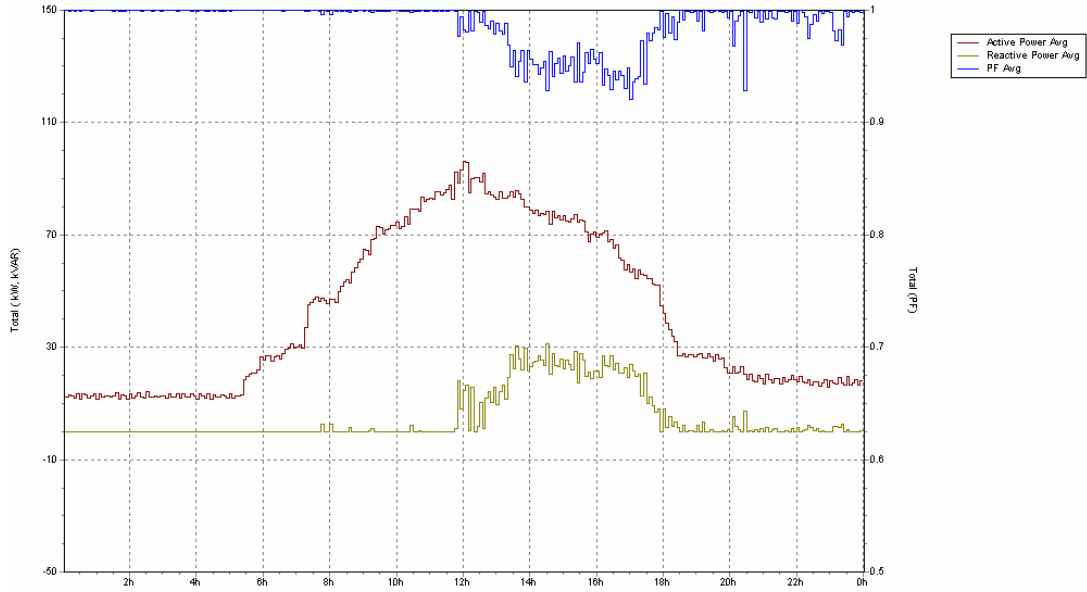
Επίσης, παρατηρείται και από τα δύο διαγράμματα πως το φορτίο που καταναλώνεται κατά τη διάρκεια της νύχτας, παρόλο που είναι μειωμένο σε σχέση με της μέρας δεν είναι μηδενικό. Αυτό οφείλεται σε δύο βασικούς λόγους: α) στην περιττή χρήση του φωτισμού κάποιων διαδρόμων και κάποιων ημιωπαίθριων χώρων του κτιρίου και β) στη λειτουργία των servers και των ψυγείων. Πέρα βέβαια από αυτούς τους λόγους, ένα μικρό ποσοστό της νυχτερινής κατανάλωσης ενδέχεται να οφείλεται στη νυχτερινή λειτουργία κάποιων συσκευών (συσκευές γραφείου, ανεξάρτητα κλιματιστικά, οικιακές συσκευές) των οποίων οι χρήστες ξεχνούν να απενεργοποιήσουν.

Αναφορικά με το συντελεστή ισχύος, αυτό που διαπιστώνεται είναι ότι μεταβάλλεται ανάλογα με την ενεργό ισχύ. Έτσι, όταν η ενεργός ισχύς αυξάνεται ή μειώνεται, ο συντελεστής ισχύος ακολουθεί αντίστοιχη πορεία. Όπως παρατηρείται από τα διαγράμματα, ο συντελεστής ισχύος κυμαίνεται μεταξύ των τιμών 0,35 και 0,65 για τα φορτία κίνησης και μεταξύ των τιμών 0,8 και 1 για τα φορτία φωτισμού.

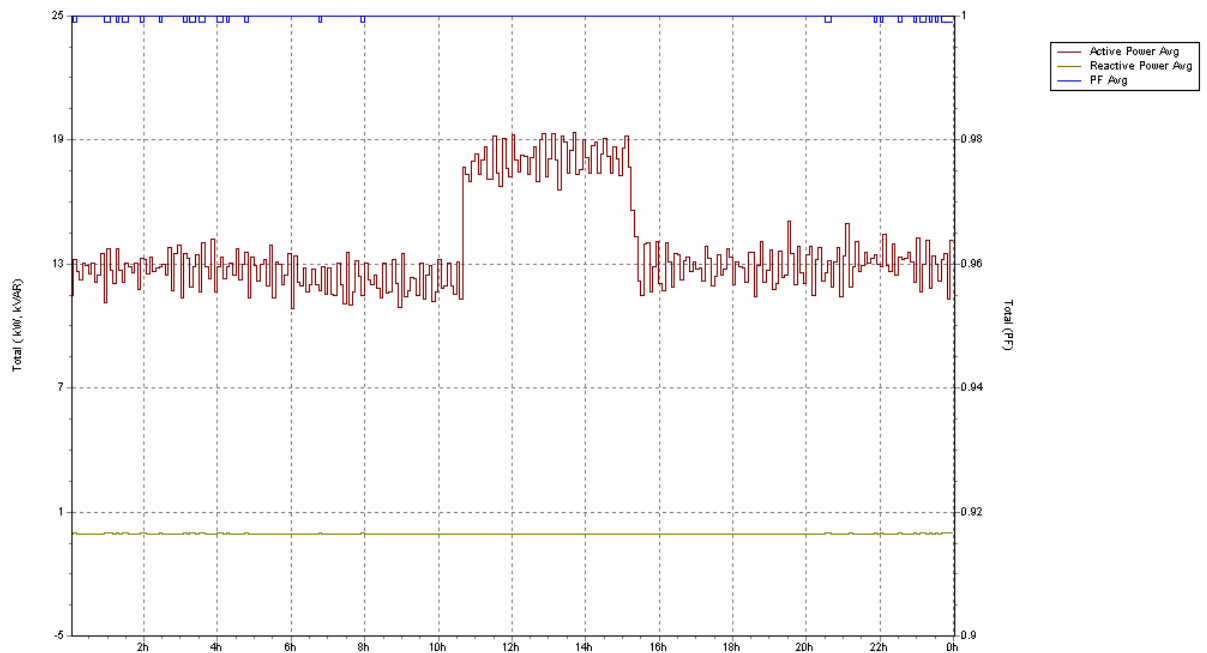
Η μεταβολή των τριών μεγεθών (συντελεστή ισχύος, ενεργού και άεργου ισχύος) μέσα σε μία μέρα φαίνεται πιο καθαρά στα επόμενα διαγράμματα.



**Διάγραμμα 5.3 Μέση ενεργός και άεργος ισχύς και διακύμανση  $\cos\phi$  μια καθημερινή μέρα του Ιουνίου (16/6) (φορτία κίνησης)**

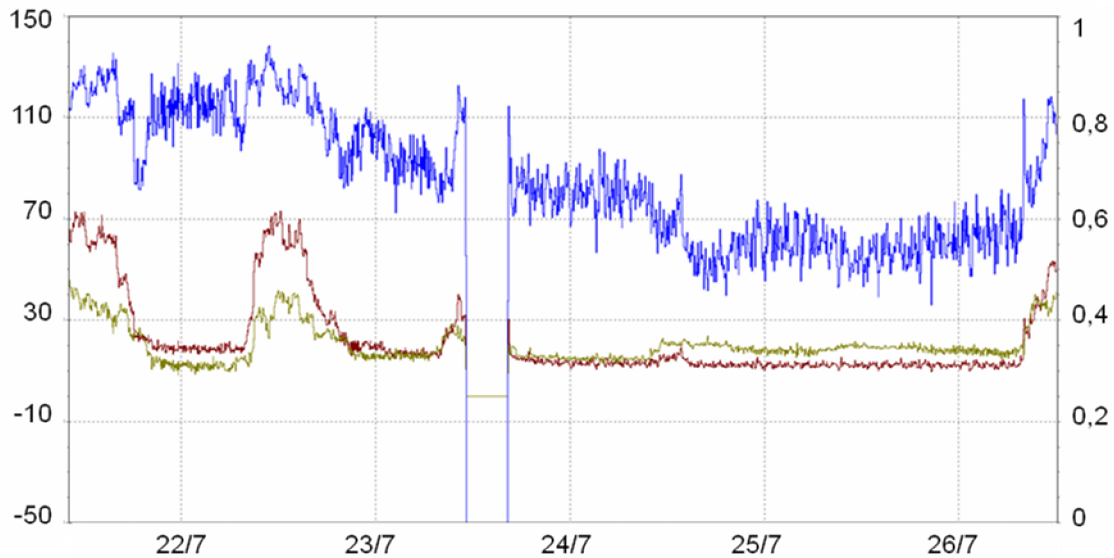


**Διάγραμμα 5.4 Μέση ενεργός και άεργος ισχύς και διακύμανση  $\cos\phi$  μια καθημερινή μέρα του Ιουνίου (21/6) (φορτία φωτισμού)**



**Διάγραμμα 5.5 Μέση ενεργός και άεργος ισχύς και διακύμανση  $\cos\phi$  μια Κυριακή του Ιουνίου (20/6) (φορτία φωτισμού)**

Ακολουθούν τα αντίστοιχα διαγράμματα (χωρίς αυτά για το φωτισμό) για το χρονικό διάστημα Τετάρτη 21/7 – Δευτέρα 26/7.



**Διάγραμμα 5.6 Μέση ενεργός και άεργος ισχύς και διακύμανση  $\cos\phi$  της εβδομάδας του Ιουλίου (φορτία κίνησης)**

Διαπιστώνεται ότι η κατανομή της κατανάλωσης τον Ιούλιο είναι πανομοιότυπη με αυτή του Ιουνίου.

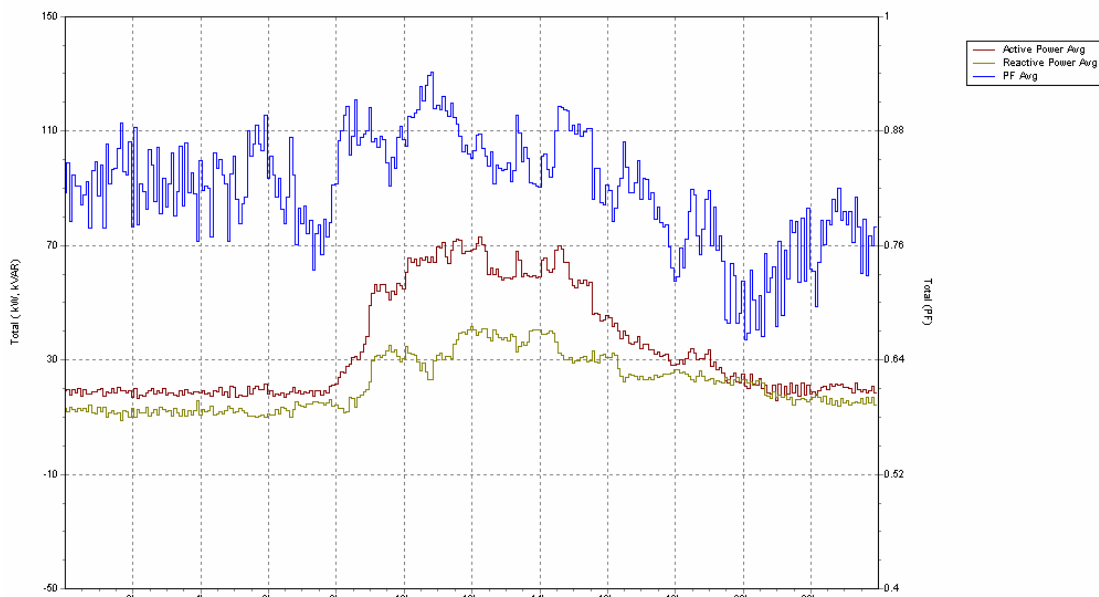
Ωστόσο, παρατηρείται ότι τον Ιούνιο υπήρχαν φορτία έντονα επαγωγικά (Διάγραμμα 5.1) τα οποία μειώθηκαν πολύ τον Ιούλιο (Διάγραμμα 5.6). Η ύπαρξη επαγωγικών φορτίων τον Ιούνιο φαίνεται (Διάγραμμα 5.1) και από το γεγονός ότι η ενεργός ισχύς (σε kW) ήταν χαμηλότερη της άεργου (σε kVAr). Αντιθέτως, τον Ιούλιο η κατάσταση αντιστρέφεται με σοβαρή μείωση των επαγωγικών φορτίων (Διάγραμμα 5.6). Αυτό φαίνεται από την κατανάλωση ενεργού ισχύος η οποία είναι χαμηλότερη (σε kW) από την άεργο (σε kVAr). Το περίεργο είναι ότι με τη μείωση των επαγωγικών φορτίων αναμένεται ταυτόχρονη μείωση της άεργου και σε μικρότερο βαθμό της ενεργού ισχύος. Παρατηρείται όμως (Διάγραμμα 5.6) ότι μειώθηκε μεν η άεργος ισχύος αλλά η ενεργός ισχύος όχι μόνο δεν μειώθηκε αλλά αυξήθηκε. Μια εικασία που θα μπορούσε να γίνει για τον Ιούλιο είναι ότι α) μειώθηκαν τα έντονα επαγωγικά φορτία (π.χ. κλιματιστικά) και β) αυξήθηκαν (ή προστέθηκαν) φορτία με λιγότερο έντονο (ή και καθόλου) επαγωγικό χαρακτήρα, δηλαδή φορτία με υψηλό συντελεστή ισχύος. Η μειωμένη χρήση των κλιματιστικών δεν είναι φυσιολογική, καθώς οι θερμοκρασίες του Ιουλίου είναι υψηλότερες από αυτές του Ιουνίου. Μια υπόθεση που θα μπορούσε να γίνει είναι ότι μετά τα μέσα Ιουλίου (περίοδος που τοποθετήθηκε ο αναλυτής) μειώνονται οι λειτουργίες της σχολής (δεν γίνονται εργαστήρια και μαθήματα, ενώ αρχίζει η σταδιακή αποχώρηση των εργαζομένων για διακοπές), οπότε γι' αυτό το λόγο μειώθηκε και η χρήση των κλιματιστικών. Επίσης, πιθανώς να τέθηκαν σε λειτουργία συστήματα χημικών διεργασιών με φούρνους οι οποίοι είναι ωμικά φορτία.

Ομοίως με πριν, ο μη μηδενισμός της κατανάλωσης τις βραδινές ώρες οφείλεται σε φορτία φωτισμού, εξυπηρετητών και ψυγείων που παραμένουν σε λειτουργία.

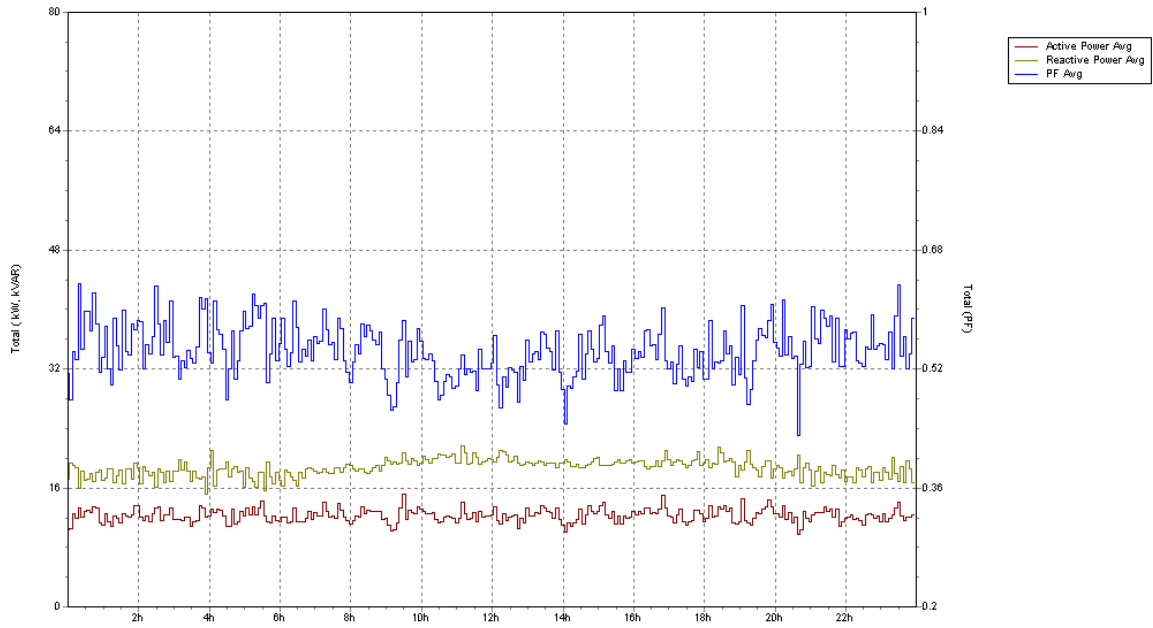
Η αύξηση των απαιτήσεων για άεργο ισχύ εξηγεί και τις πιο έντονες διακυμάνσεις του συντελεστή ισχύος. Συγκεκριμένα, ο συντελεστής ισχύος τον Ιούνιο (Διάγραμμα 5.1) ήταν πολύ χαμηλός (0,35-0,65) ενώ τον Ιούλιο (Διάγραμμα 5.6) ανέβηκε αισθητά (0,45-0,95). Είναι επίσης χαρακτηριστική η έντονη πτώση του συντελεστή ισχύος τις βραδινές ώρες που παρουσιάζονται κάθε μέρα της εβδομάδας, λόγω της μείωσης των φορτίων του κτιρίου. Στην αιτία αυτή αποδίδεται και η έντονη διακύμανση του συντελεστή ακόμα και το σαββατοκύριακο που το κτίριο υπολειτουργεί και τα φορτία που καταναλώνονται εκείνες τις μέρες είναι σαφώς μειωμένα. Για την αντιμετώπιση της πτώσης του συντελεστή ισχύος θα μπορούσε αν τοποθετηθεί αυτόματη συστοιχία πυκνωτών στο γενικό πίνακα χαμηλής τάσης, στην έξοδο του μετασχηματιστή μέσης τάσης. Με τη συστοιχία αυτή θα ρυθμίζεται αυτόματα το συνημίτονο σε τιμές πλησίον της μονάδας.

Παρατηρείται επίσης ότι την 23/07 συνέβη απότομος μηδενισμός της κατανάλωσης ενέργειας γεγονός που οφείλεται στην προγραμματισμένη διακοπή παροχής ηλεκτρικής ενέργειας για μερικές ώρες.

Η μεταβολή των τριών μεγεθών (συντελεστή ισχύος, ενεργού και άεργου ισχύος) μέσα σε μία μέρα φαίνεται πιο καθαρά στα επόμενα διαγράμματα.



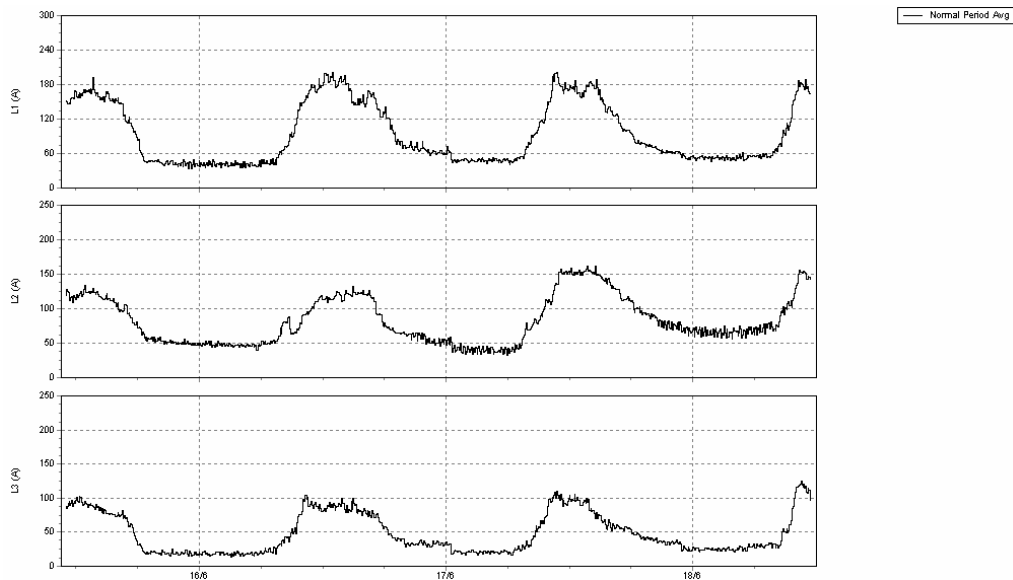
**Διάγραμμα 5.7 Μέση ενεργός και άεργος ισχύς και διακύμανση  $\cos\phi$  μια καθημερινή μέρα του Ιουλίου (22/7) (φορτία κίνησης)**



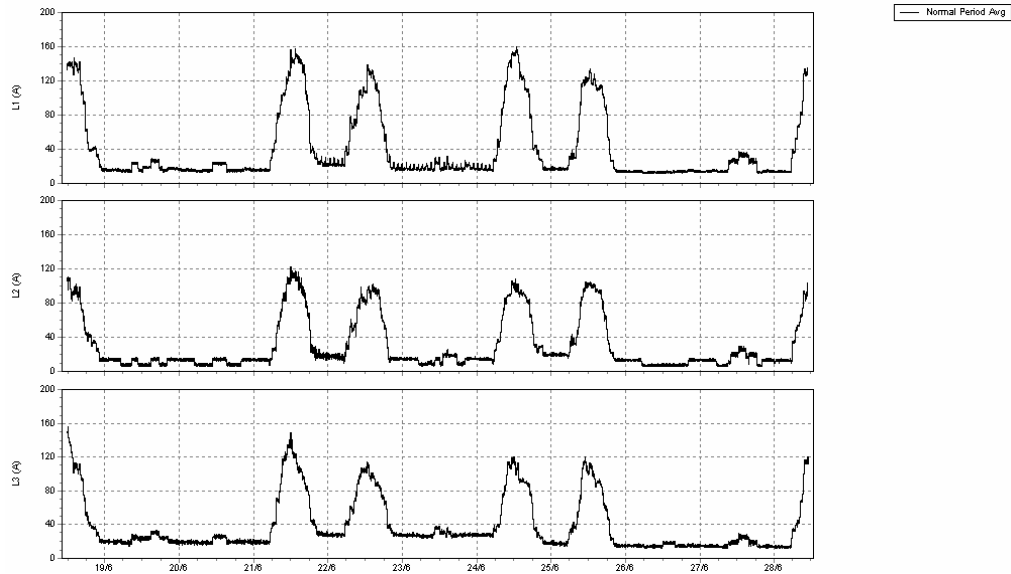
**Διάγραμμα 5.8 Μέση ενεργός και άεργος ισχύς και διακύμανση  $\cos\phi$  μία Κυριακή του Ιουλίου (25/7) (φορτία κίνησης)**

- **Ρεύμα και τάση ανά φάση**

Η μεταβολή του ανά φάση ρεύματος για κάθε μία από τις 3 φάσεις για τις 2 εβδομάδες του Ιουνίου και του Ιουλίου φαίνεται από τα ακόλουθα διαγράμματα.



