



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

## **Ενεργειακή Επιθεώρηση στο Κτίριο Ηλεκτρονικών Υπολογιστών της Πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου**

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**Μπεκιάρη Ηλιάνα**

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

Αθήνα, Οκτώβριος 2010





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

## Ενεργειακή Επιθεώρηση στο Κτίριο Ηλεκτρονικών Υπολογιστών της Πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου

### ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Μπεκιάρη Ηλιάννα

Επιβλέπων : Ιωάννης Ψαρράς

Καθηγητής Ε.Μ.Π

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

.....

Ιωάννης Ψαρράς

.....

Δημήτριος Ασκούνης

.....

Βασίλειος Ασημακόπουλος

Αθήνα, Οκτώβριος 2010

.....

Μπεκιάρη Ηλιάννα

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

Copyright © ΜΠΕΚΙΑΡΗ ΗΛΙΑΝΑ, 2010

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

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

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

## Περίληψη

Ο κτιριακός τομέας αποτελεί έναν από τους μεγαλύτερους ενεργειακούς καταναλωτές τόσο σε διεθνές, όσο και σε ευρωπαϊκό επίπεδο, ενώ συνεισφέρει σημαντικά στην εκπομπή CO<sub>2</sub> στην ατμόσφαιρα. Στην Ελλάδα, η εκτιμώμενη ενεργειακή κατανάλωση στα κτίρια αγγίζει το 40% του. Αίτιο για το συγκεκριμένο φαινόμενο, παρά το ήπιο κλίμα της χώρας, είναι η παλαιότητα των κτιρίων, η ύπαρξη συντριπτικού ποσοστού κτιρίων ανεγερμένων πριν το 1979, οπότε και τέθηκε σε εφαρμογή ο κανονισμός της θερμομόνωσης, αλλά και η περιορισμένη διείσδυση τεχνολογιών Εξοικονόμησης Ενέργειας (ΕΞΕΝ) και Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ) στον κτιριακό τομέα, σε σχέση με άλλες ευρωπαϊκές χώρες.

Η Ελλάδα, σε συνάφεια με τις οδηγίες της Ευρωπαϊκής Ένωσης, έχει προχωρήσει στην έκδοση του Κανονισμού Ενεργειακής Αποδοτικότητας Κτιρίων (ΚΕΝΑΚ), ορίζοντας την επίσημη διαδικασία ενεργειακής επιθεώρησης στην Ελλάδα και τις τιμές αποδεκτής ενεργειακής απόδοσης. Παρ' όλα αυτά, η ενεργειακή επιθεώρηση στην Ελλάδα είναι ακόμα σε πρώιμο στάδιο. Επιπλέον, σε επίπεδο οικιακού τομέα, οι καταναλωτές έχουν ελλιπή πληροφόρηση σχετικά με τα μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας.

Στο παραπάνω πλαίσιο, στόχος της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η διεξαγωγή αναλυτικής ενεργειακής επιθεώρησης στο Κτίριο Ηλεκτρονικών Υπολογιστών στην Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου, με χρήση καταγραφικού εξοπλισμού, όπως είναι η θερμοκάμερα, το υγρασιόμετρο, ο ηλεκτρονικός αναλυτής καυσαερίων και ο αναλυτής ηλεκτρικής ενέργειας. Επιπλέον, πραγματοποιήθηκε αναλυτική καταγραφή του εγκατεστημένου ηλεκτρολογικού εξοπλισμού του κτιρίου. Με αυτόν τον τρόπο, έγινε εκτίμηση των υφιστάμενων ενεργειακών καταναλώσεων και υπολογίστηκε ο μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας του κτιριακού κελύφους. Στη συνέχεια, για το εξεταζόμενο κτίριο προτάθηκαν δράσεις για την ενεργειακή βελτιστοποίηση του κτιρίου, αφού ελήφθησαν υπ' όψιν όλες οι νομοθετικές, οικονομικές και τεχνολογικές παράμετροι που εμφανίζονται.

**Λέξεις Κλειδιά:** Ενεργειακή Επιθεώρηση, θερμομόνωση κτιριακού κελύφους, εξοικονόμηση ενέργειας στα κτίρια, επεμβάσεις ενεργειακής βελτίωσης στα κτίρια, Φ/Β εγκατάσταση

## Abstract

The building sector is one of the major energy consumers both on national and European basis, and it contributes significantly to the CO<sub>2</sub> emissions in the atmosphere. In Greece, the estimated energy consumption from the building sector is up to 40%. The reason for this particular fact, despite the soft climate of the country, is the age of the buildings, the existence of overwhelming percentage of buildings erected before 1979, when the resolution of heat insulation was placed in application, but also the limited infiltration of technologies to Save Energy, and Renewable Sources of Energy, compared to other European countries.

Greece, in affinity with the instructions by the European Union, has moved to the publication of Regulation of Energy Efficiency of Buildings, by defining the official process of energy inspection in Greece and the numbers of acceptable energy efficiency. Nevertheless, the energy inspection in Greece is still in the earlier stage. In addition, in level of domestic sector, the consumers have incomplete information regarding to the ways of saving the energy.

In this frame, the objective of the present thesis is the conduct of analytic energy inspection in the building PcLab in Politexneiupoli Zwgrafou, with the use of measurement equipment. In addition, analytic recording of the installed electrical equipment of the building. With this way, the existing energy consumes were estimated, and the average rate of thermal transmittance of the building envelope was calculated.

In addition, various solutions were proposed for the energy improvement of the building, considering all the legal, financial and technological aspects presented.

**Keywords:** Energy inspection, thermal insulation on building envelope, energy saving and efficiency in buildings, interventions of energy improvement in buildings, photovoltaic installation

## Πρόλογος

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

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

Ιδιαίτερες ευχαριστίες οφείλω στους επιβλέποντες της διπλωματικής Αλεξάνδρα Παπαδοπούλου, διδάκτορα ΕΜΠ, και Βαγγέλη Μαρινάκη, υποψήφιο διδάκτορα, για την αδιάκοπη καθοδήγηση και υποστήριξη που μου παρείχαν. Η ευστοχία των υποδείξεων και των συμβουλών τους, υπήρξε καταλυτική για την επιτυχή ολοκλήρωση αυτής της εργασίας.

Ακόμα, ιδιαίτερες ευχαριστίες πρέπει να δοθούν σε όλη την Τεχνική Υπηρεσία του ΕΜΠ για την άψογη συνεργασία που είχα μαζί τους. Συγκεκριμένα, στον κ. Γεώργιο Δήμου, Διευθυντή της Διεύθυνσης Συντήρησης Εγκαταστάσεων του ΕΜΠ, για την άψογη συνεργασία κατά την περίοδο διεξαγωγής της ενεργειακής επιθεώρησης στο Κτίριο Ηλεκτρονικών Υπολογιστών, και στον κ. Βασίλειο Ζησόπουλο, για τη βοήθεια που μου παρείχε καθ' όλη τη διάρκεια των μετρήσεων με τα όργανα ενεργειακής επιθεώρησης, καθώς και τις πολύτιμες πληροφορίες που μας έδωσε σχετικά με τη λειτουργία των κτιρίων.

Τέλος, πρέπει να ευχαριστήσω θερμά τα υπόλοιπα μέλη της τεχνικής υπηρεσίας από την Πολυδύναμη Μονάδα που με βοήθησαν με την καταγραφή, και συγκεκριμένα τον κ. Σάββα Γλαμπεδάκη, υπεύθυνο μηχανημάτων του κτιρίου Ηλεκτρονικών Υπολογιστών, για τις ποικίλες και πολύτιμες πληροφορίες που μου παρείχε καθ' όλη τη διάρκεια πραγματοποίησης της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας.





## Πίνακας περιεχομένων:

Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή.....	13
1.1 Σκοπός – Αντικείμενο.....	15
1.2 Φάσεις υλοποίησης.....	17
1.3 Οργάνωση τόμου.....	18
Κεφάλαιο 2: Εγκατάσταση Φ/Β στις στέγες κτιρίων.....	21
2.1 Εισαγωγή.....	23
2.2 Ισχύον Νομοθετικό Πλαίσιο για την Εγκατάσταση Φ/Β σε Οικίες.....	24
2.2.1 Σκοπός – πεδίο εφαρμογής.....	24
2.2.2 Προϋποθέσεις ένταξης.....	26
2.2.3 Συμβάσεις.....	26
2.2.4 Εγκατάσταση και λειτουργία.....	28
2.2.5 Πολεοδομική αντιμετώπιση.....	31
2.2.6 Φορολογική αντιμετώπιση.....	32
2.3 Εγκατάσταση Φ/Β σε εμπορικές – βιομηχανικές στέγες.....	32
2.4 Κατηγορίες Φ/Β που χρησιμοποιούνται σε κτίρια – τεχνικά και οικονομικά χαρακτηριστικά.....	33
2.5 Παράδειγμα υλοποίησης ενός Φ/Β συστήματος σε στέγη.....	43
2.6 Γενικά συμπεράσματα.....	55
Κεφάλαιο 3: Εγκατάσταση Φ/Β σε οικόπεδα.....	57
3.1 Εισαγωγή.....	59
3.2 Υπάρχον Νομοθετικό Πλαίσιο για την Εγκατάσταση Φ/Β σε Οικόπεδα.....	59
3.2.1 Διατύπωση όρων σύνδεσης στο δίκτυο.....	62
3.2.2 Άδεια Παραγωγής.....	63
3.2.3 Έκδοση άδειας εγκατάστασης ή επέκτασης.....	63
3.2.4 Άδεια λειτουργίας.....	64
3.2.5 Απαλλαγή από άδεια εγκατάστασης ή επέκτασης και λειτουργίας.....	65

3.2.6 Περιβαλλοντική Αδειοδότηση .....	65
3.2.7 Ένταξη και σύνδεση Φ/Β σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας .....	67
3.2.8 Προγραμματισμός λειτουργίας και φόρτισης .....	68
3.2.9 Τίμημα για την αγορά ηλεκτρικής ενέργειας και χρέωσης έργου ισχύος.....	69
3.2.10 Μετρήσεις .....	71
3.2.11 Απώλειες .....	72
3.2.12 Ανωτέρα βία.....	72
3.2.13 Εκχώρηση.....	73
3.2.14 Διαδικασία αδειοδότησης για Φ/Β εγκαταστάσεις .....	74
3.3 Αναπτυξιακός νόμος – Πρόταση επιδότησης Φ/Β σταθμού .....	77
3.3.1 Απαιτούμενα δικαιολογητικά.....	77
3.3.2 Παρεχόμενες ενισχύσεις.....	81
3.3.3 Ιδία συμμετοχή του επενδυτή.....	85
3.3.4 Καταβολή ενισχύσεων .....	87
3.4 Επιδότηση ΕΣΠΑ.....	87
3.5 Εγκατάσταση Φ/Β από αγρότες .....	89
3.6 Εγκατάσταση Φ/Β σε γαίες υψηλής παραγωγικότητας .....	94
3.7 Συσσώρευση μεγάλου πλήθους αιτημάτων για Φ/Β σταθμούς.....	95
3.8 Φ/Β που χρησιμοποιούνται σε οικόπεδα – τεχνικά χαρακτηριστικά.....	96
Κεφάλαιο 4: Ενεργειακή Επιθεώρηση κτιρίου.....	99
4.1 Εισαγωγή .....	101
4.2 Περιγραφή και ενεργειακό προφίλ του κτιρίου .....	102
4.3 Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας κτιρίου .....	105
4.3.1 Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για φωτισμό .....	106
4.3.2 Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για θέρμανση – ψύξη.....	107
4.3.3 Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για ηλεκτρονικούς υπολογιστές και servers.....	111
4.3.4 Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για λειτουργία των ανελκυστήρων .....	114
4.3.5 Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας από ηλεκτρικές συσκευές.....	114
4.3.6 Συνολική ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας.....	116
4.3.7 Ηλεκτρική κατανάλωση ενέργειας ανά χώρο .....	118
4.3.8 Υπολογισμός δείκτη ηλεκτρικής κατανάλωσης.....	119

4.4 Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας κτιρίου .....	120
4.4.1 Θερμομόνωση κτιριακού κελύφους.....	120
4.4.1.1 Τρόποι θερμομόνωσης.....	121
4.4.1.2 Θερμομονωτικά υλικά .....	122
4.4.1.3 Φυσικά μεγέθη στη μελέτες θερμομόνωσης.....	122
4.4.2 Μεθοδολογία υπολογισμού θερμομόνωσης κτιρίου σύμφωνα με τον Κανονισμό Θερμικών Μονώσεων .....	123
4.4.2.1 Πρώτο βήμα στη μελέτη θερμομόνωσης.....	123
4.4.2.2 Δεύτερο βήμα στη μελέτη θερμομόνωσης .....	124
4.4.2.3 Τρίτο βήμα στη μελέτη θερμομόνωσης.....	125
4.4.2.4 Κατανομή Ελλάδας σε κλιματικές ζώνες .....	126
4.4.3 Υπολογισμοί μελέτης θερμομόνωσης.....	127
4.4.3.1 Υπολογισμός θερμομόνωσης δομικού στοιχείου .....	129
4.4.3.2 Υπολογισμός θερμομόνωσης ορόφου.....	137
4.4.3.2 Υπολογισμός θερμομόνωσης κτιριακού περιβλήματος.....	141
Κεφάλαιο 5: Μετρήσεις με καταγραφικό εξοπλισμό.....	145
5.1 Εισαγωγή .....	147
5.2 Ηλεκτρονικός αναλυτής καυσαερίων .....	147
5.2.1 Διεξαγωγή και παρουσίαση των μετρήσεων.....	149
5.2.2 Σχολιασμός μετρήσεων – παρατηρήσεις .....	152
5.3 Υγρασιόμετρο .....	155
5.4 Θερμοκάμερα.....	156
5.4.1 Υπέρυθρη θερμογραφία .....	156
5.4.2 Θερμογέφυρες .....	158
5.4.3 Θερμοκάμερα .....	163
5.4.4 Διεξαγωγή των μετρήσεων.....	164
5.4.5 Παρουσίαση και σχολιασμός θερμογραφημάτων .....	165
5.5 Ηλεκτρικός αναλυτής ενέργειας .....	176
5.5.1 Διεξαγωγή και παρουσίαση μετρήσεων.....	176
5.5.2 Σχολιασμός μετρήσεων – παρατηρήσεις .....	177
Κεφάλαιο 6: Δράσεις ενεργειακής βελτίωσης και οικονομοτεχνική ανάλυση.....	183

6.1 Εισαγωγή .....	185
6.2 Κριτήρια επεμβάσεων εξοικονόμησης ενέργειας.....	186
6.2.1 Ενεργειακά και περιβαλλοντικά κριτήρια.....	186
6.2.2 Τεχνικά και λειτουργικά κριτήρια.....	187
6.2.3 Οικονομικά και χρηματοδοτικά κριτήρια .....	187
6.3 Δείκτες οικονομικής αξιολόγησης επεμβάσεων .....	189
6.3.1 Καθαρή Παρούσα Αξία (ΚΠΑ) .....	189
6.3.2 Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (ΕΒΑ).....	190
6.3.3 Έντοκη Περίοδος Αποπληρωμής (ΕΠΑ) .....	190
6.4 Επεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας - οικονομοτεχνική αξιολόγησή τους .....	191
6.4.1 Αντικατάσταση συμβατικών ηλεκτρομαγνητικών ballast λαμπτήρων φθορισμού με ηλεκτρονικά ballast.....	192
6.4.2 Εγκατάσταση αισθητήρων φωτισμού στους λαμπτήρες φθορισμού .....	195
6.4.3 Αντικατάσταση απλών υαλοπινάκων με διπλούς υαλοπίνακες.....	197
6.4.4 Θερμομόνωση αμόνωτης εξωτερικής τοιχοποιίας.....	203
6.4.5 Εγκατάσταση συστήματος αναλυτικής καταγραφής της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας (BEMS).....	208
6.4.6 Εγκατάσταση Φ/Β στην οροφή του κτιρίου.....	210
6.5 Άλλες επεμβάσεις ενεργειακής βελτίωσης .....	214
6.6 Δράσεις μηδενικού και χαμηλού κόστους .....	214
6.7 Διαμόρφωση προτάσεων .....	216
Κεφάλαιο 7: Συμπεράσματα και Προοπτικές.....	219
7.1 Συμπεράσματα.....	221
7.2 Προοπτικές.....	222
Παράρτημα Πινάκων.....	225
Βιβλιογραφία.....	253

# Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή

---



# 1. Εισαγωγή

---

## 1.1 Σκοπός – Αντικείμενο

Από το σύνολο της κατανάλωσης ενέργειας σε εθνικό και Ευρωπαϊκό επίπεδο, οι μεταφορές καταναλώνουν το 32%, η βιομηχανία το 28% και ο κτιριακός τομέας είναι υπεύθυνος για το 40% περίπου. Η κατανάλωση αυτή του κτιριακού τομέα διακρίνεται είτε σε μορφή θερμικής (κυρίως πετρέλαιο, αλλά και φυσικό αέριο), είτε σε μορφή ηλεκτρικής ενέργειας. Ευθύνεται για τη μεγάλη επιβάρυνση της ατμόσφαιρας σε ρύπους, κυρίως με διοξείδιο του άνθρακα (CO<sub>2</sub>). Ταυτόχρονα, εξαιτίας του ολοένα και αυξανόμενου κόστους των συμβατικών καυσίμων, προκαλείται και σημαντική οικονομική επιβάρυνση.

Απαραίτητη προϋπόθεση για τη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας στα κτίρια είναι η διενέργεια ενεργειακής επιθεώρησης σε αυτά, δηλαδή η ενεργειακή διάγνωση ή ο ενεργειακός έλεγχός τους, που θα παρέχουν χρήσιμες πληροφορίες για την πιθανή ενεργειακή σπατάλη τους. Προκειμένου να υποχρεώσει τις χώρες-μέλη στη λήψη μέτρων για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων, η Ευρωπαϊκή Ένωση εξέδωσε την Οδηγία 2002/91/EK. Η Οδηγία αυτή προβλέπει:

A) την ενεργειακή μελέτη για όλα τα νέα κτίρια και τα υφιστάμενα κτίρια άνω των 1000 τ.μ., που υφίστανται ριζική ανακαίνιση (κόστος ανακαίνισης άνω του 25% της αξίας του κτιρίου εξαιρουμένης της αξίας του οικοπέδου).

B) την ενεργειακή πιστοποίηση για όλα τα παραπάνω κτίρια, αλλά και για κάθε υφιστάμενο κτίριο που ενοικιάζεται ή πρόκειται να πωληθεί.

Γ) την επιθεώρηση των εγκαταστάσεων θέρμανσης και κλιματισμού σε συγκεκριμένα χρονικά διαστήματα, ανάλογα με την ωφέλιμη ονομαστική ισχύ της εγκατάστασης.

Η συγκεκριμένη Οδηγία ενσωματώθηκε στην Ελληνική Νομοθεσία και περιγράφεται αναλυτικά στο ΦΕΚ αριθμό φύλλου 177, στις 06-10-2010, με τίτλο: Ενεργειακοί Επιθεωρητές κτιρίων, λεβήτων και εγκαταστάσεων θέρμανσης και εγκαταστάσεων κλιματισμού.

Η ενεργειακή επιθεώρηση είναι μία σημαντική δράση με στόχο την εξοικονόμηση ενέργειας, που έχει εφαρμογή τόσο στη βιομηχανία όσο και στον κτιριακό τομέα, και αφορά όλες τις ενεργειακές τεχνολογίες.

Με τον όρο ενεργειακή επιθεώρηση ορίζεται η διαδικασία εκτίμησης των πραγματικών καταναλώσεων ενέργειας σε ένα ενεργειακό σύστημα, των παραγόντων που τις επηρεάζουν, καθώς και των μεθόδων βελτίωσης για την εξοικονόμηση ενέργειας στον κτιριακό τομέα.

Πιο συγκεκριμένα, μία ενεργειακή επιθεώρηση περιλαμβάνει τα εξής:

- Καταγραφή των ενεργειακών καταναλώσεων και των χαρακτηριστικών τους
- Εκτέλεση κατάλληλου προγράμματος μετρήσεων σημαντικών ενεργειακών και άλλων μεγεθών
- Προσδιορισμό συγκεκριμένων μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας, με βάση την ανωτέρω ενεργειακή ανάλυση

Συνοπτικά, η ενεργειακή επιθεώρηση αποσκοπεί:

- Στην εκτίμηση της κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας του κτιρίου ανά τελική χρήση (θέρμανση, ψύξη, αερισμός, φωτισμός, ZNX και συνολικά)
- Στην ενεργειακή κατάταξη του κτιρίου
- Στην έκδοση του πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης
- Στη σύνταξη υποδείξεων προς τον ιδιοκτήτη/χρήστη για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου

Με τη διενέργεια μίας ενεργειακής επιθεώρησης σχηματίζεται σαφής εικόνα για την κατάσταση στην οποία βρίσκεται η βιομηχανία ή το κτίριο από ενεργειακής άποψης και προτείνονται συγκεκριμένα μέτρα, από την υλοποίηση των οποίων θα προκύψει σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας και αντίστοιχο οικονομικό όφελος.



Οι ενεργειακές επιθεωρήσεις χωρίζονται στις παρακάτω δύο κατηγορίες:

- Συνοπτική ενεργειακή επιθεώρηση: είναι η ενεργειακή επιθεώρηση που εντοπίζει όλες τις επεμβάσεις εξοικονόμησης πρώτης προτεραιότητας και άμεσης απόδοσης και οριοθετεί τις επεμβάσεις εκείνες, οι οποίες κατ' αρχήν ικανοποιούν τα κριτήρια του φορέα για αυτοχρηματοδότηση επενδύσεων, καθώς και εκείνες οι οποίες χρήζουν αναλυτικής τεκμηρίωσης στα πλαίσια της εκτενούς ενεργειακής επιθεώρησης
- Εκτενής ενεργειακή επιθεώρηση: είναι η ενεργειακή επιθεώρηση που συνήθως έπεται της συνοπτικής ενεργειακής επιθεώρησης και όπου εκτός από τα ενεργειακά στοιχεία χρειάζονται και μετρήσεις, προκειμένου να καταρτιστούν τα ενεργειακά ισοζύγια στις ενεργοβόρες μονάδες ή εγκαταστάσεις. Με αυτόν τον τρόπο προσδιορίζονται επεμβάσεις μεσοπρόθεσμης και μακροπρόθεσμης απόδοσης.

Στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εργασίας, μελετήθηκε το Κτίριο Ηλεκτρονικών Υπολογιστών στην Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου. Αρχικά, πραγματοποιήθηκε καταγραφή των υφιστάμενου ηλεκτρολογικού εξοπλισμού και των εξωτερικών κουφωμάτων. Βάση αυτής της καταγραφής, εκτιμήθηκαν οι καταναλώσεις ηλεκτρικής ενέργειας και υπολογίστηκαν οι συντελεστές θερμοπερατότητας του κτιρίου. Στη συνέχεια, προτάθηκαν δράσεις ενεργειακής βελτιστοποίησης του εξεταζόμενου κτιρίου και πραγματοποιήθηκε τεχνοοικονομική μελέτη για κάποιες από αυτές.

