



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ ΚΑΙ
ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ

Ενεργειακή Επιθεώρηση σε Κτίριο Γραφείων

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Ποντικάκος Δημήτρης

Επιβλέπων: Ιωάννης Ψαρράς
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Ιούλιος 2011



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ ΚΑΙ
ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ

Ενεργειακή Επιθεώρηση σε Κτίριο Γραφείων

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Ποντικάκος Δημήτρης

Επιβλέπων: Ιωάννης Ψαρράς

Καθηγητής Ε.Μ.Π

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την 20^η Ιουλίου 2011.

.....

Ιωάννης Ψαρράς

.....

Δημήτριος Ασκούνης

.....

Βασίλειος Ασημακόπουλος

Αθήνα, Ιούλιος 2011

.....
Ποντικάκος Δημήτρης

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

Copyright © ΠΟΝΤΙΚΑΚΟΣ ΔΗΜΗΤΡΗΣ, 2011

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.

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.

Αρχικά, θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στον Καθηγητή κ. Ιωάννη Ψαρρά για την ανάθεση αυτής της διπλωματικής εργασίας, την άψογη συνεργασία και τη συνολική υποστήριξη του κατά τη φοίτηση μου στη σχολή.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες οφείλω στους επιβλέποντες την παρούσα διπλωματική, Αλεξάνδρα Παπαδοπούλου διδάκτορα ΕΜΠ και Βαγγέλη Μαρινάκη υποψήφιο διδάκτορα, που υπήρξαν αρωγοί στην εκπόνηση αυτής της εργασίας, οι πολύτιμες συμβουλές των οποίων συντέλεσαν καθοριστικά στην επιτυχή διεκπεραίωση της.

Ακόμα, ιδιαίτερες ευχαριστίες πρέπει να δοθούν σε όλο το προσωπικό της εταιρίας Spectrum Labs για τη θερμή υποδοχή και την αμέριστη συμπαράσταση. Ειδικότερα, στον κ. Νίκο Χατζόπουλο, Διευθύνων Σύμβουλο της εταιρίας, για την εμπιστοσύνη που έδειξε στο πρόσωπο μου, τον κ. Κυριάκο Μπερκέτη, για την παραχώρηση της Θερμοκάμερας αλλά και τη συνολική βοήθεια και συμβουλές που μου παρείχε και την κα. Φανή Δεμίρη, υπεύθυνη γραμματείας, για τις πολύτιμες πληροφορίες που μου έδωσε σχετικά με τη λειτουργία του κτιρίου.

Τέλος, πρέπει να ευχαριστήσω θερμά το φίλο και συνάδελφο Σωκράτη Νίπη για την παροχή σημαντικών πληροφοριών, και την οικογένεια μου για τη συνεχή υποστήριξη όλο αυτό το διάστημα.

Περίληψη

Η βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας και η μείωση των εκπομπών αερίων υπεύθυνων για το φαινόμενο του θερμοκηπίου είναι ένα μείζον ζήτημα που απασχολεί σύσσωμη την Ευρωπαϊκή Κοινότητα. Ένας από τους τομείς με μεγάλες προοπτικές εφαρμογής δράσεων προς αυτή την κατεύθυνση είναι ο κτιριακός ο οποίος σύμφωνα με μελέτες ευθύνεται για το 40% της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης τόσο σε Ευρωπαϊκό όσο και σε εθνικό επίπεδο.

Στη χώρα μας, ο κτιριακός τομέας σε σύγκριση με άλλες Ευρωπαϊκές χώρες βρίθει προβλημάτων λόγω της απουσίας στοιχειωδών μέτρων στα περισσότερα κτίρια και ιδιαίτερα σε όσα ανεγέρθησαν πριν το 1979 όταν και τέθηκε σε εφαρμογή ο πρώτος κανονισμός θερμομόνωσης. Σε μια προσπάθεια να αντιστραφεί αυτή η κατάσταση, το 2010 εκδόθηκε ο Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης των Κτιρίων (KENAK) καθορίζοντας την επίσημη διαδικασία ενεργειακής επιθεώρησης στην Ελλάδα. Παράλληλα, τα τελευταία χρόνια σημειώνεται μεγαλύτερο ενδιαφέρον από πλευράς καταναλωτών για τον εξοπλισμό των κτιρίων με τεχνολογίες Εξοικονόμησης Ενέργειας (ΕΞΕΝ) αλλά και Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ) το οποίο πλαισιώνεται από ποικίλα μέτρα οικονομικής ενίσχυσης από το κράτος (ευνοϊκά δάνεια, επιδοτήσεις/επιχορηγήσεις κλπ).

Η παρούσα διπλωματική εργασία αποτελείται από δύο κύρια μέρη. Στο πρώτο αναλύεται η εξελικτική πορεία και η αποτελεσματικότητα των εθελοντικών συμφωνιών σε χώρες της Ευρωπαϊκής ένωσης από τις αρχές της δεκαετίας του '90 μέχρι σήμερα και παρατίθενται παραδείγματα έργων βελτίωσης της ενεργειακής αποδοτικότητας σε ευρωπαϊκό αλλά και εθνικό επίπεδο.

Στο δεύτερο μέρος, παρουσιάζεται η ενεργειακή επιθεώρηση που πραγματοποιήθηκε σε κτίριο γραφείων στην περιοχή του Πειραιά. Η διαδικασία της επιθεώρησης αφορά αρχικά την καταγραφή του εξοπλισμού και των ενεργειακών καταναλώσεων του κτιρίου, τον υπολογισμό του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας του κτιριακού κελύφους, τη διεξαγωγή μετρήσεων με Θερμοκάμερα και Αναλυτή Καυσαερίων μαζί με την ανάλυση των αποτελεσμάτων και τέλος την πρόταση και αξιολόγηση με οικονομικά κριτήρια δράσεων για τη βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας του κτιρίου.

Λέξεις Κλειδιά: Εθελοντικές Συμφωνίες, Ενεργειακή Αποδοτικότητα, Ενεργειακή Επιθεώρηση, Θερμομόνωση κτιριακού κελύφους, Εξοικονόμηση ενέργειας στα κτίρια, Επεμβάσεις ενεργειακής βελτίωσης στα κτίρια

Abstract

A major issue the united European Community is currently facing, is to take advantage of the emerging potential for energy efficiency improvement and reduction of greenhouse gas emissions responsible for global warming. One of the most promising areas for implementing such actions is the building sector which according to studies accounts for 40% of total energy consumption both at European and national level.

In Greece, the building sector, compared to other European countries is of poor standards due to the lack of appropriate regulation in the past, especially for buildings erected before 1979 when thermal regulation was first implemented. In an effort to reverse this situation, the Regulation of Energy Performance of Buildings (KENAK) was issued in 2010 in order to define a formal energy audit procedure in Greece. Moreover, in recent years there are indications of growing interest from consumers to equip buildings with energy-saving technologies (RUE) and Renewable Energy Sources (RES) which is supported by various measures of economic aid from the state (favorable loans, grants / subsidies etc).

This thesis consists of two main parts. In the first part the evolution and effectiveness of voluntary agreements in countries of the European Union since the early 90s is thoroughly analyzed and various examples of energy efficiency projects at European and national level are presented.

The second part consists of the energy audit conducted in an office building in Piraeus. The inspection process includes registering the equipment and assessing the energy consumption of the building, calculating the average U-value of the building envelope, conducting measurements with a Thermal Camera and a Gas Analyzer and analyzing the results and finally proposing actions in order to improve the energy efficiency of the building and evaluating them according to several economic criteria.

Keywords: Voluntary agreements, Energy Efficiency, Energy Audit, Thermal building envelope, energy saving and efficiency in buildings, Interventions of energy improvement in buildings

Περιεχόμενα

| | |
|--|-----------|
| Κεφάλαιο 1. Εισαγωγή | 13 |
| 1.1 Αντικείμενο - Σκοπός..... | 15 |
| 1.2 Φάσεις υλοποίησης | 16 |
| 1.3 Οργάνωση τόμου | 18 |
| Κεφάλαιο 2. Εθελοντικές Συμφωνίες στην Ευρωπαϊκή Ένωση και Προγράμματα Βελτίωσης της Ενεργειακής Αποδοτικότητας | 21 |
| 2.1. Εθελοντικές Συμφωνίες στην Ε.Ε. για την αύξηση της ενεργειακής αποδοτικότητας | 23 |
| 2.1.1 Εισαγωγή..... | 23 |
| 2.1.2 Εθελοντικά προγράμματα σε εθνικό επίπεδο | 24 |
| 2.1.2.1 Πλήρως εθελοντικά προγράμματα..... | 24 |
| 2.1.2.2 Εθελοντικά προγράμματα που στηρίζονται στην αποφυγή μελλοντικών ποινών και φορολογιών | 24 |
| 2.1.2.3 Εθελοντικά προγράμματα στα πλαίσια της φορολόγησης της ενέργειας και των ρύπων | 24 |
| 2.2 Αξιολόγηση των συμμετοχών της Ευρωπαϊκής βιομηχανίας σε εθελοντικά προγράμματα..... | 25 |
| 2.2.1 Συμμετοχές σε εθελοντικά προγράμματα μέχρι το 2005 | 25 |
| 2.2.2 Αξιολόγηση Εθελοντικών Συμφωνιών στην Ευρώπη μετά το 2005..... | 27 |
| 2.3 Η πορεία των εθελοντικών προγραμμάτων σε χώρες της Ε.Ε. μέχρι σήμερα | 28 |
| 2.3.1 Ολλανδία | 28 |
| 2.3.2 Ηνωμένο Βασίλειο (Αγγλία) | 29 |
| 2.3.3 Δανία | 30 |
| 2.3.4 Βέλγιο..... | 31 |
| 2.3.4.1 Φλάνδρα..... | 31 |
| 2.3.4.2 Βαλλονία | 31 |
| 2.3.5 Εσθονία | 31 |
| 2.3.6 Γερμανία..... | 32 |
| 2.3.7 Γαλλία | 32 |
| 2.3.8 Φινλανδία | 33 |
| 2.3.9 Σουηδία | 34 |
| 2.3.10 Ιρλανδία..... | 34 |
| 2.4 Ευρωπαϊκά προγράμματα στα πλαίσια των Εθελοντικών Συμφωνιών..... | 36 |
| 2.4.1 Βιομηχανικός τομέας: Το πρόγραμμα Motor Challenge | 36 |
| 2.4.1.1 Ένταξη στο πρόγραμμα Motor Challenge | 36 |
| 2.4.1.2 Χαρακτήρας του προγράμματος | 36 |

| | |
|---|-----------|
| 2.5 Εθελοντικές Συμφωνίες για ηλεκτρικές συσκευές..... | 38 |
| 2.5.1 Οδηγία Οικολογικού Σχεδιασμού (Ecodesign Directive)..... | 38 |
| 2.5.2 Εθελοντικές Συμφωνίες από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή | 38 |
| 2.6 Εθελοντικές Συμφωνίες που απευθύνονται σε τελικούς καταναλωτές..... | 39 |
| 2.6.1 Το πρόγραμμα GreenLight | 39 |
| 2.6.1.1 Ελληνικές συμμετοχές στο πρόγραμμα GreenLight | 40 |
| 2.6.2 Το πρόγραμμα Green Building..... | 42 |
| Κεφάλαιο 3. Ενεργειακή Επιθεώρηση Κτιρίου Γραφείων | 45 |
| 3.1 Περιγραφή του υπό μελέτη κτιρίου | 47 |
| 3.2 Ενεργειακές καταναλώσεις..... | 51 |
| 3.2.1 Γενική αποτίμηση της κατανάλωσης ηλεκτρισμού του κτιρίου | 51 |
| 3.2.1.1 Γενικά στοιχεία | 51 |
| 3.2.1.2 Τιμολόγια ΔΕΗ..... | 52 |
| 3.2.1.3 Ανάλυση καταναλώσεων των τελευταίων 3 ετών | 53 |
| 3.2.1.4 Ανάλυση διακύμανσης καταναλώσεων ανά τρίμηνο..... | 54 |
| 3.2.1.5 Κατανομή ηλεκτρικής ενέργειας ανά όροφο | 55 |
| 3.2.2 Εργαστηριακός εξοπλισμός του κτιρίου..... | 56 |
| 3.2.3 Εκτίμηση καταναλώσεων..... | 57 |
| 3.2.3.1 Κλιματισμός (Ψύξη) | 57 |
| 3.2.3.2 Κλιματισμός (Θέρμανση) | 58 |
| 3.2.3.3 Φωτισμός | 59 |
| 3.2.3.4 Λοιπές ηλεκτρικές συσκευές..... | 60 |
| 3.2.4 Κατανομή καταναλώσεων ανά είδος χρήσης και όροφο και σχολιασμός | 62 |
| 3.3 Κατανάλωση πετρελαίου | 65 |
| 3.4 Υπολογισμός συντελεστή θερμικής περατότητας κτιρίου και έλεγχος θερμικής επάρκειας..... | 66 |
| 3.4.1 Μεθοδολογία υπολογισμού | 66 |
| 3.4.1.1 Συνοπτική παρουσίαση της υπολογιστικής διαδικασίας..... | 66 |
| 3.4.1.3 Υπολογισμός συντελεστών θερμοπερατότητας διαφανών δομικών στοιχείων | 67 |
| 3.4.1.4 Υπολογισμός του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας..... | 67 |
| 3.4.1.5 Παρατηρήσεις – Διευκρινίσεις..... | 69 |
| 3.4.2 Υπολογισμός συντελεστών θερμοπερατότητας αδιαφανών δομικών στοιχείων του κτιρίου | 70 |
| 3.4.3 Υπολογισμός συντελεστών θερμοπερατότητας διαφανών δομικών στοιχείων του κτιρίου . | 74 |
| 3.4.4 Υπολογισμός του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας U_m του κτιρίου (Οριζόντια και κατακόρυφα δομικά στοιχεία)..... | 75 |

| | |
|--|-----------|
| 3.4.5 Ειδικά χαρακτηριστικά κτιρίου – Υπολογισμός λόγου F/V | 77 |
| 3.4.6 Συμπέρασμα | 77 |
| Κεφάλαιο 4. Αποτελέσματα Μετρήσεων με Καταγραφικό Εξοπλισμό | 79 |
| 4.1 Θερμογράφηση | 81 |
| 4.1.1 Εισαγωγή..... | 81 |
| 4.1.2 Βασικά στοιχεία λειτουργίας μιας θερμοκάμερας..... | 81 |
| 4.1.3 Διαδικασία λήψης θερμοφωτογραφιών | 82 |
| 4.1.4 Ιδανικές συνθήκες θερμογράφησης..... | 82 |
| 4.2 Συνοπτική παρουσίαση της θερμοκάμερας IRI 4000 | 83 |
| 4.2.1 Εισαγωγή – Παρουσίαση υλικού..... | 83 |
| 4.2.2 Χρησιμοποιώντας την IRI 4000 | 84 |
| 4.2.2.1 Εστίαση (Focus)..... | 84 |
| 4.2.2.2 Οθόνη λειτουργίας..... | 84 |
| 4.2.2.3 Λειτουργικά κουμπιά | 85 |
| 4.2.2.4 Λειτουργίες Μενού | 86 |
| 4.3 Ανάγνωση και κατανόηση των θερμοφωτογραφιών | 87 |
| 4.4 Παρουσίαση και σχολιασμός θερμογραφημάτων..... | 88 |
| 4.4.1 Πρώτος όροφος (Χημείο)..... | 88 |
| 4.4.2 Δεύτερος όροφος..... | 91 |
| 4.4.3 Τρίτος όροφος | 93 |
| 4.4.4 Τέταρτος όροφος..... | 96 |
| 4.4.5 Πέμπτος όροφος..... | 98 |
| 4.4.6 Ενδοδαπέδια θέρμανση | 100 |
| 4.4.6.1 Χημείο..... | 100 |
| 4.4.6.2 Δεύτερος όροφος..... | 101 |
| 4.4.7 Εξωτερική θερμογράφηση στην εμπρόσθια όψη του κτιρίου..... | 102 |
| 4.4.8 Εξωτερική θερμογράφηση στο δώμα | 104 |
| 4.4.9 Άλλες περιπτώσεις | 105 |
| 4.5 Υπόμνημα | 106 |
| 4.6 Έλεγχος του λέβητα πετρελαίου με τον αναλυτή καυσαερίων..... | 107 |
| 4.6.1 Μετρητική διαδικασία..... | 107 |
| 4.6.1.1 Όργανο μέτρησης..... | 107 |
| 4.6.1.2 Περιγραφή μετρητικής διαδικασίας..... | 107 |
| 4.6.2 Καταγραφή αποτελεσμάτων..... | 108 |
| 4.6.3 Ανάλυση – Συμπεράσματα..... | 109 |

| | |
|--|------------|
| Κεφάλαιο 5. Πρόταση Δράσεων Ενεργειακής Βελτιστοποίησης | 111 |
| 5.1 Εισαγωγή | 113 |
| 5.2 Κριτήρια επιλογής..... | 113 |
| 5.2.1 Κριτήριο της Καθαρής Παρούσας Αξίας (ΚΠΑ) | 114 |
| 5.2.2 Κριτήριο του Εσωτερικού Βαθμού Απόδοσης (ΕΒΑ)..... | 114 |
| 5.2.3 Κριτήριο της Έντοκης Περιόδου Αποπληρωμής (ΕΠΑ) | 115 |
| 5.3 Προτεινόμενες δράσεις βελτίωσης της ενεργειακής αποδοτικότητας | 115 |
| 5.3.1 Δράσεις για το φωτισμό..... | 115 |
| 5.3.1.1 Αντικατάσταση λαμπτήρων και ballast | 115 |
| 5.3.1.2 Εγκατάσταση αισθητήρων κίνησης | 116 |
| 5.3.2 Δράσεις για τη θέρμανση - ψύξη..... | 117 |
| 5.3.2.1 Εγκατάσταση φυσικού αερίου | 119 |
| 5.3.2.2 Εγκατάσταση λέβητα βιομάζας | 122 |
| 5.3.2.3 Εγκατάσταση αντλίας θερμότητας..... | 124 |
| 5.3.2.4 Αντικατάσταση παλιών κλιματιστικών..... | 126 |
| 5.3.3 Εγκατάσταση φωτοβολταϊκών γεννητριών στο δώμα | 127 |
| 5.3.4 Επεμβάσεις στο κτιριακό κέλυφος | 130 |
| 5.4 Σύνοψη προτάσεων | 133 |
| Κεφάλαιο 6. Συμπεράσματα και Προοπτικές..... | 137 |
| 6.1 Συμπεράσματα | 139 |
| 6.2 Προοπτικές..... | 141 |
| Βιβλιογραφία | 143 |

Κεφάλαιο 1. Εισαγωγή

1.1 Αντικείμενο - Σκοπός

Στην Ελλάδα, ο κτιριακός τομέας, οικιστικός και μη, σύμφωνα με τα επίσημα στοιχεία του ΚΑΠΕ (Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών και Εξοικονόμησης Ενέργειας), καταναλώνει περίπου το 40% της παραγόμενης ενέργειας με τα ελληνικά κτίρια να είναι από τα πλέον ενεργοβόρα στην Ευρώπη. Στα πλαίσια της ευρύτερης προσπάθειας για αύξηση της ενεργειακής αποδοτικότητας και μείωση των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου, η διεξαγωγή ενεργειακής επιθεώρησης και η σωστή ενεργειακή διαχείριση ενός κτιρίου δίνουν τη δυνατότητα να εντοπιστούν τα σημαντικά περιθώρια εξοικονόμησης ενέργειας στην κατανάλωση ηλεκτρισμού και άλλων καυσίμων για τη θέρμανση, τον κλιματισμό, το φωτισμό κλπ.

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η ενεργειακή επιθεώρηση και μελέτη μιας μικρομεσαίας επιχείρησης, με κύριο στόχο τη βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας, τη μείωση των καταναλώσεων και του πάγιου κόστους λειτουργίας της, αλλά και την εύρεση λύσεων για περαιτέρω εξοικονόμηση μέσω επενδύσεων σε βελτιωτικές δράσεις και ΑΠΕ. Σε θεωρητικό επίπεδο παρουσιάζεται μια ανάλυση της πορείας και της εξέλιξης των εθελοντικών συμφωνιών για την ενεργειακή αποδοτικότητα σε χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης από τις αρχές της δεκαετίας του '90 μέχρι σήμερα και μελετώνται διεξοδικά οι συμφωνίες και τα προγράμματα που έχουν εφαρμοστεί όλο αυτό το διάστημα στην Ε.Ε.

Η ενεργειακή επιθεώρηση αποτελεί πλέον υποχρεωτική διαδικασία σύμφωνα με την υπάρχουσα νομοθεσία τόσο για νέα όσο και για παλαιότερα κτίρια. Συνίσταται αρχικά στον έλεγχο του κτιρίου ώστε το κτιριακό κέλυφος να πληροί τις προδιαγραφές θερμομόνωσης που ορίζει ο ΚΕΝΑΚ και εν συνεχεία στην καταγραφή και ανάλυση του ενεργειακού προφίλ του ώστε να περιοριστούν οι περιττές καταναλώσεις και να βελτιστοποιηθεί η ενεργειακή αποδοτικότητα. Τα οφέλη από μια τέτοια διαδικασία είναι ποικίλα, τόσο σε οικονομικό επίπεδο μιας και τα λειτουργικά έξοδα περιορίζονται στα απολύτως αναγκαία αποφεύγοντας άσκοπες σπατάλες όσο και σε περιβαλλοντικό με τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου.

Στην προσπάθεια η εργασία αυτή να ανταποκρίνεται σε όσο το δυνατό πιο ρεαλιστικές συνθήκες επιλέχθηκε ένα 5όροφο κτίριο στην περιοχή του Πειραιά, στο οποίο στεγάζεται η εταιρία "Spectrum Labs" που ασχολείται με χημικές αναλύσεις και ποιοτικό έλεγχο καθώς και ένα γραφιστικό γραφείο. Στα πλαίσια της μελέτης έγινε πλήρης καταγραφή του ηλεκτρολογικού εξοπλισμού του κτιρίου, θερμογράφηση με τη χρήση ειδικής θερμοκάμερας με στόχο τον εντοπισμό ατελειών στη μόνωση ή άλλων προβλημάτων στο κτιριακό κέλυφος, έλεγχος στο λέβητα του κτιρίου με αναλυτή καυσαερίων και υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας του κτιρίου με βάση την Τ.Ο.Τ.Ε.Ε.

Στη συνέχεια προτάθηκαν δράσεις για την εξοικονόμηση ενέργειας και τη βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας στο κτίριο, οι οποίες αξιολογήθηκαν μέσω τεχνοοικονομικής ανάλυσης και ελέγχθηκε η βιωσιμότητά τους με κριτήριο την Καθαρή Παρούσα Αξία, την Έντοκη Περίοδο Αποπληρωμής και τον Εσωτερικό Βαθμό Απόδοσης.

1.2 Φάσεις υλοποίησης

Η παρούσα διπλωματική εργασία, πραγματοποιήθηκε την περίοδο Οκτώβριος 2010 – Ιούλιος 2011. Η υλοποίησή της χωρίζεται σε 5 φάσεις οι οποίες περιγράφονται συνοπτικά στη συνέχεια και απεικονίζονται εποπτικά στο Διάγραμμα 1.1.

Φάση 1^η: Βιβλιογραφική αναζήτηση πληροφοριών για τις Εθελοντικές Συμφωνίες και τα έργα Ενεργειακής αποδοτικότητας στη βιομηχανία.

Κατά τη διάρκεια της πρώτης φάσης πραγματοποιήθηκε ενδεδειγμένη διαδικτυακή έρευνα αρχικά για την αναζήτηση πληροφοριών και επίσημων στοιχείων για την πορεία του θεσμού των Εθελοντικών Συμφωνιών ανά την Ευρώπη στα πλαίσια της βελτίωσης της ενεργειακής αποδοτικότητας και της μείωσης ρυπογόνων εκπομπών τόσο σε εθνικό όσο και σε πανευρωπαϊκό επίπεδο. Κατά κύριο λόγο χρησιμοποιήθηκαν σαν πηγή πληροφοριών επίσημες μελέτες και καταγραφές από στελέχη αρμόδιων ενεργειακών υπηρεσιών Ευρωπαϊκών χωρών και με βάση αυτά αποτιμήθηκε η εξελικτική πορεία των Εθελοντικών Συμφωνιών και η ενεργειακή εξοικονόμηση που επιτεύχθηκε μέσω αυτών σε χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης από τα μέσα της δεκαετίας του '90 μέχρι σήμερα. Στη συνέχεια έγινε μια συνοπτική καταγραφή των έργων που αφορούν τη βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας στην ευρωπαϊκή βιομηχανία.

Φάση 2^η: Καταγραφή ηλεκτρολογικού εξοπλισμού του υπό μελέτη κτιρίου και συλλογή στοιχείων

Κατά τη διάρκεια της δεύτερης φάσης, πραγματοποιήθηκε λεπτομερής καταγραφή του ηλεκτρολογικού εξοπλισμού του κτιρίου αλλά και συλλογή πληροφοριών από τους εργαζόμενους σχετικά με τις ώρες χρήσης και λειτουργίας των ηλεκτρικών συσκευών, του φωτισμού και των συστημάτων θέρμανσης και ψύξης ούτως ώστε να γίνει όσο το δυνατόν καλύτερη προσομοίωση των πραγματικών καταναλώσεων κατά τον υπολογισμό του ενεργειακού προφίλ του κτιρίου. Επίσης, σε συνεργασία με το λογιστήριο της επιχείρησης συλλέχθηκαν όλα τα απαραίτητα στοιχεία για τη διεξαγωγή του υπολογιστικού τμήματος της μελέτης: τιμολόγια ΔΕΗ και πετρελαίου θέρμανσης για τα έτη 2008/2009/2010, τα πρωτότυπα αρχιτεκτονικά σχέδια του κτιρίου και η πρότυπη μελέτη θερμομόνωσης από το 1983.

Φάση 3^η: Διεξαγωγή Μετρήσεων με μετρητικό εξοπλισμό και ανάλυσή τους

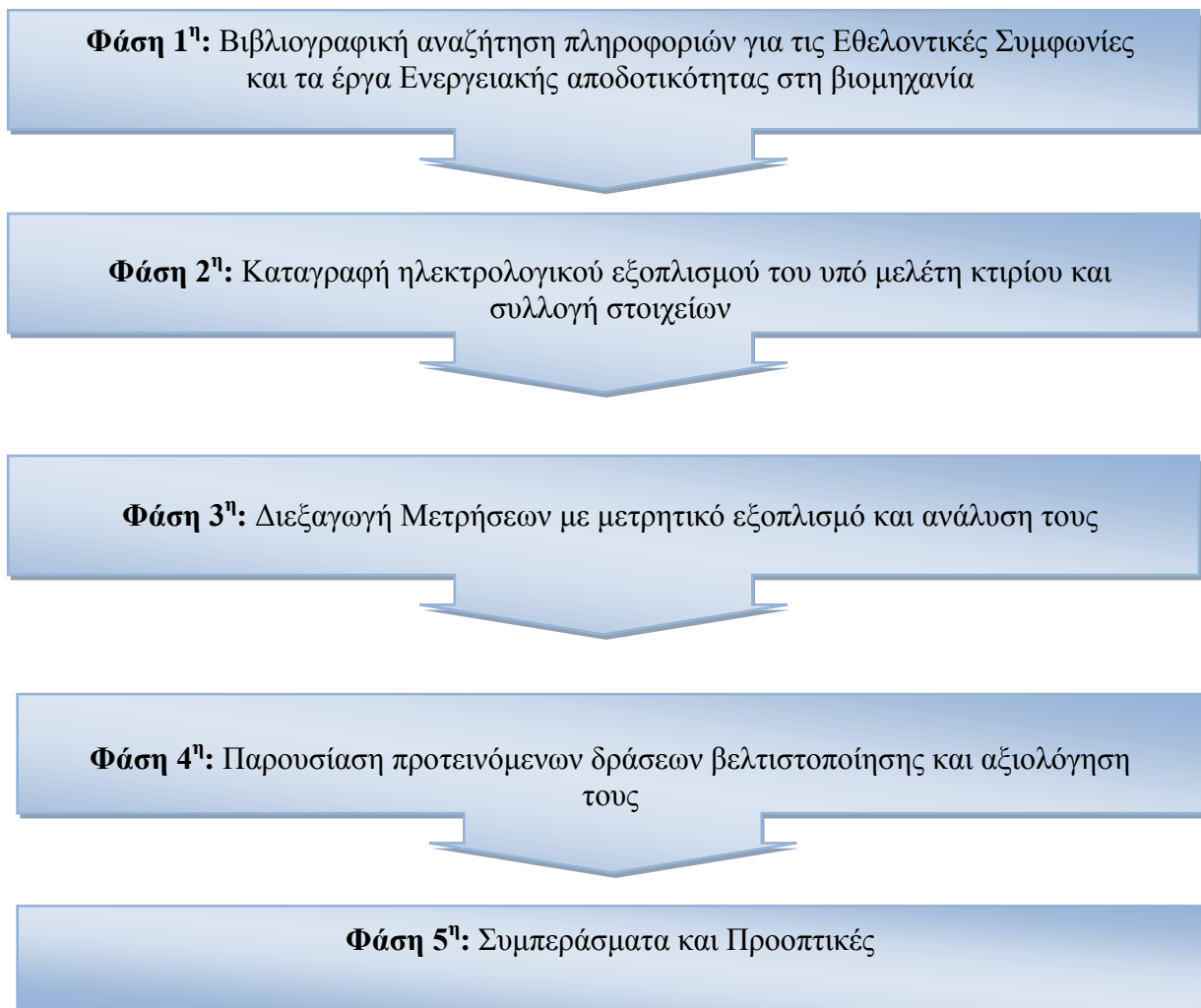
Κατά τη διάρκεια της τρίτης φάσης χρησιμοποιήθηκε επιστημονικός εξοπλισμός για τη διεξαγωγή μετρήσεων. Σε πρώτο στάδιο έγινε λεπτομερής έλεγχος του κτιριακού κελύφους του υπό μελέτη κτιρίου με τη χρήση ειδικής θερμοκάμερας για τον εντοπισμό τυχόν ατελειών στη μόνωση, θερμογεφυρών ή άλλων προβλημάτων στα δομικά υλικά και στις ενώσεις τους. Κατόπιν οι θερμοφωτογραφίες αναλύθηκαν και επεξεργάστηκαν με κατάλληλο λογισμικό ώστε να βγουν ασφαλή συμπεράσματα για την κατάσταση του κτιρίου. Επίσης τοποθετήθηκε αναλυτής καυσαερίων στο λέβητα προκειμένου βάσει των μετρήσεων να αξιολογηθεί η λειτουργικότητα και η αποδοτικότητά του.

Φάση 4^η: Παρουσίαση προτεινόμενων δράσεων βελτιστοποίησης και αξιολόγηση τους

Κατά τη διάρκεια της τέταρτης φάσης εξετάζονται διάφορες δράσεις βελτίωσης της ενεργειακής αποδοτικότητας του κτιρίου και αξιολογούνται όσον αφορά τη δυνατότητα υλοποίησης και τη βιωσιμότητά τους. Κατόπιν γίνεται σύγκριση των επί μέρους μέτρων και προτείνεται η βέλτιστη λύση από οικονομικής και ενεργειακής πλευράς.

Φάση 5^η: Συμπεράσματα και Προοπτικές

Στην 5^η φάση παρουσιάζονται συνοπτικά τα συμπεράσματα που προκύπτουν από την οικονομοτεχνική μελέτη και εξετάζονται οι προοπτικές και οι δυνατότητες εφαρμογής των δράσεων σε πραγματικές συνθήκες.



Διάγραμμα 1.1 Φάσεις ολοκλήρωσης Διπλωματικής Εργασίας

1.3 Οργάνωση τόμου

Η παρούσα διπλωματική εργασία αποτελείται από τρία κύρια μέρη:

- Το 1^ο μέρος που αποτελεί και το θεωρητικό/ερευνητικό κομμάτι της εργασίας το οποίο παρουσιάζει το θεσμό των Εθελοντικών συμφωνιών στην Ευρωπαϊκή Ένωση, την πορεία τους στο χρόνο και την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων τους όπως αυτά καταγράφηκαν από τις αρμόδιες κρατικές υπηρεσίες ενέργειας των χωρών που εφαρμόστηκαν.
- Το 2^ο και κύριο μέρος της εργασίας που αποτελείται από τα βασικά στάδια της ενεργειακής επιθεώρησης και περιλαμβάνει την περιγραφή του υπό μελέτη κτιρίου, την καταγραφή του εξοπλισμού, την ανάλυση των καταναλώσεων, τη μελέτη θερμομόνωσης του κτιρίου και τέλος τη διαδικασία μετρήσεων μαζί με τον σχολιασμό των αποτελεσμάτων και την παρουσίαση των μετρητικών οργάνων που χρησιμοποιηθήκαν.
- Το 3^ο μέρος που περιλαμβάνει την τεχνοοικονομική ανάλυση και πρόταση βελτιωτικών μέτρων, την παρουσίαση των προτάσεων και την τελική αξιολόγησή τους με βάση οικονομικά και λειτουργικά κριτήρια.

Αναλυτικά:

Αρχικά παρατίθεται η περίληψη της εργασίας στα ελληνικά και στα αγγλικά και ακολουθεί ο πρόλογος και ο αναλυτικός πίνακας περιεχομένων.

Το παρόν Κεφάλαιο 1 αποτελεί το εισαγωγικό κομμάτι της εργασίας όπου παρουσιάζονται ο σκοπός και το κυρίως αντικείμενο της εργασίας, τα στάδια υλοποίησής της και τέλος η δομή και η οργάνωση του τόμου.

Το Κεφάλαιο 2 αποτελεί το θεωρητικό κεφάλαιο της διπλωματικής όπου γίνεται εκτενής παρουσίαση των Εθελοντικών Συμφωνιών των χωρών της Ε.Ε., της πορείας τους, των αποτελεσμάτων τους σε επίπεδο εξοικονόμησης ενέργειας, βελτίωσης της ενεργειακής αποδοτικότητας στα πεδία εφαρμογής τους αλλά και της συμβολής τους στην προστασία του περιβάλλοντος. Παρουσιάζονται αναλυτικά τα προγράμματα που έχουν εφαρμοστεί σε Ευρωπαϊκά κράτη στον τομέα της βιομηχανίας και όχι μόνο, αλλά και Εθελοντικές συμφωνίες που έχουν προωθηθεί συντονισμένα σε πανευρωπαϊκό επίπεδο στη βιομηχανία, στις ηλεκτρικές συσκευές και τον κτιριακό τομέα.

Στο Κεφάλαιο 3 γίνεται αναλυτική παρουσίαση του κτιρίου που μελετήθηκε στα πλαίσια της εργασίας και ανάλυση του ενεργειακού του προφίλ (καταγραφή καταναλώσεων τόσο ανά είδος ενέργειας όσο και ανά όροφο) με βάση τα δεδομένα που συλλέχθηκαν από το λογιστήριο της επιχείρησης και την προσομοίωση των καταναλώσεων που υπολογίστηκε βάσει των στοιχείων λειτουργίας του κτιρίου όπως τα μετέφεραν οι εργαζόμενοι. Τέλος το κεφάλαιο ολοκληρώνεται με τον έλεγχο θερμικής επάρκειας των δομικών στοιχείων και τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας του κτιρίου.

Στο Κεφάλαιο 4 παρατίθενται τα αποτελέσματα των μετρήσεων που πραγματοποιήθηκαν στα πλαίσια της ενεργειακής επιθεώρησης με στόχο την καλύτερη δυνατή ενεργειακή προσέγγιση. Αρχικά παρουσιάζονται τα δεδομένα από τη θερμογράφηση των χώρων του κτιρίου (εσωτερικών και εξωτερικών) και γίνεται σχολιασμός και ανάλυση των θερμοφωτογραφιών, ενώ περιγράφεται διεξοδικά η λειτουργία της θερμοκάμερας που χρησιμοποιήθηκε στη μελέτη. Στη συνέχεια παρουσιάζονται και αναλύονται τα δεδομένα του αναλυτή καυσαερίων μαζί με μια σύντομη περιγραφή του μετρητικού οργάνου και ακολουθούν τα συμπεράσματα που προκύπτουν από τις μετρήσεις.

Στο Κεφάλαιο 5 προτείνονται δράσεις ενεργειακής βελτίωσης για τη μείωση των λειτουργικών εξόδων της επιχείρησης και κατόπιν αξιολογούνται με βάση κάποια οικονομικά κριτήρια (Καθαρή Παρούσα Αξία, Έντοκη Περίοδος Αποπληρωμής και Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης,) ώστε να διαπιστωθεί εάν είναι υλοποιήσιμες και βιώσιμες.

Στο Κεφάλαιο 6 που αποτελεί και το τελευταίο κομμάτι της εργασίας είναι αφιερωμένο σε συμπεράσματα που προκύπτουν με βάση τη μελέτη, στην επιλογή των βέλτιστων προτάσεων και τις δυνατότητες της επιχείρησης να ανταποκριθεί στις προτεινόμενες παρεμβάσεις.

Κεφάλαιο 2. Εθελοντικές Συμφωνίες στην
Ευρωπαϊκή Ένωση και Προγράμματα
Βελτίωσης της Ενεργειακής Αποδοτικότητας

2.1. Εθελοντικές Συμφωνίες στην Ε.Ε. για την αύξηση της ενεργειακής αποδοτικότητας

2.1.1 Εισαγωγή

Εθελοντική Συμφωνία καλείται μια σύμβαση μεταξύ της κυβέρνησης μια χώρας και μιας βιομηχανικής μονάδας, ενός οργανισμού ή φυσικού προσώπου, που περιλαμβάνει δεσμεύσεις και χρονοδιαγράμματα πάνω σε καθορισμένους στόχους, από αμφοτέρους τις συμμετέχουσες πλευρές.

Οι εθελοντικές συμφωνίες για την αύξηση της ενεργειακής αποδοτικότητας και τη μείωση των εκπομπών αερίων που συμβάλλουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου έχουν συνήθως μακροπρόθεσμη προοπτική και καλύπτουν μια περίοδο 5-10 ετών, ούτως ώστε να είναι εφικτός ο προγραμματισμός αλλά και η υλοποίηση ενεργειακά αποδοτικών επενδύσεων. Προγράμματα που βασίζονται στο πλαίσιο των Εθελοντικών Συμφωνιών για ενεργειακή αποδοτικότητα ξεκίνησαν να εφαρμόζονται σε χώρες με ισχυρή βιομηχανία ήδη από τη δεκαετία του '90.

Η επίτευξη συμφωνίας ανάμεσα στις δύο πλευρές απαιτεί σε πρώτο στάδιο την σωστή αξιολόγηση των δυνατοτήτων μια βιομηχανικής μονάδας για βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητάς της και τον καθορισμό εφικτών στόχων μέσω διαπραγματεύσεων.

Το κίνητρο για τη συμμετοχή σε τέτοιου είδους προγράμματα είναι αφενός το πρακτικό όφελος που αποκομίζουν οι συμμετέχοντες καθώς αποκτούν μια σαφή αντίληψη για το ενεργειακό προφίλ της επιχείρησης μέσα από την όλη διαδικασία γλιτώνοντας σημαντικά κόστη από την μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης και αφετέρου η απαλλαγή από ποινές και φόρους που καθορίζουν οι περιβαλλοντικοί κανονισμοί σε σχέση με την εκπομπή ρύπων.

Υπάρχουν τρεις γενικές κατηγορίες Εθελοντικών Συμφωνιών:

- Τα πλήρως εθελοντικά προγράμματα
- Τα προγράμματα που βασίζονται στην επιβολή ποινών/φόρων για να κινητοποιήσουν τη συμμετοχή
- Τα προγράμματα που είναι ενσωματωμένα στην υπάρχουσα νομοθεσία φορολόγησης των εκπομπών ρύπων

2.1.2 Εθελοντικά προγράμματα σε εθνικό επίπεδο

2.1.2.1 Πλήρως εθελοντικά προγράμματα

Η συμμετοχή στις συμφωνίες αυτές είναι αποκλειστικά στη διακριτική ευχέρεια των πλευρών που συμμετέχουν χωρίς να ασκείται πίεση από κυβερνητικούς παράγοντες για να επιβάλλουν την ένταξη στα προγράμματα. Χαρακτηριστικό των πλήρως εθελοντικών προγραμμάτων είναι τα χαμηλού κόστους κίνητρα προς τους συμμετέχοντες που συνήθως περιλαμβάνουν την δημόσια και κρατική αναγνώριση, την παροχή πληροφοριών και τεχνογνωσίας για νέες ενεργειακά αποδοτικές τεχνολογίες και την προσφορά κρατικής ενίσχυσης και δωρεάν εκπαίδευσης σε θέματα διαχείρισης ενέργειας. Κάποια προγράμματα ενδέχεται να προσφέρουν επιπλέον οικονομική ενίσχυση και κίνητρα όπως δωρεάν ή χαμηλού κόστους ενεργειακούς ελέγχους ή απαλλαγή από φόρους για την αγορά ενεργειακά αποδοτικού εξοπλισμού.

Στην Ε.Ε. μέχρι το 2005 τέτοιες συμφωνίες είχαν υλοποιηθεί στη Φινλανδία (Πρόγραμμα Δράσης για τη Διατήρηση της Βιομηχανικής Ενέργειας, “Action Programme for Industrial Energy Conservation” 1998), στη Γαλλία (Εθελοντικές Συμφωνίες για τη Μείωση του Διοξειδίου του Άνθρακα, “Voluntary Agreements on Carbon Dioxide Reductions”, 2002), στην Ιρλανδία (“Self Audit Scheme”, 1994-1997) και στη Σουηδία (Πρόγραμμα ΕΚΟ-Energi, 1994-1999).[1]

2.1.2.2 Εθελοντικά προγράμματα που στηρίζονται στην αποφυγή μελλοντικών ποινών και φορολογιών

Πέρα από τα βασικά κίνητρα που δίνουν τα πλήρως εθελοντικά προγράμματα, οι συμφωνίες που εμπίπτουν σε αυτήν την κατηγορία στηρίζονται σε κίνητρα όπως οι ευκολότερες διαδικασίες αδειοδότησης σε περιβαλλοντικά ζητήματα, η απαλλαγή από επιπλέον κανονισμούς και φόρους σχετικούς με την εκπομπή ρύπων καθώς και το εμπόριο ρύπων προκειμένου να επιτευχθούν οι στόχοι που έχουν τεθεί από την Ευρωπαϊκή Ένωση.

Χαρακτηριστικά παραδείγματα τέτοιων προγραμμάτων είναι το πρόγραμμα AERES στη Γαλλία, η Συμφωνία για Κλιματική Προστασία στη Γερμανία (“Climate Change Agreement”, 2001) και τα Benchmarking Covenants στη Ολλανδία (2003).[1]

2.1.2.3 Εθελοντικά προγράμματα στα πλαίσια της φορολόγησης της ενέργειας και των ρύπων

Στην Ευρώπη τέτοιου είδους προγράμματα στο βιομηχανικό τομέα έχουν εφαρμοστεί στη Δανία (2002), στην Ιρλανδία (2002-2003), στην Ελβετία (2001) και στο Ηνωμένο Βασίλειο (2001). Σ’ αυτή την κατηγορία εθελοντικών συμφωνιών ισχύει η επιβολή κυρώσεων σε περιπτώσεις μη συμμόρφωσης είτε με τη μορφή ποινών είτε με τη μορφή φορολογίας, ενώ είναι αποδεκτή και η εμπορία ρύπων ώστε να ικανοποιηθούν τα όρια εκπομπών.[1]

2.2 Αξιολόγηση των συμμετοχών της Ευρωπαϊκής βιομηχανίας σε εθελοντικά προγράμματα

2.2.1 Συμμετοχές σε εθελοντικά προγράμματα μέχρι το 2005

Η συμμετοχή των βιομηχανιών σε εθελοντικά προγράμματα κινητοποιείται από μια πληθώρα παραγόντων όπως η επιθυμία του βιομηχανικού τομέα να επηρεάσει και να διαμορφώσει ως ένα βαθμό την νομοθετική πολιτική των κυβερνήσεων, να ικανοποιήσει τη ζήτηση των «πράσινων» καταναλωτών ή επενδυτών, αλλά και την πεποίθηση ότι η μη συμμετοχή σε τέτοιες ενέργειες θα έχει ζημιογόνες επιπτώσεις μελλοντικά στη διαμόρφωση του νομοθετικού πλαισίου και των κανονισμών.

Ειδικότερα, τα πλήρως εθελοντικά προγράμματα ήταν μέχρι και το 2005 η κατηγορία με το μικρότερο ποσοστό συμμετοχής από το βιομηχανικό τομέα, για παράδειγμα το πρόγραμμα EKO-Energi στη Σουηδία κάλυπτε λιγότερο από 50% των συνολικών εκπομπών του βιομηχανικού τομέα.[1]

Αντιθέτως τα προγράμματα που στηρίζονται στην αποφυγή μελλοντικών ποινών και φορολογιών καθώς και αυτά που είναι αλληλένδετα με το φορολογικό σύστημα των χωρών παρουσιάζουν υψηλότερα ποσοστά συμμετοχής. Στη Γαλλία συγκεκριμένα, οι εταιρίες που αντιστοιχούν στο 90% της εκπομπής ρύπων συμμετέχουν όλες στο πρόγραμμα Εθελοντικών Συμφωνιών AERES. Το ίδιο ισχύει και στην Ολλανδία με τα Long-Term Agreements on Energy Efficiency και τα Benchmarking Covenants αλλά και με τις Συμφωνίες Κλιματικής Αλλαγής στο Ηνωμένο Βασίλειο.[1]

Αναφορικά με την επίτευξη των στόχων που είχαν τεθεί, οι έρευνες έδειξαν πως η έλλειψη πίεσης από την κυβέρνηση για συμμετοχή σε συνδυασμό με τα χαμηλότερα κίνητρα και την ανυπαρξία ποινών καθιστούν τα πλήρως εθελοντικά προγράμματα λιγότερο αποτελεσματικά και με χαμηλότερο ποσοστό συμμετοχής. Αντιθέτως, στα άλλα προγράμματα όπου υπήρχε ο φόβος της επιβολής προστίμων και βαριάς φορολογίας αλλά και η δυνατότητα εμπορίας ρύπων μαζί με άλλα νομικού τύπου προνόμια η συμμετοχή ήταν σαφώς μεγαλύτερη και οι στόχοι μείωσης των ρύπων επετεύχθησαν.

Ενδιαφέρον παρουσιάζει η αλλαγή πορείας που ακολούθησαν οι περισσότερες χώρες που αρχικώς προωθούσαν τα αυστηρά εθελοντικά προγράμματα. Η Γαλλία για παράδειγμα «ενίσχυσε» το 2002 το πλήρως εθελοντικό πρόγραμμα του 1996 με ποινή για όσους δεν συμμετείχαν αλλά και με τη δυνατότητα εμπορίας ρύπων. Παρόμοια η Ιρλανδία θεσμοθέτησε φόρο για το CO₂ το 2003. Την πολιτική αυτή ακολούθησαν και άλλες χώρες με «2¹⁵ Γενιάς» εθελοντικές συμφωνίες όπως η Φινλανδία, η Γερμανία και η Ολλανδία.[1]

Τα πρακτικά αποτελέσματα των προγραμμάτων μέχρι το 2005 ποικίλουν. Ορισμένα απέδωσαν ελάχιστα όσον αφορά την εξοικονόμηση ενέργειας ενώ άλλα είχαν θέσει εξαρχής χαμηλούς στόχους. Ωστόσο τα πιο πετυχημένα προγράμματα πέτυχαν και σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας βελτιώνοντας σημαντικά τους δείκτες ενεργειακής αποδοτικότητας και μειώνοντας σημαντικά τα κόστη όπου εφαρμόστηκαν. Οι πιο πετυχημένες συμφωνίες είναι αυτές που είναι δεσμευτικές νομικά, θέτουν ρεαλιστικούς στόχους και παρέχουν αρκετή κυβερνητική υποστήριξη ή αντίστοιχα ποινές/φόρους σε περίπτωση αδυναμίας επίτευξης των συμφωνηθέντων.

Στα θετικά αποτελέσματα των Εθελοντικών Συμφωνιών συγκαταλέγεται και η γενικότερη αλλαγή στην νοοτροπία και αντίληψη του διευθυντικού και τεχνικού προσωπικού των βιομηχανιών σε ό,τι αφορά την ενεργειακή αποδοτικότητα, δίνοντας ώθηση στην ανάπτυξη νέων τεχνολογιών και καινοτομιών, στις επενδύσεις αλλά και στο γενικότερο πλαίσιο της αγοράς και της έρευνας. Ένα έμμεσο κέρδος από τα προγράμματα και συγκεκριμένα από την δυνατότητα ανταλλαγής ρύπων είναι ότι μέσα από τις απαιτήσεις της συμφωνίας αποκτήθηκε η κατάλληλη τεχνογνωσία από τις βιομηχανίες ώστε να ελέγχουν και να διαχειρίζονται την χρήση ενέργειας και την εκπομπή ρυπογόνων καυσαερίων. Έτσι όταν θεσμοθετήθηκε τον Ιανουάριο του 2005 ο Μηχανισμός Εμπορίας Ρύπων (Emissions Trading Scheme) της Ε.Ε. στα πλαίσια του Πρωτόκολλου του Κιότο, 9 χώρες των οποίων οι βιομηχανίες είχαν ήδη εμπειρία στον τομέα χάρη στις εθελοντικές συμφωνίες έθεσαν πρώτες υποψηφιότητα για συμμετοχή στο πρόγραμμα. Ωστόσο το πρόγραμμα ETS δημιούργησε κάποιες επιπλοκές αναφορικά με τον σαφή υπολογισμό των ρύπων και προκάλεσε αμφιλεγόμενες αντιδράσεις με αποτέλεσμα είτε την αναπροσαρμογή των συμφωνιών είτε την σταδιακή εγκατάλειψη τους από κάποιες χώρες (Γαλλία, Αυστρία).[2]

Η διεθνής εμπειρία έχει δείξει ότι οι εθελοντικές συμφωνίες είναι ένας πρωτοποριακός αλλά και αποτελεσματικός τρόπος για να κινητοποιηθεί η βιομηχανία για την βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας και τη μείωση εκπομπών ρύπων εφόσον ενσωματώνονται σε ένα σ' ένα πλαίσιο συνοχής και διαφάνειας. Ιδιαίτερα στις περιπτώσεις όπου οι κυβερνητικές πολιτικές εμπλέκονται ενεργά στις συμφωνίες είτε με τη μορφή ενίσχυσης στα προγράμματα είτε ως επιβολή ποινών τα αποτελέσματα είναι καλύτερα από ότι σ' ένα πλήρως εθελοντικό πλαίσιο.