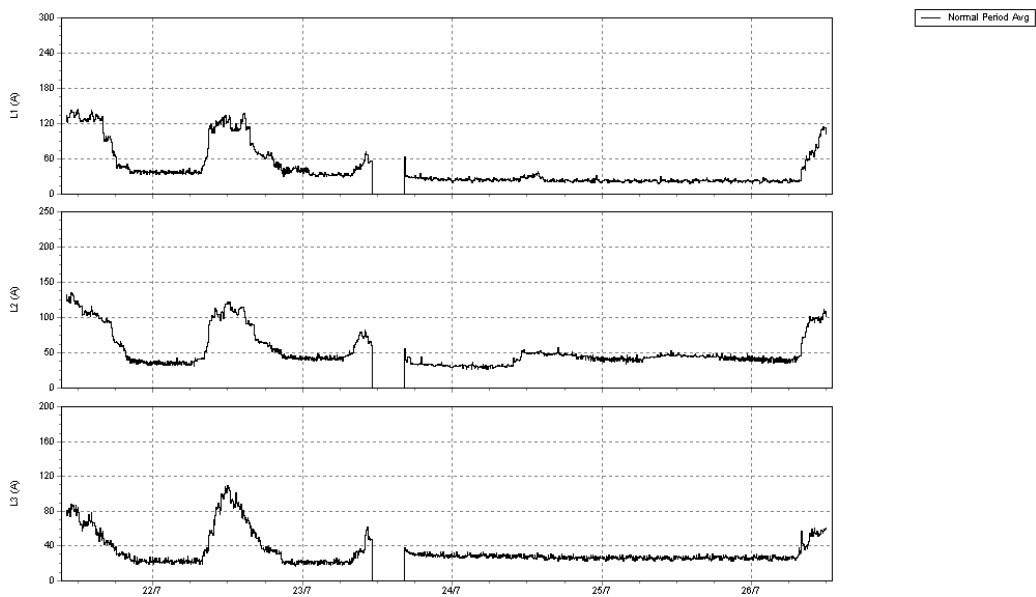
**Διάγραμμα 5.9 Διακύμανση της rms τιμής των ρευμάτων κάθε φάσης για την εβδομάδα του Ιουνίου (φορτία κίνησης)**



**Διάγραμμα 5.10 Διακύμανση της rms τιμής των ρευμάτων κάθε φάσης για την εβδομάδα του Ιουνίου (φορτία φωτισμού)**

Απ' τα παραπάνω διαγράμματα φαίνεται ότι οι 3 φάσεις δεν έχουν το ίδιο φορτίο, γεγονός φυσιολογικό καθώς στην πράξη το ρεύμα δεν είναι ποτέ ισοκατανεμημένο στις 3 φάσεις.

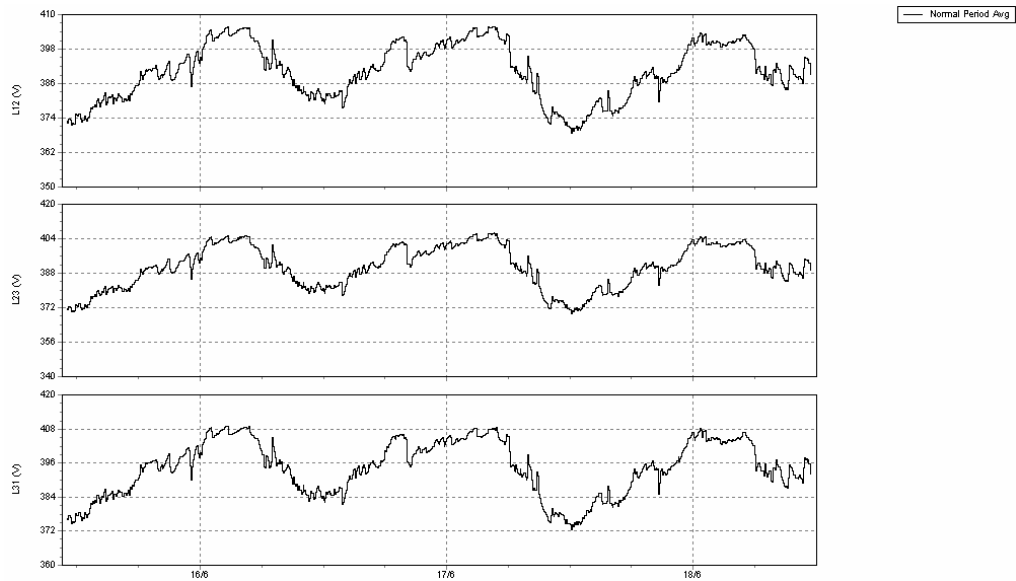
Συγκρίνοντας επίσης τα δύο προηγούμενα διαγράμματα με τα διαγράμματα της ενεργού ισχύος για τα αντίστοιχα φορτία διαπιστώνεται ότι διακυμάνσεις του μονοφασικού ρεύματος ακολουθούν σε γενικές γραμμές αυτές της ισχύος. Το ίδιο ισχύει και για τα διαγράμματα του Ιουλίου τα οποία και ακολουθούν.



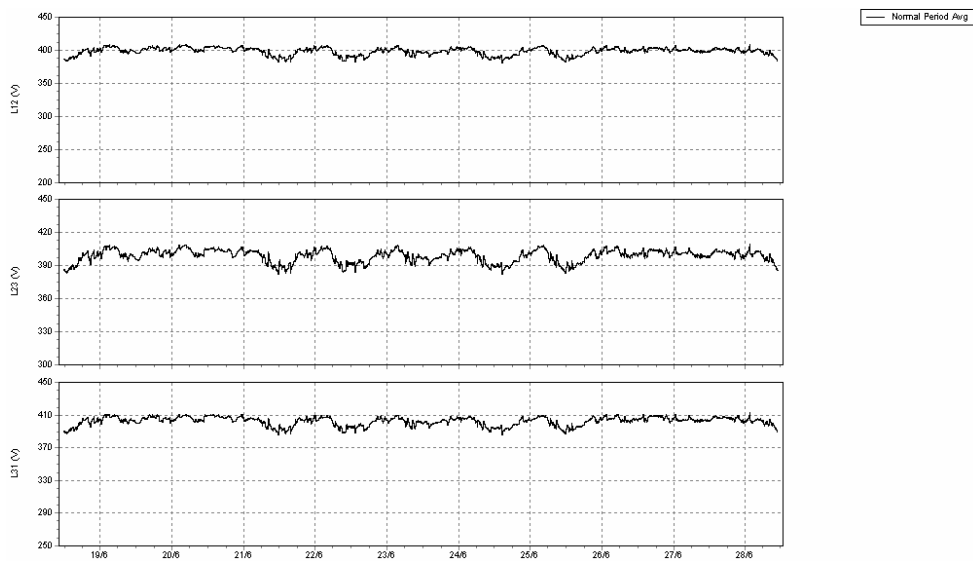
**Διάγραμμα 5.11 Διακύμανση της rms τιμής των ρευμάτων κάθε φάσης για την εβδομάδα του Ιουλίου (φορτία κίνησης)**



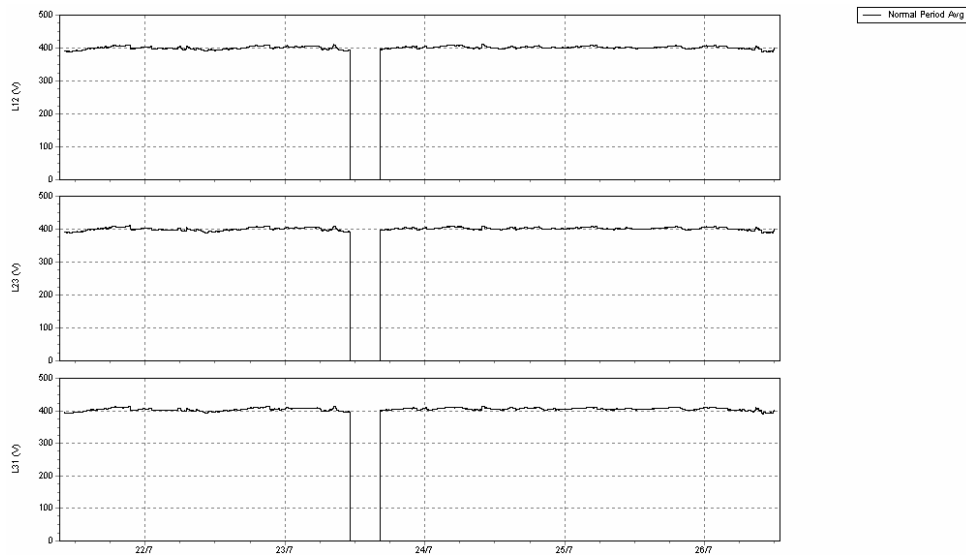
Η μεταβολή της ανά φάση τάσης για κάθε μία από τις 3 φάσεις για τις 2 εβδομάδες του Ιουνίου και του Ιουλίου φαίνεται από τα ακόλουθα διαγράμματα.



**Διάγραμμα 5.12 Διακύμανση της τάσης κάθε φάσης για την εβδομάδα του Ιουνίου (φορτία κίνησης)**



**Διάγραμμα 5.13 Διακύμανση της τάσης κάθε φάσης για την εβδομάδα του Ιουνίου (φορτία φωτισμού)**



**Διάγραμμα 5.14 Διακύμανση της τάσης κάθε φάσης για την εβδομάδα του Ιουλίου (φορτία κίνησης)**

Παρατηρείται (Διάγραμμα 5.12) ότι η πολική τάση μεταξύ των 3 φάσεων διατηρήθηκε σχεδόν σταθερή στο αναμενόμενο επίπεδο  $U_{\Pi} = \sqrt{3} \cdot U_{\Phi} = \sqrt{3} \cdot 230V \cong 398V$  με εξαίρεση τις ώρες αιχμής (μεσημέρι) οπότε εμφανίζεται πτώση τάσης λόγω του αυξημένου φορτίου. Το αυξημένο φορτίο κατά τις μεσημβρινές ώρες επιβεβαιώνεται από τα Διαγράμματα 5.9 και 5.10. Η πτώση τάσης δεν είναι τόσο εμφανής στο Διάγραμμα 5.13 λόγω της μικρής ανάλυσης αυτού (resolution) ενώ γίνεται εμφανέστατη στο Διάγραμμα 5.12 λόγω της καλύτερης ανάλυσης.

Η διακύμανση της τάσης είναι μικρότερη όταν πλησίαζαν οι θερινές διακοπές (Διάγραμμα 5.14) διότι επειδή η άεργος μειώνεται και μάλιστα περισσότερο απ' ότι αυξάνεται η ενεργός, το ρεύμα μειώνεται με αποτέλεσμα η πτώση τάσης να μην είναι τόσο έντονη.

- **Αρμονικές ρεύματος και τάσης**

Η ύπαρξη αρμονικών στη τάση και την ένταση (υπέρθεση συχνοτήτων πολλαπλάσιων της θεμελιώδους - 50 Hz) οφείλεται κυρίως στην ύπαρξη μη γραμμικών φορτίων, φορτίων δηλαδή, που παίρνουν ρεύμα διαφορετικής κυματομορφής από την τάση, άγουν με άλλα λόγια ρεύμα μόνο σε ορισμένες περιοχές της τάσης.

Το φάσμα των αρμονικών (ο μετασχηματισμός Fourier δηλαδή της κυματομορφής ώστε να υπολογισθούν οι συχνότητες τις οποίες περιέχει) εξαρτάται από την φύση αυτών των φορτίων. Μέσω της τάσης και σε συνάρτηση με την ισχύ βραχυκυκλώσεως του δικτύου, οι αρμονικές που παράγονται σε ένα σημείο μεταδίδονται και μπορούν να δημιουργήσουν προβλήματα σε άλλα φορτία.

Ορισμένα μη γραμμικά φορτία είναι:

- Φορτία με ηλεκτρονικά ισχύος: ανορθωτές, PLC, κ.α.
- Φορτία που χρησιμοποιούν ηλεκτρικό τόξο: φούρνοι τήξης και λάμπες φθορισμού
- Φορτία που χρησιμοποιούν ηλεκτρονικά: τηλεοράσεις, φούρνοι μικροκυμάτων, φωτοαντιγραφικά, ηλεκτρονικοί υπολογιστές, εκτυπωτές κτλ.

Οι επιπτώσεις των αρμονικών συνδέονται με την αύξηση είτε του πλάτους είτε της ενεργού τιμής είτε του φάσματος τόσο της τάσης όσο και της έντασης.

Ειδικά οι αρμονικές του ρεύματος συντελούν στην αύξηση της άεργης ισχύος. Αυτό συνεπάγεται μεγαλύτερο ρεύμα για μία δεδομένη ενεργό ισχύ. Έτσι οι αρμονικές αυξάνουν τις απώλειες ενέργειας στα καλώδια και στους μετασχηματιστές. Επίσης, καθώς ρέουν στα καλώδια δημιουργούν αντίστοιχες πτώσεις τάσης. Εάν η σύνθετη αντίδραση του καλωδίου είναι μεγάλη τότε δημιουργείται και παραμόρφωση της τάσης με αρμονικές.

Εξαιτίας των αρμονικών ενδέχεται να λειτουργήσουν λανθασμένα συσκευές προστασίας, ειδικά αυτές που χρησιμοποιούν θερμικά μοντέλα. Αν ο υπολογισμός της ενεργού τιμής της έντασης γίνεται χρησιμοποιώντας την μέγιστη τιμή της κυματομορφής της, αυξάνεται η πιθανότητα λάθους και ανεπιθύμητης λειτουργίας της προστασίας. Για τον ίδιο λόγο λάθη παρουσιάζονται και σε μετρητικές συσκευές. Οι αρμονικές επίσης είναι η αιτία για προβλήματα στην λειτουργία ηλεκτρονικών συστημάτων.

Οι αρμονικές επίσης προκαλούν υπερφόρτιση (δηλαδή υπερθέρμανση) και αυξάνουν τις δονήσεις και τον θόρυβο (μηχανική καταπόνηση) σε συσκευές όπως μετασχηματιστές, μηχανές και πίνακες χαμηλής τάσης. Μακροχρόνια οι αρμονικές προκαλούν πρόωρη γήρανση των συσκευών. Οι αρμονικές επίσης υπερθερμαίνουν τον αγωγό ουδετέρου καθώς προστίθενται και δίνουν ρεύματα κατά πολύ μεγαλύτερα από όταν τα φορτία είναι γραμμικά.

Οι πυκνωτές είναι επίσης ευαίσθητοι στις αρμονικές ιδιαίτερα αν η συχνότητα του συνδυασμού πυκνωτή και δικτύου παροχής μέχρι το σημείο σύνδεσης είναι ίδια με την αρμονική που παράγεται από το φορτίο. Κάτω από αυτές τις συνθήκες προκαλείται συντονισμός, αύξηση του μεγέθους της αρμονικής, υπερθέρμανση του πυκνωτή και ενδεχομένως καταστροφή του διηλεκτρικού του υλικού ή λειτουργία της προστασίας του (συνήθως ασφάλεια) και αποσύνδεση του.

Η μέτρηση των αρμονικών (αντίθετα από τις μετρήσεις βυθίσεις τάσης, διακοπών και υπερτάσεων) γίνεται υπολογίζοντας τον μέσο όρο των αρμονικών για κάποιο

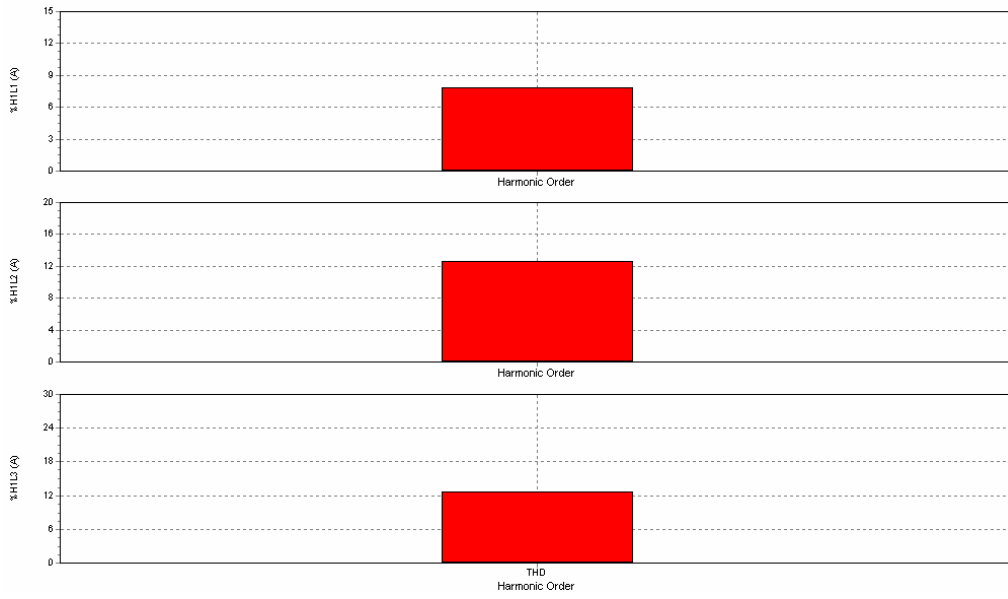
χρονικό διάστημα ανά τακτά χρονικά διαστήματα. Δύο μεγέθη που χρησιμοποιούνται ευρέως, ως άμεση εικόνα της ποιότητας του δικτύου σε ένα συγκεκριμένο σημείο, είναι η συνολική διαταραχή λόγω αρμονικών (Total Harmonic Distortion, THD) τόσο για την τάση όσο και για το ρεύμα. Προκύπτει από την ρίζα του αθροίσματος των τετραγώνων του πλάτους κάθε αρμονικής διαιρεμένου με το τετράγωνο της συνιστώσας στην θεμελιώδη συχνότητα (50 Hz). Το μέγεθος αυτό χρησιμοποιείται επίσης και για τον καθορισμό ορίων που αφορούν τις αρμονικές. Συγκεκριμένα σύμφωνα με τις διεθνείς προδιαγραφές, τα όρια που ορίζονται για τις αρμονικές THD ρεύματος και τάσης είναι  $THD (A) \leq 8\%$  και  $THD (V) \leq 2\%$ .

Οι αρμονικές συνδέονται άμεσα με τον συντελεστή ισχύος. Ο πραγματικός συντελεστής ισχύος είναι ο μέσος όρος της ενεργού ισχύος προς το γινόμενο της ενεργού τάσης με την ενεργό ένταση. Σε περιβάλλον χωρίς αρμονικές ο πραγματικός συντελεστής ισχύος (ΣΙ) ισούται με το συνημίτονο της γωνίας μεταξύ της τάσης και της έντασης (ΣΙ μετατόπισης). Η ύπαρξη αρμονικών οδηγεί σε μείωση του πραγματικού ΣΙ καθώς αυξάνεται η ενεργός τάση αλλά κυρίως η ενεργός ένταση.

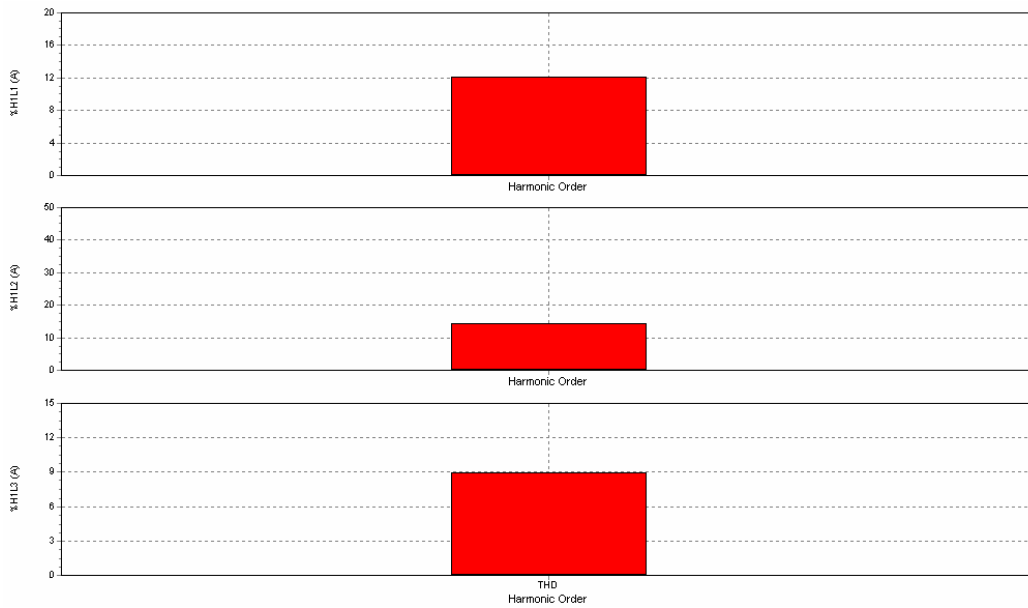
Για την αντιμετώπιση των προβλημάτων που προκαλούνται από αρμονικές μπορούν να χρησιμοποιηθούν φίλτρα τα οποία παγιδεύουν τις αρμονικές και δεν τους επιτρέπουν να διεισδύσουν στο δίκτυο. Το φίλτρο είναι συνδυασμός πυκνωτή και πηνίου και απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή στην επιλογή των χαρακτηριστικών του διότι υπάρχει κίνδυνος αντί να μειωθεί το πρόβλημα των αρμονικών αυτό να αυξηθεί. Σε αρκετές περιπτώσεις είναι απαραίτητη η επανεκτίμηση της θέσης των πυκνωτών στο δίκτυο. Η εγκατάσταση νέου πυκνωτή πρέπει να γίνεται αφού πρώτα διαπιστωθεί μέσω μελέτης ότι οι επικρατούσες αρμονικές δεν συμπίπτουν με τις συχνότητες συντονισμού που δημιουργεί ο πυκνωτής. Τα φίλτρα συμβάλουν και στην αντιστάθμιση της άεργης ισχύος.

Προκειμένου να μειωθεί η υπερθέρμανση μετασχηματιστών πρέπει να επαναυπολογιστεί το φορτίο τους συνεκτιμώντας την μόλυνση από τις αρμονικές. Επίσης, οι αγωγοί ουδετέρου θα πρέπει να υπολογιστούν ανάλογα, αν προορίζονται για χρήση σε περιβάλλον με αρμονικές, όπως είναι τα γραφεία.

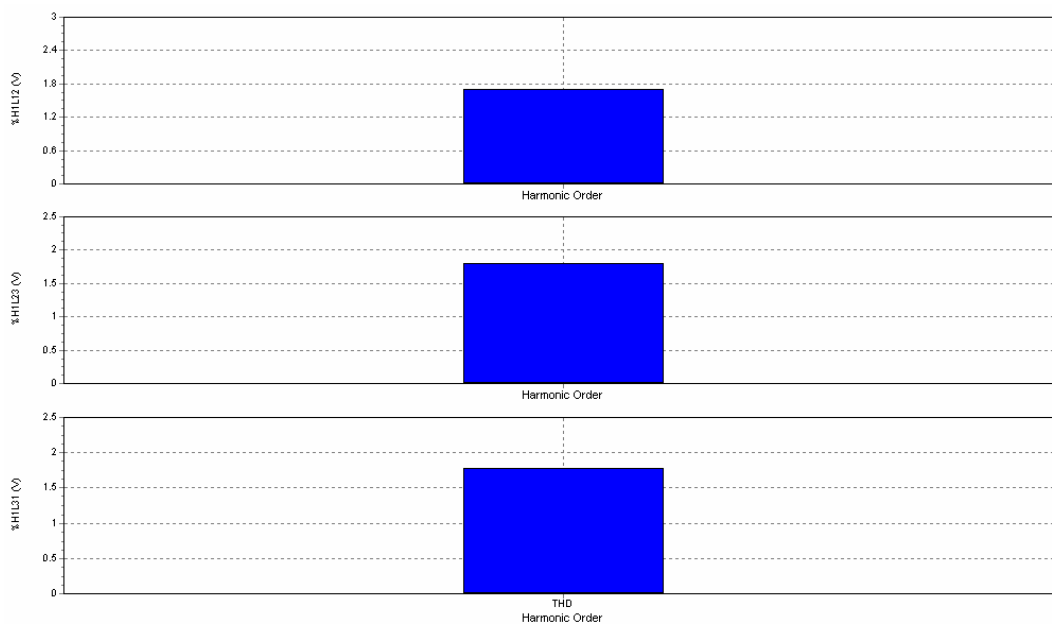
Παρακάτω ακολουθούν τα διαγράμματα των αρμονικών της τάσης και του ρεύματος όπως προέκυψαν από τον αναλυτή ενέργειας.