## 1.2 Φάσεις υλοποίησης

Για την ολοκλήρωση της παρούσας διπλωματικής εργασίας, η οποία πραγματοποιήθηκε την περίοδο Οκτωβρίου 2009 – Οκτωβρίου 2010, ακολουθήθηκε η παρακάτω διαδικασία, όπου συνίσταται από πέντε φάσεις.

**Φάση 1:** Διερεύνηση των προοπτικών Φ/Β εγκατάστασης:

Κατά τη διάρκεια της πρώτης φάσης, πραγματοποιήθηκε μέσω βιβλιογραφικής έρευνας εντοπισμός και καταγραφή του ευρύτερου ρυθμιστικού πλαισίου στην Ελλάδα για την εγκατάσταση Φ/Β πλαισίων τόσο στις στέγες κτιρίων, όσο και σε οικόπεδα. Η νομοθεσία συνεχώς αλλάζει, καθώς γίνεται όλο και πιο επιτακτική η ανάγκη για στροφή στις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας. Επομένως, έγινε προσπάθεια να συγχωνευθούν όλες αυτές οι νομοθετικές ρυθμίσεις και να αναλυθούν με μελέτη πραγματικής εγκατάστασης.

**Φάση 2:** Καταγραφή ηλεκτρολογικού εξοπλισμού κτιρίου:

Κατά τη διάρκεια της δεύτερης φάσης, πραγματοποιήθηκε λεπτομερής καταγραφή του ηλεκτρολογικού εξοπλισμού, για τον υπολογισμό της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας του κτιρίου. Επίσης, καταγράφηκαν τα είδη και οι διαστάσεις όλων των εξωτερικών κουφωμάτων του κτιρίου, για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας.

**Φάση 3:** Μετρήσεις με καταγραφικό εξοπλισμό:

Κατά τη διάρκεια της τρίτης φάσης, διεξήχθησαν μετρήσεις με καταγραφικό εξοπλισμό, όπως θερμοκάμερα, υγρασιόμετρο και αναλυτή ηλεκτρικής ενέργειας. Από την επεξεργασία των μετρήσεων αυτών, βγήκαν συμπεράσματα σχετικά με τη χρήση ηλεκτρικής ενέργειας στο κτίριο.

**Φάση 4:** Μελέτη αρχιτεκτονικών σχεδίων του κτιρίου:

Κατά τη διάρκεια της τέταρτης φάσης, ανακτήθηκαν τα σχέδια κατόψεων και τα σχέδια κλιματισμού του κτιρίου. Στα σχέδια αυτά περιλαμβάνονται οι τομές της τοιχοποιίας του κτιριακού κελύφους, για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας.

**Φάση 5:** Οικονομοτεχνική μελέτη και συμπεράσματα:

Κατά τη διάρκεια της πέμπτης φάσης, γίνεται οικονομοτεχνική μελέτη των προτάσεων για τη βελτίωση του ενεργειακού προφίλ του κτιρίου. Παρατίθενται τα συμπεράσματα που εξάγονται και εξετάζονται οι προοπτικές που αναδύονται από την παρούσα διπλωματική εργασία.

## 1.3 Οργάνωση τόμου

Αρχικά, παρατίθεται μία σύντομη περίληψη της διπλωματικής εργασίας, στην οποία παρουσιάζεται συνοπτικά τα κύρια σημεία της. Η περίληψη αυτή υποτίθεται και στην Αγγλική γλώσσα.

Το κύριο μέρος της διπλωματικής εργασίας αποτελείται από επτά κεφάλαια

- Στο κεφάλαιο 2 γίνεται μία λεπτομερής ανάλυση της υπάρχουσας νομοθεσίας για την εγκατάσταση Φ/Β πλαισίων στις στέγες κτιρίων. Παρατίθενται τα είδη της Φ/Β τεχνολογίας που χρησιμοποιούνται στον οικιακό τομέα, και συγκρίνονται με τεχνολογικά και οικονομικά κριτήρια. Επιπλέον, γίνεται αναλυτική μελέτη Φ/Β εγκατάστασης στην οροφή σπιτιού στο δήμο Ζωγράφου Αττικής.
- Στο κεφάλαιο 3 γίνεται μία λεπτομερής ανάλυση της υπάρχουσας νομοθεσίας για την εγκατάσταση Φ/Β πλαισίων σε οικόπεδα. Περιγράφονται όλες οι διαδικασίες αδειοδότησης που απαιτούνται για κάθε περίπτωση Φ/Β εγκατάστασης.

Επιπλέον, παρουσιάζονται όλες οι επενδύσεις που υπάρχουν για την οικονομική ενίσχυση των Φ/Β εγκαταστάσεων.

- Στο κεφάλαιο 4 παρατίθεται το πρακτικότερο μέρος της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Συγκεκριμένα, γίνεται μία εκτενής ενεργειακή μελέτη του Κτιρίου Ηλεκτρονικών Υπολογιστών στην Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου. Πραγματοποιείται κατανομή της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας και υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας του κτιρίου.
- Στο κεφάλαιο 5 παρατίθενται οι μετρήσεις που διεξήχθησαν με τη χρήση αναλυτικών μετρητικών οργάνων.
- Στο κεφάλαιο 6 συγκεντρώνονται όλες οι προτεινόμενες δράσεις για την ενεργειακή βελτιστοποίηση του εξεταζόμενου κτιρίου. Επιπλέον, πραγματοποιείται οικονομοτεχνική μελέτη για κάποιες από αυτές τις δράσεις.
- Στο κεφάλαιο 7 αποτελεί ουσιαστικά τον επίλογο της παρούσας διπλωματικής εργασίας, στο οποίο παρατίθεται όλα τα συμπεράσματα που εξήχθησαν και οι προοπτικές που αναπτύσσονται.



## Κεφάλαιο 2: Εγκατάσταση Φ/Β στις στέγες κτιρίων

---



## 2: Εγκατάσταση Φ/Β στις στέγες κτιρίων

---

### 2.1 Εισαγωγή

Κάθε Διασυνδεδεμένο Κτιριακό Φωτοβολταϊκό Σύστημα (BAPV/BIPV – Building Applied/Integrated Photovoltaics) μπορεί να αναλυθεί σε δύο επιμέρους δομικές μονάδες: τα Φ/Β πλαίσια, τα οποία μετατρέπουν την ηλιακή ενέργεια σε ηλεκτρική, και τον ηλεκτρονικό μετατροπέα, που αναλαμβάνει την προσαρμογή της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας στις προδιαγραφές του δικτύου χαμηλής τάσης. Ο αριθμός των χρησιμοποιούμενων Φ/Β πλαισίων καθορίζει τη μέγιστη παρεχόμενη ισχύ, ενώ η εν σειρά και παράλληλη σύνδεση αυτών προσδιορίζει τα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά (τιμές τάσης και ρεύματος) των μετατροπέων που θα χρησιμοποιηθούν. Επιπρόσθετα, η απρόσκοπτη λειτουργία της όλης εγκατάστασης απαιτεί τη χρήση ορισμένων βοηθητικών συστημάτων (Balance of System, B.O.S.), τα οποία εγγυώνται τόσο την ασφαλή διασύνδεση του μετατροπέα με τις Φ/Β γεννήτριες και το ηλεκτρικό δίκτυο, όσο και τη στιβαρότητα της όλης εγκατάστασης σε μηχανικές καταπονήσεις.

Η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από τα Φ/Β πλαίσια παρέχεται υπό τη μορφή συνεχούς τάσης και ρεύματος. Για να καταστεί λοιπόν εφικτή η τροφοδότηση του ηλεκτρικού δικτύου εναλλασσόμενου ρεύματος με την ενέργεια που παράγεται από τα Φ/Β, απαιτείται η διαμεσολάβηση κατάλληλων ηλεκτρονικών διατάξεων, των αντιστροφών. Έχει επικρατήσει αυτές οι ηλεκτρονικές διατάξεις να ονομάζονται στο σύνολό τους ηλεκτρονικοί μετατροπείς ενώ το τμήμα τους που αναλαμβάνει τη διασύνδεση με το ηλεκτρικό δίκτυο και μετατρέπει τη συνεχή τάση σε εναλλασσόμενη ονομάζεται αντιστροφείας.

Όπως όλες οι ηλεκτρικές εγκαταστάσεις παραγωγής ή κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας που συνδέονται στο δίκτυο Ε.Ρ., έτσι και οι ηλεκτρονικοί μετατροπείς των διασυνδεδεμένων με το ηλεκτρικό δίκτυο Φ/Β συστημάτων, οφείλουν να υπόκεινται στις προδιαγραφές που ορίζονται από τους κανονισμούς και τα πρότυπα που έχουν θεσπιστεί ή υιοθετηθεί από τους Διαχειριστές των Συστημάτων Ηλεκτρικής Ενέργειας και Δικτύων. Συγκεκριμένα, η σύνδεση μικρών διεσπαρμένων μονάδων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στο δίκτυο Χαμηλής Τάσης, θεωρείται αποδεκτή

όταν η ενέργεια που παρέχεται στο ηλεκτρικό δίκτυο μέσω των ηλεκτρονικών μετατροπέων δεν επηρεάζει αρνητικά την ποιότητα ισχύος που παρέχεται στους άλλους συνδεδεμένους χρήστες (καταναλωτές ή παραγωγούς), δε διαταράσσει την ορθή λειτουργία των μέσων ρύθμισης και προστασίας του δικτύου και δεν θέτει σε κίνδυνο πρόσωπα και εγκαταστάσεις.

## **2.2 Ισχύον Νομοθετικό Πλαίσιο για την Εγκατάσταση Φ/Β σε Οικίες**

Η υπάρχουσα νομοθεσία για την εγκατάσταση Φ/Β σε κτίρια δημοσιεύεται στην εφημερίδα της κυβέρνησης, αριθμός φύλλου 1079, στις 04/07/2009, ως ειδικό πρόγραμμα ανάπτυξης φωτοβολταϊκών (Φ/Β) συστημάτων σε κτιριακές εγκαταστάσεις και κυρίως σε δώματα και στέγες κτιρίων. Η νομοθεσία αυτή υπογράφηκε από τα συναρμόδια υπουργεία Ανάπτυξης, ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε και Οικονομικών. Από 1<sup>η</sup> Ιουλίου 2009 ισχύει το πρόγραμμα για την εγκατάσταση μικρών Φ/Β συστημάτων στον οικιακό-κτιριακό τομέα. Με το πρόγραμμα αυτό δίνονται κίνητρα με τη μορφή ενίσχυσης της παραγόμενης ηλιακής κιλοβατώρας, ώστε ο οικιακός καταναλωτής ή μία μικρή επιχείρηση να κάνουν απόσβεση του συστήματος που εγκατέστησαν και να έχουν ένα λογικό κέρδος για τις υπηρεσίες (ενεργειακές και περιβαλλοντικές) που παρέχουν στο δίκτυο.

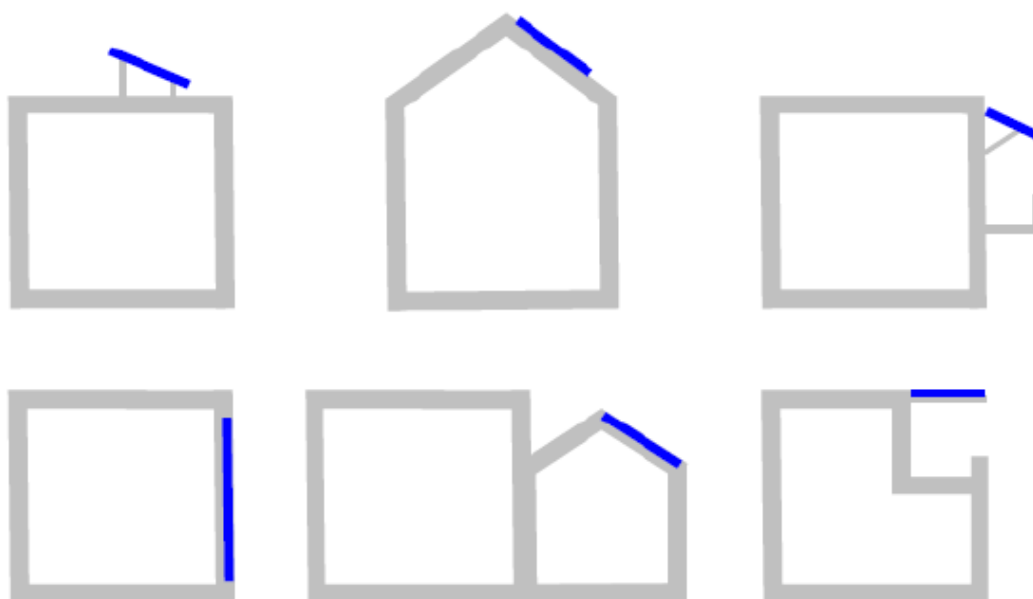
### **2.2.1 Σκοπός – πεδίο εφαρμογής**

Καταρτίζεται ειδικό πρόγραμμα ανάπτυξης Φ/Β συστημάτων μέχρι 10 kWp σε κτιριακές εγκαταστάσεις που χρησιμοποιούνται για κατοικία ή στέγαση πολύ μικρών επιχειρήσεων με διάρκεια έως 31/12/2019. Πρακτικά, πολύ μικρή επιχείρηση είναι αυτή που απασχολεί έως 10 άτομα και έχει κύκλο εργασιών και σύνολο ενεργητικού έως 2 εκατομμύρια € ετησίως.

Το πρόγραμμα αυτό αφορά Φ/Β συστήματα για παραγωγή ενέργειας που εγγέεται στο δίκτυο, τα οποία εγκαθίστανται στο δώμα ή στη στέγη κτιρίων, συμπεριλαμβανομένων των στεγάστρων βεραντών. Από το Σεπτέμβριο του 2010, αφορά όλη την επικράτεια. Ως μέγιστη ισχύς των Φ/Β συστημάτων στο πλαίσιο του προγράμματος ορίζεται, για την ηπειρωτική χώρα, και τα νησιά που είναι διασυνδεδεμένα σ' αυτό το ηπειρωτικό δίκτυο (π.χ. Εύβοια, Ιόνια, Σποράδες, νησιά Αργοσαρωνικού) και την Κρήτη τα 10 kWp. Για τα λοιπά μη διασυνδεδεμένα με το ηπειρωτικό σύστημα της Ελλάδας νησιά (π.χ. Δωδεκάνησα, Κυκλάδες, νησιά Βορειοανατολικού Αιγαίου), η μέγιστη ισχύς ορίζεται στα 5 kWp.

Οι τρόποι τοποθέτησης των Φ/Β συστημάτων στο κτιριακό κέλυφος απεικονίζονται στο επόμενο σχήμα:





Σχήμα 2.1: Τρόποι ενσωμάτωσης Φ/Β σε κτίρια

Στην περίπτωση Φ/Β συστήματος σε κοινόχρηστο ή κοινόκτητο χώρο κτιρίου (οροφή), επιτρέπεται η εγκατάσταση ενός και μόνο συστήματος. Δικαίωμα ένταξης στο πρόγραμμα έχουν οι κύριοι οριζοντίων ιδιοκτησιών εκπροσωπούμενοι από το διαχειριστή ή ένας εκ των κυρίων των οριζόντιων ιδιοκτησιών μετά από παραχώρηση της χρήσης του κοινόχρηστου ή κοινόκτητου χώρου από τους λοιπούς συνιδιοκτήτες. Προϋπόθεση αποτελεί η συμφωνία του συνόλου των συνιδιοκτητών που αποδεικνύεται με πρακτικό ομόφωνης απόφασης της γενικής συνέλευσης ή με έγγραφη συμφωνία όλων των συνιδιοκτητών του κτιρίου, με ευθύνη των ενδιαφερομένων. Αν το σύστημα μπει σε στέγαστρο βεράντας διαμερίσματος, προφανώς μπορούν να μπουν περισσότερα συστήματα σε μια πολυκατοικία.

Με βάση το νέο νόμο για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας, τα κίνητρα και οι όροι που ισχύουν για τον οικιακό – κτιριακό τομέα, ισχύουν πλέον και για τα κτίρια όπου στεγάζονται Νομικά Πρόσωπα Δημοσίου Δικαίου (Ν.Π.Δ.Δ.) ή Νομικά Πρόσωπα Ιδιωτικού Δικαίου (Ν.Π.Ι.Δ.) μη κερδοσκοπικού χαρακτήρα, τα οποία έχουν στην κυριότητά τους το χώρο στον οποίο εγκαθίσταται το Φ/Β σύστημα. Το δικαίωμα εγκατάστασης Φ/Β συστήματος σε κτίριο ιδιοκτησίας Νομικού Προσώπου Δημοσίου Δικαίου, τη χρήση του οποίου έχει αναλάβει διαχειριστής (π.χ. σχολική επιτροπή), παρέχεται στον διαχειριστή, μετά από συναίνεση του κυρίου του κτιρίου.

Πρέπει να επισημανθεί ότι η εγκατάσταση Φ/Β σε πρόσοψη κτιρίου είναι αδύνατη για τους οικιακούς καταναλωτές. Όσον αφορά τις επιχειρήσεις, μπορούν να εγκαταστήσουν Φ/Β σε πρόσοψη κτιρίου, αλλά δεν εντάσσονται στο ειδικό πρόγραμμα για τα κτίρια που περιγράφεται, αλλά στο καθεστώς ενισχύσεων που προβλέπουν οι νόμοι 3468/2006 και 3734/2009. Με βάση τους νόμους αυτούς, που

περιγράφονται αναλυτικότερα στο επόμενο κεφάλαιο, Φ/Β εγκατάσταση μέχρι 20 kWp δε χρειάζεται αδειοδότηση, ενώ το παραγόμενο ηλεκτρικό ρεύμα μπορεί να πουληθεί στον ΔΕΣΜΗΕ έναντι 0,45 ευρώ/kWh, τιμή που είναι εγγυημένη για μια εικοσαετία.

### 2.2.2 Προϋποθέσεις ένταξης

Οι προϋποθέσεις ένταξης Φ/Β συστήματος στο πρόγραμμα είναι οι εξής:

- Ύπαρξη ενεργής σύνδεσης κατανάλωσης ηλεκτρικού ρεύματος στο όνομα του κυρίου του Φ/Β στο κτίριο όπου το σύστημα εγκαθίσταται (ή στον κοινόχρηστο λογαριασμό της πολυκατοικίας αν επιλεγεί η συλλογική εγκατάσταση).
- Μέρος των θερμικών αναγκών σε ζεστό νερό χρήσης της ιδιοκτησίας του κυρίου του Φ/Β, εφ' όσον αυτή χρησιμοποιείται για κατοικία, πρέπει να καλύπτεται με χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, όπως ενδεικτικά: ηλιοθερμικά, ηλιακοί θερμοσίφωνες, βιομάζα, γεωθερμική αντλία θερμότητας.
- Για εγκατάσταση Φ/Β σε στέγες επιχειρήσεων, όχι κάποια άλλη προηγούμενη επιδότηση για το Φ/Β από εθνικά ή κοινοτικά προγράμματα (π.χ. ΕΣΠΑ).

### 2.2.3 Συμβάσεις

Η Σύμβαση Συμψηφισμού για Φ/Β σύστημα συνάπτεται μεταξύ κυρίου του Φ/Β και ΔΕΗ ΑΕ ή άλλου προμηθευτή που ηλεκτροδοτεί τις καταναλώσεις του στο κτίριο, όπου εγκαθίσταται το Φ/Β σύστημα, για είκοσι πέντε έτη, με έναρξη ισχύος την ημερομηνία ενεργοποίησης της σύνδεσης του Φ/Β συστήματος. Η εν λόγω Σύμβαση συνομολογείται με σταθερή τιμή αναφοράς και αντιστοιχεί στο έτος που αυτή συνάπτεται, υπό την προϋπόθεση ενεργοποίησης της σύνδεσης του Φ/Β συστήματος εντός έξι μηνών από τη σύναψη της Σύμβασης Συμψηφισμού. Σε αντίθετη περίπτωση, ως τιμή αναφοράς θα λαμβάνεται η τιμή που αντιστοιχεί στο έτος που πραγματοποιείται η ενεργοποίηση της σύνδεσης του Φ/Β συστήματος.

Στην περίπτωση που ο κύριος του Φ/Β αλλάξει προμηθευτή για την ηλεκτροδότηση των καταναλώσεών του στο κτίριο, λήγει αυτοδικαίως η Σύμβαση Συμψηφισμού και συνάπτεται νέα Σύμβαση Συμψηφισμού για το υπολειπόμενο εκ των είκοσι πέντε ετών διάστημα μεταξύ κυρίου του Φ/Β και του νέου προμηθευτή.

Η τιμή της παραγόμενης από το Φ/Β σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας που εγγέεται στο δίκτυο ορίζεται σε 0,55 Ευρώ/kWh για τις Συμβάσεις Συμψηφισμού που συνάπτονται τα έτη 2009 - 2011, τιμή εγγυημένη για εικοσιπέντε χρόνια. Η τιμή μειώνεται κατά

5% ετησίως για τις Συμβάσεις Συμψηφισμού που συνάπτονται το διάστημα από 01/01/2012 μέχρι και 31/12/2019.

Η τιμή στην οποία συνομολογείται η Σύμβαση Συμψηφισμού αναπροσαρμόζεται κάθε έτος, κατά ποσοστό 25% του δείκτη τιμών καταναλωτή του προηγούμενου έτους, όπως αυτός καθορίζεται από την Εθνική Στατιστική Υπηρεσία της Ελλάδος ή τον εκάστοτε αρμόδιο φορέα. Αν η τιμή που προκύπτει με την ανωτέρω αναπροσαρμογή, είναι μικρότερη της μέσης Οριακής Τιμής του Συστήματος, όπως αυτή διαμορφώνεται κατά το προηγούμενο έτος, προσαυξημένης κατά 40%, η τιμολόγηση γίνεται με βάση τη μέση Οριακή Τιμή του Συστήματος του προηγούμενου έτους, προσαυξημένη κατά τον αντίστοιχο ως άνω συντελεστή.