2.2.2 Αξιολόγηση Εθελοντικών Συμφωνιών στην Ευρώπη μετά το 2005

Σύμφωνα με πρόσφατη μελέτη της Ευρωπαϊκής Ένωσης, το 2010 ήταν σε εξέλιξη Εθελοντικές Συμφωνίες στις παρακάτω χώρες: Βέλγιο, Δανία, Εσθονία, Φινλανδία, Γερμανία, Ιρλανδία, Ολλανδία, Σλοβενία, Σουηδία και Αγγλία ενώ σε Βουλγαρία, Ελλάδα, Πολωνία και Ρουμανία είχαν ήδη τεθεί σε εφαρμογή εθελοντικά προγράμματα σε πιλοτικό ωστόσο στάδιο.[2]

Όπως προαναφέρθηκε οι πρώτες εθελοντικές συμφωνίες στον τομέα της ενεργειακής αποδοτικότητας σε εθνικό επίπεδο θεμελιώθηκαν στις αρχές της δεκαετίας του 90 με κύριους εκπροσώπους τη Δανία, τη Φινλανδία και την Ολλανδία. Το μεγαλύτερο κομμάτι των εθελοντικών προγραμμάτων αφορά κυρίως τις καταναλώσεις του βιομηχανικού τομέα αλλά τα τελευταία χρόνια αρχίζει να υπάρχει ενδιαφέρον και για μικρότερης κλίμακας καταναλωτές, τον τομέα των υπηρεσιών και τις μεταφορές.

Τα σημαντικότερα κίνητρα για τη συμμετοχή σε εθελοντικές συμφωνίες εξακολουθούν να είναι οι μειωμένοι φόροι και οι επιδοτήσεις ενώ όπου υπάρχουν ποινές σε περίπτωση μη επίτευξης των στόχων αυτές ανάγονται στην πληρωμή των διαφυγόντων φόρων ή την επιστροφή των επιδοτήσεων.

Το κύριο προτέρημα των εθελοντικών προγραμμάτων, το οποίο τα καθιστά βιώσιμα μέχρι σήμερα, είναι ότι παραμένουν σημαντικά πιο ευέλικτα από τη νομοθεσία και τους κανονισμούς (τόσο σε εθνικό όσο και σε ευρωπαϊκό επίπεδο) μειώνοντας σημαντικά τα κόστη προετοιμασίας αλλά και υιοθέτησης των μέτρων. Το μόνο μειονέκτημα παρουσιάζεται στη διαδικασία παρακολούθησης των αποτελεσμάτων, όπου το κόστος είναι αυξημένο ωστόσο δίνει σαφή εικόνα των ενεργειακών καταναλώσεων και δυνατότητα καλύτερου έλεγχου και διαχείρισης.

Τα σημαντικότερα παραδείγματα εθελοντικών προγραμμάτων στην Ε.Ε.:

Πλήρως εθελοντικά

- Φινλανδία: *Action Programme for Industrial Energy Conservation and Agreements on Industrial Energy Conservation Measures*
- Γαλλία: *Voluntary Agreements on Carbon Dioxide Reductions*
- Ιρλανδία: *Self Audit Scheme*
- Σουηδία: *EKO-Energi Programme*

Εθελοντικά προγράμματα που στηρίζονται στην αποφυγή ποινών και φορολογιών

- Γερμανία: *Declaration of Industry on Global Warming Prevention*
- Ολλανδία: *Long-Term Agreements on Industrial Energy Efficiency*
- Ολλανδία: *Benchmarking Covenants*

Εθελοντικά προγράμματα στα πλαίσια της φορολόγησης της ενέργειας και των ρύπων

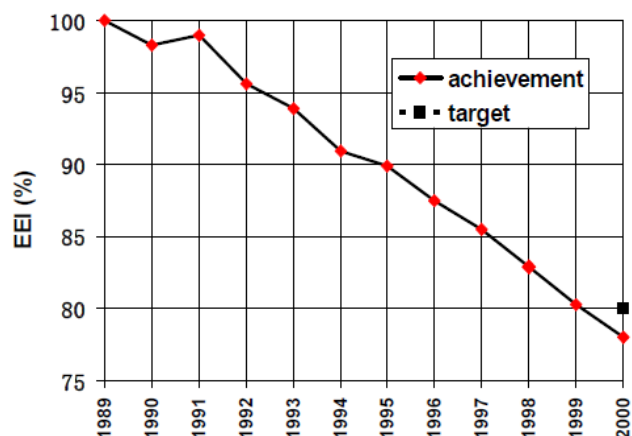
- Δανία: *Agreements on Industrial Energy Efficiency*
- Ιρλανδία: *Negotiated Energy Agreements Pilot Project*
- Ελβετία: *CO₂ Law Voluntary Measures*
- Ηνωμένο Βασίλειο: *Climate Change Agreements*

2.3 Η πορεία των εθελοντικών προγραμμάτων σε χώρες της Ε.Ε. μέχρι σήμερα

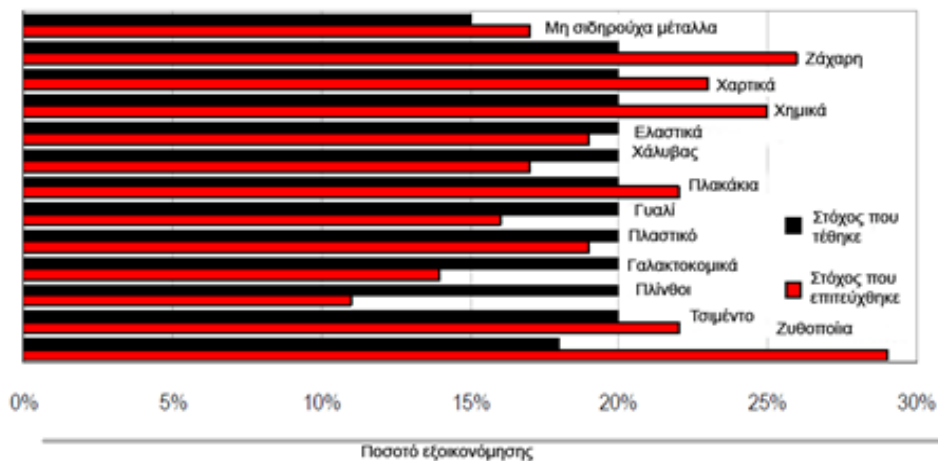
2.3.1 Ολλανδία

Από το 2010 στην Ολλανδία κυριαρχούν 2 μεγάλες Εθελοντικές Συμφωνίες, οι μακροπρόθεσμες συμφωνίες LTA3 (Long Term Agreements 3) που στοχεύουν επιχειρήσεις που δεν είναι στο πρόγραμμα εμπορίας ρύπων της Ε.Ε. (ETS) και η Μακροπρόθεσμη συμφωνία για την Ενεργειακή Αποδοτικότητα LEE (Long Term Agreement on Energy Efficiency) για όσες είναι ενταγμένες στο ETS.[1]

Ο στόχος των Μακροπρόθεσμων Συμφωνιών από τις αρχές του '90 που συντάχθηκαν, ήταν η αύξηση της ενεργειακής αποδοτικότητας κατά 20% μέσα στη δεκαετία 1990-2000, η πραγματική αύξηση ωστόσο έφτασε το 22,3%, ενώ το 2008 ο δείκτης έφτασε μέχρι και το 23,2%. Συνολικά 23 τομείς της βιομηχανίας σύναψαν εθελοντικές συμφωνίες ως το 2000, ενώ το 2008 οι συμμετοχές έφτασαν τους 31 τομείς. Στα Διαγράμματα 2.1 και 2.2 φαίνεται η πορεία του δείκτη ενεργειακής αποδοτικότητας (Energy Efficiency Index - EEI) από το 1989 μέχρι το 2000 και το ποσοστό εξοικονόμησης που πέτυχε κάθε βιομηχανικός τομέας.[1]



Διάγραμμα 2.1 Η πορεία του δείκτη ενεργειακής αποδοτικότητας από το 1989 ως το 2000



Διάγραμμα 2.2 Το ποσοστό εξοικονόμησης ενέργειας ανά τομέα της βιομηχανίας

Οι αρχικές LTA (1999) υπέστησαν διευρύνσεις και έφτασαν το 2002 να περιλαμβάνουν τομείς όπως οι δημόσιες υπηρεσίες, η εκπαίδευση, η υγεία αλλά και ο αγροτικός τομέας (LTA2) μέχρι την τελική διαμόρφωση τους τον Ιούλιο του 2008 (LTA3) με προοπτική να συνεχίσουν ως το 2020 και κύριο στόχο τη βελτίωση του μέσου δείκτη ενεργειακής αποδοτικότητας κατά 30%. [1,2]

Το κίνητρο συμμετοχής δεν είναι καθαρά οικονομικό αλλά περιλαμβάνει την παροχή πληροφοριών, τεχνογνωσίας, λογισμικού και τεχνικής υποστήριξης για τη βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας της επιχείρησης ενώ η αποχώρηση από τη συμφωνία ή η αθέτηση των όρων, αν και δεν επιφέρει χρηματικό πρόστιμο, μπορεί να οδηγήσει σε αφαίρεση της περιβαλλοντικής άδειας και άλλα νομικά προβλήματα.

Την περίοδο εφαρμογής των LTA3 (2001-2008) η συνολική εξοικονόμηση ενέργειας ήταν 22,4 PJ χάρη στα μέτρα βελτίωσης που εφαρμόστηκαν στις παραγωγικές διαδικασίες, στη λειτουργία των κτιρίων, στις δημόσιες υπηρεσίες κ.α. [2]

2.3.2 Ηνωμένο Βασίλειο (Αγγλία)

Οι εθελοντικές συμφωνίες στο Ηνωμένο Βασίλειο είναι γνωστές σαν Συμφωνίες Κλιματικής Αλλαγής (Climate Change Agreements, CCA) και είναι άμεσα συνδεδεμένες με την φορολογία που αφορά το περιβάλλον. Πρωταρχικός στόχος είναι η μείωση εκπομπών CO₂ των ενεργοβόρων βιομηχανιών κατά 20% ως το 2010 με αναφορά τα στοιχεία του 1990. Οι πρώτες ΣΚΑ συντάχθηκαν το Μάρτιο του 2001 ενώ μια δεύτερη «γενιά» ξεκίνησε να εφαρμόζεται από το 2006 με κύριο σκοπό τη βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας και της ανταγωνιστικότητας σε διεθνές επίπεδο. [2]

Το κέρδος των συμμετεχόντων είναι σε ορισμένες περιπτώσεις μείωση ως και 80% στη σχετική με περιβαλλοντικά ζητήματα φορολόγηση (Climate Change Levy, Απρίλιος 2001). Επίσης το 2009 ξεκίνησε η εφαρμογή μια εθελοντικής συμφωνίας για την ενεργειακή αποδοτικότητα (Energy Efficiency Agreement, EEA) ανάμεσα στην κυβέρνηση και στους προμηθευτές καυσίμων οδικών μεταφορών. [2]

Συνολικά σήμερα 52 τομείς της βιομηχανίας συμμετέχουν σε ΣΚΑ από τους οποίους οι 36 σημείωσαν θετικά αποτελέσματα στην εφαρμογή των μέτρων. Σε περίπτωση μη επίτευξης των στόχων μείωσης (ή ακόμα και σε περίπτωση υπερκάλυψης τους) υπάρχει πάντα η δυνατότητα αγοραπωλησίας ρύπων, αν τελικά δεν ακολουθηθεί ούτε αυτή η εναλλακτική τότε η φορολόγηση γίνεται κανονικά και μάλιστα για 2 χρόνια ο συμμετέχων δεν έχει δικαίωμα σε έκπτωση. [2]

Η γενικότερη πορεία των εθελοντικών συμφωνιών στο Ηνωμένο Βασίλειο κρίνεται πολύ επιτυχημένη. Κατά την περίοδο 2001-2002 μάλιστα, επιτεύχθηκε συνολική μείωση 4,3 μεγατόνων CO₂, 3 φορές πάνω από το στόχο που είχε τεθεί αρχικά στις Συμφωνίες Αλλαγής Κλίματος. Οι τομείς που συμμετείχαν ξεπέρασαν τις προσδοκίες γιατί η βιομηχανία είχε υποτιμήσει την εξοικονόμηση που θα μπορούσε να γίνει μέσω της ενεργειακής αποδοτικότητας, έτσι, παρά την αρχική πεποίθηση ότι ήταν ήδη ενεργειακά αποδοτικοί, οι κλάδοι που συμμετείχαν διαπίστωσαν στην πορεία ότι μπορούσαν να πετύχουν ακόμα καλύτερα αποτελέσματα μέσω της διαχείρισης ενέργειας. [2]

2.3.3 Δανία

Οι εθελοντικές συμφωνίες για την ενεργειακή απόδοση στη βιομηχανία πρωτοεμφανίστηκαν στη Δανία το 1996 ως μέρος του Πακέτου Πράσινης Φορολογίας (Green Tax Package) που περιλάμβανε ακόμα του Πράσινους Φόρους και κάποιες επιδοτήσεις. Κύριος σκοπός του Πακέτου είναι η μείωση των εκπομπών CO₂ και SO₂ από το εμπόριο και τη βιομηχανία χωρίς ωστόσο να ζημιωθεί η ανταγωνιστικότητα τους από την αύξηση της φορολογίας.[1,2,4]

Από το 1996 που ξεκίνησαν μέχρι τώρα, το πλαίσιο εφαρμογής των εθελοντικών συμφωνιών έχει αξιολογηθεί και αναθεωρηθεί αρκετές φορές με σημαντικότερη αναθεώρηση το 1999, η οποία τέθηκε σε εφαρμογή το 2002 από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή. Ο στόχος του προγράμματος εθελοντικών συμφωνιών και επιδοτήσεων ήταν η μείωση των εκπομπών CO₂ κατά 1,8% (περίπου 1,1 εκατ. Τόνοι CO₂) τη δεκαετία 1996-2005.[2,4]

Στα πλαίσια των εθελοντικών συμφωνιών οι πλέον ενεργοβόρες βιομηχανίες καλούνται να λάβουν μέτρα υπέρ της ενεργειακής αποδοτικότητας (εγκατάσταση συστημάτων διαχείρισης ενέργειας “EMS”, ενεργειακοί έλεγχοι κλπ) με αντάλλαγμα μειωμένους φόρους για το CO₂. Η διάρκεια των εθελοντικών συμφωνιών είναι τριετής και οι εταιρίες μπορεί να συμφωνήσουν είτε ατομικά είτε σαν ομάδα, συνήθως σαν βιομηχανικός τομέας. Στα προγράμματα μπορούν να συμμετέχουν τόσο οι «βαριές» βιομηχανίες (τροφίμων, χαρτικών, ζάχαρης, τσιμέντου και γυαλιού) όσο και οι μικρότερες εφόσον η φορολογία για χρήση ενέργειας ξεπερνά το 4%.[2]

Το 2006 στη Δανία, το 98% της ενεργειακής χρήσης στις βαριές βιομηχανίες καλυπτόταν από Εθελοντικές Συμφωνίες, ο κύριος λόγος για τη μεγάλη συμμετοχή ήταν η σημαντική μείωση στους υψηλούς φόρους εκπομπών CO₂ που σε ορισμένες περιπτώσεις καθιστά τη συμμετοχή στα προγράμματα επιτακτική αλλά και η σταδιακή αύξηση των τιμών των καυσίμων που δίνει κίνητρο για βελτίωση της αποδοτικότητας. Πέρα όμως από τα οικονομικά οφέλη, αρκετές επιχειρήσεις συμμετείχαν για να ενισχύσουν το οικολογικό τους προφίλ.[2,4]

Σε αξιολόγηση των συμφωνιών το 2005 από την Ένωση Ενέργειας της Δανίας, αποδείχτηκε πως ο στόχος για μείωση των εκπομπών CO₂ επετεύχθη ενώ μειώθηκε και η χρήση ενέργειας στις εταιρίες που συμμετείχαν, ωστόσο η αύξηση της ενεργειακής αποδοτικότητας μετρήθηκε μόλις 0,7% ετησίως ενώ τα ελλιπή στοιχεία δεν επιτρέπουν σαφή προσδιορισμό της οικονομικής εξοικονόμησης. Ενεργειακά, η μείωση για τις περιόδους 1996-99 και 1999-2005 υπολογίστηκε σε 2,6% και 1,9% αντίστοιχα.[2,4]

Οι πιο πρόσφατες μελέτες (Απρίλιος 2008) καταγράφουν 282 επιχειρήσεις σε εθελοντικές συμφωνίες αλλά και 5 βιομηχανικούς τομείς με συλλογικές συμφωνίες, υπολογίζεται πως περίπου το 60% της ολικής χρήσης ενέργειας στο εμπόριο και τη βιομηχανία της Δανίας καλύπτεται από τις εθελοντικές συμφωνίες.[2]

2.3.4 Βέλγιο

2.3.4.1 Φλάνδρα

Υπάρχουν δυο ισχύουσες εθελοντικές συμφωνίες στη Φλάνδρα του Βελγίου, το Σύμφωνο Συγκριτικής Αξιολόγησης της Ενεργειακής Απόδοσης (Energy Efficiency Benchmarking Covenant, 2003-2010) και το Ελεγκτικό Σύμφωνο (Auditing Covenant, 2005-2013). Το πρώτο, στα πλαίσια των στόχων που τέθηκαν στο Κιότο, στοχεύει στη βελτίωση του δείκτη ενεργειακής απόδοσης κατά 7,4% με αναφορά το 2002 και δεσμεύει τη «βαριά» βιομηχανία ενώ το δεύτερο στοχεύει στην εξοικονόμηση 1,25 TWh μέχρι το 2012.[2]

Το Σύμφωνο Συγκριτικής Αξιολόγησης της Ενεργειακής Απόδοσης έχουν υπογράψει 187 ενεργοβόρες εταιρίες στις οποίες αντιστοιχεί το 80% της ενέργειας του βιομηχανικού τομέα. Το Ελεγκτικό Σύμφωνο από την άλλη έχει δεσμεύσει 230 μεσαίου μεγέθους εταιρίες που ευθύνονται μόλις για το 10% της ενέργειας από βιομηχανική χρήση και επί της ουσίας συμπληρώνει το ΣΣΑΕΑ.[2]

Το κίνητρο συμμετοχής στις δυο αυτές συμφωνίες είναι η απαλλαγή από φόρους και ποινές σχετικά με τα ανώτατα όρια εκπομπών CO₂ καθώς και άλλες διευκολύνσεις όπως απαλλαγή από υποχρεώσεις και κανονισμούς. Σε περίπτωση μη συμμετοχής ή αδυναμίας μιας εταιρίας να ολοκληρώσει επιτυχώς τα απαιτούμενα μέτρα, τα προνόμια αυτά αυτομάτως χάνονται.[2]

Μέχρι στιγμής τα καταγραφέντα αποτελέσματα δείχνουν εξοικονόμηση 0,18TWh για το Ελεγκτικό Σύμφωνο για το έτος 2005-2006 και 8,4TWh από το ΣΣΑΕΑ για το 2007.[2]

2.3.4.2 Βαλλονία

Στη Βαλλονία συμφωνίες μακράς διάρκειας (Long Term Agreements) ανάμεσα στις τοπικές αρχές και σε διάφορους τομείς της βιομηχανίας πρωτοεμφανίστηκαν το 2003, με προοπτική να διαρκέσουν μέχρι το 2010-2012. Περίπου 154 επιχειρήσεις οι οποίες συμβάλλουν στο 90% της ενεργειακής βιομηχανικής κατανάλωσης της Βαλλονίας έχουν δεσμευτεί από εθελοντικές συμφωνίες κατά κλάδο. Το κίνητρα συμμετοχής είναι κατά κύριο λόγο επιδοτήσεις για αγορά εξοπλισμού ή ενεργειακούς ελέγχους αλλά και χαμηλότερη φορολογία κατά περίπτωση.[2]

2.3.5 Εσθονία

Στην Εσθονία η Πράξη Χρεώσεων για το Περιβάλλον (Environment Charges Act) που τέθηκε σε ισχύ την 1^η Ιανουαρίου του 2006 και έχει υποχρεωτικό χαρακτήρα, απευθύνεται σε ιδιοκτήτες εξοπλισμού καύσης (κυρίως από τη «βαριά» βιομηχανία, τόσο μεμονωμένα όσο και συλλογικά) και καθορίζει τη φορολογία ρυπογόνων εκπομπών. Σ' αυτό το πλαίσιο, μέσω εθελοντικών συμφωνιών δίνει τη δυνατότητα απαλλαγής από φόρους ρύπων χρηματοδοτώντας τη λήψη μέτρων ενεργειακής αποδοτικότητας σε επίπεδο προετοιμασίας, τεχνογνωσίας και εκπαίδευσης προσωπικού.[2]

Μέχρι σήμερα τα αποτελέσματα των προγραμμάτων κρίνονται ανεπαρκή λόγω αδυναμίας εφαρμογής των μέτρων και σωστού ελέγχου των διαδικασιών και ο χαρακτήρας του όλου εγχειρήματος περισσότερο προσεγγίζει μια προσπάθεια ένδειξης ενδιαφέροντος για το περιβάλλον παρά ουσιαστικής βελτίωσης της ενεργειακής αποδοτικότητας.

2.3.6 Γερμανία

Εθελοντικές συμφωνίες στη Γερμανία υπάρχουν από το 1995, όταν η χώρα έλαβε μέτρα για τη μείωση των ρυπογόνων εκπομπών της βιομηχανίας της, με τη δημοσίευση της Δήλωσης για την Πρόληψη της Υπερθέρμανσης του Πλανήτη (Declaration on Global Warming Prevention) από την επίσημη Ομοσπονδία της Γερμανικής Βιομηχανίας. Το 2000 η Δήλωση ανανεώθηκε (μετονομαζόμενη σαν Declaration of the German Industry on Climate Protection) ενώ θεσμοθετήθηκε και άλλη μια εθελοντική συμφωνία με την αυτοκινητοβιομηχανία για τη μείωση της κατανάλωσης καυσίμων στα γερμανικής κατασκευής αυτοκίνητα κατά 25%. [2]

Η Δήλωση του 2000 καλύπτει σήμερα περίπου 4.400 εταιρίες, αριθμός που αντιστοιχεί σε ποσοστό πάνω από το 70% της βιομηχανικής ενέργειας που καταναλώνει η Γερμανία. Το κίνητρο για συμμετοχή στη συμφωνία είναι η μειωμένη φορολογία ενώ τα προγράμματα κρίνονται πετυχημένα τόσο από άποψη συμμετοχών όσο και αποτελεσμάτων. Οι επίσημες αναφορές κάνουν λόγο για μείωση των εκπομπών CO₂ κατά 160,5 εκατομμύρια τόνους κατά την περίοδο 1990-2008, ποσό ίσο περίπου με το 1/5 των εκπομπών όλων των τομέων που συμμετείχαν στη συμφωνία. [2]

2.3.7 Γαλλία

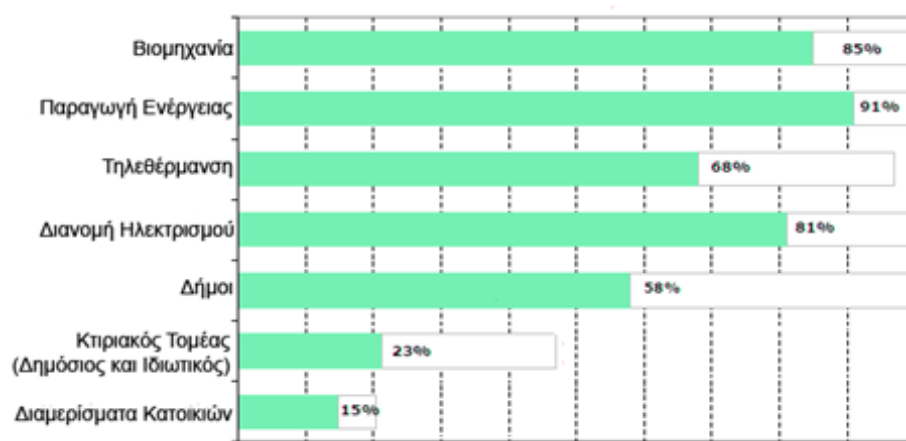
Η Γαλλία αν και ήταν η πρώτη χώρα που εισήγαγε το θεσμό των εθελοντικών συμφωνιών από το 1971 και συνέχισε να τις υιοθετεί μέχρι και το 2005, μετά τη λήξη και των τελευταίων συμφωνιών δεν συνέχισε στην περαιτέρω ανανέωση τους.

Σημαντικότερα σημεία σε αυτή την διαδρομή ήταν η σύνθεση του AERES (Association des entreprises pour la réduction de l'effet de serre) το 2002, ενός ομίλου αποτελούμενου αρχικά από 20 εταιρίες και 3 συνεταιρισμούς που δεσμεύτηκε για τη μείωση ρυπογόνων εκπομπών μέσω εθελοντικών συμφωνιών. Το AERES που περιλάμβανε μεταξύ άλλων 21 πολυεθνικές, 3 παραγωγούς ενέργειας, 4 βιομηχανικές ομοσπονδίες συνολικά ευθυνόταν για το 60% του συνόλου των ρυπογόνων εκπομπών της Γαλλικής βιομηχανίας. Η πρώτη περίοδος εφαρμογής του προγράμματος ήταν τη διετία 2003-2004, το οποίο ανανεώθηκε για πρώτη και τελευταία φορά το 2005 μέχρι την οριστική λήξη του το 2007. [2]

2.3.8 Φινλανδία

Η Φινλανδία είναι πρωτοπόρος σε ότι αφορά την ενεργειακή πολιτική της και μια από τις πρώτες ευρωπαϊκές χώρες που καθιέρωσαν τις εθελοντικές συμφωνίες. Οι Συμφωνίες Διατήρησης της Ενέργειας (Energy Conservation Agreements) είναι από το 1997 μέρος της εθνικής στρατηγικής και του συσχετιζόμενου προγράμματος διατήρησης ενέργειας. Ο ρόλος τους στην βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας είναι καθοριστικής σημασίας και συχνά λειτουργούν σαν αντιστάθμιση σε ποινές και φορολογία ρύπων. Το 2008 μάλιστα, λόγω θετικών αποτελεσμάτων και κοινής θέληση οι ΣΔΕ ανανεώθηκαν για μια δετία ακόμα (μέχρι το 2016) και μετονομάστηκαν σε Συμφωνίες Ενεργειακής Αποδοτικότητας (Energy Efficiency Agreements).[1,2]

Συνολικά οι εθελοντικές συμφωνίες στη Φινλανδία το 2007 υπολογίστηκε ότι κάλυπταν το 60% της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης της χώρας. Αντίθετα με την πλειονότητα των χωρών που αξιοποιούν τις εθελοντικές συμφωνίες αποκλειστικά στο βιομηχανικό τομέα, στη Φινλανδία υπάρχει πληθώρα εθελοντικών προγραμμάτων για πολλούς άλλους τομείς όπως η παραγωγή και διανομή ενέργειας σε εθνικό και δημοτικό επίπεδο, οι μεταφορές, οι συγκοινωνίες αλλά και ο κτιριακός τομέας (οικιστικός και μη). Στο Διάγραμμα 2.3 φαίνονται τα ποσοστά ενεργειακής κατανάλωσης που καλύπτονται από ενεργειακά προγράμματα ανά τομέα (από έρευνα του 2007).[2]



Διάγραμμα 2.3 Ποσοστό ενεργειακής κατανάλωσης που καλυπτόταν από ενεργειακά προγράμματα το 2007 ανά τομέα

Η αξία της εξοικονομούμενης ενέργειας από το σύνολο των συμφωνιών στους διάφορους τομείς ανέρχεται περίπου σε 150 εκατομμύρια ευρώ ετησίως και η μείωση των εκπομπών CO₂ είναι πάνω από 2,5 εκατομμύρια τόνους ετησίως [5]. Παρόλο που ο χαρακτήρας των προγραμμάτων δεν είναι υποχρεωτικός και το μόνο κίνητρο συμμετοχής είναι η ουσιαστικά η κάλυψη μέρους των εξόδων υλοποίησης των μέτρων, η συμμετοχή στα εθελοντικά προγράμματα είναι μεγάλη και λόγω θετικών αποτελεσμάτων και κοινής θέλησης ανανεώθηκαν μέχρι το 2016.

Από τα επίσημα στοιχεία που έχουν καταγραφεί προκύπτει ότι από τις ΣΔΕ (1997-2007) καθ' όλη την περίοδο εφαρμογής τους, εξοικονομήθηκαν 9TWh ετησίως συνολικά σε όλους τους τομείς, κάτι που ισοδυναμεί με περίπου το 2% της ολικής ενεργειακής κατανάλωσης της Φινλανδίας το 2007.[2,5]

2.3.9 Σουηδία

Η πρώτη προσπάθεια για εισαγωγή εθελοντικών συμφωνιών στη Σουηδία ήταν μέσω του πλήρως εθελοντικού προγράμματος EKO Energi το 1994 με συμμετοχή συνολικά 30 εταιριών. Το πρόγραμμα δεν σημείωσε ιδιαίτερη επιτυχία και σταμάτησε το 1999. Τον Ιανουάριο του 2005 έκαναν την εμφάνιση τους οι εθελοντικές συμφωνίες με την ονομασία Πρόγραμμα Ενεργειακής Αποδοτικότητας σε Ενεργοβόρες Βιομηχανίες (Programme for energy efficiency in energy intensive industries, PFE) οι οποίες είναι ακόμα σε ισχύ. Ο λόγος ήταν η έναρξη της φορολόγησης της ενέργειας το 2004 και έτσι το Πρόγραμμα αποτέλεσε ένα αντιστάθμισμα σε αντίθεση με τον πλήρως εθελοντικό προφίλ του EKO Energi.[1,2]

Από το 2007, 117 εταιρίες είναι μέλη του Προγράμματος και η κατανάλωση τους αντιστοιχεί στο 20% της συνολικής κατανάλωσης ηλεκτρισμού στη Σουηδία και στο 50% του βιομηχανικού τομέα. Το πρόγραμμα είναι 5ετούς διάρκειας και η επιτυχής εφαρμογή του εξασφαλίζει οικονομικά οφέλη στους συμμετέχοντες με τη μορφή μειωμένης φορολογίας. Η υπολογιζόμενη μείωση στην κατανάλωση για τους συμμετέχοντες υπολογίζεται συνολικά περίπου 1TWh ετησίως ενώ το κόστος των μέτρων αγγίζει τα 110 εκατομμύρια ευρώ.[2]

2.3.10 Ιρλανδία

Μετά την πρώτη απόπειρα με το εθελοντικό πρόγραμμα αυτό-έλεγχου (Self Audit Scheme) την περίοδο 1994-97 στο οποίο συμμετείχαν 73 εταιρίες, το 2002 ξεκίνησε το πιλοτικό πρόγραμμα “Negotiated Energy Agreements” το οποίο κράτησε μόλις ένα χρόνο. Ωστόσο από το Μάιο του 2006 είναι σε ισχύ το πρόγραμμα Συμφωνιών Ενέργειας (Energy Agreements Program, EAP) με προοπτική να διαρκέσει ως το 2020.[1,2]

Το πρόγραμμα αφορά μια την στρατηγική και συστηματική προσέγγιση της διαχείρισης ενέργειας στους μεγάλους βιομηχανικούς καταναλωτές και αποτελεί υποσύνολο του δικτύου LIEN (Large Industrial Energy Network). Σύμφωνα με στοιχεία του 2009, 82 μεγάλες βιομηχανικές οργανώσεις είναι μέλη του προγράμματος. Το κίνητρο για συμμετοχή στο πρόγραμμα η παροχή συμβουλευτικής και τεχνικής υποστήριξης από εξειδικευμένο προσωπικό αλλά και επιδοτήσεις. Αναφορικά με τα μέχρι τώρα αποτελέσματα, το 2007 οι επίσημες αναφορές κατέγραψαν μείωση της ενεργειακής χρήσης κατά 8% σε σχέση με το 2006 και μείωση 6% το 2008 έναντι του 2007.[2]

Πίνακας 2.1 Επίσημα αποτελέσματα των Εθελοντικών Συμφωνιών στο βιομηχανικό τομέα μέχρι και το 2008

| | Ολλανδία | Νορβηγία | Σουηδία | Βέλγιο | Φινλανδία | Δανία | Ιρλανδία |
|--|-----------------|-----------------|----------------|---------------|------------------|--------------|-----------------|
| Ενέργεια που καλύπτεται από Ε.Σ (%) | 85-90% | 12% | 56% | 90% | 85% | - | 80% |
| Έτος Έναρξης Προγράμματος | 2000 | 2004 | 2004 | 2000-2 | 1997 | 2002 | 2006 |
| Διάρκεια ζωής | 2000-2012 | 2009 (2014) | 2009 (2014) | 2010 (2012) | 2007 | - | 2020 |
| Ετήσιο ποσοστό εξοικονόμησης | 2% | 1,70% | 3% | 1% | 2% | 1,90% | 4% |

Πίνακας 2.2 Προγράμματα Εθελοντικών Συμφωνιών για τα οποία υπάρχουν επίσημα στοιχεία στην Ε.Ε.

| Χώρα | Διάρκεια Προγράμματος | Ονομασία | Εξοικονόμηση | Περίοδος αποτελεσμάτων |
|-------------------------|------------------------------|---|------------------------------|-------------------------------|
| Βέλγιο | 2003-2012 | Flanders Benchmarking Covenant | 0,18 TWh | 2005 |
| | 2005-2013 | Flanders Auditing Covenant | 8,4 TWh | 2007 |
| | 2003-2012 | Walloon | - | - |
| Δανία | 1996 | | 1,1 PJ | 2000-2003 |
| Φινλανδία | 1997-2007 | Energy Conservation Agreements | 9TWh /έτος | 1997-2007 |
| | 2008-2016 | Energy Efficiency Agreements on the Improvement | 732,2 GWh/έτος | 2009-2016 |
| | 2008-2016 | Municipal Sector Agreement (KETS and KEO) | 3.7 GWh | 2009-2016 |
| | 2008-2017 | Höylä III Energy Efficiency Agreement | 113.3 GWh | 2009-2016 |
| | 2002-2012 | Energy Conservation Agreements - housing property | | |
| Γερμανία | 2000-2012 | Joint Declaration of the German Industry on Climate | 160.5 εκατ. tCO ₂ | 1990-2008 |
| Ιρλανδία | 2006 | Energy Agreements Program | 6% μείωση στην ενέργεια | 2007-2008 |
| Σουηδία | 2005 | Program for Energy efficiency in energy intensive | 1 TWh | |
| Ολλανδία | 2008 | LTA3 | 7.98 PJ | 2008 |
| | 2009 | LEE | | |
| | 2007 | LTA-e+ (flower bulb growers, mushroom growers) | | |
| Ηνωμένο Βασίλειο | 2001 | Climate Change Agreements | 9.2 Mt CO ₂ /y | 1990-2001 |
| | 2009 | Energy Efficiency Agreements | | |

2.4 Ευρωπαϊκά προγράμματα στα πλαίσια των Εθελοντικών Συμφωνιών

2.4.1 Βιομηχανικός τομέας: Το πρόγραμμα Motor Challenge

Το πρόγραμμα Motor Challenge είναι ένα εθελοντικό πρόγραμμα που προωθεί η Ευρωπαϊκή Επιτροπή από το Φεβρουάριο του 2003 για να βοηθήσει τις εταιρίες στη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των συστημάτων που χρησιμοποιούν ηλεκτρικούς κινητήρες. Το πρόγραμμα εστιάζει στις ηλεκτρικές μονάδες, στο συμπιεσμένο αέρα και στα συστήματα αντλιών και ανεμιστήρων για τα οποία έχει αποδειχθεί ότι υπάρχει μεγάλο περιθώριο τόσο τεχνικά όσο και οικονομικά για εξοικονόμηση ενέργειας.

Το πρόγραμμα στοχεύει στη μείωση της κατανάλωσης όλων των συστημάτων που βασίζονται σε ηλεκτρικούς κινητήρες τα οποία αποτελούν το 30% της συνολικής κατανάλωσης ηλεκτρικού ρεύματος της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Σύμφωνα με μελέτες, ένα ποσοστό ανάμεσα στο 30 με 50% του ηλεκτρισμού που χρησιμοποιείται σε αντλίες, συμπιεστές ή ανεμιστήρες θα μπορούσε να εξοικονομηθεί είτε μέσα από βελτιωμένες διαδικασίες και καλύτερη συντήρηση, είτε επενδύοντας σε ενεργειακά συστήματα κινητήρων. Στις περισσότερες περιπτώσεις, τέτοιες βελτιώσεις εκτός από επικερδείς οικονομικά, συμβάλλουν και στην καλύτερη ποιότητα παραγωγής και αξιοπιστία.[10]

2.4.1.1 Ένταξη στο πρόγραμμα Motor Challenge

Κάθε οργανισμός που επιθυμεί να συνεισφέρει στους σκοπούς του προγράμματος μπορεί να λάβει μέρος. Οι εταιρίες που χρησιμοποιούν ηλεκτροκινούμενα συστήματα μπορούν να γίνουν **συνεργάτες** του προγράμματος ενώ οι οργανισμοί που παρέχουν ηλεκτρικούς κινητήρες και παρεμφερή εξοπλισμό μπορούν, εφόσον θέλουν να βοηθήσουν τα μέλη του προγράμματος να αντεπεξέλθουν στις δεσμεύσεις τους, να γίνουν **υποστηρικτές** (Endorsers).[10]

Οι συνεργάτες του προγράμματος εξασφαλίζουν αυτόματα:

- Βοήθεια, συμβουλές και τεχνική υποστήριξη στον προσδιορισμό και την υλοποίηση ενός αποδοτικού και προσοδοφόρου σχεδίου δράσης βελτιώνοντας παράλληλα την αξιοπιστία και την ποιότητα των υπηρεσιών τους
- Δημόσια αναγνώριση για την συμβολή τους στην επίτευξη των στόχων που έχει καθορίσει η ενεργειακή πολιτική της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

2.4.1.2 Χαρακτήρας του προγράμματος

Το πρόγραμμα Motor Challenge είναι πλήρως εθελοντικό: Οι εταιρίες είναι ελεύθερες να αποφασίσουν αν θέλουν να ενταχθούν στο πρόγραμμα ή όχι, ενώ μπορούν να αποχωρήσουν οποιαδήποτε στιγμή χωρίς καμία επιβάρυνση.

Το πρόγραμμα βασίζεται στο σχεδιασμό ενός σχεδίου δράσης σύμφωνα με το οποίο η εταιρία που μετέχει στο πρόγραμμα δεσμεύεται να εφαρμόσει συγκεκριμένα μέτρα για να μειώσει την κατανάλωση ενέργειας ενώ της δίνεται η δυνατότητα να προσδιορίσει ποιες μονάδες παραγωγής και ποια συστήματα καλύπτονται από το σχέδιο δράσης.

Το πεδίο εφαρμογής της συμφωνίας είναι ευέλικτο: μπορεί να περιοριστεί σε ένα μόνο κατάστημα ή ακόμα και να συμπεριλάβει όλες τις παραγωγικές μονάδες της εταιρίας που βρίσκονται σε ευρωπαϊκό έδαφος.

Η συμμετοχή στο πρόγραμμα, πέρα από την αναγνώριση της συνεισφοράς στον αγώνα υπέρ της προστασίας του περιβάλλοντος από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή επικυρώνεται από:

- Αναμνηστικές πλάκες στα κτίρια/εργοστάσια της εταιρίας
- Δημοσιεύσεις στον τύπο και στο διαδίκτυο
- Αποκλειστική χρήση του λογοτύπου του προγράμματος
- Συμμετοχή στους καταλόγους συνεργατών και στα βραβεία Motor Challenge

Τα πλέον επιτυχημένα παραδείγματα εφαρμογής του προγράμματος Motor Challenge αποτελούν η Σουηδική εξορυκτική εταιρία LKAB αλλά και η γνωστή γερμανική αυτοκινητοβιομηχανία Porsche οι οποίες μέσα από το πρόγραμμα πέτυχαν μειωμένα ετήσια ενεργειακά κόστη κατά 105.000 και 55.000 ευρώ αντιστοίχως.[10]

Από την ελληνική επικράτεια, ξεχωρίζει η περίπτωση της επιχείρησης εμφιαλωμένου νερού «Σουρωτή» που είναι η μοναδική επιχείρηση από την Ελλάδα που βραβεύτηκε στο πλαίσιο του **6th International Conference on Energy Efficiency in Motor Systems** στη Γαλλία για τις επενδύσεις της στον τομέα της βελτίωσης της ενεργειακής αποδοτικότητας το 2009. Η Σουρωτή υλοποίησε μια σειρά επενδύσεων για τη βελτίωση της ενεργειακής της αποδοτικότητας και την εξοικονόμηση ενέργειας συμμετέχοντας στο πρόγραμμα. Με την αγορά νέου, ενεργειακά αποδοτικότερου μηχανολογικού εξοπλισμού πέτυχε συνολικά να εξοικονομήσει ενέργεια 587MWh ετησίως. Ο κατάλογος των εταιριών μελών από την Ελλάδα απαριθμεί 9 εταιρίες ενώ 4 οργανισμοί είναι υποστηρικτές (endorsers) του προγράμματος.[8]

Πίνακας 2.3 Ελληνικές εταιρίες στο πρόγραμμα Motor Challenge

| Εταιρίες-Μέλη | Endorsers |
|------------------------------|--------------|
| Elsap AVETE | ΕΝΥΠ ΕΠΕ |
| Astir Vitogiannis Bros | ΒΑΜΒΑΚΑΣ Α.Ε |
| ΕΛΦΙΚΟ Α.Ε | ΔΕΚΤΗΣ ΕΠΕ |
| ΧΑΙΤΟΓΛΟΥ-ΧΑΡΤΕΛ Α.Β.Ε.Ε. | ΠΟΛΥΚΕΜ Α.Ε. |
| ΣΟΥΡΩΤΗ Α.Ε | |
| ΔΕΥΑΚ | |
| ΑΤΤΙΚΟ ΜΕΤΡΟ Α.Ε | |
| ΑΛΟΥΜΙΝΙΟΝ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΟΣ | |
| ΜΟΝΟΣΤΥΡ Α.Ε | |

2.5 Εθελοντικές Συμφωνίες για ηλεκτρικές συσκευές

2.5.1 Οδηγία Οικολογικού Σχεδιασμού (Ecodesign Directive)

Η οδηγία οικολογικού σχεδιασμού παρέχει σαφείς οδηγίες στις χώρες της Ε.Ε. για τη βελτίωση των περιβαλλοντικών επιδόσεων των σχετικών με την ενέργεια προϊόντων (Energy Related Products) μέσω του οικολογικού σχεδιασμού. Εμποδίζει τις εκάστοτε εθνικές νομοθεσίες σχετικά με τις περιβαλλοντικές επιδόσεις των προϊόντων αυτών στο να θέτουν εμπόδια στο εμπόριο εντός της Ε.Ε. Αυτό είναι ωφέλιμο τόσο για τις επιχειρήσεις όσο και για τους καταναλωτές, καθώς συμβάλει στην ενίσχυση της ποιότητας των προϊόντων, την προστασία του περιβάλλοντος αλλά και τη διευκόλυνση της ελεύθερης κυκλοφορίας των εμπορευμάτων σε ολόκληρη την Ευρωπαϊκή Ένωση.

Η οδηγία αφορά δυο κύριες κατηγορίες προϊόντων:

- Τα προϊόντα που χρησιμοποιούν ενέργεια (EUP) τα οποία καταναλώνουν, παράγουν, μεταφέρουν ή μετράνε ενέργεια (ηλεκτρισμό, φυσικό αέριο, ορυκτά καύσιμα) πχ boilers, υπολογιστές, τηλεοράσεις, μετασχηματιστές, βιομηχανικούς φούρνους/ανεμιστήρες κ.α.
- Τα συσχετιζόμενα με την ενέργεια προϊόντα (ERP) που δεν χρησιμοποιούν ενέργεια αλλά την επηρεάζουν και σαν συνέπεια συνεισφέρουν στην εξοικονόμηση της όπως τα παράθυρα, τα μονωτικά υλικά, βρύσες κλπ

Στα πλαίσια της οδηγίας οικολογικού σχεδιασμού και για να μειωθούν τα διοικητικά κόστη αλλά και να ξεπεραστούν δυσκολίες τεχνικού χαρακτήρα, αποφασίστηκε η δημιουργία δυο εθελοντικών συμφωνιών, μία για τους ηλεκτρονικούς αποκωδικοποιητές (Complex set top boxes) και μια για συσκευές εικόνας (Imaging Equipment). Ανάμεσα στους συμμετέχοντες στις 2 αυτές συμφωνίες που αναμένεται να τεθούν σε εφαρμογή το 2011 είναι εταιρίες όπως οι Cisco, Microsoft, Intel, και Samsung για την πρώτη κατηγορία και Dell, HP, Xerox, και Toshiba για την δεύτερη.[13]

2.5.2 Εθελοντικές Συμφωνίες από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή

Στα πλαίσια της προσπάθειας της Ευρωπαϊκής Επιτροπής για εξασφάλιση συνθηκών καλύτερης διαχείρισης, η Ε.Ε., ενθάρρυνε την εφαρμογή εναλλακτικών δράσεων όπως η αυτοδιαχείριση της βιομηχανίας μέσω εθελοντικών συμφωνιών. Ιδιαίτερα στον τομέα των ηλεκτρικών συσκευών, όπου λόγω των τεχνικών δυσκολιών η νομοθεσία και οι κανονισμοί καθυστερούν σημαντικά τις εξελίξεις, οι εθελοντικές συμφωνίες παρουσιάζουν σημαντικά πλεονεκτήματα οδηγώντας σε ταχεία και αποδοτικότερη υλοποίηση των έργων, διευκολύνοντας την ελαστική και ήπια προσαρμογή στις τεχνολογικές αλλαγές και στις ευαισθησίες της αγοράς παρέχοντας πλεονεκτήματα στους συμμετέχοντες αναφορικά με την τήρηση των κανονισμών. Η Ε.Ε. παρέχει στα πλαίσια των συμφωνιών τις απαραίτητες προδιαγραφές που πρέπει να τηρούνται στην αντίστοιχη κατηγορία προϊόντων έτσι ώστε αυτά να είναι αποδεκτά από τους Ευρωπαϊκούς κανονισμούς ωστόσο η πρόσφατη Οδηγία Οικολογικού Σχεδιασμού (Ecodesign Directive) έχει πλέον καταργήσει και αντικαταστήσει τις προϋπάρχουσες συμφωνίες.[6]

Στον τομέα της ενεργειακής αποδοτικότητας συγκεκριμένα, έχουν ήδη υλοποιηθεί με επιτυχία 3 συμφωνίες που αφορούν τα εξής:

- Τη μείωση ενεργειακών απωλειών από τη λειτουργία τηλεοράσεων (CRT και non CRT) ψηφιακών δίσκων DVD και συσκευών αναπαραγωγής DVD στην κατάσταση αναμονής (2003)
- Τη μείωση ενεργειακής κατανάλωσης στα πλυντήρια οικιακής χρήσης (2002-2008)
- Τη μείωση ενεργειακής κατανάλωσης στα ψυγεία και τους καταψύκτες (2002-2010).

2.6 Εθελοντικές Συμφωνίες που απευθύνονται σε τελικούς καταναλωτές

2.6.1 Το πρόγραμμα GreenLight

Το πρόγραμμα GreenLight είναι ένα εθελοντικό πρόγραμμα που δρομολογήθηκε το Φεβρουάριο του 2000 και βρίσκεται ακόμα σε εξέλιξη, σύμφωνα με το οποίο δημόσιοι και ιδιωτικοί φορείς δεσμεύονται στην Ευρωπαϊκή Ένωση να μειώσουν τη χρήση ενέργειας για φωτισμό, μειώνοντας κατά αυτόν τον τρόπο τις εκπομπές ρύπων στα πλαίσια των Εθελοντικών Συμφωνιών.

Η χρήση ηλεκτρισμού για φωτισμό υπολογίζεται πως καλύπτει σχεδόν το 40% του ηλεκτρισμού που χρησιμοποιείται σε μη οικιστικά κτίρια, ως εκ τούτου έχει ουσιαστικό αντίκτυπο στο περιβάλλον. Η εμπειρία έχει δείξει πως ένα ποσοστό ανάμεσα στο 30 -50 % του ηλεκτρισμού που χρησιμοποιείται για φωτισμό θα μπορούσε να «σωθεί» επενδύοντας σε ενεργειακά αποδοτικά συστήματα φωτισμού.[9]

Στις περισσότερες των περιπτώσεων, τέτοιες επενδύσεις είναι όχι μόνο κερδοφόρες αλλά συμβάλλουν και στη βελτίωση της ποιότητας του φωτισμού. Το πρόγραμμα GreenLight δεσμεύει τους δημόσιους και ιδιωτικούς φορείς για την αναβάθμιση των υπαρχουσών εγκαταστάσεων αλλά και για τη σχεδίαση νέων οι οποίες υιοθετούν ενεργειακά αποδοτικά μέτρα φωτισμού υπό την προϋπόθεση ότι το κόστος των μέτρων αυτών αποπληρώνεται από τα συσχετιζόμενα οικονομικά οφέλη που αποκομίζονται και η ποιότητα φωτισμού βελτιώνεται ή (στη χειρότερη περίπτωση) παραμένει στα ίδια επίπεδα.

Μέσα στο γενικότερο κλίμα βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης και μείωσης των ρυπογόνων εκπομπών της εποχής, η ένταξη ενός δημόσιου ή ιδιωτικού φορέα σε συλλογικές προσπάθειες όπως το πρόγραμμα GreenLight εκτός από τα πρακτικά οφέλη, προσδίδει αναγνώριση και κύρος στους συνεργάτες του προγράμματος. Πιο συγκεκριμένα γίνεται προβολή των συμμετεχόντων από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή μέσω των διεθνών MME, του διαδικτύου ενώ δίνονται ασφαλώς και επίσημες πιστοποιήσεις:

- Αποκλειστική χρήση του λογότυπου της GreenLight
- Συμμετοχή στους επίσημους καταλόγους αλλά και στα ειδικά βραβεία της GreenLight

- Ειδικές σημάνσεις στα κτίρια

Επιπλέον γίνεται μια μεγάλη προωθητική εκστρατεία του προγράμματος από κοινοπραξία αρμόδιων φορέων για θέματα Ενέργειας σε 14 χώρες που περιλαμβάνει ανάμεσα σε άλλα διάφορες ενημερωτικές εκδηλώσεις σε μεγάλες Ευρωπαϊκές πόλεις και άρθρα σε εθνικής εμβέλειας εφημερίδες.

Το πρόγραμμα έχει εφαρμοστεί με μεγάλη επιτυχία σε πολλές ευρωπαϊκές χώρες, ενδεικτικά αναφέρουμε την εταιρία Johnson & Johnson (Βέλγιο, 2000), τη Νορβηγική εταιρία Statoil (2001), τη Gas Natural (Μαδρίτη), τη Sonae Imobiliaria (Λισαβόνα), τη Beerse Metaalwerken (Βέλγιο) αλλά και την πόλη του Sassari στην Ιταλία.[9]

2.6.1.1 Ελληνικές συμμετοχές στο πρόγραμμα GreenLight

Ο κατάλογος των εταιριών που συμμετέχουν στο πρόγραμμα είναι αρκετά μεγάλος και αυξάνεται συνεχώς στις περισσότερες χώρες της Ε.Ε. Στην Ελλάδα, το GreenLight προωθείται και συντονίζεται από το Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ). Αρκετές εταιρίες και από την Ελλάδα συμμετέχουν πλέον ενεργά στο πρόγραμμα, ενώ δε λείπουν και τα τιμητικά βραβεία:

Διεθνής Αερολιμένας «Ελευθέριος Βενιζέλος» (2003)

Ο Διεθνής Αερολιμένας Αθηνών είναι η πρώτη εταιρεία στην Ελλάδα που τιμήθηκε με το βραβείο GreenLight της Ευρωπαϊκής Επιτροπής για την ανάπτυξη μιας σειράς ενεργειακά αποδοτικών δραστηριοτήτων στο φωτισμό, που συμβάλλουν στον περιορισμό του φαινομένου του θερμοκηπίου.