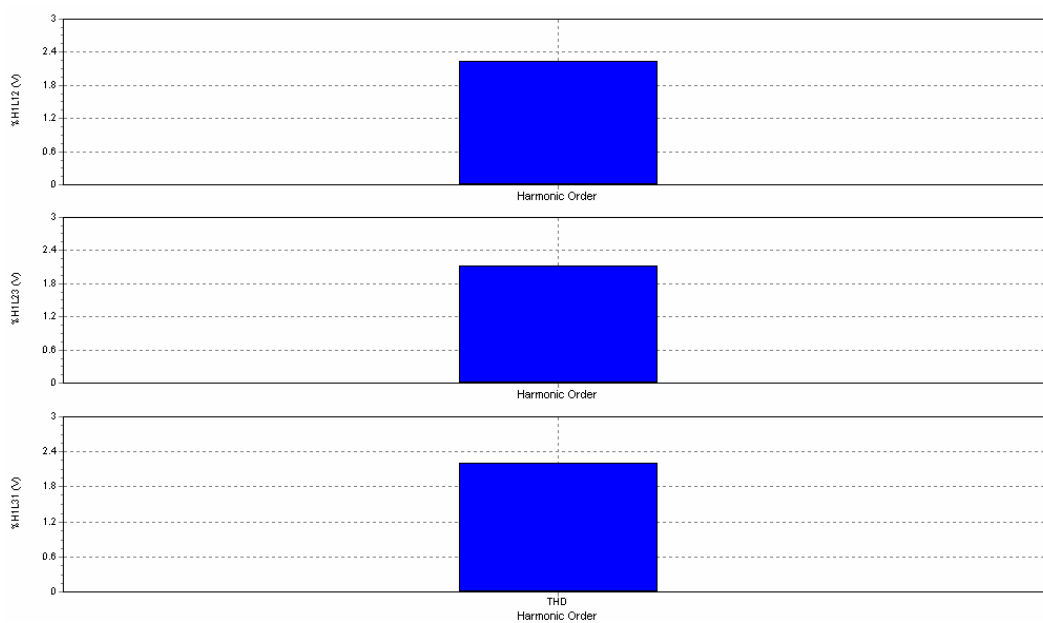
**Διάγραμμα 5.15** Αρμονικές ρεύματος THD κάθε φάσης για την εβδομάδα του Ιουνίου (φορτία κίνησης)



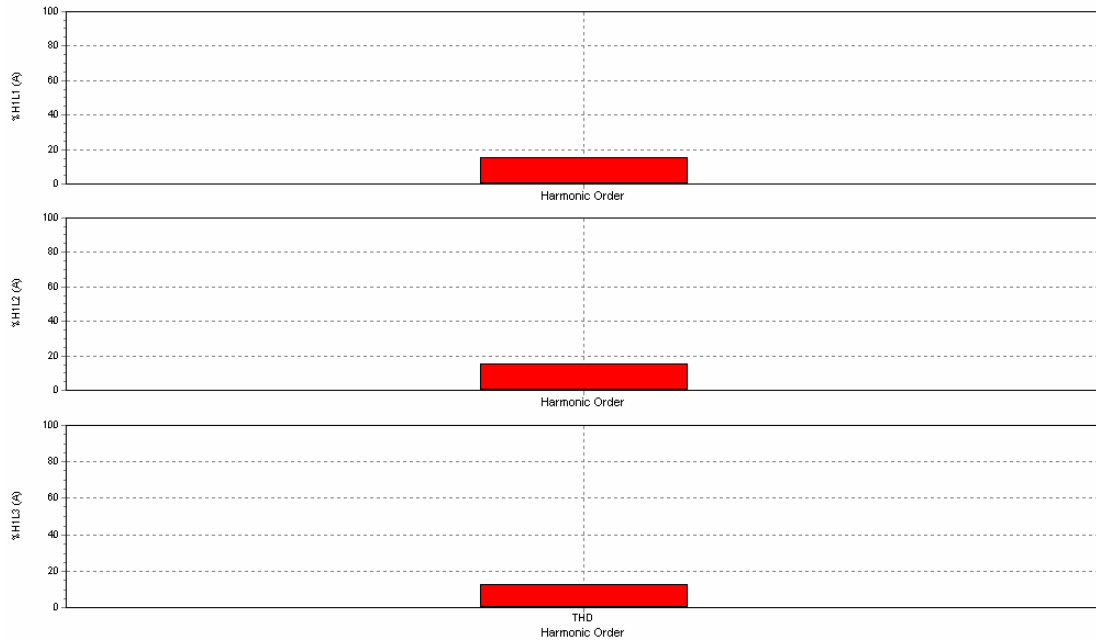
**Διάγραμμα 5.16** Αρμονικές ρεύματος THD κάθε φάσης για την εβδομάδα του Ιουνίου (φορτία φωτισμού)



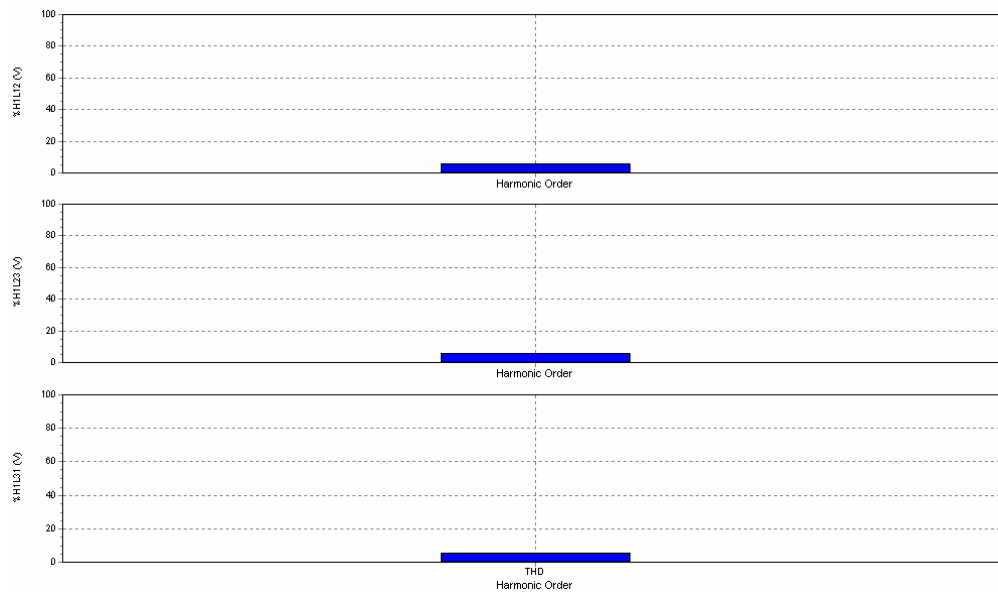
**Διάγραμμα 5.17** Αρμονικές τάσης THD κάθε φάσης για την εβδομάδα του Ιουνίου (φορτία κίνησης)



**Διάγραμμα 5.18** Αρμονικές τάσης THD κάθε φάσης για την εβδομάδα του Ιουνίου (φορτία φωτισμού)



**Διάγραμμα 5.19** Αρμονικές ρεύματος THD κάθε φάσης για την εβδομάδα του Ιουλίου (φορτία κίνησης)



**Διάγραμμα 5.20** Αρμονικές τάσης THD κάθε φάσης για την εβδομάδα του Ιουλίου (φορτία κίνησης)

Παρατηρείται πως οι αρμονικές THD της τάσης και της έντασης για τις εβδομάδες του Ιουνίου και του Ιουλίου δεν πληρούν τις προδιαγραφές ( $THD (V) \leq 2\%$  και  $THD (A) \leq 8\%$ ), με εξαίρεση τις αρμονικές της τάσης στην περίπτωση των φορτίων κίνησης για το μήνα Ιούνιο, αφού και στις 3 φάσεις η τιμή τους είναι μικρότερη από 2%. Για την αντιμετώπιση αυτού του προβλήματος απαιτείται η χρησιμοποίηση φίλτρων για τους λόγους που αναφέρθηκαν.





***Κεφάλαιο 6. Προτεινόμενες  
δράσεις ενεργειακής  
βελτιστοποίησης***

---



## **6. Προτεινόμενες δράσεις ενεργειακής βελτιστοποίησης**

### **6.1 Εξοικονόμηση ενέργειας στα κτίρια της Πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου**

#### **6.1.1 Γενικά**

Το δομημένο περιβάλλον έχει σοβαρές επιπτώσεις στο περιβάλλον. Σε όλα τα στάδια της ζωής τους – από την κατασκευή, τη συντήρηση, την ανακαίνιση ως την κατεδάφισή τους – τα κτίρια επιδρούν καθοριστικά στο περιβάλλον, στην ποιότητα ζωής και στην υγεία τόσο αυτών που τα κατοικούν όσο και των περιοίκων. Ο κλάδος των κατασκευών καταναλώνει μεγάλες ποσότητες φυσικών πόρων καθώς και ενέργεια. Η θέρμανση, ο κλιματισμός, ο τεχνητός φωτισμός απαιτούν μεγάλες ποσότητες ενέργειας και συνεπάγονται έμμεσες ή άμεσες εκπομπές ρύπων και διοξειδίου του άνθρακα.

Μεγάλη σπατάλη ενέργειας παρατηρείται ιδιαίτερα στα κτίρια του δημόσιου και ευρύτερου δημόσιου τομέα, ακόμη και σε κτίρια που λόγω της χρήσης τους (κτίρια γραφείων) και του ωραρίου λειτουργίας δεν δικαιολογούνται μεγάλες ενεργειακές καταναλώσεις. Είναι γεγονός ότι τα κτίρια του δημόσιου και ευρύτερου δημόσιου τομέα παρουσιάζουν μεγάλη ποικιλομορφία ως προς το μέγεθος, τη χρήση, την παλαιότητα, το ωράριο λειτουργίας τους και ως προς τα μορφολογικά χαρακτηριστικά τους, καθώς έχουν κατασκευαστεί σε διάφορες χρονικές περιόδους για την κάλυψη διαφορετικών αναγκών.

Τα κτίρια της Πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου αποτελούν μια ιδιαίτερη κατηγορία κτιρίων που διακρίνονται από υψηλές ενεργειακές καταναλώσεις σε σύγκριση με αντίστοιχα κτίρια τόσο του δημόσιου όσο και του ιδιωτικού τομέα.

#### **6.1.2 Σημερινή κατάσταση**

Όπως αναφέρεται σε έρευνα του Ε.Μ.Π σχετικά με τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των Πανεπιστημιούπολεων στην Ελλάδα, τα Πανεπιστημιακά κτίρια (στα οποία ανήκει και το υπό εξέταση κτίριο) παρουσιάζουν, ως προς την ενεργειακή τους απόδοση, κάποια από τα προβλήματα των δημοσίων κτιρίων της χώρας μας που συνοψίζονται παρακάτω:

- Μεγάλες θερμικές απώλειες λόγω κακού σχεδιασμού και κατασκευής του κτιριακού κελύφους (μονώσεις, υαλοστάσια, επιχρίσματα κλπ).
- Υπερβολική κατανάλωση συμβατικών καυσίμων λόγω κακού σχεδιασμού και λειτουργίας των συστημάτων θέρμανσης και κλιματισμού.

- Ανεπαρκή επίπεδα φυσικού ή/και τεχνητού φωτισμού.
- Έλλειψη ευελιξίας στη ρύθμιση των ενεργειακών συστημάτων σύμφωνα με τις χρήσεις.
- Ανεπαρκής συντήρηση, ενεργειακή διαχείριση και έλεγχος λειτουργίας των ενεργειακών συστημάτων και
- Έλλειψη σχεδίων ή προγραμμάτων – στόχων ενεργειακής εξοικονόμησης και αντίστοιχων διοικητικών ρυθμίσεων.

Επιπρόσθετα τα κτίρια της Πολυτεχνειούπολης έχουν κάποιες ιδιαίτερες απαιτήσεις στον ενεργειακό τομέα, λόγω του εκπαιδευτικού και ερευνητικού χαρακτήρα. Έτσι:

- Υπάρχει συνήθως συνδυασμός πολλών διαφορετικών χρήσεων σε κάθε κτίριο (αίθουσες διδασκαλίας, αμφιθέατρα, γραφεία, ερευνητικά και εκπαιδευτικά εργαστήρια κλπ) κάθε μία από τις οποίες έχει διαφορετικές ενεργειακές απαιτήσεις, προγράμματα λειτουργίας και επίπεδο θερμικής άνεσης.
- Όντας πολύπλοκοι οργανισμοί που βρίσκονται σε συνεχή εξέλιξη και αναδιάταξη, καθώς δημιουργούνται συνεχώς νέοι τομείς έρευνας και διδασκαλίας, ενώ άλλοι συρρικνούνται και οι σχέσεις μεταξύ τους αλλάζουν, αυτό έχει ως αποτέλεσμα τις συχνές τροποποιήσεις στις χρήσεις των χώρων που μεταφράζονται σε υψηλές και μεταβαλλόμενες ενεργειακές απαιτήσεις.

Σαν συνέχεια των παραπάνω τα κτίρια του συγκροτήματος Ζωγράφου χαρακτηρίζονται από ιδιαίτερα υψηλές καταναλώσεις συμβατικών καυσίμων με αντίστοιχα υψηλά επίπεδα ρύπανσης του περιβάλλοντος, ενώ το επίπεδο θερμικής άνεσης των χρηστών τους (διδασκόντων, ερευνητών, διοικητικού προσωπικού και φοιτητών) είναι συνήθως αρκετά χαμηλό.

Επιπλέον, η κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος είναι συχνά ανεξέλεγκτη. Προβλέπεται μια κεντρική παροχή (υποσταθμός) για το σύνολο κάθε όλης της Πολυτεχνειούπολης, χωρίς επιμέρους μετρήσεις της κατανάλωσης ηλεκτρισμού ανά κτίριο, ούτε δυνατότητα διαφοροποίησης των κύριων χρήσεών του (φωτισμός, θέρμανση/κλιματισμός, κίνηση, εγκαταστάσεις) ώστε να εκτιμηθούν οι αντίστοιχες καταναλώσεις.

Επίσης, λόγω της σταδιακής και αργής εκτέλεσης των έργων κατασκευής που οφείλεται σε έλλειψη σχετικών κονδυλίων, τα πλεονεκτήματα του κεντρικού ενεργειακού σχεδιασμού τους όπως προβλέπεται αρχικά συνήθως εγκαταλείπονται στην πορεία, με αποτέλεσμα τη δυσχέρεια επίτευξης ‘οικονομίων κλίμακας’ στον ενεργειακό τομέα.

### 6.1.3 Δυνατότητες εξοικονόμησης στα κτίρια της Πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου

Παρά το σοβαρό πρόβλημα ενεργειακής απόδοσης που παρουσιάζουν, τα κτίρια της Πολυτεχνειούπολης, λόγω της διοικητικής τους αυτονομίας, της μεγάλης πυκνότητας και όγκου των κτιρίων τους και του οργανωμένου χαρακτήρα δόμησής τους έχουν σημαντικά συγκριτικά πλεονεκτήματα στην εφαρμογή συστημάτων εξοικονόμησης ενέργειας στα κτίριά τους. Επίσης, ο εκπαιδευτικός και ερευνητικός χαρακτήρας τους και η συγκέντρωση ειδικών υψηλού επιπέδου σε όλους τους τομείς προσδίδουν στις εφαρμογές συστημάτων ενεργειακής εξοικονόμησης στα κτίρια παραδειγματικό χαρακτήρα ως προς τα άλλα δημόσια κτίρια και κτιριακά συγκροτήματα στη χώρα.

Τα παραπάνω μπορούν να επιτευχθούν με τον σωστό προγραμματισμό της εφαρμογής των αρχών του ενεργειακού σχεδιασμού κατά στάδια. Έτσι, ανάλογα κάθε φορά με τις οικονομικές και τεχνικές δυνατότητες που είναι διαθέσιμες μπορούν να εφαρμοστούν τα ακόλουθα μέτρα:

- Ανασχεδιασμός του κτιριακού κελύφους με σύγχρονη ένταξη συστημάτων εξοικονόμησης ενέργειας όπου αυτό είναι εφικτό:
  - Σε συνδυασμό με την χρήση των κατάλληλων τεχνικών ενεργειακής εξοικονόμησης (μονώσεις, διπλά παράθυρα, αεροστεγάνωση παραθύρων κλπ) μπορούν να ενταχθούν στο κτιριακό κέλυφος απλά βιοκλιματικά συστήματα (συστήματα άμεσου ή έμμεσου ηλιακού κέρδους, χώροι ανάσχεσης, ηλιακά θερμοκήπια κλπ) που μπορούν να συμβάλλουν τόσο στην προθέρμανση των χώρων το χειμώνα όσο και στο δροσισμό τους.
  - Επίσης, ο συνδυασμός σκιασμού των ανοιγμάτων με στρατηγικές φυσικού εξαερισμού των χώρων και νυχτερινού αερισμού το καλοκαίρι μπορεί να δημιουργήσει συνθήκες θερμικής άνεσης για τους χρήστες συμβάλλοντας στο δροσισμό των χώρων με ελάχιστο επιπρόσθετο κόστος.
  - Τέλος, η χρήση συστημάτων διάχυσης και πολλαπλής ανάκλασης της ηλιακής ακτινοβολίας μπορεί να συμβάλλει στη βελτίωση του φυσικού φωτισμού μεγάλων χώρων.

Πολλά από τα συστήματα αυτά μπορούν να εφαρμοστούν σε υπάρχοντα στοιχεία του κτιρίου (κοινόχρηστα, κλιμακοστάσια, φωταγωγοί, αίθρια) που μεταβάλλονται σε στοιχεία φυσικού φωτισμού και δροσισμού των κοινόχρηστων χώρων του κτιρίου.

- Σε περιπτώσεις ιδιαίτερα εκτεταμένων και πολύπλοκων κτιρίων μπορούν να συνδυαστούν συστήματα εξοικονόμησης ενέργειας και ειδικά σχεδιασμένα υβριδικά συστήματα που αποτελούν συνδυασμό ενεργητικών και παθητικών συστημάτων. Στις περιπτώσεις αυτές βασικά στοιχεία του κτιρίου (αίθρια, υπόγεια δίκτυα, όψεις, οροφές κλπ) ανασχεδιάζονται σύμφωνα με τις αρχές

του βιοκλιματικού σχεδιασμού, συνδυάζοντας υψηλή βιωσιμότητα των χώρων με αυξημένη ενεργειακή απόδοση συστημάτων όπως οι ηλιακές οροφές, υπεδάφια συστήματα θέρμανσης, δροσισμού, συστήματα ημερήσιας ή διεποχικής αποθήκευσης ενέργειας κλπ.

- Αναπροσαρμογή και ρύθμιση των υπαρχόντων συστημάτων θέρμανσης και κλιματισμού κάθε κτιρίου και ορθολογική αναδιάταξη των χρήσεων σε συνδυασμό με συστήματα ενεργειακής εξοικονόμησης (βελτίωση απόδοσης λεβήτων, συνδυασμός λεβήτων, χρήση θερμοστατών αντιστάθμισης, συστήματα εξοικονόμησης ενέργειας, αντλίες θερμότητας κλπ).
- Δοκιμαστική χρήση νέων καυσίμων όπου αυτό είναι δυνατό, με στόχο την εξοικονόμηση ενέργειας και τη μείωση της παραγωγής CO<sub>2</sub>
- Αναδιάρθρωση του συστήματος τεχνητού φωτισμού, σε συνδυασμό με τη χρήση φυσικού φωτισμού και τη ρύθμιση των αναγκών σύμφωνα με τις χρήσεις με στόχο την εξασφάλιση οπτικής άνεσης για τους χρήστες με σύγχρονο μετριασμό στην κατανάλωση ηλεκτρισμού.
- Εξασφάλιση ικανοποιητικών επιπέδων συντήρησης και ελέγχου των ενεργειακών συστημάτων σε επίπεδο κτιρίου.
- Δημιουργία προγραμμάτων – στόχων ενεργειακής εξοικονόμησης ανά κτίριο με αντίστοιχες διοικητικές ρυθμίσεις.

Εν γένει, οι δράσεις εξοικονόμησης ενέργειας που προτείνονται βάσει των συμπερασμάτων που προέκυψαν από τη διαδικασία του ενεργειακού ελέγχου, κατατάσσονται στις εξής 3 κατηγορίες :

- Δράσεις νοικοκυρέματος. Είναι μέτρα χωρίς ειδική χρηματοδότηση ή επένδυση κεφαλαίου. Τα μέτρα αυτά εφαρμόζονται σε τακτική βάση και εντάσσονται στη συνήθη λειτουργία και συντήρηση του κτιρίου. Συχνά έχουν σχέση με την αλλαγή συμπεριφοράς των χρηστών του κτιρίου.
- Δράσεις χαμηλού κόστους. Είναι εφάπαξ επεμβάσεις που μπορούν να χρηματοδοτηθούν από τον υπάρχοντα ετήσιο προϋπολογισμό του εκάστοτε κτιρίου. Το κόστος των επεμβάσεων αποπληρώνεται συχνά σε σύντομο χρονικό διάστημα (εντός της ίδιας διαχειριστικής χρονιάς και συνήθως σε λιγότερο από δύο χρόνια).
- Δράσεις ανακατασκευής. Είναι εφάπαξ επεμβάσεις έντασης κεφαλαίου λόγω του σημαντικού αρχικού κόστους για την εφαρμογή τους και της μέσης ή μακράς περιόδου αποπληρωμής τους. Οι επεμβάσεις προϋποθέτουν τεχνοοικονομική μελέτη αξιολόγησης.



## 6.2 Προτάσεις για εξοικονόμηση ενέργειας

### 6.2.1 Φωτισμός

#### 6.2.1.1 Υπάρχουσα κατάσταση στο φωτισμό

Όπως προέκυψε από την κατανομή ηλεκτρισμού, η κατανάλωση ενέργειας στο φωτισμό του κτιρίου στο χώρο παραγωγής και στα γραφεία, αποτελεί το 17% της συνολικής κατανάλωσης ρεύματος στο κτίριο, ένα ποσοστό αρκετά υψηλό που αφήνει αρκετά περιθώρια βελτίωσης της κατανάλωσης ρεύματος για φωτισμό.

Κατά την ενεργειακή επιθεώρηση παρατηρήθηκε ότι ο φυσικός φωτισμός τόσο στους χώρους εργασίας όσο και στους κοινόχρηστους χώρους είναι αρκετά περιορισμένος. Αυτό οδηγεί στην ανάγκη χρησιμοποίησης τεχνητού φωτισμού και κατά τη διάρκεια των ωρών της ημέρας, παρόλη τη μεγάλη ένταση ηλιακού φωτισμού. Παρατηρήθηκε επίσης άσκοπη και σπάταλη χρήση του φωτισμού σε διαδρόμους και χώρους υγιεινής.

Στην πτέρυγα Η ο φωτισμός γίνεται κατά κανόνα με φωτιστικά σώματα που περιλαμβάνουν λαμπτήρες φθορισμού, εκτός εξαιρέσεων (εξωτερικός νυχτερινός φωτισμός όπου ο φωτισμός γίνεται με λάμπες ατμών υδραργύρου και χώροι υγιεινής όπου ο φωτισμός γίνεται με λάμπες πυράκτωσης). Η ηλεκτρική τροφοδοσία των φωτιστικών σωμάτων γίνεται από πίνακες φωτισμού, ενώ παρατηρήθηκε το φαινόμενο μια ομάδα γραφείων να τροφοδοτείται από τον ίδιο ηλεκτρικό πίνακα. Ο χειρισμός των φωτιστικών σωμάτων γίνεται από τοπικούς διακόπτες (απλούς, κομμιατέρ ή αλέ-ρετούρ), εκτός από τον εξωτερικό-νυχτερινό φωτισμό που ελέγχεται από χρονοδιακόπτη.

Ειδικότερα, κατηγοριοποιώντας τους διάφορους χώρους του κτιρίου ανάλογα με τη χρήση τους, παρατηρήθηκαν τα κάτωθι για την κατάσταση που επικρατεί σήμερα:

- Χώροι γραφείων – αιθουσών – εργαστηρίων

Στις περισσότερες των περιπτώσεων τα φωτιστικά σώματα παραμένουν ανοιχτά όχι μόνο τις ώρες που είναι απαραίτητα, αλλά και όταν το επιθυμητό επίπεδο φωτισμού μέσα στο χώρο επιτυγχάνεται λόγω του φυσικού φωτισμού που μπαίνει από τα ανοίγματα και σε περιπτώσεις που ο χρήστης φεύγει προσωρινά από το χώρο του.

- Διάδρομοι – κλιμακοστάσια

Διαπιστώθηκε ότι τα φωτιστικά σώματα μένουν στο σύνολό τους ανοιχτά επί περίπου 15 ώρες ημερησίως ακόμα κι αν αυτοί οι χώροι φωτίζονται επαρκώς από το φως της μέρας, εκτός αν περάσει κάποιος συντηρητής του κτιρίου ή κάποιος απλός χρήστης των χώρων και τα σβήσει.

- Χώροι υγιεινής

Το βασικότερο πρόβλημα που παρατηρείται είναι ότι τα φωτιστικά σώματα μένουν ανοιχτά για ένα διάστημα αντίστοιχο των διαδρόμων, ανεξάρτητα από την παρουσία ή όχι ατόμων στους χώρους αυτούς.