Οι Συμβάσεις Συμψηφισμού κοινοποιούνται από τον εκάστοτε προμηθευτή στη ΡΑΕ εντός ενός μηνός από την υπογραφή τους. Η καταμέτρηση της παραγόμενης ενέργειας πραγματοποιείται ταυτόχρονα με την καταμέτρηση της ενέργειας που καταναλώνεται. Στην πράξη, η ΔΕΗ θα εγκαταστήσει ένα νέο μετρητή ο οποίος θα καταγράφει την παραγόμενη ενέργεια. Ως παραγόμενη ενέργεια νοείται η ενέργεια που παράγεται από το Φ/Β σύστημα μείον την ενέργεια που τυχόν αυτό απορροφά από το Δίκτυο για ίδια κατανάλωση. Η πίστωση της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας ακολουθεί τους κύκλους χρέωσης της καταναλισκόμενης. Η εκκαθάριση γίνεται από τη ΔΕΗ ΑΕ ή άλλο προμηθευτή, ο οποίος για το σκοπό αυτό καταχωρεί στο λογαριασμό κατανάλωσης ηλεκτρικού ρεύματος του κυρίου του Φ/Β συστήματος σχετική πιστωτική εγγραφή. Στην περίπτωση αυτή ο εν λόγω λογαριασμός επέχει θέση τιμολογίου αγοράς για την ενέργεια που διατίθεται από τον κύριο του Φ/Β συστήματος. Παράλληλα, η ΔΕΗ ΑΕ ή άλλος προμηθευτής χρεώνει τον ΔΕΣΜΗΕ που τηρεί τον Ειδικό Λογαριασμό των διατάξεων του άρθρου 40 του ν. 2773/1999, με το συνολικό ποσό της δαπάνης των εκκαθαρίσεων όλων των κυρίων των Φ/Β που του αναλογούν σε μηνιαία βάση επισυνάπτοντας σχετική αναλυτική κατάσταση.

Πρέπει να γίνει κατανοητό ότι ο καταναλωτής συνεχίζει να αγοράζει ρεύμα από τη ΔΕΗ και να το πληρώνει στην τιμή που το πληρώνει και σήμερα (0,10-0,12ευρώ/kWh). Όμως, πουλάει στη ΔΕΗ για 0,55ευρώ/kWh την παραγόμενη από το Φ/Β ηλεκτρική ενέργεια. Για παράδειγμα, αν στο δίμηνο το Φ/Β μιας κατοικίας παράγει ηλεκτρική ενέργεια αξίας 250 € και καταναλώνει ενέργεια αξίας 100 €, δηλαδή το Φ/Β σύστημα παράγει περισσότερη ενέργεια από αυτή που καταναλώνεται, θα έρθει πιστωτικός λογαριασμός 150 €, ποσό που θα καταθέσει η ΔΕΗ στον τραπεζικό λογαριασμό που θα έχει συμφωνηθεί.

Ο οικιακός μικροπαραγωγός ηλιακού ηλεκτρισμού δεν θεωρείται πια επιτηδευματίας, με άλλα λόγια απαλλάσσεται από το άνοιγμα βιβλίων στην εφορία. Επομένως, τα όποια έσοδα έχει από την πώληση της ενέργειας δεν φορολογούνται. Όπως αναφέρεται σε σχετική κοινή υπουργική απόφαση, 'δεν υφίστανται για τον κύριο του Φ/Β συστήματος φορολογικές υποχρεώσεις για τη διάθεση της ενέργειας αυτής στο δίκτυο'. Με άλλα λόγια, τα όποια έσοδα προκύπτουν από την πώληση της ενέργειας

δεν φορολογούνται. Με βάση τον ισχύοντα φορολογικό νόμο, οι οικιακοί καταναλωτές δικαιούνται επιπλέον και έκπτωση δαπανών από το εισόδημα (εκπίπτει 20% της δαπάνης για Φ/Β εγκατάσταση και μέχρι 700 ευρώ ανά σύστημα).

Η απαλλαγή από τη φορολόγηση των εσόδων ισχύει και για τις πολύ μικρές επιχειρήσεις, με την προϋπόθεση ότι τα κέρδη εμφανίζονται σε ειδικό λογαριασμό αφορολόγητου αποθεματικού. Σε περίπτωση διανομής ή κεφαλαιοποίησής τους, ισχύει η τρέχουσα φορολογία για τα κέρδη που διανέμονται.

#### **2.2.4 Εγκατάσταση και λειτουργία**

Το Φ/Β σύστημα συνδέεται στο Δίκτυο διανομής χαμηλής τάσης. Για τη σύνδεση η ΔΕΗ ΑΕ ως Διαχειριστής του Δικτύου, κάνει χρήση της παροχής μέσω της οποίας τροφοδοτούνται οι καταναλώσεις της ιδιοκτησίας του κυρίου όπου εγκαθίσταται το Φ/Β σύστημα, όταν αυτό είναι τεχνικά δυνατό. Σε κάθε περίπτωση η σύνδεση αντιστοιχεί σε υφιστάμενο αριθμό παροχής της ιδιοκτησίας του κυρίου του Φ/Β συστήματος.

Με βάση το νέο νόμο του Σεπτεμβρίου του 2010, επιφέρονται σημαντικές αλλαγές σε ότι αφορά την αδειοδότηση των Φ/Β συστημάτων. Έγιναν τροποποιήσεις σε παλαιότερες ρυθμίσεις κυρίως πολεοδομικού χαρακτήρα για την εγκατάσταση οικιακών Φ/Β. Πλέον, δεν απαιτείται καμία άδεια (με εξαίρεση διατηρητέα κτίρια και παραδοσιακούς οικισμούς όπου απαιτείται η έγκριση της Επιτροπής Πολεοδομικού και Αρχιτεκτονικού Ελέγχου [ΕΠΑΕ]). Σύμφωνα με την υπουργική απόφαση 36720/25-08-2010 “Έγκριση ειδικών όρων για τη Φ/Β εγκατάσταση και ηλιακών συστημάτων σε κτίρια και οικοπέδα εντός σχεδίου περιοχών και σε οικισμούς (ΦΕΚ 376/06-09-2010) δε χρειάζεται πλέον ούτε η άδεια εργασιών μικρής κλίμακας από την Πολεοδομία, όπως ίσχυε μέχρι πρότινος. Ο ενδιαφερόμενος απλώς γνωστοποιεί την έναρξη εργασιών στη ΔΕΗ όταν καταθέτει εκεί φάκελο για σύνδεση του συστήματος με το δίκτυο.

Η διαδικασία σύνδεσης πλέον συνοψίζεται στα παρακάτω βήματα:

##### **Βήμα 1: Υποβολή αίτησης σύνδεσης στην τοπική μονάδα δικτύου της ΔΕΗ (περιοχή).**

Για τη σύνδεση Φ/Β συστήματος υποβάλλεται αίτηση προς την ΔΕΗ ΑΕ (Τοπική Υπηρεσία, Περιοχή), ως Διαχειριστή του Δικτύου, που περιλαμβάνει, κατ’ ελάχιστον, τα εξής:

- Στοιχεία του κυρίου του Φ/Β
- Στοιχεία της εγκατάστασης, με το έντυπο αίτησης που χορηγείται από τη ΔΕΗ ΑΕ

- Στοιχεία των Φ/Β πλαισίων και του αντιστροφέα, καθώς και λοιπά τεχνικά στοιχεία για την εγκατάσταση και τη λειτουργία, υπεύθυνες δηλώσεις ότι πληρούνται οι προϋποθέσεις 2 και 3 που αναφέρθηκαν παραπάνω, καθώς και δήλωση σχετικά με τα στοιχεία που αποδεικνύουν την ιδιότητα ΜΜΕ μιας επιχείρησης, σύμφωνα με το έντυπο αίτησης που χορηγείται από τη ΔΕΗ ΑΕ.

Προϋπόθεση για την υποβολή της αίτησης είναι ο ενδιαφερόμενος να έχει ήδη επιλέξει τον τύπο του εξοπλισμού που θα εγκαταστήσει και να έχει εκπονηθεί σχετική τεχνική μελέτη.

Μετά την υποβολή της αίτησης και των παραπάνω στοιχείων, η ΔΕΗ ΑΕ, ως Διαχειριστής του Δικτύου, εξετάζει το αίτημα κατά προτεραιότητα και προβαίνει εντός είκοσι ημερών σε διατύπωση Προσφοράς Σύνδεσης προς τον ενδιαφερόμενο κύριο του Φ/Β. Αυτή περιλαμβάνει την περιγραφή και τη δαπάνη των έργων σύνδεσης, η οποία ισχύει για τρεις μήνες από την ημερομηνία έκδοσής της. Η ΔΕΗ ΑΕ γνωστοποιεί στον κύριο του Φ/Β κάθε στοιχείο που θα ζητηθεί για την τεκμηρίωση της ανάγκης υλοποίησης των συγκεκριμένων έργων σύνδεσης και του κόστους αυτών.

**Βήμα 2: Υποβολή αίτησης κατάρτισης της Σύμβασης Σύνδεσης στην Περιοχή ΔΕΗ.**

Στην αίτηση θα αναφέρεται ότι γίνεται αποδεκτή η Προσφορά Σύνδεσης και θα επισυνάπτεται η Έγκριση Εκτέλεσης Εργασιών της αρμόδιας πολεοδομικής υπηρεσίας.

**Βήμα 3: Υπογραφή της Σύμβασης Σύνδεσης με ταυτόχρονη καταβολή της σχετικής δαπάνης στην Περιοχή ΔΕΗ.**

Υπογράφεται η Σύμβαση Σύνδεσης μεταξύ κυρίου του Φ/Β και ΔΕΗ ΑΕ ως Διαχειριστή του Δικτύου και καταβάλλεται η σχετική δαπάνη. Η κατασκευή των έργων σύνδεσης ολοκληρώνεται από τη ΔΕΗ ΑΕ εντός είκοσι ημερών από την υπογραφή της σύμβασης, εφόσον δεν απαιτούνται νέα έργα Δικτύου (πέραν της εγκατάστασης νέου μετρητή).

**Βήμα 4: Υποβολή αίτησης κατάρτισης της Σύμβασης Συμψηφισμού.**

Μετά την υπογραφή της Σύμβασης Σύνδεσης υποβάλλεται αίτηση για τη σύναψη Σύμβασης Συμψηφισμού προς τη ΔΕΗ ΑΕ (Τοπική Υπηρεσία Εμπορίας) ή στα γραφεία άλλου προμηθευτή που ηλεκτροδοτεί τις καταναλώσεις της ιδιοκτησίας του κυρίου όπου εγκαθίσταται το Φ/Β σύστημα.

**Βήμα 5: Υπογραφή της Σύμβασης Συμψηφισμού.**

Η ανωτέρω διαδικασία ολοκληρώνεται και η Σύμβαση υπογράφεται εντός δεκαπέντε ημερών από την παραλαβή του αιτήματος.

### **Βήμα 6: Υποβολή αίτησης ενεργοποίησης της σύνδεσης στην Περιοχή ΔΕΗ.**

Για την ενεργοποίηση της σύνδεσης του Φ/Β συστήματος υποβάλλεται αίτημα προς την ΔΕΗ ΑΕ (Τοπική Υπηρεσία, Περιοχή) ως Διαχειριστή του Δικτύου, με το οποίο συνυποβάλλονται:

- Αντίγραφο της Σύμβασης Συμψηφισμού
- Υπεύθυνη δήλωση μηχανικού κατάλληλης ειδικότητας για τη συνολική εγκατάσταση, με συνημμένα: τεχνική περιγραφή του τρόπου αποφυγής του φαινομένου της νησιδοποίησης (δηλαδή αν για κάποιο λόγο διακοπεί η τροφοδότηση από το δίκτυο και απομονωθεί μια κατοικία με εγκατεστημένα Φ/Β, να υπάρχει τοπική παραγωγή, π.χ. Φ/Β γειτονικής κατοικίας που να το προστατεύει και να παρέχεται έτσι αξιοπιστία) και μονογραμμικό ηλεκτρολογικό σχέδιο της εγκατάστασης, στην οποία θα αναφέρονται οι ρυθμίσεις των ορίων τάσεως και συχνότητας στην έξοδο του αντιστροφέα, που σε καμία περίπτωση δεν θα πρέπει να βρίσκονται εκτός των ορίων +15% έως -20% της ονομαστικής τάσης και +0,5Hz έως -0,5Hz της ονομαστικής συχνότητας, καθώς και ότι έχει γίνει πρόβλεψη σε περίπτωση υπέρβασης των εν λόγω ορίων ο αντιστροφέας να τίθεται εκτός (αυτόματη απόζευξη) με τις ακόλουθες χρονικές ρυθμίσεις:
- θέση εκτός του αντιστροφέα σε 0,5 sec,
- επανάζευξη του αντιστροφέα μετά από τρία πρώτα λεπτά,
- αναφορά σε χρόνο λειτουργίας της προστασίας έναντι νησιδοποίησης.
- Η Ολική Αρμονική Παραμόρφωση (THD) του ρεύματος των αντιστροφέων δεν θα πρέπει να υπερβαίνει το 5%. Εφ' όσον οι αντιστροφείς δε διαθέτουν μετασχηματιστή απομόνωσης, η έγχυση συνεχούς ρεύματος θα πρέπει να περιορίζεται στο 0,5% του ονομαστικού.
- Υπεύθυνη δήλωση του κυρίου του Φ/Β συστήματος όπου θα αναφέρεται ότι καθ' όλη τη διάρκεια της λειτουργίας του Φ/Β δεν θα τροποποιηθούν οι ρυθμίσεις που δηλώθηκαν βάσει των παραπάνω απαιτήσεων.

Η ΔΕΗ ειδοποιεί τηλεφωνικά τον ενδιαφερόμενο για τον ορισμό της ημερομηνίας διενέργειας του ελέγχου της εγκατάστασης.

### **Βήμα 7: Ενεργοποίηση της σύνδεσης.**

Γίνεται αμέσως μετά την επιτυχή ολοκλήρωση του ελέγχου. (Εάν κατά τη διενέργεια του ελέγχου διαπιστωθούν ελλείψεις ή δυσλειτουργίες στις εγκαταστάσεις του ενδιαφερόμενου, η σύνδεση θα παραμείνει ανενεργή μέχρις ότου ο ενδιαφερόμενος προβεί στις διορθωτικές ενέργειες που θα του υποδείξει η ΔΕΗ.)

## 2.2.5 Πολεοδομική αντιμετώπιση

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, για την εγκατάσταση Φ/Β συστήματος δε χρειάζεται πλέον ούτε η άδεια εργασιών μικρής κλίμακας από την Πολεοδομία, η οποία χρειαζόταν μέχρι πρότινος.

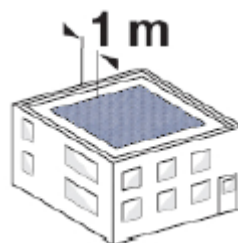
Δεν επιτρέπεται η τοποθέτηση των Φ/Β πάνω από την απόληξη του κλιμακοστασίου, του φρεατίου ανελκυστήρα και οποιασδήποτε άλλης κατασκευής. Η διάταξη των Φ/Β πλαισίων δεν θα πρέπει να δημιουργεί χώρο κύριας ή βοηθητικής χρήσης ή ημιυπαίθριο. Σε περίπτωση ορόφου σε υποχώρηση, οι εγκαταστάσεις αυτές περιορίζονται στο περίγραμμα του ορόφου.

Σε περίπτωση τοποθέτησης των Φ/Β στοιχείων σε στέγες, θα πρέπει αυτή να γίνεται εντός του όγκου της στέγης, ακολουθώντας την κλίση τους και να απέχει πενήντα εκατοστά από το περίγραμμα αυτής, ώστε να εξασφαλίζεται η αισθητική εικόνα του κτιρίου, όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα:



Σχήμα 2.2: Απόσταση Φ/Β από περίγραμμα στέγης

Τα Φ/Β στοιχεία που τοποθετούνται στο δώμα του κτιρίου θα πρέπει να οριοθετούνται περιμετρικά με στηθαίο συμπαγές μέγιστου ύψους 1,2 μέτρα για αισθητικούς λόγους και για την προστασία της εγκατάστασης. Η απόσταση από το στηθαίο του δώματος πρέπει να είναι εσωτερικά αυτού ένα μέτρο, λόγω ασφάλειας, όπως φαίνεται στην ακόλουθη εικόνα.



Σχήμα 2.3: Απόσταση Φ/Β από στηθαίο δώματος

### 2.2.6 Φορολογική αντιμετώπιση

Η μικρή ισχύς των Φ/Β συστημάτων εξασφαλίζει ότι η παραγόμενη ενέργεια αντιστοιχεί σε αυτήν που απαιτείται για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών του κυρίου του Φ/Β συστήματος. Με την έγχυση της παραγόμενης ενέργειας στο Δίκτυο επιτυγχάνεται η καταγραφή της στο πλαίσιο επίτευξης των στόχων διείσδυσης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ) που τίθενται από την Οδηγία 2001/77/ΕΚ, αλλά και από την υπό δημοσίευση νέα Οδηγία. Κατά συνέπεια δεν υφίστανται, για τον κύριο του Φ/Β συστήματος, φορολογικές υποχρεώσεις για τη διάθεση της ενέργειας αυτής στο Δίκτυο.

### 2.3 Εγκατάσταση Φ/Β σε εμπορικές – βιομηχανικές στέγες

Το συγκεκριμένο πρόγραμμα είναι διαφορετικό από το πρόγραμμα που αφορά την εγκατάσταση Φ/Β για οικιακούς καταναλωτές.

Ο Ν. 3851/2010 και η Υπουργική Απόφαση 36720/25-08-2010 (ΦΕΚ 376/6-9-2010) επιτρέπουν την εγκατάσταση Φ/Β συστημάτων κάθε ισχύος στο δώμα ή τη στέγη νομίμως υφιστάμενου κτιρίου, συμπεριλαμβανομένων στεγάστρων βεραντών, προσόψεων και σκιάστρων, καθώς και βοηθητικών χώρων του κτιρίου, όπως αποθήκες και χώροι στάθμευσης. Για τα συστήματα αυτά δεν απαιτείται περιβαλλοντική αδειοδότηση, ενώ για συστήματα ισχύος έως 1 MWp, δεν απαιτείται και άδεια παραγωγής ή άλλη διαπιστωτική απόφαση. Για συστήματα ισχύος μεγαλύτερης του 1 MWp, απαιτείται άδεια παραγωγής από τη ΡΑΕ (η οποία συνοδεύεται και από δύο ακόμα άδειες: την άδεια εγκατάστασης και την άδεια λειτουργίας τις οποίες εκδίδει η αρμόδια Περιφέρεια).

Για Φ/Β συστήματα με ισχύ από 10 kWp έως 100 kWp, τα μόνα βήματα που απαιτούνται είναι η προσφορά όρων σύνδεσης από τη ΔΕΗ και η υπογραφή της σύμβασης αγοραπωλησίας με τον ΔΕΣΜΗΕ.

Για Φ/Β συστήματα με ισχύ από 100 kWp έως 1 MWp, τα βήματα που απαιτούνται είναι η έγκριση εργασιών δόμησης μικρής κλίμακας από την Πολεοδομία, η προσφορά όρων σύνδεσης από τη ΔΕΗ και η υπογραφή της σύμβασης αγοραπωλησίας με τον ΔΕΣΜΗΕ.

Για Φ/Β συστήματα με ισχύ μεγαλύτερη από 1 MWp, τα βήματα που απαιτούνται είναι η έκδοση άδειας παραγωγής από τη ΡΑΕ και στη συνέχεια άδεια εγκατάστασης από την Περιφέρεια, έγκριση εργασιών δόμησης μικρής κλίμακας από την

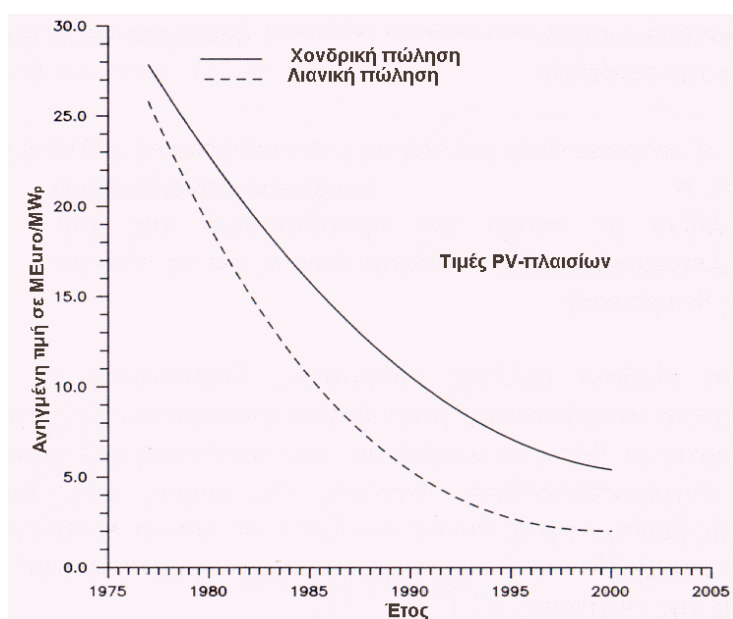


Πολεοδομία, προσφορά όρων σύνδεσης από τη ΔΕΗ, υπογραφή της σύμβασης αγοραπωλησίας με τον ΔΕΣΜΗΕ και τελικά έκδοση άδειας λειτουργίας από την Περιφέρεια.

Οι παραπάνω διαδικασίες περιγράφονται αναλυτικά στο επόμενο κεφάλαιο της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

## 2.4 Κατηγορίες Φ/Β που χρησιμοποιούνται σε κτίρια – τεχνικά και οικονομικά χαρακτηριστικά

Είναι γνωστό πλέον ότι η χρήση Φ/Β συστημάτων έχει αυξηθεί κατακόρυφα τα τελευταία χρόνια. Σημαντικοί παράγοντες γι' αυτό είναι οι εξής: βελτίωση της Φ/Β τεχνολογίας, αύξηση της απόδοσης των εγκαταστάσεων, μείωση του κόστους των Φ/Β γεννητριών, η ολοένα και αυξανόμενη οικολογική ενημέρωση και συνείδηση των πολιτών (η λεγόμενη 'πράσινη ενέργεια' που στοχεύει σε ένα καθαρότερο περιβάλλον και εξοικονόμηση ενέργειας με ταυτόχρονη μείωση των επιπτώσεων του θερμοκηπίου), καθώς και τα ποικίλα προγράμματα χρηματοδότησης που προσφέρουν περισσότερα κίνητρα, κυρίως οικονομικά, για τη Φ/Β εγκατάσταση. Ενδεικτικά, παρατίθεται στην επόμενη σελίδα ένα διάγραμμα που απεικονίζει τη μείωση του κόστους των Φ/Β πλαισίων συναρτήσει του χρόνου.



Σχήμα 2.4: Διάγραμμα μείωσης κόστους τεχνολογίας Φ/Β την περίοδο 1975-2005

Πιο συγκεκριμένα, για την ελληνική αγορά Φ/Β ισχύει:



Σχήμα 2.5: Εξέλιξη εγκατεστημένης ισχύος Φ/Β στην Ελλάδα

Το συνηθέστερο και φθηνότερο μέχρι σήμερα υλικό κατασκευής των Φ/Β στοιχείων είναι το πυρίτιο (Si), σε τρεις μορφές: μονοκρυσταλλική, πολυκρυσταλλική, και άμορφη. Η διαδικασία κατασκευής των Φ/Β στοιχείων γίνεται πιο πολύπλοκη ανάλογα με τον τύπο τους, με τελικό αποτέλεσμα το διαφορετικού ύψους κόστος παραγωγής τους. Τα Φ/Β στοιχεία με κρυσταλλικό πυρίτιο αποτελούνται από μεγάλους κρυστάλλους με ομοιόμορφο γαλάζιο χρώμα.

Τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα του πυριτίου είναι τα εξής:

- βρίσκεται πολύ εύκολα στη φύση,
- μπορεί εύκολα να λιώσει και να μορφοποιηθεί,
- οι ηλεκτρικές του ιδιότητες μπορούν να διατηρηθούν μέχρι και στους  $125\text{ }^{\circ}\text{C}$ , κάτι που επιτρέπει τη χρήση του πυριτίου σε ιδιαίτερα δύσκολες περιβαλλοντικές συνθήκες. Επομένως, τα Φ/Β στοιχεία πυριτίου ανταπεξέρχονται σε ένα ιδιαίτερα ευρύ φάσμα θερμοκρασιών.

Πιο συγκεκριμένα, το πυρίτιο όταν δεν επιδέχεται καμία επεξεργασία στην κατασκευή των Φ/Β στοιχείων, αποτελεί την άμορφη μορφή του. Τα Φ/Β πλαίσια άμορφου πυριτίου έχουν απόδοση περίπου 5%. Όταν το πυρίτιο επιδέχεται πρωτογενή επεξεργασία, μετατρέπεται σε πολυκρυσταλλικό πυρίτιο. Τα Φ/Β πλαίσια πολυκρυσταλλικού πυριτίου έχουν απόδοση περίπου 12%. Όταν το πολυκρυσταλλικό πυρίτιο με τη σειρά του επιδέχεται δευτερογενή επεξεργασία, μετατρέπεται σε μονοκρυσταλλικό πυρίτιο. Τα Φ/Β πλαίσια μονοκρυσταλλικού πυριτίου έχουν απόδοση γύρω στο 15%.

Συμπεραίνεται λοιπόν ότι λόγω της καλύτερης επεξεργασίας τους, τα Φ/Β στοιχεία μονοκρυσταλλικού πυριτίου έχουν μεγαλύτερο συντελεστή απόδοσης ή αλλιώς ενεργειακή πυκνότητα, δηλαδή δίνουν την ίδια ισχύ σε μικρότερο εμβαδόν, ή αλλιώς δίνουν μεγαλύτερη ισχύ στο ίδιο εμβαδόν. Ακόμα, το πάχος τους είναι περίπου 0.3 χιλιοστά, όσο είναι και το πάχος των Φ/Β κελιών πολυκρυσταλλικού πυριτίου. Όμως, έχουν σημαντικά μεγαλύτερο κόστος σε σχέση με τα Φ/Β στοιχεία πολυκρυσταλλικού πυριτίου, για τα οποία ισχύει ότι όσο μεγαλύτερες σε έκταση είναι οι μονοκρυσταλλικές περιοχές, τόσο μεγαλύτερη είναι η απόδοσή τους. Γι' αυτό το λόγο, οι οικιακοί καταναλωτές προτιμούν συνήθως να χρησιμοποιούν Φ/Β στοιχεία πολυκρυσταλλικού πυριτίου.

Μια σχετικά νέα τεχνολογία Φ/Β στοιχείων είναι τα πλαίσια ταινίας πυριτίου (Ribbon Silicon). Προσφέρουν έως και 50% μείωση στη χρήση του πυριτίου σε σχέση με τις παραδοσιακές τεχνικές κατασκευής μονοκρυσταλλικών και πολυκρυσταλλικών Φ/Β κυψελών πυριτίου. Ο βαθμός απόδοσής τους κυμαίνεται στο 11%.

Ακόμα, υπάρχει η τεχνολογία Φ/Β στοιχείων λεπτού υμένα (thin film), τα οποία είναι μεγάλου μήκους και ευλύγιστα. Το μεγάλο τους πλεονέκτημα είναι το χαμηλότερο κόστος, καθώς χρησιμοποιούν πολύ μικρότερες ποσότητες πολυσιλικόνης, σε αντίθεση με τα κρυσταλλικά πάνελ. Η τεχνολογία thin film αντιστοιχεί σήμερα στο 10% της παγκόσμιας παραγωγής Φ/Β στοιχείων, και μέσα στα επόμενα πέντε χρόνια αναμένεται να φτάσει το 20-30%. Στα Φ/Β στοιχεία thin film που χρησιμοποιούνται σε κτίρια ανήκουν τα εξής:

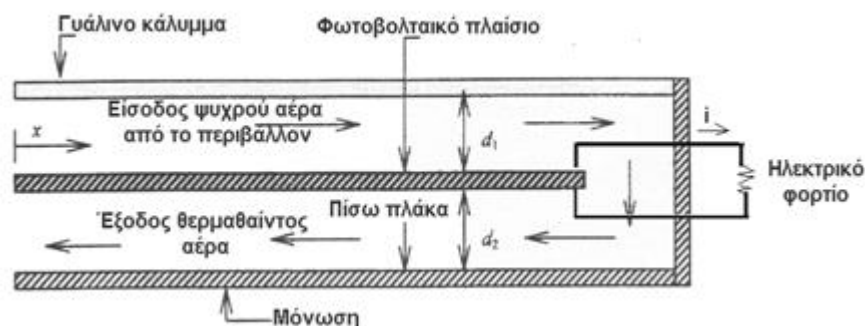
A) τεχνολογία Φ/Β στοιχείων από δισεληνοειδίου χαλκό. Τα συγκεκριμένα Φ/Β χρησιμοποιούνται εξαιρετικά σπάνια και έχουν εικοσαετή εγγύηση απόδοσης.

B) τεχνολογία Φ/Β στοιχείων από άμορφο πυρίτιο. Όπως αναφέρθηκε και πιο πάνω, έχουν αισθητά χαμηλές αποδόσεις και αρκετά χαμηλότερη τιμή. Το σημαντικότερο πλεονέκτημά τους είναι ότι δεν επηρεάζονται πολύ από τις υψηλές θερμοκρασίες, ενώ πλεονεκτούν στην αξιοποίηση της απόδοσής τους σε σχέση με τα κρυσταλλικά Φ/Β, όταν υπάρχει διάχυτη ακτινοβολία (συννεφιά). Το σημαντικότερο μειονέκτημά τους είναι η χαμηλή ενεργειακή τους πυκνότητα. Δηλαδή, για να παραχθεί η ίδια ενέργεια απαιτείται σχεδόν διπλάσια επιφάνεια σε σχέση με τα κρυσταλλικά Φ/Β στοιχεία. Ακόμα, έχουν εγγύηση απόδοσης το πολύ είκοσι ετών.

Επισημαίνεται ότι τα Φ/Β στοιχεία κρυσταλλικού πυριτίου έχουν εγγύηση απόδοσης εικοσιπέντε χρόνων, όση είναι και η σύμβαση που υπογράφει ο καταναλωτής με τη ΔΕΗ, σε αντίθεση με τα Φ/Β στοιχεία τεχνολογίας thin film με εγγύηση απόδοσης είκοσι χρόνων. Για όλους τους παραπάνω λόγους, η τεχνολογία Φ/Β στοιχείων κρυσταλλικού πυριτίου έχει μερίδιο διείσδυσης το 90% περίπου της σημερινής αγοράς.

Σημείωση: εγγύηση απόδοσης 25 ετών σημαίνει ότι για 25 έτη τα Φ/Β δεν θα χάσουν πάνω από το 20% του ονομαστικού τους βαθμού απόδοσης.

Αξίζει να αναφερθεί ότι τα τελευταία χρόνια επιχειρείται ένας συνδυασμός Φ/Β και θερμικών συστημάτων, τα οποία παράγουν συγχρόνως ηλεκτρική και θερμική ενέργεια. Η αρχή αυτής της συνδυασμένης παραγωγής ενέργειας φαίνεται στο παρακάτω σχήμα, όπου απεικονίζεται ένας Φ/Β θερμικός ηλιακός συλλέκτης διπλής ροής:



Σχήμα 2.6: Φ/Β θερμικός ηλιακός συλλέκτης διπλής ροής

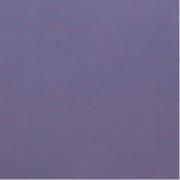
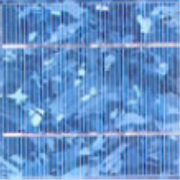

Τέτοια συστήματα ελαττώνουν σημαντικά το κόστος της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας καθώς:

- μειώνεται η θερμοκρασία του Φ/Β πλαισίου με την απαγωγή της θερμότητας από την επιφάνειά του, με συνέπεια την αύξηση της απόδοσής του,
- αξιοποιείται η παραγόμενη θερμότητα κατά τη φωτοβολταϊκή διαδικασία, με συνέπεια την αύξηση της παραγόμενης συνολικής ενέργειας από το ίδιο το σύστημα,
- απαιτείται μικρότερη συνολική επιφάνεια για παραγωγή συγκεκριμένου ποσού ενέργειας και κάλυψης του φορτίου σε σχέση με τα απλά/ανεξάρτητα συστήματα, γεγονός που μειώνει το κόστος εγκατάστασης, λόγω της αύξησης της απόδοσής τους.

Με την ανάπτυξη της τεχνολογίας πολυκρυσταλλικών Φ/Β στοιχείων διπλής και τριπλής επαφής, προβλέπεται ότι θα διπλασιαστεί η απόδοση των Φ/Β στοιχείων τεχνολογίας λεπτού υμένα, με όλες τις οικονομικές και ενεργειακές θετικές επιπτώσεις. Αυτά τα Φ/Β στοιχεία υπόσχονται πολλά στην ελάττωση του κόστους της παραγόμενης ενέργειας.

Στον πίνακα που ακολουθεί συγκρίνονται οι πιο διαδεδομένοι τύποι Φ/Β τεχνολογιών που συναντώνται στη σημερινή αγορά:

Πίνακας 2.1: Συγκριτικός πίνακας Φ/Β τεχνολογιών

ΤΥΠΟΣ	'Λεπού υμενίου' ή 'Thin Film'	Πολυκρυσταλλικά	Μονοκρυσταλλικά
Εμφάνιση			
Απόδοση	a-Si: 4,2-6,6% μ-Si: 8,1-8,5% CIS-CIGS: 6-11% CdTe: 6-11,1%	11-14,8%	11-19,3%
Απαιτούμενη επιφάνεια ανά kWp	9-25 m <sup>2</sup>	7-9 m <sup>2</sup>	5,5-9 m <sup>2</sup>
Μέση ετήσια παραγωγή ενέργειας (kWh ανά kWp) <small>(μέση τιμή για Ελλάδα και για ένα τυπικό σύστημα με νότιο προσανατολισμό και κατάλληλη κλίση)</small>	1.300-1.450	1.300	1.300
Μέση ετήσια παραγωγή ενέργειας (kWh ανά m <sup>2</sup> ) <small>(μέση τιμή για Ελλάδα και για ένα τυπικό σύστημα με νότιο προσανατολισμό και κατάλληλη κλίση)</small>	50-160	145-185	145-235
Ετήσια μείωση εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (kg CO <sub>2</sub> ανά kWp)	1.300-1.450	1.300	1.300

Επισημαίνεται ότι η τελική επιλογή του είδους των Φ/Β που θα εγκατασταθούν είναι συνάρτηση των αναγκών, του διαθέσιμου χώρου, ακόμα και της οικονομικής ευχέρειας του εκάστοτε χρήστη.

Ενδεικτικά, παρατίθενται στους επόμενους πίνακες τα τεχνικά χαρακτηριστικά των Φ/Β στοιχείων μονοκρυσταλλικού πυριτίου της σειράς Sunmodule Plus της εταιρίας SolarWorld AG, όπως απεικονίζονται σε διαφημιστικό φυλλάδιο:

Πίνακας 2.2: Αποτελέσματα σε πρότυπες συνθήκες δοκιμών (STC)

		SW 160	SW 165	SW 170	SW 175	SW 180	SW 185
Ισχύς στο σημείο μέγιστης απόδοσης	<b>P<sub>max</sub></b>	160 W <sub>p</sub>	165 W <sub>p</sub>	170 W <sub>p</sub>	175 W <sub>p</sub>	180 W <sub>p</sub>	185 W <sub>p</sub>
Τάση ανοιχτού κυκλώματος	<b>V<sub>oc</sub></b>	43,8 V	44,0 V	44,2 V	44,4 V	44,6 V	44,8 V
Τάση σημείου μέγιστης ισχύος	<b>V<sub>mpp</sub></b>	35,0 V	35,3 V	35,5 V	35,8 V	36,0 V	36,3 V
Ρεύμα βραχυκύκλωσης	<b>I<sub>sc</sub></b>	5,00 A	5,10 A	5,20 A	5,30 A	5,40 A	5,50 A
Ρεύμα σημείου μέγιστης ισχύος	<b>I<sub>mp</sub></b>	4,58 A	4,68 A	4,79 A	4,89 A	5,01 A	5,10 A

Πίνακας 2.3: Αποτελέσματα στα 800 W/m<sup>2</sup>, NOCT, AM 1,5

		SW 160	SW 165	SW 170	SW 175	SW 180	SW 185
Ισχύς στο σημείο μέγιστης απόδοσης	<b>P<sub>max</sub></b>	114,4 W <sub>p</sub>	118,0 W <sub>p</sub>	121,5 W <sub>p</sub>	125,1 W <sub>p</sub>	128,7 W <sub>p</sub>	132,3 W <sub>p</sub>
Τάση ανοιχτού κυκλώματος	<b>V<sub>oc</sub></b>	39,6 V	39,8 V	40,0 V	40,2 V	40,4 V	40,5 V
Τάση σημείου μέγιστης ισχύος	<b>V<sub>mpp</sub></b>	31,4 V	31,6 V	31,9 V	32,1 V	32,3 V	32,5 V
Ρεύμα βραχυκύκλωσης	<b>I<sub>sc</sub></b>	4,13 A	4,22 A	4,30 A	4,38 A	4,46 A	4,55 A
Ρεύμα σημείου μέγιστης ισχύος	<b>I<sub>mp</sub></b>	3,64 A	3,73 A	3,81 A	3,90 A	3,98 A	4,06 A

Πίνακας 2.4: Χρησιμοποιούμενα υλικά

Κυψέλες ανά Φ/Β στοιχείο	72
Τύπος κυψελών	Μονοκρυσταλλικό πυρίτιο
Διαστάσεις κυψελών	125x125 mm <sup>2</sup>

Πίνακας 2.5: Παράμετροι για βέλτιστη εγκατάσταση συστήματος

Μέγιστη τάση συστήματος SC II	1000 Vdc
Ικανότητα έγχυσης ανάστροφου ρεύματος	Στο Φ/Β στοιχείο δεν πρέπει να φτάσει εξωτερική τάση μεγαλύτερη από την τάση ανοιχτού κυκλώματος Voc

Πίνακας 2.6: Θερμικές παράμετροι

NOCT	46 °C
TK Isc	0,036 % /K
TK Voc	-0,33 % /K

Πίνακας 2.7: Λοιπές πληροφορίες

Απόκλιση απόδοσης	+/- 3%
Κουτί σύνδεσης	IP 65
Βύσμα	MC τύπου 4

Ως γνωστόν, όταν κάποιος καταναλωτής προβαίνει σε αγορά Φ/Β συστήματος, δεν αγοράζει μόνο τα Φ/Β πλαίσια. Ο εξοπλισμός του θα πρέπει να περιέχει οπωσδήποτε τουλάχιστον έναν αντιστροφέα ισχύος (inverter) που μετατρέπει το συνεχές ρεύμα που παράγουν τα Φ/Β σε εναλλασσόμενο της ίδιας ποιότητας με το ρεύμα της ΔΕΗ, ένα σύστημα στήριξης των πλαισίων, ειδικές καλωδιώσεις, και προστασία των μηχανημάτων, π.χ. διάβρωση οξειδίων. Δεν απαιτείται η αγορά συσσωρευτών/μπαταριών, καθώς πρόκειται για διασυνδεδεμένο σύστημα και όχι αυτόνομο. Πιο συγκεκριμένα, οι βάσεις στήριξης που προτιμώνται συνήθως μπορούν να στηρίζουν δύο πλαίσια (σπάνια τέσσερα). Υπάρχουν και τα λεγόμενα trackers, τα

οποία έχουν αισθητήρες που τους επιτρέπουν να ακολουθούν την πορεία του ήλιου και να τροποποιούν αυτόματα την κλίση τους. Η τοποθέτησή τους έναντι των σταθερών βάσεων στήριξης αυξάνει το βαθμό απόδοσης των Φ/Β πλαισίων, όμως κοστίζουν αρκετά και δεν προτιμώνται για εγκατάσταση Φ/Β στον οικιακό τομέα.

Ένας άλλος σημαντικός παράγοντας ο οποίος επιδρά καθοριστικά στην ενεργειακή αποδοτικότητα ενός κτηριακού Φ/Β συστήματος είναι η ύπαρξη σκιασμών. Λαμβάνοντας υπ' όψιν ότι σε ένα Φ/Β πλαίσιο τόσο τα Φ/Β στοιχεία όσο και τα Φ/Β πλαίσια μιας στοιχειοσειράς συνδέονται εν σειρά μεταξύ τους, γίνεται κατανοητό ότι ακόμα και ο σκιασμός ενός μέρους της Φ/Β συστοιχίας μπορεί να προκαλέσει σημαντική μείωση της παραγόμενης ισχύος συγκριτικά με την αναμενόμενη τιμή αυτής.

Από μελέτες έχει προκύψει ότι για την Ελλάδα, για τα Φ/Β πλαίσια με νότιο προσανατολισμό και στη βέλτιστη κλίση των 30 μοιρών, επιτυγχάνεται το 100% της απόδοσης. Αν δεν συμβαίνει αυτό (αν δηλαδή η στέγη σκιάζεται ή ο προσανατολισμός της δεν είναι νότιος), το Φ/Β πάνελ θα έχει μειωμένη απόδοση, χωρίς αυτό να σημαίνει απαραίτητα ότι δεν είναι βιώσιμη οικονομικά η επένδυση. Αυτό φαίνεται και στον επόμενο πίνακα:

Πίνακας 2.8: Βέλτιστος προσανατολισμός και κλίση Φ/Β

Προσανατολισμός	Κλίση ως προς το οριζόντιο επίπεδο		
	0 °	30 °	90 °
Ανατολικός - Δυτικός	90%	85%	50%
Νοτιοανατολικός- Νοτιοδυτικός	90%	95%	60%
Νότιος	90%	100%	60%
Βορειοανατολικός- Βορειοδυτικός	90%	67%	30%
Βόρειος	90%	60%	20%



Ενδεικτικά, παρατίθενται στον παρακάτω πίνακα τα τεχνικά χαρακτηριστικά των αντιστροφέων της σειράς Fronius IG Plus, όπως απεικονίζονται σε διαφημιστικό φυλλάδιο:

Πίνακας 2.9: Δεδομένα εισόδου Fronius IG Plus

	35	50	70	100	120	150
<b>DC nominal capacity</b>	3700 W	4200 W	6800 W	8400 W	10500 W	12600 W
<b>MPP voltage range</b>	230-500 V	230-500 V	230-500 V	230-500 V	230-500 V	230-500 V
<b>Max input voltage (for 1000 W/m<sup>2</sup>, -10 °C)</b>	600 V	600 V	600 V	600 V	600 V	600 V
<b>Max input</b>	16,0 A	18,3 A	29,7 A	36,6 A	45,8 A	54,9 A

Πίνακας 2.10: Δεδομένα εξόδου Fronius IG Plus

	35	50	70	100	120	150
AC nominal capacity	3500 W	4000 W	6500 W	8000 W	10000 W	12000 W
Max output	3500 W	4000 W	6500 W	8000 W	10000 W	12000 W
Max efficiency	96,0%	96,0%	96,0%	96,0%	96,0%	96,0%
Euro efficiency	95,0%	95,1%	95,4%	95,5%	95,5%	95,5%
MPP adaptation efficiency	99,9%	99,9%	99,9%	99,9%	99,9%	99,9%
Main voltage/Frequency	230 V/ 50 Hz (60 Hz)					
Power connection	1 - phase		2- phase/	1- phase(optional)	3 - phase	
Harmonic distortion	<3,5%	<3,5%	<3,5%	<3,5%	<3,5%	<3,5%
Power factor	1	1	1	1	1	1
Power consumption at night	1 W	1 W	1 W	1 W	1 W	1 W

Πίνακας 2.11: Γενικά δεδομένα Fronius IG Plus

	35 και 50	70 και 100	120 και 150
Measurements (height x width x depth)	631 x 434 x 244 mm	926 x 434 x 244 mm	1221 x 434 x 244 mm
Connection area weight	11,0 kg	11,0 kg	11,0 kg
Power module area weight	14,0 kg	26,0 kg	38,0 kg
Protection class	IP 44	IP 44	IP 44

Inverter concept	HF transformer
Cooling	Regulated cooling
Housing	Metal housing for inside and outside installation
Ambient temperature range	From -20 oC to +50 oC
Permitted humidity	0% to 95%

Πίνακας 2.12: Εξοπλισμός ασφαλείας Fronius IG Plus

DC insulation measurement	Warning at $R_{iso} < 500 \text{ kOhm}$
Overload behavior	Operating point shift, power limiter
DC circuit	Integrated

## 2.5 Παράδειγμα υλοποίησης ενός Φ/Β συστήματος σε στέγη

Για να γίνουν περισσότερο κατανοητά τα παραπάνω εξετάζεται ένα πρακτικό-αριθμητικό παράδειγμα.

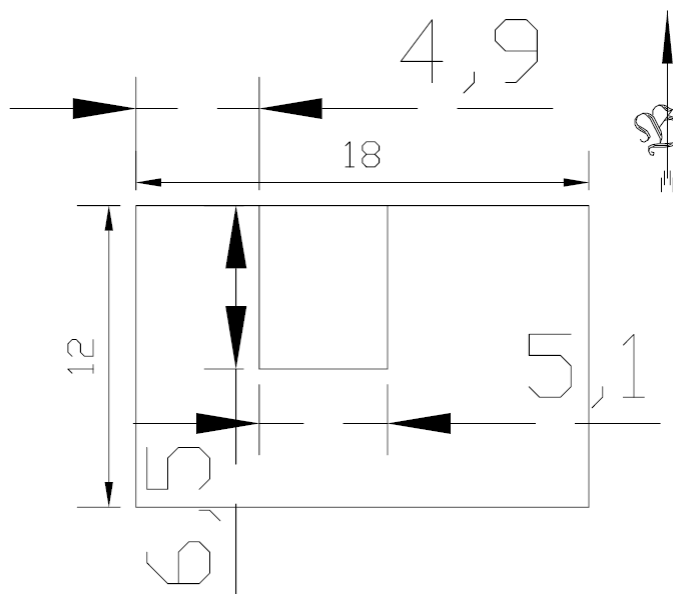
Έστω ότι μια τετραμελής οικογένεια θέλει να εγκαταστήσει Φ/Β σύστημα στην οροφή του σπιτιού της, αξιοποιώντας το πρόγραμμα 'Φ/Β σε στέγες'. Θεωρείται ότι η οικία βρίσκεται στο δήμο Ζωγράφου, στο νομό Αττικής.