Στη διάκριση της συμμετοχής του Διεθνή Αερολιμένα Αθηνών στο πρόγραμμα GreenLight, οδήγησε η αποτελεσματική εφαρμογή μιας σειράς ενεργειακά αποδοτικών μέτρων στο φωτισμό, όπως η χρήση ενεργειακά αποδοτικών λαμπτήρων, η βελτιστοποίηση του επιπέδου φωτισμού, η ρύθμιση κεντρικού συστήματος ελέγχου (Building Automation System – BAS) και η βελτιστοποίηση των υπαρχόντων χρονοπρογραμμάτων φωτισμού, στα κτίρια του Κεντρικού και Δορυφορικού Αεροσταθμού, καθώς και στο Κτίριο Διοίκησης (κτίρια συνολικής επιφάνειας 196.000 τμ).[7]

Το οικολογικό και οικονομικό όφελος που έχει αποκομίσει το Ελευθέριος Βενιζέλος από τη συμμετοχή στο πρόγραμμα GreenLight συμπεριλαμβάνει και την εξοικονόμηση συνολικά 3.300 MWh το έτος 2003 καθώς και τη γενικότερη μείωση των λειτουργικών εγκαταστάσεων του αερολιμένα.[7]

TIM Ελλάς (2005)

Βραβείο από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή έλαβε η TIM Ελλάς (νυν Wind) στις 19 Μαΐου 2005 στο Μιλάνο, κατά τη διάρκεια του Διεθνούς Workshop για τις Δυνατότητες Εξοικονόμησης Ενέργειας στα Συστήματα Φωτισμού των Επιχειρήσεων το οποίο διοργάνωσε η Ευρωπαϊκή Επιτροπή.

Το βραβείο GreenLight από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή στην TIM Ελλάς αφορά τις εκτενείς επεμβάσεις που υλοποίησε η εταιρεία στα κτίρια της στη Λ. Κηφισίας και τη Λ.Αθηνών συνολικής επιφάνειας 55.760 τμ. Στις παραπάνω κτιριακές εγκαταστάσεις, η TIM Ελλάς αντικατέστησε τα φωτιστικά σώματα που διέθετε με νέα, τα οποία χρησιμοποιούν λαμπτήρες φωτισμού T5 και ηλεκτρονικά ballast.[12]

Συνοπτικά, εφαρμόζοντας το πρόγραμμα GreenLight, η TIM Ελλάς πέτυχε:

- Ιδιαίτερα σημαντική μείωση κατανάλωσης ενέργειας για φωτισμό που υπερβαίνει συνολικά το 40%.
- Βελτίωση της ποιότητας του φωτισμού για τους χρήστες των χώρων με τη χρήση ηλεκτρονικών μεγάλων συχνοτήτων.
- Βελτίωση του τρόπου κατανάλωσης ηλεκτρισμού, με μείωση της άεργου ισχύος που επιστρέφεται στο ηλεκτρικό δίκτυο.
- Βελτίωση του κλιματισμού των χώρων καθότι οι νέοι λαμπτήρες εκπέμπουν 25% λιγότερη θερμότητα
- Εξοικονόμηση ενέργειας η οποία εκτιμάται σε 806.000 KWh/έτος, και μεταφράζεται σε ετήσια εξοικονόμηση 225 τόνων πετρελαίου και αντίστοιχη μείωση εκπομπών 683 τόνων CO₂. [12]

Vodafone (2001)

Η Vodafone στην προσπάθειά της να μειώσει την καταναλισκόμενη ηλεκτρική ενέργεια για τον φωτισμό είναι από το 2001 μία από τις 54 εταιρίες μέλη του Ευρωπαϊκού προγράμματος GreenLight.[12]

Αρχικά αναβάθμισε το σύστημα φωτισμού σε μια πιλοτική περιοχή 1.000 τμ το 2001. Στην προσπάθεια αυτή συνεργάστηκε η Ομάδα Ενέργειας και Περιβάλλοντος της εταιρίας με το ΚΑΠΕ, με αποτέλεσμα η εξοικονόμηση ενέργειας στις περιοχές εγκατάστασης να ξεπερνά το 20%. Σήμερα η συγκεκριμένη πρακτική έχει επεκταθεί σε έκταση γραφείων 24.300 τμ, συμπεριλαμβανομένου και του νέου κτιριακού συγκροτήματος της Vodafone που λειτουργεί στο Χαλάνδρι, ενώ μέσω του προγράμματος αυτού μειώθηκε η κατανάλωση ενέργειας φωτισμού περισσότερο από 30% ανά εργαζόμενο πετυχαίνοντας παράλληλα σημαντική επιμήκυνση του χρόνου ζωής του φωτιστικού εξοπλισμού.[12]

2.6.2 Το πρόγραμμα Green Building

Το πρόγραμμα Green Building, στην ίδια λογική με τα προγράμματα GreenLight και Motor Challenge, είναι ένα εθελοντικό πρόγραμμα που ξεκίνησε το 2005 από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή. Κύριος σκοπός του προγράμματος είναι η ευαισθητοποίηση του κοινού, η ενεργοποίηση επενδύσεων στον τομέα της ενεργειακής αποδοτικότητας και των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ) από πλευράς των ιδιοκτητών μη οικιστικών κτιρίων αλλά και η συμβουλευτική δράση μαζί με δημόσια αναγνώριση σε αυτούς που είναι έτοιμοι να συμβάλλουν ουσιαστικά στην εξοικονόμηση ενέργειας εφαρμόζοντας κατάλληλα μέτρα στα κτίρια τους.

Το αποτέλεσμα των μέτρων αυτών, πέρα από την εξυπηρέτηση του κοινού καλού και τη συμβολή στον αγώνα κατά των κλιματικών αλλαγών, είναι ωφέλιμο και σε επιχειρηματικό επίπεδο εφόσον μειώνει σημαντικά τα ενεργειακά κόστη των κτιρίων. Μέχρι στιγμής το πρόγραμμα τρέχει σε 10 ευρωπαϊκές χώρες και αποτελεί την πιο σημαντική εκστρατεία για την προώθηση της ενεργειακής αποδοτικότητας σε μη οικιστικά κτίρια της Ευρώπης.

Στο πρόγραμμα μπορούν να συμμετέχουν ιδιοκτήτες μη οικιστικών κτιρίων ως συνεργάτες (Green Building Partner) και επιχειρήσεις από τον κατασκευαστικό τομέα σαν υποστηρικτές (Endorsers) συνεισφέροντας στο πρόγραμμα προϊόντα και υπηρεσίες. Η συμμετοχή στο πρόγραμμα είναι φυσικά δωρεάν.

Για να γίνει κανείς συνεργάτης του προγράμματος θα πρέπει να λάβει τα εξής μέτρα:

- Την ανακαίνιση των υπαρχόντων κτιρίων ώστε να μειωθεί (εφόσον αυτό είναι οικονομικά βιώσιμο) η συνολική ενεργειακή κατανάλωση κατά τουλάχιστον 25%, είτε συνολικά είτε σε συγκεκριμένα ενεργειακά υποσυστήματα του κτιρίου που πρόκειται να εκσυγχρονιστούν.
- Στα νέα κτίρια που πρόκειται να κατασκευαστούν να εξασφαλίσει μειωμένη κατανάλωση κατά τουλάχιστον 25% (εφόσον αυτό είναι οικονομικά βιώσιμο) σε σύγκριση με την καθοριζόμενη από τα ισχύοντα ενεργειακά πρότυπα ή την κατανάλωση αντίστοιχων «συμβατικών» κτιρίων.
- Για τα κτίρια που έχουν ήδη ανακαινισθεί πρόσφατα (μετά την 01/01/2000) να εξασφαλίσει μειωμένη κατανάλωση κατά τουλάχιστον 25% ή κατανάλωση 25% λιγότερη από αυτή που καθορίζουν τα ισχύοντα ενεργειακά πρότυπα την περίοδο εκείνη.

Τα τρία στάδια που πρέπει να περάσει κανείς για να γίνει συνεργάτης του προγράμματος συνοψίζονται ως εξής:

- Πραγματοποίηση λεπτομερούς ενεργειακού ελέγχου
- Ανάπτυξη και κατάθεση ενός Σχεδίου Δράσης βασισμένο στον διεξαχθέντα έλεγχο, με λεπτομερή ανάλυση των μέτρων που θα ληφθούν
- Αναφορά σχετικά με την επιτυχία υλοποίησης του Σχεδίου Δράσης

Τα οφέλη που αποκομίζουν οι συνεργάτες του προγράμματος είναι:

- Η εξοικονόμηση χρημάτων από τους λογαριασμούς ρεύματος
- Η αύξηση της αξίας του κτιρίου
- Η βελτίωση των εργασιακών συνθηκών
- Η προσέλκυση πελατών και επενδυτών

- Η δυνατότητα χρήσης του επίσημου λογοτύπου Green Building
- Η δημοσιότητα και οι διαφημίσεις στον τύπο, το internet σε φυλλάδια και καταλόγους

Εκτός από τους συνεργάτες, υπάρχει όπως προαναφέρθηκε η δυνατότητα να γίνει κανείς υποστηρικτής (Endorser) του προγράμματος. Επιχειρήσεις με προϊόντα ή υπηρεσίες που συμβάλλουν στην ενεργειακή αποδοτικότητα στο μη οικιστικό κτιριακό τομέα, έχουν αυτή την ευκαιρία εάν βοηθήσουν τους ιδιοκτήτες κτιρίων στην ένταξη τους στο πρόγραμμα και προωθήσουν ενεργά το πρόγραμμα Green Building στους πελάτες τους.

Επιτυχημένα παραδείγματα εφαρμογής του προγράμματος ανά την Ευρώπη είναι τα κτίρια της περιβαλλοντικής εταιρίας La Vola (Ισπανία, 2006), το δημαρχείο της Λισαβόνας (Camara Municipal de Lisboa, 2006), η Σουηδική εταιρία ιδιοκτησίας ακινήτων HUSO Fastighets AB (2005), η προτεσταντική εκκλησία του Stadl Paura στη βόρεια Αυστρία (2005), τα διοικητικά κτίρια της πόλης της Νυρεμβέργης (Γερμανία, 2006), το Πανεπιστήμιο Καλών Τεχνών του Βερολίνου (2006), το σχολικό κτίριο του γυμνασίου I.T.I.S. “C.Zuccante” του Mestre (Βενετία) και το «Σπίτι Ανανεώσιμης Ενέργειας» στις Βρυξέλλες (2006).[11]

Στην Ελλάδα, το 2005, η Τράπεζα Πειραιώς εντάχθηκε στο πρόγραμμα Green Building ως συνεργάτης, με την ανακαίνιση ενός από τα κύρια κτίρια γραφείων της στο κέντρο της Αθήνας. Αυτό το 7όροφο κτίριο με 5 ορόφους υπογείων γκαράζ έχει συνολική έκταση 19.250 τμ. Για την ανακαίνιση του, πραγματοποιήθηκε μια ενεργειακή μελέτη σχεδιασμού, η οποία περιελάμβανε την εξέταση των δυνατοτήτων ενεργειακής εξοικονόμησης για την πλήρη ανακαίνιση των συστημάτων ψύξης, φωτισμού, σκίασης, έλεγχου, εξαερισμού και των συστημάτων αντιστάθμισης ηλεκτρικής ενέργειας. Μέσα από τη μελέτη, οι ακόλουθες επτά παρεμβάσεις, με τις αντίστοιχες εξοικονομήσεις ενέργειας, αποφασίστηκαν να πραγματοποιηθούν:

- Ανάκτηση θερμότητας από κλιματιζόμενο ρεύμα αέρα που εξατμίζεται μηχανικά από το κτίριο
- Εγκατάσταση ρυθμιζόμενων περσίδων στους εσωτερικούς χώρους ώστε να ελέγχονται καλύτερα οι συνθήκες φωτισμού
- Αύξηση της ικανότητας των συστημάτων ψύξης
- Καλύτερη αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού χάρη σε μεταβλητής έντασης ballast και αισθητήρων μέτρησης του επίπεδου φωτισμού στο χώρο
- Εγκατάσταση συστήματος BEMS για παρακολούθηση εσωτερικής θερμοκρασίας, υγρασίας κλπ και έλεγχο σχετικών υποσυστημάτων (θέρμανσης, ψύξης, φωτισμού)
- Εγκατάσταση συστήματος για μέτρηση της ποιότητας του αέρα στο υπόγειο χώρο στάθμευσης που ελέγχει τη λειτουργία των ανεμιστήρων σύμφωνα με το επίπεδο των ρυπογόνων εκπομπών (πχ CO)
- Προσθήκη συστοιχίας πυκνωτών στον κύριο πίνακα παροχής ηλεκτρισμού

Τα παραπάνω ολοκληρώθηκαν το 2006-7 και συμβάλλουν στην ενεργειακή εξοικονόμηση κατά 475 MWh ετησίως.[11]

Κεφάλαιο 3. Ενεργειακή Επιθεώρηση
Κτιρίου Γραφείων

3.1 Περιγραφή του υπό μελέτη κτιρίου

Το κτίριο που μελετήθηκε κατά την εκπόνηση αυτής της διπλωματικής εργασίας βρίσκεται στην περιοχή του Πειραιά, στην οδό Ευπλοίας 49. Το κτίριο αποτελείται από 5 ορόφους συν το υπόγειο, χτίστηκε το 1984 και δεν έχει δεχτεί από τότε καμία βασική παρέμβαση στο κτιριακό κέλυφος ούτε δράση ΕΞΕΝ. Οι μόνες εξωτερικές προσθήκες/παρεμβάσεις αφορούν την προσθήκη κάποιων συστημάτων κλιματισμού.

Παρά την παλαιότητα του κτιρίου, η κατασκευή του παρουσιάζει αρκετό ενδιαφέρον από ενεργειακής πλευράς μιας και ενσωματώνει πρωτοποριακές για την εποχή που κατασκευάστηκε τεχνολογίες, όπως το σύστημα ενδοδαπέδιας θέρμανσης του κτιρίου ενώ και η μόνωση του είναι ιδιαίτερα ενισχυμένη.

Η διαμόρφωση του κτιρίου είναι τέτοια που να εξυπηρετεί καθαρά το λόγο για τον οποίο χτίστηκε, τη χρήση του σαν κτίριο γραφείων και εργαστηρίου χημικών αναλύσεων. Όσον αφορά τις εξωτερικές διαστάσεις, το ύψος του κτιρίου ανέρχεται στα 17,5 μέτρα, το μήκος στα 13,5 μέτρα και το πλάτος στα 9 μέτρα. Όσον αφορά τα τετραγωνικά μέτρα, οι 1^{ος}, 2^{ος}, 3^{ος} και 4^{ος} όροφοι είναι πανομοιότυποι από 106,16 τμ ο καθένας, (116 μαζί με το κλιμακοστάσιο), ο 5^{ος} όροφος (δώμα) είναι 48,65 τμ και το υπόγειο 98,27τμ.

Η διαμόρφωση των ορόφων αποτελείται από έναν ενιαίο χώρο σε κάθε όροφο πλην του πρώτου (χημικό εργαστήριο), όπου για πρακτικούς λόγους η διαμόρφωση είναι λίγο διαφορετική και αποτελείται από ένα δωμάτιο μικροσκοπίας και 2 ξεχωριστούς εργαστηριακούς χώρους που επικοινωνούν μεταξύ τους. Στους υπόλοιπους ορόφους τα μόνα άλλα δωμάτια πέραν του κυρίως χώρου εργασίας είναι ένας μικρός χώρος που χρησιμοποιείται σαν κουζίνα καθώς επίσης και το WC.

Το κτίριο είναι κτισμένο σε περιοχή πυκνής δόμησης και πλευρικά βρίσκεται σε επαφή με γειτονικά κτίρια ενώ στην οπίσθια όψη χωρίζεται μέσω του ακάλυπτου από τη γειτονική πολυκατοικία. Αυτό επηρεάζει το φυσικό φωτισμό του κτιρίου, κυρίως από την οπίσθια όψη καθώς τα γύρω κτίρια παρεμποδίζουν το φυσικό φως ιδίως στους χαμηλότερους ορόφους. Αυτό καθιστά μη αποδοτική μια ενδεχόμενη ενσωμάτωση φωτοβολταϊκών πάνελ σε οποιοδήποτε χώρο πλην του δώματος.

Το κτίριο αποτελείται όπως προαναφέρθηκε από 4 ορόφους και ένα υπόγειο καθώς επίσης και το δώμα στον 5^ο όροφο. Οι 3 πρώτοι όροφοι μαζί με το υπόγειο στεγάζουν την επιχείρηση Spectrum Labs (πρώην Παπαδόπουλος – Χατζόπουλος) που ασχολείται με τον έλεγχο ποιότητας στη ναυτιλία και τη βιομηχανία. Συνολικά στην επιχείρηση απασχολούνται περίπου 20 άτομα ως μόνιμο προσωπικό. Στον πρώτο όροφο βρίσκεται το χημικό εργαστήριο της εταιρίας και κατά συνέπεια και ο κύριος όγκος του εξοπλισμού, εκεί διεξάγονται οι περισσότερες αναλύσεις και από κει προέρχεται και ένα μεγάλο ποσοστό της ενεργειακής κατανάλωσης του κτιρίου. Στο υπόγειο εκτός από το λεβητοστάσιο και το μηχανοστάσιο βρίσκονται και κάποια «βαριά» μηχανήματα (πρέσες εφελκυσμού κλπ), ένας φούρνος καθώς και πάγκοι εργασίας. Το υπόγειο ουσιαστικά αποτελεί προέκταση του εργαστηρίου του 1^{ου} ορόφου και κατά συνέπεια συμμετέχει στις ενεργειακές καταναλώσεις του κτιρίου.

Στα πλαίσια των δραστηριοτήτων του εργαστηρίου περιλαμβάνονται οι εξής δραστηριότητες:

- | | |
|-----------------------------------|--|
| - Μηχανικές δοκιμές | - Αναλύσεις καυσίμων-λιπαντικών |
| - Μεταλλογραφικές δοκιμές | - Αναλύσεις πυροσβεστικών αφρών |
| - Δοκιμές σε σύνθετα υλικά | - Αναλύσεις πόσιμου νερού |
| - Μελέτες αστοχίας υλικών | - Αναλύσεις αποβλήτων |
| - Μη καταστρεπτικές δοκιμές (NDT) | - Θερμικές κατεργασίες |
| - Δοκιμές διάβρωσης | - Διακριβώσεις συσκευών |
| - Περιβαλλοντικές Μετρήσεις | - Ευθυγράμμιση με Laser και ανάλυση δονήσεων |

Ο δεύτερος και ο τρίτος όροφος στεγάζουν τα γραφεία της επιχείρησης, εκεί βρίσκονται η γραμματεία, το διοικητικό προσωπικό και μεγαλύτερο κομμάτι των εργαζομένων της εταιρίας. Ενεργειακά βρίσκονται αρκετά χαμηλότερα στην κλίμακα της κατανάλωσης σε σχέση με το εργαστήριο.

Ο τέταρτος όροφος από το Σεπτέμβριο του 2010 είναι κενός ενώ παλαιότερα χρησιμοποιούνταν και αυτός σαν χώρος γραφείων ενώ στον 5^ο όροφο (δώμα) στεγάζεται ένα ανεξάρτητο γραφιστικό γραφείο στο οποίο απασχολούνται 3 άτομα.

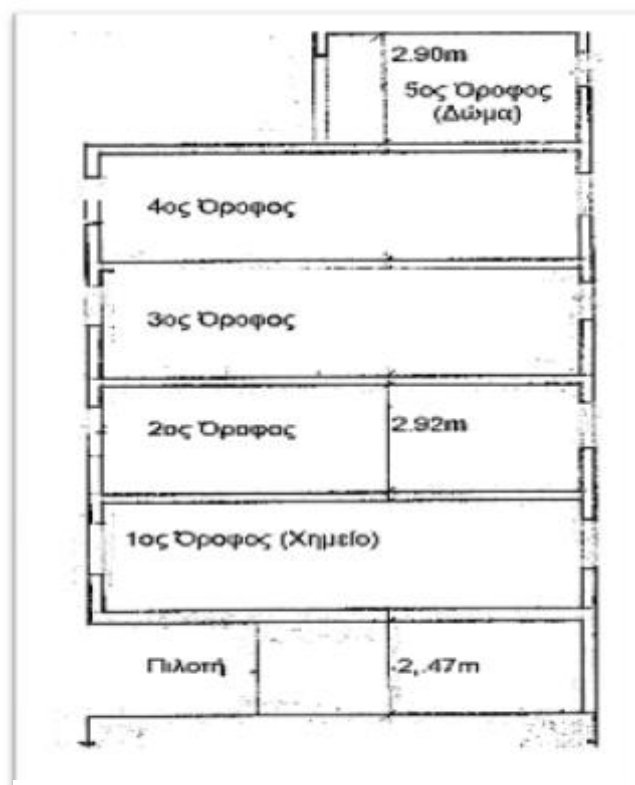
Το κτίριο είναι σε χρήση ώρες γραφείου (8:00 με 16:00) σε ετήσια βάση με μειωμένη δραστηριότητα την περίοδο των θερινών διακοπών (κυρίως κατά το πρώτο 15μερο του Αυγούστου) ενώ παραμένει κλειστό στις επίσημες αργίες.

Για τη θέρμανση του κτιρίου χρησιμοποιείται κατά κύριο λόγο το σύστημα της ενδοδαπέδιας θέρμανσης με καύσιμο το πετρέλαιο. Ωστόσο, κατά το χειμώνα του έτους 2009-2010, λόγω της αύξησης στην τιμή του πετρελαίου, έγινε για λόγους οικονομίας χρήση και των κλιματιστικών για τη θέρμανση των εσωτερικών χώρων όταν το απόθεμα πετρελαίου τελείωσε. Αντίθετα, το χειμώνα του έτους 2010-2011 λόγω των υψηλών θερμοκρασιών μέχρι και τα μέσα Δεκεμβρίου η χρήση της θέρμανσης και άρα και η κατανάλωση πετρελαίου περιορίστηκαν αρκετά. Τέλος η φύση ορισμένων χημικών διεργασιών απαιτεί σε κάποιους χώρους του εργαστηρίου τη διατήρηση σταθερής θερμοκρασίας 24 ώρες το 24ώρο κατά τη διάρκεια διεξαγωγής των μετρήσεων με συνέπεια να υπάρχει συνεχώς κλιματισμός σε λειτουργία στους χώρους αυτούς.

Στη συνέχεια παρατίθενται εικόνες από τους εξωτερικούς χώρους του κτιρίου.



Εικόνα 3.1 Εξωτερική άποψη
(Πιλοτή, 1^{ος}, 2^{ος}, 3^{ος}, 4^{ος} όροφος)



Εικόνα 3.2 Σκαρίφημα της τομής του κτιρίου



Εικόνα 3.3 Εξωτερική άποψη
(2^{ος}, 3^{ος}, 4^{ος} όροφος)



**Εικόνα 3.4 Εξωτερική άποψη
(1^{ος}, 2^{ος}, 3^{ος}, 4^{ος} όροφος)**



**Εικόνα 3.5 Εξωτερική άποψη
(Πιλοτή, 1^{ος}, 2^{ος})**



**Εικόνα 3.6. Εξωτερική άποψη
(Οπίσθια άποψη του κτιρίου)**

3.2 Ενεργειακές καταναλώσεις

3.2.1 Γενική αποτίμηση της κατανάλωσης ηλεκτρισμού του κτιρίου

3.2.1.1 Γενικά στοιχεία

Όσον αφορά την κατανάλωση του ηλεκτρισμού, το κτίριο είναι καταναλωτής χαμηλής τάσης και έχει σχετικά χαμηλές ενεργειακές απαιτήσεις τόσο λόγω του μικρού σχετικά μεγέθους και πλήθους εργαζομένων αλλά κυρίως γιατί οι συνθήκες εργασίας πέραν του εργαστηριακού τομέα δεν απαιτούν μεγάλες καταναλώσεις.

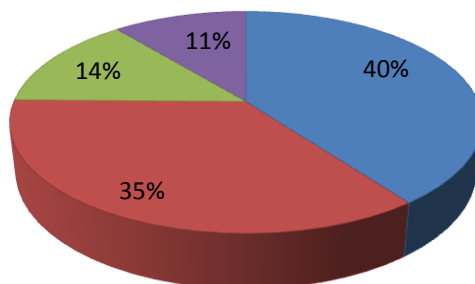
Οι μεγαλύτερες καταναλώσεις προέρχονται από την καθημερινή χρήση του εργαστηριακού εξοπλισμού για τη διεξαγωγή δοκιμών στο χημικό εργαστήριο και στο υπόγειο, από τα κλιματιστικά για την ψύξη και θέρμανση των ορόφων αλλά και από το λέβητα πετρελαίου που χρησιμοποιείται για τη θέρμανση του κτιρίου κατά τους χειμερινούς μήνες. Το χημείο (1^{ος} όροφος) μαζί με το υπόγειο είναι οι μόνοι χώροι που διαθέτουν εργαστηριακό εξοπλισμό, οι υπόλοιποι όροφοι χρησιμεύουν αποκλειστικά σαν χώροι γραφείου και συσκέψεων και βρίσκονται χαμηλότερα στην κλίμακα κατανάλωσης.

Στον Πίνακα 3.1 φαίνονται οι καταναλώσεις για τις χρονιές 2008, 2009 και 2010 ανά όροφο και έτος, το σύνολο KWh που καταναλώθηκαν ετησίως σε όλο το κτίριο ανά έτος και η συνολική κατανάλωση της 3ετίας ανά όροφο. Σημειώνεται ότι τα τιμολόγια της ΔΕΗ έρχονται ξεχωριστά για τον 1^ο όροφο (τιμολόγιο Γ.22), τον 2^ο όροφο και για τα κοινόχρηστα (και οι δύο τιμολόγιο Γ.21) ενώ ο 3^{ος}, 4^{ος} και 5^{ος} όροφος μαζί με το χώρο του υπόγειου τιμολογούνται συνολικά από κοινό ρολόι (τιμολόγιο Γ.22).

Πίνακας 3.1 Συνολικές καταναλώσεις ανά όροφο και έτος

| Συνολικές KWh έτους ανά όροφο | Υπόγειο, 3 ^{ος} , 4 ^{ος} , 5 ^{ος} | Χημείο | 2 ^{ος} Όροφος | Κοινόχρηστα | Σύνολο KWh |
|-------------------------------|--|--------|------------------------|-------------|------------|
| 2008 | 12.860 | 7.771 | 4.521 | 3.553 | 28.705 |
| 2009 | 13.560 | 12.860 | 4.207 | 3.489 | 34.116 |
| 2010 | 14.054 | 15.359 | 5.239 | 4.124 | 38.776 |
| Συνολικές KWh 3ετίας | 40.474 | 35.990 | 13.967 | 11.166 | 101.597 |

■ Υπογειο , 3ος , 4ος , 5ος Όροφος ■ Χημείο ■ 2ος Όροφος ■ Κοινόχρηστα



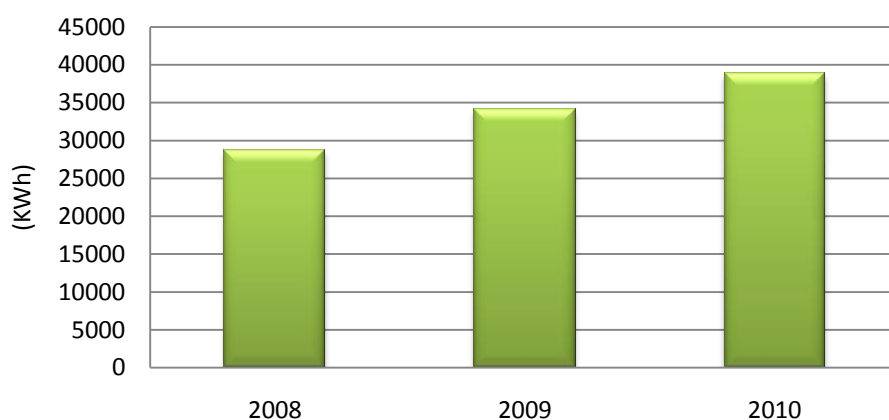
Διάγραμμα 3.1 Ποσοστά συνολικών καταναλώσεων ηλεκτρικής ενέργειας της τελευταίας 3ετίας (2008-09-10)

3.2.1.2 Τιμολόγια ΔΕΗ

Στον Πίνακα 3.2 παρουσιάζονται λεπτομερώς οι καταναλώσεις από τα τιμολόγια της ΔΕΗ που παραχωρήθηκαν από το λογιστήριο της εταιρίας και αφορούν τις εξής τετράμηνες περιόδους: Από τον Οκτώβριο του παρελθόντος έτους μέχρι το Φεβρουάριο του τρέχοντος, από το Φεβρουάριο μέχρι τον Ιούνιο και από τον Ιούνιο μέχρι τον Οκτώβριο του τρέχοντος έτους.

Πίνακας 3.2 Καταναλώσεις από τα τιμολόγια της ΔΕΗ (KWh)

| Έτος 2008 | 10/07-02/08 | 02/08-06/08 | 06/08-10/08 |
|---|--------------------|--------------------|--------------------|
| Υπόγειο, 3^{ος} 4^{ος},5ος | 3.396 | 3.560 | 5.904 |
| Χημείο | 2.041 | 2.730 | 3.000 |
| 2^{ος} Όροφος | 1.069 | 1.086 | 2.366 |
| Κοινόχρηστα | 1.641 | 1.072 | 840 |
| Σύνολο | 8.147 | 8.448 | 12.110 |
| Έτος 2009 | 10/08-02/09 | 02/09-06/09 | 06/09-10/09 |
| Υπόγειο, 3^{ος} 4^{ος},5ος | 3.928 | 4.021 | 5.611 |
| Χημείο | 2.500 | 3.552 | 6.808 |
| 2^{ος} Όροφος | 1.280 | 1.205 | 1.722 |
| Κοινόχρηστα | 1.211 | 1.321 | 957 |
| Σύνολο | 8.919 | 10.099 | 15.098 |
| Έτος 2010 | 10/09-02/10 | 02/10-06/10 | 06/10-10/10 |
| Υπόγειο, 3^{ος} 4^{ος},5ος | 4.431 | 4.136 | 5.487 |
| Χημείο | 3.924 | 3.493 | 7.942 |
| 2^{ος} Όροφος | 1.191 | 1.576 | 2.472 |
| Κοινόχρηστα | 1.314 | 1.580 | 1.230 |
| Σύνολο | 10.860 | 10.785 | 17.131 |



Διάγραμμα 3.2 Συνολική ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας κτιρίου (KWh)

3.2.1.3 Ανάλυση καταναλώσεων των τελευταίων 3 ετών

Το μεγαλύτερο μερίδιο της ηλεκτρικής κατανάλωσης του κτιρίου (~35%) προέρχεται όπως είναι αναμενόμενο από τον εργαστηριακό εξοπλισμό που βρίσκεται στο χημικό εργαστήριο του 1^{ου} ορόφου. Οι υπόλοιποι όροφοι έχουν εμφανώς μικρότερη συμμετοχή στη συνολική κατανάλωση που προέρχεται κατά κύριο λόγο από το φωτισμό, τον κλιματισμό και το λοιπό εξοπλισμό των γραφείων (υπολογιστές, περιφερειακές συσκευές κλπ).

Η κατανάλωση του 2^{ου} ορόφου ανέρχεται μόλις στο 14% ενώ το 40% που αντιστοιχεί στην ομάδα που περιλαμβάνει το υπόγειο και τους 3^ο, 4^ο και 5^ο όροφο, σύμφωνα με την καταγραφή του εξοπλισμού μοιράζεται σχεδόν ισομερώς (με εξαίρεση τον 4^ο όροφο που είναι άδειος από την 01/09/2010) καθώς παρότι στο υπόγειο υπάρχουν βαριά μηχανήματα, η χρήση τους είναι σύντομης διάρκειας και περιοδική.

Οι καταναλώσεις στο υπόγειο προέρχονται κυρίως από τις 3 πρέσες εφελκυσμού, το εμφανιστήριο φιλμ ακτινών X αλλά και ένα πλυντήριο ρούχων που χρησιμοποιείται για λόγους υγιεινής. Ο 3^{ος} όροφος είναι πανομοιότυπος με τον 2^ο οπότε η κατανάλωση του υπολογίζεται περίπου στα ίδια επίπεδα ενώ με μικρή απόκλιση το ίδιο ισχύει και για τον 5^ο όροφο παρά το γεγονός ότι είναι αρκετά μικρότερος σε μέγεθος. Το 11% των κοινόχρηστων χώρων δικαιολογείται από το γεγονός ότι οι μοναδικές κοινόχρηστες καταναλώσεις είναι ο ανελκυστήρας και ο λέβητας πετρελαίου που παραμένει ανοικτός καθ' όλη τη διάρκεια του έτους ενώ ο φωτισμός του κλιμακοστασίου είναι συνήθως εκτός λειτουργίας.

Από τα τιμολόγια της ΔΕΗ παρατηρείται μια γενική τάση αύξησης των καταναλώσεων με τη μεγαλύτερη αύξηση να παρατηρείται στο χημείο που φτάνει μάλιστα τις 7.588 KWh από το 2008 ως το 2010. Η αύξηση δικαιολογείται από την τοποθέτηση 2 απαγωγών (απορροφητήρων) ισχύος 0,7 KW ο καθένας, τον Αύγουστο του 2009, την προσθήκη του ηλεκτρονικού μικροσκοπίου στο τέλος του 2008 και του χρωματογράφου αερίου το τέλος του 2009.

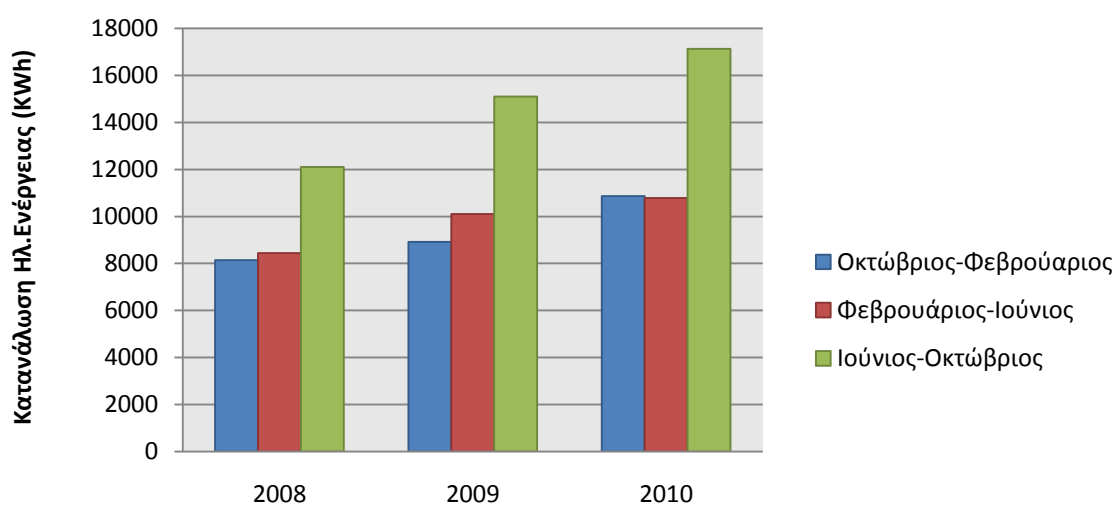
Στο 2^ο όροφο η κατανάλωση παραμένει σε σταθερό επίπεδο τις χρονιές 2008 και 2009 ενώ το 2010 παρατηρείται μια αύξηση περίπου 1.000 KWh. Σύμφωνα με τους εργαζόμενους η αύξηση οφείλεται στην εκτεταμένη χρήση κλιματιστικών τόσο για ψύξη το καλοκαίρι όσο και για θέρμανση το χειμώνα μιας και λόγω ακρίβειας δεν αγοράστηκε μεγάλο απόθεμα πετρελαίου και η θέρμανση του ορόφου για κάποιο διάστημα έγινε μέσω κλιματιστικών.

Στο τιμολόγιο που περιλαμβάνει το υπόγειο και τους υπολοίπους ορόφους επίσης σημειώνεται ετήσια αύξηση περίπου 700 KWh από το 2008 στο 2009 και 494 KWh από το 2009 στο 2010. Η διακύμανση αυτή κυμαίνεται σε λογικά επίπεδα αν αναλογιστούμε ότι μοιράζεται σε 4 ξεχωριστούς ορόφους. Το παράδοξο της αύξησης είναι ότι την τελευταία χρονιά ο 4^{ος} όροφος παρέμεινε εκτός λειτουργίας, κάτι που υποδεικνύει ότι τις προηγούμενες χρονιές η ενεργειακές του καταναλώσεις πρέπει να κυμαίνονταν σε πολύ χαμηλότερα επίπεδα σε σχέση με τους υπόλοιπους.

3.2.1.4 Ανάλυση διακύμανσης καταναλώσεων ανά τρίμηνο

Αν και δεν είναι διαθέσιμα τιμολόγια σε μηνιαία βάση, κάτι που θα έδινε σαφέστερη εικόνα του ενεργειακού προφίλ του κτιρίου, μέσω των υπαρχόντων δεδομένων προκύπτουν χρήσιμα συμπεράσματα αναφορικά με τις εποχικές καταναλώσεις μιας και τα τετράμηνα αντιστοιχούν σε περιόδους με ομογενή σχετικά χαρακτηριστικά όσον αφορά τη διακύμανση της θερμοκρασίας.

Από την παρατήρηση των καταναλώσεων σε τρίμηνη βάση είναι φανερή η αύξηση που εμφανίζεται τους θερινούς μήνες (περίοδος Ιουνίου – Οκτωβρίου) που κατά κύριο λόγο προκύπτει από τη χρήση των κλιματιστικών για την ψύξη των χώρων. Αντίθετα οι καταναλώσεις στα άλλα δυο τετράμηνα εμφανίζουν αρκετά μικρή απόκλιση.

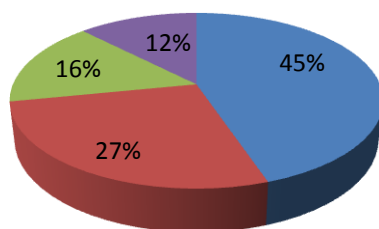


Διάγραμμα 3.3 Συνολική ενεργειακή κατανάλωση του κτιρίου ανά τετράμηνο

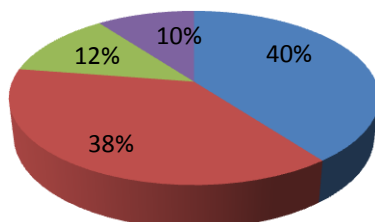
3.2.1.5 Κατανομή ηλεκτρικής ενέργειας ανά όροφο

Η κατανομή της χρήσης ηλεκτρισμού ανά όροφο απεικονίζεται ποσοτικά στα Διαγράμματα 3.4, 3.5 και 3.6 όπου και παρατηρείται μια σταθερότητα στις καταναλώσεις των γραφείων και των κοινόχρηστων χώρων ετησίως ενώ είναι σημαντική η αύξηση του ποσοστού του χημείου από 27% το 2008 σε 40% το 2010 και η μείωση του ποσοστού της ομάδας υπογείου/3^{ου}/4^{ου}/5^{ου} ορόφου από 45% σε 36%. Η εναλλαγή αυτή οφείλεται όπως προαναφέρθηκε στην προσθήκη νέου εξοπλισμού στο χημείο κάτι που αύξησε σημαντικά την κατανάλωση στον όροφο και κατά συνέπεια σε όλο το κτίριο ενώ οι καταναλώσεις του υπογείου παρέμειναν σταθερές, η μείωση δηλαδή που φαίνεται στις πίτες είναι πλασματική καθώς πρακτικά αυξήθηκε το σύνολο της κατανάλωσης.

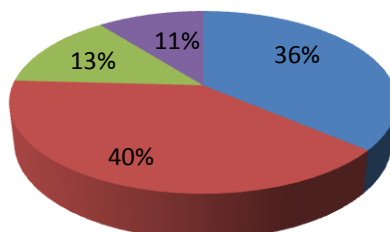
■ Υπογειο , 3ος , 4ος , 5ος Όροφος ■ Χημείο ■ 2ος Όροφος ■ Κοινόχρηστα



Διάγραμμα 3.4 Κατανομή ηλεκτρικής ενέργειας ανά όροφο (2008)



Διάγραμμα 3.5 Κατανομή ηλεκτρικής ενέργειας ανά όροφο (2009)



Διάγραμμα 3.6 Κατανομή ηλεκτρικής ενέργειας ανά όροφο (2010)

3.2.2 Εργαστηριακός εξοπλισμός του κτιρίου

Εξαιτίας της πρακτικής δυσκολίας που παρουσιάζει η ανάλυση της ενεργειακής κατανάλωσης του εργαστηριακού εξοπλισμού τόσο λόγω της αδυναμίας προσδιορισμού της πραγματικής κατανάλωσης των διαφόρων συσκευών λόγω ελλιπών στοιχείων από τους κατασκευαστές αλλά και της ακανόνιστης χρήσης του, η μελέτη ενεργειακής ανάλυσης περιορίζεται αποκλειστικά στον μη εργαστηριακό εξοπλισμό του κτιρίου.

Η λίστα του εργαστηριακού εξοπλισμού που χρησιμοποιείται από το προσωπικό της Spectrum Labs περιλαμβάνει:

Στο Χημείο:

Στο Δωμάτιο Μικροσκοπίας:

- Φασματόμετρο ατομικής εκπομπής μαζί με H/Y χειρισμού
- Μικροσκοπικό Στερεοσκόπιο μαζί με H/Y χειρισμού
- Ηλεκτρονικό Μικροσκόπιο μαζί με H/Y χειρισμού

Στον υπόλοιπο εργαστηριακό χώρο:

- Φυγόκεντρος Sigma G-15
- Επαγωγικός Φούρνος Leco (120-240V, 8-16A)
- Ελαιόλουτρα (220 V)
- Flash Point Tester (Pensky Martins)
- Αυτόματος Τιτλοδότης (Mettler)
- Ζυγός (Mettler H20)
- Θερμοστάτης Λουτρών
- 2 Απαγωγοί (ισχύος 0,7 KW έκαστος)
- Sediment Tester μαζί με Θερμοστατούμενο λουτρό
- Ατμογεννήτρια
- Φασματόμετρο ατομικής απορρόφησης Perkin Analyst 700 μαζί με H/Y χειρισμού
- Λουτρό Υπερήχων
- Φασματόμετρο ατομικής απορρόφησης Elmer 3300 μαζί με H/Y χειρισμού
- ICP Plasma 40 μαζί με H/Y χειρισμού
- Χρωματογράφος αερίου, Mass Selective, Αντλία Κενού μαζί με H/Y χειρισμού
- Φασματογράφος XRF
- Φωτόμετρο
- Αγωγιμόμετρο

Στο υπόγειο:

- Απαγωγός
- 3 πρέσες εφελκυσμού
- Εμφανιστήριο φιλμ ακτίνων X (1,7 KW)

3.2.3 Εκτίμηση καταναλώσεων

Στο παρακάτω κομμάτι, με βάση την καταγραφή του υπόλοιπου, μη εργαστηριακού, ηλεκτρολογικού εξοπλισμού του κτιρίου και τη διάρκεια χρήσης του σε καθημερινή, μηνιαία και ετήσια βάση όπως αναφέρθηκε από το προσωπικό, γίνεται μια προσομοίωση του ενεργειακού προφίλ του κτιρίου ώστε να βρεθούν τρόποι βελτίωσης της ενεργειακής αποδοτικότητας και μείωσης της κατανάλωσης όπου αυτό είναι δυνατό. Η ανάλυση γίνεται για χρήσεις που αφορούν τον κλιματισμό (ψύξη και θέρμανση), το φωτισμό αλλά και τις λοιπές λειτουργικές ανάγκες των χώρων γραφείου.

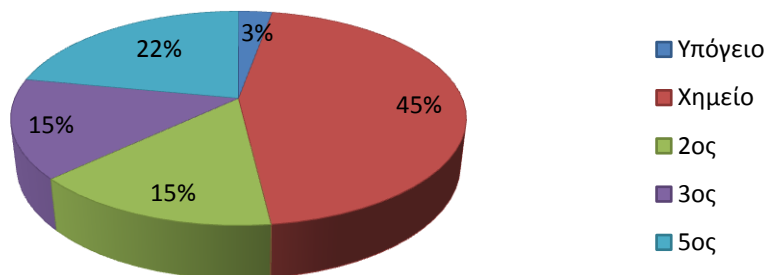
Αναλυτικά οι καταναλώσεις ανά όροφο και χρήση:

3.2.3.1 Κλιματισμός (Ψύξη)

Η χρήση των κλιματιστικών για ψύξη σύμφωνα με τα στοιχεία που συλλέχθηκαν από το προσωπικό του κτιρίου και η ετήσια ενεργειακή κατανάλωση τους (συνολικά και ανά όροφο) παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.3 και στο Διάγραμμα 3.7.

Πίνακας 3.3 Εκτιμώμενη ενεργειακή κατανάλωση κλιματιστικών για ψύξη ανά όροφο

| Κλιματισμός | | | | | |
|----------------------------|------------|------------------|------------|-------------|-----------------------|
| Χρήση κλιματισμού για ψύξη | Ισχύς (KW) | Διάρκεια Φορτίου | | | Ενέργεια / έτος (KWh) |
| | | Ωρες/Μέρα | Μέρες/Μήνα | Μήνες/Χρόνο | Ισχύς*Ώρες |
| Υπόγειο | 0,85 | 8 | 22 | 1 | 149,6 |
| Χημείο | | | | | |
| Δωμάτιο Μικροσκοπίας | 0,655 | 24 | 30 | 3 | 1414,8 |
| Υπόλοιποι χώροι | 1,8 | 8 | 22 | 3 | 950,4 |
| Σύνολο Χημείου | | | | | 2365,2 |
| 2ος Όροφος | 2,220 | 8 | 22 | 2 | 781,44 |
| 3ος Όροφος | 2,220 | 8 | 22 | 2 | 781,44 |
| 5ος Όροφος | 2,180 | 8 | 22 | 3 | 1.151,04 |
| Σύνολο Κτιρίου | | | | | 5.228,72 |



Διάγραμμα 3.7 Κατανομή ενέργειας για ψύξη ανά όροφο

Όπως είναι αναμενόμενο η ανάγκη διατήρησης σταθερής θερμοκρασίας στο δωμάτιο μικροσκοπίας του χημείου 24 ώρες το 24ωρο κατά τη διάρκεια εξαγωγής μετρήσεων έχει σαν συνέπεια οι καταναλώσεις για ψύξη να το φέρνουν στην κορυφή της κλίμακας.

Ο 2^{ος} και ο 3^{ος} όροφος έχουν ακριβώς τις ίδιες καταναλώσεις μιας και τόσο τα κλιματιστικά που χρησιμοποιούνται όσο και οι συνθήκες εργασίας (ωράριο, εργαζόμενοι, χώρος κλπ) είναι πανομοιότυπα στους δύο ορόφους.

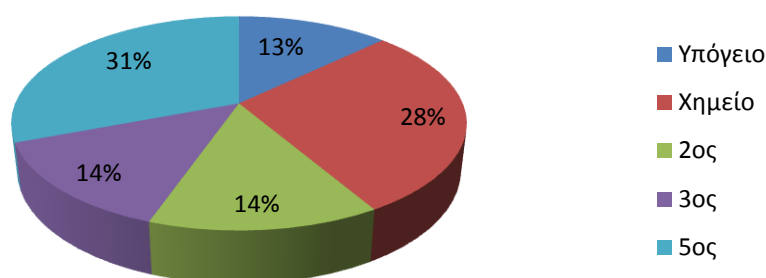
Ο 5^{ος} όροφος, παρότι μικρότερου μεγέθους, λόγω του ότι δεν προστατεύεται από την ηλιακή ακτινοβολία άμεσα, έχει κατανάλωση ίση με το άθροισμα των άλλων ορόφων γραφείων (2^ο και 3^ο). Τέλος το υπόγειο έχει τις μικρότερες απαιτήσεις σε ψύξη καθώς δεν είναι χώρος εργασίας μονίμου προσωπικού και έτσι η ανάγκη για ψύξη του χώρου τους θερινούς μήνες είναι περιορισμένη, για την ακρίβεια χρησιμοποιείται μόνο κατά την εμφάνιση φιλμ ακτινών X με σκοπό τη διατήρηση συγκεκριμένης θερμοκρασίας.

3.2.3.2 Κλιματισμός (Θέρμανση)

Η χρήση των κλιματιστικών για θέρμανση σύμφωνα με τα στοιχεία που συλλέχθηκαν από το προσωπικό του κτιρίου και η ετήσια ενεργειακή κατανάλωση τους (συνολικά και ανά όροφο) παρουσιάζονται στον πίνακα 3.4 και στο Διάγραμμα 3.8.

Πίνακας 3.4 Εκτιμώμενη ενεργειακή κατανάλωση κλιματιστικών για θέρμανση ανά όροφο

| Κλιματισμός | | | | | |
|--------------------------------|------------|------------------|------------|-------------|-----------------------|
| Χρήση κλιματισμού για θέρμανση | Ισχύς (KW) | Διάρκεια Φορτίου | | | Ενέργεια / έτος (KWh) |
| | | Ωρες/Μέρα | Μέρες/Μήνα | Μήνες/Χρόνο | Ισχύς*Ώρες |
| Υπόγειο | 0,900 | 8 | 22 | 3 | 475,2 |
| Χημείο | | | | | |
| Δωμάτιο Μικροσκοπίας | 0,845 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Υπόλοιποι χώροι | 2 | 8 | 22 | 3 | 1056 |
| Σύνολο Χημείου | | | | | 1056 |
| 2ος Όροφος | 2,900 | 8 | 22 | 1 | 510,4 |
| 3ος Όροφος | 2,900 | 8 | 22 | 1 | 510,4 |
| 5ος Όροφος | 1,075 | 8 | 22 | 6 | 1135,2 |
| Σύνολο Κτιρίου | | | | | 3.687,2 |



Διάγραμμα 3.8 Κατανομή ενέργειας για θέρμανση ανά όροφο

Οι ανάγκες για θέρμανση είναι λιγότερες απ ότι για την ψύξη δεδομένου ότι το κτίριο χρησιμοποιεί σαν κύρια πηγή θέρμανσης το πετρέλαιο (υπενθυμίζουμε ότι η θέρμανση του κτιρίου είναι κεντρική αυτόνομη και γίνεται μέσω ενδοδαπέδιας θέρμανσης και όχι θερμαντικών σωμάτων). Ωστόσο σε περιπτώσεις που το απόθεμα πετρελαίου τελειώσει και λόγω δυσμενών καιρικών συνθηκών χρειάζεται θέρμανση, τότε χρησιμοποιούνται τα κλιματιστικά σώματα.