- Εξωτερικό του κτιρίου - πιλοτές

Ο νυχτερινός φωτισμός στους εξωτερικούς χώρους ελέγχεται από χρονοδιακόπτη και παραμένει ανοιχτός 10 ώρες ημερησίως κατά μέσο όρο (12 το χειμώνα και 8 το καλοκαίρι).

Υπάρχουν επομένως προτεινόμενα μέτρα για την εξοικονόμηση της ενέργειας, τα οποία και αναλύονται. Πρέπει να επισημανθεί ότι η συνολική εξοικονόμηση ενέργειας που θα προκύψει από την εφαρμογή μερικών, ή και του συνόλου, των τεχνικών λύσεων που θα αναλυθούν δεν θα είναι το άθροισμα των επί μέρους εξοικονομήσεων. Η αναμενόμενη εξοικονόμηση ενέργειας από την κάθε τεχνική λύση υπολογίζεται, κατ' εκτίμηση, θεωρώντας ότι εφαρμόζεται μεμονωμένα. Ο συνδυασμός περισσότερων τεχνικών λύσεων θα επιφέρει εξοικονόμηση ενέργειας η οποία εκτιμάται συνολικά.

#### 6.2.1.2 Προτάσεις για το φωτισμό

Αρχικά, στις δράσεις νοικοκυρέματος εντάσσονται τα ακόλουθα μέτρα:

- Τακτικός καθαρισμός των γυάλινων επιφανειών στα παράθυρα. Με τον καθαρισμό θα υπάρξει η δυνατότητα μεγαλύτερης διείσδυσης της ηλιακής ακτινοβολίας και επομένως η ανάγκη χρήσης τεχνητού φωτισμού θα περιοριστεί. Κατά την επιθεώρηση, όπως επισημάνθηκε και σε θερμοφωτογραφία του κεφαλαίου 5, παρατηρήθηκε ότι ορισμένες επιφάνειες παραθύρων είχαν αρκετό καιρό να καθαριστούν, γεγονός που συνέβαλλε στην μειωμένη δράση του φυσικού φωτισμού. Γενικά η αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού στοχεύει στην επίτευξη οπτικής άνεσης μέσα στο κτίριο και στην εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας αλλά συμβάλλει και στη γενικότερη βελτίωση των συνθηκών διαβίωσης μέσα στους χώρους, συνδυάζοντας φως, θέα, δυνατότητα αερισμού, αξιοποίηση και ρύθμιση της εισερχόμενης ηλιακής ακτινοβολίας.
- Κρίνεται αναγκαίο να υπάρξει αλλαγή της στάσης των εργαζομένων στο κτίριο στο θέμα της άσκοπης χρήσης φωτισμού. Η λειτουργία του φωτισμού όταν αυτός δεν είναι αναγκαίος επιβαρύνει χωρίς αιτία την ενεργειακή κατανάλωση του κτιρίου. Κρίνεται επομένως απαραίτητο το κλείσιμο όλων των φωτιστικών σωμάτων στους χώρους όπου δεν χρειάζονται ή όταν σταματά η εργασία.

- Επίσης είναι αρκετά χρήσιμο να γίνεται τακτική συντήρηση και καθαρισμός των λαμπτήρων και των φωτιστικών, ώστε να βελτιστοποιείται η απόδοσή τους.

Η απόδοση μιας εγκατάστασης φωτισμού μειώνεται συν τω χρόνω λόγω της επικάλυψης ρύπων στις επιφάνειες των φωτιστικών και των λαμπτήρων, της γήρανσης των υλικών των φωτιστικών τα οποία συμμετέχουν στην εκπομπή φωτός (ανακλαστήρες, περσίδες, διαχύτες κ.λπ.) καθώς και της γήρανσης των λαμπτήρων και των ballast. Οι παράγοντες αυτοί συνιστούν τον συντελεστή συντήρησης της εγκατάστασης φωτισμού ο οποίος εκφράζει τη μείωση της απόδοσής της σε σχέση με την αρχική.

Έχει διαπιστωθεί ότι η μείωση του φωτισμού στις πλημμελώς συντηρημένες εγκαταστάσεις υπερβαίνει το 40%, ενώ αν η συντήρηση είναι τακτική τότε η μείωση δεν υπερβαίνει το 25%. Από μετρήσεις που έχουν γίνει σε τυπικούς επαγγελματικούς χώρους εξήχθη το συμπέρασμα ότι εξοικονομείται ενέργεια της τάξης του 15% εάν τα φωτιστικά καθαρίζονται ανά έτος με ταυτόχρονη αντικατάσταση του 1/3 των λαμπτήρων (έστω και αν λειτουργούν).

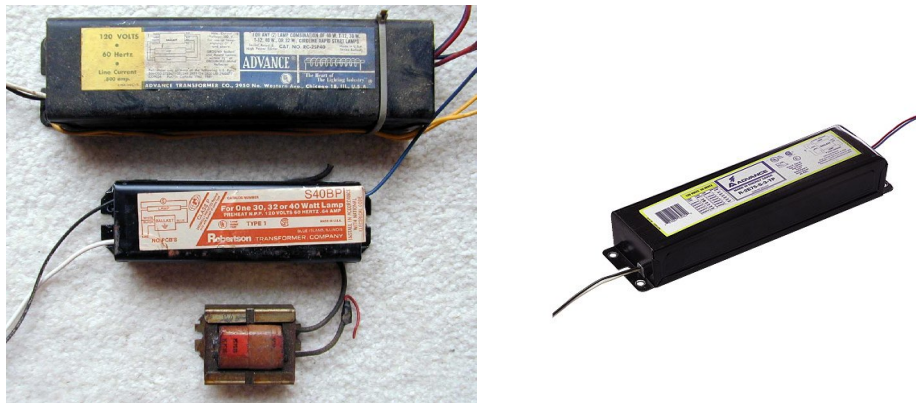
Σημειώνεται ότι η απόδοση των απλών λαμπτήρων φθορισμού μειώνεται κατά 30% όταν υπερβούν το 70% της διάρκειας ζωής τους. Το ποσοστό αυτό είναι ενδεικτικό και δεν χαρακτηρίζει όλους τους τύπους των λαμπτήρων. Ο βαθμός μείωσης εξαρτάται από τον τύπο του λαμπτήρα και το είδος της έναυσης. Αρκετοί κατασκευαστές παρέχουν, πέραν της μέσης διάρκειας ζωής, την οικονομική διάρκεια ζωής η οποία υποδηλώνει το χρόνο λειτουργίας πέραν του οποίου η λειτουργία του λαμπτήρα είναι ασύμφορη. Άρα, τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά των λαμπτήρων της εγκατάστασης φωτισμού θα πρέπει να λαμβάνονται από το πρόγραμμα συντήρησης ώστε να αντικαθίστανται έγκαιρα και οπωσδήποτε πριν το τέλος της ζωής τους.

Είναι επομένως επιθυμητό να τηρείται τακτικό πρόγραμμα συντήρησης σύμφωνα με το οποίο σε καθορισμένο χρόνο θα ανοίγονται τα φωτιστικά, θα καθαρίζονται εσωτερικά και εξωτερικά και θα αντικαθίστανται οι λαμπτήρες και τα άλλα εξαρτήματα που επηρεάζονται από τη γήρανση (εκκινητές, ballast κ.λπ.). Στο πρόγραμμα θα πρέπει να αναφέρεται ο τύπος των υλικών της εγκατάστασης και ο συνιστώμενος χρόνος αντικατάστασής τους ο οποίος θα διαφέρει κατά περίπτωση (μικρότερος για τους λαμπτήρες, μεγαλύτερος για τα ballast κ.λπ.).

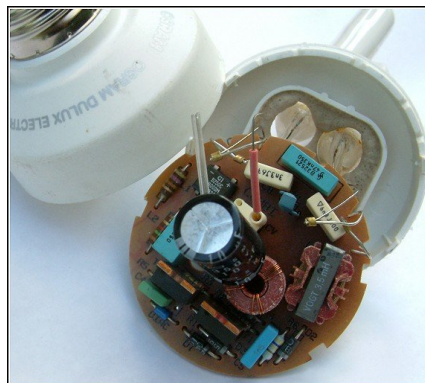
Στις δράσεις χαμηλού κόστους ή ανακατασκευής εντάσσονται τα ακόλουθα μέτρα:

- Χρησιμοποίηση ηλεκτρονικών διατάξεων έναυσης (ballast) αντί των συμβατικών ηλεκτρομαγνητικών. Εκτιμάται γενικώς ότι η χρησιμοποίηση ηλεκτρονικών ballast αντί των συμβατικών ηλεκτρομαγνητικών ballast (στραγγαλιστικών πηνίων) μπορεί να επιφέρει εξοικονόμηση ενέργειας γύρω στο 25%. Το ποσοστό αυτό προκύπτει από τη σύγκριση της κατανάλωσης μιας εγκατάστασης φωτισμού στην οποία χρησιμοποιούνται

συμβατικά ballast με την κατανάλωση που θα είχε η ίδια εγκατάσταση (ίδια φωτιστικά, ίδιοι λαμπτήρες) εάν χρησιμοποιούνταν ηλεκτρονικά ballast. Η μειωμένη κατανάλωση στη δεύτερη περίπτωση αποδίδεται κυρίως στους εξής λόγους: καλύτερη απόδοση του λαμπτήρα, χαμηλότερη κατανάλωση ενέργειας στο λαμπτήρα και μικρότερες απώλειες ενέργειας στο ballast.



Σχήμα 6.2.1 Ηλεκτρομαγνητικά ballast (στραγγαλιστικά πηνία).



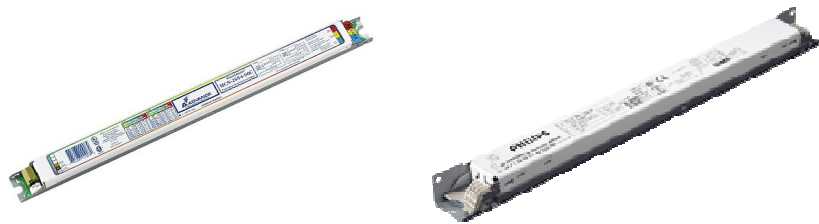
Σχήμα 6.2.2 Ηλεκτρονικό ballast

Σημειώνεται ότι το ενεργειακό κέρδος της τάξης του 25% μπορεί να αυξηθεί ακόμη περισσότερο εάν ληφθεί υπ' όψιν ότι υπολογίσθηκε με αναφορά στην ονομαστική απόδοση του λαμπτήρα που παρέχουν οι κατασκευαστές για λειτουργία με συμβατικό ballast ενώ είναι γνωστό ότι αρκετά ballast του εμπορίου εμφανίζουν σημαντικά μικρότερες αποδόσεις.

Πέραν όμως αυτών των λόγων που έχουν άμεση επίπτωση στην κατανάλωση ενέργειας, υπάρχουν και άλλοι, εξ' ίσου σημαντικοί, όπου η χρησιμοποίηση ηλεκτρονικών ballast επιφέρει εμμέσως περαιτέρω εξοικονόμηση. Οι περιπτώσεις αυτές αφορούν τη χρησιμοποίηση τεχνολογιών εξοικονόμησης ενέργειας οι οποίες μπορούν να λειτουργήσουν μόνο με ηλεκτρονικά ballast. Είναι δηλαδή άρρηκτη η συμμετοχή των ηλεκτρονικών ballast για την εφαρμογή των τεχνολογιών αυτών, εξ

ου και ο χαρακτηρισμός ως έμμεσης της συμβολής τους στη μείωση της κατανάλωσης. Ενδεικτικά αναφέρονται οι εξής λόγοι:

- Δυνατότητα ρύθμισης της φωτεινότητας του λαμπτήρα (dimming) μέσω αισθητήρων και ρυθμιστών φωτισμού (dimmers). Η ρύθμιση αυτή είναι αδύνατη με συμβατικά ballast. Το χαρακτηριστικό αυτό, αλλά γενικότερα, η δυνατότητα ρύθμισης και ελέγχου του φωτιστικού με σήματα χαμηλής τάσης στο ballast, καθιστούν τα φωτιστικά κατάλληλα για τη λειτουργία τους με απλούς αυτοματισμούς. Η εξοικονόμηση ενέργειας που μπορεί να επιτευχθεί με τοπικά συστήματα dimming κυμαίνεται από 10% έως 20% ανάλογα με τη χρήση του χώρου.
- Δυνατότητα ένταξης της εγκατάστασης φωτισμού σε σύστημα κεντρικής διαχείρισης κτιρίων (BMS). Η δυνατότητα αυτή θα ήταν αδύνατη με συμβατικά ηλεκτρομαγνητικά ballast διότι αυτά, πρακτικά, δεν συνεργάζονται με τα συστήματα BMS. Η εξοικονόμηση ενέργειας με συστήματα BMS κυμαίνεται από 10% έως 35% ανάλογα με τη χρήση του χώρου (η εξοικονόμηση αυτή δεν είναι προσθετική στην αντίστοιχη που επιτυγχάνεται με το dimming αλλά την εμπεριέχει).



**Σχήμα 6.2.3 Ηλεκτρονικά ballast με δυνατότητα ρύθμισης της φωτεινότητας του λαμπτήρα (dimming).**

Επιπλέον, η φωτεινή ροή του λαμπτήρα αυξάνεται όταν λειτουργεί με ηλεκτρονικό ballast σε σχέση με τη φωτεινή ροή που παράγεται όταν αυτός λειτουργεί με συμβατικό ηλεκτρομαγνητικό ballast.

Η ονομαστική φωτεινή ροή των λαμπτήρων που παρέχουν οι κατασκευαστές έχει μετρηθεί με πρότυπα εργαστηριακά ballast. Η απόδοση αυτή όμως ουδέποτε επιτυγχάνεται με τα κοινά ballast του εμπορίου. Η πραγματική απόδοση των λαμπτήρων κυμαίνεται συνήθως σε ποσοστά 80%-95% της ονομαστικής (ballast factor B.F.=0,8-0,95). Άρα η ονομαστική απόδοση των λαμπτήρων είναι ανέφικτο μέγεθος με τα συμβατικά ηλεκτρομαγνητικά ballast.

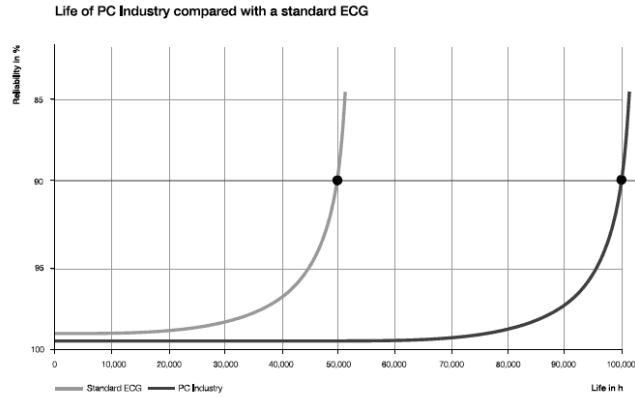
Αντιθέτως, τα ηλεκτρονικά ballast ανυψώνουν την απόδοση των λαμπτήρων κατά 12% περίπου (B.F.=1,12) ή και έως 18% σύμφωνα τουλάχιστον με τους ισχυρισμούς κατασκευαστών. Αυτό αυτομάτως σημαίνει ότι μια εγκατάσταση φωτισμού που λειτουργεί με ηλεκτρονικά ballast (B.F.=1,12) απαιτεί (112-

$95/95=18\%$  περίπου λιγότερα φωτιστικά από την ίδια εγκατάσταση (ίδιος χώρος, ίδια φωτιστικά) με ηλεκτρομαγνητικά ballast καλής ποιότητας ( $B.F.=0,95$ ).

Το πλεονέκτημα αυτό των ηλεκτρονικών ballast είναι αξιοποιήσιμο κυρίως στις νέες εγκαταστάσεις οι οποίες μπορούν να υλοποιηθούν με λιγότερα φωτιστικά χωρίς να μειώνεται η στάθμη φωτισμού και να υποβαθμίζεται η ποιότητά του. Το όφελος τότε είναι μεγαλύτερο διότι όχι μόνο μειώνεται το κόστος λειτουργίας (εξοικονόμηση ενέργειας και μείωση του κόστους συντήρησης) αλλά και το κόστος εγκατάστασης (λιγότερα φωτιστικά). Φυσικά, η μείωση στο κόστος εγκατάστασης δεν αντισταθμίζει το σαφώς υψηλότερο κόστος αγοράς των φωτιστικών με ηλεκτρονικό ballast. Όμως, το υψηλότερο αυτό κόστος αποσβένεται σε σύντομο χρονικό διάστημα λόγω του χαμηλότερου κόστους λειτουργίας.

Συνοψίζοντας, θα θεωρηθεί, όπως αρχικά αναφέρθηκε, ότι με την αντικατάσταση αυτή επιτυγχάνεται εξοικονόμηση 25%, που προκύπτει απ' το άθροισμα της εξοικονόμησης στο λαμπτήρα και στο ballast, παρόλο που υπάρχουν και άλλοι δευτερεύοντες λόγοι, για τους οποίους εξοικονομείται επιπλέον ενέργεια και άρα και χρήμα λόγω της χρησιμοποίησης ηλεκτρονικών ballast. Ενδεικτικά αναφέρονται οι εξής:

- Δυνατότητα λειτουργίας περισσότερων λαμπτήρων (έως 4) με 1 μόνο ηλεκτρονικό ballast και κατά συνέπεια μικρότερες απώλειες. Αντιθέτως, το συμβατικό ηλεκτρομαγνητικό ballast δεν μπορεί να λειτουργήσει με περισσότερους των 2 λαμπτήρες. Χαρακτηριστικά αναφέρεται το παράδειγμα τυπικού φωτιστικού 4X18W το οποίο καταναλώνει 86,8W ( $4 \cdot 18W + 2 \cdot 7,4W$ ) όταν λειτουργεί με συμβατικά ballast (1 ballast ανά 2 λαμπτήρες σε σειρά) ενώ η κατανάλωσή του μειώνεται στα 74 W ( $4 \cdot 16W + 10W$ ) όταν 1 ηλεκτρονικό αντικαταστήσει τα 2 συμβατικά. Φυσικά, αυτή η δυνατότητα δεν εφαρμόζεται σε φωτιστικά με 2 λαμπτήρες, ενώ παρέχεται από λίγες αριθμητικά εταιρείες.
- Το ηλεκτρονικό ballast διακόπτει τη λειτουργία του όταν ο λαμπτήρας δεν λειτουργεί (λόγω γήρανσης κ.λ.π.) ενώ το συμβατικό ballast εξακολουθεί να διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα και να καταναλώνει ενέργεια.
- Μεγαλώνει σημαντικά η διάρκεια ζωής των λαμπτήρων (έως 50%). Άρα, μειώνεται στο ήμισυ το κόστος αντικατάστασης των λαμπτήρων, παρόλο που αυτό δεν είναι πάντα εγγυημένο, γιατί εξαρτάται από τον κύκλο λειτουργίας.
- Βελτιώνεται ο συντελεστής συντήρησης των λαμπτήρων. Αυτό σημαίνει ότι η στάθμη φωτισμού επιτυγχάνεται με λιγότερα φωτιστικά αν χρησιμοποιηθούν ηλεκτρονικά ballast αντί των συμβατικών. Στην περίπτωση αυτή η απόδοση των λαμπτήρων μειώνεται λιγότερο κατά τη διάρκεια ζωής τους απ' ότι αν λειτουργούσαν με συμβατικά ballast. Εκτιμάται ότι, γι' αυτόν και μόνο τον λόγο, σ' ένα καθαρό εργασιακό χώρο, τα απαιτούμενα φωτιστικά μπορούν να μειωθούν κατά 6% περίπου.



**Σχήμα 6.2.4 Τα ηλεκτρονικά ballast έχουν μεγαλύτερη διάρκεια ζωής από τα ηλεκτρομαγνητικά.**

Το μέτρο της εν λόγω αντικατάστασης είναι αξιοποιήσιμο στις νέες αλλά και στις υφιστάμενες εγκαταστάσεις και γι' αυτό το λόγο θα εφαρμοστεί και στην περίπτωση του κτιρίου των Χημικών Μηχανικών, δεδομένου μάλιστα ότι υπάρχει ο απαιτούμενος χώρος στο εσωτερικό των φωτιστικών σωμάτων για την τοποθέτηση του ηλεκτρονικού ballast. Σημειώνεται ότι το ηλεκτρονικό ballast υποκαθιστά επίσης τη λειτουργία του εκκινητή (starter) του συμβατικού φωτιστικού, άρα ο εκκινητής και η καλωδίωσή του καταργούνται στο τροποποιημένο φωτιστικό.

Για να πραγματοποιηθεί οικονομική αξιολόγηση της επένδυσης, θα θεωρηθεί ότι το κόστος είναι 10 € ανά λαμπτήρα, μιας και ένα ballast κοστίζει μεν 20 €, αλλά τροφοδοτεί 2 λαμπτήρες. Προσθέτοντας και τα εργατικά (10 € ανά λαμπτήρα) προκύπτει ότι το ολικό κόστος για κάθε λαμπτήρα είναι 20 €.

Στο κτίριο υπάρχουν 446 λαμπτήρες των 58 W, 256 των 36 W και 216 των 18 W (συνολικά 918 λαμπτήρες) οι οποίοι ανήκουν στην κατηγορία των λαμπτήρων φθορισμού T8 στους οποίους άλλωστε γίνεται και αντικατάσταση ballast. Επομένως, το αρχικό κεφάλαιο για την αντικατάσταση είναι  $918 \cdot 20 \text{ €} = 18.360 \text{ €}$ , ενώ η τωρινή κατανάλωση των λαμπτήρων όπως υπολογίζεται από το κεφάλαιο της καταγραφής είναι 106.955 kWh/έτος. Με την αντικατάσταση των ballast προκύπτει εξοικονόμηση  $106.955 \cdot 0,25 \text{ kWh/έτος} = 26.739 \text{ kWh/έτος}$ .

Για την αποτίμηση της επένδυσης, όπως και όλων των προτεινόμενων επενδύσεων, θα χρησιμοποιηθεί το κριτήριο της Καθαρής Παρούσης Αξίας (ΚΠΑ). Ο τύπος της ΚΠΑ δίνεται από την παρακάτω εξίσωση:

$$\text{ΚΠΑ} = -K + \sum_{t=1}^N \frac{F_t}{(1+d)^t} + \frac{SV_N}{(1+d)^N}$$

όπου:

K: αρχική επένδυση

Ft: ετήσιο καθαρό όφελος



$N$ : οικονομικός κύκλος ζωής της επένδυσης

$d$ : επιτόκιο αναγωγής σε παρούσα αξία (επιθυμητή απόδοση κεφαλαίου)

$SV_N$ : υπολειμματική αξία της επένδυσης στο τέλος του οικονομικού κύκλου ζωής

Η τιμή της ΚΠΑ καθορίζει το κατά πόσο η εκάστοτε επένδυση είναι βιώσιμη.

Συγκεκριμένα, διακρίνονται οι ακόλουθες τρεις περιπτώσεις:

- ✓ ΚΠΑ>0. Η επένδυση είναι βιώσιμη
- ✓ ΚΠΑ=0. Η επένδυση είναι βιώσιμη με μέσο ετήσιο βαθμό απόδοσης ίσο με  $d$
- ✓ ΚΠΑ<0. Η επένδυση δεν είναι βιώσιμη

Η υπολειμματική αξία για όλες τις επενδύσεις θεωρείται μηδενική και το επιτόκιο αναγωγής ίσο με 5%. Ταυτόχρονα όλες οι επενδύσεις εξετάζονται με δεκαετή οικονομικό κύκλο ζωής ( $N=10$ ). Τέλος στη συγκεκριμένη επένδυση ισχύει  $K = 18.360 \text{ €}$ . Το ετήσιο καθαρό όφελος είναι  $F_t = 26.739 \text{ kWh} * 0,09412 \text{ €/kWh} = 2.517 \text{ €}$ .