Αρχικά, παρατηρείται ότι διαθέτει τις βασικές προϋποθέσεις ένταξης στο συγκεκριμένο πρόγραμμα εγκατάστασης Φ/Β, καθώς ανήκει στο ηπειρωτικό ηλεκτρικό δίκτυο, επομένως μπορεί να εγκαταστήσει Φ/Β στη στέγη της μέχρι 10 kWp. Οι προϋποθέσεις ένταξης της οικογένειας έγκεινται πρακτικά, όπως προαναφέρθηκε, στο να καλύπτει μέρος των αναγκών της σε ζεστό νερό από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Θεωρείται λοιπόν ότι η οικογένεια έχει εγκαταστήσει έναν ηλιακό θερμοσίφωνα.

Τα βήματα που θα πρέπει να ακολουθήσει η οικογένεια για να εγκαταστήσει Φ/Β στην οροφή του σπιτιού της είναι τα εξής:

1. Έρχεται σε επαφή με μία εταιρία που θα της προμηθεύσει τον εξοπλισμό και θα κάνει την εγκατάσταση για να αποφασίσει τι Φ/Β σύστημα θα επιλέξει τελικά και πως θα εγκατασταθεί.
2. Με τη βοήθεια της εταιρίας-εγκαταστάτη, κάνει αίτηση στη ΔΕΗ για να της δώσει μια προσφορά σύνδεσης (να της πει δηλαδή πόσο κάνει ο νέος μετρητής και πόσο θα κοστίζει τελικά η σύνδεση).
3. Καταθέτει αίτηση στην Πολεοδομία για την έγκριση εκτέλεσης εργασιών μικρής κλίμακας, με συνημμένα τα θεωρημένα φωτοαντίγραφα τοπογραφικού για τον ακριβή προσδιορισμό της θέσης της κατοικίας και κάτοψη του δώματος, όπου θα φαίνεται η θέση τοποθέτησης των Φ/Β στοιχείων.
4. Επιστρέφει στη ΔΕΗ για να υπογραφεί η 25ετής σύμβαση βάσει της οποίας θα πωλείται η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια στο δίκτυο, και στη συνέχεια συνδέεται.

Η οικογένεια προσκομίζει στην εταιρία της επιλογής της την κάτοψη του δώματος στο οποίο θέλει να τοποθετήσει φωτοβολταϊκά. Έστω ότι έχει την εξής κάτοψη δώματος:



Σχήμα 2.7: Κάτοψη δώματος

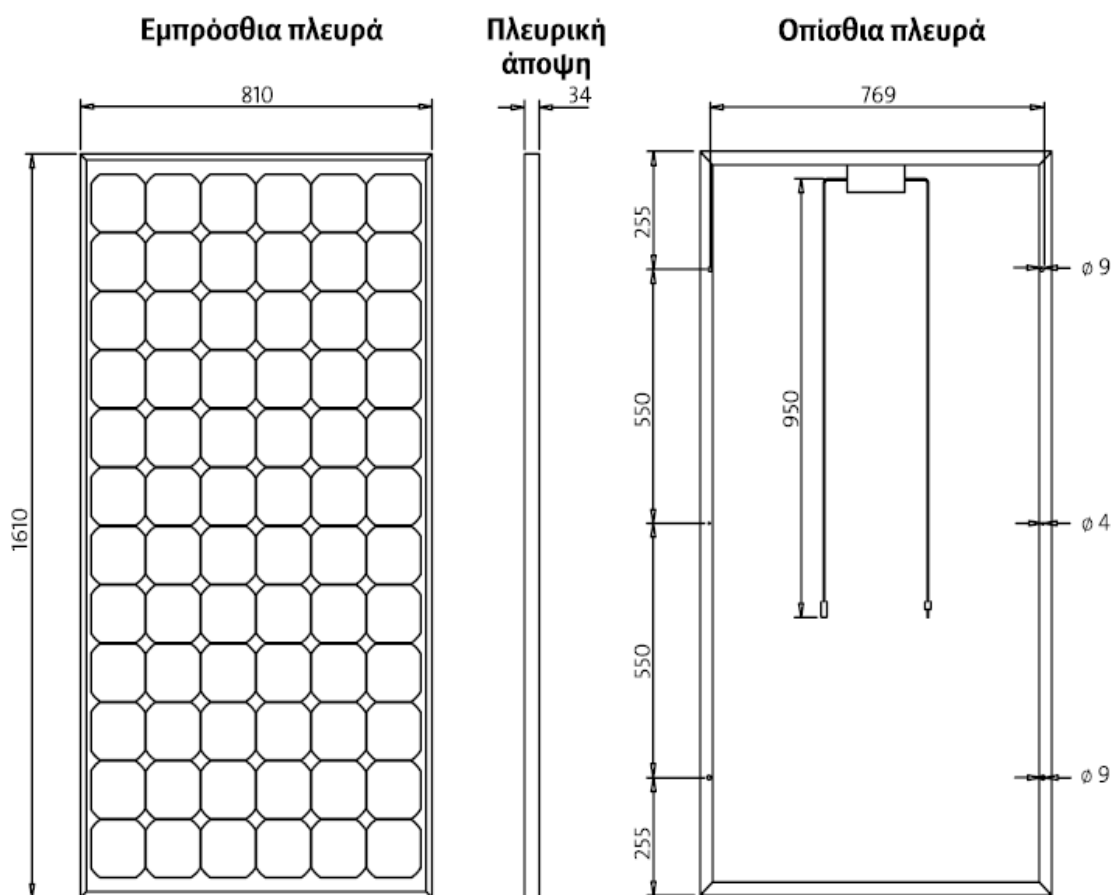
Από την παραπάνω κάτοψη, το εμβαδόν της οροφής είναι  $182,85 \text{ m}^2$ .

Δεδομένου ότι η οικογένεια θα πουλάει όλη την παραγόμενη ενέργεια στο δίκτυο και θα συνεχίζει να αγοράζει από τη ΔΕΗ, η εγκατεστημένη ισχύς των Φ/Β που θα επιλεγεί εξαρτάται μόνο από δύο παράγοντες:

- Τη διαθέσιμη επιφάνεια στη στέγη της,
- Το ύψος του διαθέσιμου προϋπολογισμού που διατίθεται να επενδύσει.

Στο συγκεκριμένο σημείο, θα πρέπει να αποσαφηνιστούν κάποια βασικά τεχνικά χαρακτηριστικά που αφορούν την εγκατάσταση Φ/Β συστημάτων. Κατ' αρχήν, στις περισσότερες περιπτώσεις δεν θα τροποποιηθεί η θερμομόνωση ή η υγραμόνωση της οροφής για να στηθούν οι βάσεις στήριξης των Φ/Β. Ακόμα, δεν υπάρχει πρόβλημα υπερθέρμανσης της οροφής λόγω Φ/Β, καθώς τα στοιχεία αυτά δεν «απορροφούν» τη γύρω ακτινοβολία, αλλά αξιοποιούν την ακτινοβολία που ούτως ή άλλως θα έπεφτε στη συγκεκριμένη επιφάνεια. Άλλωστε, μεταξύ Φ/Β και στέγης υπάρχει ένα κενό για να περνάει ο αέρας, δροσιζοντας με αυτό τον τρόπο το Φ/Β πλαίσιο (κάτι που, εκτός των άλλων, αυξάνει και την απόδοσή του). Επιπλέον, η θερμοκρασία του δώματος κάτω ακριβώς από τα Φ/Β πλαίσια είναι χαμηλότερη από τη θερμοκρασία του ακάλυπτου δώματος. Με άλλα λόγια, ο τελευταίος όροφος ενός κτιρίου υποφέρει λιγότερο από τη ζέστη.

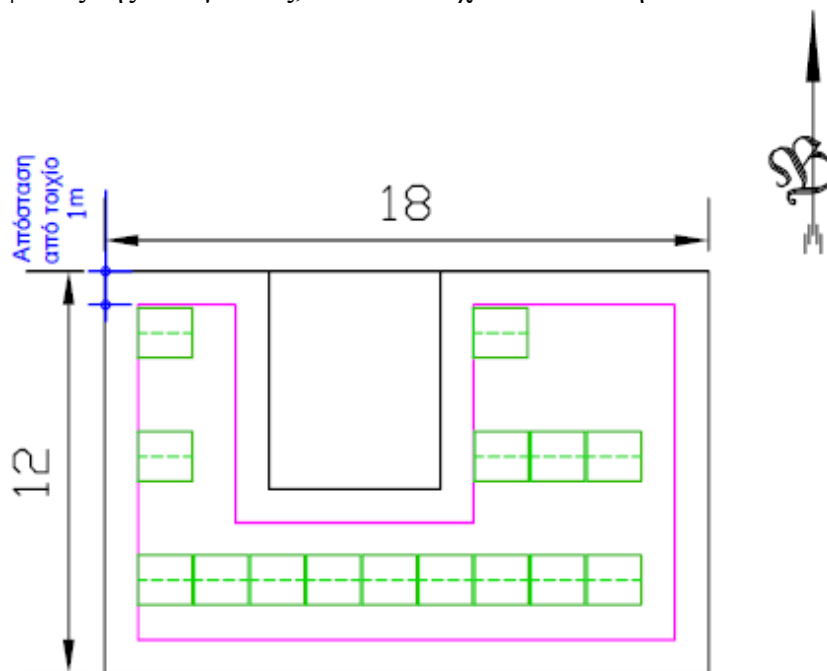
Με βάση τα παραπάνω, θεωρείται ότι η οικογένεια θέλει να αξιοποιήσει όλο το χώρο του δώματος και να βάλει όσα Φ/Β πλαίσια μπορούν να χωρέσουν στην οροφή της. Από την εταιρία Φ/Β, επιλέγεται να χρησιμοποιηθούν Φ/Β πανέλα SW 170, που έχουν τα εξής γεωμετρικά χαρακτηριστικά:



Σχήμα 2.8: Σχέδια Φ/Β πανέλων SW 170

Όσον αφορά το χώρο του δώματος, όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, θα πρέπει να είναι ασκίαστος και αν είναι δυνατόν, τα Φ/Β θα πρέπει να βλέπουν στο νότο και η κλίση τους να είναι κοντά στις 30 μοίρες. Η σκίαση των Φ/Β πλαισίων μπορεί να γίνει είτε από κάποιον τοίχο ή σκέπαστρο στο δώμα, είτε από γειτονικά Φ/Β πλαίσια. Εάν στην τοποθεσία έδρασης του Φ/Β εξοπλισμού υπάρχουν μόνιμοι ή επαναλαμβανόμενοι σκιασμοί (π.χ. σκίαση από παρακείμενα κτήρια, κολώνες, στηθαία κλπ.) για μεγάλο χρονικό διάστημα γύρω από το ηλιακό μεσημέρι (από 09:00 έως 15:00), τότε η θέση εγκατάστασης θεωρείται ακατάλληλη. (Για τη διασφάλιση της μακροχρόνιας απρόσκοπτης λειτουργίας του Φ/Β συστήματος θα πρέπει να εξετάζεται το ενδεχόμενο εμφάνισης μελλοντικών σκιασμών λόγω ανοικοδόμησης παρακείμενων κτηρίων.) Επομένως, για τη μελέτη σκίασης χρησιμοποιούνται τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά των Φ/Β πλαισίων και προσδιορίζεται η ελάχιστη απόσταση που πρέπει να υπάρχει μεταξύ δύο γειτονικών

Φ/Β πλαισίων ώστε να μην σκιάζονται. Ακόμα, όπως αναφέρθηκε, όταν τα Φ/Β τοποθετούνται σε δώμα, θα πρέπει η απόστασή τους από το στηθαίο του δώματος να είναι ένα μέτρο εσωτερικά αυτού για λόγους ασφαλείας. Με τα παραπάνω δεδομένα, η εταιρία πραγματοποιεί τη χωροθέτηση των Φ/Β πλαισίων πάνω στην κάτοψη της οροφής (στην πάνω δεξιά γωνία της οροφής, έχει τοποθετηθεί ο ηλιακός θερμοσίφωνας της οικογένειας, οπότε δεν έχουν τοποθετηθεί Φ/Β πλαίσιο:



Σχήμα 2.9: Χωροθέτηση Φ/Β πλαισίων στο δώμα

Από το παραπάνω σχήμα είναι εμφανές ότι στο συγκεκριμένο δώμα χωράνε 30 Φ/Β πάνελ SW 170. Επομένως, η συνολική ισχύς αυτής της Φ/Β εγκατάστασης είναι 4,95 kW. Με βάση το νόμο, για εγκατεστημένη ισχύ μικρότερη από 5 kW, συνδέεται μονοφασική σύνδεση ρεύματος.

Όσον αφορά τις μεταλλικές βάσεις στήριξης των Φ/Β πινέλων, γνωρίζοντας ότι μία βάση στηρίζει δύο Φ/Β πλαίσια, χρειάζονται δεκαπέντε βάσεις.

Όπως αναφέρθηκε, ο εξοπλισμός που απαιτείται για ένα Φ/Β σύστημα δεν αποτελείται μόνο από τα Φ/Β πλαίσια, αλλά και τον αντιστροφέα (inverter) που μετατρέπει το συνεχές ρεύμα που παράγουν τα Φ/Β σε εναλλασσόμενο της ίδιας ποιότητας με το ρεύμα της ΔΕΗ. Το ρεύμα αυτό περνά από ένα μετρητή και διοχετεύεται στο δίκτυο.

Ένα από τα ζητήματα που χρήζουν προσοχής κατά το σχεδιασμό ενός κτηριακού Φ/Β συστήματος, είναι η επιλογή του χώρου έδρασης των ηλεκτρονικών μετατροπέων. Συνήθως, οι μετατροπείς των εν λόγω ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων τοποθετούνται

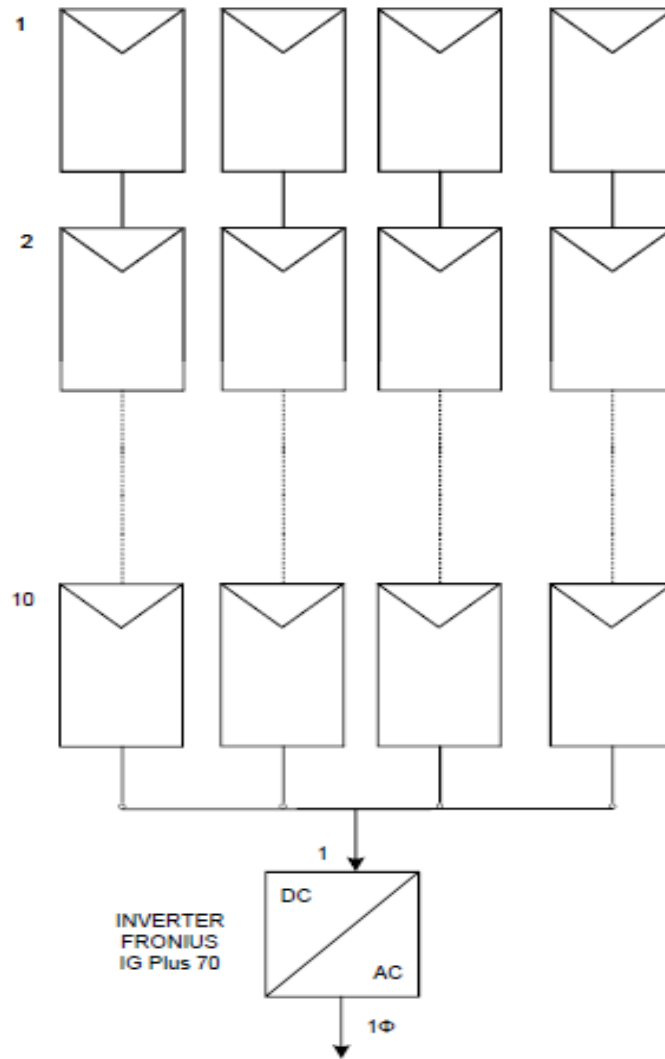
είτε στο εσωτερικό των κτηρίων που εγκαθίστανται, είτε σε ειδικά διαμορφωμένο κλειστό χώρο ο οποίος μπορεί να βρίσκεται πλησίον του Φ/Β εξοπλισμού. Μάλιστα, στη δεύτερη περίπτωση, μειώνεται σημαντικά το μήκος των ηλεκτρικών αγωγών Σ.Ρ., με άμεσο αποτέλεσμα τον περιορισμό των ηλεκτρικών απωλειών, της πτώσης τάσης, αλλά και του κόστους καλωδίωσης.

Αφού η εγκατεστημένη ισχύς του Φ/Β συστήματος είναι 4,95 kW, από τον πίνακα των τεχνικών χαρακτηριστικών των αντιστροφέων Fronius, επιλέγεται από την εταιρία ο αντιστροφέας Fronius IG Plus 170. Για λειτουργικούς λόγους, η σύνδεση των Φ/Β πανέλων με τον αντιστροφέα πρέπει να είναι συμμετρική. Επομένως, εδώ επιλέγονται τρεις σειρές/συστοιχίες των δέκα πλαισίων η κάθε μία.

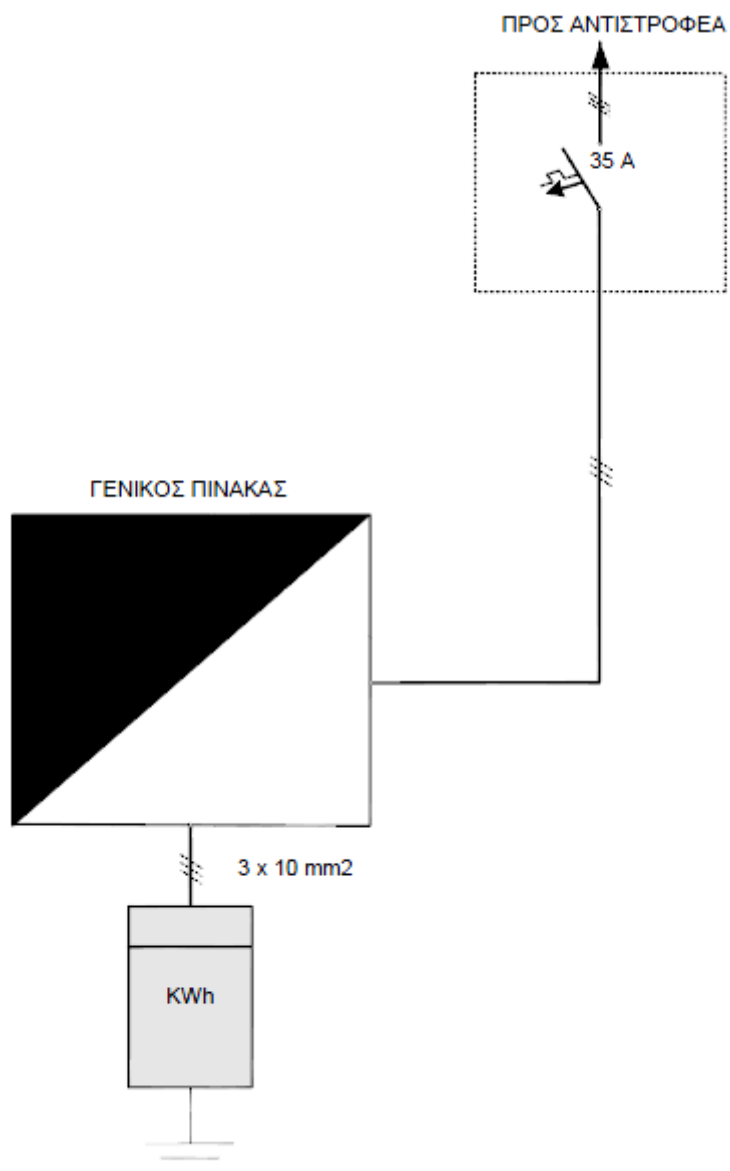
Το ηλεκτρολογικό μονογραμμικό σχέδιο του εν λόγω Φ/Β συστήματος συνολικής ισχύος 4,95 kWp, συνδεδεμένου με τη ΔΕΗ, είναι το εξής:



10 (S) X 3 (P) = 30 SOLARWORLD 165 W PV MODULES

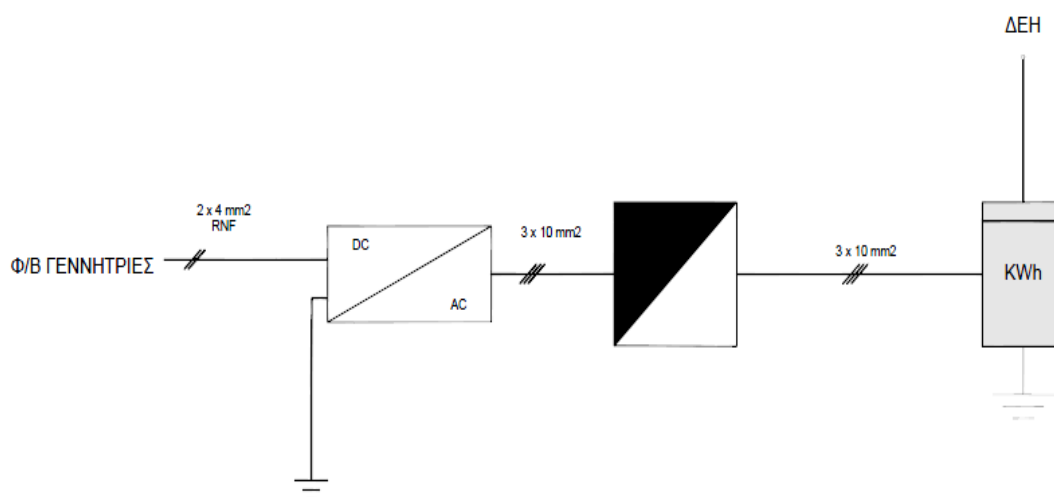


ΠΡΟΣ ΓΕΝΙΚΟ ΠΙΝΑΚΑ



Σχήμα 2.10: Ηλεκτρολογικό μονογραμμικό σχέδιο Φ/Β συστήματος

Το μονογραμμικό σχέδιο ολόκληρης εγκατάστασης του εν λόγω Φ/Β συστήματος συνολικής ισχύος 4,95 kWp, συνδεδεμένου με τη ΔΕΗ, είναι το εξής:



Σχήμα 2.11: Μονογραμμικό σχέδιο Φ/Β εγκατάστασης

Συνεπώς, η εταιρία συντάσσει την ακόλουθη τεχνική προσφορά για τη συγκεκριμένη τετραμελή οικογένεια:

### **1. Φ/Β ΓΕΝΝΗΤΡΙΕΣ**

Τύπος: SolarWorld SW 165 mono (165 Wp) (πρώην Siemens & Shell Solar)

Κατασκευαστής: SolarWorld AG Germany

Ισχύς: 165 Wp

Τεχνολογία: Μονοκρυσταλλικό Πυρίτιο.