Στους ορόφους γραφείων, εκτεταμένη χρήση όπως φαίνεται και από το διάγραμμα, γίνεται στον 5^ο όροφο όπου ο κλιματισμός χρησιμοποιούνται σε καθημερινή βάση από τα μέσα φθινοπώρου (Οκτώβριο μέχρι Απρίλη) σαν κύρια πηγή θέρμανσης ενώ οι υπόλοιποι όροφοι (2^{ος}, 3^{ος}) έχουν περίπου ίδια κατανάλωση μεταξύ τους, αθροιστικά ίση με την κατανάλωση του 5^{ου} ορόφου.

Στους εργαστηριακούς χώρους, μεγαλύτερη κατανάλωση παρατηρείται στο χημείο καθώς σε κάποιες δοκιμές είναι απαραίτητη η διατήρηση συγκεκριμένης θερμοκρασίας σε ορισμένους χώρους. Το ίδιο ισχύει και για το υπόγειο σε μικρότερο ωστόσο βαθμό.

3.2.3.3 Φωτισμός

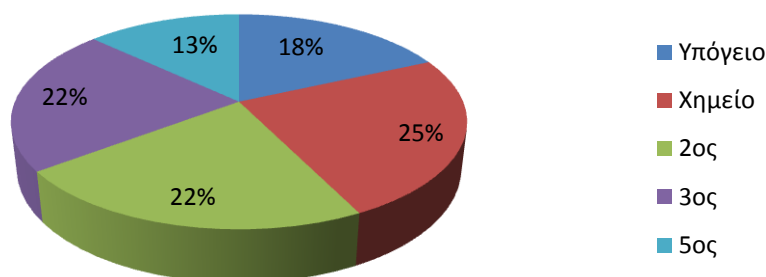
Ο φωτισμός του κτιρίου σε όλους τους ορόφους γίνεται από λαμπτήρες φθορισμού (με εξαίρεση τον 5^ο όροφο όπου υπάρχει ένα φωτιστικό με λαμπτήρα πυρακτώσεως). Στους τρεις πρώτους ορόφους τα φωτιστικά έχουν την ίδια διαρρύθμιση στο χώρο και χρησιμοποιούνται παντού λαμπτήρες των 23 Watt, 2 λαμπτήρες ανά φωτιστικό και 16 λαμπτήρες συνολικά ανά όροφο. Στον 5^ο όροφο εκτός από το λαμπτήρα πυρακτώσεως υπάρχουν 2 φωτιστικά με 2 λαμπτήρες των 58 Watt το καθένα. Τέλος, στο υπόγειο χρησιμοποιούνται 11 λαμπτήρες των 23 Watt.

Η χρήση των φωτιστικών είναι σχεδόν συνεχής κατά τις εργάσιμες ώρες σε όλους τους ορόφους του κτιρίου λόγω της έλλειψης επαρκούς φυσικού φωτισμού (εξαιτίας του προσανατολισμού του κτιρίου αλλά και της πυκνής γειτονικής δόμησης).

Τα στοιχεία σχετικά με την κατανάλωση ενέργειας για χρήσεις φωτισμού του κτιρίου παρουσιάζονται αναλυτικά στον Πίνακα 3.5 και στο Διάγραμμα 3.9.

Πίνακας 3.5 Εκτιμώμενη ενεργειακή κατανάλωση φωτισμού ανά όροφο

| Φωτισμός | | | | | |
|-----------------------|------------|------------------|------------|-------------|-----------------------|
| | Ισχύς (KW) | Διάρκεια Φορτίου | | | Ενέργεια / έτος (KWh) |
| | | Ώρες/Μέρα | Μέρες/Μήνα | Μήνες/Χρόνο | Ισχύς*Ώρες |
| Υπόγειο | 0,253 | 12 | 22 | 11 | 734,712 |
| Χημείο | 0,368 | 11 | 22 | 11 | 979,616 |
| 2ος Όροφος | 0,368 | 10 | 22 | 11 | 890,56 |
| 3ος Όροφος | 0,368 | 10 | 22 | 11 | 890,56 |
| 5ος Όροφος | 0,272 | 8 | 22 | 11 | 526,592 |
| Σύνολο Κτιρίου | | | | | 4.022,04 |



Διάγραμμα 3.9 Κατανομή ενέργειας για φωτισμό ανά όροφο

3.2.3.4 Λοιπές ηλεκτρικές συσκευές

Ο μη εργαστηριακός εξοπλισμός του κτιρίου αποτελείται κυρίως από ηλεκτρονικούς υπολογιστές (desktop και laptop), εκτυπωτές και λοιπές περιφερειακές συσκευές (fax, scanner, φωτοτυπικά). Αναλυτικά τα στοιχεία των καταναλώσεων παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.6 και στο Διάγραμμα 3.10. Στην κατηγορία αυτή, στη στήλη ισχύος και στις στήλες ωρών και μερών λειτουργίας γίνεται διαχωρισμός για τις δυο καταστάσεις λειτουργίας των συσκευών: κανονικής λειτουργίας (on) και αναμονής (Stby).

Για το πλυντήριο του υπογείου σύμφωνα με τα τεχνικά χαρακτηριστικά του μοντέλου η κατανάλωση υπολογίζεται περίπου στις 240 KWh ετησίως.

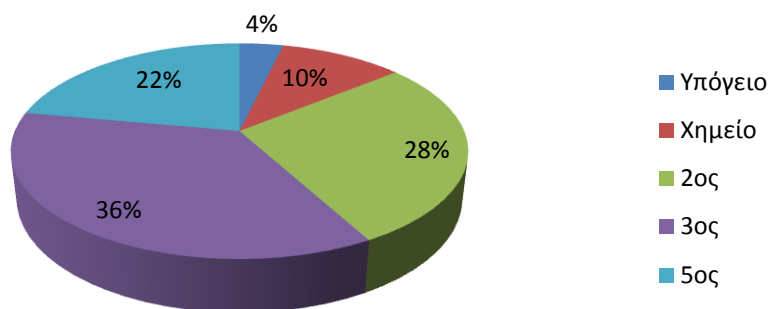
Στον Πίνακα 3.6 παρουσιάζονται αναλυτικά οι καταναλώσεις μη εργαστηριακού εξοπλισμού ανά όροφο και συγκεντρωτικά στον Πίνακα 3.7.

Πίνακας 3.6 Εκτιμώμενη ενεργειακή κατανάλωση μη εργαστηριακού εξοπλισμού ανά όροφο

| Λοιπές Ηλεκτρικές Συσκευές | | | | | |
|---------------------------------------|--------------------------|----------------------|-----------------------|-------------|-----------------------|
| Τύπος Συσκευής | Ισχύς (Watt) [On /Stdby] | Διάρκεια Φορτίου | | | Ενέργεια / έτος (KWh) |
| | | Ώρες/Μέρα [On/Stdby] | Μέρες/Μήνα [On/Stdby] | Μήνες/Χρόνο | Ισχύς*Ώρες |
| 2^{ος} Όροφος | | | | | |
| Server (Desktop PC) | 250/30 | 0/24 | 30/30 | 12 | 259,2 |
| Υπολογιστές | 500/60 | 8/0 | 22/22 | 11 | 968 |
| Laptop | 150/- | 8/0 | 22/22 | 11 | 290,4 |
| Εκτυπωτές | 580/27 | 0,25/23,75 | 22/30 | 11 | 243,56 |
| Άλλα περιφερειακά | 151/4 | 0,25/23,75 | 22/30 | 11 | 36,56 |
| Σύνολο Ορόφου | | | | | 1.797,73 |
| 3^{ος} Όροφος | | | | | |
| Υπολογιστές | 750/90 | 8/0 | 22/22 | 11 | 1452 |
| Laptop | 150/- | 8/0 | 22/22 | 11 | 290,4 |
| Εκτυπωτές | 1520/35 | 0,25/23,75 | 22/30 | 11 | 543,59 |
| Άλλα περιφερειακά | 16/3,5 | 0,25/23,75 | 22/30 | 11 | 28,39 |
| Σύνολο Ορόφου | | | | | 2.314,39 |
| 5^{ος} Όροφος | | | | | |
| Υπολογιστές | 750/90 | 8/0 | 22/22 | 10 | 1320 |
| Εκτυπωτές | 575/34,7 | 0,25/23,75 | 22/30 | 10 | 108,13 |
| Σύνολο Ορόφου | | | | | 1.428,13 |
| Χημείο (1^{ος} Όροφος) | | | | | |
| Υπολογιστές | 250/30 | 10/0 | 22/22 | 12 | 660 |
| Εκτυπωτές | 20/5 | 0,25/7,35 | 22/30 | 11 | 13,33 |
| Σύνολο Ορόφου | | | | | 673,33 |

Πίνακας 3.7 Συγκεντρωτικά αποτελέσματα για την εκτιμώμενη ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας από Ηλεκτρικές Συσκευές

| Εκτιμώμενη ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας από Ηλεκτρικές Συσκευές (KWh) | |
|--|----------|
| Υπόγειο | 240 |
| 1ος Όροφος (Χημείο) | 673,33 |
| 2ος Όροφος | 1.797,73 |
| 3ος Όροφος | 2.314,39 |
| 5ος Όροφος | 1.428,13 |
| Συνολική Ενέργεια κτιρίου | 6.453,6 |



Διάγραμμα 3.10 Ποσοστό της συνολικής ενέργειας που χρησιμοποιείται για ηλεκτρικές συσκευές ανά όροφο

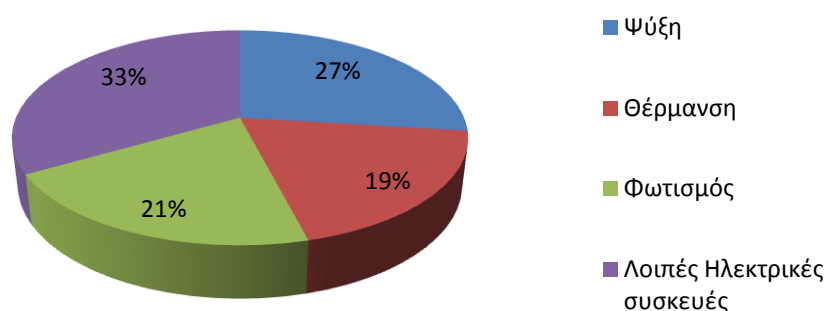
Η ενέργεια για χρήση ηλεκτρικών συσκευών (πλην του εργαστηριακού εξοπλισμού, για λόγους που αναλύθηκαν παραπάνω) καταναλώνεται κατά κύριο λόγο στους ορόφους των γραφείων του κτιρίου (2^ο, 3^ο και 5^ο). Το χημείο έχει πολύ μικρή συμμετοχή (10%), ενώ το υπόγειο συμμετέχει με ποσοστό μόλις 4%. Το μεγαλύτερο ποσοστό καταναλώσεων ανήκει στον 3^ο όροφο και ακολουθούν κατά σειρά οι 2^{ος} και 5^{ος} ενώ η κατηγορία συσκευών με τις μεγαλύτερες καταναλώσεις είναι οι ηλεκτρονικοί υπολογιστές.

3.2.4 Κατανομή καταναλώσεων ανά είδος χρήσης και όροφο και σχολιασμός

Στον Πίνακα 3.8 γίνεται ταξινόμηση των καταναλώσεων που υπολογίστηκαν παραπάνω ανά κατηγορία χρήσης με τα αντίστοιχα ποσοστά στο Διάγραμμα 3.11.

Πίνακας 3.8 Εκτιμώμενες συνολικές καταναλώσεις ανά είδος χρήσης

| Εκτιμώμενες Καταναλώσεις (Εκτός Εργαστηριακού εξοπλισμού) ανά είδος χρήσης (KWh) | |
|--|-------------------|
| Ψύξη | 5.228,72 |
| Θέρμανση | 3.687,2 |
| Φωτισμός | 4.022,04 |
| Λοιπές ηλεκτρικές συσκευές | 6.453,602 |
| Σύνολο | 19.391,562 |



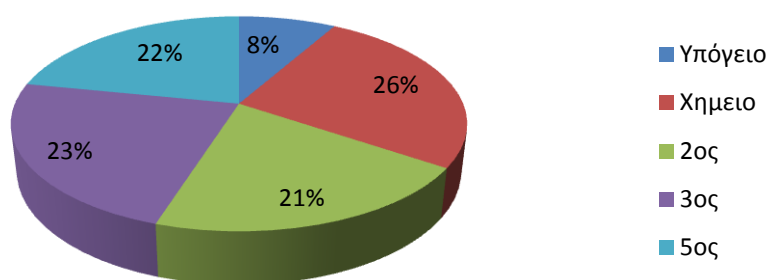
Διάγραμμα 3.11 Ποσοστό κατανάλωσης ανά είδος χρήσης

Από τα παραπάνω φαίνεται ότι το μεγαλύτερο μερίδιο στην κατανάλωση κατέχει ο ηλεκτρολογικός εξοπλισμός και ακολουθεί η ψύξη, η θέρμανση και τέλος ο φωτισμός του κτιρίου. Οι υπολογισθέντες KWh της ψύξης δικαιολογούν απόλυτα και την εποχική άνοδο των καταναλώσεων την περίοδο Ιουνίου – Οκτωβρίου που σχολιάστηκε στην ενότητα 3.2.1.4.

Στον Πίνακα 3.9 γίνεται ταξινόμηση των καταναλώσεων ανά όροφο με τα αντίστοιχα ποσοστά στο Διάγραμμα 3.12.

Πίνακας 3.9 Συνολικές εκτιμώμενες καταναλώσεις ανά όροφο

| Εκτιμώμενες καταναλώσεις (Εκτός Εργαστηριακού εξοπλισμού) ανά όροφο (KWh) | |
|---|------------|
| Υπόγειο | 1.599,512 |
| 1 ^{ος} (Χημείο) | 5.074,154 |
| 2 ^{ος} | 3.980,134 |
| 3 ^{ος} | 4.496,792 |
| 5 ^{ος} | 4.240,971 |
| Σύνολο Υπογείου, 3 ^{ου} , 5 ^{ου} | 10.337,27 |
| Σύνολο Κτιρίου | 19.391,562 |



Διάγραμμα 3.12 Ποσοστό κατανάλωσης ανά όροφο

Παρατηρείται πως η συνολική κατανάλωση που υπολογίστηκε χωρίς να ληφθεί υπόψη ο εργαστηριακός εξοπλισμός είναι περίπου 19.400 KWh ενώ το 2010 οι συνολικές KWh που καταναλώθηκαν στο κτίριο ήταν 38.776. Αν από τις τελευταίες αφαιρεθούν οι 4.124 KWh που καταναλώθηκαν στους κοινόχρηστους χώρους, οι καταναλώσεις που αντιστοιχούν στο υπόγειο και τους ορόφους είναι 34.652 KWh. Κατά συνέπεια ο εργαστηριακός εξοπλισμός του κτιρίου (σε χημείο και υπόγειο) θα καταναλώνει περίπου 15.000 KWh, σύμφωνα με τα δεδομένα του 2010 (38.776 KWh καταναλώθηκαν συνολικά).

Από τα στοιχεία που έδωσε το προσωπικό και τους υπολογισμούς που έγιναν, η κατανάλωση της ομάδας υπογείου, 3^{ου} και 5^{ου} ορόφου εκτιμάται περίπου στις 10.340 KWh, άρα ο εργαστηριακός εξοπλισμός του υπογείου καταναλώνει περί τις 3.714 KWh βάσει της κατανάλωσης του 2010 για τη συγκεκριμένη ομάδα (14.054 KWh). Οι υπόλοιπες KWh του εργαστηριακού εξοπλισμού καταναλώνονται επομένως εξολοκλήρου στο χημείο. Με βάση την καταγραφή του χημείου οι μη εργαστηριακές καταναλώσεις υπολογίζονται στις 5.074,15 KWh οι οποίες αν αφαιρεθούν από τις 15.359 KWh που καταναλώθηκαν το 2010 στο χημείο μας δίνουν 10.284,85 KWh που αναλογούν σε χρήσεις εργαστηριακού εξοπλισμού.

Στον 2^ο όροφο, παρατηρείται μια απόκλιση 1.258 KWh περίπου, ανάμεσα στην τιμή που υπολογίστηκε και την τιμή που προκύπτει από τα τιμολόγια του 2010. Ωστόσο η απόκλιση αυτή είναι σημαντικά μικρότερη με βάση τα δεδομένα καταναλώσεων του 2009 και 2008.

Η αποκλίση αυτή στον 2^ο όροφο που φτάνει περίπου τις 1.260 KWh, οφείλεται αφενός στην σκόπιμη παράλειψη καταγραφής κάποιων ηλεκτρικών συσκευών που βρίσκονται στην κουζίνα των ορόφων αυτών (ψύκτης νερού, καφετιέρα κ.α.) των οποίων η συχνότητα χρήσης και άρα η συνολική τους κατανάλωση είναι δύσκολο να καταγραφεί και αφετέρου στο σφάλμα που περιέχουν τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν στους υπολογισμούς, κατά κύριο λόγο αυτών σχετικά με τις ώρες χρήσεις των ηλεκτρικών συσκευών και των κλιματιστικών.

3.3 Κατανάλωση πετρελαίου

Η κύρια πηγή θέρμανσης του κτιρίου τους χειμερινούς μήνες είναι το σύστημα ενδοδαπέδιας θέρμανσης του κτιρίου που λειτουργεί με πετρέλαιο. Αναλυτικά τα στοιχεία που παραχωρήθηκαν από το λογιστήριο φαίνονται στον Πίνακα 3.10.

Πίνακας 3.10 Κατανάλωση πετρελαίου θέρμανσης

| Πετρέλαιο Θέρμανσης | | | | | |
|---------------------|----------------------------|------------------------------|----------------------|-------------------------|-------------------------|
| Έτος | Προϋπάρχουσα Ποσότητα (lt) | Ποσότητα που αγοράστηκε (lt) | Τελική Ποσότητα (lt) | Τιμή Λίτρου (χωρίς ΦΠΑ) | Συνολικό Κόστος (+ ΦΠΑ) |
| 2007 | 1.400 | 3.000 | 4.400 | 0,5908 | 2.109,16 |
| 2008 | 600 | 1.500 | 2.100 | 0,9073 | 1.619,53 |
| 2009 | 200 | 2.000 | 2.200 | 0,7507 | 1.786,78 |
| 2010 | 0 | 2.500 | 0 | 0,6186 | 1.902,5 |

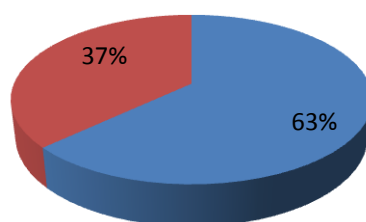
Είναι φανερό πως η αύξηση της τιμής του πετρελαίου ιδιαίτερα τη διετία 2008-2009 κατέστησε απαγορευτική την αγορά μεγάλων ποσοτήτων πετρελαίου και κατά ένα μεγάλο ποσοστό η θέρμανση των ορόφων έγινε από τα κλιματιστικά.

Τα κλιματιστικά των γραφείων είναι ενεργειακής κλάσης A/A επομένως η χρήση τους είναι ιδιαίτερα αποδοτική σε περιπτώσεις που η εξωτερική θερμοκρασία δεν πέφτει κάτω από τους 5 °C. Ωστόσο σε περιπτώσεις που η θερμοκρασία φτάνει αρκετά χαμηλά η ποιότητα θέρμανσης του ενδοδαπέδιου συστήματος θέρμανσης είναι σαφώς καλύτερη.

Για το έτος 2009 η συνολική κατανάλωση πετρελαίου ήταν 2.200 lt. Το πετρέλαιο έχει θερμογόνο δύναμη περίπου 10.000 kcal/lt, άρα δεδομένου ότι μια KWh ισούται με περίπου 860 kcal, για μια θερμική KWh χρειάζονται περίπου $860/(10.000) = 0,086$ lt πετρελαίου. Θεωρώντας μια απόδοση του λέβητα περίπου 86% η ποσότητα αυτή πρακτικά αντιστοιχεί σε 0,1 lt. Άρα συνολικά αποδόθηκαν $2.200/0,1 = 22.000$ θερμικές KWh.

Αντίστοιχα, με βάση τους υπολογισμούς που αναφέρονται στην παράγραφο 3.2.3.2, από τα κλιματιστικά καταναλώθηκαν 3.687,2 KWh. Θεωρώντας ένα μέσο COP των κλιματιστικών του κτιρίου 3,5, εκτιμάται ότι απέδωσαν $3,5*3.687,2 = 12.905,2$ θερμικές KWh. Η αναλογία χρήσης φαίνεται στο Διάγραμμα 3.13.

■ Πετρέλαιο Θέρμανσης ■ Κλιματιστικά



Διάγραμμα 3.13 Αναλογία χρήσης πετρελαίου θέρμανσης και κλιματιστικών για τη θέρμανση του κτιρίου

3.4 Υπολογισμός συντελεστή θερμικής περατότητας κτιρίου και έλεγχος θερμικής επάρκειας

3.4.1 Μεθοδολογία υπολογισμού

3.4.1.1 Συνοπτική παρουσίαση της υπολογιστικής διαδικασίας

Σύμφωνα και με την τεχνική οδηγία του ΤΕΕ [15] η θερμομονωτική προστασία του κτιρίου αξιολογείται σε δύο στάδια:

α) Αρχικώς ελέγχεται η επάρκεια των διαφανών και αδιαφανών δομικών στοιχείων του κτιριακού κελύφους, μέσω του προσδιορισμού του συντελεστή θερμοπερατότητας τους (U), ο οποίος δεν πρέπει να υπερβαίνει τις μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές που ορίζει ο Κ.Εν.Α.Κ. Ειδικότερα, οφείλουν να είναι θερμομονωμένα και να εξετάζονται ως προς τη θερμική τους επάρκεια όλα τα δομικά στοιχεία του κελύφους που περικλείουν τη θεωρούμενη ως θερμαινόμενη περιοχή τους κελύφους όπως αυτή ορίζεται κάθε φορά.

β) Έπειτα ελέγχεται η θερμική επάρκεια του κτιριακού κελύφους συνολικά μέσω του προσδιορισμού του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας του κτιρίου (U_m), ο οποίος οφείλει να είναι μικρότερος απ' την μέγιστη τιμή που ορίζει ο Κ.Εν.Α.Κ.

3.4.1.2 Υπολογισμός συντελεστών θερμοπερατότητας αδιαφανών δομικών στοιχείων

Ο συντελεστής θερμοπερατότητας ενός δομικού στοιχείου n στρώσεων ορίζεται από τον τύπο:

$$U = \frac{1}{R_i + \sum_{j=1}^n \frac{d_j}{\lambda_j} + R_{at} + R_a} \quad [W / (m^2 K)]$$

Όπου:

U [$W / (m^2 K)$] ο συντελεστής θερμοπερατότητας του δομικού στοιχείου,

n το πλήθος στρώσεων του δομικού στοιχείου,

d [m] το πάχος της κάθε στρώσης του δομικού στοιχείου,

λ [$W / (mK)$] ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας του υλικού της κάθε στρώσης,

| | |
|----------------------|--|
| $R_i [(m^2 K)/W]$ | η αντίσταση θερμικής μετάβασης που προβάλλει το επιφανειακό στρώμα αέρα στη μετάδοση της θερμότητας από τον εσωτερικό χώρο προς το δομικό στοιχείο, |
| $R_a [(m^2 K)/W]$ | η αντίσταση θερμικής μετάβασης που προβάλλει το επιφανειακό στρώμα αέρα στη μετάδοση της θερμότητας από το δομικό στοιχείο προς το εξωτερικό περιβάλλον, |
| $R_{al} [(m^2 K)/W]$ | η θερμική αντίσταση του στρώματος αέρα σε τυχόν υφιστάμενο διάκενο ανάμεσα στις στρώσεις του δομικού στοιχείου, με την προϋπόθεση ότι ο αέρας του διακένου δεν επικοινωνεί με το εξωτερικό περιβάλλον και θεωρείται πρακτικά ακίνητος. |

3.4.1.3 Υπολογισμός συντελεστών θερμοπερατότητας διαφανών δομικών στοιχείων

Στα διαφανή δομικά στοιχεία, δηλαδή στα κουφώματα, η τιμή του συντελεστή θερμοπερατότητας του κουφώματος U_K μπορεί:

- Να υπολογισθεί αναλυτικά
- Να θεωρηθεί δεδομένη με αποδοχή της πιστοποιημένης τιμής που διαθέτει ο κατασκευαστής.

Για τον αναλυτικό υπολογισμό του U_K , χρησιμοποιούνται διάφοροι τύποι αναλόγως το είδος του κουφώματος:

- Μονό κούφωμα με μονό/διπλό/τριπλό υαλοπίνακα επί ενιαίου πλαισίου
- Μονό κούφωμα με πέτασμα με μονό/διπλό/τριπλό υαλοπίνακα επί ενιαίου πλαισίου
- Διπλό κούφωμα (κούφωμα αποτελούμενο από δυο χωριστά κουφώματα με τους υαλοπίνακες τους)

όπου και λαμβάνονται υπόψη οι συντελεστές θερμοπερατότητας του πλαισίου (U_f), του υαλοπίνακα (U_g) καθώς επίσης και ο συντελεστής γραμμικής θερμοπερατότητας του υαλοπίνακα (Ψ_g).

3.4.1.4 Υπολογισμός του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας

Ο μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας όλου του κτιρίου U_m προκύπτει από το συνυπολογισμό των συντελεστών όλων των επί μέρους δομικών στοιχείων του περιβλήματος του θερμαινόμενου κτιριακού κελύφους ανάλογα με το εμβαδόν τους. Ο τύπος υπολογισμού είναι:

$$U_m = \frac{\sum_{j=1}^n A_j \cdot U_j \cdot b + \sum_{i=1}^n \Psi_i \cdot l_i \cdot b}{\sum_{j=1}^n A_j} [W / (m^2 K)]$$

Όπου:

| | |
|---------------------|--|
| $U_m [W / (m^2 K)]$ | ο μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας όλου του κτιρίου, |
| n | το πλήθος των επί μέρους δομικών στοιχείων στο κέλυφος του κτιρίου, |
| k | το πλήθος των θερμογεφυρών που αναπτύσσονται στα εξωτερικά ή εσωτερικά όρια κάθε επιφάνειας F_j του κελύφους, |
| $A_j [m^2]$ | το εμβαδό επιφάνειας που καταλαμβάνει το κάθε δομικό στοιχείο στη συνολική επιφάνεια του κελύφους του κτιρίου, |
| U_j | ο συντελεστής θερμοπερατότητας του κάθε δομικού στοιχείου j του κελύφους του κτιρίου, |
| $l_j [m]$ | το συνολικό μήκος του κάθε τύπου θερμογέφυρας που αναπτύσσεται στο περίβλημα του κτιρίου, |
| Ψ_j | ο συντελεστής γραμμικής θερμοπερατότητας του κάθε τύπου θερμογέφυρας που αναπτύσσεται στο περίβλημα του κτιρίου, |
| b | μειωτικός συντελεστής |

Εκτός από τον υπολογισμό του U_m , για τον έλεγχο της θερμικής επάρκειας του κτιρίου είναι απαραίτητος και ο υπολογισμός:

- Των εμβαδών όλων των επί μέρους δομικών στοιχείων (F)
- Του όγκου του κτιρίου (V) και
- Των μηκών των γραμμικών θερμογεφυρών

Στη συνέχεια από το λόγο F/V προσδιορίζεται η μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή του συντελεστή U_m όπως αυτή ορίζεται για κάθε κλιματική ζώνη από τον πίνακα 6 της Τ.Ο.ΤΕΕ.

Ειδικότερα για τον υπολογισμό του λόγου F/V λαμβάνονται υπόψη όλες οι εξωτερικές επιφάνειες που διαμορφώνουν το κτιριακό κέλυφος είτε έρχονται σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα είτε έρχονται σε επαφή με το έδαφος είτε με χώρο χαμηλότερης θερμοκρασίας. Το κτίριο κρίνεται θερμικά επαρκές εφόσον ισχύει $U_m \leq U_{m_{\max}}$.

3.4.1.5 Παρατηρήσεις – Διευκρινίσεις

Στους υπολογισμούς που έγιναν, χρησιμοποιήθηκε ως πρότυπο μια παλιότερη μελέτη θερμομόνωσης του κτιρίου από το 1983 επομένως οι συντελεστές θερμικής αγωγιμότητας των δομικών υλικών αναφέρονται σε υλικά εκείνης της περιόδου και ενδεχομένως να παρουσιάζουν αποκλίσεις από τις τιμές στους πίνακες της Τ.Ο.ΤΕΕ. Στον υπολογισμό των συντελεστών θερμοπερατότητας των αδιαφανών δομικών στοιχείων δεν εμφανίζεται ο όρος R_{al} εφόσον δεν υπάρχει διάκενο ανάμεσα στις στρώσεις σε κανένα από τα δομικά στοιχεία του κτιριακού κελύφους.

Το υπόγειο του κτιρίου θεωρήθηκε σαν μη θερμαινόμενος χώρος και κατά συνέπεια δεν συμπεριλαμβάνεται στους υπολογισμούς των εμβαδών και του λόγου F/V (επισημαίνεται ότι το υπόγειο δεν έχει ενδοδαπέδια θέρμανση). Αντίθετα οι κοινόχρηστοι χώροι (ο χώρος της εισόδου του κτιρίου, το κλιμακοστάσιο και η απόληξη του στο δώμα) θεωρήθηκαν θερμαινόμενοι και ως εκ τούτου συνυπολογίζονται στη μελέτη θερμομονωτικής προστασίας.

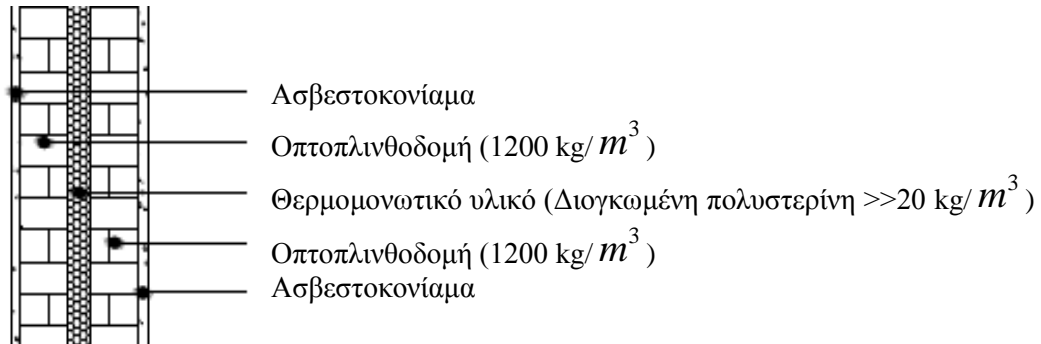
Το υπό μελέτη κτίριο έρχεται σε επαφή πλευρικά με όμορα κτίρια (εξ αριστερών μέχρι τον 3^ο όροφο και εκ δεξιών μέχρι τον 2^ο). Σύμφωνα με την παράγραφο 2.1.7 της Τ.Ο.ΤΕΕ και λόγω του ότι δεν είναι γνωστό αν οι χώροι των όμορων κτιρίων είναι θερμαινόμενοι ή μη, θεωρήθηκε ότι το αντίστοιχο δομικό στοιχείο έρχεται σε επαφή με μη θερμαινόμενο χώρο.

Στον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας των διαφανών δομικών στοιχείων και δεδομένου ότι το κτίριο δεν έχει υποστεί αλλαγές από το 1983 θεωρήθηκε δεδομένη η τιμή από την πρώτη μελέτη θερμομόνωσης η οποία ταυτίζεται και με την αντίστοιχη τιμή του Πίνακα 3.12 της Τ.Ο.ΤΕΕ.

Η σημαντικότερη παραδοχή που έγινε στους υπολογισμούς για τον έλεγχο θερμικής επάρκειας του κτιρίου αφορά στην παράλειψη των θερμογεφυρών κατά τον υπολογισμό του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας για λόγους πρακτικής δυσκολίας και στη θεώρηση πως τελικώς αυξάνουν το μέσο συντελεστή κατά 0,1 όπως υποδεικνύει η Τ.Ο.ΤΕΕ σε αντίστοιχες περιπτώσεις.

3.4.2 Υπολογισμός συντελεστών θερμοπερατότητας αδιαφανών δομικών στοιχείων του κτιρίου

Το πρώτο δομικό στοιχείο που μελετάται είναι η **εξωτερική τοιχοποιία** (τοίχοι πληρώσεως). Στο Διάγραμμα 3.14 φαίνεται η τομή του δομικού στοιχείου με τα διαφορετικά δομικά υλικά που το απαρτίζουν:



Διάγραμμα 3.14 Τομή των τοίχων πληρώσεως

Στον Πίνακα 3.11 αναγράφονται τα πάχη των δομικών υλικών της εξωτερικής τοιχοποιίας και ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας τους. Μέσω αυτών υπολογίζεται η θερμική αντίσταση κάθε στρώσης δομικού στοιχείου και από το άθροισμα τους προκύπτει η συνολική θερμική αντίσταση (R_{Λ}) του δομικού στοιχείου.

Πίνακας 3.11 Υπολογισμός θερμικής αντίστασης της εξωτερικής τοιχοποιίας

| Στρώσεις Δομικού Στοιχείου | Πάχος στρώσεως (di) <i>m</i> | Συντ. Θερμικής Αγωγιμότητας (λi) <i>W / (mK)</i> | Θερμ. Αντίσταση (di/λi) <i>(m² K) / W</i> |
|----------------------------|---------------------------------|---|--|
| Ασβεστοκονίαμα | 0,04 | 0,87 | 0,05 |
| Οπτοπλινθοδομή | 0,18 | 0,52 | 0,35 |
| Διογκωμένη Πολυστερίνη | 0,11 | 0,04 | 2,75 |
| $\Sigma d =$ | 0,33 | $R_{\Lambda} =$ | 3,15 |

Οι αντιστάσεις θερμικής μετάβασης σύμφωνα με την πρωτότυπη μελέτη θερμομόνωσης του κτιρίου προκύπτουν:

Ri (Εσωτερικά): 0,12 ($m^2 K$) / W

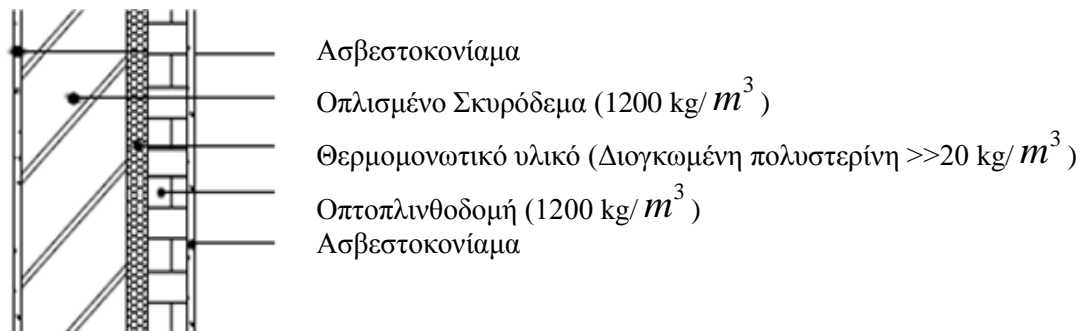
Ra (Εξωτερικά): 0,04 ($m^2 K$) / W

Από τα παραπάνω ο συντελεστής θερμοπερατότητας υπολογίζεται:

$$U = \frac{1}{Ra + Ri + R_{\lambda}} = 0,3 \text{ W / (m}^2\text{K)},$$

Η μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή όπως δίνεται στον Πίνακα 5 της Τ.Ο.ΤΕΕ για κτίρια της Ζώνης Β είναι $U_{\max} = 0,5 \text{ W / (m}^2\text{K)}$, επομένως το δομικό στοιχείο πληροί τις προδιαγραφές.

Το δεύτερο δομικό στοιχείο που εξετάζεται είναι οι **κρεμάσεις δοκών** (τοιχοποιία, στύλοι). Στο Διάγραμμα 3.15 φαίνεται η τομή του δομικού στοιχείου με τα διαφορετικά δομικά υλικά που το απαρτίζουν:



Διάγραμμα 3.15 Τομή των κρεμάσεων δοκών

Στον Πίνακα 3.12 αναγράφονται τα πάχη των δομικών υλικών των κρεμάσεων δοκών και ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας τους. Μέσω αυτών υπολογίζεται όμοια με πριν η θερμική αντίσταση κάθε στρώσης δομικού στοιχείου και από το άθροισμα τους προκύπτει η συνολική θερμική αντίσταση (R_{λ}) του δομικού στοιχείου.

Πίνακας 3.12 Υπολογισμός θερμικής αντίστασης των κρεμάσεων δοκών

| Στρώσεις Δομικού Στοιχείου | Πάχος στρώσεως (di) m | Συντ. Θερμικής Αγωγιμότητας (λi) W / (mK) | Θερμ. Αντίσταση (di/λi) (m ² K) / W |
|----------------------------|--------------------------|--|---|
| Ασβεστοκονίαμα | 0,02 | 0,87 | 0,02 |
| Οπτοπλινθοδομή | 0,06 | 0,52 | 0,12 |
| Διογκωμένη Πολυστερίνη | 0,05 | 0,04 | 1,25 |
| Οπλισμένο σκυρόδεμα | 0,2 | 2,03 | 0,10 |
| $\Sigma d =$ | 0,33 | $R_{\lambda} =$ | 1,49 |

Οι αντιστάσεις θερμικής μετάβασης σύμφωνα με την πρωτότυπη μελέτη θερμομόνωσης του κτιρίου προκύπτουν:

Ri (Εσωτερικά): 0,12 (m²K) / W

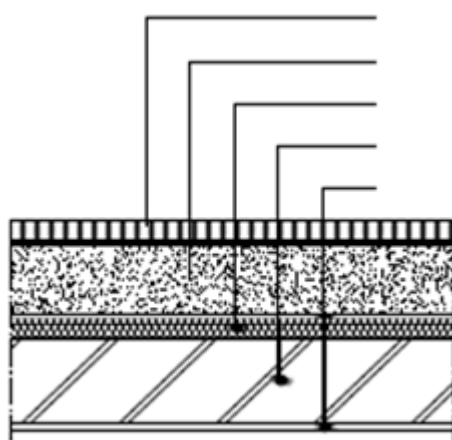
Ra (Εξωτερικά): 0,04 ($m^2 K$) / W

Από τα παραπάνω ο συντελεστής θερμοπερατότητας υπολογίζεται:

$$U = \frac{1}{Ra + Ri + R_{\Lambda}} = 0,61 \text{ W} / (m^2 K)$$

Η μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή όπως δίνεται στον Πίνακα 5 της Τ.Ο.ΤΕΕ για κτίρια της Ζώνης Β είναι $U_{\max} = 0,5 \text{ W} / (m^2 K)$, επομένως το δομικό στοιχείο δεν πληροί τις προδιαγραφές.

Το τρίτο κατά σειρά δομικό στοιχείο που μελετάται είναι τα **δώματα**. Στο Διάγραμμα 3.16 φαίνεται η τομή του δομικού στοιχείου με τα διαφορετικά δομικά υλικά του:



Γαρμπιλοσκυρόδεμα ($1900 \text{ kg} / m^3$)

Περλιτομπετόν ρύσεων 116 ($500 \text{ kg} / m^3$)

Roofmate $\gg 32 \text{ kg} / m^3$

Οπλισμένο Σκυρόδεμα

Ασβεστοκονίαμα

Διάγραμμα 3.16 Τομή του δώματος

Στον Πίνακα 3.13 αναγράφονται τα πάχη των δομικών υλικών των δωματίων και ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητάς τους. Όμοια με πριν υπολογίζεται η θερμική αντίσταση κάθε στρώσης δομικού στοιχείου και από το άθροισμα τους προκύπτει η συνολική θερμική αντίσταση (R_{Λ}) του δομικού στοιχείου.

Πίνακας 3.13 Υπολογισμός θερμικής αντίστασης του δώματος

| Στρώσεις Δομικού Στοιχείου | Πάχος στρώσεως (di) m | Συντ. Θερμικής Αγωγιμότητας (li) W / (mK) | Θερμ. Αντίσταση (di/li) ($m^2 K$) / W |
|----------------------------|--------------------------|--|--|
| Γαρμπιλοσκυρόδεμα | 0,05 | 1,10 | 0,05 |
| Περλιτομπετόν Ρύσεων | 0,12 | 0,15 | 0,80 |
| Roofmate | 0,05 | 0,03 | 1,67 |
| Οπλισμένο σκυρόδεμα | 0,14 | 2,03 | 0,07 |
| Ασβεστοκονίαμα | 0,02 | 0,87 | 0,02 |
| $\Sigma d =$ | 0,38 | $R_{\Lambda} =$ | 2,61 |

Οι αντιστάσεις θερμικής μετάβασης σύμφωνα με την πρωτότυπη μελέτη θερμομόνωσης του κτιρίου προκύπτουν:

Ri (Εσωτερικά): $0,12 (m^2 K) / W$

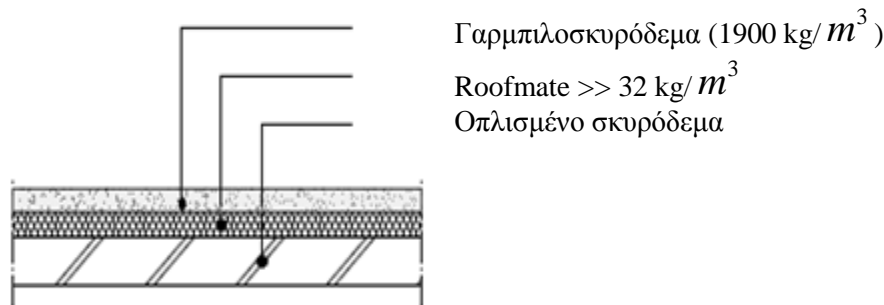
Ra (Εξωτερικά): $0,04 (m^2 K) / W$

Από τα παραπάνω ο συντελεστής θερμοπερατότητας υπολογίζεται:

$$U = \frac{1}{Ra + Ri + R_{\Lambda}} = 0,36 W / (m^2 K)$$

Η μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή όπως δίνεται στον Πίνακα 5 της Τ.Ο.ΤΕΕ για κτίρια της Ζώνης Β είναι $U_{\max} = 0,45 W / (m^2 K)$, άρα το δομικό στοιχείο πληροί τις προδιαγραφές.

Το τέταρτο και τελευταίο δομικό στοιχείο είναι τα **δάπεδα**. Στο Διάγραμμα 3.17 φαίνεται η τομή του δομικού στοιχείου με τα διαφορετικά δομικά υλικά που το απαρτίζουν:



Διάγραμμα 3.17 Τομή του δαπέδου

Στον Πίνακα 3.14 αναγράφονται τα πάχη των δομικών υλικών των κρεμάσεων δοκών και ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας τους. Κατά το γνωστό τρόπο υπολογίζεται η θερμική αντίσταση κάθε στρώσης δομικού στοιχείου και από το άθροισμα τους προκύπτει η συνολική θερμική αντίσταση (R_{Λ}) του δομικού στοιχείου.

Πίνακας 3.14 Υπολογισμός θερμικής αντίστασης του δαπέδου

| Στρώσεις Δομικού Στοιχείου | Πάχος στρώσεως (di) m | Συντ. Θερμικής Αγωγιμότητας (li) W / (mK) | Θερμ. Αντίσταση (di/li) ($m^2 K$) / W |
|----------------------------|--------------------------|--|--|
| Γαρμπιλοσκυρόδεμα | 0,07 | 1,10 | 0,06 |
| Roofmate | 0,06 | 0,03 | 2,00 |
| Οπλισμένο σκυρόδεμα | 0,14 | 2,03 | 0,07 |
| $\Sigma d =$ | 0,27 | $R_{\Lambda} =$ | 2,13 |

Οι αντιστάσεις θερμικής μετάβασης σύμφωνα με την πρωτότυπη μελέτη θερμομόνωσης του κτιρίου προκύπτουν:

$$R_i \text{ (Εσωτερικά): } 0,12 \text{ (m}^2\text{K) / W}$$

$$R_a \text{ (Εξωτερικά): } 0,04 \text{ (m}^2\text{K) / W}$$

Από τα παραπάνω ο συντελεστής θερμοπερατότητας υπολογίζεται:

$$U = \frac{1}{R_a + R_i + R_{\lambda}} = 0,44 \text{ W / (m}^2\text{K)}$$

Η μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή όπως δίνεται στον Πίνακα 5 της Τ.Ο.ΤΕΕ για κτίρια της Ζώνης Β είναι $U_{\max} = 0,45 \text{ W / (m}^2\text{K)}$, άρα το δομικό στοιχείο πληροί τις προδιαγραφές.

3.4.3 Υπολογισμός συντελεστών θερμοπερατότητας διαφανών δομικών στοιχείων του κτιρίου

Στα ανοίγματα των ορόφων υπάρχουν δίδυμοι μονωτικοί υαλοπίνακες με διάκενο αέρα 6 mm επί μεταλλικού πλαισίου χωρίς θερμοδιακοπή, σύμφωνα με τον πίνακα 3.12 της Τ.Ο.ΤΕΕ θα ισχύει $U_w = 3,7 \text{ W / (m}^2\text{K)}$

Σύμφωνα με τον πίνακα 5 της Τ.Ο.ΤΕΕ για τη ζώνη Β πρέπει

$$U_{W \max} = 3,00$$

Κατά συνέπεια το δομικό στοιχείο δεν πληροί τις απαιτούμενες προδιαγραφές.

3.4.4 Υπολογισμός του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας U_m του κτιρίου (Οριζόντια και κατακόρυφα δομικά στοιχεία)

Για τον υπολογισμό του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας του κτιρίου είναι απαραίτητα τα αναλυτικά m^2 των διαφόρων επιφανειών του κτιρίου όπως φαίνονται στον Πίνακα 3.15.

Πίνακας 3.15 Επιφάνειες δομικών στοιχείων (m^2)

| Όροφοι | 1ος | 2ος | 3ος | 4ος | 5ος | Πιλοτή |
|--|----------|-------|-------|---------|---------|----------|
| Εξωτερική παράπλευρη επιφάνεια (W) | | | | | | |
| Κλιμακοστάσιο | 28,03 | 28,03 | 28,03 | 28,03 | 40,6 | 46,44 |
| Γραφεία | 100,3 | 100,3 | 100,3 | 100,3 | 63,36 | |
| Ανοίγματα (F) | | | | | | |
| Κλιμακοστάσιο | 1,92 | 1,92 | 1,92 | 1,92 | 3,42 | 11,73 |
| Γραφεία | 22,22 | 22,22 | 22,22 | 22,22 | 8,36 | |
| Κρεμάσεις δοκών, τοιχοποιία, στύλοι (S) | | | | | | |
| Κλιμακοστάσιο | 20,3 | 20,3 | 20,3 | 20,3 | 19,27 | 18,21 |
| Γραφεία | 32,1 | 32,1 | 32,1 | 32,1 | 13,29 | |
| Τοίχοι πληρώσεως (W'=W-F-S) | | | | | | |
| Κλιμακοστάσιο | 5,81 | 5,81 | 5,81 | 5,81 | 17,91 | 16,5 |
| Γραφεία | 45,98 | 45,98 | 45,98 | 45,98 | 41,71 | |
| Οροφή/Δάπεδο (D/G) | | | | | | |
| Κλιμακοστάσιο | (Δάπεδο) | | | (Οροφή) | (Οροφή) | (Δάπεδο) |
| Γραφεία | 7,2 | | | | 23,52 | 20,13 |
| Κλιμακοστάσιο | 88,83 | | | 53,06 | 39,48 | |
| Γραφεία | | | | | | |

Συγκεντρωτικά τα στοιχεία για κάθε όροφο ξεχωριστά:

| 5ος Όροφος | W | S | F | D | Σύνολο |
|----------------------|-------|-------|------|-------|--------|
| Κλιμακοστάσιο | | | | | |
| A (m^2) | 17,91 | 19,27 | 3,42 | 23,52 | 64,12 |
| U | 0,3 | 0,61 | 3,71 | 0,36 | |
| Γραφεία | | | | | |
| A (m^2) | 41,71 | 13,29 | 8,36 | 39,48 | 102,84 |
| U | 0,3 | 0,61 | 3,71 | 0,36 | |

W : Τοίχοι Πληρώσεως
 S : Κρεμάσεις δοκών
 F : Ανοίγματα
 D/G : Δώμα/Δάπεδο

| 4ος Όροφος | W | S | F | D | Σύνολο |
|----------------------|-------|------|-------|-------|--------|
| Κλιμακοστάσιο | | | | | |
| A (m^2) | 5,81 | 20,3 | 1,92 | - | 28,03 |
| U | 0,31 | 0,61 | 3,71 | 0,36 | |
| Γραφεία | | | | | |
| A (m^2) | 45,98 | 32,1 | 22,22 | 53,06 | 153,36 |
| U | 0,3 | 0,61 | 3,71 | 0,36 | |

| 2ος-3ος Όροφος | W | S | F | D | Σύνολο |
|----------------------|-----------|------|-------|------|--------|
| <u>Κλιμακοστάσιο</u> | | | | | |
| A (m ²) | 5,81 | 20,3 | 1,92 | - | 28,03 |
| U | 0,3 | 0,61 | 3,2 | 0,36 | |
| <u>Γραφεία</u> | | | | | |
| A (m ²) | 45,9 8 | 32,1 | 22,22 | - | 100,3 |
| U | 0,3 | 0,61 | 3,71 | 0,36 | |

| 1ος Όροφος | W | S | F | G | Σύνολο |
|----------------------|-----------|------|-------|-------|--------|
| <u>Κλιμακοστάσιο</u> | | | | | |
| A (m ²) | 5,81 | 20,3 | 1,92 | 7,2 | 35,23 |
| U | 0,3 | 0,61 | 3,71 | 0,44 | |
| <u>Γραφεία</u> | | | | | |
| A (m ²) | 45,9 8 | 32,1 | 22,22 | 88,83 | 189,13 |
| U | 0,3 | 0,61 | 3,71 | 0,44 | |

| Πilotή | W | S | F | G | Σύνολο |
|---------------------|------|-------|-------|-------|--------|
| A (m ²) | 16,5 | 18,21 | 11,73 | 20,13 | 66,57 |
| U | 0,3 | 0,61 | 3,71 | 0,44 | |

Στον υπολογισμό του U_m δε λήφθηκε καθόλου υπόψη ο υπολογισμός των θερμογεφυρών στα όρια του κελύφους, επομένως ο τύπος υπολογισμού απλοποιείται ως εξής:

$$U_m = \frac{\sum_{j=1}^n A_j \cdot U_j \cdot b}{\sum_{j=1}^n A_j} [W / (m^2 K)]$$

Ο μειωτικός συντελεστής στην περίπτωση αυτή είναι παντού $b=1$. Έτσι τελικώς προκύπτει:

$$U_m = 0,87 W / (m^2 K)$$

Ένας απλός τρόπος για να ληφθούν υπόψη οι θερμογέφυρες στο μέσο συντελεστή θερμοπερατότητας είναι η προσαύξηση του τελευταίου κατά 0,1. Έτσι τελικώς προκύπτει:

$$U_m = 0,97 W / (m^2 K)$$

3.4.5 Ειδικά χαρακτηριστικά κτιρίου – Υπολογισμός λόγου F/V

Για τον υπολογισμό του λόγου F/V χρησιμοποιούνται τα δεδομένα του Πίνακα 3.16.