**Πίνακας 6.2.1 Οικονομική αξιολόγηση αντικατάστασης μαγνητικών ballast με ηλεκτρονικά**

Οικονομικοί δείκτες της επένδυσης	
Επιτόκιο αναγωγής σε παρούσα αξία	5%
Οριακό φορολογικό κλιμάκιο επενδυτή	0%
Χρονική διάρκεια λογιστικής περιόδου	10
Επιχορήγηση αρχικού κόστους επένδυσης	0%
Συνολικός προϋπολογισμός επένδυσης $K$	18.360 €
Ετήσιο καθαρό όφελος, $F_t$	2.517€
Καθαρή παρούσα αξία, ΚΠΑ	1.073€
Έντοκη περίοδος αποπληρωμής, ΕΠΑ	9,3
Εσωτερικός βαθμός απόδοσης κεφαλαίου, ΕΒΑ	6,2%

- Αντικατάσταση λαμπτήρων πυρακτώσεως με συμπαγείς φθορισμού. Με αυτήν την αντικατάσταση επιτυγχάνεται εξοικονόμηση ενέργειας κατά 75%.

Το κόστος ενός συμπαγούς λαμπτήρα φθορισμού είναι 10€. Στο κτίριο υπάρχουν 12 λαμπτήρες πυρακτώσεως των 60W έκαστος. Άρα, το αρχικό κεφάλαιο για την αντικατάσταση είναι  $K=12*10\text{€}=120\text{€}$ , ενώ η τωρινή κατανάλωση των λαμπτήρων βάσει καταγραφής είναι 3.402 kWh/έτος. Με την αντικατάσταση με συμπαγείς φθορισμού προκύπτει εξοικονόμηση  $3.402*0,75=2.552 \text{ kWh/έτος}$ . Το ετήσιο καθαρό όφελος είναι  $F_t = 2552 \text{ kWh} * 0,09412 \text{ €/kWh} = 240\text{€}$ .

**Πίνακας 6.2.2 Οικονομική αξιολόγηση αντικατάστασης λαμπτήρων πυρακτώσεως με συμπαγείς λαμπτήρες φθορισμού**

Οικονομικοί δείκτες της επένδυσης	
Επιτόκιο αναγωγής σε παρούσα αξία	5%
Οριακό φορολογικό κλιμάκιο επενδυτή	0%
Χρονική διάρκεια λογιστικής περιόδου	10
Επιχορήγηση αρχικού κόστους επένδυσης	0%
Συνολικός προϋπολογισμός επένδυσης Κ	120 €
Ετήσιο καθαρό όφελος, $F_t$	240 €
Καθαρή παρούσα αξία, ΚΠΑ	1.734 €
Έντοκη περίοδος αποπληρωμής, ΕΠΑ	0,5
Εσωτερικός βαθμός απόδοσης κεφαλαίου, ΕΒΑ	200,1%

- Αντικατάσταση λαμπτήρων φθορισμού T8 με λαμπτήρες T5. Οι λαμπτήρες T5 αποτελούν τη νέα γενιά λαμπτήρων φθορισμού. Λειτουργούν μόνο με ηλεκτρονικό ballast, άρα τα φωτιστικά με λαμπτήρες αυτού του τύπου έχουν όλα τα πλεονεκτήματα που αναφέρθηκαν σχετικά με τα ηλεκτρονικά ballast. Οι διαστάσεις των λαμπτήρων T5 (διάμετρος σωλήνα 5/8''~16mm) είναι διαφορετικές από τις διαστάσεις των λαμπτήρων T8 (διάμετρος σωλήνα 8/8''~26mm), άρα δεν είναι δυνατόν να γίνει αντικατάσταση σε υφιστάμενα φωτιστικά. Μια τέτοια αντικατάσταση άλλωστε δεν έχει λόγους να γίνει όπως εξηγείται κατωτέρω.



α

β

γ

δ

**Σχήμα 6.2.5 Λαμπτήρες φθορισμού (α, β: συμπαγείς, γ: σωληνωτός T5, δ: σωληνωτός T8).**

Η απόδοση του συστήματος λαμπτήρα T5 και ballast (απαραιτήτως ηλεκτρονικού) μπορεί να προσεγγίσει τα 92 lm/W (αναλόγως του τύπου και της ονομαστικής ισχύος του λαμπτήρα). Η απόδοση του συμβατικού συστήματος λαμπτήρα T8 και ballast (ηλεκτρομαγνητικού) δεν μπορεί να υπερβεί τα 76 lm/W. Άρα, η απόδοση των λαμπτήρων T5 μπορεί να είναι έως και 21% υψηλότερη της απόδοσης των λαμπτήρων T8 με συμβατικό ballast. Όταν όμως οι T8 λειτουργούν με ηλεκτρονικό ballast τότε οι διαφορές στην απόδοση με τους λαμπτήρες T5 μειώνονται αισθητά. Ούτως ή άλλως, δεν είναι δυνατόν να γίνουν απόλυτες συγκρίσεις δεδομένου ότι οι λαμπτήρες T5 διατίθενται σε διαφορετικές ονομαστικές ισχύεις από τους T8, οπότε δεν υπάρχουν συγκρίσιμα φωτιστικά.

Σε γενικές γραμμές, η αντικατάσταση φωτιστικών λαμπτήρων T8 ηλεκτρονικής έναυσης με παρεμφερή φωτιστικά λαμπτήρων T5 δεν αποφέρει σημαντικά ενεργειακά οφέλη και κατά πάσα πιθανότητα δεν θα είναι οικονομικά συμφέρουσα (μεγάλος χρόνος απόσβεσης). Εάν οι λαμπτήρες T8 μιας εγκατάστασης φωτισμού λειτουργούν ήδη με ηλεκτρονικά ballast τότε δεν υπάρχει ουσιαστικό ενεργειακό όφελος για την αντικατάσταση των φωτιστικών σωμάτων T8 με φωτιστικά T5. Η χρησιμοποίηση φωτιστικών με τους λαμπτήρες T5 ενδείκνυται ωστόσο σε εγκαταστάσεις όπως της προκειμένης περίπτωσης όπου οι λαμπτήρες φθορισμού έχουν μαγνητικό ballast.

Με τους λαμπτήρες T5 επιτυγχάνεται εξοικονόμηση της τάξεως του 28%.

Όπως προαναφέρθηκε για να γίνει αντικατάσταση με λαμπτήρες T5 πρέπει να γίνει εγκατάσταση νέων φωτιστικών σωμάτων. Το κόστος είναι 60 € ανά φωτιστικό στο οποίο προσθέτοντας το κόστος για εργατικά, που ανέρχεται σε 10€ ανά φωτιστικό, προκύπτει ότι το ολικό κόστος για κάθε φωτιστικό είναι 70 €. Στο κτίριο υπάρχουν 223 φωτιστικά σώματα των 58W, 128 φωτιστικά σώματα των 36W και 54 των 18W, άρα το κτίριο αποτελείται συνολικά από 405 φωτιστικά σώματα. Επομένως, το αρχικό κεφάλαιο για την αντικατάσταση είναι  $405 \cdot 70€ = 28.350€$ , ενώ η τωρινή κατανάλωση των λαμπτήρων είναι 106.955 kWh/έτος. Με την αντικατάσταση με φωτιστικά λαμπτήρων T5 προκύπτει εξοικονόμηση  $106.955 \cdot 0,28 = 29.947$  kWh/έτος. Το ετήσιο καθαρό όφελος είναι  $Ft = 29.947 \text{ kWh} \cdot 0,09412 \text{ €/kWh} = 2.819€$ .

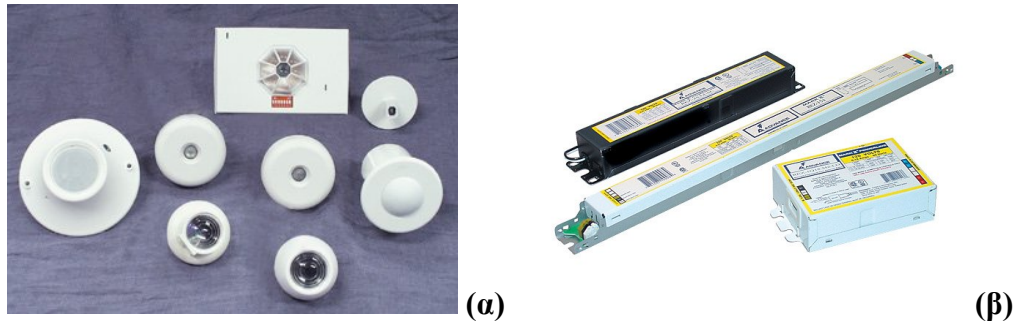
**Πίνακας 6.2.3 Οικονομική αξιολόγηση αντικατάστασης λαμπτήρων T8 με λαμπτήρες T5**

Οικονομικοί δείκτες της επένδυσης	
Επιτόκιο αναγωγής σε παρούσα αξία	5%
Οριακό φορολογικό κλιμάκιο επενδυτή	0%
Χρονική διάρκεια λογιστικής περιόδου	10
Επιχορήγηση αρχικού κόστους επένδυσης	0%
Συνολικός προϋπολογισμός επένδυσης K	28.350€
Ετήσιο καθαρό όφελος, $F_t$	2.819€
Καθαρή παρούσα αξία, ΚΠΑ	-6.585€
Έντοκη περίοδος αποπληρωμής, ΕΠΑ	14,3
Εσωτερικός βαθμός απόδοσης κεφαλαίου, ΕΒΑ	-0,1%

- Εγκατάσταση αυτοματισμών τοπικής εμβέλειας όπως αισθητήρες παρουσίας, αισθητήρες φωτισμού, ρυθμιστές φωτισμού, χρονοδιακόπτες κ.λπ.

Η εκμετάλλευση του φυσικού φωτισμού αποφέρει σημαντικά ενεργειακά οφέλη στην ενεργειακή κατανάλωση των κτιρίων. Οι παρεμβάσεις που μπορεί να γίνουν προς την κατεύθυνση αυτή είναι πολλές. Οι περισσότερες στοχεύουν στην αρχιτεκτονική σχεδίαση και εσωτερική διαρρύθμιση των κτιρίων (βιοκλιματική αρχιτεκτονική) ή στη χρησιμοποίηση συστημάτων προσαγωγής του φωτός στους εσωτερικούς χώρους (οπτικοί σωλήνες, κάτοπτρα κ.λπ.) τα οποία αποτελούν αντικείμενο μείζονος αρχιτεκτονικής παρέμβασης. Η πιο ρεαλιστική και υλοποιήσιμη σε υφιστάμενα κτίρια είναι η χρησιμοποίηση αυτόνομων αυτοματισμών στους επί μέρους χώρους. Το κόστος είναι λογικό και η επένδυση αποσβένεται αρκετά σύντομα. Επιπροσθέτως δε, οι εργασίες εγκατάστασης μπορούν να διεξαχθούν χωρίς σοβαρή διατάραξη της επαγγελματικής δραστηριότητας του κτιρίου.

Η πιο απλή λύση για την εκμετάλλευση του φυσικού φωτισμού (η εφαρμογή της οποίας θα εξεταστεί και για το κτίριο των Χημικών Μηχανικών) είναι η τοποθέτηση αισθητήρα φωτός, σε χώρους εργασίας αλλά και κοινόχρηστους χώρους, ο οποίος μετρά την ένταση φωτισμού και ρυθμίζει την ένταση του τεχνητού φωτισμού στο επιθυμητό επίπεδο μέσω ρυθμιστή φωτός (dimmer). Το σύστημα αυτό είναι τοπικού χαρακτήρα και δεν συνδυάζεται ούτε επικοινωνεί με αντίστοιχα συστήματα εγκατεστημένα σε άλλους χώρους. Απαραίτητη προϋπόθεση είναι τα υφιστάμενα φωτιστικά να λειτουργούν με ηλεκτρονικά ballast.

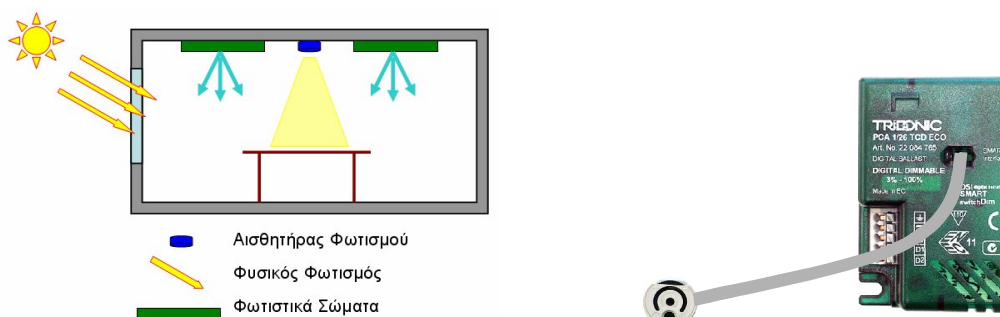


**Σχήμα 6.2.6** Αισθητήρες φωτός (α) για ρύθμιση της φωτεινότητας των λαμπτήρων μέσω dimming electronic ballasts (β).

Σημειώνεται ότι η ρύθμιση της φωτεινότητας των λαμπτήρων (dimming) δεν επιτυγχάνεται με μείωση της τάσης τροφοδοσίας τους αλλά με άλλες πιο σύνθετες τεχνικές (αποκοπή μέρους της κυματομορφής της τάσης, ρύθμιση συχνότητας κ.λπ.). Είναι χαρακτηριστικό ότι η έναυση των λαμπτήρων φθορισμού σε χαμηλά επίπεδα τάσης (συνήθως 180-190V) είναι αδύνατη.

Τα κυκλώματα που ρυθμίζουν τη φωτεινότητα των λαμπτήρων λειτουργούν σε υψηλές συχνότητες οι οποίες εκτείνονται στην περιοχή συχνοτήτων των ηλεκτρονικών ballast (και πέραν αυτής). Η συχνότητα λειτουργίας (50 Hz) των συμβατικών στραγγαλιστικών πηνίων (ηλεκτρομαγνητικών ballast) τα καθιστά ακατάλληλα για dimming. Συνεπώς, τα ballast πρέπει οπωσδήποτε να είναι ηλεκτρονικά.

Η ρύθμιση της φωτεινότητας (dimming) των λαμπτήρων επιτυγχάνεται είτε με το συνδυασμό απλού ηλεκτρονικού ballast και ρυθμιστή (dimmer), είτε με ηλεκτρονικό ballast που ενσωματώνει τον ρυθμιστή (HF regulator). Απαραίτητος φυσικά είναι ο αισθητήρας φωτισμού ο οποίος επιδέχεται ρύθμιση από το χρήστη του χώρου για το επιθυμητό επίπεδο φωτισμού καθώς και το εύρος ρύθμισης ως ποσοστό της ονομαστικής απόδοσης.



**Σχήμα 6.2.7** Dimming μέσω αισθητήρα φωτισμού.

Μία επιπλέον επιλογή είναι η εγκατάσταση χρονοδιακοπών που διακόπτουν τα κυκλώματα φωτισμού στους επί μέρους χώρους για καθορισμένα διαστήματα εντός των οποίων δεν προβλέπεται η χρήση τους. Η ρύθμιση του κάθε χρονοδιακόπτη διενεργείται σύμφωνα με το ωράριο χρήσης του συγκεκριμένου χώρου.

Η εφαρμογή των αισθητήρων φωτισμού αξιοποιεί το φυσικό φωτισμό και περικόπτει την άσκοπη λειτουργία του τεχνητού φωτισμού. Έχει διαπιστωθεί με μετρήσεις εξειδικευμένων φορέων ότι με τη χρησιμοποίηση αυτόνομων αυτοματισμών αυτού του τύπου επιτυγχάνεται εξοικονόμηση ενέργειας στο φωτισμό γύρω στο 15% λόγω της μειωμένης παροχής τεχνητού φωτισμού όταν αυτός δεν είναι απαραίτητος. Προσθέτοντας σ' αυτό την εξοικονόμηση ενέργειας λόγω ηλεκτρονικού ballast προκύπτει ότι επιτυγχάνεται συνολική εξοικονόμηση της τάξεως του 40%.

Παρ' όλο που διατίθενται στην αγορά αισθητήρες που έχουν τη δυνατότητα να μεταβάλλουν τη στάθμη του φωτισμού σε μια ομάδα φωτιστικών ταυτόχρονα, θα προτιμηθεί η τοποθέτηση ενός αισθητήρα ανά φωτιστικό. Οι λόγοι που δεν επιλέγονται οι πρώτοι αισθητήρες είναι το υψηλότερο κόστος τους, τόσο λόγω του υψηλότερου κόστους ενός κεντρικού αισθητήρα όσο και του υψηλότερου κόστους των εργασιών, αλλά και το γεγονός ότι ένας κεντρικός αισθητήρας θα ρύθμιζε ταυτόχρονα όλα τα φωτιστικά χωρίς κάτι τέτοιο να είναι πάντα επιθυμητό.

Το ολικό κόστος ανά φωτιστικό είναι:  $K_{\text{ανά φωτιστικό}} = \text{Κόστος αισθητήρα} + \text{Κόστος dimmable φωτιστικού} + \text{Κόστος για εργατικά} = (20 + 43 + 10)\text{€} = 73\text{€}$ . Το κτίριο αποτελείται συνολικά από 447 φωτιστικά σώματα στα οποία θα τοποθετηθεί αισθητήρας. Επομένως, το αρχικό κεφάλαιο για την αντικατάσταση είναι  $447 \cdot 73\text{€} = 32.631\text{€}$ . Η τωρινή κατανάλωση των λαμπτήρων είναι 106.955 kWh/έτος. Με την τοποθέτηση των αισθητήρων προκύπτει εξοικονόμηση  $106.955 \cdot 0,40 = 42.782$  kWh/έτος. Το ετήσιο καθαρό όφελος είναι  $F_t = 42.782 \text{ kWh} \cdot 0,09412 \text{ €/kWh} = 4.027\text{€}$ .

#### Πίνακας 6.2.4 Οικονομική αξιολόγηση τοποθέτησης αισθητήρων φωτισμού

Οικονομικοί δείκτες της επένδυσης	
Επιτόκιο αναγωγής σε παρούσα αξία	5%
Οριακό φορολογικό κλιμάκιο επενδυτή	0%
Χρονική διάρκεια λογιστικής περιόδου	10
Επιχορήγηση αρχικού κόστους επένδυσης	0%
Συνολικός προϋπολογισμός επένδυσης K	32.631€
Ετήσιο καθαρό όφελος, $F_t$	4.027€
Καθαρή παρούσα αξία, ΚΠΑ	-1.538€
Έντοκη περίοδος αποπληρωμής, ΕΠΑ	10,6
Εσωτερικός βαθμός απόδοσης κεφαλαίου, ΕΒΑ	4%

Ένα δεύτερο είδος αισθητήρων που μπορεί να χρησιμοποιηθεί είναι οι αισθητήρες παρουσίας (ή αισθητήρες κίνησης) που είναι αρκετά απλούστεροι από άποψη τεχνολογίας από τους αισθητήρες φωτισμού και οι οποίοι διακόπτουν τη λειτουργία των φωτιστικών όταν δεν ανιχνεύουν την παρουσία ή κίνηση αντίστοιχα ατόμων στο χώρο για ένα προκαθορισμένο χρονικό διάστημα. Όταν ανιχνεύσουν κίνηση επαναφέρουν τα φώτα σε λειτουργία. Σε μερικές περιπτώσεις (μόνο off-συστήματα) τα φώτα παραμένουν σβηστά.

Στους αισθητήρες παρουσίας δεν θα πρέπει να χρησιμοποιούνται λαμπτήρες εκκένωσης μεγάλης έντασης (εκτός ειδικών περιπτώσεων), καθώς οι λαμπτήρες αυτοί απαιτούν κάποιο χρόνο έως την πλήρη έναυσή τους και επομένως αρκετά λεπτά για να επανέλθουν σε πλήρη λειτουργία.

Οι αισθητήρες παρουσίας μπορεί να είναι:

- είτε αυτόνομοι είτε συνδεδεμένοι σε σύστημα ελέγχου και μπορούν να τοποθετηθούν σε τοίχο ή σε οροφή. Αυτοί ήταν οι πρώτοι τύποι ανιχνευτών παρουσίας που χρησιμοποιήθηκαν και παραμένουν ιδιαίτερα δημοφιλείς. Η εγκατάστασή τους απαιτεί διάνοιξη της οροφής ή του τοίχου, δεδομένου ότι πρέπει να καλωδιωθούν με το σύστημα ηλεκτρική παροχής. Αυτό συνεπάγεται σχετικά υψηλό κόστος εγκατάστασης όταν η εγκατάσταση γίνεται εκ των υστέρων (στις περιπτώσεις ανακαινίσεων).
- είτε να υπάρχουν όλα τα εξαρτήματα στο ίδιο κεντρικό πίνακα-σημείο και να μπορούν εύκολα να καλωδιωθούν σε υπάρχοντα κουτιά στον χώρο. Αυτή είναι πιο πρόσφατη τεχνολογία, η οποία χρησιμοποιείται κυρίως σε μικρούς χώρους γραφείων, σε περιπτώσεις ανακαινίσης, με αντικατάσταση των κοινών διακοπών τοίχου. Έχουν περιορισμένη ευελιξία δεδομένου ότι η θέση του πίνακα είναι σταθερή, συνήθως σε ύψος 110 εκ. από τη στάθμη του δαπέδου. Ένα άλλο μειονέκτημα είναι ότι οι διαχωριστικοί τοίχοι και τα έπιπλα μπορεί να περιορίσουν την εμβέλειά του. Ωστόσο, σε κατάλληλους χώρους (μικρά γραφεία και αίθουσες συνεδριάσεων που έχουν επίτοιχους διακόπτες) οι πίνακες είναι πολύ οικονομικοί δεδομένης της χαμηλής τιμής τους και το κόστος εγκατάστασης είναι σχεδόν αμελητέο.

Κριτήριο για την επιλογή ενός συστήματος ελέγχου παρουσίας είναι η χρήση του χώρου. Οι ενδεικνύμενες εφαρμογές για συστήματα ελέγχου παρουσίας είναι οι χώροι στους οποίους η χρήση είναι διακοπτόμενη ή απρόβλεπτη, π.χ. χώροι φωτοτυπικών, αποθήκες, υπηρεσιακοί διάδρομοι. Για το λόγο αυτό οι αισθητήρες παρουσίας θα τοποθετηθούν στους διαδρόμους, όπου η χρήση τους είναι σημαντική ιδιαίτερα για τις νυχτερινές ώρες που όπως έχει διαπιστωθεί από την καταγραφή τα φώτα παραμένουν ανοιχτά χωρίς να είναι απαραίτητο. Επομένως, θα επιλεγεί η πρώτη κατηγορία αισθητήρων. Στους διαδρόμους υπάρχουν συνολικά 100



φωτιστικά (76 των 58W, 8 των 36W και 16 των 18W), επομένως το αρχικό κόστος για την εγκατάσταση είναι  $K=100*73=7.300\text{€}$ .

Επιπλέον, επειδή η συχνή κίνηση στους διαδρόμους κατά τη διάρκεια της μέρας θα ενεργοποιούσε το μηχανισμό σε συνεχή βάση γεγονός που θα τον καταπονούσε και θα απαιτούσε τακτική συντήρηση ή ακόμα και αντικατάστασή του, οι αισθητήρες που θα τοποθετηθούν θα ρυθμιστούν να έχουν μεγάλη χρονοκαθυστέρηση (π.χ. 10min). Η μεγάλη χρονική υστέρηση του συστήματος είναι επίσης χρήσιμη για τις περιπτώσεις που ο χρήστης παραμένει ακίνητος για μικρά χρονικά διαστήματα ενώ συνεχίζει να βρίσκεται μέσα στο χώρο και δεν επιθυμεί να σβήνουν τα φώτα πριν την έξοδό του από το χώρο.

Τέλος, η εξοικονόμηση ενέργειας, με την εγκατάσταση ενός αισθητήρα παρουσίας, ποικίλει αναλόγως του μεγέθους του χώρου και του τρόπου χρήσης του χώρου, αλλά συνήθως κυμαίνεται μεταξύ 35% και 45%. Βάσει κάποιων υπολογισμών (θεωρήθηκε ότι τα φώτα στους διαδρόμους θα παραμένουν ανοιχτά 6 ώρες λιγότερο με τη χρήση αισθητήρα παρουσίας) βρέθηκε ότι στο συγκεκριμένο κτίριο η χρήση αισθητήρα παρουσίας οδηγεί σε εξοικονόμηση ενέργειας ύψους 40%. Η αρχική κατανάλωση για φωτισμό στους διαδρόμους είναι 37.237kWh, άρα η εξοικονομούμενη ενέργεια είναι  $37.237\text{kWh}*0,40=14.895\text{kWh}$ . Συνεπώς, το ετήσιο καθαρό όφελος είναι  $14.895\text{kWh}*0,09412\text{€/kWh}=1.402\text{€}$ .