Ονομαστική τάση (25 °C): 35,3 V

Τάση ανοιχτού κυκλώματος (25 °C): 44,0 V

Ονομαστικό ρεύμα φόρτισης: 4,68 A

Ρεύμα βραχυκύκλωσης: 5,1 A

Διαστάσεις: (1610 x 810 x 34) mm

Βάρος: 15 Kg

Εγγύηση: Τα Φ/Β πλαίσια φέρουν 25ετή εγγύηση. Σύμφωνα με αυτήν, η ισχύς των Φ/Β πλαισίων δεν θα μειωθεί περισσότερο από 20 % εντός χρονικής περιόδου 25 ετών.

Ποσότητα: 30 TEM.

### **2. ΒΑΣΕΙΣ ΣΤΗΡΙΞΗΣ**

Τύπος: ΜΕΤΑΛΛΙΚΕΣ ΒΑΣΕΙΣ ΣΤΗΡΙΞΗΣ Φ/Β ΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ

Κατάλληλες για 2 Φ/Β γεννήτριες SW165 mono

Γαλβανισμένες εν θερμώ (Πάχος κυκλοδοκού: 3mm)

Κλίση: 30<sup>0</sup>

Ποσότητα: 15 TEM

### **3. ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΕΑΣ ΙΣΧΥΟΣ**

Τύπος: IG Plus 70

Κατασκευαστής: FRONIUS GmbH AUSTRIA

Ονομαστική ισχύς εισόδου (DC): 6800W

Τάση εισόδου MPP (DC): 230-500 V

MAX τάση εισόδου (DC): 600 V

MAX ρεύμα εισόδου (DC): 29,7 A

Ονομαστική ισχύς εξόδου (AC): 6.500W

Μέγιστη ισχύς εξόδου (AC): 6.500W

Μέγιστος βαθμός απόδοσης: 96,0 %

Προσαρμοσμένος MPP βαθμός απόδοσης: 99,9 %

Τάση εξόδου (AC): 230V / 50Hz)

Συντελεστής αρμονικής παραμόρφωσης: < 3,5%

Συντελεστής ισχύος: 1

Απώλειες (Νυχτερινή Λειτουργία): 1 W

Διαστάσεις: 926 x 434 x 244 mm

Βάρος: 26 Kg

Θερμοκρασία λειτουργίας: -20...50 ° C

Υγρασία: 0-95%

Προστασία IP: IP44

Ποσότητα: 1 TEM

Για την αγορά του εξοπλισμού η οικογένεια θα δώσει 3.000 ευρώ. Το εκτιμώμενο κόστος αγοράς, μεταφοράς και εγκατάστασης του συνολικού Φ/Β εξοπλισμού ανέρχεται στα 3.500 ευρώ/kW, χωρίς ΦΠΑ που για τον οικιακό Φ/Β εξοπλισμό εντάσσεται στη χαμηλή κλίμακα, δηλαδή 11%. Τα έργα σύνδεσης με τη ΔΕΗ κοστίζουν 1.000 ευρώ. Επομένως, το συνολικό κόστος που θα επωμιστεί η τετραμελής οικογένεια είναι:

$$K = 3.000 + 3.500 \cdot 1.11 \cdot 4.95 + 1000 = 23.230.75 \text{ ευρώ}$$

Επισημαίνεται ότι ο Φ/Β εξοπλισμός έχει μηδενικό κόστος συντήρησης (το μόνο που χρειάζεται είναι ένας περιοδικός καθαρισμός των επιφανειών των Φ/Β γεννητριών) και εγγύηση απόδοσης 25 ετών.

Θεωρώντας ότι ο Φ/Β εξοπλισμός έχει 15% απώλειες από την τοπική θερμοκρασία και 10% απώλειες από τον αντιστροφέα, τα καλώδια κτλ, η εταιρία, χρησιμοποιώντας κατάλληλο πρόγραμμα, βγάζει την ετήσια ενεργειακή απολαβή για την τετραμελή οικογένεια. Γνωρίζοντας την ενεργειακή απολαβή, μπορούν να υπολογιστούν τα εκτιμώμενα κέρδη. Υπενθυμίζεται ότι η τιμή πώλησης της καθαρής παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας στη ΔΕΗ είναι 0.55 ευρώ/kWh. Οι παραπάνω υπολογισμοί παρατίθενται στον πίνακα που ακολουθεί:

Πίνακας 2.13: Ετήσια εκτιμώμενα κέρδη

ΜΗΝΑΣ	ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΠΟΛΑΒΗ (kWh/μήνα)	ΕΚΤΙΜΩΜΕΝΑ ΚΕΡΔΗ (€/μήνα)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	377	207,35
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	378	207,9
ΜΑΡΤΙΟΣ	543	298,65
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	626	344,3
ΜΑΙΟΣ	691	380,05
ΙΟΥΝΙΟΣ	707	388,85
ΙΟΥΛΙΟΣ	727	399,85
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	709	389,95
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	650	357,5
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	517	284,35
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	356	195,8
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	324	178,2
<b>Ετήσιο σύνολο :</b>	<b>6.605</b>	<b>3.632,75</b>

Επομένως, η εκτιμώμενη απλή περίοδο αποπληρωμής της Φ/Β εγκατάστασης για αυτήν την τετραμελή οικογένεια είναι:

$$\text{ΑΠΑ} = (23.230,75/3.632,75) \Leftrightarrow \text{ΑΠΑ} = 6.395 \text{ έτη}$$

Άρα, από το έβδομο έτος και μέχρι τα εικοσιπέντε έτη (εγγύηση απόδοσης φωτοβολταϊκών), η οικογένεια θα έχει καθαρά ετήσια κέρδη από τη Φ/Β εγκατάσταση 3.632,75 ευρώ.

Ενδεικτικά, μπορεί να αναφερθεί ότι η σημερινή μέση τετραμελής οικογένεια καταναλώνει περίπου 20 kWh τη μέρα. Θεωρώντας ότι η τιμή πώλησης της ηλεκτρικής ενέργειας από τη ΔΕΗ είναι 0,1 ευρώ/kWh και το πάγιο του λογαριασμού είναι 35 ευρώ στο δίμηνο, ο διμηνιαίος λογαριασμός της ΔΕΗ που της έρχεται είναι:

$$\Lambda = 20 \cdot 60 \cdot 0.1 + 35 = 155 \text{ ευρώ}$$

## 2.6 Γενικά συμπεράσματα

Πλέον, τα προγράμματα επιδότησης της εγκατάστασης Φ/Β στον οικιακό τομέα είναι ιδιαίτερα ελκυστικά. Προσφέρουν χαμηλότερο κόστος και επομένως μικρότερη περίοδο αποπληρωμής. Εκτιμάται ότι στο τέλος της 25ετίας αποφέρουν περισσότερα κέρδη απ' ό,τι αν επενδυόταν το αρχικό συνολικό κόστος εγκατάστασης σε έναν τραπεζικό προθεσμιακό λογαριασμό ή σε ομόλογα ή στο χρηματιστήριο.

Τα περιβαλλοντικά οφέλη των Φ/Β είναι ποικίλα και σημαντικά. Κάθε κιλοβατώρα που παράγεται από Φ/Β, και άρα όχι από συμβατικά ρυπογόνα καύσιμα, συνεπάγεται την αποφυγή έκλυσης ενός περίπου κιλού διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα. Ένα τυπικό Φ/Β σύστημα του ενός κιλοβάτ, αποτρέπει κάθε χρόνο την έκλυση 1,3 τόνων διοξειδίου του άνθρακα, όσο δηλαδή θα απορροφούσαν δύο στρέμματα δάσους. Επιπλέον, συνεπάγεται λιγότερες εκπομπές άλλων επικίνδυνων ρύπων (όπως τα αιωρούμενα μικροσωματίδια, τα οξείδια του αζώτου, οι ενώσεις του θείου, κ.λπ). Οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα πυροδοτούν το φαινόμενο του θερμοκηπίου και αλλάζουν το κλίμα της Γης, ενώ η ατμοσφαιρική ρύπανση έχει σοβαρές επιπτώσεις στην υγεία και το περιβάλλον. Ακόμα, είναι απολύτως αθόρυβα.

Στον παρακάτω πίνακα συνοψίζονται η ποσότητα των ρύπων (σε γραμμάρια), η έκλυση των οποίων αποφεύγεται για κάθε ηλιακή κιλοβατώρα που παράγεται από ένα Φ/Β σύστημα:

Πίνακας 2.14: Αποφυγή εκλυόμενων ρύπων ανά ηλιακή κιλοβατώρα

Υποκατάσταση	Αποφυγή εκλυόμενων ρύπων (σε gr) ανά ηλιακή κιλοβατώρα (λαμβάνοντας υπ' όψη και τις απώλειες του δικτύου)			
	CO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	PM <sub>10</sub>
<b>Λιγνίτη</b>	1.482	1-1,8	1,17-1,23	1,1
<b>Πετρελαίου (χαμηλού θείου)</b>	830	3,5	1,5	0,34
<b>Φυσικού αερίου</b>	475	0,017	0,6	-
<b>Μέσου ενεργειακού μείγματος χώρας (2008)</b>	1.017	CO <sub>2</sub> : διοξείδιο του άνθρακα, SO <sub>2</sub> : διοξείδιο του θείου NO <sub>x</sub> : οξείδια του αζώτου, PM <sub>10</sub> : μικροσωματίδια		

Συνοψίζοντας, όλα τα Φ/Β μοιράζονται τα παρακάτω πλεονεκτήματα:

- Μηδενική ρύπανση

- Αθόρυβη λειτουργία
- Αξιοπιστία και μεγάλη διάρκεια ζωής
- Απεξάρτηση από την τροφοδοσία καυσίμων για τις απομακρυσμένες περιοχές
- Δυνατότητα επέκτασης ανάλογα με τις ανάγκες
- Ελάχιστη συντήρηση



## Κεφάλαιο 3: Εγκατάσταση Φ/Β σε οικόπεδα

---



## 3: Εγκατάσταση Φ/Β σε οικόπεδα

---

### 3.1 Εισαγωγή

Όπως είναι αναμενόμενο, η νομοθεσία που αφορά τη Φ/Β εγκατάσταση σε οικόπεδα, μικρής ή μεγάλης έκτασης, έχει περισσότερες, γραφειοκρατικού τύπου, προϋποθέσεις και διαδικασίες ένταξης, σε σχέση με την εγκατάσταση Φ/Β σε κτήρια. Είναι γεγονός όμως ότι η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει θέσει ως στόχο της για το 2020 το 20% της κατανάλωσης ενέργειας να προέρχεται από ανανεώσιμες πηγές. Οι προϋποθέσεις μάλιστα για τα Φ/Β Συστήματα είναι ακόμα καλύτερες, αφού τα Φ/Β συστήματα παρουσιάζουν την μέγιστη παραγωγή ακριβώς εκείνες τις ώρες της ημέρας που και η κατανάλωση (ζήτηση) φτάνει στο μέγιστο και η ΔΕΗ ζητά από όλους τους καταναλωτές να περιορίσουν την ζήτηση ή αναγκάζεται να κάνει περικοπές (ελεγχόμενη συσκότιση).

Οι πρόσφατες υπουργικές αποφάσεις και ελληνικές νομοθεσίες απλοποιούν κάπως τις διαδικασίες, με πιο πρόσφατη την υπουργική απόφαση που δημοσιεύτηκε στις 25 Αυγούστου 2010. Ορίζεται πλέον ως εθνικός στόχος, η κάλυψη με ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ) του 40% τουλάχιστον της ακαθάριστης κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας έως το 2020.

Στα μέσα του 2010, το Κοινοβούλιο ενέκρινε ένα νέο νόμο για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (Ν. 3851/2010, ΦΕΚ 85Α, 4-6-2010), ο οποίος επιφέρει σημαντικές αλλαγές σε ό,τι αφορά στην αδειοδότηση των Φ/Β συστημάτων. Ακολούθησαν μία σειρά από υπουργικές αποφάσεις, οι οποίες τροποποίησαν παλαιότερες ρυθμίσεις, κυρίως πολεοδομικού χαρακτήρα, για τη Φ/Β εγκατάσταση.

### 3.2 Υπάρχον Νομοθετικό Πλαίσιο για την Εγκατάσταση Φ/Β σε Οικόπεδα

Για την τοποθέτηση εγκαταστάσεων Φ/Β συστημάτων ανεξαρτήτως ισχύος στις εκτός σχεδίου περιοχές, ισχύουν τα εξής:

1. Επιτρέπονται οι εγκαταστάσεις Φ/Β συστημάτων σε γήπεδα άρτια και οικοδομήσιμα σύμφωνα με τα προβλεπόμενα από τις διατάξεις του άρθρου 1 του ΦΕΚ 270/Δ/31.5.85).
2. Η τοποθέτηση των Φ/Β συστημάτων δεν επιτρέπεται να υπερβαίνει το 60% της επιφάνειας του οικοπέδου.
3. Σε περίπτωση ανέγερσης και άλλων χρήσεων δομικών κατασκευών (π.χ. κατοικία, γεωργικές αποθήκες κλπ.) εντός του οικοπέδου, ως προς την κάλυψη θα συνυπολογίζονται στο 60%, ενώ ως προς τους λοιπούς όρους και περιορισμούς δόμησης για τις χρήσεις αυτές θα ισχύουν αυτοί τις εκτός σχεδίου δόμησης ή οι τυχόν ειδικοί όροι και περιορισμοί που ισχύουν από άλλες ρυθμίσεις (Ζώνες Οικιστικού Ελέγχου, Γενικά Πολεοδομικά Σχέδια ή Σχέδια Χωρικής Οικιστικής Ανοιχτής Πόλης κλπ).
4. Οι αποστάσεις των εγκαταστάσεων που πρέπει να τηρούνται από τα όρια των οικοπέδων ορίζονται στο διπλάσιο του ύψους της εγκατάστασης. Η ελάχιστη απόσταση δεν μπορεί να είναι μικρότερη από 2,5 μέτρα.
5. Για τη μορφολογική ένταξη στο περιβάλλον των Φ/Β στοιχείων αποφαιίνεται η ΕΠΑΕ στις περιοχές όπου απαιτείται η γνωμοδότησή της.

Για την τοποθέτηση εγκαταστάσεων Φ/Β συστημάτων ανεξαρτήτως ισχύος σε εκτός σχεδίου περιοχές, ως απολύτως αναγκαίες κατασκευές νοούνται:

- Στυλίσκος μετρητής της ΔΕΗ
- Οικίσκος εγκατάστασης του ηλεκτρονικού εξοπλισμού των Φ/Β συστημάτων, με τις απολύτως αναγκαίες διαστάσεις του και μέχρι εμβαδού 15 τ.μ., εφ' όσον είναι προκατασκευασμένος.
- Περίφραξη με συρματοπλέγμα μέχρι ύψους 2,5 μ., με συμπαγές τοιχίο ύψους μέχρι 30 εκατοστών για την προστασία της εγκατάστασης.
- Τις εγκαταστάσεις Φ/Β συστημάτων των οποίων κανένα στοιχείο δεν υπερβαίνει τα 2,5 μ. από τη στάθμη του φυσικού ή τεχνητά διαμορφωμένου εδάφους των οικοπέδων.

Στην περίπτωση τοποθέτησης Φ/Β συστημάτων μέχρι 100 kW, σε οικοπέδα που δε βρίσκονται σε δάσος ή σε δασική έκταση, σε ρέμα, στον αιγιαλό ή την παραλία, σε καθορισμένο αρχαιολογικό χώρο ή σε περιοχή απολύτου προστασίας της φύσης, τα απαραίτητα δικαιολογητικά για την έγκριση εργασιών δόμησης μικρής κλίμακας, είναι τα εξής:

- Σύντομη περιγραφή των εκτελούμενων εργασιών, που αφορούν στην εγκατάσταση Φ/Β σταθμού
- Τοπογραφικό διάγραμμα κλίμακας 1:5000 συντεταγμένο κατά τις ισχύουσες προδιαγραφές σε ψηφιακή μορφή και διάγραμμα κάλυψης όπου φαίνεται η θέση εγκατάστασης του σχετικού εξοπλισμού
- Υπεύθυνη δήλωση του ενδιαφερόμενου στην οποία θα δηλώνεται ότι, το ακίνητο στο οποίο προτίθεται να εγκαταστήσει το Φ/Β σταθμό δε βρίσκεται σε δάσος ή σε δασική έκταση, σε ρέμα, στον αιγιαλό ή την παραλία, σε καθορισμένο αρχαιολογικό χώρο ή σε περιοχή απολύτου προστασίας της φύσης
- Αποδεικτικό κοινοποίησης του αντιγράφου της παραπάνω υπεύθυνης δήλωσης και του τοπογραφικού σχεδίου, στο οικείο δασαρχείο, ή κατά περίπτωση άλλη αρμόδια υπηρεσία
- Έγκριση της αρμόδιας Επιτροπής Πολεοδομικού και Αρχιτεκτονικού Ελέγχου (Ε.Π.Α.Ε.), στις περιπτώσεις που αυτή απαιτείται.

Για την εγκατάσταση Φ/Β συστημάτων ισχύος μεγαλύτερης των 150 kW στις εκτός σχεδίου περιοχές, δεν απαιτείται η έκδοση οικοδομικής άδειας, αλλά μόνο έγκριση εργασιών.

Έγκριση εργασιών απαιτείται επίσης και στην περίπτωση που γίνεται υπέρβαση των όρων της περίπτωσης Β για την εγκατάσταση Φ/Β συστημάτων ισχύος μικρότερης ή ίσης των 20 kW σε εκτός σχεδίου περιοχές.

Σύμφωνα με δελτίο τύπου στις 25 Αυγούστου 2010, για τα Φ/Β εκτός σχεδίου, επιτρέπεται η εγκατάστασή τους σε εκτός σχεδίου περιοχές, με κάλυψη του γηπέδου μέχρι 60% και χωρίς να απαιτείται η αρτιότητα ή η οικοδομησιμότητα, εκτός αν ζητούνται δομικές κατασκευές πέραν των απολύτως αναγκαίων για την εγκατάσταση αυτή. Δεν απαιτείται οικοδομική άδεια, ούτε έγκριση της αρμόδιας επιτροπής Πολεοδομικού & Αρχιτεκτονικού Ελέγχου (ΕΠΑΕ). Το μόνο που χρειάζεται είναι η έκδοση μιας «Έγκρισης εργασιών δόμησης μικρής κλίμακας» που εκδίδεται από την αρμόδια Διεύθυνση Πολεοδομίας, με μόνα δικαιολογητικά μία σύντομη περιγραφή των εργασιών, καθώς και ένα τοπογραφικό σχέδιο με τη θέση εγκατάστασης του εξοπλισμού.

Για την ενσωμάτωση των Φ/Β σε κτήρια, επιτρέπεται σε δώματα, στέγες, σκίαστρα, προσόψεις, αλλά και σε ακάλυπτους χώρους εντός σχεδίου. Σύμφωνα με τη νέα απόφαση, στο εξής δεν θα απαιτείται η έκδοση «Έγκρισης εργασιών δόμησης μικρής κλίμακας» που ίσχυε μέχρι σήμερα, αλλά μόνο η κατάθεση εγγράφου γνωστοποίησης των εργασιών με την υπογραφή του ενδιαφερόμενου. Την ευθύνη της εγκατάστασης

και της συμμόρφωσης ως προς τους στοιχειώδεις κανόνες ενσωμάτωσης που αναφέρονται, έχει ο επιβλέπων μηχανικός.

Επιπρόσθετα για την προστασία περιοχών με ιδιαίτερη φυσιογνωμία, ορίζεται ότι για την ενσωμάτωση Φ/Β σε παραδοσιακούς οικισμούς, ιστορικά κέντρα πόλεων και διατηρητέα κτήρια, απαιτείται γνωμοδότηση της αρμόδιας Επιτροπής Πολεοδομικού & Αρχιτεκτονικού Ελέγχου (ΕΠΑΕ).

### **3.2.1 Διατύπωση όρων σύνδεσης στο δίκτυο**

Προκειμένης της σύνδεσης σταθμού στο Σύστημα ή το Δίκτυο της χώρας εκτός αυτού των μη διασυνδεδεμένων νησιών, η αδειοδοτούσα Αρχή, αποστέλλει, μέσα σε δέκα εργάσιμες ημέρες από την υποβολή της, αντίγραφο της αίτησης χορήγησης της άδειας εγκατάστασης ή επέκτασης μαζί με τον φάκελο των στοιχείων στο Διαχειριστή Ελληνικού Συστήματος Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας Α.Ε. (Διαχειριστής του Συστήματος ή ΔΕΣΜΗΕ), ο οποίος μέσα στο χρονικό διάστημα, ορισμένο από τον Κώδικα Διαχείρισης του Συστήματος (ΦΕΚ Β 654), από την παραλαβή της καθορίζει τον τρόπο, την έκταση, τους όρους και τις προϋποθέσεις σύνδεσης του σταθμού, σύμφωνα με τις ρυθμίσεις του εν λόγω Κώδικα. Στην περίπτωση κατά την οποία η σύνδεση στο Σύστημα πραγματοποιείται μέσω του Δικτύου, ο Διαχειριστής του Συστήματος αποστέλλει χωρίς καθυστέρηση τα ανωτέρω στοιχεία στην Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού Α.Ε. (ΔΕΗ ΑΕ), ως Διαχειρίστρια του Δικτύου, η οποία καθορίζει τον τρόπο, τους όρους και τις προϋποθέσεις σύνδεσης στο Δίκτυο με βάση τις διατάξεις του Κώδικα Διαχείρισης του Δικτύου και αποστέλλει τη σχετική απάντηση στο Διαχειριστή του Συστήματος το συντομότερο δυνατό.

Σε περίπτωση σύνδεσης του σταθμού σε Δίκτυο των μη διασυνδεδεμένων νησιών, η Αδειοδοτούσα Αρχή, αποστέλλει στην ΔΕΗ ΑΕ, ως Διαχειρίστρια του Δικτύου μέσα σε δέκα εργάσιμες ημέρες, από την υποβολή του, αντίγραφο της αίτησης χορήγησης της άδειας εγκατάστασης ή επέκτασης μαζί με τον φάκελο των στοιχείων. Με βάση τη μελέτη αυτή, η ΔΕΗ ΑΕ, καθορίζει μέσα στο χρονικό διάστημα που ορίζεται στον Κώδικα Διαχείρισης του Δικτύου από την παραλαβή της, τον τρόπο, έκταση, όρους και προϋποθέσεις σύμφωνα με τους οποίους ο σταθμός θα συνδεθεί στο Δίκτυο και η ΔΕΗ ΑΕ μετά από έγκριση της ΡΑΕ, θα απορροφά την ενέργεια από το σταθμό, σύμφωνα με τις ρυθμίσεις του εν λόγω Κώδικα.