Πίνακας 3.16 Υπολογισμός ολικής εξωτερικής επιφάνειας (F) και όγκου (V) του κτιρίου

| Όροφοι | 1ος | 2ος | 3ος | 4ος | 5ος | Πιλοτή | Σύνολο |
|---|--------|-------|-------|--------|--------|--------|----------|
| Επιφάνεια εξωτερικών τοίχων | | | | | | | |
| <i>Κλιμακοστάσιο</i> | 26,11 | 26,11 | 26,11 | 26,11 | 38,92 | 34,71 | 178,07 |
| <i>Γραφεία</i> | 78,08 | 78,08 | 78,08 | 78,08 | 53,26 | | 365,58 |
| Επιφάνεια ανοιγμάτων | | | | | | | |
| <i>Κλιμακοστάσιο</i> | 1,92 | 1,92 | 1,92 | 1,92 | 3,42 | 11,73 | 22,83 |
| <i>Γραφεία</i> | 22,22 | 22,22 | 22,22 | 22,22 | 8,36 | | 97,24 |
| Επιφάνεια οροφής | | | | | | | |
| <i>Κλιμακοστάσιο</i> | | | | | 23,52 | | 23,52 |
| <i>Γραφεία</i> | | | | 53,06 | 39,48 | | 92,54 |
| Επιφάνεια δαπέδου | | | | | | | |
| <i>Κλιμακοστάσιο</i> | 7,2 | | | | | 20,13 | 27,33 |
| <i>Γραφεία</i> | 88,83 | | | | | | 88,83 |
| Ολική εξωτερική επιφάνεια κτιρίου, F (m²) | | | | | | | |
| <i>Κλιμακοστάσιο</i> | 35,23 | 28,03 | 28,03 | 28,03 | 65,86 | 66,57 | 251,75 |
| <i>Γραφεία</i> | 189,13 | 100,3 | 100,3 | 153,36 | 101,1 | | 644,19 |
| Όγκος κτιρίου V (m³) | | | | | | | |
| <i>Κλιμακοστάσιο</i> | 67,3 | 67,3 | 67,3 | 67,3 | 68,21 | 49,72 | 387,13 |
| <i>Γραφεία</i> | 271,9 | 271,9 | 271,9 | 271,9 | 114,49 | | 1.202,09 |

$$F / V = \left(\frac{251,75 + 644,19}{387,13 + 1202,09} \right) = \frac{896}{1589} = 0,564$$

Από το λόγο F/V, βάσει του κανονισμού για τη Ζώνη Β προκύπτει:

$$U_{\max} = 0,93W / (m^2 K)$$

άρα το κτίριο βρίσκεται **εκτός** των επιτρεπτών ορίων.

3.4.6 Συμπέρασμα

Δεδομένου ότι το κτίριο χτίστηκε το 1983 και μέχρι σήμερα δεν έχει υποστεί καμία βελτιωτική παρέμβαση, το αποτέλεσμα της μελέτης θερμομόνωσης κρίνεται αρκετά ικανοποιητικό. Λαμβάνοντας δε υπόψη την προσεγγιστική προσαύξηση του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας (εξαιτίας της πρακτικής δυσκολίας στον αναλυτικό υπολογισμό των θερμογεφυρών) που καθιστά το κτίριο ελάχιστα εκτός των επιτρεπτών ορίων κρίνεται ότι με μικρές παρεμβάσεις όπως πχ η αντικατάσταση των υαλοπινάκων και των πλαισίων τους το κτίριο θα είναι θερμικά επαρκές και μάλιστα αρκετά κάτω από το ανώτερο όριο της Ζώνης Β.

Κεφάλαιο 4. Αποτελέσματα Μετρήσεων με Καταγραφικό Εξοπλισμό

4.1 Θερμογράφηση

4.1.1 Εισαγωγή

Η θερμογράφηση του κτιριακού κελύφους αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι ενός ολοκληρωμένου έλεγχου της θερμικής επάρκειας ενός κτιρίου και κατά συνέπεια και της συνολικής διαδικασίας της ενεργειακής επιθεώρησης.

Η αρχή της θερμογραφίας βασίζεται στην ανίχνευση των διαφορετικών θερμοκρασιών των διαφόρων δομικών υλικών με βάση το συντελεστή θερμοπερατότητας τους. Με τη χρήση της ειδικής θερμοκάμερας ανακαλύπτονται ατέλειες στο σχεδιασμό του κτιρίου που δεν είναι ορατές με γυμνό μάτι, όπως ασυνέχειες στη μόνωση, θερμογέφυρες (σημεία διαφυγής θερμότητας), σημεία συσσώρευσης υγρασίας ή διείδυσης αέρα κ.α. Κατά αυτόν τον τρόπο καθίσταται ευκολότερη η ερμηνεία των θερμοκρασιακών διαφορών σε σημεία που βάσει σχεδιασμού δεν είναι δικαιολογημένη η εμφάνισή τους και διευκολύνεται η αντιμετώπιση του προβλήματος ανάλογα την περίπτωση.

4.1.2 Βασικά στοιχεία λειτουργίας μιας θερμοκάμερας

Το βασικό εργαλείο για τη θερμογράφηση ενός κτιρίου, μιας μηχανολογικής ή ηλεκτρικής εγκατάστασης, είναι η θερμοκάμερα η οποία πρακτικά απεικονίζει τη διαφορά στη θερμοκρασία των σωμάτων με τρόπο ώστε να γίνεται αντιληπτή από το ανθρώπινο μάτι χάρη στη χρήση μιας παλέτας χρωμάτων σε καθένα από τα οποία αντιστοιχεί διαφορετική θερμοκρασία. Στην ουσία μετατρέπει κάτι αόρατο όπως είναι θερμοκρασία ενός αντικείμενου σε κάτι ορατό και χάρη στο κατάλληλο λογισμικό επιτρέπει και την περαιτέρω ανάλυση και επεξεργασία των θερμοφωτογραφιών.

Η θερμοκάμερα είναι μια συσκευή που σχηματίζει μια εικόνα χρησιμοποιώντας υπέρυθη ακτινοβολία με τον ίδιο τρόπο που μία κοινή φωτογραφική μηχανή αποθανατίζει μια εικόνα χρησιμοποιώντας το ορατό φως. Αντίθετα με τις κοινές κάμερες που λειτουργούν σε εύρος κυμάτων από 450-750 nm οι θερμοκάμερες λειτουργούν σε περιοχές μέχρι και 14μm. Για αυτό το λόγο άλλωστε και το κόστος τους είναι αρκετά υψηλότερο από τις συμβατικές φωτογραφικές κάμερες.

Επιγραμματικά η λειτουργία της θερμοκάμερας συνίσταται στη μέτρηση και απεικόνιση της υπέρυθρης ακτινοβολίας που εκπέμπει ένα αντικείμενο συναρτήσει της επιφανειακής θερμοκρασίας του, κατά αυτόν τον τρόπο είναι εφικτός ο προσδιορισμός θερμοκρασιακών διακυμάνσεων μέχρι και της τάξεως του 0,1 Kelvin και ως εκ τούτου η ακριβής απεικόνιση της κατανομής θερμοκρασιών σε οποιαδήποτε επιφάνεια.

Η λήψη σωστών θερμοφωτογραφιών προϋποθέτει την τήρηση κάποιων βασικών κανόνων τόσο ως προς τις συνθήκες θερμογράφησης όσο και ως προς τον τρόπο λήψης τους.

4.1.3 Διαδικασία λήψης θερμοφωτογραφιών

Κατά τη λήψη των θερμοφωτογραφιών λόγω του ότι η θερμοκρασία που φτάνει στην θερμοκάμερα προέρχεται από 3 διαφορετικές συνιστώσες (εκπομπή το ίδιο το αντικείμενο, εκπομπή μέσω ανάκλασης από το περιβάλλον και εκπομπή από την ατμόσφαιρα) είναι απαραίτητη η ρύθμιση κάποιων βασικών παραγόντων όπως:

- Ο συντελεστής εκπομπής του αντικείμενου που μελετάται (emissivity) ο οποίος εκφράζει την ποσότητα της ακτινοβολίας που ανακλάται από ένα αντικείμενο ως προς την ποσότητα της ακτινοβολίας που προσπίπτει σε αυτό και είναι ένας πραγματικός αριθμός μεταξύ 0-1. Συγκεκριμένα για τα βασικά δομικά υλικά κυμαίνεται από 0,75 (τούβλο) μέχρι 0,97 (σκυρόδεμα). Ο σωστός καθορισμός του συντελεστή εκπομπής είναι καθοριστικής σημασίας στη λήψη έγκυρων μετρήσεων.
- Η φαινόμενη θερμοκρασία ανάκλασης η οποία αντισταθμίζει την ακτινοβολία του περιβάλλοντος που ανακλάται πάνω στο αντικείμενο και επιστρέφει στην κάμερα. Για αυτό το λόγο, στις μετρήσεις χρησιμοποιήθηκε μια φορητή επιφάνεια αναφοράς από την οποία καθορίζεται μέσω κατάλληλου λογισμικού στη μετέπειτα επεξεργασία των μετρήσεων η φαινόμενη θερμοκρασία ανάκλασης.
- Η απόσταση της θερμοκάμερας από το αντικείμενο λήψης
- Η σχετική υγρασία
- Η ατμοσφαιρική θερμοκρασία.

4.1.4 Ιδανικές συνθήκες θερμογράφησης

Για όσο το δυνατόν καλύτερες λήψεις είναι θεμιτό να τηρούνται κάποιοι άτυποι κανόνες κατά τη θερμογράφηση ενός κτιρίου:

- Η διαφορά θερμοκρασίας του αέρα στο εσωτερικό του κτιρίου με την θερμοκρασία περιβάλλοντος πρέπει να είναι τουλάχιστον +10 °C αρκετές ώρες πριν τη διενέργεια της θερμογράφησης αλλά και καθ' όλη τη διάρκεια της διαδικασίας. Είναι προφανές ότι κάτι τέτοιο είναι ευκολότερο τους χειμερινούς μήνες ή γενικότερα σε περιόδους που η πτώση θερμοκρασίας επιβάλλει τη χρήση θέρμανσης στο εσωτερικό του κτιρίου.
- Κατά τη διάρκεια της θερμογράφησης η διαφορά θερμοκρασιών περιβάλλοντος δεν πρέπει να ποικίλλει περισσότερο από το 30% της διαφοράς εσωτερικού και εξωτερικού χώρου ενώ και η εσωτερική θερμοκρασία περιβάλλοντος πρέπει να μην αποκλίνει περισσότερο από 2 °C. Απαιτείται δηλαδή σταθερότητα στις θερμοκρασίες τόσο στους εσωτερικούς χώρους όσο και στο εξωτερικό περιβάλλον όσο διεξάγονται οι μετρήσεις.
- Είναι προτιμότερο στις θερμοφωτογραφίες εξωτερικών χώρων να μην απεικονίζεται τμήμα του ουρανού καθώς αυτό διευρύνει το θερμοκρασιακό εύρος των εικόνων και αλλοιώνει την ακρίβεια των μετρήσεων. Η ίδια ακριβώς λογική ισχύει για τους εσωτερικούς χώρους όταν υπάρχουν θερμές πηγές (θερμαντικά σώματα, κλιματιστικά) σε λειτουργία.
- Για αρκετές ώρες πριν την έναρξη της θερμογραφικής απεικόνισης και για όσο διάστημα είναι σε εξέλιξη, το σχετικό τμήμα του κτιρίου δεν πρέπει να φωτίζεται απευθείας από την ηλιακή ακτινοβολία, γι' αυτό το λόγο οι πρώτες πρωινές ώρες (7:00-10:00) είναι ιδανικότερες

- Ιδανικά, για τον εντοπισμό διαρροών αέρα στο κτίριο, απαιτείται αρνητική πίεση στο εσωτερικό της κατασκευής $\approx 10\text{-}50\text{ Pa}$.

4.2 Συνοπτική παρουσίαση της θερμοκάμερας IRI 4000

Στην παρούσα εργασία χρησιμοποιήθηκε η θερμοκάμερα IRI 4000 της εταιρίας IRISYS τα χαρακτηριστικά και η λειτουργία της οποίας παρουσιάζονται στις παρακάτω ενότητες.

4.2.1 Εισαγωγή – Παρουσίαση υλικού

Η θερμοκάμερα IRI 4000 είναι μια φωτογραφική μηχανή χειρός ειδικά σχεδιασμένη για τη λήψη θερμικών φωτογραφιών. Οι θερμικές φωτογραφίες αποθηκεύονται στην κάρτα μνήμης απ' όπου μπορούν στη συνέχεια να μεταφερθούν σε προσωπικό υπολογιστή για περαιτέρω επεξεργασία. Η προβολή και ανάλυση των αποθηκευμένων φωτογραφιών γίνεται από το αντίστοιχο λογισμικό που δίνεται μαζί με την IRI 4000.



Εικόνα 4.1 Η θερμοκάμερα IRI 4000



Εικόνα 4.2 Διακρίνεται η θύρα υποδοχής της κάρτας μνήμης και η θύρα USB

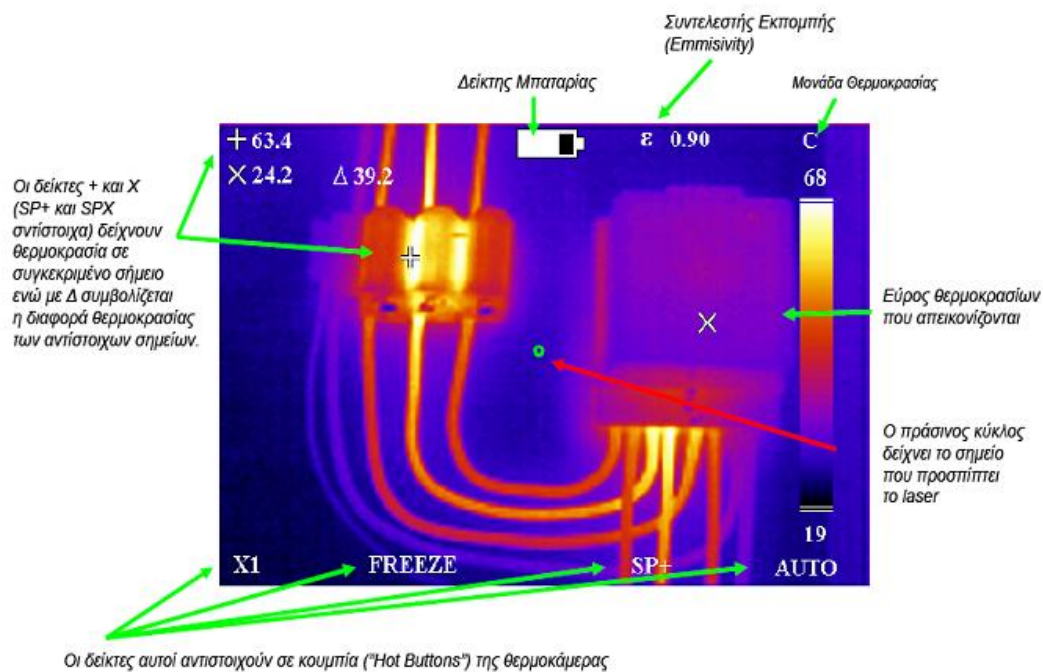
4.2.2 Χρησιμοποιώντας την IRI 4000

4.2.2.1 Εστίαση (Focus)

Αν ο φακός δεν είναι σωστά εστιασμένος, η ποιότητα εικόνας θα είναι φτωχή και οι μετρήσεις δεν θα είναι ακριβείς. Περιστρέφοντας ωρολογιακά τον φακό η κάμερα εστιάζει σε μεγαλύτερες αποστάσεις ενώ για αντίθετη περιστροφή εστιάζει σε κοντινότερα αντικείμενα (μέχρι και σε απόσταση 30 cm). Καλύτερη ευκρίνεια εικόνας επιτυγχάνεται ρυθμίζοντας κάθε φορά την εστίαση ώστε οι γραμμές των αντικειμένων να είναι ξεκάθαρες.

4.2.2.2 Οθόνη λειτουργίας

Στην Εικόνα 4.3 απεικονίζεται ένα παράδειγμα λειτουργίας της κάμερας όπως φαίνεται στην οθόνη λειτουργίας σε πραγματικές συνθήκες:



Εικόνα 4.3. Τυπική εικόνα της οθόνης λειτουργίας

4.2.2.3 Λειτουργικά κουμπιά

Οι κατηγορίες κουμπιών για τη λειτουργία της θερμοκάμερας είναι τέσσερις:

1) Τα «Hot buttons»

Τα κουμπιά αυτά χρησιμοποιούνται για να επιτελέσουμε γρήγορα 4 βασικές λειτουργίες:

- Τη λειτουργία μεγέθυνσης (Zoom): X1 ή X2.
- Τη λήψη εικόνας (Freeze): Παγώνει τη θερμική εικόνα και κατόπιν την αποθηκεύει.
- Την επιλογή κέρσορα μέτρησης: SP+ ή SPX
- Την εναλλαγή αυτόματης και χειροκίνητης λειτουργίας (auto/manual mode)

2) Τα κουμπιά κατεύθυνσης (σταυρός)

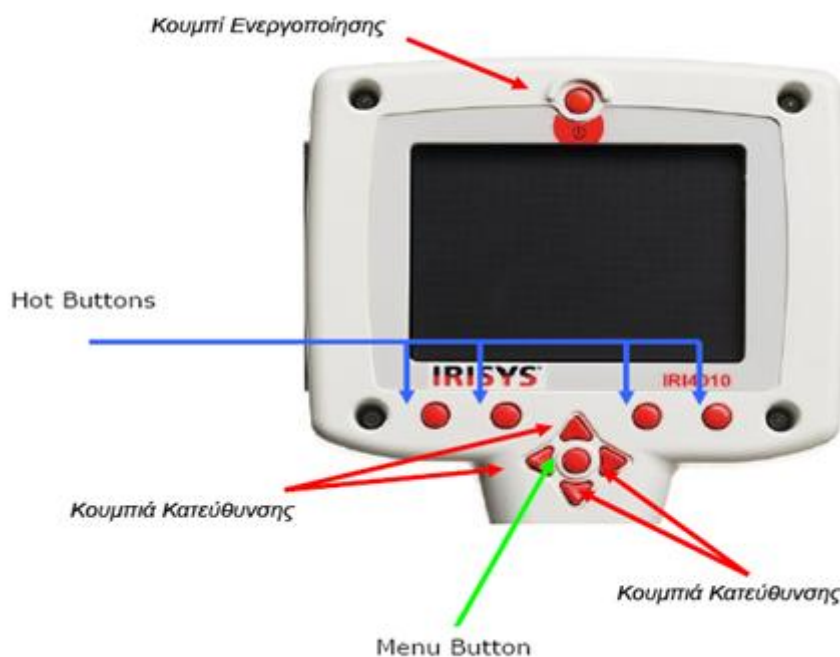
Τα κουμπιά αυτά χρησιμοποιούνται για:

- Τη μετακίνηση των κερσόρων μέτρησης
- Τη ρύθμιση του επιπέδου θερμοκρασίας (Level/L), της φωτεινότητας (Brightness/B), της αντίθεσης (Contrast/C) και του εύρους θερμοκρασίας (Span /S)
- Την περιήγηση στα διάφορα μενού.

3) Το κουμπί εισόδου στο Μενού

4) Το κουμπί λειτουργίας του δείκτη laser

Η εκπομπή του laser διαρκεί όσο το κουμπί παραμένει πατημένο.



Εικόνα 4.4 Τα λειτουργικά κουμπιά της IRI 4000

4.2.2.4 Λειτουργίες Μενού

Το κυρίως μενού χωρίζεται σε 4 υπο-μενού τα οποία αναλύονται στον παρακάτω πίνακα:

| Measurement Settings | Camera Settings | Image Browser | Clock/Calendar | Language |
|-----------------------|------------------|---------------|----------------|----------|
| Emissivity | Colour Palette | View | Year | English |
| Reflected Temperature | Auto Power | Delete | Month | French |
| Spot X | Factory Settings | | Day | German |
| Temperature Units | Image Only | | Hour | Italian |
| Area | B - C | | Minute | Spanish |
| Hot / Cold | Cursor Reset | | Date Format | |
| | | | Time Format | |

Αναλυτικά οι λειτουργίες του μενού είναι:

Ρυθμίσεις Μετρήσεων – Measurement Settings

- **Συντελεστής Εκπομπής (Emissivity):** Ο χρήστης εδώ επιλέγει τον κατάλληλο συντελεστή για το υλικό που εξετάζει κάθε φορά.
- **Ανακλώμενη Θερμοκρασία (Reflected Temperature):** Η ανακλώμενη θερμοκρασία είναι η θερμοκρασία που «φαίνεται» απ' το αντικείμενο που απεικονίζεται και ρυθμίζοντας την σωστά τα αποτελέσματα της θερμοκάμερας είναι ακόμα πιο ακριβή.
- **Σημείο X (Spot X):** Ενεργοποιεί/Απενεργοποιεί τον δεύτερο κέρσορα στην οθόνη. Μαζί με τον κέρσορα εμφανίζεται μαζί και η διαφορά θερμοκρασίας Δ ανάμεσα στον SP+ και στον SPX.
- **Περιοχή (Area):** Αντί για κέρσορες, στην οθόνη υπάρχει ένα ορθογώνιο και αναγράφονται η μέγιστη και ελάχιστη θερμοκρασία που περικλείονται σε αυτό.
- **Κρύο/Ζεστό (Hot/Cold):** Οι κέρσορες SP+ και SPX αυτόματα εντοπίζουν το πιο «ζεστό» και το πιο «κρύο» pixel της οθόνης αντίστοιχα.
- **Μονάδες Θερμοκρασίας (Temperature Units):** Δυνατότητα επιλογής κλίμακας (Celsius, Fahrenheit και Kelvin)

Ρυθμίσεις Κάμερας – Camera Settings

- **Παλέτα Χρωμάτων (Color Palette):** Ο χρήστης επιλέγει ανάμεσα σε 4 παλέτες: Rainbow, Ironbow, Grayscale και HC Rainbow
- **Αυτόματο Κλείσιμο (Auto Power):** Η κάμερα απενεργοποιείται αυτόματα αν δεν πατηθεί κάποιο πλήκτρο για 20 λεπτά.
- **Εργοστασιακές Ρυθμίσεις (Factory Settings):** Επαναφέρει τις αρχικές εργοστασιακές ρυθμίσεις της κάμερας.
- **Μόνο Εικόνα (Image Only):** Η οθόνη εμφανίζει μόνο την εικόνα και τις ετικέτες των hot buttons.
- **Φωτεινότητα και Αντίθεση (Brightness and Contrast):** Ενεργοποιεί τη λειτουργία του Hot Button 3 για έλεγχο φωτεινότητας και αντίθεσης.
- **Επαναφορά Κέρσορα (Cursor Reset):** Οι κέρσορες επαναφέρονται στις αρχικές τους θέσεις.

Περιήγηση Εικόνων (Image Browser)

Εδώ ο χρήστης μπορεί να δει και να διαγράψει τις αποθηκευμένες εικόνες από την κάρτα μνήμης.

Ρυθμίσεις Ρολογιού/Ημερολογίου (Clock/Calendar Settings)

- Ρύθμιση Ρολογιού (Set clock)
- Μορφή Ημερομηνίας (Date Format)
- Μορφή Ώρας (Time Format)

Γλώσσα (Language)

Επιλογή ανάμεσα σε Αγγλικά, Γαλλικά, Γερμανικά, Ιταλικά και Ισπανικά.

4.3 Ανάγνωση και κατανόηση των θερμοφωτογραφιών

Η βασική αρχή των θερμοφωτογραφιών είναι ότι η παλέτα που επιλέγεται κάθε φορά αντιστοιχίζει κάθε χρωματική απόχρωση με μια χαρακτηριστική θερμοκρασία της κλίμακας Κελσίου. Στην εργασία αυτή χρησιμοποιήθηκε η παλέτα «σιδήρου» (Ironbow) με κυρίαρχο χρώμα το κόκκινο και τις αποχρώσεις του τοποθετημένες κατά τέτοιο τρόπο ώστε οι κίτρινες αποχρώσεις (με ανώτερο όριο το λευκό χρώμα) να αντιστοιχούν στα θερμότερα σημεία και οι ιώδεις αποχρώσεις (με κατώτερο όριο το μαύρο χρώμα) να αντιστοιχούν στα ψυχρότερα σημεία της εικόνας.

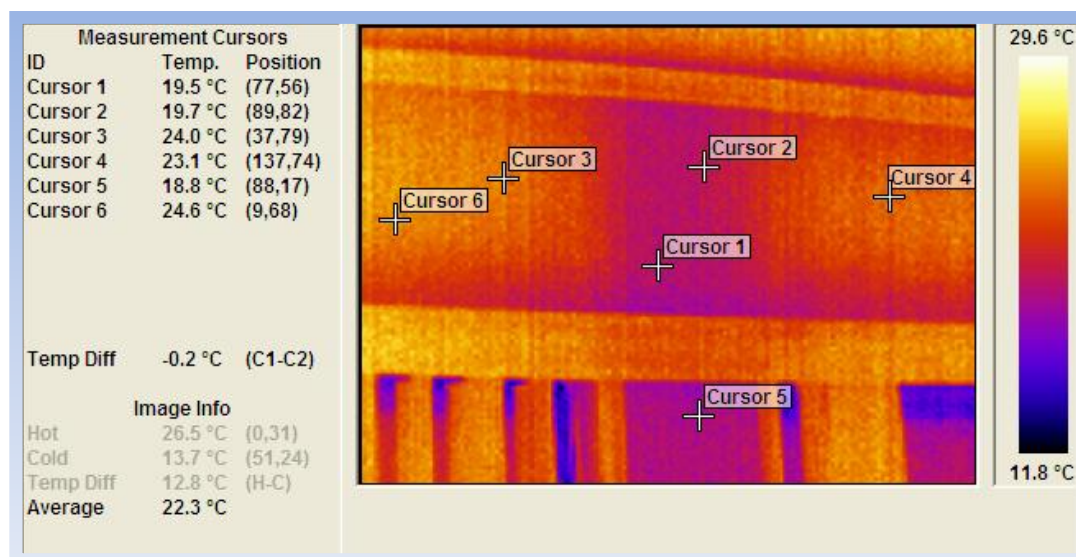
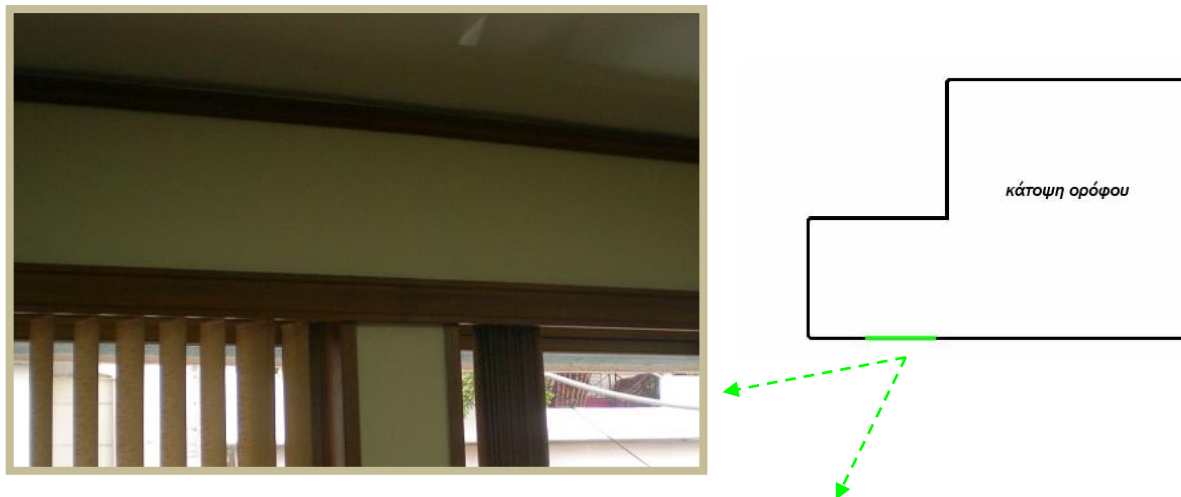
Η επεξεργασία των θερμοφωτογραφιών της παρούσας μελέτης έγινε με το συνοδευτικό λογισμικό της IRI 4000. Στη ανάλυση των θερμογραφιών που ακολουθεί, στο δεξί μέρος εμφανίζεται η παλέτα μαζί με το εύρος θερμοκρασιών στο οποίο αντιστοιχεί κάθε φορά, στο κέντρο βρίσκεται η θερμοφωτογραφία και αριστερά οι θερμοκρασίες που αντιστοιχούν σε κάθε σταυρόνημα. Οι ψηφιακές φωτογραφίες αντιπαρατίθενται σε κάθε περίπτωση με την αντίστοιχη θερμική φωτογραφία.

Για την πληρέστερη κατανόηση της μελέτης δίπλα στις φωτογραφίες υπάρχει ένα σκαρίφημα της κάτοψης των αντίστοιχων ορόφων των οποίων επεξηγείται στο υπόμνημα της ενότητας 4.5 του παρόντος κεφαλαίου.

4.4 Παρουσίαση και σχολιασμός θερμογραφημάτων

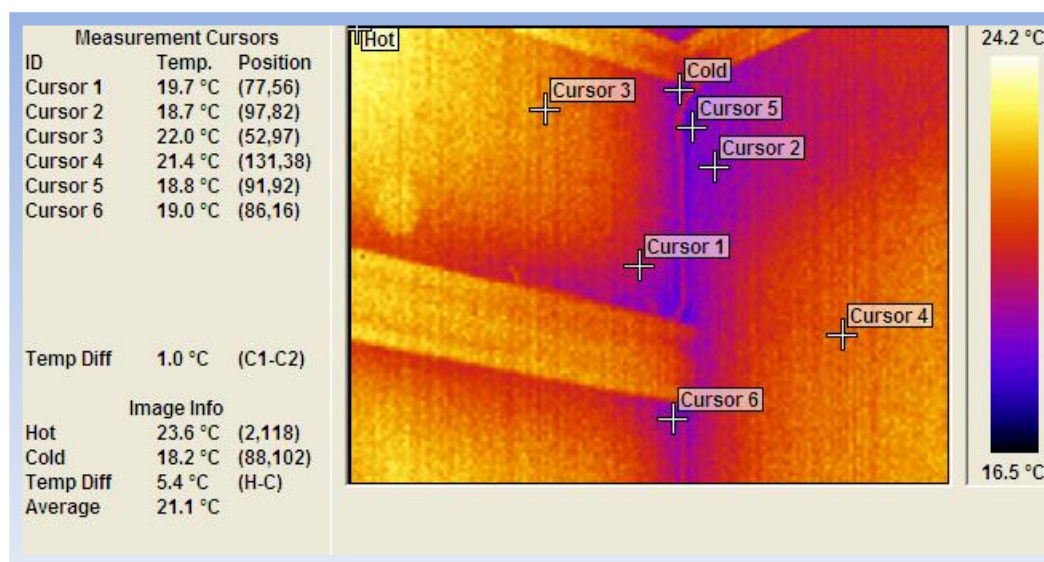
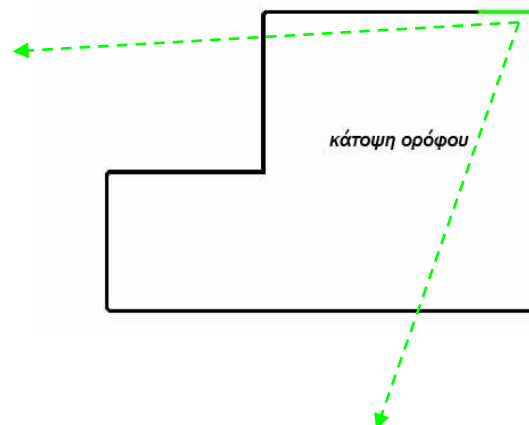
4.4.1 Πρώτος όροφος (Χημείο)

Περίπτωση 1.1 – Δοκάρι στην εμπρόσθια όψη



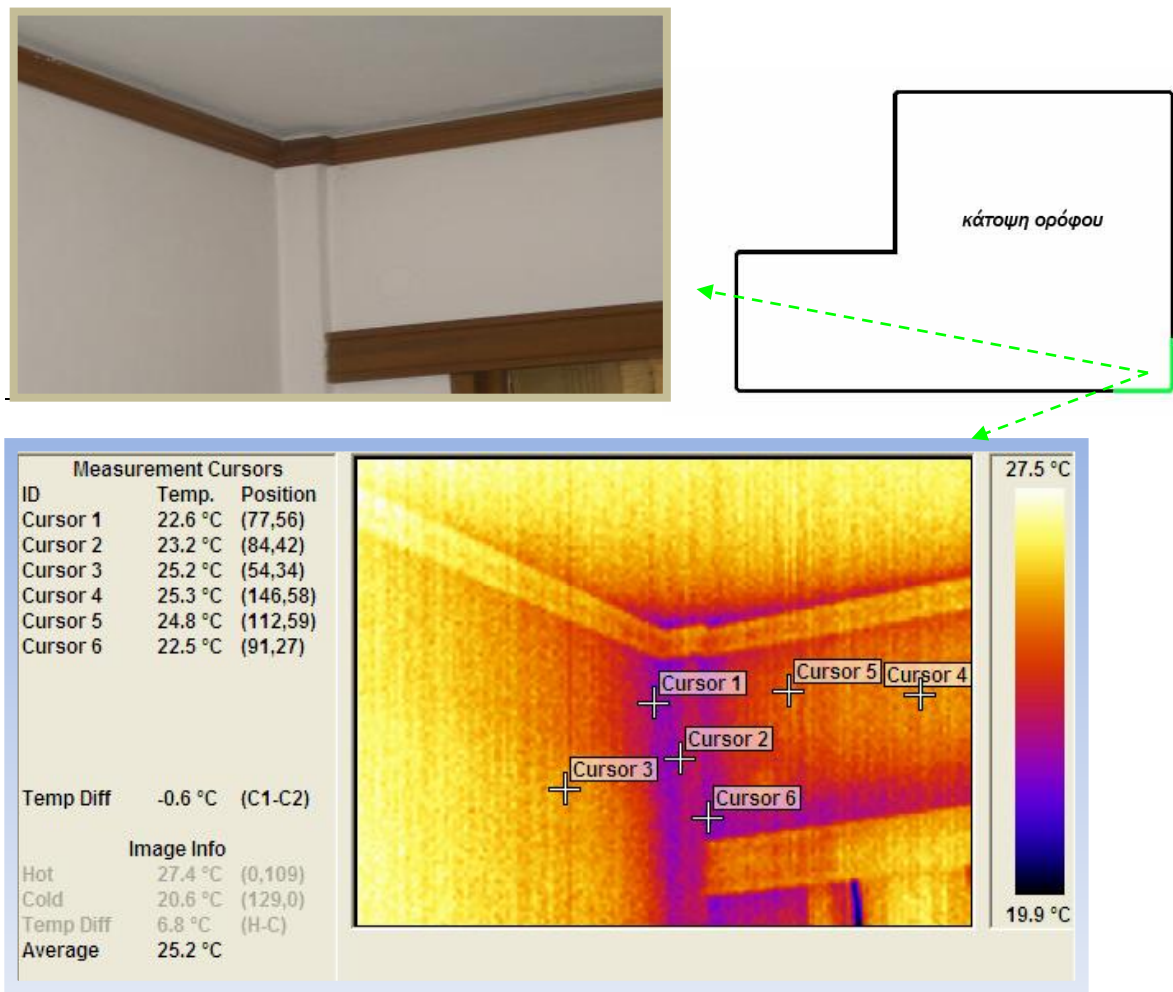
Σχολιασμός: Στην περίπτωση 1.1 παρατηρείται απώλεια θερμότητας στο χώρο που βρίσκεται το δοκάρι, λόγω του διαφορετικού συντελεστή θερμοπερατότητας του σε σχέση με τον τοίχο πλήρωσεως. Όπως φαίνεται και από τα σταυρονήματα στα διαφορετικά σημεία της εικόνας, γύρω από τη δοκό (σημεία 3,4,6) οι θερμοκρασίες είναι κατά μέσο όρο 24 °C ενώ αντίθετα κατά μήκος της δοκού (σημεία 1,2,5) παρατηρούνται χαμηλότερες θερμοκρασίες, με τη μικρότερη να φτάνει τους 18,8 °C (σημείο 5) κάτι που υποδεικνυεί διαφυγή θερμότητας προς τα έξω στην περιοχή της δοκού.

Περίπτωση 1.2 - Εσοχή στην δεξιά οπίσθια όψη



Σχολιασμός: Στην περίπτωση 1.2 παρατηρείται απώλεια θερμότητας στη γωνία ένωσης των δύο τοίχων, ενδεχομένως λόγω κακής ένωσης των δομικών υλικών κατά την κατασκευή του κτιρίου. Ενδεικτικά, στα σημεία 3 και 4 η θερμοκρασία του τοίχου είναι 21,4 και 22 °C αντίστοιχα, ενώ κατά μήκος της ένωσης των τοίχων (σημεία 1,2,5,6) και ειδικότερα στη σημείο με την ένδειξη “Cold” οι θερμοκρασίες είναι χαμηλότερες κατά 1 με 2 °C με τα πιο ψυχρά σημεία να εμφανίζονται όσο προσεγγίζουμε την εσοχή. Αντίθετα όσο απομακρυνόμαστε προς το εσωτερικό του τοίχου, οι θερμοκρασίες είναι ελαφρώς υψηλότερες με την υψηλότερη θερμοκρασία να φτάνει τους 23,6 °C (σημείο με την ένδειξη “Hot”).

Περίπτωση 1.3 - Εσοχή στην δεξιά εμπρόσθια όψη



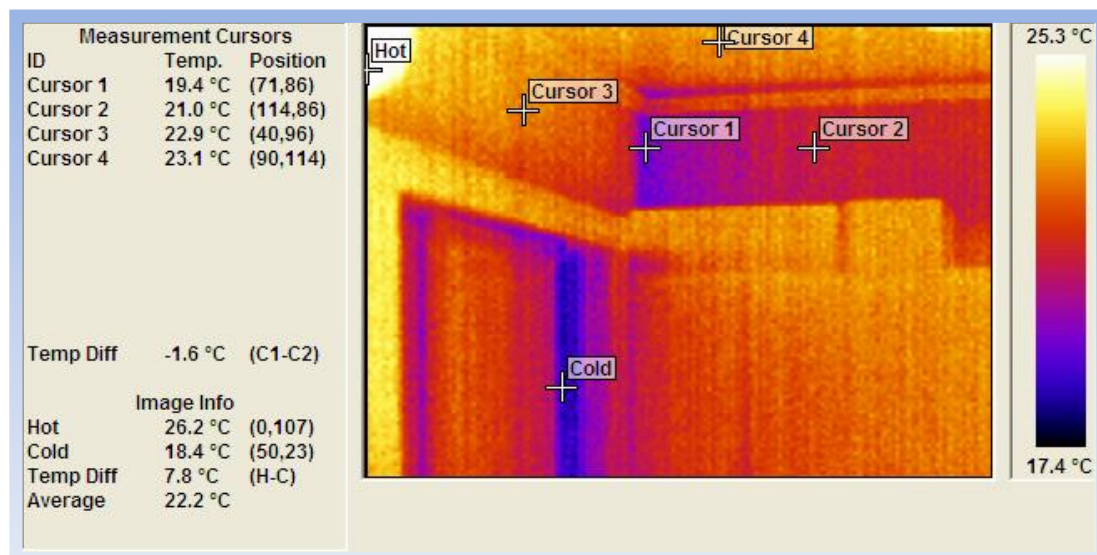
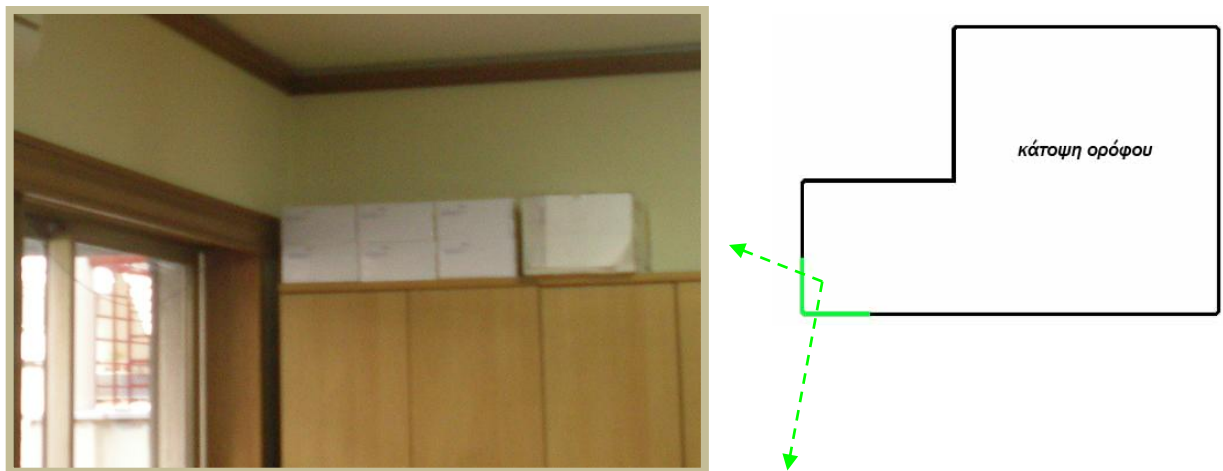
Σχολιασμός: Στην περίπτωση 1.3, όμοια με την περίπτωση 1.2 παρατηρείται απώλεια θερμότητας στην εσοχή των δύο τοίχων πάλι λόγω της ενδεχομένης κακής ένωσης των δομικών υλικών κατά την κατασκευή του κτιρίου. Εδώ ωστόσο οι θερμοκρασίες λόγω του ότι το σημείο βρίσκεται στην εμπρόσθια όψη του κτιρίου και έρχεται σε άμεση επαφή με την ηλιακή ακτινοβολία είναι ελαφρώς υψηλότερες απ'ότι στην προηγούμενη περίπτωση. Συγκεκριμένα, στα σημεία 3,4,5 που βρίσκονται προς το εσωτερικό του τοίχου οι θερμοκρασίες κυμαίνονται στους 25 °C ενώ όσο προσεγγίζουμε τη γωνία των δύο τοίχων οι θερμοκρασία πέφτει στους 22,5°C κατά μήκος της εσοχής (σημεία 1,2,6).

Παρατηρήσεις:

- 1) Κατά τη διάρκεια της θερμογράφησης του 1^{ου} ορόφου, ο χώρος θερμαινόταν από την ενδοδαπέδια θέρμανση.
- 2) Ο κοινός πλευρικός τοίχος στις περιπτώσεις 1.2 και 1.3 επικοινωνεί εξωτερικά με το όμορο κτίριο (βλ. υπόμνημα)

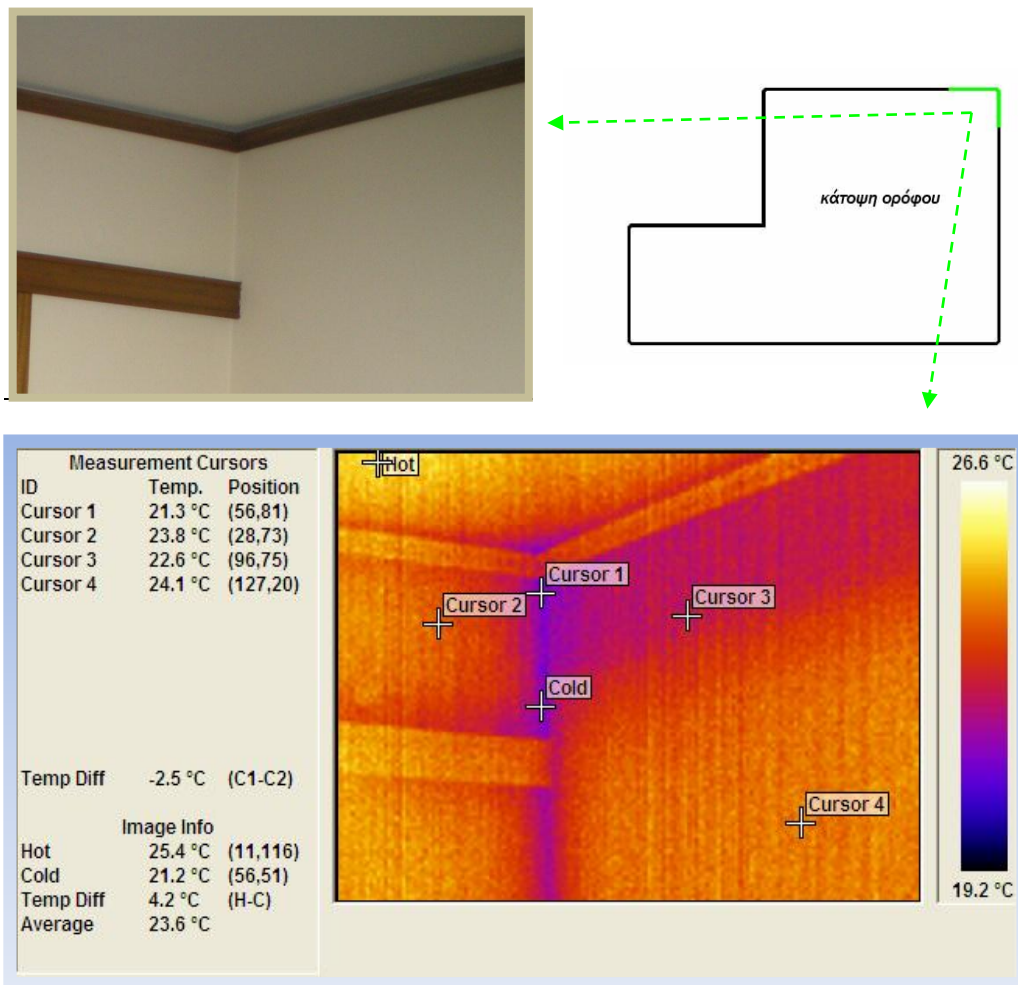
4.4.2 Δεύτερος όροφος

Περίπτωση 2.1 - Εσοχή στην αριστερή εμπρόσθια όψη



Σχολιασμός: Στην περίπτωση 2.1 παρατηρείται απώλεια θερμότητας στο σημείο της εσοχής των δύο τοίχων (σημείο 1) πιθανώς λόγω κακής ένωσης των δομικών υλικών. Επίσης παρατηρείται υψηλότερη θερμοκρασία, κατά 2°C στον τοίχο της εμπρόσθιας όψης του κτιρίου (σημείο 3), λόγω της άμεσης έκθεσης στην ηλιακή ακτινοβολία σε σύγκριση με τον πλαϊνό τοίχο (σημείο 2) ο οποίος έρχεται σε επαφή με το όμορο κτίριο. Τέλος η πιο χαμηλή θερμοκρασία (με την ένδειξη “cold”) εμφανίζεται στο πλαίσιο αλουμινίου του κουφώματος και η υψηλότερη, (με την ένδειξη “Hot”) στο κλιματιστικό το οποίο ήταν εκτός λειτουργίας κατά τη διάρκεια της θερμογράφησης.

Περίπτωση 2.2 - Εσοχή στην δεξιά οπίσθια όψη



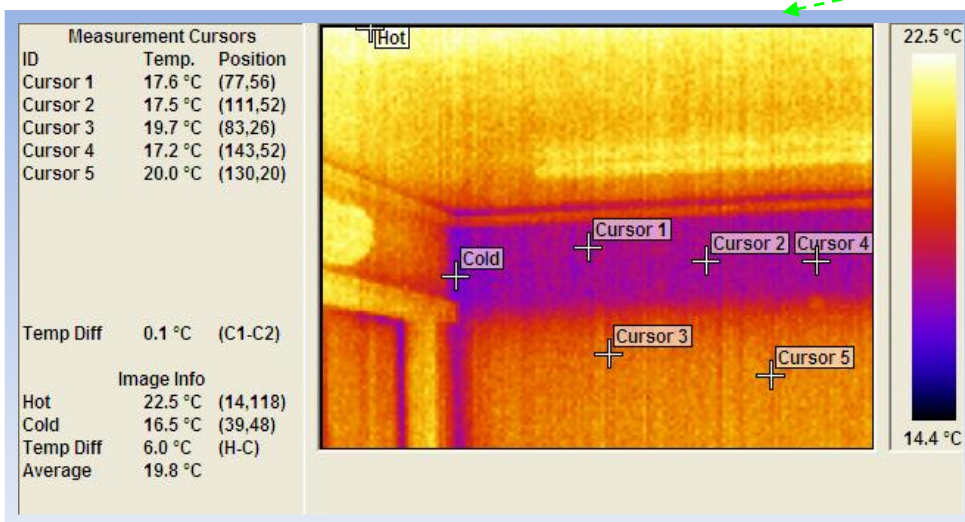
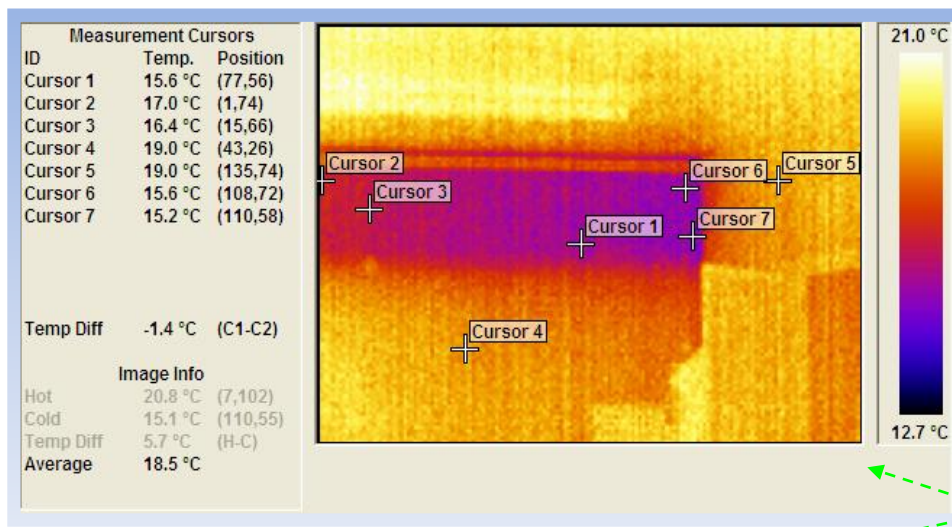
Σχολιασμός: Στην περίπτωση 2.2, όμοια με προηγούμενες περιπτώσεις παρατηρείται απώλεια θερμότητας κατά μήκος της εσοχής των δύο τοίχων, με τη χαμηλότερη θερμοκρασία (ένδειξη “cold”) να είναι στους 21,2°C και την υψηλότερη στους 25,4°C στην οροφή του δωματίου (αναμενόμενα μιας και οι όροφοι θερμαίνονται μέσω ενδοδαπέδιας θέρμανσης, στην προκειμένη περίπτωση του 3^{ου} ορόφου). Επίσης, στα σημεία πλησίον της εσοχής παρατηρείται υψηλότερη θερμοκρασία στην οπίσθια πλευρά του δωματίου (σημείο 2) απ’ ότι στην πλαϊνή (σημείο 3), 23,8 και 22,6 °C αντίστοιχα. Τέλος, ο πλευρικός τοίχος παρουσιάζει μια διαφοροποίηση στη θερμοκρασία από ένα ύψος και κάτω (σημείο 4) κάτι που υποδεικνύει η μωβ λωρίδα που φαίνεται στη θερμοφωτογραφία, κάτι που ίσως οφείλεται σε κατασκευαστικό λάθος (ατελής μόνωση).