Ακολουθεί η οικονομική αξιολόγηση της επένδυσης.

**Πίνακας 6.2.5 Οικονομική αξιολόγηση τοποθέτησης αισθητήρων παρουσίας στους διαδρόμους**

Οικονομικοί δείκτες της επένδυσης	
Επιτόκιο αναγωγής σε παρούσα αξία	5%
Οριακό φορολογικό κλιμάκιο επενδυτή	0%
Χρονική διάρκεια λογιστικής περιόδου	10
Επιχορήγηση αρχικού κόστους επένδυσης	0%
Συνολικός προϋπολογισμός επένδυσης K	7.300€
Ετήσιο καθαρό όφελος, $F_t$	1.402€
Καθαρή παρούσα αξία, ΚΠΑ	3.525€
Έντοκη περίοδος αποπληρωμής, ΕΠΑ	6,2
Εσωτερικός βαθμός απόδοσης κεφαλαίου, ΕΒΑ	14%

## 6.2.2 Κτιριακό κέλυφος

### 6.2.2.1 Υπάρχουσα κατάσταση στο κτιριακό κέλυφος

Τα δύο βασικά προβλήματα του κτιριακού κελύφους της πτέρυγας Η του κτιρίου Χημικών Μηχανικών είναι η απουσία θερμομόνωσης και το γεγονός ότι η συντριπτική πλειοψηφία των παραθύρων είναι μονά, που ως γνωστόν αποτελούν πολύ ανεπαρκή θερμομονωτικά μέσα (έχουν μεγάλο συντελεστή θερμικής διαπερατότητας). Οι υαλοπίνακες αυτοί δεδομένου ότι διαχωρίζουν χώρους με σχετικά μεγάλες θερμοκρασιακές διαφορές (χώροι εξωτερικοί και χώροι εσωτερικοί) συντελούν σε ένα μεγάλο ποσοστό στην ενεργειακή κατανάλωση για θέρμανση και ψύξη των χώρων, καθώς διαμέσου των υαλοπινάκων μεταφέρεται μεγάλη ποσότητα ενέργειας. Το χειμώνα χάνεται θερμότητα από μέσα προς τα έξω, ενώ το καλοκαίρι εισέρχεται θερμότητα από το ζεστό εξωτερικό περιβάλλον.

### 6.2.2.2 Προτάσεις για το κτιριακό κέλυφος

Στις δράσεις νοικοκυρέματος αναφέρονται κάποια μέτρα μηδενικού κόστους, που μπορούν όμως κάλλιστα να μειώσουν την ενεργειακή κατανάλωση και να βελτιώσουν την ενεργειακή απόδοση του κτιριακού κελύφους. Πιο συγκεκριμένα :

- Έλεγχος και επισκευή ή αντικατάσταση τυχόν φθαρμένων κουφωμάτων, υαλοπινάκων και μονώσεων στο χώρο των γραφείων.
- Έλεγχος και επισκευή ή αντικατάσταση τυχόν ελαττωματικών μηχανισμών επαναφοράς ανοιγμάτων.
- Ευαισθητοποίηση των εργαζομένων-χρηστών για ορθολογική χρήση των διατάξεων σκίασης σε σχέση με την εποχή και τον προσανατολισμό του, εκτιθέμενου στην ηλιακή ακτινοβολία, ανοίγματος και των μηχανισμών επαναφοράς των ανοιγμάτων. Κατά τη συνοπτική ενεργειακή επιθεώρηση παρατηρήθηκε ότι οι χρήστες ακολουθούν λανθασμένη ενεργειακή συμπεριφορά, με αποτέλεσμα την άσκοπη σπατάλη ενέργειας. Είναι απαραίτητο να γίνει σωστή και επιμελής ενημέρωση του προσωπικού από ειδικευμένους μηχανικούς, σε θέματα ορθολογικής ενεργειακής συμπεριφοράς.
- Χρήση φυσικού αερισμού. Ο φυσικός αερισμός αποτελεί τη βασικότερη τεχνική απομάκρυνσης της θερμότητας από το κτίριο κατά τους θερμούς μήνες, η οποία μπορεί να επιτευχθεί με φυσικά μέσα. Ο νυχτερινός αερισμός είναι πολύ αποτελεσματικός κατά τη διάρκεια της θερινής περιόδου, ιδιαίτερα τις θερμές ημέρες κατά τις οποίες ο ημερήσιος αερισμός επιβαρύνει θερμικά το κτίριο. Συνεισφέρει και στην αποθήκευση «δροσιάς» στη θερμική μάζα του κτιρίου, σαρώνοντας τις επιφάνειες του κτιρίου με δροσερό αέρα, με αποτέλεσμα τη μειωμένη θερμική επιβάρυνση του κτιρίου την επόμενη μέρα.

Στις δράσεις ανακατασκευής εντάσσονται τα ακόλουθα μέτρα:

- Αντικατάσταση υπαρχόντων υαλοπινάκων με ενεργειακά αποδοτικά παράθυρα ώστε να μειωθούν οι απώλειες θερμότητας.

Άλλωστε, η χρήση ενεργειακά αποδοτικών παραθύρων είναι υποχρεωτική για τα νέα κτίρια, βάσει του κανονισμού Θερμομόνωσης που ισχύει από το 1979. Ο σημαντικότερος δείκτης της ενεργειακής απόδοσης ενός παραθύρου (τόσο του υαλοπίνακα, όσο και του κουφώματος) είναι η θερμοπερατότητα, υπάρχουν ωστόσο και άλλες ιδιότητες που επηρεάζουν τη συνολική ενεργειακή συμπεριφορά ενός παραθύρου ή τζαμιού όπως η αεροπερατότητα, η φωτοδιαπερατότητα και ο συντελεστής εκπομπής που αφορούν τη θερμική και οπτική άνεση που προσδίδει το παράθυρο καθώς και την συνεπαγόμενη εξοικονόμηση ενέργειας.

Υπάρχει βεβαίως ένα εύρος από τύπους υαλοπινάκων και παραθύρων που επιλέγονται ανάλογα με τη χρήση και το μέγεθος του εκάστοτε κτιρίου καθώς και την τιμή του κάθε συστήματος. Η χρήση ενεργειακά αποδοτικών παραθύρων είναι ιδιαίτερα χρήσιμη σε παλιά κτίρια, κατασκευασμένα πριν το 1979, όπως και το εν λόγω κτίριο, τα οποία εν γένει έχουν παράθυρα με μονά παράθυρα και παρουσιάζουν υψηλή κατανάλωση ενέργειας. Η αντικατάσταση των παλιών παραθύρων με νέα ενεργειακά αποδοτικά με διπλά παράθυρα, αν και έχει κάποιο κόστος, μπορεί να ανατρέψει κατά ένα πολύ μεγάλο ποσοστό την κακή ενεργειακή απόδοση του κτιρίου, με πολλαπλά οφέλη, άλλα άμεσα και άλλα πιο μακροπρόθεσμα. Μερικά από τα πλεονεκτήματα της χρήσης ενεργειακά αποδοτικών παραθύρων είναι:

- α) Εξοικονόμηση ενέργειας:** Αποφεύγοντας τις διαρροές θερμότητας το χειμώνα και δροσιάς το καλοκαίρι, καταναλώνεται λιγότερη ενέργεια.
- β) Οικονομία:** Μειώνοντας την κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση και ψύξη περιορίζονται τα έξοδα για πετρέλαιο, ηλεκτρικό, φυσικό αέριο ή άλλα καύσιμα.
- γ) Βελτίωση της άνεσης:** Επιτυγχάνονται καλύτερες εσωκλιματικές συνθήκες, λιγότερα ρεύματα κοντά στο παράθυρο, ομοιογενή θερμοκρασία στο χώρο και λιγότερος εξωτερικός θόρυβος.
- δ) Περιβαλλοντικά οφέλη:** Μειώνοντας τις εκπομπές CO<sub>2</sub> περιορίζεται το φαινόμενο του θερμοκηπίου σε τοπικό, εθνικό και παγκόσμιο επίπεδο.
- ε) Αποφεύγονται οι συμπυκνώσεις** πάνω στους υαλοπίνακες, ενώ βελτιώνεται η ορατότητα και η ποιότητα των παραθύρων, εφόσον τα διπλά παράθυρα παρουσιάζουν υψηλή διαπερατότητα σε φυσικό φως.

Στη συγκεκριμένη περίπτωση θα γίνει αντικατάσταση των απλών υαλοπινάκων (θερμικής διαπερατότητας  $5,81\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$ ) με διπλά χαμηλής εκπομπής διακένου

12,7mm και αλουμίνιο χωρίς θερμοδιακοπή ως υλικό κουφώματος (θερμικής διαπερατότητας  $2,89 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$ ). Οι διπλοί υαλοπίνακες αποτελούνται από δυο φύλλα γυαλιού, τα οποία διαχωρίζονται από ένα στρώμα αέρα. Σε σύγκριση με το σύστημα μονής υάλωσης οι διπλοί υαλοπίνακες περιορίζουν τις θερμικές απώλειες λόγω της θερμομονωτικής ιδιότητας του αέρα στο διάκενο.

Οι απώλειες υπολογίζονται ξεχωριστά για τους χειμερινούς μήνες (απώλειες λόγω κεντρικής θέρμανσης) και τους θερινούς μήνες (απώλειες λόγω ψύξης από τα ανεξάρτητα κλιματιστικά) και έπειτα για το σύνολο του έτους, τόσο για πριν όσο και για μετά την αντικατάσταση των υαλοπινάκων. Απαραίτητο μέγεθος για τους υπολογισμούς είναι το εμβαδό των παραθύρων. Από τις μετρήσεις που έχουν γίνει οι οποίες χρησιμοποιήθηκαν και στο κεφάλαιο 4 προέκυψε ότι η επιφάνεια των παραθύρων στους χώρους εργασίας είναι  $235 \text{ m}^2$ , στους διαδρόμους  $165 \text{ m}^2$ , ενώ η συνολική επιφάνεια παραθύρων είναι  $400 \text{ m}^2$ . Ο διαχωρισμός αυτός είναι απαραίτητος, καθώς όπως φαίνεται και στους πίνακες που ακολουθούν τους χειμερινούς μήνες ως επιφάνεια των παραθύρων ελήφθη η συνολική καθώς όλοι οι χώροι θερμαίνονται, ενώ τους θερινούς μήνες ως επιφάνεια των παραθύρων θεωρήθηκε μόνο η επιφάνεια των παραθύρων των χώρων εργασίας οι οποίοι και κλιματίζονται, άρα από αυτούς προέρχονται οι απώλειες ενέργειας. Επίσης, αναφορικά με τις ώρες λειτουργίας ανά ημέρα θα θεωρηθεί ότι είναι 8, δεδομένου ότι ο αριθμός αυτός αποτελεί και το μέσο όρο λειτουργίας των γραφείων αλλά και τον ακριβή αριθμό ωρών που η κεντρική θέρμανση παραμένει ανοιχτή. Ο ίδιος αριθμός λαμβάνεται υπόψη και για τους θερινούς μήνες παρόλο που ο κλιματισμός δεν είναι πάντα ανοιχτός επί 8 ώρες τη μέρα, χωρίς όμως αυτό να συνεπάγεται ότι δεν υπάρχει διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ εσωτερικού και εξωτερικού χώρου και επομένως και απώλειες. Οι μέρες λειτουργίας ανά μήνα είναι 22, εκτός από κάποιους μήνες που λόγω αργιών και διακοπών είναι λιγότερες. Τέλος, η θερμοκρασία της ατμόσφαιρας για κάθε μήνα του έτους βρέθηκε από στατιστικά στοιχεία της Εθνικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας.

**Πίνακας 6.2.6 Απώλειες θερμότητας πριν την αντικατάσταση των υαλοπινάκων**

Μήνας	Επιθυμητή θερμοκρασία χώρου	Θερμοκρασία ατμόσφαιρας	Συντελεστής θερμικής διαπερατότητας k (W/m <sup>2</sup> *C)	Επιφάνεια παραθύρων F (m <sup>2</sup> )	Θερμότητα Q /ώρα (W)	Ώρες λειτουργίας	Απώλειες /μήνα (kWh)
Ιανουάριος	297	283,3	5,81	400	31.839	176	5.604
Φεβρουάριος	297	283,6	5,81	400	31.142	176	5.481
Μάρτιος	297	285,3	5,81	400	27.191	184,8	5.025
Απρίλιος	297	288,9	5,81	400	18.824	176	3.313
Μάιος	297	293,7	5,81	400	7.669	193,6	1.485
Οκτώβριος	297	292,5	5,81	400	10.458	193,6	2.025
Νοέμβριος	297	288,4	5,81	400	19.986	193,6	3.869
Δεκέμβριος	297	285	5,81	400	27.888	176	4.908
<b>ΑΠΩΛΕΙΕΣ</b>							<b>31.710</b>
Ιούνιος	297	298,2	5,81	235	1.638	193,6	317
Ιούλιος	297	301	5,81	235	5.461	193,6	1.057
Αύγουστος	297	300,8	5,81	235	5.188	132	685
Σεπτέμβριος	297	297,2	5,81	235	273	193,6	53
<b>ΑΠΩΛΕΙΕΣ</b>							<b>2.112</b>

**Πίνακας 6.2.7 Απώλειες θερμότητας μετά την αντικατάσταση των υαλοπινάκων**

Μήνας	Επιθυμητή θερμοκρασία χώρου	Θερμοκρασία ατμόσφαιρας	Συντελεστής θερμικής διαπερατότητας k (W/m <sup>2</sup> *C)	Επιφάνεια παραθύρων F (m <sup>2</sup> )	Θερμότητα Q /ώρα (W)	Ώρες λειτουργίας	Απώλειες /μήνα (kWh)
Ιανουάριος	297	283,3	2,89	400	15.837	176	2.787
Φεβρουάριος	297	283,6	2,89	400	15.490	176	2.726
Μάρτιος	297	285,3	2,89	400	13.525	184,8	2.499
Απρίλιος	297	288,9	2,89	400	9.364	176	1.648
Μάιος	297	293,7	2,89	400	3.815	193,6	739
Οκτώβριος	297	292,5	2,89	400	5.202	193,6	1.007
Νοέμβριος	297	288,4	2,89	400	9.942	193,6	1.925
Δεκέμβριος	297	285	2,89	400	13.872	176	2.441
<b>ΑΠΩΛΕΙΕΣ</b>							<b>15.773</b>
Ιούνιος	297	298,2	2,89	235	815	193,6	158
Ιούλιος	297	301	2,89	235	2.717	193,6	526
Αύγουστος	297	300,8	2,89	235	2.581	132	341
Σεπτέμβριος	297	297,2	2,89	235	136	193,6	26
<b>ΑΠΩΛΕΙΕΣ</b>							<b>1.051</b>

Το κέρδος σε kWh για τις απώλειες κατά τη χειμερινή περίοδο είναι (31.710 – 15.773) kWh = 15.937 kWh με αντίστοιχο κέρδος σε ευρώ 797€. Το κέρδος σε € προέκυψε πολλαπλασιάζοντας τις kWh με 0,04 €/kWh που είναι το κόστος για το φυσικό αέριο και διαιρώντας τις με 0,8 λόγω των 20% απωλειών του συστήματος θέρμανσης (10% στο λέβητα και 10% κατά τη μεταφορά στους σωλήνες). Το κέρδος για τις απώλειες κατά τη θερινή περίοδο είναι (2.112 – 1.051) kWh = 1.062 kWh με αντίστοιχο κέρδος σε ευρώ 100€, το οποίο προέκυψε πολλαπλασιάζοντας τις kWh με το συντελεστή 0,09412€/ kWh σύμφωνα με το τιμολόγιο της ΔΕΗ. Άρα, το συνολικό ετήσιο κέρδος σε ευρώ είναι 897 €. Παρατηρείται ότι η δράση αντικατάστασης με διπλούς υαλοπίνακες οδηγεί σε 50% εξοικονόμηση ενέργειας.

Από έρευνα που έγινε στην αγορά εκτιμήθηκε ένα μέσο κόστος εγκατάστασης υαλοπινάκων, το οποίο ανέρχεται στα 75 €/m<sup>2</sup>. Επομένως συνολικά μία τέτοιου είδους επένδυση θα στοιχίσει  $K=400*75\text{€}=30.000\text{€}$ . Με τα δεδομένα αυτά γίνεται οικονομική αξιολόγηση της επένδυσης.

**Πίνακας 6.2.8 Οικονομική αξιολόγηση αντικατάστασης μονών υαλοπινάκων με διπλούς**

Οικονομικοί δείκτες της επένδυσης	
Επιτόκιο αναγωγής σε παρούσα αξία	5%
Οριακό φορολογικό κλιμάκιο επενδυτή	0%
Χρονική διάρκεια λογιστικής περιόδου	10
Επιχορήγηση αρχικού κόστους επένδυσης	0%
Συνολικός προϋπολογισμός επένδυσης K	30.000€
Ετήσιο καθαρό όφελος, F <sub>t</sub>	897€
Καθαρή παρούσα αξία, ΚΠΑ	-23.074€
Έντοκη περίοδος αποπληρωμής, ΕΠΑ	>20
Εσωτερικός βαθμός απόδοσης κεφαλαίου, ΕΒΑ	-17,5%

- Τοποθέτηση θερμομόνωσης στην οροφή του κτιρίου.

Ο σχεδιασμός ενός κτιρίου πρέπει να στοχεύει στην παροχή συνθηκών άνεσης στους ενοίκους ανεξάρτητα από τις επικρατούσες εξωτερικές συνθήκες. Αυτό σημαίνει, ότι πρέπει να εξασφαλίζει τουλάχιστον την υγιεινή, άνετη κι ευχάριστη διαβίωση στους ενοίκους, χωρίς να διαταράσσεται το θερμικό ισοζύγιο του ανθρώπινου σώματος με ακραίες θερμικές αλληλοεπιδράσεις κρύου ή ζέστης ανάμεσα σε αυτό και στον περιβάλλοντα χώρο καθώς και την οικονομία στην κατανάλωση ενέργειας με την ελαχιστοποίηση των θερμικών απωλειών του εσωτερικού χώρου.

Αυτά επιτυγχάνονται μέσω της θερμικής προστασίας του κελύφους που είναι βασική προϋπόθεση για τη σωστή θερμική συμπεριφορά οποιουδήποτε κτιρίου. Η θερμομόνωση αποτελεί βασική αρχή θερμικής προστασίας, μειώνοντας τις ανταλλαγές θερμότητας μεταξύ του κτιρίου και του περιβάλλοντος και άρα περιορίζοντας τις θερμικές απώλειες του κτιρίου.



Η θερμομόνωση του κτιρίου συνεισφέρει επίσης θετικά στη θερμική προστασία του κτιρίου κατά τους καλοκαιρινούς μήνες, ιδιαίτερα εφ' όσον συνδυάζεται με τον απαιτούμενο αερισμό, ιδιαίτερα το νυχτερινό. Όταν δεν υπάρχει επαρκής αερισμός του κτιρίου, η αυξημένη μόνωση του κελύφους, πέραν της προβλεπόμενης από τους κανονισμούς, επιβαρύνει τη θερμική λειτουργία του το καλοκαίρι, καθώς εμποδίζει την «αποφόρτιση» του κτιρίου από τη συσσωρευμένη θερμότητα.

Η θερμομόνωση συνίσταται από ένα σύνολο κατασκευαστικών-δομικών στοιχείων (υλικών και συστημάτων) και συνδέεται άμεσα με το κόστος κατασκευής και λειτουργίας των κτιρίων.

Ένα προσεκτικά μονωμένο κτίριο με την απαιτούμενη από τους ισχύοντες κανονισμούς θερμομόνωση, καλύπτει εν γένει τις ανάγκες ενός σωστά σχεδιασμένου από ενεργειακή άποψη κτιρίου, αρκεί να προσεχθεί η μόνωση όλων των δομικών στοιχείων ώστε να αποφεύγονται οι θερμογέφυρες (αμόνωτα ή περιορισμένης μονωτικής ικανότητας στοιχεία του κελύφους), οι οποίες μπορεί να δημιουργήσουν «ευαίσθητα» σημεία στην οικοδομή, ακόμα και συμπύκνωση υδρατμών.

Τα συνήθη θερμομονωτικά υλικά εμποδίζουν την αγωγή θερμότητας από το κτίριο προς το εξωτερικό περιβάλλον (αντίστροφα το καλοκαίρι) επειδή περιέχουν ακίνητο αέρα παγιδευμένο είτε σε ίνες (π.χ. υαλοβάμβακας) είτε σε κλειστές κυψελίδες (π.χ. διογκωμένη πολυστερίνη). Η θερμική αντίσταση και, συνεπώς, η θερμομονωτική ικανότητα του κάθε δομικού στοιχείου εξαρτάται από τη θερμική αγωγιμότητα του υλικού και αυξάνεται με το πάχος του.

Εν γένει, συνιστάται τα θερμομονωτικά υλικά να τοποθετούνται εξωτερικά ή ενδιάμεσα στις τοιχοποιίες, οροφές και δάπεδα, έτσι ώστε να μην αδρανοποιείται η θερμική μάζα (θερμοχωρητικότητα) του κελύφους. Η τοποθέτησή της όμως εξαρτάται από τεχνικοοικονομικούς παράγοντες, αλλά και από τη χρήση (ωράριο λειτουργίας) των χώρων.

Παρόλ' αυτά τα συστήματα εξωτερικής θερμομόνωσης αποδεικνύονται ως ο πιο αποτελεσματικός τρόπος μόνωσης ενός κτιρίου. Σε υφιστάμενα κτίρια αποτελεί την πιο ελκυστική, ενίοτε και τεχνικά μοναδική εφικτή λύση, ενώ σε νέα κτίρια είναι η πιο αποτελεσματική μέθοδος εξάλειψης των θερμογεφυρών. Η εξοικονόμηση ενέργειας, μεταφράζεται σε όφελος για τον χρήστη, με μειωμένα έξοδα ψύξης / θέρμανσης και σημαντικό οικονομικό κέρδος σε βάθος χρόνου, με ταυτόχρονη περιβαλλοντική αξία, χάρις στη μείωση αέριων ρύπων.

Στο υπό μελέτη κτίριο θα τοποθετηθεί θερμομόνωση στην οροφή του κτιρίου. Η επιφάνεια της οροφής είναι  $1.046\text{m}^2$ . Η διαδικασία τοποθέτησης θερμομόνωσης περιλαμβάνει τα εξής στάδια:

1. Προετοιμασία της υφιστάμενης επιφάνειας – Καθαρισμός / επισκευή.
2. Κατασκευή κλίσεων 1% με αφροπετόν.

3. Πέρασμα όλης της επιφάνειας με ασφαλικό βερνίκι για την καλύτερη επικόλληση της ασφαλικής μεμβράνης.
4. Στεγανωτική στρώση με ελαστομερή ασφαλική μεμβράνη  $4,5\text{kg/m}^3$  (επικάλυψη ψηφίδα) και τοποθέτηση περιμετρικά λωρίδων με ασφαλική μεμβράνη, οι οποίες θα σηκωθούν τουλάχιστον 10εκ. πάνω από την τελική επιφάνεια της μόνωσης του τελικού δαπέδου.
5. Τοποθέτηση θερμομονωτικής πλάκας από εξηλασμένη πολυστηρόλη (FIBRAN) πάχους 6εκ. (συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας  $\lambda=0,035\text{W/mK}$ ).
6. Τελική προστατευτική στρώση με χαλίκι (συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας  $\lambda=2\text{W/mK}$ ) και γεώφασμα  $300\text{gr/m}^2$  (συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας  $\lambda=0,04\text{W/mK}$ ).
7. Πρόσθετη μηχανική στερέωση με ειδικά διαμορφωμένες λάμες από Profil αλουμίνιο, η οποία θα επισφραγιστεί και θα πακτωθεί με πολυερούθανική μαστίχη και θα στηριχτεί με ειδικά επικαδμιωμένα βύσματα (HILTI).

Με βάση τα ανωτέρω στοιχεία θα υπολογιστεί ο νέος συντελεστής θερμοπερατότητας της οροφής του κτιρίου.