Η προσφορά σύνδεσης που περιλαμβάνει τις ελάχιστες απαιτήσεις που οφείλει να πληροί το έργο σύνδεσης σε κάθε περίπτωση υποβάλλεται τελικώς στην Αδειοδοτούσα Αρχή από το Διαχειριστή του Συστήματος εάν ο σταθμός συνδεθεί στο Σύστημα ή το Δίκτυο της ηπειρωτικής χώρας και των διασυνδεδεμένων νησιών,

ή την ΔΕΗ ΑΕ εάν ο σταθμός συνδεθεί σε Δίκτυο των μη διασυνδεδεμένων νησιών και κοινοποιείται στον ενδιαφερόμενο και τη ΡΑΕ.

Οποιαδήποτε αναγκαία πρόσθετη αλληλογραφία μεταξύ αιτούντος και Διαχειριστή του Συστήματος ή Δικτύου πραγματοποιείται απευθείας μεταξύ τους. Ο αιτών παραγωγός και ο Διαχειριστής του Συστήματος ή Δικτύου έχουν την υποχρέωση να κοινοποιούν ταυτόχρονα την αλληλογραφία αυτή με τα τυχόν συνοδευόμενα αυτήν στοιχεία στην αδειοδοτούσα Αρχή και στη ΡΑΕ.

### 3.2.2 Άδεια Παραγωγής

Η άδεια παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ (επομένως και από Φ/Β) χορηγείται για χρονικό διάστημα μέχρι 25 έτη και μπορεί να ανανεώνεται μέχρι ίσο χρόνο. Εάν μέσα σε δύο χρόνια της χορήγησής της δεν εκδοθεί άδεια εγκατάστασης, η άδεια παραγωγής παύει αυτοδικαίως να ισχύει, εκδιδόμενης σχετικής διαπιστωτικής πράξης από τη ΡΑΕ. Στο χρονικό διάστημα των δύο χρόνων δεν υπολογίζεται ο χρόνος καθυστέρησης που οφείλεται σε πράξεις ή παραλείψεις των αρμόδιων υπηρεσιών ή σε άλλους αντικειμενικούς λόγους που δεν αφορούν τον κάτοχο της άδειας παραγωγής.

Εξαιρούνται από την υποχρέωση να λάβουν άδεια παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας:

- Φ/Β σταθμοί με εγκατεστημένη ηλεκτρική ισχύ μικρότερη ή ίση του 1 MWp.
- Φ/Β σταθμοί με εγκατεστημένη ισχύ έως 5 MWe, που εγκαθίστανται από εκπαιδευτικούς ή ερευνητικούς φορείς του δημόσιου ή ιδιωτικού τομέα, για όσο χρόνο αυτοί οι σταθμοί λειτουργούν αποκλειστικά για εκπαιδευτικούς ή ερευνητικούς σκοπούς, καθώς και σταθμοί που εγκαθίστανται από το Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών και Εξοικονόμησης Ενέργειας (ΚΑΠΕ) για όσο χρόνο οι σταθμοί αυτοί λειτουργούν για τη διενέργεια πιστοποιήσεων ή μετρήσεων.
- Αυτόνομοι Φ/Β σταθμοί που δε συνδέονται στο Σύστημα ή στο Δίκτυο, με εγκατεστημένη ισχύ μικρότερη ή ίση των 5 MWe, χωρίς δυνατότητα τροποποίησης της αυτόνομης λειτουργίας τους.

### 3.2.3 Έκδοση άδειας εγκατάστασης ή επέκτασης

Η Αδειοδοτούσα Αρχή εκδίδει την άδεια εγκατάστασης ή επέκτασης μέσα σε δεκαπέντε εργάσιμες ημέρες από τη συμπλήρωση του φακέλου με τη λήψη του τελευταίου από τα δικαιολογητικά των άρθρων 4 και 5, της προσφοράς σύνδεσης του σταθμού στο Σύστημα ή σε Δίκτυο και της απόφασης έγκρισης περιβαλλοντικών όρων.

Η διάρκεια ισχύος των αδειών εγκατάστασης και επέκτασης σταθμών με χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας ορίζεται σε δύο έτη. Η κατά παράταση διάρκεια ισχύος των αδειών εγκατάστασης και επέκτασης σταθμών με χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας ορίζεται το πολύ σε δύο έτη, μετά από αίτηση των κατόχων τους.

Απαραίτητη προϋπόθεση για τη χορήγηση παράτασης του χρόνου ισχύος των αδειών εγκατάστασης ή επέκτασης αποτελεί η εκτέλεση ποσοστού τουλάχιστον 50% του συνόλου των έργων, όπως το ποσοστό αυτό διαπιστώνεται από την Αδειοδοτούσα Αρχή επικουρούμενη ενδεχομένως από το ΚΑΠΕ μετά από επιτόπιο έλεγχο, διενεργούμενο ανεξάρτητα από τους ελέγχους που μπορεί να διενεργήσει η ΡΑΕ στα πλαίσια παρακολούθησης τήρησης του χρονοδιαγράμματος υλοποίησης των έργων.

Εάν ανακληθεί για οποιοδήποτε λόγο η άδεια παραγωγής, ανακαλείται υποχρεωτικά με πράξη της Αδειοδοτούσας Αρχής και η άδεια εγκατάστασης ή επέκτασης.

### **3.2.4 Άδεια λειτουργίας**

Η άδεια λειτουργίας για τους φωτοβολταϊκούς σταθμούς χορηγείται για εικοσιπέντε τουλάχιστον έτη και μπορεί να ανανεώνεται μέχρι ίσο χρονικό διάστημα. Η διάρκεια ισχύος της ανανέωσης δεν μπορεί να υπερβαίνει τους χρόνους ισχύος της άδειας παραγωγής. Για ανανέωση της άδειας λειτουργίας, ο ενδιαφερόμενος υποβάλλει στην Αδειοδοτούσα Αρχή το σχετικό αίτημα. Εάν ο σταθμός είναι συνδεδεμένος στο Σύστημα ή σε Δίκτυο, για την ανανέωση της άδειας λειτουργίας απαιτείται η υποβολή της ανανεωμένης σύμβασης σύνδεσης, καθώς και της ανανεωμένης σύμβασης αγοραπωλησίας ηλεκτρικής ενέργειας. Αν μεταβιβασθεί ο σταθμός, ο νέος δικαιούχος υποκαθίσταται, έναντι του Διαχειριστή του Συστήματος ή του Δικτύου, στα δικαιώματα και τις υποχρεώσεις του δικαιοπαρόχου του. Στην περίπτωση αυτή, στο νέο φορέα μεταβιβάζεται και η άδεια παραγωγής, μετά απόφαση της ΡΑΕ. Μετά τη μεταβίβαση τροποποιείται, με απόφαση του αρμόδιου οργάνου, και η άδεια λειτουργίας στο όνομα του νέου δικαιούχου.

Εάν ανακληθεί για οποιοδήποτε λόγο η άδεια παραγωγής, ανακαλείται υποχρεωτικά με πράξη της Αδειοδοτούσας Αρχής και η άδεια λειτουργίας.

Ο εφοδιασμός του σταθμού ηλεκτροπαραγωγής του Παραγωγού με την προβλεπόμενη άδεια λειτουργίας, ή η νόμιμη απαλλαγή από την υποχρέωση έκδοσής της, αποτελεί προϋπόθεση για την έναρξη πληρωμής αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας από το Διαχειριστή του Συστήματος. Το τίμημα για την ενέργεια που παρήχθη πριν την έκδοση της άδειας λειτουργίας, κατά τη διάρκεια της δοκιμαστικής λειτουργίας του σταθμού, καταβάλλεται μετά τη χορήγηση της άδειας λειτουργίας.



### 3.2.5 Απαλλαγή από άδεια εγκατάστασης ή επέκτασης και λειτουργίας

Σύμφωνα με το Ν. 2244/1994, άδεια εγκατάστασης ή επέκτασης δεν απαιτείται για:

- Σταθμούς ισχύος μέχρι 20 kW
- Πειραματικούς ή ερευνητικούς σταθμούς που εγκαθίστανται από εκπαιδευτικούς φορείς και για όσο χρόνο διεξάγεται η έρευνα ή το πείραμα
- Σταθμούς που εγκαθίστανται από το ΚΑΠΕ (Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας) για λόγους πιστοποίησης ή μετρήσεων και για όσο χρόνο διεξάγονται οι μετρήσεις ή η πιστοποίηση.

Οι σταθμοί αυτοί δεν απαλλάσσονται από άλλες άδειες ή εγκρίσεις που προβλέπονται στην κείμενη νομοθεσία. Αντιθέτως, σταθμοί απαλλασσόμενοι από άδεια εγκατάστασης απαλλάσσονται και από την υποχρέωση λήψης άδειας λειτουργίας.

### 3.2.6 Περιβαλλοντική Αδειοδότηση

Σύμφωνα με το ΦΕΚ 663, υπάρχει διαδικασία Προκαταρκτικής Περιβαλλοντικής Εκτίμησης και Αξιολόγησης (Π.Π.Ε.Α.) και Έγκρισης Περιβαλλοντικών Όρων (Ε.Π.Ο.) για έργα Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ), άρα και για τις Φ/Β εγκαταστάσεις.

Για τη διενέργεια Π.Π.Ε.Α., ο ενδιαφερόμενος υποβάλλει αίτηση στη Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας (ΡΑΕ), η οποία τη διαβιβάζει στην Ειδική Υπηρεσία Περιβάλλοντος (Ε.Υ.ΠΕ) του Υ.ΠΕ.ΧΩ.ΔΕ. Η αίτηση αυτή συνοδεύεται από φάκελο ο οποίος περιέχει Προμελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων (Π.Π.Ε.). Η Π.Π.Ε. περιλαμβάνει πληροφορίες όπως:

- Τη θέση και το μέγεθος του έργου.
- Το είδος, την εφαρμοζόμενη τεχνολογία και τα γενικά χαρακτηριστικά του έργου.
- Τις συνθήκες της περιοχής που θα πραγματοποιηθεί, κυρίως σε σχέση με το φυσικό και το ανθρωπογενές περιβάλλον αυτής.
- Τη χρήση των φυσικών πόρων.
- Τη σωρευτική και συνεργιστική δράση με άλλα έργα ή δραστηριότητες.
- Την συνοπτική περιγραφή των κύριων εναλλακτικών λύσεων.

Για την Έγκριση Περιβαλλοντικών Όρων (Ε.Π.Ο.), ο ενδιαφερόμενος υποβάλλει αίτηση στη Διεύθυνση Σχεδιασμού και Ανάπτυξης (ΔΙ.Σ.Α.) της οικείας Περιφέρειας, η οποία τη διαβιβάζει στην Ειδική Υπηρεσία Περιβάλλοντος (Ε.Υ.ΠΕ) του Υ.ΠΕ.ΧΩ.ΔΕ., που διενήργησε την Π.Π.Ε.Α. Η αίτηση συνοδεύεται από φάκελο ο οποίος περιέχει Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων (Μ.Π.Ε.) η οποία περιλαμβάνει:

- Περιγραφή του έργου και των συνοδών αυτού έργων (π.χ. οδοποιία, ηλεκτρική διασύνδεση με το δίκτυο κλπ.)
- Περιγραφή της υφιστάμενης κατάστασης του περιβάλλοντος με τα απαραίτητα στοιχεία και τις τεκμηριώσεις για την αξιολόγηση και την εκτίμηση των κυριότερων περιβαλλοντικών επιπτώσεων στον άνθρωπο, την πανίδα, τη χλωρίδα, το έδαφος, τα νερά, τον αέρα, το κλίμα, το τοπίο, τα υλικά αγαθά και την πολιτιστική κληρονομιά
- Εκτίμηση και αξιολόγηση άμεσων και έμμεσων σωρευτικών και συνεργιστικών επιπτώσεων στο φυσικό και ανθρωπογενές περιβάλλον
- Συνοπτική περιγραφή των μέτρων που προβλέπεται να ληφθούν για την αποφυγή, τη μείωση και εφόσον είναι δυνατόν, επανόρθωση σημαντικών δυσμενών επιπτώσεων στο περιβάλλον

Η απόφαση Έγκρισης Περιβαλλοντικών Όρων ισχύει για δέκα έτη.

Επισημαίνεται ότι Φ/Β σταθμοί παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας που εξαιρούνται από την υποχρέωση άδειας παραγωγής, ενώ απαλλάσσονται και από την υποχρέωση να λάβουν άδεια εγκατάστασης και λειτουργίας, υποχρεούνται να τηρήσουν τη διαδικασία περιβαλλοντικής αδειοδότησης.

Αντιθέτως, εξαιρούνται από την υποχρέωση έκδοσης απόφασης Ε.Π.Ο. οι Φ/Β σταθμοί παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας που εγκαθίστανται σε οικόπεδα, εφόσον η εγκατεστημένη ηλεκτρική ισχύς τους δεν υπερβαίνει το όριο του 0,5 MW. Για τα συστήματα αυτά, απαιτείται ειδική περιβαλλοντική εξαίρεση (‘βεβαίωση απαλλαγής από ΕΠΟ’) από την αρμόδια Περιφέρεια, η οποία, σύμφωνα με το νόμο, δίνεται σε είκοσι ημέρες από την υποβολή της σχετικής αίτησης.

Κατ’ εξαίρεση, υπόκεινται σε διαδικασία Ε.Π.Ο. σταθμοί ηλεκτροπαραγωγής από Φ/Β με εγκατεστημένη ισχύ μικρότερη ή ίση του 0,5 MW εφόσον:

- Εγκαθίστανται σε οικόπεδα που βρίσκονται σε οριοθετημένες περιοχές του δικτύου Natura 2000 ή σε παράκτιες περιοχές που απέχουν λιγότερο από 100 μέτρα από την οριογραμμή του αιγιαλού εκτός βραχονησίδων, ή

- Γειτνιάζουν, σε απόσταση μικρότερη των 150 μέτρων, με άλλο σταθμό ηλεκτροπαραγωγής από Φ/Β που είναι εγκατεστημένος σε άλλο οικόπεδο και έχει εκδοθεί γι' αυτόν άδεια παραγωγής ή απόφαση Ε.Π.Ο. ή προσφορά σύνδεσης, η δε συνολική ισχύς των σταθμών υπερβαίνει το όριο του 0,5 MW.

### **3.2.7 Ένταξη και σύνδεση Φ/Β σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας**

Στην περίπτωση σύνδεσης νέου Φ/Β σταθμού ηλεκτροπαραγωγής στο Σύστημα μέσω υφιστάμενου υποσταθμού ανύψωσης υψηλής τάσης, ο δικαιούχος της οικείας άδειας παραγωγής μπορεί να επιλέξει το τμήμα σύνδεσης, μεταξύ του κεντρικού πίνακα μέσης τάσης του Φ/Β σταθμού και του υποσταθμού ανύψωσης να ανήκει στην κυριότητά του. Στην περίπτωση σύνδεσης νέου Φ/Β σταθμού ηλεκτροπαραγωγής στο Σύστημα μέσω νέων υποσταθμών ανύψωσης, ο κάτοχος της οικείας άδειας παραγωγής μπορεί να επιλέξει το τμήμα σύνδεσης, μεταξύ του κεντρικού πίνακα μέσης τάσης του κάθε Φ/Β σταθμού και του τερματικού υποσταθμού ανύψωσης. Ο νέος τερματικός υποσταθμός ανύψωσης ανήκουν στην κυριότητά του, μέχρι τα όρια του Συστήματος σύμφωνα με όσα προβλέπονται στον Κώδικα Διαχείρισης και σε κάθε περίπτωση, μη συμπεριλαμβανομένου του κεντρικού αυτόματου διακόπτη υψηλής ή υπερυψηλής τάσης του τερματικού υποσταθμού, του οποίου η ιδιοκτησία, η διαχείριση και η συντήρηση ανήκουν στον Κύριο του Συστήματος ή τον αρμόδιο Διαχειριστή κατά περίπτωση.

Στις περιπτώσεις αυτές:

- Νοείται ότι ο Φ/Β σταθμός ηλεκτροπαραγωγής συνδέεται απευθείας στο Σύστημα.
- Ο κάτοχος της οικείας άδειας παραγωγής κατασκευάζει τα έργα σύνδεσης που ανήκουν στην κυριότητά του και αποκτά τη διαχείριση και την ευθύνη λειτουργίας και συντήρησης των έργων αυτών. Η τάση και τα λοιπά τεχνικά και λειτουργικά χαρακτηριστικά των έργων σύνδεσης που ανήκουν στην κυριότητα του κατόχου της οικείας άδειας παραγωγής καθορίζονται απ' αυτόν, αρκεί να συμμορφώνονται με τους σχετικούς διεθνείς κανονισμούς και τις ελάχιστες απαιτήσεις του αρμόδιου Διαχειριστή για την ομαλή σύνδεση και συνεργασία τους με το Σύστημα όσον αφορά τις διακοπτικές προστασίες στην πλευρά της υψηλής ή υπερυψηλής τάσης και τα συστήματα επικοινωνίας και ανταλλαγής πληροφοριών με το Σύστημα.
- Ο κάτοχος της άδειας παραγωγής δεν έχει δικαίωμα να αρνηθεί τη σύνδεση νέου παραγωγού στον υποσταθμό, εκτός αν συντρέχει περίπτωση έλλειψης χωρητικότητας του δικτύου, που τεκμηριώνεται με αιτιολογημένη γνώμη του αρμόδιου διαχειριστή του ηλεκτρικού συστήματος.

Ο νέος χρήστης καταβάλλει στους κατόχους άδειας παραγωγής των συνδεδεμένων σταθμών αντάλλαγμα για τα κοινά έργα σύνδεσης, σύμφωνα με τις σχετικές διατάξεις του Κώδικα Διαχείρισης του Συστήματος και Συναλλαγών Ηλεκτρικής Ενέργειας για την υλοποίηση έργων για σύνδεση χρήστη.

Στις περιπτώσεις Φ/Β σταθμών αυτοπαραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, επιτρέπεται στους αυτοπαραγωγούς η μεταφορά της ηλεκτρικής ενέργειας με τη χρήση του συστήματος ή και του δικτύου μεταφοράς ηλεκτρισμού από το χώρο αυτοπαραγωγής στο χώρο κατανάλωσης, καταβάλλοντας τα τέλη που ισχύουν για τη χρήση του συστήματος ή και του δικτύου.

Κατά τη σύνδεση σταθμών ΑΠΕ στο Σύστημα, ο Διαχειριστής του Συστήματος μπορεί να επιβάλλει αιτιολογημένα την υλοποίηση πρόσθετων έργων ή την εγκατάσταση εξοπλισμών που δεν απαιτούνται για τη διοχέτευση της παραγόμενης ενέργειας στο Σύστημα, με σκοπό να πληρούνται πρόσθετες τεχνικές ή λειτουργικές απαιτήσεις. Στις περιπτώσεις αυτές, το πρόσθετο κόστος καθορίζεται τεκμηριωμένα μεταξύ του παραγωγού, του Διαχειριστή και του Κυρίου του Συστήματος κατά τη χορήγηση της προσφοράς Σύνδεσης και την υπογραφή της Σύμβασης Σύνδεσης και καλύπτεται από τον Κύριο του Συστήματος.

### 3.2.8 Προγραμματισμός λειτουργίας και φόρτισης

Η λειτουργία των μονάδων του Παραγωγού διενεργείται σύμφωνα με τον Κώδικα Διαχείρισης του Συστήματος.

Ο Διαχειριστής του Συστήματος θα αγοράζει την παραγόμενη ενέργεια εφόσον:

- Η ζήτηση ισχύος υπερβαίνει το ελάχιστο επιτρεπόμενο τεχνικό όριο των ενταγμένων στο Σύστημα μονάδων Παραγωγής.
- Οι εγκαταστάσεις του Συστήματος λειτουργούν ομαλά, χωρίς να υφίσταται κατάσταση εκτάκτου ανάγκης λόγω βλάβης ή τεχνικής ανωμαλίας ή συντήρησης, η άρση της οποίας να επιβάλει την προσωρινή διακοπή της παραγωγής από το σταθμό του Παραγωγού, ή εφόσον
- Αυτό επιτρέπεται από την ευστάθεια και την ομαλή λειτουργία του Συστήματος.

Ο Διαχειριστής του Συστήματος μπορεί να καθορίσει διαφορετικά από τα παραπάνω όρια, εφόσον κρίνεται σκόπιμο για το Δίκτυο ή για το Σύστημα και εφόσον συμφωνεί ο Παραγωγός.

Συχνά παρουσιάζεται το πρόβλημα της απορρόφησης ισχύος σε περιοχές με κορεσμένο δίκτυο, όταν πρόκειται για σύνδεση Φ/Β σταθμών με το Σύστημα ή το Διασυνδεδεμένο Δίκτυο ή το Δίκτυο των Μη Διασυνδεδεμένων Νησιών. Σε αυτές τις περιπτώσεις, ο Διαχειριστής του Συστήματος υποχρεούται να προβαίνει στις αναγκαίες ενέργειες με βάση τη σειρά προτεραιότητας των αιτήσεων που υποβάλλονται, έως ότου εξαντληθεί το εκάστοτε όριο. Αν ο ενδιαφερόμενος δεν προχωρήσει, με δική του υπαιτιότητα, σε έναρξη εργασιών εγκατάστασης του σταθμού μέσα σε ένα έτος από την υπογραφή της Σύμβασης Σύνδεσης με το Σύστημα ή το Δίκτυο, η Προσφορά Σύνδεσης αίρεται αυτοδικαίως και ο αρμόδιος Διαχειριστής κατανέμει τη διαθέσιμη ισχύ στον επόμενο κατά σειρά προτεραιότητας ενδιαφερόμενο.

Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από Φ/Β σταθμούς επιτρέπεται σε αγροτεμάχια που χαρακτηρίζονται ως αγροτική γη υψηλής παραγωγικότητας. Στην περίπτωση αυτή η άδεια χορηγείται μόνον αν οι Φ/Β σταθμοί για τους οποίους έχουν ήδη εκδοθεί άδειες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας ή, σε περίπτωση απαλλαγής, δεσμευτικές προσφορές σύνδεσης από τον αρμόδιο Διαχειριστή, καλύπτουν εδαφικές εκτάσεις που δεν υπερβαίνουν το 1% του συνόλου των καλλιεργούμενων εκτάσεων του συγκεκριμένου νομού. Για τον υπολογισμό της κάλυψης λαμβάνεται υπόψη η οριζόντια προβολή επί του εδάφους των Φ/Β στοιχείων.

### **3.2.9 Τίμημα για την αγορά ηλεκτρικής ενέργειας και χρέωσης έργου ισχύος**

Η σύμβαση πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από Φ/Β σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής ισχύει για 25 έτη και μπορεί να παρατείνεται.