Παρατηρήσεις:

- 1) Κατά τη διάρκεια της θερμογράφησης του 1^{ου} ορόφου ο χώρος θερμαινόταν από την ενδοδαπέδια θέρμανση
- 2) Οι πλευρικοί τοίχοι στις περιπτώσεις 2.1 και 2.2 επικοινωνούν εξωτερικά με το όμορο κτίριο (βλ. υπόμνημα)

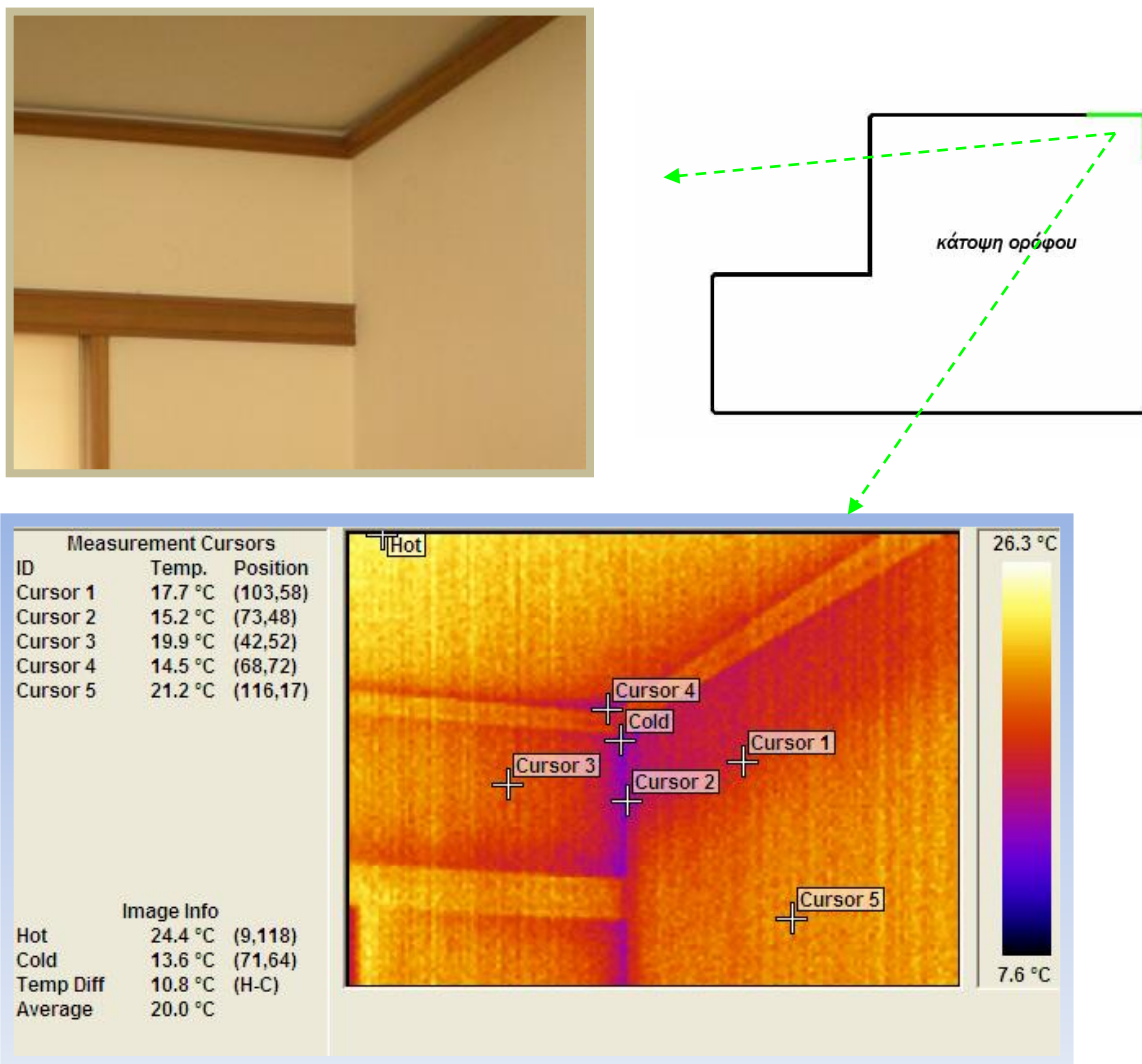
4.4.3 Τρίτος όροφος

Περίπτωση 3.1 – Αριστερός πλευρικός τοίχος



Σχολιασμός: Στην περίπτωση 3.1 παρατηρείται απώλεια θερμότητας σε όλο το μήκος του πλαϊνού τοίχου σαν μια οριζόντια λωρίδα τοιχοποιίας πλάτους περίπου 40 εκατοστών (στις θερμοφωτογραφίες απεικονίζεται με το σκούρο μωβ χρώμα). Αναλυτικά, στην πάνω θερμοφωτογραφία, που απεικονίζει το δεξί μέρος του τοίχου όπως φαίνεται στην κανονική φωτογραφία, τα σημεία 1,2,3,6,7 ανήκουν σε αυτή τη ψυχρή «ζώνη» με τις χαμηλότερες θερμοκρασίες να εμφανίζονται στη δεξιά άκρη (πέριπου 15,5°C), ενώ η θερμοκρασία ανεβαίνει προχωρώντας προς το κέντρο του τοίχου (σημείο 3, 16,4°C και σημείο 2, 17°C). Έξω από την «μωβ λωρίδα», όπως στο σημείο 4, η θερμοκρασία είναι σαφώς υψηλότερη και φτάνει στους 19°C. Επίσης στον τοίχο που οδηγεί στο κλιμακοστάσιο (σημείο 5) η θερμοκρασία κυμαίνεται στο ίδιο επίπεδο. Ακριβώς τα ίδια ισχύουν και για την δεύτερη θερμοφωτογραφία, που απεικονίζει την αριστερή μεριά του τοίχου. Ο λόγος εμφάνισης αυτής της ψυχρής ζώνης κατά μήκος του τοίχου ίσως έχει να κάνει με κακή τοποθέτηση της μόνωσης κατά την περίοδο κατασκευής του κτιρίου όπου ενδεχομένως από ένα ύψος και μετά να μην τοποθετήθηκε μονωτικό υλικό στο εσωτερικό της τοιχοποιίας.

Περίπτωση 3.2 - Εσοχή στην δεξιά οπίσθια όψη



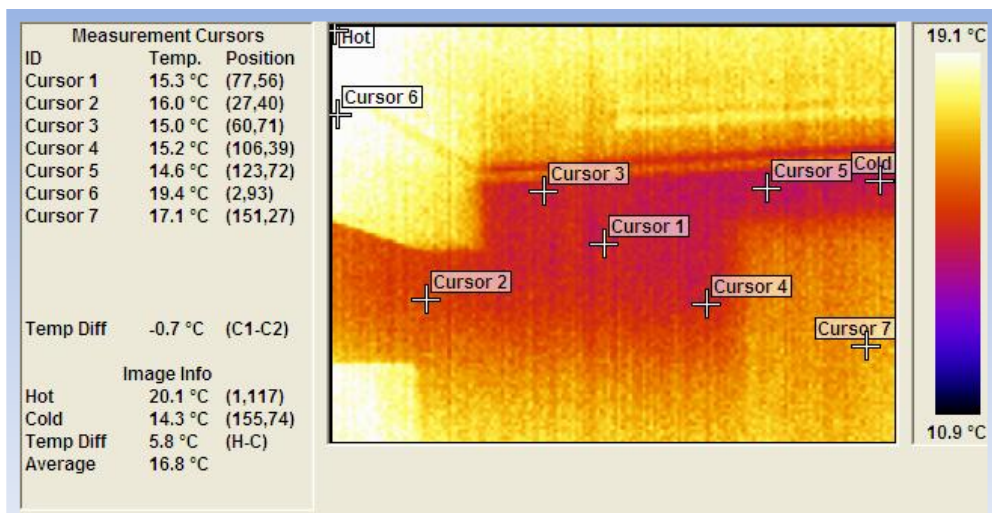
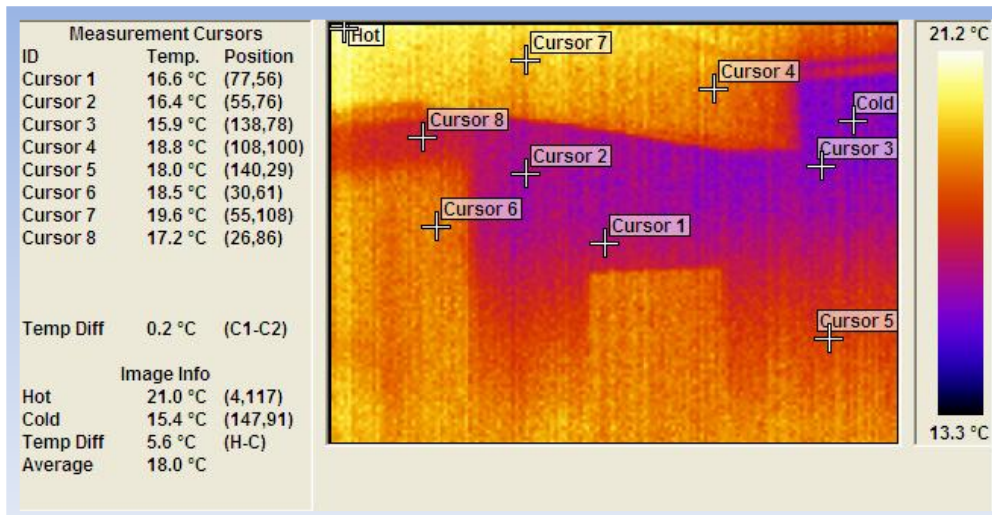
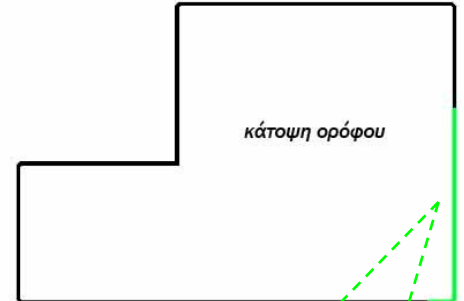
Σχολιασμός: Στην περίπτωση 3.2 ισχύουν ακριβώς τα ίδια με την περίπτωση 2.2 του δευτέρου ορόφου, με τη μόνη διαφορά ότι σε αυτήν την περίπτωση η διαφυγή θερμότητας στο σημείο της εσοχής (βλέπε ένδειξη “cold”) είναι αρκετά μεγαλύτερη φτάνοντας μάλιστα σε διαφορά θερμοκρασιών μέχρι 5 °C σε σχέση με άλλα κοντινά σημεία (σημεία 3 και 5) κάτι που υποδεικνύει κατασκευαστική ατέλεια στο συγκεκριμένο σημείο αλλά και κατά μήκος της εσοχής όπου εμφανίζεται μια μωβ χρώματος κάθετη γραμμή στη θερμοφωτογραφία.

Παρατηρήσεις:

- 1) Κατά τη διάρκεια της θερμογράφησης του 3^{ου} ορόφου ο χώρος θερμαινόταν από την ενδοδαπέδια θέρμανση
- 2) Ο πλευρικός τοίχος στην περίπτωση 3.1 δεν επικοινωνεί εξωτερικά με άλλο γειτονικό κτίριο αντίθετα ο πλευρικός τοίχος στην 3.2 έρχεται σε επαφή με όμορο κτίριο.

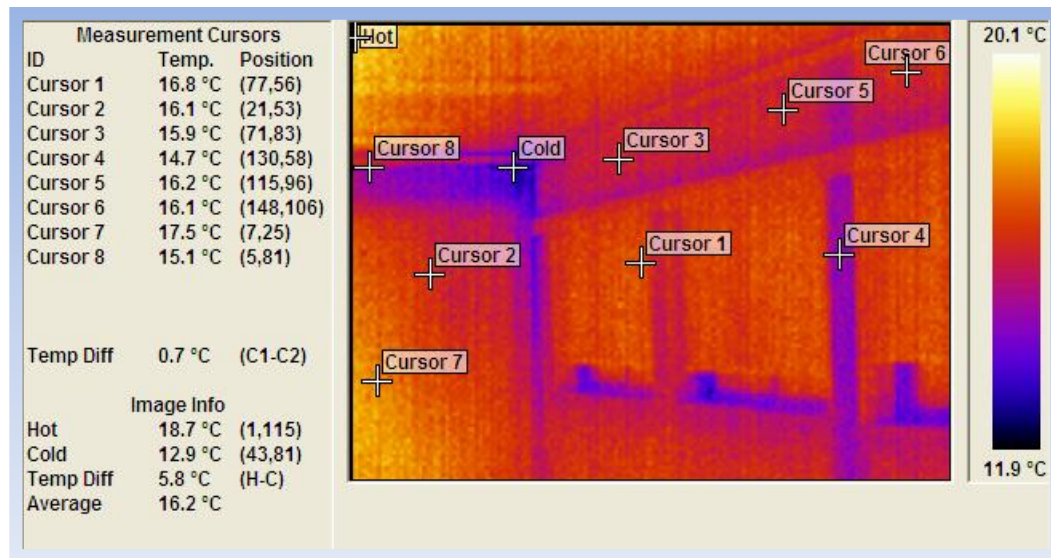
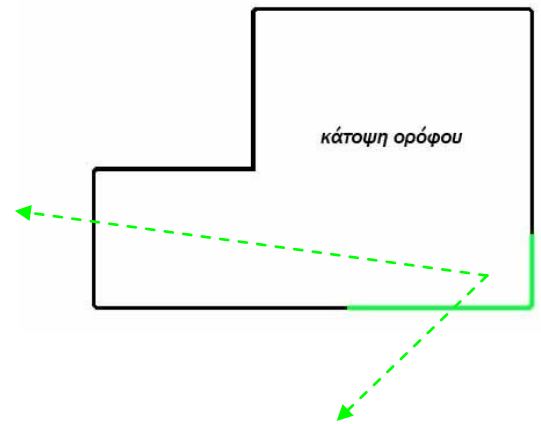
4.4.4 Τέταρτος όροφος

Περίπτωση 4.1 – Δεξιός πλευρικός τοίχος



Σχολιασμός: Στην περίπτωση 4.1 παρατηρείται κάτι αντίστοιχο με την περίπτωση 3.1 του 3^{ου} ορόφου αυτή τη φορά όμως από την αντίθετη μεριά του κτιρίου και σε μεγαλύτερη έκταση του τοίχου. Όπως φαίνεται και από τις δυο θερμοφωτογραφίες, γύρω από το δοκάρι εμφανίζεται μια μωβ χρώματος περιοχή που υποδηλώνει την ύπαρξη χαμηλότερων θερμοκρασιών στα σημεία αυτά, η οποία σταδιακά στενεύει και γίνεται μια λωρίδα παρόμοια με της περίπτωσης 3.1. Η διαφορά θερμοκρασιών ανάμεσα στη «μώβ» περιοχή (σημεία 1,2,3,8 στην πρώτη θερμοφωτογραφία και σημεία 1,2,3,4,5 στη δεύτερη) και τον υπόλοιπο τοίχο κυμαίνεται στους 2 με 1,5°C. Πάλι, η εκτίμηση για την εμφάνιση αυτής της διαφοροποίησης θερμοκρασιών στην επιφάνεια του τοίχου και δεδομένου ότι εξωτερικά ο τοίχος δεν επικοινωνεί με άλλο κτίριο, είναι ότι δεν έγινε σωστή τοποθέτηση του μονωτικού υλικού κατά την κατασκευή του κτιρίου.

Περίπτωση 4.2 – Εσοχή στην δεξιά εμπρόσθια όψη



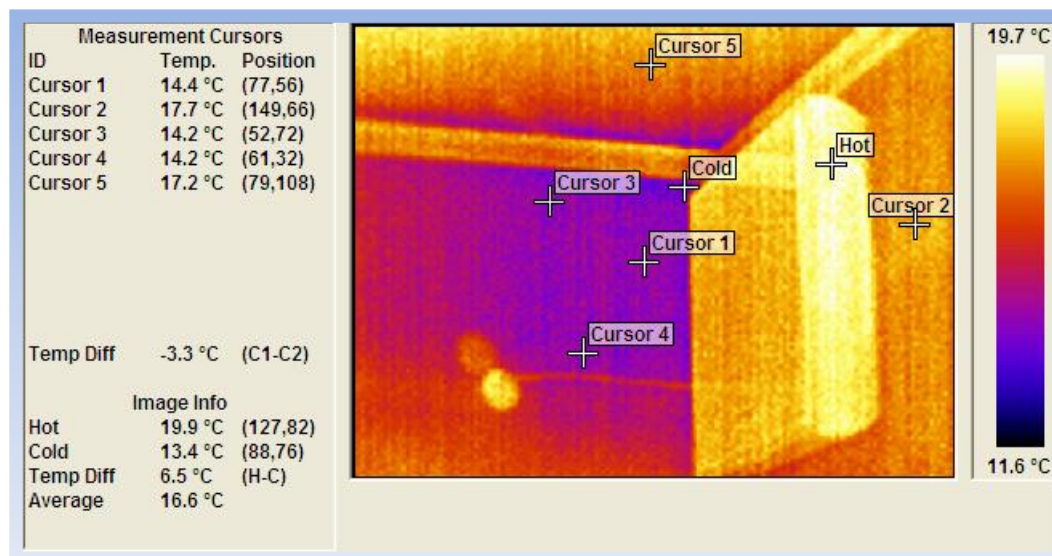
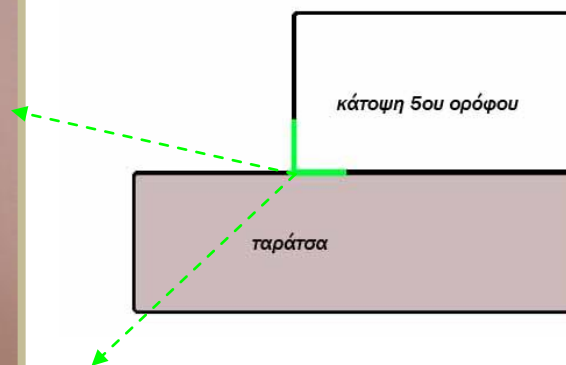
Σχολιασμός: Η περίπτωση 4.2 θυμίζει και άλλες περιπτώσεις που εξετάστηκαν προηγούμενα. Πάλι παρατηρούνται χαμηλότερες θερμοκρασίες κατά μήκος της εσοχής (ένδειξη “cold”), κατά μήκος του δοκαριού (σημείο 4) και στα αλουμινένια πλαίσια των κουφωμάτων. Τέλος στο αριστερό μέρος της θερμοφωτογραφίας φαίνεται η οριζόντια μωβ λωρίδα σαν συνέχεια της περίπτωσης 4.1.

Παρατηρήσεις

- 1) Κατά τη διάρκεια της θερμογράφησης ο 4^{ος} όροφος δεν θερμαινόταν μιας και ο όροφος είναι κενός από την 01/09/2010
- 2) Οι τοίχοι στις περιπτώσεις 4.1 και 4.2 δεν επικοινωνούν εξωτερικά με άλλο γειτονικό κτίριο

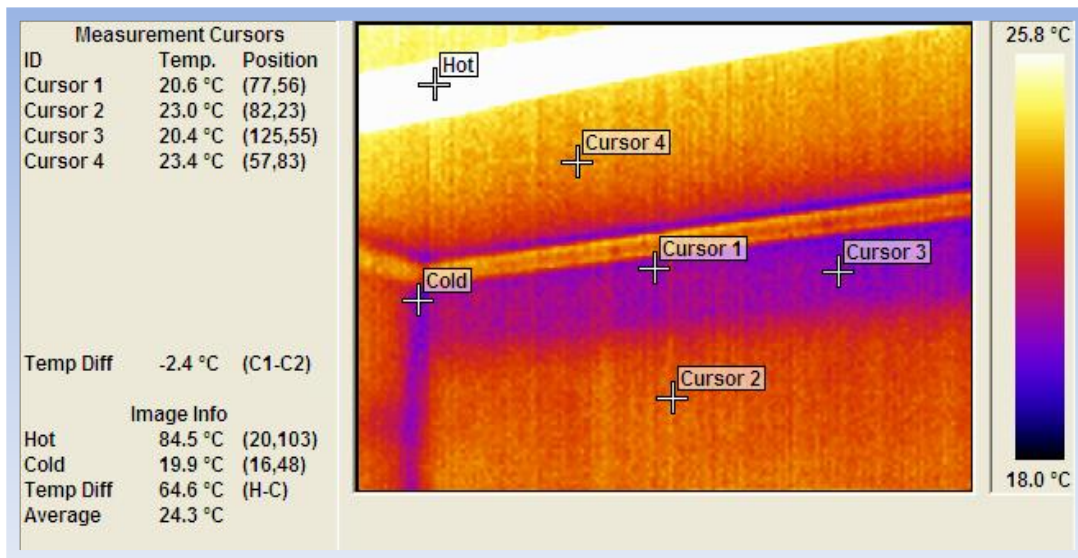
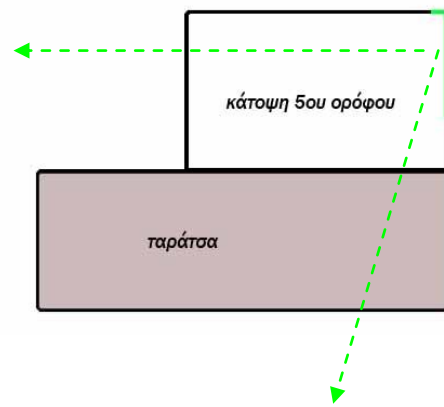
4.4.5 Πέμπτος όροφος

Περίπτωση 5.1 – Εσοχή στην αριστερή εμπρόσθια όψη



Σχολιασμός: Στην περίπτωση 5.1 παρατηρείται σημαντική διαφυγή θερμότητας από ένα κομμάτι της τοιχοποιίας που στη θερμοφωτογραφία απεικονίζεται με μωβ χρώμα. Συγκεκριμένα στα σημεία 1 και 3 αλλά και περισσότερο στο σημείο με την ένδειξη “cold” η θερμοκρασία, περίπου 14,4 °C, είναι 3 εως και 4 °C χαμηλότερη απ ότι για παράδειγμα στον πλευρικό τοίχο που επικοινωνεί με το κλιμακοστάσιο (σημείο 2) ή στην οροφή (σημείο 5). Πιθανώς η θερμογέφυρα στο χώρο αυτό να οφείλεται σε κακή τοποθέτηση του μονωτικού υλικού αλλά και στο ότι ακριβώς στο σημείο αυτό εξωτερικά, βρίσκεται τοποθετημένη η εξωτερική κλιματιστική μονάδα (split unit) (βλέπε και εικόνα στην ενότητα 4 «Δώμα»). Σημειώνεται ότι το κλιματιστικό της φωτογραφίας δεν λειτουργούσε κατά τη διάρκεια της θερμογράφησης.

Περίπτωση 5.2 – Δεξιός πλευρικός τοίχος



Σχολιασμός: Στην περίπτωση 5.2 επαναλαμβάνεται το φαινόμενο που συναντήσαμε και σε άλλους ορόφους, όπως στην περίπτωση 3.1 του 3^{ου} ορόφου για μικρότερο όμως πλάτος τοίχου. Η μώβ ζώνη (σημεία “cold”, 1 και 3) είναι σε θερμοκρασία περίπου 20°C ενώ τριγύρω η θερμοκρασία είναι κατά μέσο όρο 23°C.

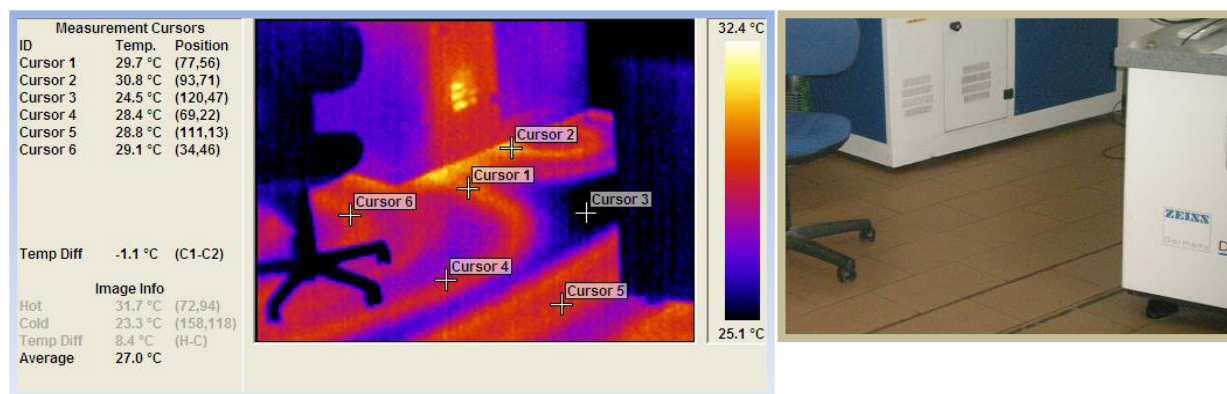
Παρατηρήσεις:

- 1) Κατά τη διάρκεια της θερμογράφησης ο χώρος θερμαινόταν από κλιματιστικό και όχι από την ενδοδαπέδια θέρμανση
- 2) Το κλιματιστικό της φωτογραφίας στην περίπτωση 5.1 ήταν εκτός λειτουργίας όταν έγιναν οι μετρήσεις
- 3) Οι πλευρικοί τοίχοι στον 5^ο όροφο δεν επικοινωνούν εξωτερικά με άλλο γειτονικό κτίριο.

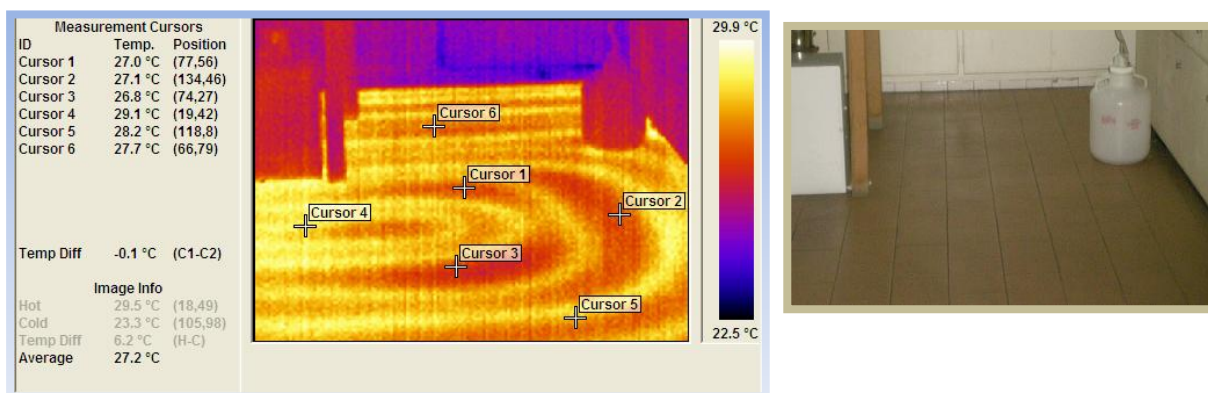
4.4.6 Ενδοδαπέδια θέρμανση

4.4.6.1 Χημείο

Περίπτωση 6.1



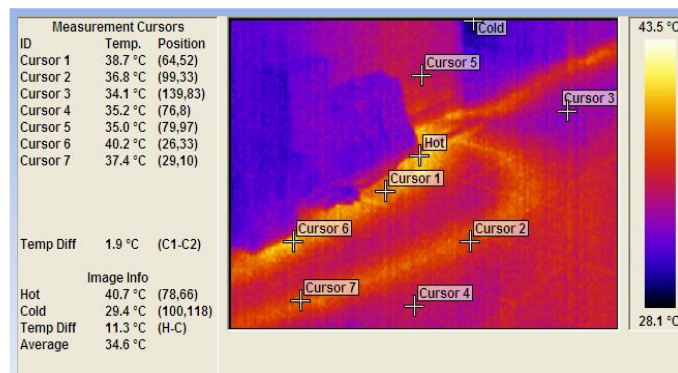
Περίπτωση 6.2



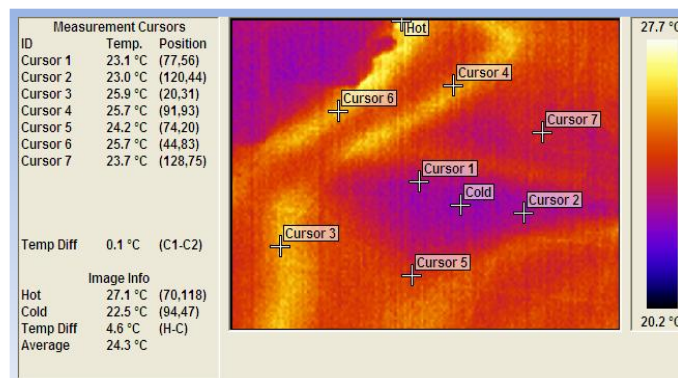
Σχολιασμός: Στις θερμοφωτογραφίες των περιπτώσεων 6.1 και 6.2 φαίνεται το σύστημα ενδοδαπέδιας θέρμανσης του πρώτου ορόφου σε κανονική λειτουργία. Με έντονο πορφυρό και πορτοκαλί χρώμα στην εικόνα της περίπτωσης 6.1 και κίτρινο στην εικόνα της περίπτωσης 6.2 διακρίνονται οι σωληνώσεις που μεταφέρουν το θερμό νερό στο χώρο του εργαστηρίου.

4.4.6.2 Δεύτερος όροφος

Περίπτωση 6.3



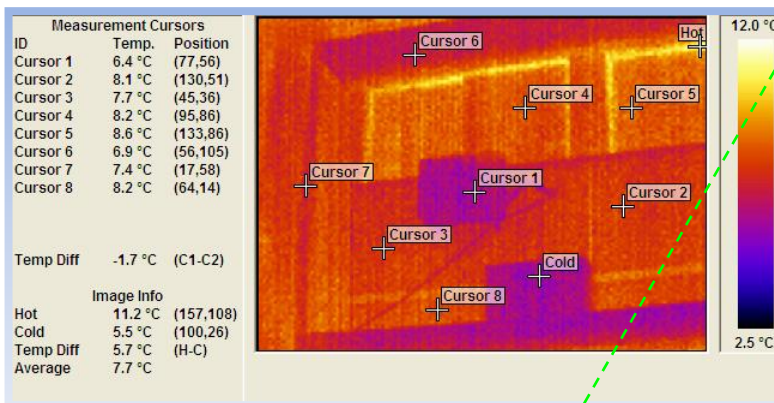
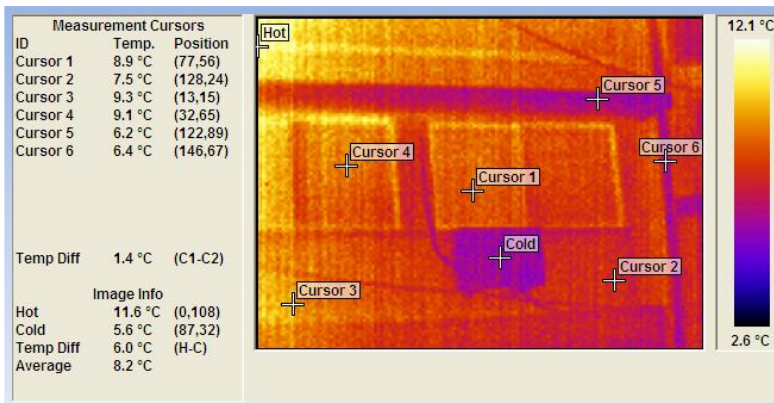
Περίπτωση 6.4



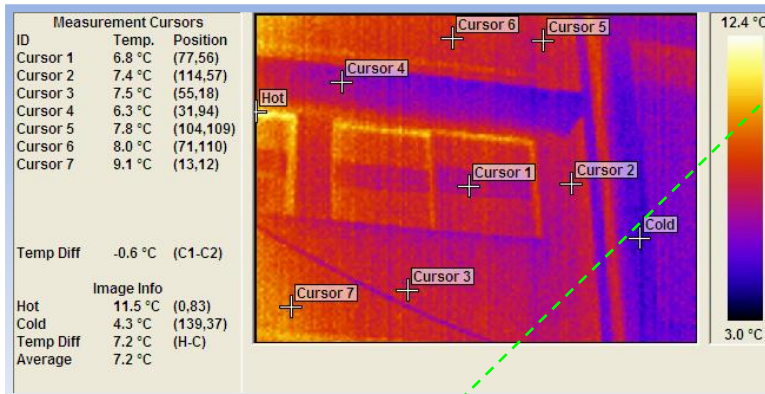
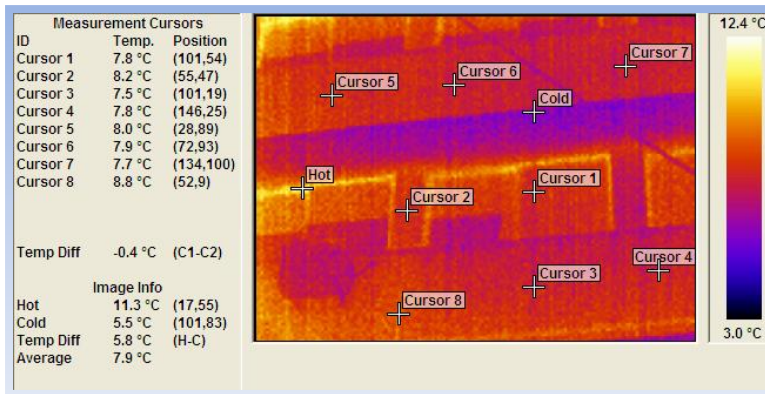
Σχολιασμός: Στις θερμοφωτογραφίες των περιπτώσεων 6.3 και 6.4 φαίνεται η λειτουργία της ενδοδαπέδιας θέρμανσης του 2^{ου} ορόφου. Με το έντονο κίτρινο χρώμα ξεχωρίζουν οι σωληνώσεις που μεταφέρουν το ζεστό νερό.

4.4.7 Εξωτερική θερμογράφηση στην εμπρόσθια όψη του κτιρίου

Περίπτωση 7.1



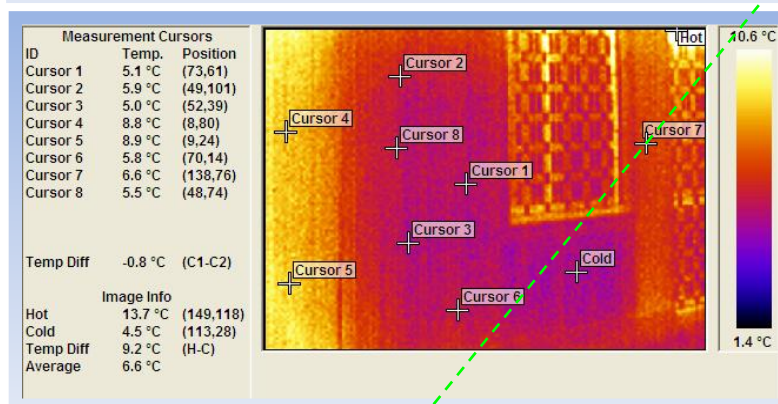
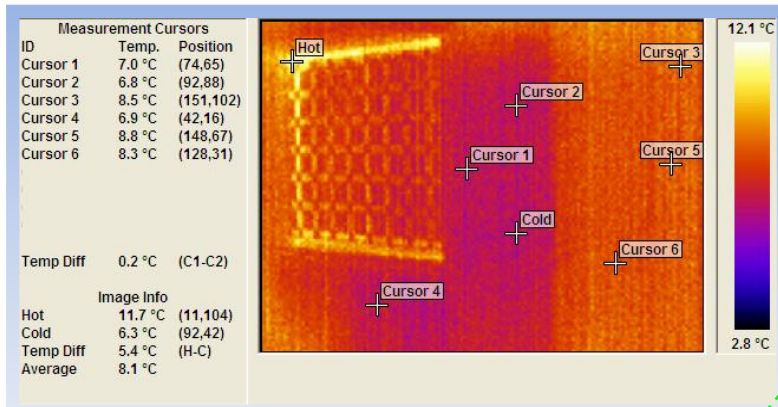
Περίπτωση 7.2



Σχολιασμός: Κατά την εξωτερική θερμογράφιση του κτιρίου παρουσιάστηκε πρόβλημα λόγω της πυκνής δόμησης του τετραγώνου και έτσι δεν κατέστη δυνατό να γίνει η λήψη θερμοφωτογραφιών υπό ιδανικές συνθήκες καθώς υπήρχε περιορισμός στην απόσταση που μπορούσαν να γίνουν οι λήψεις. Πέρα από αυτό, οι θερμοφωτογραφίες δεν εμφανίζουν κάποιο πρόβλημα στον εξωτερικό σκελετό του κτιρίου. Η μόνωση φαίνεται ικανοποιητική και δεν παρατηρείται διαφυγή θερμότητας ή ύπαρξη υγρασίας σε καμία από τις 4 θερμοφωτογραφίες.

4.4.8 Εξωτερική θερμογράφηση στο δώμα

Περίπτωση 8.1



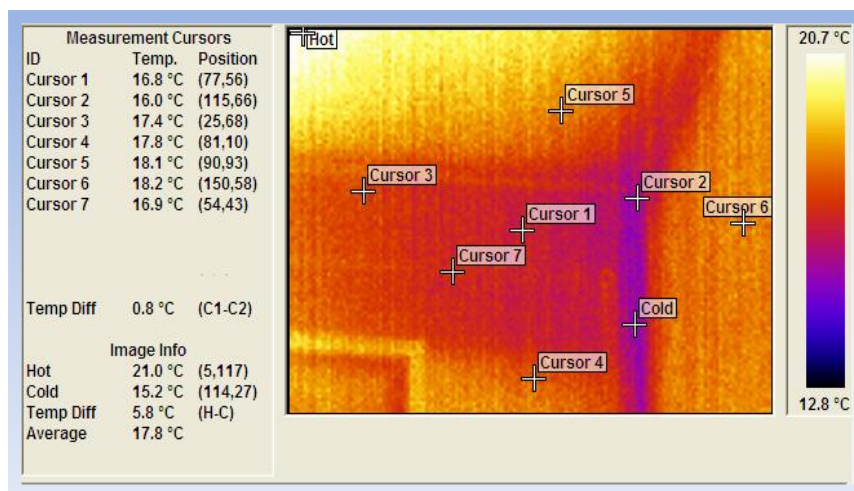
Σχολιασμός:

Στις θερμοφωτογραφίες φαίνεται πως η μόνωση του τοίχου καταφέρνει και συγκρατεί τη θερμότητα στο εσωτερικό του κτιρίου καθώς παρατηρώντας τους υαλοπίνακες και την πόρτα το κίτρινο χρώμα περιμετρικά των πλαισίων και η υψηλή θερμοκρασία (ένδειξη "hot") υποδηλώνει

διαρροή θερμότητας από εκεί. Το μωβ χρώμα ωστόσο στους τοίχους (σημεία 1,2,4 και 1,2,3,6,8 στην πρώτη και δεύτερη περίπτωση αντίστοιχα) καταδεικνύει και την ύπαρξη υγρασίας στα σημεία αυτά σε σύγκριση με το γύρω χώρο (σημεία 3,5,6 και 4,5 στην πρώτη και δεύτερη περίπτωση αντίστοιχα) που έχουν ελαφρώς υψηλότερη θερμοκρασία.

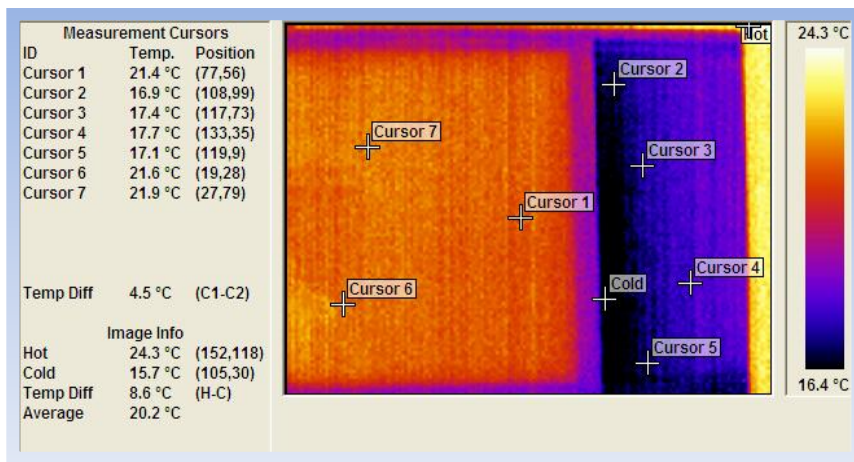
4.4.9 Άλλες περιπτώσεις

Περίπτωση 9.1: Κλιμακοστάσιο (5^{ος} όροφος)



Σχολιασμός: Η περίπτωση 9.1 είναι παρόμοια με άλλες περιπτώσεις που παρουσιάστηκαν σε προηγούμενες ενότητες με τη θερμογέφυρα να εμφανίζεται κατά μήκος της εσοχής του κλιμακοστάσιου με έντονο μωβ χρώμα και τη θερμοκρασία στο ψυχρότερο σημείο να φτάνει τους 15,2°C.

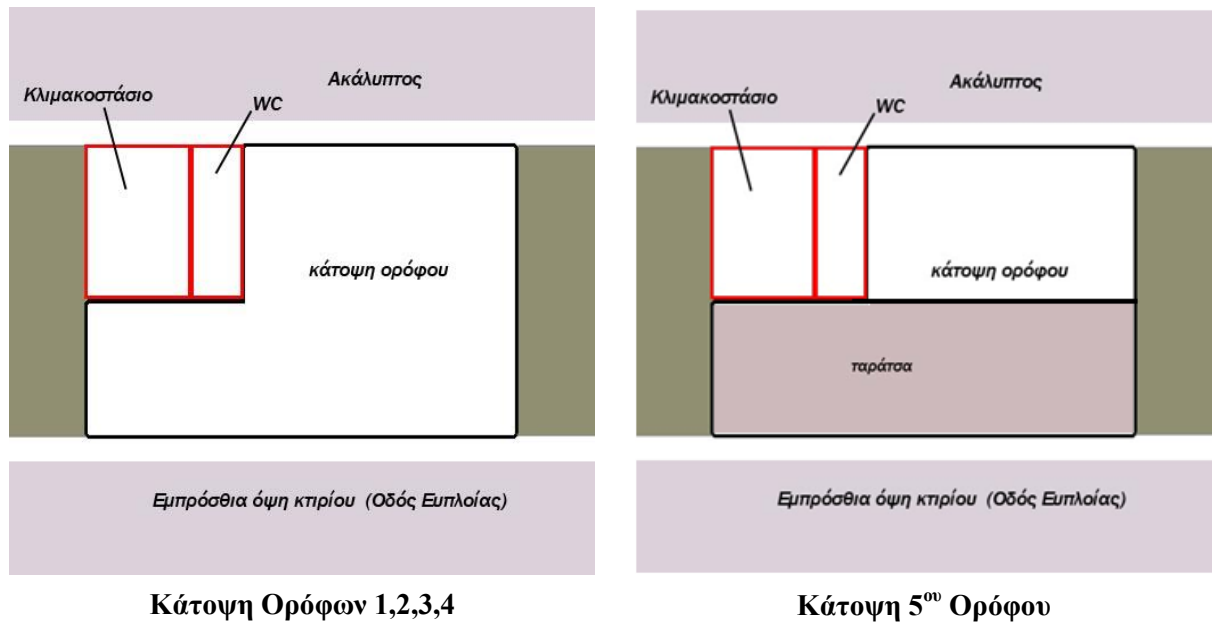
Περίπτωση 9.2: Υαλοπινάκας (1^{ος} όροφος)



Σχολιασμός: Στην περίπτωση 9.2 παρατηρείται έντονη διαφυγή θερμότητας από το χώρισμα του υαλοπινάκα του 1^{ου} ορόφου λόγω κακής τοποθέτησης των πλαισίων κάτι που επιτρέπει στον εξωτερικό αέρα να εισέρχεται στο εσωτερικό του δωματίου από το χώρισμα ανάμεσα στους υαλοπινάκες.

4.5 Υπόμνημα

Κατόψεις του κτιρίου:



Οι χώροι με άσπρο φόντο (πλην του κλιμακοστασίου) θερμαίνονται με ενδοδαπέδια θέρμανση.

4.6 Έλεγχος του λέβητα πετρελαίου με τον αναλυτή καυσαερίων

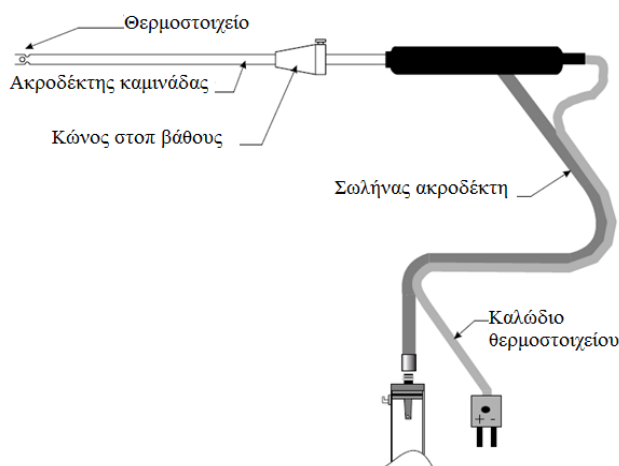
4.6.1 Μετρητική διαδικασία

4.6.1.1 Όργανο μέτρησης

Το όργανο που χρησιμοποιήθηκε στις μετρήσεις ήταν ο αναλυτής καυσαερίων KANE 900 PLUS, ο οποίος απεικονίζεται παρακάτω:



Εικόνα 4.5 KANE 900 PLUS



Εικόνα 4.6 Ακροφύσιο Δειγματοληψίας

4.6.1.2 Περιγραφή μετρητικής διαδικασίας

Πριν γίνει οποιαδήποτε μέτρηση στο λέβητα ο αναλυτής είναι απαραίτητο να «αυτορυθμιστεί» σε συνθήκες περιβάλλοντος για ένα μικρό χρονικό διάστημα (στη συγκεκριμένη περίπτωση 3 λεπτά). Με την ολοκλήρωση της διαδικασίας αυτής ξεκινούν οι δειγματοληπτικές μετρήσεις.

Για τη λήψη των μετρήσεων εισάγεται το ακροφύσιο δειγματοληψίας του αναλυτή στην τρύπα δειγματοληψίας της καπνοδόχου φροντίζοντας ώστε αυτό να βρίσκεται περίπου στο μέσο της διατομής. Ο αναλυτής έχει τη δυνατότητα να παίρνει στιγμιαίες μετρήσεις οι οποίες αποθηκεύονται και στη συνέχεια τις ανακτώνται μέσω υπολογιστή ενώ υπάρχει και η επιλογή να ληφθεί η μέση τιμή των μετρήσεων που λαμβάνονται όσο ο αναλυτής είναι εν λειτουργία στο συγκεκριμένο λέβητα.

Ειδικότερα ο αναλυτής μετρά την θερμοκρασία περιβάλλοντος και καυσαερίων και υπολογίζει μεταξύ άλλων την περιεκτικότητά τους σε O₂, CO, CO₂, SO₂, NO και NO_x καθώς επίσης και τις απώλειες του λέβητα μαζί με την αποδοτικότητά του. Για τον υπολογισμό του δείκτη αιθάλης χρησιμοποιήθηκε μια ειδική τρόμπα μέσω της οποίας απορροφάται σε ειδικό χαρτί μέρος των καυσαερίων το οποίο αναλόγως με την απόχρωση που εμφανίζεται στο χαρτί μας παραπέμπει στον κατάλληλο δείκτη της κλίμακας Brignon.

4.6.2 Καταγραφή αποτελεσμάτων

Ο λέβητας που επιθεωρήθηκε είναι ο Elinox ELS-80 (Ελινόξ, νυν ΒΙΟΣΩΛ) και έχει τα εξής χαρακτηριστικά:

- Ισχύς: 70 – 80 kCal/h
- Πίεση Δοκιμής: 9 kg / cm²
- Πίεση Λειτουργίας: 7 kg / cm²
- Απόδοση: 90-92 %
- Έτος αγοράς: 1983

Οι μετρήσεις από τον αναλυτή καυσαερίων στο λέβητα του κτιρίου παρατίθενται στον Πίνακα 4.1.