**Πίνακας 6.2.9 Αντιστάσεις Θερμικής Μετάβασης ( $\text{m}^2\text{K/W}$ )**

Στρώσεις Δομικού Στοιχείου	Πάχος στρώσεως d σε m	Συντελεστής Θερμικής Αγωγιμότητας $\lambda$ σε W/Mk	Θερμική Αντίσταση d/ $\lambda$ σε $\text{m}^2\text{K/W}$
Ανεπίχριστο σκυρόδεμα	0,15	2,03	0,07
Θερμομονωτική πλάκα από εξηλασμένη πολυστηρόλη (FIBRAN)	0,07	0,035	2
Στρώση με χαλίκι	0,04	2	0,02
Γεώφασμα	0,001	0,04	0,025

Η αντίσταση θερμοδιαφυγής  $1/\Lambda$  προκύπτει ίση με  $2,12 \text{ m}^2\text{K/W}$ , με τις επιμέρους θερμικές αντιστάσεις να δίδονται στον ακόλουθο πίνακα.

**Πίνακας 6.2.10 Αντιστάσεις Θερμικής Μετάβασης (εσωτερικά και εξωτερικά) και Αντίσταση Θερμοδιαφυγής**

<b>Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εσωτερικά)</b>	$1/\alpha_i$	$m^2K/W$	0,12
<b>Αντίσταση θερμοδιαφυγής</b>	$1/\Lambda$	$m^2K/W$	2,12
<b>Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εξωτερικά)</b>	$1/\alpha_a$	$m^2K/W$	0,04

Η αντίσταση θερμοπερατότητας της οροφής ( $1/k$ ) προκύπτει ως το άθροισμα των αντιστάσεων θερμικής μετάβασης και της αντίστασης θερμοδιαφυγής και αντιστοιχεί σε  $2,28 m^2K/W$ , και επομένως ο συντελεστής θερμοπερατότητας ( $k$ ) αντιστοιχεί σε  $0,44 W/m^2K$  (χωρίς θερμομόνωση ο συντελεστής θερμοπερατότητας βρέθηκε ίσος με  $4,35 W/m^2K$ ). Σύμφωνα με τον Πίνακα 2 του ΚΕΝΑΚ, η μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή του συντελεστή είναι  $0,5 W/m^2K$ , επομένως με την τοποθέτηση θερμομόνωσης ο συντελεστής θερμοπερατότητας βρίσκεται εντός των ορίων.

Στη συνέχεια θα υπολογιστούν οι απώλειες για τους χειμερινούς και τους θερινούς μήνες και για το σύνολο του έτους πριν και μετά την τοποθέτηση θερμομόνωσης με τον ίδιο τρόπο που υπολογίστηκαν και στην περίπτωση της αντικατάστασης των υαλοπινάκων. Για τους ίδιους λόγους που αναφέρθηκαν και στην περίπτωση των υαλοπινάκων, τους χειμερινούς μήνες ως επιφάνεια θα θεωρηθεί η συνολική επιφάνεια της οροφής ( $1.046m^2$ ), ενώ τους θερινούς μόνο εκείνη η επιφάνεια που βρίσκεται πάνω από χώρους εργασίας ( $669m^2$ ).

**Πίνακας 6.2.11 Απώλειες θερμότητας πριν την τοποθέτηση θερμομόνωσης στην οροφή του κτιρίου**

Μήνας	Επιθυμητή θερμοκρασία χώρου	Θερμοκρασία ατμόσφαιρας	Συντελεστής θερμικής διαπερατότητας k (W/m <sup>2</sup> *C)	Επιφάνεια οροφής F (m <sup>2</sup> )	Θερμότητα Q /ώρα (W)	Ώρες λειτουργίας	Απώλειες/μήνα (kWh)
Ιανουάριος	297	283,3	4,35	1046	62.336	176	10.971
Φεβρουάριος	297	283,6	4,35	1046	60.971	176	10.731
Μάρτιος	297	285,3	4,35	1046	53.236	184,8	9.838
Απρίλιος	297	288,9	4,35	1046	36.856	176	6.487
Μάιος	297	293,7	4,35	1046	15.015	193,6	2.907
Οκτώβριος	297	292,5	4,35	1046	20.475	193,6	3.964
Νοέμβριος	297	288,4	4,35	1046	39.131	193,6	7.576
Δεκέμβριος	297	285	4,35	1046	54.601	176	9.610
<b>ΑΠΩΛΕΙΕΣ</b>							<b>62.083</b>
Ιούνιος	297	298,2	4,35	669	3.492	193,6	676
Ιούλιος	297	301	4,35	669	11.641	193,6	2.254
Αύγουστος	297	300,8	4,35	669	11.059	132	1.460
Σεπτέμβριος	297	297,2	4,35	669	582	193,6	113
<b>ΑΠΩΛΕΙΕΣ</b>							<b>4.502</b>

**Πίνακας 6.2.12 Απώλειες θερμότητας μετά την τοποθέτηση θερμομόνωσης στην οροφή του κτιρίου**

Μήνας	Επιθυμητή θερμοκρασία χώρου	Θερμοκρασία ατμόσφαιρας	Συντελεστής θερμικής διαπερατότητας k (W/m <sup>2</sup> *C)	Επιφάνεια οροφής F (m <sup>2</sup> )	Θερμότητα Q /ώρα (W)	Ώρες λειτουργίας	Απώλειες/μήνα (kWh)
Ιανουάριος	297	283,3	0,44	1046	6.305	176	1.110
Φεβρουάριος	297	283,6	0,44	1046	6.167	176	1.085
Μάρτιος	297	285,3	0,44	1046	5.385	184,8	995
Απρίλιος	297	288,9	0,44	1046	3.728	176	656
Μάιος	297	293,7	0,44	1046	1.519	193,6	294
Οκτώβριος	297	292,5	0,44	1046	2.071	193,6	401
Νοέμβριος	297	288,4	0,44	1046	3.958	193,6	766
Δεκέμβριος	297	285	0,44	1046	5.523	176	972
<b>ΑΠΩΛΕΙΕΣ</b>							<b>6.280</b>
Ιούνιος	297	298,2	0,44	669	353	193,6	68
Ιούλιος	297	301	0,44	669	1.177	193,6	228
Αύγουστος	297	300,8	0,44	669	1.119	132	148
Σεπτέμβριος	297	297,2	0,44	669	59	193,6	11
<b>ΑΠΩΛΕΙΕΣ</b>							<b>455</b>

Το κέρδος σε kWh για τις απώλειες κατά τη χειμερινή περίοδο είναι (62.083 – 6.280) kWh = 55.804 kWh με αντίστοιχο κέρδος σε ευρώ προκύπτει σύμφωνα και με τη διαδικασία που αναφέρθηκε προηγουμένως 2.790€. Το κέρδος για τις απώλειες κατά τη θερινή περίοδο είναι (4.502 – 455) kWh = 4.047 kWh με αντίστοιχο κέρδος σε ευρώ 381€. Άρα, το συνολικό ετήσιο κέρδος σε ευρώ είναι 3.171 €. Παρατηρείται ότι η τοποθέτηση θερμομόνωσης στην οροφή οδηγεί σε 90% εξοικονόμηση ενέργειας.

Το κόστος ανά  $m^2$  για όλη αυτή τη διαδικασία εκτιμήθηκε μετά από έρευνα αγοράς γύρω στα 51€, άρα το συνολικό κόστος για όλη την οροφή θα είναι  $K=1.046 m^2 \cdot 51€/m^2=53.346€$ .

Με τα δεδομένα αυτά γίνεται οικονομική αξιολόγηση της επένδυσης.

**Πίνακας 6.2.13 Οικονομική αξιολόγηση τοποθέτησης θερμομόνωσης στην οροφή του κτιρίου**

Οικονομικοί δείκτες της επένδυσης	
Επιτόκιο αναγωγής σε παρούσα αξία	5%
Οριακό φορολογικό κλιμάκιο επενδυτή	0%
Χρονική διάρκεια λογιστικής περιόδου	10
Επιχορήγηση αρχικού κόστους επένδυσης	0%
Συνολικός προϋπολογισμός επένδυσης K	53.346€
Ετήσιο καθαρό όφελος, $F_t$	3.171€
Καθαρή παρούσα αξία, ΚΠΑ	-28.860€
Έντοκη περίοδος αποπληρωμής, ΕΠΑ	>20
Εσωτερικός βαθμός απόδοσης κεφαλαίου, ΕΒΑ	-8,5%

## 6.2.3 Κλιματισμός

### 6.2.3.1 Υπάρχουσα κατάσταση στον κλιματισμό

Βάσει της καταγραφής που πραγματοποιήθηκε προέκυψε ότι η ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για κλιματισμό στον χώρο των γραφείων ανέρχεται στις 88.070 kWh για ψύξη και στις 33.745 kWh για θέρμανση. Τονίζεται ότι η κατανάλωση αυτή προέρχεται αποκλειστικά και μόνο από ανεξάρτητα κλιματιστικά μιας και δεν υπάρχει στη συγκεκριμένη πτέρυγα κεντρικός κλιματισμός με fan coils. Αναλυτικά, υπάρχουν 19 κλιματιστικά των 9.000 Btu/h, 3 των 12.000 Btu/h, 5 των 24.000 Btu/h, 1 των 12.600 Btu/h, 4 των 11.000 Btu/h, 2 των 18.000 Btu/h, 3 των 16.000 Btu/h, 2 των 8.000 Btu/h και 2 των 12.500 Btu/h.

Ωστόσο, δεν χρησιμοποιούνται όλες αυτές οι κλιματιστικές μονάδες για θέρμανση καθώς υπάρχει κεντρική θέρμανση η οποία σε αρκετές περιπτώσεις ικανοποιεί τις απαιτήσεις των χρηστών. Διαπιστώθηκε επίσης ότι ένα ποσοστό της κατανάλωσης

των split-units για θέρμανση οφείλεται στην ανεπάρκεια του συστήματος κεντρικής θέρμανσης, καθώς ορισμένα από τα θερμαντικά σώματα δε λειτουργούν.

### 6.2.3.2 Προτάσεις για τον κλιματισμό

Κατ' αρχάς στις δράσεις νοικοκυρέματος εντάσσονται κάποια μέτρα μηδενικού ή και μικρού κόστους τα οποία θα συμβάλλουν στη βελτιστοποίηση της λειτουργίας του κεντρικού συστήματος θέρμανσης και επομένως στη μείωση της κατανάλωσης των ανεξάρτητων κλιματιστικών για θέρμανση. Ορισμένα από αυτά τα μέτρα είναι τα ακόλουθα:

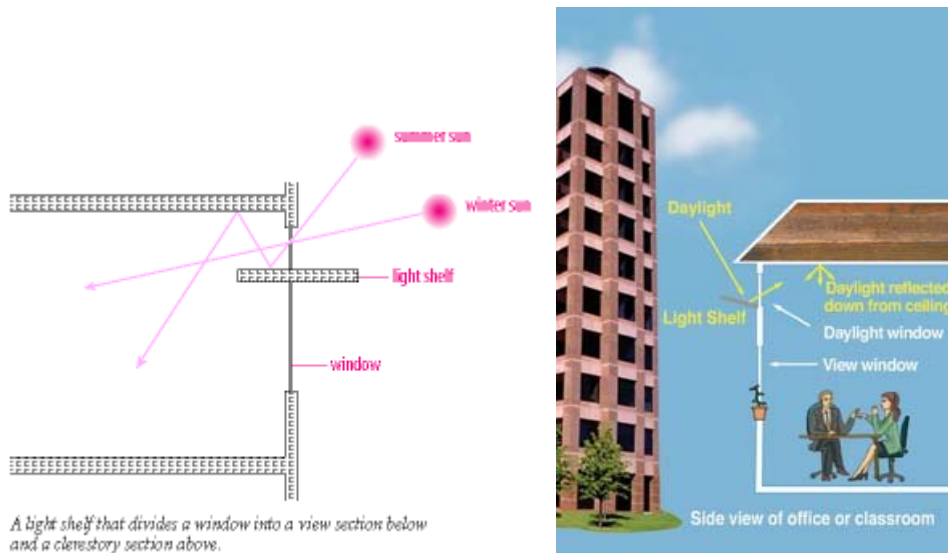
- Καθαρισμός και αντικατάσταση φίλτρων
- Συντήρηση κινητήριων μερών (συγχρονισμός φορτίου κινητήρα με την μετάδοση, προσαρμογή και αντικατάσταση ιμάντων κίνησης).
- Έλεγχος της ορθής λειτουργίας των αντλιών, των fan coils και των συμπιεστών και επισκευή των fan coils που έχουν τεθεί εκτός λειτουργίας λόγω βλάβης αλλά και αυτών που έχουν αρκετό καιρό να συντηρηθούν και να ελεγχθούν για τυχόν απώλειες.
- Τακτικός καθαρισμός των fan coils προκειμένου να αυξηθεί η απόδοση.

Στις δράσεις ανακατασκευής ανήκει το ακόλουθο μέτρο:

- Χρησιμοποίηση αρχιτεκτονικών λύσεων για την αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού (βιοκλιματική αρχιτεκτονική).

Ο φυσικός φωτισμός μπορεί να αξιοποιηθεί με ποικίλους τρόπους στους οποίους περιλαμβάνεται ο ενδεδειγμένος προσανατολισμός του κτιρίου, η κατασκευή προεξοχών στα παράθυρα για την εκτροπή του άμεσου φωτός στο εσωτερικό με ταυτόχρονη αποφυγή της θάμβωσης, η χρησιμοποίηση ειδικών υαλοστασίων που διαχέουν το φως περιορίζοντας τη θάμβωση, η εγκατάσταση εξωτερικών ή εσωτερικών φωτοφρακτών (σταθερών ή κινητών) ή αρχιτεκτονικών προεξοχών (μαρκιζόν) ή εσωτερικών ανακλαστικών επιφανειών (light shelves) που επιτυγχάνουν σκίαση αλλά και κατευθυνόμενη διάχυση στο εσωτερικό, η εγκατάσταση φωτοσωλήνων για τη μεταφορά της ηλιακής ακτινοβολίας στους εσωτερικούς χώρους ή ο συνδυασμός αυτών με ηλιοστάτες που επιτυγχάνουν υψηλότερη συγκέντρωση της ηλιακής ακτινοβολίας κ.λπ.





**Σχήμα 6.2.8** Εξωτερική αρχιτεκτονική προεξοχή (ράφι φωτός-light shelf) για σκίαση όταν ο ήλιος είναι ισχυρός (καλοκαίρι) και διάχυση του φωτός στο εσωτερικό του χώρου.

Οι ανωτέρω τεχνικές είναι ενδεικτικές καθώς αναπτύσσονται συνεχώς νέες πιο προηγμένες με αντίστοιχους στόχους. Οι περισσότερες ενδείκνυνται κυρίως σε νέα κτίρια ενώ μερικές μπορούν να εφαρμοσθούν σε υφιστάμενα αλλά με υψηλότερο κόστος. Ούτως ή άλλως, η εφαρμογή των περισσότερων από τις τεχνικές αυτές σε χώρες με μεγάλη ηλιοφάνεια απαιτεί σοβαρή μελέτη ώστε να μην επιβαρύνουν το ψυκτικό φορτίο των κτιρίων.



**Σχήμα 6.2.9** Εξωτερικά ράφια φωτός (light shelves).



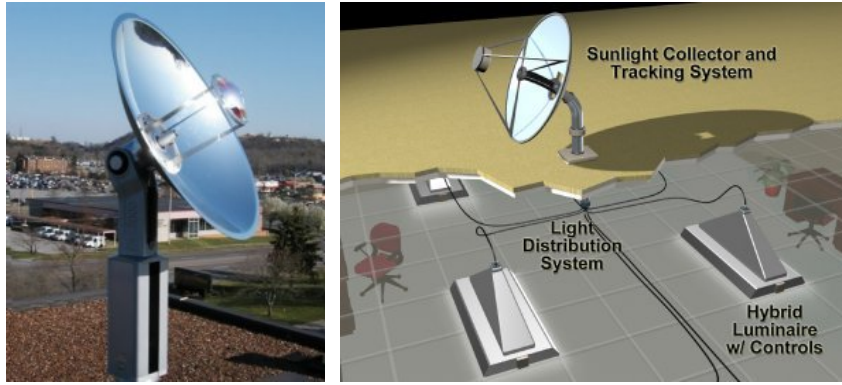
Σχήμα 6.2.10 Εσωτερικά ράφια φωτός.



Σχήμα 6.2.11 Ρυθμιζόμενες εξωτερικές περσίδες.



Σχήμα 6.2.12 Εσωτερικές περσίδες με αισθητήρα και αυτόματο μηχανισμό.



Σχήμα 6.2.13 Ηλιοστάτες (solar trackers) και φωτοσωλήνες (solar tubes).



Σχήμα 6.2.14 Φωτοσωλήνας με ηλιοστάτη στην κορυφή (α) για τη συγκέντρωση ηλιακού φωτός και τη διάχυσή του με φωτοσωλήνα (β) στον υποκείμενο σταθμό μετρό της Potsdamer Platz Βερολίνου.

Στο υπό μελέτη κτίριο θα επιλεγεί η εγκατάσταση στα παράθυρα των γραφείων του κτιρίου ρυθμιζόμενων εξωτερικών περσίδων με σταθερή κλίση. Οι περσίδες αυτές όντας κατασκευασμένες από ανακλαστικό υλικό συντελούν στη διάχυση του φυσικού φωτός με τέτοιο τρόπο ώστε να μην ενοχλεί τους χρήστες, αναγκάζοντάς τους να κλείνουν τις εσωτερικές περσίδες και να ανάβουν τον τεχνητό φωτισμό. Με αυτόν τον τρόπο πέρα από την εξοικονόμηση ενέργειας καταναλισκόμενης στον κλιματισμό, εξοικονομείται και ενέργεια που καταναλώνεται για φωτισμό.

Από διάφορες μελέτες που έχουν εκπονηθεί έχει διαπιστωθεί ότι με τη χρήση των εν λόγω περσίδων επιτυγχάνεται συνολική εξοικονόμηση (σε κλιματισμό και φωτισμό) ύψους 30%. Η ετήσια κατανάλωση της πτέρυγας Η σε ψύξη και φωτισμό χώρων εργασίας είναι αντιστοίχως 88.070 kWh και 69.006kWh, άρα η συνολική κατανάλωση είναι 157.076kWh. Συνεπώς, η ετησίως εξοικονομούμενη ενέργεια θα είναι  $157.076\text{kWh} \cdot 0,30 = 47.123 \text{ kWh}$ . Τότε, το ετήσιο καθαρό όφελος θα είναι  $47.123\text{kWh} \cdot 0,09412\text{€/kWh} = 4.435\text{€}$ .

Τέλος, ύστερα από έρευνα αγοράς που διεξήχθη, εκτιμήθηκε ότι ένα μέσο κόστος για την τοποθέτηση των εξωτερικών περσίδων, συμπεριλαμβανομένου του εργατικού κόστους, είναι 100€/m<sup>2</sup>. Το εμβαδό των παραθύρων των γραφείων έχει βρεθεί ίσο με 235m<sup>2</sup>, άρα το ολικό κόστος για την τοποθέτηση των περσίδων είναι Κ=23.500€.

**Πίνακας 6.2.14 Οικονομική αξιολόγηση τοποθέτησης εξωτερικών περσίδων στα παράθυρα των γραφείων**

Οικονομικοί δείκτες της επένδυσης	
Επιτόκιο αναγωγής σε παρούσα αξία	5%
Οριακό φορολογικό κλιμάκιο επενδυτή	0%
Χρονική διάρκεια λογιστικής περιόδου	10
Επιχορήγηση αρχικού κόστους επένδυσης	0%
Συνολικός προϋπολογισμός επένδυσης Κ	23.500€
Ετήσιο καθαρό όφελος, F <sub>t</sub>	4.435€
Καθαρή παρούσα αξία, ΚΠΑ	10.747€
Έντοκη περίοδος αποπληρωμής, ΕΠΑ	6,3
Εσωτερικός βαθμός απόδοσης κεφαλαίου, ΕΒΑ	13,6%

#### 6.2.4 Διαμόρφωση προτάσεων

Στον παρακάτω πίνακα συγκεντρώνονται όλες οι προτεινόμενες δράσεις (χαμηλού κόστους ή ανακατασκευής) και τα αποτελέσματα της οικονομικής αξιολόγησής τους, τα οποία στη συνέχεια σχολιάζονται και κρίνονται ποιες εκ των προτάσεων είναι βιώσιμες ή μη.

**Πίνακας 6.2.15 Προτεινόμενες δράσεις (χαμηλού κόστους ή ανακατασκευής) και αποτελέσματα οικονομικής αξιολόγησής τους**

Προτεινόμενη δράση	Αρχικό κόστος (€)	Ετήσιο καθαρό όφελος (€)	ΚΠΑ (€)	ΕΒΑ (%)	ΕΠΑ (έτη)
<b>Φωτισμός</b>					
Αντικατάσταση μαγνητικών ballast με ηλεκτρονικά	18.360	2.517	1.073	6,2	9,3
Αντικατάσταση λαμπτήρων πυρακτώσεως με συμπαγείς λαμπτήρες φθορισμού	120	240	1.734	200,1	0,5
Αντικατάσταση λαμπτήρων T8 με λαμπτήρες T5	28.350	2.819	-6.585	-0,1	14,3
Τοποθέτηση αισθητήρων φωτισμού	32.631	4.027	-1.538	4	10,6
Τοποθέτηση αισθητήρων παρουσίας στους διαδρόμους	7.300	1.402	3.525	14	6,2
<b>Κτιριακό κέλυφος</b>					
Αντικατάσταση μονών υαλοπινάκων με διπλούς	30.000	897	-23.074	-17,5	>20
Τοποθέτηση θερμομόνωσης στην οροφή	53.346	3.171	-28.860	-8,5	>20
<b>Κλιματισμός</b>					
Τοποθέτηση εξωτερικών περσίδων στα παράθυρα των γραφείων	23.500	4.435	10.747	13,6	6,3



Απ' τον ανωτέρω πίνακα εξάγονται τα ακόλουθα συμπεράσματα.

- Το αρχικό κόστος της επένδυσης για την αντικατάσταση **μαγνητικών ballast με ηλεκτρονικά** είναι αρκετά μεγάλο, το ίδιο όμως ισχύει και για το ετήσιο καθαρό όφελος. Ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης, αλλά και η καθαρή παρούσα αξία που είναι θετική αποδεικνύουν πως η επένδυση είναι συμφέρουσα.
- Η επένδυση **αντικατάστασης των λαμπτήρων πυρακτώσεως με συμπαγείς λαμπτήρες φθορισμού** έχει θετική καθαρή παρούσα αξία κυρίως χάρη στο χαμηλό αρχικό της κόστος και όχι τόσο χάρη στην ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας. Ωστόσο, αυτό δε συνεπάγεται καθόλου ότι μια τέτοιου είδους αντικατάσταση δεν επιτυγχάνει υψηλά χρηματικά και ενεργειακά οφέλη κατ' έτος, καθώς το χαμηλό ποσό ετήσιου καθαρού οφέλους αποδίδεται αποκλειστικά και μόνο στο μικρό αριθμό λαμπτήρων πυρακτώσεως που υπάρχουν στη συγκεκριμένη πτέρυγα. Μάλιστα, έχει αποδειχθεί ότι σε περιπτώσεις αντικατάστασης τριψήφιου αριθμού λαμπτήρων πυρακτώσεως με συμπαγείς φθορισμού, η απόσβεση της αρχικής επένδυσης γίνεται σε πολύ μικρότερο χρονικό διάστημα από αυτό του μισού έτους, δεδομένου ότι το ετήσιο καθαρό όφελος είναι υπερδιπλάσιο από το αρχικό κόστος.
- Η επένδυση **αντικατάστασης των λαμπτήρων T8 με λαμπτήρες T5** δεν είναι βιώσιμη από οικονομικής απόψεως όχι μόνο λόγω του αρνητικού ΚΠΑ, αλλά και επειδή ο χρόνος ζωής των λαμπτήρων T5 (8 χρόνια) είναι αρκετά μικρότερος από το χρόνο αποπληρωμής της επένδυσης, γεγονός που συνεπάγεται ένα επιπλέον κόστος για την αντικατάσταση των καμένων λαμπτήρων με νέους. Παρόλ' αυτά, η δράση αυτή υπερτερεί της δράσης αντικατάστασης των ballast από άποψη ενεργειακού κέρδους αλλά και λόγω των άλλων ποιοτικών χαρακτηριστικών τους που υπερτερούν σε σύγκριση με τα φωτιστικά λαμπτήρων T8, δεδομένου ότι η στάθμη φωτισμού που παρέχεται από τους λαμπτήρες T5 είναι υψηλότερη των λαμπτήρων T8. Εξ' άλλου, η χρησιμοποίηση λαμπτήρων σύγχρονης τεχνολογίας είναι επιβεβλημένη και για καθαρά πρακτικούς λόγους. Στο εγγύς μέλλον πιθανώς να έχουν επικρατήσει οι λαμπτήρες T5 και να είναι δύσκολη η συντήρηση των φωτιστικών λαμπτήρων T8 (εξεύρεση ανταλλακτικών κ.λπ.). Αυτό άλλωστε συνέβη με τα φωτιστικά παλαιάς τεχνολογίας που σήμερα έχουν σχεδόν εκλείψει λόγω δυσκολιών ανεύρεσης των λαμπτήρων T12.
- Η **τοποθέτηση αισθητήρων φωτισμού**, λόγω του αρνητικού ΚΠΑ αλλά και της μεγάλης έντοκης περιόδου αποπληρωμής που σχεδόν ταυτίζεται και με το χρόνο ζωής του αισθητήρα, δεν είναι βιώσιμη. Η βασική αιτία γι' αυτό είναι το υψηλό αρχικό κόστος επένδυσης.