Πίνακας 4.1 Οι μετρήσεις του αναλυτή καυσαερίων

| Καυστήρας | ELS-80 | Επιτρεπτά Όρια |
|------------------------------------|---------------------------------|----------------|
| Ημερομηνία | 13/4/2011 | |
| Ώρα | 11:17:42 | |
| Τύπος καυσίμου | Πετρέλαιο θέρμανσης (Light Oil) | |
| <i>NET</i> | 262 °C | |
| <i>FLUE</i> | 286 °C | 180...280 °C |
| <i>AMBIENT</i> | 22,7 °C | |
| <i>O2</i> | 7,20% | |
| <i>CO2</i> | 10,20% | <9 % |
| <i>SMOKE</i> (Brigon Scale 0-9) | 2 | 0-1 |
| <i>CO</i> | 5 ppm | <60 ppm |
| <i>NO</i> | 63 ppm | <65 ppm |
| <i>NOx</i> | 66 ppm | <65 ppm |
| <i>CO/CO2 INDEX</i> (Pindex) | 0% | |
| Περίσσεια Αέρα (λ) | 52,5% | |
| <i>LOSSES</i> | 13,10% | <11% |
| <i>EFF(N)</i> | 86,90% | |

Όπου:

- *NET*: Διαφορά Θερμοκρασίας
- *FLUE*: Θερμοκρασία Καυσαερίων
- *Ambient*: Θερμοκρασία Περιβάλλοντος
- *Smoke*: Δείκτης Αιθάλης
- *Losses*: Απώλειες
- *Eff*: Απόδοση καύσης

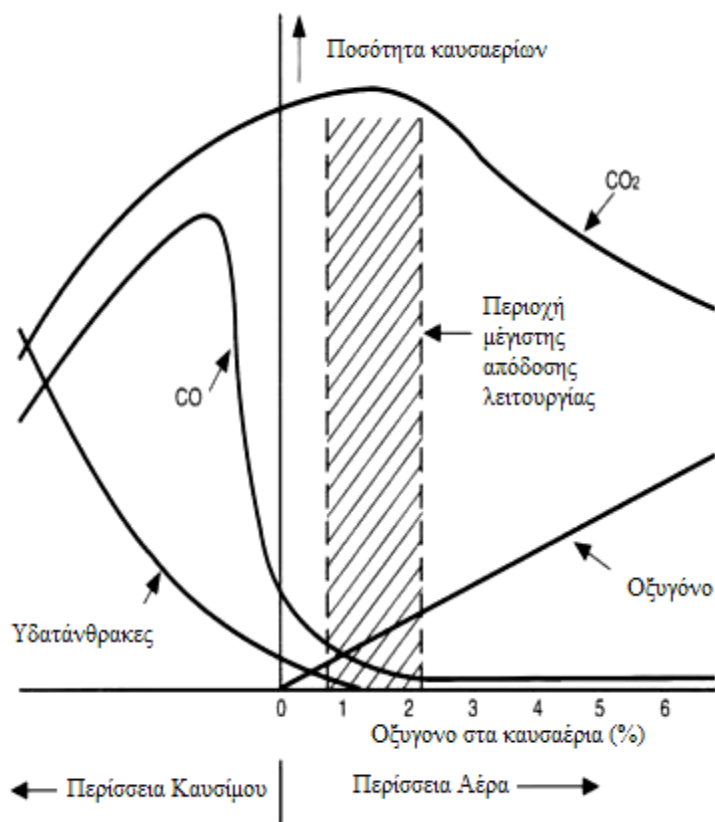
Αναμενόμενα, κρίνοντας από την παλαιότητα του λέβητα, η απόδοση του κρίνεται, βάσει των ορίων, μη ικανοποιητική. Συγκεκριμένα παρατηρείται υπέρβαση των επιτρεπτών ορίων:

- Στη θερμοκρασία καυσαερίων (FLUE) κατά 6 βαθμούς Κελσίου
- Στα επίπεδα CO₂, κατά 1,2% πάνω από το όριο
- Στο δείκτη αιθάλης που βρίσκεται στο 2 της κλίμακας Brigon
- Στα οξείδια του αζώτου κατά 1 ppm
- Στο δείκτη αποδοτικότητας του λέβητα, κατά 2,1%

4.6.3 Ανάλυση – Συμπεράσματα

Τα κυριότερο κριτήριο αναφορικά με την επάρκεια του λέβητα είναι ασφαλώς ο βαθμός απόδοσης καύσης ο οποίος εκφράζει το ποσοστό ενέργειας του καυσίμου που μετατρέπεται τελικώς σε χρήσιμη θερμική ενέργεια. Τυχόν απώλειες του λέβητα πιθανώς να οφείλονται σε ατελή καύση, απώλειες από τα τοιχώματα, απαγωγή θερμότητας στο περιβάλλον κλπ. Ο βαθμός απόδοσης, αν και μικρότερος του ονομαστικού, είναι αρκετά καλός (86,9%) αναλογιζόμενοι και την παλαιότητα του μοντέλου του λέβητα.

Στον αντίποδα, ο δείκτης αιθάλης είναι πάνω από το καθορισμένο όριο κάτι που υποδεικνύει όχι και τόσο καλή καύση ενώ και η υψηλή θερμοκρασία καυσαερίων πιθανώς να προκαλεί συμπύκνωση υδρατμών (και συνεπώς μείωση της απόδοσης). Για την περαιτέρω ανάλυση είναι χρήσιμο το Διάγραμμα 4.1.



Διάγραμμα 4.1 Απόδοση καύσης συναρτήσει των παραμέτρων καύσης

Στην περίπτωση αυτή, ο δείκτης οξυγόνου είναι αρκετά ψηλός (7,2%) με αποτέλεσμα να απομακρυνόμαστε από την περιοχή μέγιστης απόδοσης λειτουργίας. Η περίσσεια του οξυγόνου που παρατηρείται σημαίνει περίσσεια αέρα στην καύση κάτι που δικαιολογεί και την χαμηλή ποσότητα του CO αλλά και την μείωση στην αποδοτικότητα του λέβητα.

Από περιβαλλοντικής πλευράς είναι αξιοσημείωτο το υψηλό επίπεδο των οξειδίων του αζώτου (NOx) για το μέγεθος του καυστήρα το οποίο είναι οριακά πάνω από τα επιτρεπτά όρια. Για να βγει ωστόσο ασφαλές συμπέρασμα για την ανάγκη αντικατάστασης ή μη του λέβητα, θα ήταν χρήσιμη η επανάληψη των μετρήσεων από κάποιον μηχανολόγο μηχανικό ή πιστοποιημένο επιθεωρητή.



Εικόνα 4.7 Το σύστημα λέβητα καυστήρα του κτιρίου (Elinox ELS-80)

Κεφάλαιο 5. Πρόταση Δράσεων **Ενεργειακής Βελτιστοποίησης**

5.1 Εισαγωγή

Το τελευταίο και ίσως σημαντικότερο στάδιο μιας ενεργειακής επιθεώρησης είναι η διαμόρφωση ολοκληρωμένων προτάσεων και λύσεων είτε για την αντιμετώπιση των υπαρχόντων ενεργειακών προβλημάτων είτε για την περαιτέρω βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας του κτιρίου.

Στόχος της διαδικασίας είναι η δημιουργία προοπτικών και προϋποθέσεων για τη μείωση των ενεργειακών καταναλώσεων και κατά συνέπεια του λειτουργικού κόστους, λαμβάνοντας υπόψη όλους τους βασικούς τεχνοοικονομικούς παράγοντες και τις πιθανές μεταβολές τους (τιμές καυσίμων, επικείμενα νομοθετικά πλαίσια, οικονομικούς δείκτες, επιδοτήσεις κ.α.).

Κύριο μέλημα στο σχεδιασμό των δράσεων είναι η όσο το δυνατόν καλύτερη εκμετάλλευση των διαθέσιμων φυσικών πόρων με σκοπό την εξασφάλιση ιδανικών θερμικών και οπτικών συνθηκών με το μικρότερο δυνατό κόστος (βιοκλιματικός σχεδιασμός) αλλά και η ελαχιστοποίηση των μη αναγκαίων καταναλώσεων κομμάτι στο οποίο είναι απαραίτητη η ευαισθητοποίηση και η συνεισφορά του ανθρώπινου παράγοντα.

Πέρα όμως από τα άμεσα οφέλη, εξίσου σημαντική είναι η συνεισφορά των προτεινόμενων δράσεων και στην προστασία του περιβάλλοντος μέσω της χρήσης εξοπλισμού φιλικότερου προς αυτό και της μείωσης των ρυπογόνων εκπομπών. Γι' αυτό το λόγο άλλωστε έχουν θεσμοθετηθεί κανόνες αλλά και επιδοτήσεις προς αυτή την κατεύθυνση σε παγκόσμιο επίπεδο.

Η παρούσα μελέτη εξετάζει τις δυνατότητες βελτιωτικών παρεμβάσεων στο φωτισμό, στη θέρμανση και ψύξη του κτιρίου και στο κτιριακό κέλυφος ενώ μελετάται και η προοπτική εγκατάστασης φωτοβολταϊκών γεννητριών στο δώμα.

5.2 Κριτήρια επιλογής

Η αξιολόγηση και η επιλογή των προτάσεων γίνεται μέσω διεξοδικής ανάλυσης των ελλείψεων και των αναγκών του κτιρίου βάση της μελέτης που προηγήθηκε στα προηγούμενα κεφάλαια. Λαμβάνονται κάθε φορά υπόψη ποικίλοι παράγοντες όπως η τοποθεσία του κτιρίου, οι βιοκλιματικές συνθήκες της περιοχής, οι δυνατότητες εφαρμογής των μέτρων αλλά και οι εργασιακές συνθήκες με γνώμονα πάντα τη βέλτιστη κάλυψη των αναγκών των εργαζομένων. Η επιλογή του εκάστοτε εξοπλισμού γίνεται βάση συγκεκριμένων τεχνικών προδιαγραφών (ειδικά χαρακτηριστικά, παρεχόμενη εγγύηση, έξοδα συντήρησης κλπ) και πάντα κατόπιν συμβουλής εξειδικευμένου προσωπικού σε κάθε τομέα εφαρμογής, με στόχο τον καλύτερο δυνατό συνδυασμό αξιοπιστίας, απόδοσης και τιμής.

Σε κάθε περίπτωση υπολογίζεται η εκτιμώμενη ενεργειακή εξοικονόμηση και το άμεσο οικονομικό όφελος που θα προκύψει σε ετήσια βάση, συνυπολογίζοντας και τη βελτίωση των εργασιακών συνθηκών (πχ καλύτερα επίπεδα φωτισμού, θέρμανσης κλπ). Ωστόσο η διαδικασία επιλογής βασίζεται κατά κύριο λόγο στα βασικά οικονομικά κριτήρια: της Καθαρής Παρούσας Αξίας (ΚΠΑ), του Εσωτερικού Βαθμού Απόδοσης (EBA) και της Έντοκης Περιόδου Αποπληρωμής (EΠΑ) της επένδυσης.

5.2.1 Κριτήριο της Καθαρής Παρούσας Αξίας (ΚΠΑ)

Η Καθαρή Παρούσα Αξία (ΚΠΑ) μιας επένδυσης είναι η διαφορά μεταξύ της παρούσας αξίας των καθαρών ταμειακών ροών (ΚΤΡ) της επένδυσης, προεξοφλημένων στο παρόν με επιτόκιο i και του αρχικού κεφαλαίου K που απαιτείται για να πραγματοποιηθεί η επένδυση σήμερα [17]. Πρακτικά, αντιπροσωπεύει το συνολικό καθαρό όφελος της επένδυσης. Ο τύπος υπολογισμού

$$\text{ΚΠΑ} = -K + \sum_{i=0}^N \frac{F_i}{(1+d)^i} + \frac{YA_N}{(1+d)^i} \text{ όπου}$$

K : Κόστος αρχικής επένδυσης

F_i : Ετήσιο καθαρό όφελος

N : Διάρκεια ζωής επένδυσης (έτη)

d : Επιτόκιο αναγωγής σε παρούσα αξία

YA : Η υπολειμματική αξία της επένδυσης στο τέλος της διάρκειας ζωής της

Για τον προσδιορισμό της βιωσιμότητας της επένδυσης ισχύει:

- Για $\text{ΚΠΑ} > 0$, η επένδυση θεωρείται βιώσιμη
- Για $\text{ΚΠΑ} < 0$, η επένδυση δεν θεωρείται βιώσιμη
- Για $\text{ΚΠΑ} = 0$, η επένδυση θεωρείται βιώσιμη με μέσο ετήσιο βαθμό απόδοσης ίσο με d

Γενικότερα, μεγάλη ΚΠΑ συνεπάγεται και υψηλή οικονομική απόδοση της επένδυσης. Σημειώνεται ότι σε όλους τους υπολογισμούς του παρόντος κεφαλαίου, η υπολειμματική αξία θεωρείται μηδενική, το επιτόκιο αναγωγής ίσο με 5% και η διάρκεια ζωής των επενδύσεων δεκαετής ($N = 10$).

5.2.2 Κριτήριο του Εσωτερικού Βαθμού Απόδοσης (EBA)

Ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης είναι το προεξοφλητικό επιτόκιο το οποίο μηδενίζει την καθαρή παρούσα αξία της επένδυσης. Ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης μιας επένδυσης υπολογίζεται ως εξής: εξισώνοντας την παρούσα αξία της αναμενόμενης καθαρής εισροής μετρητών με την παρούσα αξία της εκροής μετρητών [18],

$$\text{ΚΠΑ}_{(d=EBA)} = 0$$

Για τον προσδιορισμό της βιωσιμότητας της επένδυσης ισχύει:

- Για $EBA > d$, η επένδυση κρίνεται αποδεκτή
- Για $EBA < d$, η επένδυση κρίνεται μη αποδεκτή
- Για $EBA = d$, η αποδοχή ή μη της επένδυσης είναι στην κρίση του επενδυτή

Το κριτήριο του EBA παρουσιάζει αρκετά πλεονεκτήματα σε σχέση με το κριτήριο της ΚΠΑ γι' αυτό και συχνά προτιμάται για την αξιολόγηση της απόδοσης μιας

επένδυσης. Ωστόσο πολλές φορές, ιδιαίτερα όταν πρόκειται για σύγκριση επενδύσεων διαφορετικών μεγεθών ενδέχεται να μη δώσει απολύτως σωστά αποτελέσματα.

5.2.3 Κριτήριο της Έντοκης Περιόδου Αποπληρωμής (ΕΠΑ)

Μέσω του κριτηρίου της ΕΠΑ προσδιορίζεται το διάστημα που χρειάζεται για την ολική αποπληρωμή της αρχικής επένδυσης και των τόκων που θα μπορούσαν να ληφθούν από την εναλλακτική τοποθέτηση του αρχικού κεφαλαίου. Για τον προσδιορισμό της ΕΠΑ λύνεται η εξίσωση:

$$ΚΠΑ_{(N=ΕΠΑ)} = 0$$

Η επένδυση θεωρείται οικονομικά βιώσιμη εάν η τιμή του ΕΠΑ ικανοποιεί της προσδοκίες του εκάστοτε επενδυτή ως προς τον χρόνο αποπληρωμής της, συνήθως το έργο κρίνεται βιώσιμο εάν η ΕΠΑ είναι μικρότερη από την αναμενόμενη διάρκεια ζωής της επένδυσης. [19]

5.3 Προτεινόμενες δράσεις βελτίωσης της ενεργειακής αποδοτικότητας

5.3.1 Δράσεις για το φωτισμό

Ο προσανατολισμός του κτιρίου και η πυκνή δόμηση δεν καθιστούν εύκολη την εκμετάλλευση του φυσικού φωτισμού στο μεγαλύτερο κομμάτι του κτιρίου. Σαν αποτέλεσμα η χρήση του φωτισμού είναι αδιάλειπτη και κατά συνέπεια αρκετά ενεργοβόρα. Επιπλέον οι υπάρχοντες λαμπτήρες είναι παλιάς τεχνολογίας (έχουν καταργηθεί από την αγορά) και η ποιότητα φωτισμού επιδέχεται βελτίωσης. Στα πλαίσια βελτίωσης των εργασιακών συνθηκών και μείωσης της κατανάλωσης προτείνονται λύσεις χαμηλού κόστους με σημαντικά οφέλη τόσο για την επιχείρηση όσο και για το περιβάλλον.

5.3.1.1 Αντικατάσταση λαμπτήρων και ballast

Σαν πρώτη δράση εξοικονόμησης προτείνεται η αντικατάσταση των υπαρχόντων (και πλέον καταργηθέντων βάσει νομοθεσίας) τριφωσφορικών λαμπτήρων TLD 23W/54 (Philips) με τους αντίστοιχους TLD 23W/84 της σειράς MASTER TL-D Super 80 σε υπόγειο, 1^ο, 2^ο, 3^ο και 4^ο όροφο καθώς και των αντίστοιχων των 58W του 5^{ου} ορόφου και επιπλέον αντικατάσταση των παλιών μαγνητικών ballast με ηλεκτρονικά στα αντίστοιχα φωτιστικά.

Οι λαμπτήρες είναι τύπου T8 ώστε να μην χρειαστεί αλλαγή των φωτιστικών λόγω διαφοράς μεγέθους (κάτι που θα συνέβαινε αν επιλέγονταν λαμπτήρες T5) ενώ επιλέχθηκαν λαμπτήρες ίδιας ισχύος που ωστόσο λόγω νέας τεχνολογίας αποδίδουν περισσότερο φως. Επισημαίνεται ότι η αντικατάσταση των λαμπτήρων δεν συνεπάγεται και μείωση στις καταναλώσεις, ωστόσο τα οφέλη από την αλλαγή τους είναι ποικίλα: Διάρκεια ζωής λαμπτήρων 20.000 ώρες (διπλάσια από πριν), καλύτερη χρωματική απόδοση και μεγαλύτερη ποσότητα φωτός. Επίσης οι νέοι λαμπτήρες είναι συμβατοί με το πρότυπο φωτισμού εσωτερικών χώρων EN 12464-1, συμβάλλουν στη μείωση των εκπομπών CO₂ και έχουν τη χαμηλότερη περιεκτικότητα σε υδράργυρο (2mg).[21]

Συνολικά θα αλλαχθούν 90 λαμπτήρες και 45 Ballast. Το αρχικό κόστος της επένδυσης ανέρχεται στα 703,13 € (183,38 € για τους λαμπτήρες και 519,75 € για τα ballast) Σύμφωνα με στοιχεία του κατασκευαστή τα μαγνητικά ballast συνεισφέρουν σε εξοικονόμηση ενέργειας έως και 25%. [20]

Στους υπολογισμούς που έγιναν στο κεφάλαιο 3, οι καταναλώσεις για χρήσεις φωτισμού ανέρχονται στις 4.022 KWh ετησίως στους χώρους που εξετάζονται. Μια εξοικονόμηση της τάξης του 25% από την αλλαγή των ballast αντιστοιχεί σε $4.022 \cdot 0,25 = 1.005,5$ KWh ετησίως. Λόγω της διαφορετικής τιμολόγησης του 2^{ου} ορόφου και σύμφωνα με το ποσοστό συμμετοχής του (22% επί της συνολικής κατανάλωσης, βλ. παράγραφο 3.2.3.3), η ετήσια εξοικονόμηση με βάση τις τιμές που αναγράφονται στα τιμολόγια της ΔΕΗ, (0,14 €/Kwh για το 2^ο όροφο και 0,11529 για τους υπόλοιπους) υπολογίζεται:

$$F_i = 1.005,5 \text{ KWh} \cdot (0,22 \cdot 0,14 \text{ € / KWh} + 0,78 \cdot 0,11529 \text{ € / KWh}) = 121,4 \text{ €}$$

Όπου 0,22 είναι το ποσοστό συμμετοχής του 2^{ου} ορόφου στις καταναλώσεις φωτισμού (22%) και 0,78 (78%) των υπολοίπων σύμφωνα με την εκτιμώμενη κατανάλωση που υπολογίστηκε στο 3^ο κεφάλαιο.

Αναλυτικά οι υπολογισμοί:

Πίνακας 5.1 Υπολογισμοί για την αντικατάσταση λαμπτήρων και ballast

| | |
|---------------------------------|-----------|
| Αρχικό Κόστος Επένδυσης (K) | 703,13 € |
| Επιτόκιο Αναγωγής (d) | 5% |
| Διάρκεια ζωής της Επένδυσης (N) | 10 έτη |
| Ετήσια Εξοικονόμηση (Fi) | 121,4 € |
| ΚΠΑ | |
| N = 0 | -581,73 € |
| N = 1 | -466,11 € |
| N = 2 | -356,00 € |
| N = 3 | -251,13 € |
| N = 4 | -151,25 € |
| N = 5 | -56,13 € |
| N = 6 | 34,46 € |
| N = 7 | 120,74 € |
| N = 8 | 202,90 € |
| N = 9 | 281,16 € |
| N = 10 | 355,69 € |
| EBA | 16,2% |
| EΠΑ | 5,6 έτη |

Άρα τελικώς προκύπτει:

ΚΠΑ = 355,69 € > 0, οπότε η επένδυση κρίνεται συμφέρουσα.

5.3.1.2 Εγκατάσταση αισθητήρων κίνησης

Σαν επιπλέον μέτρο εξοικονόμησης προτείνεται η εγκατάσταση αισθητήρων κίνησης στους εργαστηριακούς χώρους του χημείου και του υπογείου μιας και εκεί

παρατηρείται συχνά άσκοπη χρήση του φωτισμού κατά τη διάρκεια της ημέρας. Η πρόταση αυτή αφορά την αγορά 4 αισθητήρων κόστους 80 € ο καθένας (2 για το χημείο και 2 για τους χώρους του υπογείου) και άρα συνολικό κόστος επένδυσης $4 \cdot 80 = 320$ €.

Η εκτιμώμενη ενεργειακή εξοικονόμηση μπορεί να φτάσει μέχρι και το 50% δεδομένου ότι οι εργαστηριακοί χώροι παραμένουν συνεχώς φωτισμένοι κατά τη διάρκεια μετρήσεων/δοκιμών χωρίς απαραίτητα να υπάρχει κάποιος στο χώρο. Επομένως μια ορθολογική εκτίμηση της ετήσιας εξοικονόμησης από αυτή την επένδυση θα ήταν $F_i = 0,50 \cdot 1692 \text{KWh} \cdot 0,11529 \text{€} / \text{KWh} = 97,54 \text{€}$

Αναλυτικά οι υπολογισμοί:

Πίνακας 5.2 Υπολογισμοί για την εγκατάσταση αισθητήρων κίνησης

| | |
|---------------------------------|-----------|
| Αρχικό Κόστος Επένδυσης (K) | 320 € |
| Επιτόκιο Αναγωγής (d) | 5% |
| Διάρκεια ζωής της Επένδυσης (N) | 10 έτη |
| Ετήσια Εξοικονόμηση (Fi) | 97,54 € |
| ΚΠΑ | |
| N = 0 | -222,46 € |
| N = 1 | -129,56 € |
| N = 2 | -41,09 € |
| N = 3 | 43,17 € |
| N = 4 | 123,41 € |
| N = 5 | 199,84 € |
| N = 6 | 272,62 € |
| N = 7 | 341,94 € |
| N = 8 | 407,96 € |
| N = 9 | 470,84 € |
| N = 10 | 530,72 € |
| EBA | 42,5% |
| EΠA | 2,5 έτη |

Άρα τελικώς προκύπτει:

$\text{ΚΠΑ} = 530,72 \text{€} > 0$, οπότε η επένδυση κρίνεται συμφέρουσα.

Επομένως και οι δυο επενδύσεις είναι βιώσιμες. Σημειώνεται ξανά ότι η αντικατάσταση των λαμπτήρων αν και δε συμβάλλει άμεσα στην εξοικονόμηση χρημάτων θα βελτιώσει σημαντικά την ποιότητα φωτισμού, θα μειώσει την ανάγκη αντικατάστασης των λαμπτήρων μακροπρόθεσμα και φυσικά συνεισφέρει στην προστασία του περιβάλλοντος.

5.3.2 Δράσεις για τη θέρμανση - ψύξη

Κύρια πηγή θέρμανσης του κτιρίου είναι το ενδοδαπέδιο σύστημα θέρμανσης που καλύπτει όλους τους χώρους (εκτός του υπογείου) το οποίο λειτουργεί με λέβητα πετρελαίου, ενώ σαν εναλλακτικό μέσο θέρμανσης χρησιμοποιούνται τα κλιματιστικά των ορόφων. Το ενδοδαπέδιο σύστημα θέρμανσης είναι αυτόνομο σε κάθε όροφο ενώ

ο λέβητας είναι συνέχεια ανοιχτός και τίθεται σε λειτουργία βάσει των ρυθμίσεων του θερμοστάτη.

Κάθε χρόνο διατίθεται από την εταιρία ένα ποσό της τάξεως των 1.500-2.000 € για την αγορά πετρελαίου. Μόλις το απόθεμα πετρελαίου τελειώσει η θέρμανση των ορόφων γίνεται από τα κλιματιστικά, ωστόσο, σε ορισμένες περιπτώσεις τα κλιματιστικά προτιμώνται αντί της ενδοδαπέδιας θέρμανσης είτε για λόγους οικονομίας του πετρελαίου είτε για πιο άμεση θέρμανση του χώρου δεδομένου ότι η ενδοδαπέδια θέρμανση χρειάζεται περισσότερο χρόνο για να θερμάνει το χώρο.

Η ποιότητα θέρμανσης του ενδοδαπέδιου συστήματος είναι σαφώς ανώτερη από αυτήν των κλιματιστικών αλλά έχει το μειονέκτημα ότι συγκριτικά με τα κλιματιστικά καθυστερεί να αποδώσει θερμότητα στο χώρο ενώ ισχύει και το αντίστροφο (η θερμότητα του δωματίου διατηρείται περισσότερη ώρα). Αντίθετα τα κλιματιστικά έχουν τη δυνατότητα να θερμαίνουν τον αέρα σε πολύ ταχύτερους ρυθμούς αλλά η ποιότητα θέρμανσης υστερεί σημαντικά ενώ είναι απαραίτητος ο συχνός καθαρισμός των φίλτρων για την καλή λειτουργία τους και την εξασφάλιση καλής ποιότητας αέρα στους κλιματιζόμενους χώρους.

Στον Πίνακα 5.1 παρουσιάζεται η ετήσια κατανάλωση πετρελαίου θέρμανσης στο κτίριο. Όπως σημειώθηκε και στην παράγραφο 3.4 είναι εμφανές πως η αύξηση των τιμών οδήγησε στη σταδιακή μείωση της κατανάλωσης και κατά συνέπεια στη χρήση των κλιματιστικών για θέρμανση.

Πίνακας 5.3 Κατανάλωση και τιμολόγηση πετρελαίου

| Πετρέλαιο Θέρμανσης | | | | | | |
|---------------------|----------------------------|------------------------------|----------------------|-------------|----------------------|---------------------|
| Έτος | Προϋπάρχουσα Ποσότητα (lt) | Ποσότητα που αγοράστηκε (lt) | Τελική Ποσότητα (lt) | Τιμή Λίτρου | Τιμή λίτρου (+ ΦΠΑ)* | Συνολικό Κόστος (€) |
| 2007 | 1.400 | 3.000 | 4.400 | 0,5908 | 0,7030 | 2.109,16 |
| 2008 | 600 | 1.500 | 2.100 | 0,9073 | 1,0796 | 1.619,53 |
| 2009 | 200 | 2.000 | 2.200 | 0,7507 | 0,8933 | 1.786,78 |
| 2010 | - | 2.500 | - | 0,6186 | 0,7608 | 1.902,5 |

*Το 2010 το ΦΠΑ αυξήθηκε από 19 σε 23%.

Η σύγκριση κόστους ενδοδαπέδιας θέρμανσης και κλιματιστικών απαιτεί την έκφραση της θερμικής ενέργειας που αποδίδει το κάθε σύστημα σε χρηματικές μονάδες.

Η θερμογόνο δύναμη του πετρελαίου θέρμανσης είναι περίπου 10.000 kcal/lt. Μια KWh ισούται με περίπου 860 kcal. Επομένως αν θεωρηθεί ο βαθμός απόδοσης του λέβητα $\eta = 86\%$, το ενδοδαπέδιο σύστημα για να αποδώσει μια θερμική KWh χρειάζεται:

$$\frac{860 \text{ Kcal}}{10.000 \text{ KCal / lt} * 0,86} = 0,1 \text{ lt}$$

Με βάση την τιμολόγηση του 2010, η τιμή του πετρελαίου ήταν 0,7608 €/lt άρα τελικά μια θερμική KWh από πετρέλαιο κόστιζε 0,07608 €.

Αν θεωρηθεί ότι τα κλιματιστικά του κτιρίου έχουν μέσο συντελεστή απόδοσης (COP) 3,5KW / 1KW, αυτό πρακτικά σημαίνει πως για κάθε KW που καταναλώνουν αποδίδουν 3,5KW θερμικής ενέργειας. Επομένως η 1 KWh θέρμανσης από τα κλιματιστικά στοιχίζει περίπου:

$$\frac{0,14\text{€} / \text{KWh}}{3,5\text{KWh}} = 0,04\text{€} \text{ για τον } 2^{\circ} \text{ όροφο και } \frac{0,11529\text{€} / \text{KWh}}{3,5\text{KWh}} \approx 0,033\text{€} \text{ για τους}$$

υπόλοιπους. Ωστόσο, η ομοιόμορφη θέρμανση ενός ορόφου (σε αντιστοιχία με το ενδοδαπέδιο σύστημα) απαιτεί την ταυτόχρονη λειτουργία 2 κλιματιστικών, επομένως το κόστος θέρμανσης είναι το διπλάσιο σε κάθε περίπτωση.

Συνοπτικά τα κόστη με βάση τις τιμές του 2010:

| Κόστος θερμικής KWh | |
|---------------------------------------|-----------|
| Σύστημα Ενδοδαπέδιας θέρμανσης | 0,07608 € |
| Κλιματιστικά | |
| - 2^{ος} Όροφος | 0,08 € |
| - Υπόλοιποι Όροφοι | 0,066 € |

Παρατηρείται πως η θέρμανση μέσω κλιματιστικών ήταν 5% ακριβότερη για τον 2^ο όροφο ενώ για τους υπόλοιπους ορόφους τα κλιματιστικά ήταν περίπου 13% φθηνότερα έναντι του πετρελαίου. Επισημαίνεται βέβαια ξανά ότι η ποιότητα θέρμανσης είναι διαφορετική σε κάθε περίπτωση συν το γεγονός ότι η εκτεταμένη χρήση των κλιματιστικών απαιτεί και τη συχνή συντήρησή τους με τα αντίστοιχα έξοδα.

Το συμπέρασμα της παραπάνω ανάλυσης είναι πως το διαρκώς αυξανόμενο κόστος του πετρελαίου θέρμανσης καθιστά επιτακτική την αντικατάστασή του με άλλα φθηνότερα και φιλικότερα προς το περιβάλλον καύσιμα.

Στο κτίριο που εξετάζεται, οι δυνατές εναλλακτικές καυσίμων θέρμανσης είναι το φυσικό αέριο, η βιομάζα και ο ηλεκτρισμός.

Για τη μελέτη εναλλακτικών προτάσεων θέρμανσης θεωρείται πως η θέρμανση του κτιρίου γίνεται κατά κύριο μέρος από το λέβητα πετρελαίου και συμπληρωματικά από τα κλιματιστικά, όπως το 2010. Η τιμή του πετρελαίου για την αξιολόγηση των επενδύσεων εκτιμάται στα 1,3 €/lt* ενώ οι ώρες χρήσεις των κλιματιστικών είναι αυτές που δόθηκαν από το προσωπικό της εταιρίας.

*Η εκτίμηση προκύπτει από την αναμενόμενη εξίσωση του πετρελαίου κίνησης με το πετρέλαιο θέρμανσης το χειμώνα του 2011-12.

5.3.2.1 Εγκατάσταση φυσικού αερίου

Η εγκατάσταση φυσικού αερίου για τη θέρμανση του κτιρίου είναι η πρώτη λύση που προτείνεται καθώς απαιτεί το μικρότερο δυνατό αρχικό κεφάλαιο και είναι εύκολα υλοποιήσιμη. Η πρόσβαση στο φυσικό αέριο είναι εφικτή στην περιοχή που βρίσκεται το κτίριο ωστόσο απαιτείται αλλαγή λέβητα και καυστήρα καθώς ο

υπάρχων λέβητας δεν είναι συμβατός για χρήση φυσικού αερίου. Το κόστος ενός νέου λέβητα και καυστήρα μαζί με τα έξοδα εγκατάστασης υπολογίζεται στα 5.000 €.

Η εξοικονομούμενη ενέργεια από την επένδυση προκύπτει αφενός από τη μειωμένη τιμή του καυσίμου καθώς βάσει νόμου το φυσικό αέριο τιμολογείται σταθερά 20% χαμηλότερα από την τιμή του πετρελαίου και αφετέρου από τις εξοικονομούμενες KWh που χρησιμοποιούνται από τα κλιματιστικά για θέρμανση [22].

Εξοικονόμηση από πετρέλαιο

Η θερμογόνος δύναμη του φυσικού αερίου είναι περίπου ίδια με αυτή του πετρελαίου, δηλαδή ένα lt πετρελαίου παράγει ίδια θερμότητα με ένα m^3 φυσικού αερίου ενώ το κόστος αγοράς του τελευταίου είναι σημαντικά χαμηλότερο (-20%). Για τιμή του πετρελαίου στα 1,3€/lt, το κόστος του φυσικού αερίου ανέρχεται στα 1,04€/m³.

Στο σενάριο που μελετάται, αν θεωρηθεί ως μέση κατανάλωση πετρελαίου θέρμανσης του κτιρίου τα 2.500 lt που αγοράστηκαν το 2010, το κόστος θέρμανσης με τον υπάρχοντα λέβητα πετρελαίου (τιμή πετρελαίου 1,3€/lt) θα ήταν $1,3 \cdot 2.500 = 3.250$ €, σημαντικά αυξημένο σε σχέση με άλλες χρονιές. Το αντίστοιχο κόστος αγοράς φυσικού αερίου που θα απέδιδε την ίδια θερμότητα, είναι περίπου $1,04 \cdot 2.500 = 2.600$ € (+ΦΠΑ) δηλαδή 650 € λιγότερα.

Εξοικονόμηση από κλιματιστικά

Από τη χρήση των κλιματιστικών, το κόστος για θέρμανση βάσει των υπολογισμών που προηγήθηκαν στο 3^ο κεφάλαιο και λαμβάνοντας υπόψη τα ποσοστά συμμετοχής των ορόφων στις καταναλώσεις (14% για τον δεύτερο και 86% οι υπόλοιποι) είναι:

$$K_{(A/C)} = 3.687,2 \text{ KWh} \cdot (0,14 \cdot 0,14 \text{€} / \text{KWh} + 0,86 \cdot 0,11529 \text{€} / \text{KWh}) = 437,85 \text{€}$$

Όπου πάλι λόγω της διαφορετικής τιμολόγησης (0,14 €/KWh για το 2^ο όροφο και 0,11529 για τους υπόλοιπους) ακολουθήθηκε η ίδια διαδικασία με πριν.

Για να είναι εφικτή η σύγκριση της εγκατάστασης φυσικού αερίου με τα κλιματιστικά είναι απαραίτητο να υπολογιστεί το κόστος μιας θερμικής KWh από φυσικό αέριο. Γνωρίζοντας ότι η θερμογόνος δύναμη του φυσικού αερίου είναι περίπου 10,5 KWh/m³ (όπου συνυπολογίζεται και η απόδοση του νέου λέβητα με $\eta = 95\%$), προκύπτει πως για μια θερμική KWh απαιτούνται 0,095 m³ φυσικού αερίου.[32]

Δεδομένου ότι τα κλιματιστικά έχουν COP 3,5/1 η θερμότητα που απέδωσαν καταναλώνοντας 3.687,2 KWh είναι 3,5 φορές μεγαλύτερη άρα συνολικά $3,5 \cdot 3.687,2 = 12.905,2$ θερμικές KWh.

Για να αποδώσει 12.905,2 KWh ο λέβητας φυσικού αερίου (όσες δηλαδή και τα κλιματιστικά) απαιτούνται $0,095 \cdot 12.905,2 \text{ KWh} = 1.226 \text{ m}^3$ φυσικού αερίου, επομένως το κόστος ανέρχεται στα $1.226 \text{ m}^3 \cdot 1,04 \text{€/m}^3 = 1275,04$ €, ποσό σχεδόν τριπλάσιο σε σύγκριση με το αντίστοιχο κόστος θέρμανσης μέσω των κλιματιστικών. Επομένως αν θεωρηθεί αδιάφορος ο παράγοντας της ποιότητας θέρμανσης, τα κλιματιστικά είναι σαφώς οικονομικότερα.

Είναι σημαντικό να αναφερθεί πως η συνεχής λειτουργία των κλιματιστικών επιβάλλει και τον τακτικό έλεγχο και συντήρηση τους κάτι που συνεπάγεται πρόσθετο κόστος, σημαντικά υψηλότερο από για έναν λέβητα. Ωστόσο, εξαιτίας της πρακτικής δυσκολίας να υπολογισθεί με ακρίβεια το συνολικό ετήσιο κόστος συντήρησης των κλιματιστικών, καθώς εξαρτάται τόσο από τη διάρκεια χρήσης τους όσο και από την ένταση λειτουργίας τους, στην παρούσα μελέτη δεν υπολογίζονται τα πρόσθετα κόστη συντήρησης.

Για την εφαρμογή των κριτηρίων θεωρείται πως το φυσικό αέριο υποκαθιστά μόνο το πετρέλαιο και πως η χρήση των κλιματιστικών παραμένει σταθερή και δρα συμπληρωματικά στη θέρμανση του κτιρίου. Η συνολική ετήσια εξοικονόμηση ανέρχεται τελικά στα 650 € όσο δηλαδή προκύπτει από την αντικατάσταση του λέβητα πετρελαίου, ενώ το κόστος συντήρησης του λέβητα φυσικού αερίου θεωρείται ίδιο με του λέβητα πετρελαίου.

Αναλυτικά οι υπολογισμοί:

Πίνακας 5.4 Υπολογισμοί για την εγκατάσταση φυσικού αερίου

| | |
|---------------------------------|-------------|
| Αρχικό Κόστος Επένδυσης (K) | 5.000 € |
| Επιτόκιο Αναγωγής (d) | 5% |
| Διάρκεια ζωής της Επένδυσης (N) | 15 έτη |
| Ετήσια Εξοικονόμηση (Fi) | 650 € |
| ΚΠΑ | |
| N = 0 | -4.350,00 € |
| N = 1 | -3.730,95 € |
| N = 2 | -3.141,38 € |
| N = 3 | -2.579,89 € |
| N = 4 | -2.045,13 € |
| N = 5 | -1.535,84 € |
| N = 6 | -1.050,80 € |
| N = 7 | -588,86 € |
| N = 8 | -148,91 € |
| N = 9 | 270,08 € |
| N = 10 | 669,13 € |
| N = 12 | 1.049,17 € |
| N = 11 | 1.411,11 € |
| N = 13 | 1.755,82 € |
| N = 14 | 2.084,12 € |
| N = 15 | 2.396,78 € |
| EBA | 12,3% |
| EΠA | 8,3 έτη |

Άρα τελικώς προκύπτει:

ΚΠΑ = 2.396,78 € > 0, οπότε η επένδυση κρίνεται συμφέρουσα.

5.3.2.2 Εγκατάσταση λέβητα βιομάζας

Αν και ακόμα τα μόνα επιτρεπόμενα καύσιμα για θέρμανση στην Αθήνα είναι το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο, από το 2009 που κατατέθηκε αντίστοιχη ερώτηση στην Ελληνική Βουλή, εξετάζεται πολύ σοβαρά η άρση της απαγόρευσης της χρήσης βιομάζας για τη θέρμανση των κτιρίων. Οι λόγοι που συμβάλλουν σε αυτό είναι οι προβλέψεις για αύξηση της τιμής του πετρελαίου θέρμανσης αλλά και η εξέλιξη της τεχνολογίας των λεβήτων βιομάζας αναφορικά με τα εκπεμπόμενα σωματίδια που καθιστούσαν τη χρήση τους επιβαρυντική για το αστικό τοπίο Αθήνας και Θεσσαλονίκης [23,24].

Στην παρούσα πρόταση εξετάζεται η αλλαγή του υπάρχοντος λέβητα πετρελαίου με λέβητα βιομάζας που χρησιμοποιεί σαν κύριο καύσιμο τα pellets. Τα pellets (συσσωμάτωματα) είναι η συνηθέστερη μορφή βιομάζας και προκύπτουν από τη μηχανική συμπίεση πριονιδιού, χωρίς την προσθήκη χημικών ή συγκολλητικών ουσιών. Αναφορικά με την επίδραση στο περιβάλλον, η καύση της βιομάζας έχει μηδενικό ισοζύγιο διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) επομένως δεν συνεισφέρει στο φαινόμενο του θερμοκηπίου ενώ η μηδαμινή ύπαρξη του θείου στη βιομάζα συμβάλλει σημαντικά στον περιορισμό των εκπομπών του διοξειδίου του θείου (SO₂) που είναι υπεύθυνο για την όξινη βροχή.

Τέλος, η βιομάζα είναι εγχώρια πηγή ενέργειας επομένως η τιμή της δεν καθορίζεται από τις διεθνείς αγορές [25].



Εικόνα 5.1 Λέβητας βιομάζας [9]

Όμοια με πριν, η εξοικονομούμενη ενέργεια από την επένδυση προκύπτει από τη χαμηλή τιμή των pellets έναντι του πετρελαίου και ενδεχομένως από τις εξοικονομούμενες KWh που χρησιμοποιούνται για θέρμανση από τα κλιματιστικά.

Εξοικονόμηση από πετρέλαιο

Η θερμογόνος δύναμη ενός λίτρου πετρελαίου αντιστοιχεί σε αυτή 1,8 kg pellet, με την τιμή των pellet να κυμαίνεται στα 0,25 €/kg. Είναι φανερό πως η αποδοτικότητα της επένδυσης εξαρτάται πλήρως από την διακύμανση της τιμής του πετρελαίου.

Στην παρούσα περίπτωση, έχει θεωρηθεί ως μέση κατανάλωση πετρελαίου θέρμανσης του κτιρίου τα 2.500 lt. Το κόστος θέρμανσης με τον υπάρχοντα λέβητα

πετρελαίου υπολογίστηκε στην προηγούμενη ενότητα στα 3.250 €. Το αντίστοιχο κόστος αγοράς pellets που θα απέδιδαν την ίδια θερμότητα, είναι περίπου:

$$1,8\text{kg} / \text{lt} * 2.500\text{lt} * 0,25\text{€} / \text{kg} = 1.125\text{€} \text{ δηλαδή } 2.125 \text{ € λιγότερα.}$$

Εξοικονόμηση από κλιματιστικά

Προηγουμένως υπολογίστηκε πως καταναλώνοντας 3.687,2KWh με συνολικό κόστος 437,85 €, τα κλιματιστικά αποδίδουν 12.905,2 θερμικές KWh.

Η θερμογόνος δύναμη των pellets είναι περίπου 5,2 KWh/kg και αν διαιρεθεί με την τιμή/kg προκύπτει το κόστος μιας θερμικής KWh από το λέβητα βιομάζας: $(0,25 \text{ €/kg}) / (5,2 \text{ KWh/kg}) = 0,048 \text{ €/KWh}$.

Για να αποδώσει 12.905,2 KWh ο λέβητας βιομάζας (όσες δηλαδή και τα κλιματιστικά) το συνολικό κόστος ανέρχεται στα $0,048 \text{ €/KWh} * 12.905,2 \text{ KWh} = 620 \text{ €}$, ποσό που υπερβαίνει το αντίστοιχο κόστος των κλιματιστικών κατά περίπου 182 €. Επομένως αν θεωρηθεί πάλι αδιάφορος ο παράγοντας της ποιότητας θέρμανσης, τα κλιματιστικά είναι ελαφρώς οικονομικότερα ενώ και σε αυτήν την περίπτωση για λόγους που αναφέρθηκαν παραπάνω δεν λαμβάνονται υπόψη στους υπολογισμούς τα πρόσθετα κόστη συντήρησης των κλιματιστικών και του λέβητα.

Για την εφαρμογή των κριτηρίων θεωρείται πως ο λέβητας βιομάζας υποκαθιστά μόνο το πετρέλαιο και πως η χρήση των κλιματιστικών παραμένει σταθερή και δρα συμπληρωματικά στη θέρμανση του κτιρίου. Η συνολική ετήσια εξοικονόμηση ανέρχεται τελικά στα 2.125 € όσο δηλαδή προκύπτει από την αντικατάσταση του λέβητα πετρελαίου, ενώ το κόστος συντήρησης του λέβητα βιομάζας θεωρείται ίδιο με αυτό του λέβητα πετρελαίου.

Το κόστος εγκατάσταση του λέβητα βιομάζας μαζί με τα έξοδα εγκατάστασης εκτιμάται στα 10.000 €. Αναλυτικά οι υπολογισμοί:

Πίνακας 5.5 Υπολογισμοί για τον λέβητα βιομάζας

| | |
|---------------------------------|-------------|
| Αρχικό Κόστος Επένδυσης (K) | 10.000 € |
| Επιτόκιο Αναγωγής (d) | 5% |
| Διάρκεια ζωής της Επένδυσης (N) | 15 έτη |
| Ετήσια Εξοικονόμηση (Fi) | 2.125 € |
| ΚΠΑ | |
| N = 0 | -7.875,00 € |
| N = 1 | -5.851,19 € |
| N = 2 | -3.923,75 € |
| N = 3 | -2.088,10 € |
| N = 4 | -339,86 € |
| N = 5 | 1.325,14 € |
| N = 6 | 2.910,85 € |
| N = 7 | 4.421,04 € |
| N = 8 | 5.859,33 € |
| N = 9 | 7.229,12 € |
| N = 10 | 8.533,69 € |
| N = 12 | 9.776,13 € |
| N = 11 | 10.959,41 € |

| | |
|--------|-------------|
| N = 13 | 12.086,34 € |
| N = 14 | 13.159,61 € |
| N = 15 | 14.181,77 € |
| EBA | 26% |
| ΕΠΑ | 4,2 έτη |

Άρα τελικώς προκύπτει:

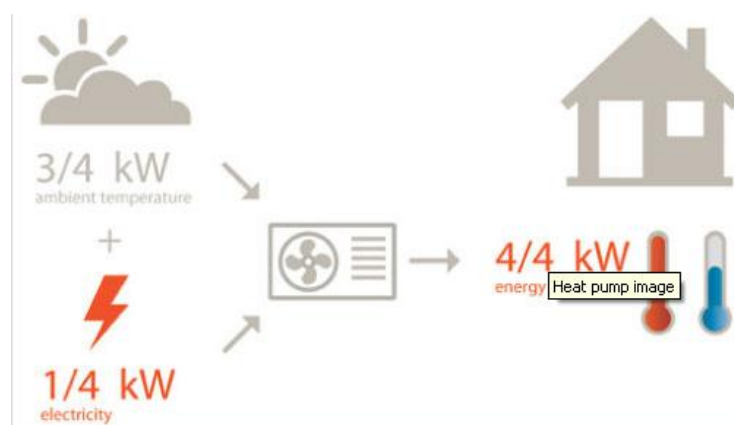
ΚΠΑ = 14.181,77 € > 0, οπότε η επένδυση κρίνεται συμφέρουσα.

Είναι φανερό πως εάν αυξηθεί η τιμή του πετρελαίου στα 1,3€/lt και εάν φυσικά αρθεί η απαγόρευση για χρήση λέβητα βιομάζας στην Αθήνα, η επένδυση κρίνεται όχι μόνο συμφέρουσα αλλά σχεδόν αναγκαία.

5.3.2.3 Εγκατάσταση αντλίας θερμότητας

Η τρίτη εναλλακτική σχετικά με τη θέρμανση του κτιρίου είναι η αντικατάσταση του λέβητα πετρελαίου με αντλία θερμότητας (Αέρα/Νερού). Η λειτουργία των συγκεκριμένων αντλιών θερμότητας βασίζεται στην άντληση θερμικής ενέργειας από τον εξωτερικό αέρα. Στη συνέχεια, η θερμοκρασία της απαχθείσας ενέργειας αυξάνεται και διαχέεται μέσω του νερού των σωληνώσεων στα θερμαντικά σώματα χαμηλής θερμοκρασίας, την ενδοδαπέδια θέρμανση ή τις μονάδες fan coil του εσωτερικού χώρου.

Η αντλία θερμότητας έχει μεγαλύτερη απόδοση και εξοικονομεί πολύ περισσότερη ενέργεια από τα παραδοσιακά συστήματα θέρμανσης. Συγκεκριμένα μέσω της αντλίας, το διοξείδιο του άνθρακα που εκπέμπεται για την θέρμανση μπορεί να μειωθεί έως και 57% συγκρινόμενο με ένα παραδοσιακό λέβητα πετρελαίου ή έως και 28% συγκρίνοντας με ένα λέβητα φυσικού αερίου. Ο μέσος ετήσιος βαθμός απόδοσης (COP) του συστήματος μπορεί να φτάσει κα πάνω από 4 (για Α/Θ Αέρα/Νερού) και πάνω από 5,5 (για Α/Θ Εδάφους/Νερού με γεωθερμία), αυτό σε συνδυασμό με τα μηδαμινά κόστη συντήρησης καθιστά το λειτουργικό κόστος ελάχιστο [26,27].



Εικόνα 5.2 Βασική αρχή λειτουργίας της αντλίας θερμότητας [12]

Το κόστος αγοράς και εγκατάστασης μιας αντλίας θερμότητας στο υπάρχον σύστημα ενδοδαπέδιας θέρμανσης κυμαίνεται περίπου στα 25.000 €. Δεδομένου ότι η αντλία θερμότητας καταναλώνει ηλεκτρικό ρεύμα, το κόστος λειτουργίας της θα είναι $0,14 \text{ €/KWh} * \text{Ωρες λειτουργίας(h)}$ (οι KWh της αντλίας ανήκουν στο τιμολόγιο των κοινόχρηστων).

Εξοικονόμηση από πετρέλαιο

Για να υπολογιστεί η προκύπτουσα εξοικονόμηση θεωρείται ότι η αντλία θερμότητας έχει $\text{COP} = 4,05$ (Ενεργειακή Κλάση Α), δηλαδή για κάθε KWh που καταναλώνει αποδίδει 4,05 KWh με τη μορφή θερμότητας, επομένως μια θερμική KWh από την αντλία θερμότητας θα κοστίζει πρακτικά $(0,14 \text{ €/KWh}) / (4,05 \text{ KWh}) = 0,0345 \text{ €}$.

Ο λέβητας πετρελαίου, όπως αναλύθηκε προηγούμενα, χρειάζεται 0,1 lt για να αποδώσει μια θερμική KWh, επομένως το κόστος της θερμικής KWh στην περίπτωση αυτή υπολογίζεται στα $1,3\text{€/lt} * 0,1\text{lt} = 0,13 \text{ €}$, 73,5% ακριβότερα συγκριτικά με την αντλία θερμότητας.

Στην παρούσα περίπτωση, έχει θεωρηθεί ως μέση κατανάλωση πετρελαίου θέρμανσης του κτιρίου τα 2.500 lt, ενώ το κόστος θέρμανσης με τον υπάρχοντα λέβητα πετρελαίου για αυτά τα λίτρα, υπολογίστηκε στα 3.250 €. Το αντίστοιχο κόστος ηλεκτρικής ενέργειας που θα χρειαζόταν η αντλία θερμότητας για να αποδώσει την ίδια θερμότητα είναι 73,5% λιγότερο δηλαδή $26,5\% * 3.250 \text{ €} = 862,5 \text{ €}$. Επομένως η ετήσια εξοικονόμηση είναι 2.387,5 €.

Εξοικονόμηση από κλιματιστικά

Προηγούμενος υπολογίστηκε πως καταναλώνοντας 3.687,2 KWh με συνολικό κόστος 437,85 €, τα κλιματιστικά αποδίδουν 12.905,2 θερμικές KWh. Για να αποδώσει τις ίδιες KWh η αντλία θερμότητας με $\text{COP} = 4,05$ καταναλώνει $12.905,2 / 4,05 = 3.186,5 \text{ KWh}$ με συνολικό κόστος να υπολογίζεται πολλαπλασιάζοντας με το κόστος ανά KWh: $3.186,5 \text{ KWh} * 0,14 \text{ €/KWh} = 446,11 \text{ €}$.

Και σε αυτήν την περίπτωση, λόγω του διαφορετικού τιμολογίου ορόφων και κοινοχρήστων, το κόστος των κλιματιστικών είναι ελαφρώς χαμηλότερο σε σχέση με την αντλία θερμότητας, ωστόσο η διαφορά είναι ελάχιστη και υπερκαλύπτεται αν ληφθούν υπόψη τα κόστη συντήρησης των κλιματιστικών. Ωστόσο, στα πλαίσια αυτής της μελέτης λόγω της πρακτικής δυσκολίας υπολογισμού του συνολικού ετήσιου κόστους συντήρησης των κλιματιστικών, τα έξοδα ελέγχου και συντήρησης δε λαμβάνονται υπόψη.

Για την εφαρμογή των κριτηρίων θεωρείται πως η αντλία θερμότητας υποκαθιστά μόνο το πετρέλαιο και πως η χρήση των κλιματιστικών παραμένει σταθερή και δρα συμπληρωματικά στη θέρμανση του κτιρίου. Η συνολική ετήσια εξοικονόμηση ανέρχεται τελικά στα 2.387,5 € όσο δηλαδή προκύπτει από την αντικατάσταση του λέβητα πετρελαίου, ενώ το κόστος συντήρησης της αντλίας θερμότητας θεωρείται περίπου ίδιο με αυτό του λέβητα πετρελαίου και δε λαμβάνεται υπόψη.

Αναλυτικά οι υπολογισμοί:

Πίνακας 5.6 Υπολογισμοί για την εγκατάσταση αντλίας θερμότητας

| | |
|---------------------------------|--------------|
| Αρχικό Κόστος Επένδυσης (K) | 25.000 € |
| Επιτόκιο Αναγωγής (d) | 5% |
| Διάρκεια ζωής της Επένδυσης (N) | 15 έτη |
| Ετήσια Εξοικονόμηση (Fi) | 2.387,5 € |
| ΚΠΑ | |
| N = 0 | -22.612,50 € |
| N = 1 | -20.338,69 € |
| N = 2 | -18.173,16 € |
| N = 3 | -16.110,75 € |
| N = 4 | -14.146,54 € |
| N = 5 | -12.275,87 € |
| N = 6 | -10.494,29 € |
| N = 7 | -8.797,53 € |
| N = 8 | -7.181,58 € |
| N = 9 | -5.642,58 € |
| N = 10 | -4.176,86 € |
| N = 12 | -2.780,94 € |
| N = 11 | -1.451,49 € |
| N = 13 | -185,34 € |
| N = 14 | 1.020,51 € |
| N = 15 | 2.168,93 € |
| EBA | 6,4 % |
| EPA | 13,2 έτη |

Άρα τελικώς προκύπτει:

$KPA = 2.168,93 \text{ €} > 0$, οπότε η επένδυση κρίνεται συμφέρουσα.

5.3.2.4 Αντικατάσταση παλιών κλιματιστικών

Η αλλαγή των παλιών κλιματιστικών που βρίσκονται στο χημείο με αντίστοιχης ισχύος (9.000Btu) κλιματιστικών τύπου inverter ενεργειακής κλάσης A/A (ψύξη και θέρμανση) είναι μια δράση εύκολα υλοποιήσιμη με άμεσο αντίκρισμα στις ενεργειακές καταναλώσεις. Το χημείο είναι ο μόνος χώρος που διαθέτει 2 κλιματιστικά παλιάς τεχνολογίας, όλοι οι υπόλοιποι χώροι είναι εξοπλισμένοι με κλιματιστικά τελευταίας τεχνολογίας, τύπου Inverter και ενεργειακής κλάσης A/A.

Το κόστος αγοράς δυο κλιματιστικών inverter ισχύος 9.000 btu με EER 3,45 και COP 4,07 υπολογίζεται στα 1.000 € και η αναμενόμενη ενεργειακή εξοικονόμηση λόγω της παλαιότητας των υπάρχοντων κλιματιστικών εκτιμάται περίπου στο 50%.

Από τους υπολογισμούς του τρίτου κεφαλαίου τα υποψήφια για αλλαγή κλιματιστικά καταναλώνουν κατ' εκτίμηση 950,4 KWh για ψύξη και 1056 KWh για θέρμανση ετησίως. Υπενθυμίζεται ότι η τιμολόγηση του χημείου είναι 0,11529 €/KWh άρα η εξοικονόμηση από την αντικατάστασή τους υπολογίζεται:

$$Fi = 0,50 \cdot (950,4 + 1056) \text{ KWh} \cdot 0,11529 \text{ €/KWh} = 115,66 \text{ €}$$

Αναλυτικά οι υπολογισμοί:

Πίνακας 5.7 Υπολογισμοί για την αντικατάσταση παλιών κλιματιστικών

| | |
|---------------------------------|-----------|
| Αρχικό Κόστος Επένδυσης (K) | 1.000 € |
| Επιτόκιο Αναγωγής (d) | 5% |
| Διάρκεια ζωής της Επένδυσης (N) | 10 έτη |
| Ετήσια Εξοικονόμηση (Fi) | 115,66 € |
| ΚΠΑ | |
| N = 0 | -884,34 € |
| N = 1 | -774,19 € |
| N = 2 | -669,28 € |
| N = 3 | -569,37 € |
| N = 4 | -474,22 € |
| N = 5 | -383,59 € |
| N = 6 | -297,29 € |
| N = 7 | -215,09 € |
| N = 8 | -136,80 € |
| N = 9 | -62,25 € |
| N = 10 | 8,76 € |
| EBA | 5% |
| EPA | 9,87 έτη |

Άρα τελικώς προκύπτει:

ΚΠΑ = 8,76 € > 0 ωστόσο η ΕΠΑ είναι σχεδόν ίση με τη διάρκεια ζωής της επένδυσης οπότε η επένδυση κρίνεται οριακά βιώσιμη.

5.3.3 Εγκατάσταση φωτοβολταϊκών γεννητριών στο δώμα

Ο αναξιοποίητος χώρος του δώματος σε συνδυασμό με τον ευνοϊκό προσανατολισμό του κτιρίου και τα υψηλά ετήσια ποσοστά ηλιοφάνειας της περιοχής καθιστούν ελκυστική μια επένδυση σε παραγωγή ανανεώσιμης ενέργειας μέσω φωτοβολταϊκών στοιχείων με στόχο όχι μόνο τη μείωση της κατανάλωσης αλλά και την πώληση της πλεονάζουσας ενέργειας στη ΔΕΗ.

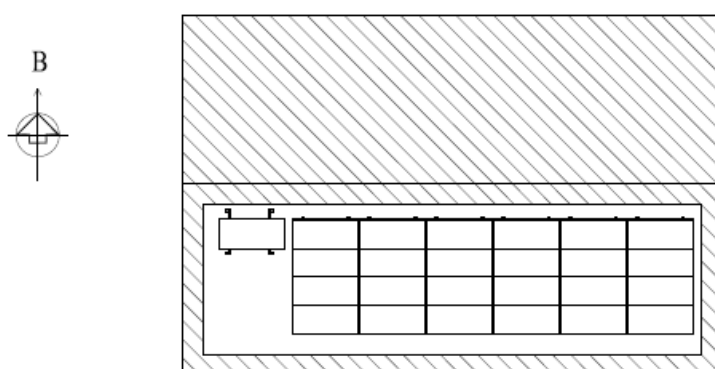
Στα πλαίσια της παρούσας μελέτης έγινε μια διεξοδική προσομοίωση εγκατάστασης φωτοβολταϊκού εξοπλισμού η οποία αξιολογείται με βάση την απόδοση και τη βιωσιμότητα της επένδυσης.

Στο χώρο του δώματος μπορούν να τοποθετούν 25 πάνελ (φωτοβολταϊκές γεννήτριες) πάνω σε κατάλληλα στηρικτικά συστήματα. Στο βασικό φωτοβολταϊκό εξοπλισμό περιλαμβάνονται ακόμα και οι μετατροπείς ισχύος (Inverter) που μετατρέπουν το DC ρεύμα από τα πάνελ σε AC ώστε να μπορεί να απορροφηθεί από το δίκτυο.

Συγκεκριμένα, έχουν επιλεγεί φ/β γεννήτριες ισχύος 195 Wp με απόκλιση $\pm 3\%$ οι οποίες αποτελούνται από 72 κυψέλες τεχνολογίας μονοκρυσταλλικού πυριτίου σύμφωνα με τις προδιαγραφές που απαιτούνται από την Ε.Ε. αλλά και τους εγχώριους οργανισμούς. Το σύστημα στήριξης των πλαισίων, δεδομένου ότι η

εγκατάσταση θα γίνει σε επίπεδη ταράτσα θα πρέπει να έχει υψηλή μηχανική αντοχή, αντοχή στις ανεμοπιέσεις αλλά και χαμηλό βάρος ώστε να μην επιβαρύνει τη στατικότητα του κτιρίου. Ο μετατροπέας ισχύος έχει επιλεγεί και αυτός σύμφωνα με όλες τις απαιτήσεις της ΔΕΗ για παραγωγούς ηλεκτρικής ενέργειας από φ/β στοιχεία και υποστηρίζεται από σύστημα τηλεμετρίας και ελέγχου απόδοσης το οποίο λαμβάνει μετρήσεις σχετικές με τα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά του σταθμού (ισχύς εισόδου/εξόδου, παραγόμενη ενέργεια κ.α.) αλλά και τα κλιματολογικά χαρακτηριστικά της περιοχής.

Η τελική εγκατάσταση συνολικής ισχύος 4,875KWp (25 φ/β γεννήτριες των 195Wp) απεικονίζεται σχηματικά στην Εικόνα 5.3. Σημειώνεται πως η εγκατάσταση είναι μονοφασική (εγκαταστάσεις < 5KWp δεν υποστηρίζονται από τριφασικό σύστημα), και τα φ/β πλαίσια υποστηρίζονται από μονοφασικούς μετατροπείς.



Εικόνα 5.3 Κάτοψη του δώματος με τη φ/β εγκατάσταση

Οι αναμενόμενες συνολικές απώλειες της εγκατάστασης υπολογίζονται περίπου στο 20% της ονομαστικής ισχύος. Στον Πίνακα 5.8 παρουσιάζονται αναλυτικά οι εκτιμήσεις ενεργειακής απόδοσης σε μηνιαία βάση για κλίση 35°:

Πίνακας 5.8 Εκτιμήσεις μηνιαίας ενεργειακής απόδοσης

| Μήνας | Μέση Ημερήσια Παραγωγή (KWh) | Μέση Μηνιαία Παραγωγή (KWh) |
|-------------|------------------------------|-----------------------------|
| Ιανουάριος | 13,1 | 406 |
| Φεβρουάριος | 14,4 | 402 |
| Μάρτιος | 18,3 | 568 |
| Απρίλιος | 21,6 | 647 |
| Μάιος | 22,7 | 703 |
| Ιούνιος | 23,9 | 718 |
| Ιούλιος | 23,8 | 738 |
| Αύγουστος | 23,4 | 726 |
| Σεπτέμβριος | 22,7 | 680 |
| Οκτώβριος | 17,6 | 547 |
| Νοέμβριος | 12,6 | 378 |
| Δεκέμβριος | 11,2 | 348 |
| Μ.Ο. | 18,8 | 572 |
| Σύνολο | | 6.860 |

Το συνολικό κόστος της επένδυσης (+ΦΠΑ) ανέρχεται στα 21.886,31 € (η τιμή προέκυψε από πραγματική προσφορά) και τα αναμενόμενα ετήσια έσοδα για τον πρώτο χρόνο υπολογίζονται 3.773 € για τιμή αγοράς της KWh από τη ΔΕΗ στα 0,55 € (η τιμή θα μειώνεται κατά 5% ετησίως για τις συμβάσεις συμψηφισμού από 1/1/2012 μέχρι 31/12/2019) [29].

Η αξιολόγηση της επένδυσης θα γίνει για χρηματοδότηση με ίδια κεφάλαια. Στους υπολογισμούς που φαίνονται στον Πίνακα 5.9 το επιτόκιο αναγωγής είναι όπως προηγούμενα 5% ενώ στο ετήσιο όφελος υπολογίζεται μια αύξηση 25% επί του πληθωρισμού (ο πληθωρισμός θεωρήθηκε 3,3% [30]). Οικονομική διάρκεια ζωής της επένδυσης είναι τα 25 έτη.

Πίνακας 5.9 Υπολογισμός Καθαρών Ταμειακών Ροών (KTP) για πληθωρισμό 3,3 %

| Έτος | Τιμή KWh | Παραγόμενες KWh | KTP (€) | Αποπληθωρισμένες KTP (€) | Ανηγμένες KTP (€) |
|------|----------|-----------------|----------|--------------------------|-------------------|
| 1 | 0,550 | 6860 | 3773,000 | 3652,469 | 3478,541 |
| 2 | 0,555 | 6860 | 3804,127 | 3564,958 | 3233,522 |
| 3 | 0,559 | 6860 | 3835,511 | 3479,544 | 3005,761 |
| 4 | 0,564 | 6860 | 3867,154 | 3396,176 | 2794,043 |
| 5 | 0,568 | 6860 | 3899,058 | 3314,806 | 2597,237 |
| 6 | 0,573 | 6860 | 3931,226 | 3235,385 | 2414,294 |
| 7 | 0,578 | 6860 | 3963,658 | 3157,868 | 2244,238 |
| 8 | 0,583 | 6860 | 3996,358 | 3082,207 | 2086,159 |
| 9 | 0,587 | 6860 | 4029,328 | 3008,360 | 1939,215 |
| 10 | 0,592 | 6860 | 4062,570 | 2936,281 | 1802,622 |
| 11 | 0,597 | 6860 | 4096,086 | 2865,930 | 1675,650 |
| 12 | 0,602 | 6860 | 4129,879 | 2797,264 | 1557,621 |
| 13 | 0,607 | 6860 | 4163,951 | 2730,244 | 1447,906 |
| 14 | 0,612 | 6860 | 4198,303 | 2664,829 | 1345,920 |
| 15 | 0,617 | 6860 | 4232,939 | 2600,981 | 1251,116 |
| 16 | 0,622 | 6860 | 4267,861 | 2538,663 | 1162,991 |
| 17 | 0,627 | 6860 | 4303,071 | 2477,839 | 1081,073 |
| 18 | 0,632 | 6860 | 4338,571 | 2418,471 | 1004,925 |
| 19 | 0,638 | 6860 | 4374,364 | 2360,526 | 934,140 |
| 20 | 0,643 | 6860 | 4410,453 | 2303,970 | 868,342 |
| 21 | 0,648 | 6860 | 4446,839 | 2248,768 | 807,178 |
| 22 | 0,654 | 6860 | 4483,526 | 2194,889 | 750,323 |
| 23 | 0,659 | 6860 | 4520,515 | 2142,301 | 697,472 |
| 24 | 0,664 | 6860 | 4557,809 | 2090,973 | 648,344 |
| 25 | 0,670 | 6860 | 4595,411 | 2040,875 | 602,676 |
| | | | | Σύνολο | 41.431,3 |

Με βάση τα δεδομένα του πίνακα προκύπτει

$$ΚΠΑ = -21.886,31 + 41.431,3 = 19.565 \text{ €} > 0$$

$$ΕΒΑ = 13,96\%$$

$$ΕΠΑ = 8 \text{ έτη}$$

Η επένδυση κρίνεται βιώσιμη. Σημειώνεται ξανά πως η οικονομική ανάλυση αφορά ίδια κεφάλαια, η επένδυση ωστόσο μπορεί να γίνει και με πλήρη χρηματοδότηση υπό μορφή δανείου, είτε με εκχώρηση σύμβασης (χωρίς εμπράγματα εξασφάλιση και εγγύηση), είτε με προσημείωση ακινήτου με χαμηλότερο όμως επιτόκιο.

5.3.4 Επεμβάσεις στο κτιριακό κέλυφος

Όπως φάνηκε και κατά τον υπολογισμό του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας, το κτίριο είναι οριακά εκτός των επιτρεπόμενων ορίων που ορίζει η Τ.Ο.ΤΕΕ. Η απόκλιση αυτή οφείλεται κατά κύριο λόγο στον υψηλό συντελεστή θερμοπερατότητας των κουφωμάτων του κτιρίου (υαλοπίνακες και πλαίσια) δεδομένου ότι η μόνωση των υπόλοιπων δομικών στοιχείων παρά την παλαιότητα της κατασκευής, είναι στο μεγαλύτερο κομμάτι του κτιρίου αρκετά ισχυρή.

Οι υπάρχοντες δίδυμοι υαλοπίνακες, έχουν συνολικό συντελεστή θερμοπερατότητας μαζί με το πλαίσιο ίσο με $3,7W/(m^2K)$. Η αντικατάστασή τους με νέους σύγχρονους διπλούς υαλοπίνακες (επάλληλους) ηλιακού ελέγχου με επίστρωση μεμβράνης χαμηλής εκπεψιμότητας σε συνδυασμό με κατάλληλα πλαίσια αλουμινίου με θερμοδιακοπή ώστε ο συντελεστής του ανοίγματος να είναι περίπου $U_w = 2W/(m^2K)$, εκτιμάται ότι θα μειώσει σημαντικά την κατανάλωση ενέργειας τόσο για θέρμανση τους χειμερινούς μήνες όσο και για ψύξη τους καλοκαιρινούς.

Ο νέος συντελεστής θερμοπερατότητας που προκύπτει από την αντικατάσταση των υαλοπινάκων και των πλαισίων στους χώρους των γραφείων είναι $0,77W/(m^2K)$, σημαντικά χαμηλότερος από τον υπάρχον συντελεστή και εντός των ορίων. Σκόπιμα δεν υπολογίζονται τα ανοίγματα στο κλιμακοστάσιο καθώς θεωρείται πως μια αλλαγή των κουφωμάτων εκεί δεν θα είχε άμεσο αντίκτυπο στις ενεργειακές καταναλώσεις και η επένδυση δεν θα αποσβηνόταν.

Τα ανοίγματα στους χώρους των γραφείων του κτιρίου είναι συνολικά 97,24τμ. Το κόστος αγοράς των νέων υαλοπινάκων είναι περίπου 80 €/τμ όποτε το κόστος ανέρχεται περίπου στα 7.780 € και μαζί με το κόστος των πλαισίων και της εγκατάστασης η επένδυση θα κοστίσει περίπου 10.000 €.

Για τον υπολογισμό της εξοικονόμησης ενέργειας από την αντικατάσταση των κουφωμάτων είναι απαραίτητο να υπολογιστούν οι απώλειες θερμότητας τόσο με τα παλιά όσο και με τα νέα κουφώματα. Οι υπολογισμοί παρουσιάζονται αναλυτικά στους Πίνακες 5.10 και 5.11. Οι μηνιαίες θερμοκρασίες της ατμόσφαιρας προέρχονται από στατιστικές της ΕΜΥ (Μετεωρολογικός σταθμός Ελληνικού [31]). Τέλος, σαν ώρες λειτουργίας της θέρμανσης τους ψυχρούς και της ψύξης τους θερμούς μήνες, έχει θεωρηθεί συμβατικά το 8ωρο λειτουργίας των γραφείων επί 22 εργάσιμες μέρες το μήνα (συνολικά 176 ώρες/μήνα).

Για τον υπολογισμό των απωλειών ανά μήνα χρησιμοποιήθηκε ο τύπος

$$Q = U * A * \Delta T \text{ όπου:}$$

$$U_w = 3,7W/(m^2K) \quad \text{Συντελεστής θερμοπερατότητας κουφώματος}$$

$$A = 97,24 \quad \text{Επιφάνεια ανοιγμάτων (τμ)}$$

ΔT

Διαφορά θερμοκρασίας εσωτερικού και εξωτερικού χώρου

Πίνακας 5.10 Υπολογισμός απωλειών πριν την αντικατάσταση $U_w = 3,7W / (m^2 K)$

| Μήνας | Εσωτερική Θερμοκρασία (K) | Θερμοκρασία Ατμόσφαιρας (K) | Θερμότητα/ώρα, $Q=U \cdot A \cdot \Delta T$ | Απώλειες/μήνα (KWh) |
|-------------|---------------------------------|--------------------------------|--|------------------------|
| Ιανουάριος | 297 | 283,3 | 4929,10 | 867,52 |
| Φεβρουάριος | 297 | 283,6 | 4821,16 | 848,52 |
| Μάρτιος | 297 | 285,3 | 4209,52 | 740,88 |
| Απρίλης | 297 | 288,9 | 2914,28 | 512,91 |
| Μάιος | 297 | 293,7 | 1187,30 | 208,96 |
| Ιούνιος | 297 | 298,2 | 431,75 | 75,99 |
| Ιούλιος | 297 | 301 | 1439,15 | 253,29 |
| Αύγουστος | 297 | 300,8 | 1367,19 | 240,63 |
| Σεπτέμβριος | 297 | 292,5 | 1619,05 | 284,95 |
| Οκτώβριος | 297 | 288,4 | 3094,18 | 544,58 |
| Δεκέμβριος | 297 | 285 | 4317,46 | 759,87 |
| | | | Συνολικές Απώλειες | 5.338,10 |

Πίνακας 5.11 Υπολογισμός απωλειών μετά την αντικατάσταση $U_w = 2W / (m^2 K)$

| Μήνας | Εσωτερική Θερμοκρασία (K) | Θερμοκρασία Ατμόσφαιρας (K) | Θερμότητα/ώρα $Q=U \cdot A \cdot \Delta T$ | Απώλειες/μήνα (KWh) |
|-------------|---------------------------------|--------------------------------|---|------------------------|
| Ιανουάριος | 297 | 283,3 | 2664,38 | 468,93 |
| Φεβρουάριος | 297 | 283,6 | 2606,03 | 458,66 |
| Μάρτιος | 297 | 285,3 | 2275,42 | 400,47 |
| Απρίλης | 297 | 288,9 | 1575,29 | 277,25 |
| Μάιος | 297 | 293,7 | 641,78 | 112,95 |
| Ιούνιος | 297 | 298,2 | 233,38 | 41,07 |
| Ιούλιος | 297 | 301 | 777,92 | 136,91 |
| Αύγουστος | 297 | 300,8 | 739,02 | 130,07 |
| Σεπτέμβριος | 297 | 292,5 | 875,16 | 154,03 |
| Οκτώβριος | 297 | 288,4 | 1672,53 | 294,36 |
| Δεκέμβριος | 297 | 285 | 2333,76 | 410,74 |
| | | | Συνολικές Απώλειες | 2.885,46 |

Η εξοικονομούμενη ενέργεια που προκύπτει από την αντικατάσταση αντιστοιχεί πρακτικά σε μείωση της ενέργειας που ξοδεύεται για θέρμανση (πετρέλαιο θέρμανσης και κλιματιστικά) τους μήνες Οκτώβριο μέχρι Απρίλη και της ενέργειας για την ψύξη των ορόφων τους μήνες Μάιο μέχρι Σεπτέμβρη. Έτσι η συνολική εξοικονόμηση εκτιμάται στις 2452,64 KWh.

Πολλαπλασιάζοντας με τα αντίστοιχα κόστη υπολογίζεται το ετήσιο οικονομικό όφελος της επένδυσης:

- Αναμενόμενη εξοικονόμηση από μείωση αναγκών θέρμανσης = 1.713,64 KWh

Για τον υπολογισμό του κέρδους που προκύπτει θεωρείται ότι οι ανάγκες αυτές καλύπτονται αποκλειστικά από την ενδοδαπέδια θέρμανση και όχι από τα κλιματιστικά. Μια θερμική KWh από πετρέλαιο κοστίζει 0,07608 € όπως υπολογίστηκε αναλυτικά σε προηγούμενη παράγραφο, επομένως το ετήσιο κέρδος υπολογίζεται στα $0,07608 * 1713,64 = 130,37$ €

- Αναμενόμενη εξοικονόμηση από μείωση αναγκών ψύξης = 739 KWh

Για τον υπολογισμό του κέρδους που προκύπτει θεωρείται ότι οι ανάγκες αυτές καλύπτονται αποκλειστικά από τα κλιματιστικά. Το κόστος της KWh είναι 0,11529 € εκτός από τον 2^ο όροφο που είναι 0,14 € όπως υπολογίστηκε αναλυτικά σε προηγούμενη παράγραφο, επομένως το ετήσιο κέρδος, βάση των ποσοστών χρήσης του κλιματισμού ανά όροφο υπολογίζεται στα

$$(0,11529*0,85+0,14*0,15)* 739= 88 \text{ €}$$

Αρά συνολικά το ετήσιο κέρδος εξοικονόμησης είναι 218,37 €. Αναλυτικά οι υπολογισμοί:

Πίνακας 5.12 Υπολογισμοί για την εγκατάσταση αντλίας θερμότητας

| | |
|---------------------------------|-------------|
| Αρχικό Κόστος Επένδυσης (K) | 10.000 € |
| Επιτόκιο Αναγωγής (d) | 5% |
| Διάρκεια ζωής της Επένδυσης (N) | 15 έτη |
| Ετήσια Εξοικονόμηση (Fi) | 218,37 € |
| ΚΠΑ | |
| N = 0 | -9.781,63 € |
| N = 1 | -9.573,66 € |
| N = 2 | -9.375,59 € |
| N = 3 | -9.186,95 € |
| N = 4 | -9.007,30 € |
| N = 5 | -8.836,20 € |
| N = 6 | -8.673,25 € |
| N = 7 | -8.518,06 € |
| N = 8 | -8.370,26 € |
| N = 9 | -8.229,49 € |
| N = 10 | -8.095,43 € |
| N = 12 | -7.967,76 € |
| N = 11 | -7.846,16 € |
| N = 13 | -7.730,36 € |
| N = 14 | -7.620,06 € |
| N = 15 | -7.515,02 € |
| EBA | < 0 |
| EPA | >> 20 έτη |

Άρα τελικώς προκύπτει:

ΚΠΑ = -7.515,02 € > 0, οπότε η επένδυση κρίνεται μη συμφέρουσα.

5.4 Σύνοψη προτάσεων

Στον Πίνακα 5.13 παρουσιάζονται συνοπτικά όλες οι προτεινόμενες δράσεις με τους αντίστοιχους υπολογισθέντες οικονομικούς δείκτες και τις παραδοχές που έγιναν για την εξέλιξη της τιμής του πετρελαίου και του δείκτη του πληθωρισμού. Υπενθυμίζεται ότι σε όλες τις επενδύσεις θεωρήθηκε διάρκεια ζωής της επένδυσης $N=10$ έτη (εκτός από την εγκατάσταση των φ/β γεννητριών όπου $N=25$) και ότι το αρχικό κόστος της επένδυσης καλύπτεται πλήρως από ίδια κεφάλαια.

Πίνακας 5.13 Προτεινόμενες δράσεις ενεργειακής εξοικονόμησης

| Προτεινόμενη Δράση | Αρχικό Κόστος (€) | Ετήσιο Όφελος(€) | ΚΠΑ (€) | ΕΒΑ (%) | ΕΠΑ (έτη) |
|--|-------------------|------------------|------------|---------|-----------|
| Φωτισμός (N=10) | | | | | |
| Αντικατάσταση λαμπτήρων & Ballast | 703,13 | 121,4 | 355,689 | 16,2 | 5,6 |
| Εγκατάσταση αισθητήρων κίνησης | 320 | 97,54 | 530,78 | 42,5 | 2,5 |
| Θέρμανση/Ψύξη (N=15) | | | | | |
| Εγκατάσταση Φυσικού Αερίου | 5.000 | 650 | 2.396,78 | 12,3 | 8,3 |
| Αντικατάσταση λέβητα πετρελαίου με λέβητα Βιομάζας | 10.000 | 2.125 | 14.181,778 | 26 | 4,2 |
| Αντικατάσταση λέβητα πετρελαίου με Αντλία θερμότητας | 25.000 | 2.387,5 | 2168,93 | 6,4 | 13,2 |
| Αντικατάσταση παλιών Κλιματιστικών | 1.000 | 115,66 | 8,76 | 5 | 9,9 |
| Κτιριακό κέλυφος (N=15) | | | | | |
| Αντικατάσταση κουφωμάτων (Υαλοπινάκων και πλαισίων) | 10.000 | 218,37 | -7.515 | < 0 | >20 |
| Λοιπές Δράσεις (N=25) | | | | | |
| Εγκατάσταση Φ/Β γεννητριών στο Δώμα | 21.886,3 | (Μεταβλητή) | 19.565 | 13,96 | 8 |

Όπως είναι εύκολα αντιληπτό οι πλέον οικονομικές επενδύσεις βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης είναι αυτές που αφορούν το φωτισμό του κτιρίου. Οι δύο προτεινόμενες δράσεις είναι εύκολα υλοποιήσιμες και η απόσβεση γίνεται σε μικρό χρονικό διάστημα. Μάλιστα ενδέχεται το αρχικό κόστος της επένδυσης να είναι ακόμα μικρότερο εάν η αγορά συνοδευτεί από κάποια έκπτωση όπως συνηθίζεται σε παρόμοιες περιπτώσεις. Το ετήσιο όφελος θα είναι μάλιστα μεγαλύτερο εάν η βελτιωτική αυτή δράση συνοδευτεί από την ευαισθητοποίηση των εργαζομένων στην αποφυγή αλόγιστης χρήσης του φωτισμού. Σε κάθε περίπτωση η επένδυση προτείνεται ανεπιφύλακτα τόσο για τα οικονομικά οφέλη όσο και για τη βελτίωση των συνθηκών φωτισμού με τους νέους λαμπτήρες αλλά και την προστασία του περιβάλλοντος.

Αναφορικά με τη θέρμανση του κτιρίου η επιλογή της κατάλληλης επένδυσης είναι συνάρτηση πολλών παραγόντων. Οι προβλέψεις για αύξηση της τιμής του πετρελαίου καθιστούν βιώσιμη μια επένδυση σε φυσικό αέριο δεδομένου ότι η τιμή του φυσικού αερίου προκύπτει από την αντίστοιχη του πετρελαίου θέρμανσης μειωμένη κατά 20%. Η παλαιότητα του λέβητα αυτόματα σημαίνει και την αντικατάσταση του για

χρήση φυσικού αερίου κάτι που συνεπάγεται ένα σημαντικό αν και αρκετά χαμηλότερο από τις άλλες εναλλακτικές, αρχικό κόστος επένδυσης εάν πρόκειται να χρησιμοποιηθούν ίδια κεφάλαια.

Σε περίπτωση άρσης της απαγόρευσης χρήσεως λέβητα βιομάζας στην Αθήνα σε συνδυασμό με επιβεβαίωση των σεναρίων για αύξηση της τιμής του πετρελαίου η επένδυση σε λέβητα βιομάζας κρίνεται πολύ θετική, με απόσβεση του αρχικού κόστους σε μόλις 4 έτη, τα μισά από το λέβητα φυσικού αερίου. Η επένδυση σε λέβητα βιομάζας εκτός από τη μικρότερη περίοδο αποπληρωμής έχει και μεγάλη ΚΠΑ αλλά και το μεγαλύτερο βαθμό απόδοσης συγκρινόμενη με τις υπόλοιπες αντίστοιχες δράσεις.

Η τρίτη περίπτωση που εξετάστηκε για τη θέρμανση του κτιρίου, αφορά στην εγκατάσταση αντλίας θερμότητας η οποία αποδεδειγμένα ενδείκνυται για συστήματα ενδοδαπέδιας θέρμανσης. Ωστόσο η επένδυση σε αντλίες θερμότητας είναι πλέον αποδοτική όταν πρόκειται η αντλία να χρησιμοποιηθεί και σαν μέσο ψύξης του κτιρίου (αντί π.χ. των κλιματιστικών) κάτι που στην περίπτωση που εξετάζεται είναι αδύνατο δεδομένης της παλαιότητας της εγκατάστασης και του αρχικού σχεδιασμού των σωληνώσεων. Ως εκ του τούτου σε περίπτωση εγκατάστασης της, η αντλία θερμότητας θα χρησιμοποιούνταν αποκλειστικά για θέρμανση. Ακόμα και σε αυτή την περίπτωση όμως η επένδυση κρίνεται βιώσιμη ωστόσο μειονεκτεί έναντι των άλλων εξαιτίας του πολύ υψηλού κόστους αγοράς και τοποθέτησης της.

Αναφορικά με την ψύξη του κτιρίου, η μόνη δράση που προτείνεται είναι η αντικατάσταση των παλαιού τύπου κλιματιστικών του χιμείου, με νέα τύπου inverter ενεργειακής κλάσης A/A. Η επένδυση αυτή απαιτεί μικρό αρχικό κεφάλαιο και αν και η αποπληρωμή της είναι μακρόχρονη, θεωρείται οριακά βιώσιμη. Εναλλακτικά, το αρχικό κόστος μπορεί να μειωθεί επιλέγοντας κλιματιστικά χωρίς Inverter ή χαμηλότερης ενεργειακής κλάσης αλλά αυτό αφήνεται στην ευχέρεια του επενδυτή και στα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά που απαιτεί (εγγύηση κατασκευαστή, επίπεδο θορύβου, ποιότητα αέρα στον κλιματιζόμενο χώρο κλπ). Τα υπόλοιπα κλιματιστικά του κτιρίου είναι καινούρια όποτε κρίνεται πως δεν απαιτείται κάποια περαιτέρω αλλαγή.

Μια δεύτερη πρόταση σχετικά με την ψύξη θα αφορούσε την εγκατάσταση συστήματος ενδοδαπέδιας ψύξης μέσω αντλίας θερμότητας (που θα χρησιμοποιούνταν και για τη θέρμανση των ορόφων) ωστόσο αυτό δεν είναι δυνατό να πραγματοποιηθεί με το υπάρχον σύστημα σωληνώσεων και απαιτεί εκ νέου σχεδιασμό των εγκαταστάσεων.

Όσον αφορά το κτιριακό κέλυφος, από τον υπολογισμό του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας και τη θερμογράφιση του κτιρίου διαπιστώθηκαν κάποια προβλήματα που καθιστούν το κτίριο ελάχιστα εκτός των ορίων που ορίζει ο κανονισμός. Ωστόσο το κύριο πρόβλημα του κτιρίου προκύπτει από τον υψηλό συντελεστή θερμοπερατότητας των κουφωμάτων που παρά τους διπλούς υαλοπίνακες δεν πληρούν τα σύγχρονα στάνταρ. Τα υπόλοιπα δομικά στοιχεία διαθέτουν ισχυρή μόνωση και κρίνεται πως η τοποθέτηση επιπλέον μόνωσης θα ήταν άσκοπη δεδομένου του αντικειμενικά υψηλού κόστους μιας τέτοιας δράσης.

Η αντικατάσταση των υαλοπινάκων και των πλαισίων είναι μια επένδυση με υψηλό αρχικό κόστος και δεδομένων των ήπιων καιρικών συνθηκών της περιοχής που βρίσκεται το κτίριο (με εξαίρεση ίσως κάποιες θερμές καλοκαιρινές περιόδους), η

εξοικονόμηση ενέργειας που προσφέρει είναι αμελητέα σε σχέση με το απαιτούμενο αρχικό κεφάλαιο, ιδίως αν πρόκειται για ίδια κεφάλαια. Η επένδυση θα κρινόταν βιώσιμη εάν υπήρχε κάποια κρατική επιδότηση όπως πχ το πρόγραμμα «Εξοικονόμηση Κατ' Οίκον» του ΥΠΕΚΑ. Επιπλέον, ορισμένες μικροεπεμβάσεις θα μπορούσαν να γίνουν επιλεκτικά, στα σημεία που εντοπίστηκαν προβλήματα κατά τη θερμογράφιση.

Τέλος εξετάστηκε η επένδυση σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και συγκεκριμένα σε φωτοβολταϊκές γεννήτριες όπου ο πληθωρισμός θεωρήθηκε με βάση τα τωρινά δεδομένα ίσως με 3,3%. Η επένδυση σε φ/β γεννήτριες κρίνεται βιώσιμη και προσοδοφόρα, με την αποπληρωμή της να ολοκληρώνεται πριν από τα μισά της συνολικής διάρκειας ζωής της (25 έτη). Επιπλέον, αν και δεν ελήφθη υπόψη στην παρούσα μελέτη, οι επενδύτες σε δράσεις ΑΠΕ είναι δέκτες πλήρους χρηματοδότησης με πλεονεκτικούς συχνά όρους κάτι που καθιστά την εγκατάσταση των φ/β ακόμα πιο ελκυστική λαμβάνοντας υπόψη και το σχεδόν μηδαμινό κόστος συντήρησής τους.

Κεφάλαιο 6. Συμπεράσματα και Προοπτικές

6.1 Συμπεράσματα

Η ενεργειακή επιθεώρηση που διεξήχθη στα πλαίσια εκπόνησης της παρούσας διπλωματικής έδωσε μια σαφέστερη εικόνα του ενεργειακού προφίλ του υπό μελέτη κτιρίου φανερώνοντας τις ελλείψεις σε βασικούς τομείς αλλά και επισημαίνοντας τις δυνατότητες βελτίωσης της ενεργειακής αποδοτικότητας.

Παρακάτω παρουσιάζονται και αναλύονται τα βασικά συμπεράσματα που προκύπτουν από την ενεργειακή επιθεώρηση του κτιρίου:

- Το κτιριακό κέλυφος παρέχει επαρκή μόνωση.

Παρά την παλαιότητα της κατασκευής, η μόνωση των δομικών υλικών του κτιρίου κρίνεται επαρκής δεδομένων των ήπιων καιρικών συνθηκών της περιοχής που βρίσκεται τοποθετημένο. Οι μικρές ατέλειες που εντοπίστηκαν κατά τη θερμογράφιση δεν δικαιολογούν την επένδυση σε ενίσχυση της μόνωσης ενώ και η αντικατάσταση των υαλοπινάκων και των πλαισίων των κουφωμάτων κρίνεται μη συμφέρουσα εξαιτίας του υψηλού αρχικού κεφαλαίου που απαιτείται.

Αν και ο μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας του κτιρίου υπολογίστηκε οριακά εκτός των ορίων που ορίζει ο κανονισμός (λόγω της παραδοχής που έγινε σχετικά με τις θερμογέφυρες) οποιαδήποτε επένδυση με σκοπό την ενίσχυση του κτιριακού κελύφους με ίδια κεφάλαια κρίνεται μη βιώσιμη. Επισημαίνεται πως μια πιο διεξοδική μελέτη της θερμομόνωσης θα έδινε ίσως ακριβέστερα αποτελέσματα και ενδεχομένως με μικρές διορθωτικές κινήσεις σε σημεία που εμφανίζουν πρόβλημα το κτίριο να βρεθεί εντός των ορίων του κανονισμού.

- Βελτιωτικές δράσεις στο φωτισμό θα προσφέρουν σημαντική εξοικονόμηση

Όπως αναφέρθηκε και στην ανάλυση του προηγούμενου κεφαλαίου λόγω της συνεχούς χρήσης των φωτιστικών σωμάτων μια επένδυση σε ηλεκτρονικά Ballast θα μείωνε σημαντικά το κόστος κατανάλωσης για χρήσεις φωτισμού. Επίσης η αλλαγή των υπαρχόντων λαμπτήρων αν και δε συμβάλλει άμεσα στην ενεργειακή εξοικονόμηση προτείνεται τόσο για τη βελτίωση των συνθηκών φωτισμού όσο και για λόγους προστασίας του περιβάλλοντος ενώ και η διπλάσια διάρκεια ζωής των νέων λαμπτήρων συγκαταλέγεται στα θετικά. Τέλος άκρως συμφέρουσα είναι η επένδυση σε αισθητήρες κίνησης σε χώρους όπου ο φωτισμός παραμένει συνεχώς ανοιχτός παρά την απουσία εργαζομένων σε αυτούς (χημείο, υπόγειο).

- Ενδείκνυται η αντικατάσταση του λέβητα πετρελαίου.

Η προσεχής αύξησης στην τιμή του πετρελαίου θέρμανσης καθιστούν επιτακτική την αναζήτηση εναλλακτικών λύσεων θέρμανσης. Επισημαίνεται πως η χρήση κλιματιστικών για τη θέρμανση του κτιρίου δεν μπορεί να θεωρηθεί σαν κύρια πηγή θέρμανσης παρά μόνο σαν συμπληρωματική. Ο λόγος είναι ότι παρά το χαμηλό κόστος θέρμανσης μέσω κλιματιστικών τα μειονεκτήματα είναι αρκετά: Κακή ποιότητα θέρμανσης (συγκριτικά με το υπάρχον ενδοδαπέδιο σύστημα), κακή απόδοση σε χαμηλές θερμοκρασίες, ανάγκη για συχνό έλεγχο και αντικατάσταση των φίλτρων με συνέπεια πρόσθετα κόστη και τέλος εκπομπή αυξημένων ρύπων στο περιβάλλον.

Οι προτεινόμενες λύσεις αφορούν λέβητα φυσικού αερίου, λέβητα βιομάζας και αντλία θερμότητας. Θεωρώντας δεδομένη την αύξηση της τιμής του πετρελαίου και οι 3 επενδύσεις κρίνονται βιώσιμες. Ως πλέον αποδοτική εκτιμάται η επένδυση σε λέβητα βιομάζας εξαιτίας του χαμηλού κόστους αγοράς των pellets το οποίο δεδομένου ότι τα pellets είναι εγχώριας παραγωγής δεν αναμένεται να αυξηθεί. Ωστόσο, ακόμα δεν έχει ξεκαθαριστεί αν θα επιτραπεί η χρήση λεβήτων βιομάζας στην Αττική ενώ και το αρχικό κόστος της επένδυσης είναι υψηλό.

Η αμέσως καλύτερη εναλλακτική σύμφωνα με τα οικονομικά κριτήρια, είναι η εγκατάσταση φυσικού αερίου με το πλεονέκτημα του χαμηλού αρχικού κόστους συν το γεγονός ότι η προμήθεια φυσικού αερίου είναι συνεχής δεν απαιτεί δηλαδή την αγορά προμήθειας όπως το πετρέλαιο και η βιομάζα.

Τέλος, η λύση της αντλίας θερμότητας αν και κρίνεται βιώσιμη, απαιτεί πολύ υψηλό για τα δεδομένα της επιχείρησης αρχικό κόστος ενώ η επιλογή της θα ήταν περισσότερο ευνοϊκή αν το υπάρχον ενδοδαπέδιο σύστημα σωληνώσεων επέτρεπε και την ψύξη των χώρων. Επισημαίνεται ωστόσο πως είναι η φιλικότερη λύση προς το περιβάλλον όσον αφορά την εκπομπή ρύπων (πρακτικά μηδενικές εκπομπές).

- Η επένδυση σε Φ/Β γεννήτριες είναι βιώσιμη και άκρως συμφέρουσα

Εάν υπογραφεί σύμβαση με τη ΔΕΗ πριν την αλλαγή της τιμολόγησης (δηλαδή πριν την 1/1/2012), η εγκατάσταση φ/β γεννητριών στο δώμα του κτιρίου είναι μια επένδυση με μεγάλη διάρκεια ζωής που θα αποφέρει σημαντικό οικονομικό όφελος στην επιχείρηση μακροπρόθεσμα ενώ η απόσβεση της εκτιμάται στα 8 χρόνια εάν η επένδυση γίνει με ίδια κεφάλαια. Επισημαίνεται πως η νομοθεσία ευνοεί τις μικρές επιχειρήσεις σε θέματα φορολογίας καθώς ο ΦΠΑ μπορεί να αντισταθμιστεί με αντίστοιχο ποσό από εμπορικές δραστηριότητες. Τέλος, υπάρχει πάντα και η δυνατότητα ολικής χρηματοδότησης της επένδυσης με μορφή δανείου.

- Η αντικατάσταση των παλιών κλιματιστικών είναι οριακά βιώσιμη και αφήνεται στην κρίση του επενδυτή

Αναφορικά με την ψύξη του κτιρίου προτάθηκε η αντικατάσταση των παλιών (10ετίας) κλιματιστικών του χιμείου με νέας τεχνολογίας κλιματιστικά. Η επένδυση εξαιτίας του υψηλού κόστους των κλιματιστικών τεχνολογίας inverter που επιλέχθηκαν και της περιορισμένης χρήσης των συγκεκριμένων κλιματιστικών κρίνεται οριακά βιώσιμη, ωστόσο, μια πιο οικονομική επιλογή κλιματιστικών μονάδων σύμφωνα πάντα και με τα κριτήρια απόδοσης και ποιότητας του ενδιαφερόμενου (πχ κλιματιστικά χωρίς inverter ή χαμηλότερης ενεργειακής κλάσης) θα καθιστούσε την επένδυση πιο συμφέρουσα.

- Η συνεισφορά του ανθρώπινου παράγοντα στη βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας είναι καθοριστική

Καθοριστικής σημασίας στη μείωση των καταναλώσεων και στην ορθολογική χρήση των ηλεκτρικών συσκευών και των συστημάτων θέρμανσης είναι η ευαισθητοποίηση του προσωπικού για αυτά τα ζητήματα. Συνίσταται η αποφυγή άσκοπης χρήσης του φωτισμού σε περιπτώσεις που ο φυσικός φωτισμός είναι επαρκής, η σύνεση στη χρήση ηλεκτρικών συσκευών και κλιματιστικών (π.χ. απενεργοποίηση τους όταν δεν

χρησιμοποιούνται) και τέλος η λήψη δράσεων με στόχο τη βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας όπως τα προαναφερθέντα προτεινόμενα μέτρα.

6.2 Προοπτικές

Κατά την εκπόνηση της ενεργειακής επιθεώρησης του κτιρίου το μοναδικό πρόβλημα που παρουσιάστηκε ήταν η αδυναμία καταγραφής των καταναλώσεων του εργαστηριακού εξοπλισμού το οποίο θα απαιτούσε την εγκατάσταση ενός αναλυτή ηλεκτρικής ενέργειας στον ηλεκτρικό πίνακα του εργαστηρίου αλλά και την παύση των εργασιών στο χημείο για κάποιο διάστημα ώστε να καταγραφούν οι πραγματικές ισχύεις των οργάνων και να γίνει εκτίμηση των καταναλώσεων τους βάσει της συχνότητας και των ωρών λειτουργίας τους.

Δυστυχώς κάτι τέτοιο δεν κατέστη εφικτό λόγω των εργασιακών υποχρεώσεων της εταιρίας και έτσι το ενεργειακό πρόφιλ του κτιρίου που παρουσιάζεται στην παρούσα μελέτη δεν περιλαμβάνει τις καταναλώσεις του εργαστηριακού εξοπλισμού του χημείου και του υπογείου.

Αυτή η παράλειψη θα μπορούσε μελλοντικά να αποτελέσει αντικείμενο μελέτης ώστε να σχηματισθεί ένα πλήρες ενεργειακό προφίλ που θα επέτρεπε στην επιχείρηση να βελτιώσει με κατάλληλες δράσεις τον τρόπο λειτουργίας της και να επωφεληθεί τόσο οικονομικά όσο και λειτουργικά.

Βιβλιογραφία

1. Voluntary Agreements for Energy Efficiency or GHG Emissions Reduction in Industry: An Assessment of Programs Around the World, Lynn Price (Ernest Orlando Lawrence Berkeley National Laboratory, April 2005)
2. Voluntary Agreements in the field of Energy Efficiency and Emission Reduction: Review and Analysis of the experience in member States of the European Union (Paolo Bertoldi and Silvia Rezessy, May 2010)
3. European uptake of successful implementations of Industrial SME LTAs as a part of Voluntary Agreements - WP2 Deliverable 1 Review and assessment of the existing LTAs Status: Final (Hille Hyytiä, Ulla Suomi, Erja Reinikainen, 13/03/08)
4. Evaluation of the Danish Voluntary Agreements on Energy Efficiency in trade and industry (Karin Ericsson, April 2006)
5. Role of voluntary agreements in Finnish energy policy on energy efficiency application for the directive on end-use efficiency and energy services (Jukka Leskelä, 14/05/2008)
6. Ιστοσελίδα της Ευρωπαϊκής Επιτροπής:
http://ec.europa.eu/energy/efficiency/agreements_en.htm
7. Ιστοσελίδα της Ελληνικής Εταιρίας Εξοικονόμησης Ενέργειας:
http://www.eeee.gr/index.php?option=com_content&view=article&id=81%3Agreenlight-&catid=35%3Anews&Itemid=1
8. Ιστοσελίδα της ηλεκτρονικής εφημερίδας “Voria”
<http://www.voria.gr/index.php?module=news&func=display&sid=1256>
9. Επίσημη ιστοσελίδα του προγράμματος “GreenLight”:
<http://www.eu-greenlight.org/>
10. Επίσημη ιστοσελίδα του προγράμματος “Motor Challenge”:
<http://re.jrc.ec.europa.eu/energyefficiency/motorchallenge/index.htm>
11. Επίσημη ιστοσελίδα του προγράμματος “Green Building”:
<http://re.jrc.ec.europa.eu/energyefficiency/greenbuilding/index.htm>
12. Άρθρο «GreenLight: Το ευρωπαϊκό πείραμα» (14/06/09):
<http://www.koubarakis.gr/el/articles/34>
13. Επίσημη ιστοσελίδα του “Digital Interoperability Forum”:
<http://www.difgroup.eu/>

14. Νόμος 3661 – Μέτρα για τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης των κτιρίων (Σχέδιο Κανονισμού για Ενεργειακή Αποδοτικότητα των κτιρίων-ΚΕΝΑΚ)
15. Τεχνική Οδηγία Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας «Θερμοφυσικές ιδιότητες δομικών υλικών και έλεγχος της θερμομονωτικής επάρκειας των κτιρίων» (Α΄ Έκδοση, 2010)
16. Τεχνική Οδηγία Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας «Αναλυτικές Εθνικές προδιαγραφές παραμέτρων για τον υπολογισμό της Ενεργειακής Απόδοσης κτιρίων και την έκδοση του πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης» (Α΄ Έκδοση, 2010)
17. Γεώργιος Καραθανάσης: "Χρηματοοικονομική Διοίκηση και Χρηματιστηριακές Αγορές", Εκδόσεις Μπένου, Αθήνα 1999
18. Δημήτριος Βασιλείου, Νικόλαος Ηρειώτης: "Χρηματοοικονομική Διοίκηση, θεωρία και πρακτική", Εκδόσεις Rosili, Αθήνα 2008
19. Laboratory of Heat transfer an Environmental Engineering:
<http://aix.meng.auth.gr/lhtee/education/IAxBE4.pdf>
20. Εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας σε εγκαταστάσεις φωτισμού εσωτερικών χώρων (Φ.Β Τοπαλή):
www.technicalreview.gr/index.php?option=com_content&task=view&id=42
21. Επίσημη Ιστοσελίδα της Philips Ελλάδος:
http://www.lighting.philips.gr/pwc_li/gr_el/connect/Assets/pdf/tools_pdf/Ccat_GrEl_20101206T085749.pdf
22. Επίσημη Ιστοσελίδα του οργανισμού Αέριο Αττικής:
<http://www.aerioattikis.gr>
23. Δημοσιογραφικό portal Energy Press:
<http://www.energypress.gr/portal/resource/contentObject/id/44f47253-1156-414d-b1b6-4e5fb0a20507>
24. Ενημερωτική Ιστοσελίδα «Ο Υδραυλικός»:
http://www.ydravlikos.gr/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=1564:-----&catid=19&Itemid=26
25. Επίσημη Ιστοσελίδα της εταιρίας Eco-Flame:
http://www.eco-flame.gr/?page_id=6
26. Επίσημη Ιστοσελίδα της εταιρίας Τηλεθέρμανση ΕΠΕ:
<http://www.telethermansia.gr/default.asp?ElementName=Contact&Id=71996>

27. Επίσημη Ιστοσελίδα της εταιρίας Sieline:
http://sieline.gr/pages/gr/products/heat_pumps.php
28. Επίσημη Ιστοσελίδα της εταιρίας Daikin Altherma:
<http://www.daikinaltherma.gr/contact/default.jsp>
29. Ενημερωτική Ιστοσελίδα “Loan24”:
http://www.loan24.gr/PV_FAQs.asp#17
30. Ελληνική Στατιστική Υπηρεσία:
<http://www.statistics.gr/portal/page/portal/ESYE>
31. Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία:
http://www.hnms.gr/hnms/english/climatology/climatology_region_diagrams.html?dr_city=Athens_Hellinikon&dr_region=ClimAttiki
32. Ιστοσελίδα της εταιρίας «Τζάκια Αλέξανδρος»:
<http://www.alexandrozakia.gr/el/node/410>