- Από τα αποτελέσματα της οικονομικής αξιολόγησης της **τοποθέτησης αισθητήρων παρουσίας στους διαδρόμους** (θετικό ΚΠΑ, μεγάλος εσωτερικός βαθμός απόδοσης, μικρή έντοκη περίοδος αποπληρωμής) προκύπτει ότι η επένδυση είναι αρκετά βιώσιμη. Αυτό εξηγείται από το γεγονός ότι με ένα σχετικά χαμηλό αρχικό κόστος επιτυγχάνεται μια πολύ ικανοποιητική εξοικονόμηση ενέργειας και άρα και χρημάτων. Η βιωσιμότητα της συγκεκριμένης επένδυσης ήταν αναμενόμενη, καθώς έχει διαπιστωθεί από πολλούς ότι τα φώτα στους διαδρόμους παραμένουν άσκοπα ανοιχτά και για πολλές ώρες χωρίς να είναι απαραίτητα.
- Η **αντικατάσταση μονών υαλοπινάκων με διπλούς** δεν είναι καθόλου οικονομικά βιώσιμη εξαιτίας του εξαιρετικά υψηλού αρχικού κόστους σε σχέση με το ετήσιο όφελος. Η ΚΠΑ είναι κατά πολύ μικρότερη του μηδενός. Ομοίως και ο ΕΒΑ, ενώ η ΕΠΑ ξεπερνά τα 20 χρόνια. Παρά το γεγονός αυτό, το μέτρο της εν λόγω αντικατάστασης είναι απαραίτητο, καθώς το κτίριο των Χημικών Μηχανικών άρχισε να χτίζεται το 1976 και όπως αναφέρθηκε σε κτίρια χτισμένα πριν το 1979 είναι χρήσιμη η αντικατάσταση των παλιών παραθύρων με νέα ενεργειακά αποδοτικά με διπλούς υαλοπίνακες. Άλλωστε από τη μελέτη θερμομόνωσης του κεφαλαίου 4 το κτίριο κρίθηκε θερμομονωτικά ενεργοβόρο, αποτέλεσμα που κατά ένα πολύ μεγάλο ποσοστό οφείλεται στους μονούς υαλοπίνακες του κτιρίου. Έτσι, παρά το υψηλό κόστος μιας τέτοιας επένδυσης και τη δυσκολία απόσβεσής της, τα οφέλη δεν είναι αμελητέα λόγω του υψηλού ενεργειακού (εξοικονόμηση ενέργειας τουλάχιστον 50%) και οικολογικού κέρδους (μείωση εκπομπών CO<sub>2</sub>), των καλύτερων συνθηκών που παρέχει στο κτίριο, αλλά ακόμα και του οικονομικού οφέλους που προκύπτει χάρη στα μειωμένα έξοδα για καύσιμα.
- Η **τοποθέτηση θερμομόνωσης στην οροφή του κτιρίου** δεν είναι βιώσιμη για τους ίδιους λόγους με την προηγούμενη δράση. Παρ'όλ'αυτά η τοποθέτηση θερμομόνωσης προσφέρει πάρα πολύ υψηλά ποσοστά εξοικονόμησης ενέργειας στο κτίριο (σχεδόν 90%). Το υψηλό ενεργειακό όφελος (που συνεπάγεται και χρηματικό κέρδος για το κτίριο μετά από αρκετά χρόνια), σε συνδυασμό με την αναγκαιότητα αντιμετώπισης των σοβαρών θερμομονωτικών προβλημάτων που παρουσιάζει το κτίριο, καθιστούν απαραίτητη την εφαρμογή της εν λόγω πρότασης.
- Η οικονομική βιωσιμότητα της **τοποθέτησης εξωτερικών περσίδων στα παράθυρα των γραφείων** είναι αδιαμφισβήτητη λόγω των μεγάλων τιμών των ΚΠΑ και ΕΒΑ, αλλά και του μικρού χρόνου αποπληρωμής της.





## ***Κεφάλαιο 7. Συμπεράσματα και προοπτικές***

---



## 7. Συμπεράσματα και προοπτικές

### 7.1 Συμπεράσματα

Η διενέργεια ενεργειακής επιθεώρησης στην πτέρυγα Η του κτιρίου Χημικών Μηχανικών στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής αποδείχτηκε ιδιαίτερα χρήσιμη στην κατεύθυνση σχηματισμού μιας σαφούς εικόνας για την κατάσταση στην οποία βρίσκεται το κτίριο από ενεργειακής άποψης, καθώς και στην κατεύθυνση λήψης μέτρων από την υλοποίηση των οποίων θα προκύψει σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας και αντίστοιχο οικονομικό όφελος, καθώς και βελτίωση των συνθηκών εργασίας για τους χρήστες του κτιρίου και βελτίωση της ποιότητας του περιβάλλοντος χάρη στην ορθότερη και αποδοτικότερη χρήση της παραγόμενης ενέργειας.

Αρχικά, η αναλυτική καταγραφή του ηλεκτρικού εξοπλισμού του κτιρίου οδήγησε σε μια εκτίμηση των καταναλώσεων ηλεκτρικής ενέργειας ανά χρήση, στοιχεία που δεν ήταν δυνατό να βρεθούν από άλλα αρχεία ή σχέδια, καθώς δεν υπήρχαν τιμολόγια της ΔΕΗ ανά κτίριο δεδομένου ότι στην Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου υπάρχει ένας ενιαίος μετρητής και όχι μετρητές για κάθε κτίριο. Επίσης, δεν ήταν δυνατός ο υπολογισμός της κατανάλωσης ενέργειας για την θέρμανση του κτιρίου, ελλείψει στοιχείων από μετρητές ή τιμολόγια που θα παρείχαν πληροφορίες σχετικά με τις ετήσιες πραγματικές καταναλώσεις του φυσικού αερίου, που αποτελεί το χρησιμοποιούμενο καύσιμο στους δύο λέβητες του κτιρίου.

Πάνω στην καταγραφή που πραγματοποιήθηκε στηρίχτηκε η πρόταση δράσεων εξοικονόμησης ενέργειας. Έτσι, το γεγονός ότι το μεγαλύτερο μερίδιο στην κατανάλωση ενέργειας κατέχουν οι ηλεκτρονικοί υπολογιστές (λόγω μεγάλου αριθμού εξυπηρετητών και υπολογιστικών συστημάτων στο κτίριο), ο φωτισμός (εν μέρει λόγω αλόγιστης χρήσης του φωτισμού στους κοινόχρηστους χώρους) και ο κλιματισμός υπέδειξε τη λήψη μέτρων για εξοικονόμηση σε αυτούς τους τομείς (με εξαίρεση τους υπολογιστές για τους οποίους δεν υπάρχει η δυνατότητα λήψης μέτρων για τον περιορισμό της κατανάλωσής τους), ενώ ταυτόχρονα η ιδιαίτερα υψηλή τιμή του συντελεστή θερμοπερατότητας, που αποδίδεται κυρίως στην ύπαρξη μονών υαλοπινάκων και στην απουσία θερμομόνωσης του κτιριακού κελύφους, υπέδειξε τη λήψη σχετικών μέτρων ώστε να περιοριστούν οι θερμικές απώλειες του κτιρίου. Στον προσδιορισμό της ενεργειακής ταυτότητας του κτιρίου συνέβαλαν και οι μετρήσεις σημαντικών ενεργειακών και άλλων μεγεθών μέσω της χρήσης οργάνων όπως ο αναλυτής ενέργειας, η θερμοκάμερα και ο αναλυτής καυσαερίων.

Γενικά, αυτό που διαπιστώθηκε είναι ότι το εν λόγω κτίριο έχει αρκετές δυνατότητες εξοικονόμησης ενέργειας και συνεπώς εξοικονόμησης κόστους. Το πρόγραμμα δράσης που προέκυψε για τη βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας του κτιρίου περιγράφει λεπτομερώς όλα τα προτεινόμενα μέτρα, χωρίς ωστόσο να είναι όλα εξ αυτών βιώσιμα όπως προκύπτει μέσω της οικονομικής αξιολόγησής τους.

Βεβαίως, η οικονομική βιωσιμότητα δεν αποτελεί το μοναδικό κριτήριο επιλογής εφαρμογής μέτρων, καθώς αφενός το οικονομικό όφελος ορισμένων δράσεων αναφέρεται σε βάθος χρόνου και αφετέρου το υψηλό ενεργειακό κέρδος κάποιων δράσεων επιβάλλει την εφαρμογή τους σύμφωνα μάλιστα και με ισχύοντες κανονισμούς. Τέτοιες ήταν οι περιπτώσεις τοποθέτησης θερμομόνωσης στην οροφή του κτιρίου, αντικατάστασης των μονών υαλοπινάκων με διπλούς και τοποθέτησης αισθητήρων φωτισμού, μέτρα που ενώ προσφέρουν υψηλές δυνατότητες εξοικονόμησης ενέργειας παρουσιάζουν μεγάλο διάστημα αποπληρωμής εξαιτίας του πολύ υψηλού αρχικού κόστους. Απ' την άλλη πλευρά, μέτρα όπως η αντικατάσταση μαγνητικών ballast με ηλεκτρονικά, η αντικατάσταση λαμπτήρων πυρακτώσεως με συμπαγείς λαμπτήρες φθορισμού, η τοποθέτηση αισθητήρων παρουσίας στους διαδρόμους και η τοποθέτηση εξωτερικών περσίδων στα παράθυρα των γραφείων συνδύαζαν εξοικονόμηση ενέργειας με γρήγορη απόσβεση του προϋπολογισμού τους και η εφαρμογή τους συνιστάται ανεπιφύλακτα.

## 7.2 Προοπτικές

Ασφαλώς, πέρα των προτεινόμενων δράσεων, κρίνεται απαραίτητη η τοποθέτηση μετρητή στο κτίριο (όπως και σε όλα τα κτίρια της Πολυτεχνειούπολης) ώστε να είναι γνωστή στο εξής η ακριβής κατανάλωση της ηλεκτρικής ενέργειας.

Μια άλλη προοπτική για το κτίριο είναι και η παρακολούθηση σε πραγματικό χρόνο της κατανάλωσης ενέργειας με σκοπό την καλύτερη διαχείρισή της, όπως επίσης και ο συνεχής έλεγχος και η συνεχής παρακολούθηση των εξελίξεων στον τομέα της ενέργειας και ειδικότερα σε θέματα που αφορούν την αποδοτική χρήση του εξοπλισμού του κτιρίου, όπως οι εξελίξεις στα συστήματα αυτομάτου ελέγχου, στα νέα υλικά, στους τρόπους μόνωσης του κτιριακού κελύφους καθώς, επίσης στα συστήματα ψύξης – θέρμανσης, φωτισμού και σε άλλες νέες τεχνολογίες. Απαιτείται ασφαλώς και ενημέρωση για τις αλλαγές στο θεσμικό πλαίσιο σχετικά με την ενεργειακή διαχείριση. Στο πλαίσιο αυτό διαφαίνεται η προοπτική ύπαρξης μόνιμου προσωπικού, που θα είναι εξειδικευμένο σε θέματα εξοικονόμησης ενέργειας και βελτίωσης της ενεργειακής αποδοτικότητας και ως εκ τούτου θα είναι αποκλειστικά επιφορτισμένο με τα καθήκοντα που περιγράφηκαν. Επίσης, κρίνεται σκόπιμη και η ύπαρξη μόνιμου ενεργειακού διαχειριστή, που αναμένεται να απαλλάξει τη διεύθυνση από άσκοπες σπατάλες, κακοτεχνίες και πειραματισμούς.

Εναλλακτικά, μπορεί να εξεταστεί και η εγκατάσταση συστήματος Monitoring&Targeting, το οποίο αποτελεί μια διαδικασία διαχείρισης ενέργειας με την οποία θα γίνεται συνεχής και χρονικά δομημένη καταμέτρηση της ενεργειακής συμπεριφοράς του κτιρίου, με στόχο τη βελτιστοποίηση της ενεργειακής συμπεριφοράς του. Ένα σύστημα Monitoring&Targeting αποτελείται από τις ακόλουθες διαδικασίες:

- Διαρκής μέτρηση της καταναλισκόμενης ενέργειας.
- Διαρκής μέτρηση-καταγραφή των παραμέτρων που επηρεάζουν την κατανάλωση ενέργειας (κλίμα, κατασκευή, προϊόντα, εξοπλισμός υποστήριξης, ατόμων κλπ.).
- Συσχέτιση της καταναλισκόμενης ενέργειας με τους παράγοντες που την επηρεάζουν (βαθμοημέρες θέρμανσης κλπ.).
- Αναφορά της ενεργειακής απόδοσης των παρακολουθούμενων συστημάτων συναρτήσει και με τους ενεργειακούς στόχους που θέτει η διαχείριση ενέργειας.
- Εντοπισμός προβλημάτων.
- Ανάλυση διορθωτικών ενεργειών για τη βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας των παρακολουθούμενων συστημάτων για την προσέγγιση των ενεργειακών στόχων.





## ***Βιβλιογραφία***

---



## Βιβλιογραφία

1. I. Canas Guerrero, S. Martin Ocana, I. Gonzalez Requena, ‘Thermal–physical aspects of materials used for the construction of rural buildings in Soria (Spain)’, *Construction and Building Materials*, Vol. 19, 2005, pp. 197–211.
2. Mary A. Finn, ‘The Use of Infrared Thermal Imaging in Indoor Environmental Investigations’, *InfraMation 2004 Proceedings*, ITC 104 A, 27 July 2004.
3. Craig T. Saunders, ‘Moisture Intrusion Inspections of Stadiums through the use of Thermal Imagery’, *InfraMation 2003*, ITC 092 A, 15 August 2003.
4. ‘Υπέρυθρη κάμερα’, Εργαστήριο Συστημάτων Αποφάσεων & Διοίκησης, Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών & Μηχανικών Υπολογιστών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα 30 Οκτωβρίου 2009.
5. Αχιλλέας Χ. Χριστοδουλίδης, ‘Εφαρμοσμένη Θερμογραφία στη Διαχείριση Κτιρίων’, Παρουσίαση στην ημερίδα: "Τόνωση της συνεργασίας (clustering) στον Τομέα των Κατασκευών στην Περιφέρεια Κρήτης", Ηράκλειο Κρήτης, 28 Νοεμβρίου 2008.
6. Αχιλλέας Χ. Χριστοδουλίδης, ‘Θερμογραφία Κτιρίων – Θερμική Επιθεώρηση’, 2007
7. Αιμ. Γ. Κορωναίος, Γ.-Φοίβος Σαργέντης, ‘Θερμογραφία’, Δημοσιεύσεις Εργαστηρίου Τεχνικών Υλικών, Τεύχος 2, Αθήνα 2003.
8. Mario D. Gonçalves, Pierre Gendron, Tony Colantonio, ‘Commissioning of Exterior Building Envelopes of Large Buildings for Air Leakage and Resultant Moisture Accumulation using Infrared Thermography and Other Diagnostic Tools’, *Thermal Solutions Sarasota, Florida*, 2007.
9. Eric G. Amhaus, Edward L. Fronapfel, ‘Infrared Applications for Post Construction Radiant Heating Systems’, *InfraMation 2004 Proceedings*, ITC 104 A, 27 July 2004.
10. Jack M. Kleinfeld, ‘Infrared for Detection of Exterior Wall Moisture and Delamination: A Case Study and Comparison to FEA Predictions’, *InfraMation 2004 Proceedings*, ITC 104 A, 27 July 2004.
11. Tommy Y. Lo, K.T.W. Choi, ‘Building defects diagnosis by infrared thermography’, *Structural Survey*, Vol. 22, No. 5, 2004, pp. 259–263.
12. Δημήτρης Αραβαντινός, ‘Οικοδομικές επεμβάσεις για την αποφυγή των θερμογεφυρών’, Παρουσίαση σε ημερίδα με τίτλο ‘Ενεργειακή μελέτη.

Επιθεώρηση και έκδοση ενεργειακού πιστοποιητικού κτιρίων', 11 Μαρτίου 2009.

13. 'Πανεπιστημιακές εγκαταστάσεις Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, Μελέτες και έργα 1994-97', Εκδόσεις Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.
14. <http://energetechs.com/services/energy-audits/thermal-imaging/>
15. [http://www.atlas-inspection.com/borescope\\_rental/infrared\\_cameras.shtml](http://www.atlas-inspection.com/borescope_rental/infrared_cameras.shtml)
16. <http://www.atlas-inspection.com/flir-infrared-cameras-i-series.html>
17. <http://www.offgridcon.com>
18. [http://www.gotmoldfl.com/Certified\\_Enviromental\\_IAQ.html](http://www.gotmoldfl.com/Certified_Enviromental_IAQ.html)
19. <http://www.flirb200.com/>
20. <http://www.getacomfortablehome.com/home-energy-audit-tools.html>
21. <http://www.sprayfoam.com/npps/story.cfm?nppage=219>
22. [http://www.absoluteinspections.net/infrared\\_thermal.php](http://www.absoluteinspections.net/infrared_thermal.php)
23. <http://www.hvacprotech.com/viewtopic.php?t=12708&f=201>
24. <http://billalleninspections.com/infrared-camera-information/commercial-buildings/>
25. <http://www.predictive-maintenance.com/energy.html>
26. <http://www.building-inspection.ca/thermography.html>
27. <http://www.imaging1.com/thermal/400D.html>
28. <http://www.infrared-thermography-services.co.uk/>
29. <http://www.leakbusters.net/thermography-specialists.html>
30. [http://en.wikipedia.org/wiki/Underfloor\\_heating](http://en.wikipedia.org/wiki/Underfloor_heating)
31. <http://wiki.aia.org/Wiki%20Pages/Thermal%20Bridging.aspx>
32. <http://www.utterprecision.com/infrared>
33. [http://www.prestigioushomeinspections.com/infrared\\_thermography.php](http://www.prestigioushomeinspections.com/infrared_thermography.php)
34. <http://www.buildingperformancegroup.com/Services/infraredcamerainspections.php>
35. <http://energysavingsireland.com/INFRAREDTEST.aspx>

36. <http://www.invz.net/infrared-thermal.shtml>
37. <http://ir-thermography.net/eng/index.html>
38. <http://www.detectivehomes.us/infrared.asp>
39. <http://www.beodom.com/en/education/entries/fighting-thermal-bridges-or-how-to-make-better-buildings>
40. <http://www.aalphaservices.com/ir.inspection.html>
41. <http://www.firstchoiceinfrared.com/roof-scans.html>
42. <http://www.5starpi.com/InfraredServices/tabid/62/Default.aspx>
43. <http://www.thermo-data.com/building.html>
44. <http://www.franchiseexpo.com/Energy-Doctors.cfm>
45. <http://www.patchhomeinspections.com/Thermalimaging.html>
46. <http://www.ericwjones.com/energyaudits.html>
47. <http://www.austin-green-home.com/foam-sheathing-10001.html>
48. <http://www.northlandconstruction.com/product.php?pid=3583>
49. <http://dallasgreenbuildingalliance.com/featured/thermal-bridging/>
50. [http://www.foam-tech.com/theory/thermal\\_break.htm](http://www.foam-tech.com/theory/thermal_break.htm)
51. [http://www.rensolutions.co.uk/thermal\\_bridge.php](http://www.rensolutions.co.uk/thermal_bridge.php)
52. <http://rcwalkerhomes.com/whychoose.html>
53. [http://www.rensolutions.co.uk/insulation\\_continuity.php](http://www.rensolutions.co.uk/insulation_continuity.php)
54. [http://www.steadfastsystems.co.nz/benefits\\_ef.html](http://www.steadfastsystems.co.nz/benefits_ef.html)
55. <http://www.chemeng.ntua.gr/>
56. Ε. Στούρνα – Τριάντη, ‘Πιλοτικές επεμβάσεις για την βελτίωση της ενεργειακής και περιβαλλοντικής απόδοσης των κτιρίων του Ε.Μ.Π’.
57. Νόμος 3661 ‘Μέτρα για τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης των κτιρίων’, Σχέδιο Κανονισμού για την Ενεργειακή Αποδοτικότητα των κτιρίων-KENAK, 19 Μαΐου 2008.

58. Τεχνική οδηγία τεχνικού επιμελητηρίου Ελλάδας (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 2010), 'Θερμοφυσικές ιδιότητες δομικών υλικών και έλεγχος της θερμομονωτικής επάρκειας των κτιρίων', Α' Έκδοση, Αθήνα, Ιούνιος 2010.
59. Τεχνική οδηγία τεχνικού επιμελητηρίου Ελλάδας (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 2010), 'Αναλυτικές εθνικές προδιαγραφές παραμέτρων για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης κτιρίων και την έκδοση του πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης', Α' Έκδοση, Αθήνα, Ιούνιος 2010.
60. Τιμολόγιο ΔΕΗ: Τιμές πώλησεως ηλεκτρικής ενέργειας μέσης & χαμηλής τάσης
61. 'Ηλεκτρονικός αναλυτής καυσαερίων KANE 900 PLUS', Εργαστήριο Συστημάτων Αποφάσεων & Διοίκησης, Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών & Μηχανικών Υπολογιστών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, 16 Δεκεμβρίου 2009.
62. 'KANE900 Plus Hand-held Combustion Analyser', Kane International Limited, March 2006
63. <http://www.protasis.net.gr/harmonics.html>
64. 'Οδηγός Ενεργειακής Διαχείρισης στα κτίρια', Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ), Αθήνα, Δεκέμβριος 1999.
65. 'Οδηγός τεχνικών και οργάνων ενεργειακών μετρήσεων', Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, Αθήνα, Δεκέμβριος 1999.
66. 'Τεχνολογίες Εξοικονόμησης Ενέργειας σε Κτίρια', Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας
67. [http://www.cres.gr/energy\\_saving/Ktiria/thermiki\\_prostasia\\_kelyfous\\_xrisi\\_yalopinakon.htm](http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/thermiki_prostasia_kelyfous_xrisi_yalopinakon.htm)
68. [http://www.cres.gr/energy\\_saving/Ktiria/thermiki\\_prostasia\\_kelyfous\\_thermomonomosi.htm](http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/thermiki_prostasia_kelyfous_thermomonomosi.htm)
69. [http://www.cres.gr/energy\\_saving/Ktiria/texnitos\\_fotismos\\_systymata\\_elegxou.htm](http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/texnitos_fotismos_systymata_elegxou.htm)
70. <http://www.simpasglass.gr/grpage5.html>
71. [http://www.stabil.gr/index.php?option=com\\_content&view=article&id=27&Itemid=58](http://www.stabil.gr/index.php?option=com_content&view=article&id=27&Itemid=58)
72. Πασχάλης Γκογκούδης, 'Σύστημα εξωτερικής Θερμομόνωσης KELYFOS με εξηλασμένη πολυστερίνη'

73. Φραγκίσκος Β. Τοπαλής, 'Εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας σε εγκαταστάσεις φωτισμού εσωτερικών χώρων'
74. Ιωάννης Ψαρράς, Κωνσταντίνος Δ. Πατλιτζιάνας, 'Σημειώσεις : Διαχείριση Ενέργειας και Περιβαλλοντική Πολιτική' Εργαστήριο Συστημάτων Αποφάσεων και Διοίκησης, Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα 2005.