Ο Παραγωγός που συνδέεται στα δίκτυα χαμηλής, μέσης ή υψηλής τάσης και λειτουργεί παράλληλα με το διασυνδεδεμένο σύστημα, θα χρεώνει το σύνολο της καθαρής παραγωγής που παραδίδει στο Σύστημα ή στο Δίκτυο ως εξής:

Τίμημα Ενέργειας αποτελεί το ποσοστό 90% του σκέλους ενέργειας του εκάστοτε ισχύοντος τιμολογίου μέσης τάσης γενικής χρήσης (Ειδικά για αυτοπαραγωγούς, τίμημα του προς πώληση πλεονάσματος της ενέργειας αποτελεί το ποσοστό 70% του σκέλους ενέργειας του εκάστοτε ισχύοντος τιμολογίου γενικής χρήσης και μηνιαίας χρέωσης στη χαμηλή τάση ή γενικής χρήσης στη μέση τάση, ανάλογα με το επίπεδο τάσης στο οποίο συνδέεται ο αυτοπαραγωγός στο Σύστημα ή στο Δίκτυο).

Τίμημα Ισχύος αποτελεί το ποσοστό 50% του σκέλους ισχύος του ίδιου τιμολογίου (δεν ισχύει για αυτοπαραγωγούς).

Το ύψος της χρεωστέας ισχύος, για διάστημα μεταξύ δύο διαδοχικών καταμετρήσεων, ορίζεται ως εξής:

Χρεωστέα Ισχύς (kW) =  $\sigma$ (MI) όπου:

(MI) = μέγιστη μετρηθείσα ισχύς μεταξύ δύο διαδοχικών καταμετρήσεων

$\sigma = 0,5$  (σταθερός συντελεστής για ηλιακούς σταθμούς)

Επισημαίνεται ότι το τίμημα ισχύος δεν ισχύει για αυτοπαραγωγούς.

Σημειώνεται ότι τα παραπάνω τιμήματα δεν περιλαμβάνουν το ΦΠΑ (Φόρο Προστιθέμενης Αξίας), ο οποίος θα αναγράφεται στο τιμολόγιο ξεχωριστά και θα πληρώνεται από το Διαχειριστή του Συστήματος. Οποιοδήποτε άλλοι φόροι και επιβαρύνσεις θα βαρύνουν τον Παραγωγό.

Για τη χρέωση αέργου ενέργειας ισχύουν τα ακόλουθα:

- Στην περίπτωση που ο συντελεστής ισχύος (συνφ) του σταθμού του Παραγωγού με ασύγχρονες γεννήτριες, όπως ορίζονται στον Κώδικα Διαχείρισης του Συστήματος είναι μικρότερος του 0,95, τότε η επιπλέον απορροφούμενη από τον Παραγωγό άεργος ενέργεια σε kVAgh θα χρεώνεται από τον Διαχειριστή του Συστήματος στον Παραγωγό στην τιμή του 5% της τιμής της κλιωβάτώρας του σκέλους ενέργεια (kWh) του εκάστοτε ισχύοντος τιμολογίου γενικής χρήσης στη χαμηλή τάση.
- Στην περίπτωση που ο Παραγωγός με σύγχρονες γεννήτριες διοχετεύει άεργο ενέργεια στο Σύστημα, αυτή υπολογίζεται υπέρ του Διαχειριστή του Συστήματος χωρίς οικονομική επιβάρυνσή του.
- Για αυτοπαραγωγούς ισχύουν τα οριζόμενα στην ανωτέρω περίπτωση α) με βάση το συντελεστή ισχύος (συνφ) της συνολικής εγκατάστασης του αυτοπαραγωγού, δηλαδή το συντελεστή ισχύος που μετράται στο σημείο σύνδεσης και αφορά τις μονάδες παραγωγείς και τις καταναλώσεις του αυτοπαραγωγού.

Η τιμολόγηση της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από Φ/Β σταθμούς γίνεται με βάση τα στοιχεία του επόμενου πίνακα:

Πίνακας 3.1: Τιμή πώλησης ηλιακής κιλοβατώρας

ΕΤΟΣ ΜΗΝΑΣ	ΔΙΑΣΥΝΔΕΔΕΜΕΝΟ		ΜΗ ΔΙΑΣΥΝΔΕΔΕΜΕΝΟ Γ (ανεξαρτήτως ισχύος)
	A	B	
	>100kW	<=100kW	
2010 Αύγουστος	392,04	441,05	441,05
2011 Φεβρουάριος	372,83	419,43	419,43
2011 Αύγουστος	351,01	394,89	394,89
2012 Φεβρουάριος	338,81	375,54	375,54
2012 Αύγουστος	314,27	353,55	353,55
2013 Φεβρουάριος	298,87	336,23	336,23
2013 Αύγουστος	281,38	316,55	316,55
2014 Φεβρουάριος	268,94	302,56	302,56
2014 Αύγουστος	260,97	293,59	293,59
Για κάθε έτος ν από το 2015 και μετά	1,3*μΟΤΣ <sub>v-1</sub>	1,4*μΟΤΣ <sub>v-1</sub>	1,4*μΟΤΣ <sub>v-1</sub>

μΟΤΣ<sub>v-1</sub>: Μέση Οριακή Τιμή Συστήματος κατά το προηγούμενο έτος v-1

### 3.2.10 Μετρήσεις

Για τις μετρήσεις ενεργού και άεργου ενέργειας, καθώς και ισχύος, ισχύουν τα αναφερόμενα στον Κώδικα Διαχείρισης Συστήματος και τον Κώδικα Συναλλαγών Ηλεκτρικής Ενέργειας. Πλέον αυτών ισχύουν τα εξής:

Ο Κύριος του Συστήματος ή του Δικτύου κατά περίπτωση θα εγκαταστήσουν στην έξοδο της εγκατάστασης του Παραγωγού με δαπάνη του Παραγωγού υο αναγκαίο, εγκεκριμένο από το Διαχειριστή του Συστήματος, σύστημα μέτρησης για τον προσδιορισμό τόσο της εισερχόμενης όσο και της εξερχόμενης από το Σύστημα ή το Δίκτυο ενεργού, άεργου ενέργειας και ισχύος. Το μέγεθος της ισχύος θα προσδιορίζεται, όπου αυτό είναι αναγκαίο, κάθε τέταρτο της ώρας.

Σε περίπτωση που η εγκατάσταση του Παραγωγού συνδέεται στο Σύστημα μέσω διασυνδετικής γραμμής μέσης τάσης (ΜΤ) και υποσταθμού (Υ/Σ) ανύψωσης ΜΤ/ΥΤ, τότε ο Διαχειριστής του Δικτύου θα εγκαταστήσει επίσης στο σημείο άφιξης της διασυνδετικής γραμμής στον Υ/Σ ανύψωσης 20/150 kV με δαπάνη του Παραγωγού κατάλληλο σύστημα μέτρησης της εξερχόμενης από τον Παραγωγό ενέργειας και ισχύος, ίδιας κλάσης ακριβείας για τον υπολογισμό της τελικώς πωλούμενης ενέργειας και ισχύος στον Διαχειριστή του Συστήματος.

Ο Διαχειριστής του Συστήματος υποχρεούται να μεριμνά για έκτακτο έλεγχο των μετρητών, όταν αυτό ζητηθεί από τον Παραγωγό. Οι δαπάνες του ελέγχου βαρύνουν

τον Παραγωγό εφόσον ο μετρητής αποδειχθεί ακριβής ή εμφανίσει σφάλμα εντός των προκαθορισμένων ορίων σφάλματος των μετρητικών διατάξεων για το κανονικό φορτίο του Παραγωγού.

Εάν από τον έλεγχο διαπιστωθεί σφάλμα στη μετρητική διάταξη μεγαλύτερο των προκαθορισμένων ορίων σφάλματος των μετρητικών διατάξεων, οι λογαριασμοί θα αναπροσαρμόζονται αναδρομικά κατά το ποσοστό που το σφάλμα αυτό υπερβαίνει τα προαναφερθέντα όρια και μάλιστα από την ημέρα που εγγράφως δηλώθηκε το σφάλμα από τον Παραγωγό στον Διαχειριστή του Συστήματος.

Αν οι μετρητές σταματήσουν να δίνουν ενδείξεις, τα μετρούμενα από αυτούς μεγέθη θα προσδιορίζονται για το διάστημα αυτό σύμφωνα με τον Κώδικα Συναλλαγών Ηλεκτρικής Ενέργειας. Πάντως, τόσο ο Διαχειριστής του Συστήματος όσο και ο Παραγωγός υποχρεούνται κατά το μέρος που κάθε ένας από αυτούς ευθύνεται, να αποκαταστήσουν την κανονική και ακριβή μέτρηση μέσα στο κατά το δυνατό μικρότερο χρονικό διάστημα.

### **3.2.11 Απώλειες**

Σε περίπτωση σύνδεσης του Παραγωγού μέσω διασυνδετικής γραμμής ΜΤ και Υ/Σ ανύψωσης ΜΤ/ΥΤ, οι απώλειες κατά τη μεταφορά της ηλεκτρικής ενέργειας μέσω της γραμμής διασύνδεσης ΜΤ από την εγκατάσταση του Παραγωγού μέχρι τον Υ/Σ ανύψωσης 20/150 kV στη θέση στην οποία συνδέεται βαρύνουν εξ ολοκλήρου τον Παραγωγό, εφόσον η γραμμή αυτή δεν εξυπηρετεί πελάτες, πέραν ιδιοκαταναλώσεων παραγωγών που υπάγονται στις διατάξεις του Ν. 2773/1999.

Για το σκοπό αυτό τοποθετούνται δύο μετρητικές διατάξεις της εξερχόμενης από τον Παραγωγό ενέργειας και ισχύος, μία στην έξοδο εγκατάστασης του Παραγωγού και μία στο σημείο άφιξης στον Υ/Σ της ανύψωσης. Οι απώλειες ενέργειας και ισχύος είναι η διαφορά των ενδείξεων kWh και kW των μετρητών πραγματικής ενέργειας και ισχύος.

Διευκρινίζεται ότι σε περίπτωση σύνδεσης άλλων Παραγωγών στην ίδια γραμμή διασύνδεσης, οι απώλειες βαρύνουν όλους τους Παραγωγούς, σύμφωνα με τη μεθοδολογία που ορίζεται στη Σύμβαση Σύνδεσης.

### **3.2.12 Ανωτέρα βία**

Οι υποχρεώσεις των συμβαλλόμενων αναστέλλονται σε περίπτωση που συμβούν περιστατικά ανωτέρας βίας, τα οποία εμποδίζουν την εκτέλεση των υποχρεώσεων αυτών. Ως τέτοια περιστατικά νοούνται ιδίως η πλημμύρα, ο κεραυνός, ο σεισμός, η



πυρκαγιά, η έκρηξη, η κατάσταση εθνικής ανάγκης, η σοβαρή ανωμαλία στη λειτουργία των εγκαταστάσεων των συμβαλλομένων, η οποία δεν οφείλεται σε πταίσμα αυτών, καθώς και κάθε απρόβλεπτο γεγονός που δεν μπορεί να αποτραπεί με μέτρα άκρας επιμέλειας και συναίνεσης.

Σε περίπτωση που συμβούν τα παραπάνω περιστατικά, το συμβαλλόμενο μέρος που αδυνατεί να εκπληρώσει τις από τη Σύμβαση οριζόμενες υποχρεώσεις του, ανακοινώνει αμέσως την αδυναμία του αυτή στο άλλο μέρος και λαμβάνει κάθε πρόσφορο μέτρο για την άρση της. Η αναστολή ισχύει όσο διαρκεί η ανωτέρα βία.

Σημειώνεται ότι τα περιστατικά ανωτέρας βίας είναι αποδεκτά μόνο ως λόγος καθυστέρησης και όχι ως λόγος αποζημίωσης των συμβαλλόμενων μερών. Η μη εκπλήρωση ή η καθυστέρηση για εκπλήρωση από κάποιο Υπεργολάβο ή Προμηθευτή των υποχρεώσεών του προς τον Παραγωγό δεν θεωρείται ως περιστατικό ανωτέρας βίας.

Πλέον, στις συμβάσεις σύνδεσης που συνάπτει ο αρμόδιος Διαχειριστής με τους φορείς Φ/Β σταθμών που εξαιρούνται από τη λήψη άδεια παραγωγής, καθορίζεται προθεσμία σύνδεσης στο Σύστημα ή στο Δίκτυο, η οποία είναι αποκλειστική. Ορίζεται εγγύηση ή ποινική ρήτρα που καταπίπτει αν ο φορέας δεν υλοποιήσει τη σύνδεση εντός της καθορισθείσας προθεσμίας. Το ύψος της εγγύησης καθορίζεται με υπουργική απόφαση. Από την εγγύηση αυτή απαλλάσσονται όσα έργα αφορούν εγκαταστάσεις σε κτίρια και όσοι σταθμοί έχουν υπογράψει σύμβαση σύνδεσης πριν τις 04/06/2010 (ημερομηνία ισχύος του νέου νόμου 3851/2010).

### **3.2.13 Εκχώρηση**

Η εκχώρηση και κάθε μεταβίβαση των από τη Σύμβαση δικαιωμάτων και υποχρεώσεων του Παραγωγού χωρίς προηγούμενη έγγραφη συναίνεση του Διαχειριστή του Συστήματος και σχετική ενημέρωση του Υπουργείου Ανάπτυξης και της ΡΑΕ απαγορεύονται, εκτός αν η εκχώρηση και μεταβίβαση πραγματοποιούνται προς:

Α) προς μία ή περισσότερες Τράπεζες πρώτης τάξεως Ελληνικές ή της αλλοδαπής εγκατεστημένες και λειτουργούσες σε χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης, ως και μία ή περισσότερες εταιρίες χρηματοδοτικής μίσθωσης (leasing), αντίστοιχου μεγέθους, κύρους και φερεγγυότητας προκειμένου να χρηματοδοτηθεί η κατασκευή και λειτουργία του σταθμού. Σε αυτήν την περίπτωση, η εκχώρηση και μεταβίβαση απλώς κοινοποιείται στο Διαχειριστή του Συστήματος, την Αρχή έκδοσης της άδειας εγκατάστασης (ή επέκτασης) και τη ΡΑΕ.

Β) προς οποιαδήποτε συνδεδεμένη εταιρία του Παραγωγού, η οποία έχει σκοπό την κατασκευή και λειτουργία σταθμού, με την προϋπόθεση της γνωστοποίησης στο Διαχειριστή του Συστήματος, την Αρχή έκδοσης της άδειας εγκατάστασης (ή επέκτασης) και τη ΡΑΕ της γενομένης υποκατάστασης.

Στην ανωτέρω περίπτωση α), αν η σύμβαση καταγγελθεί και εφόσον ο Δανειστής έχει λάβει έγκριση από ευρωπαϊκό, εθνικό ή περιφερειακό Πρόγραμμα για οικονομική υποστήριξη στην υλοποίηση του έργου και άδεια λειτουργίας, τότε αυτός έχει το δικαίωμα να προχωρήσει στη σύναψη νέας Σύμβασης με το Διαχειριστή του Συστήματος με τους ίδιους όρους της παρούσας Σύμβασης και με διάρκεια την απομένουσα μέχρι την κανονική λήξη της παρούσας.

### **3.2.14 Διαδικασία αδειοδότησης για Φ/Β εγκαταστάσεις**

Για Φ/Β συστήματα με ισχύ έως 500 kWp, τα βήματα που απαιτούνται είναι:

- Βεβαίωση απαλλαγής από Έγκριση Περιβαλλοντικών Όρων (ΕΠΟ), η οποία χορηγείται από την Περιφέρεια (από την υποχρέωση αυτή εξαιρούνται τα έργα εντός οργανωμένων υποδοχέων βιομηχανικών δραστηριοτήτων)
- Έγκριση εργασιών δόμησης μικρής κλίμακας από την Πολεοδομία
- Προσφορά όρων σύνδεσης από τη ΔΕΗ
- Υπογραφή σύμβασης αγοραπωλησίας με τον ΔΕΣΜΗΕ

Για Φ/Β συστήματα με ισχύ από 500 kWp έως 1 MWp, τα βήματα που απαιτούνται είναι:

- Έγκριση Περιβαλλοντικών Όρων (ΕΠΟ), η οποία χορηγείται από την Περιφέρεια (από την υποχρέωση αυτή εξαιρούνται τα έργα εντός οργανωμένων υποδοχέων βιομηχανικών δραστηριοτήτων)
- Έγκριση εργασιών δόμησης μικρής κλίμακας από την Πολεοδομία
- Προσφορά όρων σύνδεσης από τη ΔΕΗ
- Υπογραφή σύμβασης αγοραπωλησίας με τον ΔΕΣΜΗΕ

Για Φ/Β συστήματα με ισχύ μεγαλύτερη από 1 MWp, τα βήματα που απαιτούνται είναι:

- Έκδοση άδειας παραγωγής από τη ΡΑΕ
- Έκδοση άδειας εγκατάστασης από την Περιφέρεια (που προϋποθέτει και έγκριση ΕΠΟ όπου αυτή απαιτείται)
- Έγκριση εργασιών δόμησης μικρής κλίμακας από την Πολεοδομία
- Προσφορά όρων σύνδεσης από τη ΔΕΗ
- Υπογραφή σύμβασης αγοραπωλησίας με τον ΔΕΣΜΗΕ
- Έκδοση άδειας λειτουργίας από την Περιφέρεια

Στον ακόλουθο πίνακα παρουσιάζονται συγκεντρωτικά οι διαδικασίες αδειοδότησης για Φ/Β σε εντός και εκτός σχεδίου κτήρια, οικόπεδα και γήπεδα:

Πίνακας 3.2: Διαδικασίες αδειοδότησης για Φ/Β εγκαταστάσεις

		ΕΝΤΟΣ	ΕΚΤΟΣ
<b>ΚΤΗΡΙΑ</b>	<= 10 kW	Σύμφωνα με το Ειδικό Πρόγραμμα για τα κτίρια	Σύμφωνα με το Ειδικό Πρόγραμμα για τα κτίρια
	10-100 kW	Γνωστοποίηση στις αρμόδιες Υπηρεσίες	- Γνωστοποίηση εργασιών - Συνυποβολή τοπογραφικού διαγράμματος και αντιγράφου της οικοδομικής άδειας
	>= 10kW	Έγκριση εργασιών δόμησης μικρής κλίμακας	- Έγκριση εργασιών δόμησης μικρής κλίμακας - Συνυποβολή τοπογραφικού διαγράμματος και αντιγράφου της οικοδομικής άδειας
	Παραδοσιακούς οικισμούς, ιστορικά τμήματα πόλεων και διατηρητέα κτίρια	Έγκριση εργασιών δόμησης μικρής κλίμακας - Έγκριση της Επιτροπής Πολεοδομικού και Αρχιτεκτονικού Ελέγχου (ΕΠΑΕ)	
<b>ΓΗΠΕΔΑ/ ΟΙΚΟΠΕΔΑ</b>	<100 kW	Έγκριση εργασιών δόμησης μικρής κλίμακας	Έγκριση εργασιών δόμησης μικρής κλίμακας με απλούστερη διαδικασία
	>=100 kW	Έγκριση εργασιών δόμησης μικρής κλίμακας	Έγκριση εργασιών δόμησης μικρής κλίμακας
	Ειδικές περιπτώσεις (σημαντική διαμόρφωση εδάφους, περιοχές ιδιαίτερου φυσικού κάλλους, διατηρητέα)		Έγκριση της Επιτροπής Πολεοδομικού και Αρχιτεκτονικού Ελέγχου (ΕΠΑΕ)

### 3.3 Αναπτυξιακός νόμος – Πρόταση επιδότησης Φ/Β σταθμού

#### 3.3.1 Απαιτούμενα δικαιολογητικά

Τα γενικά δικαιολογητικά που απαιτούνται είναι τα εξής:

- E1, E3, E7, καθώς και ισολογισμοί – αποτελέσματα χρήσης (εφόσον υπάρχουν) των τεσσάρων τελευταίων ετών
- E9
- Έναρξη επιτηδεύματος/ καταστατικό της εταιρίας με τυχόν τροποποιήσεις
- Άδεια εγκατάστασης και άδεια λειτουργίας της επιχείρησης ή νόμιμη απαλλαγή εξ' αυτής
- Οικοδομική άδεια των υφιστάμενων εγκαταστάσεων
- Στην περίπτωση υπό ίδρυσης εταιρίας, κατατίθεται ένα προσχέδιο του καταστατικού της εταιρίας, συνοδευόμενο από υπεύθυνη δήλωση του νομίμου εκπροσώπου όπου θα δηλώνεται ότι με την έγκριση της πρότασης θα συσταθεί η εταιρία
- Τίτλοι κυριότητας (π.χ. εκμίσθωση, ιδιοκτησία κλπ.) του οικοπέδου εγκατάστασης, η τυχόν πράξη εξόφλησης τμήματος και η σχετική μεταγραφή στο υποθηκοφυλάκειο
- Φορολογική και Ασφαλιστική Ενημερότητα
- Βιογραφικά σημειώματα μετόχων της εταιρίας (με ποσοστό μεγαλύτερο του 10%)
- Τοπογραφικό του οικοπέδου με τις κορυφές του πολυγώνου σε σύστημα αναφοράς ΕΓΣΑ '87
- Χάρτη της ευρύτερης περιοχής (π.χ. 1:5000, 1:25000) (θα ήταν χρήσιμο αν στους χάρτες αποτυπώνεται το δίκτυο της ΔΕΗ)
- Φωτογραφίες του οικοπέδου
- Έγκριση τράπεζας για τη χορήγηση δανείου χρηματοδότησης της επένδυσης με τους βασικούς όρους χορήγησης του δανείου, όπως:
  - A) το ύψος του δανείου και το συνολικό κόστος της επένδυσης
  - B) τη διάρκεια του δανείου
  - Γ) το επιτόκιο
  - Δ) την περίοδο χάριτος

Ε) τις εξασφαλίσεις για την παροχή του δανείου

- Στοιχεία τεκμηρίωσης της δυνατότητας κάλυψης, από τον φορέα του επενδυτικού σχεδίου, της ίδιας συμμετοχής στην επένδυση καθώς και του κεφαλαίου κίνησης αυτής. Επισημαίνεται ότι βασική προϋπόθεση είναι να φαίνεται ότι ο επενδυτής μπορεί να καλύψει το 25% του προϋπολογισμού της επένδυσης

Ενδεικτικά αναφέρονται τα εξής:

- αντίγραφα φορολογικών δηλώσεων και εντύπων Ε9, βεβαιώσεων εξαμηνιαίας κίνησης τραπεζικών λογαριασμών
- ισολογισμοί ή λογιστικές καταστάσεις της τελευταίας πενταετίας καθώς και ισοζύγια τελευταίου μηνός για τα νομικά πρόσωπα μετόχους ή εταίρους υπό σύσταση ή υφιστάμενων εταιριών οι οποίες θα είναι φορείς των προτεινόμενων επενδύσεων
- ισολογισμοί ή λογιστικές καταστάσεις της τελευταίας πενταετίας καθώς και ισοζύγια τελευταίου μηνός των υφιστάμενων εταιριών οι οποίες είναι φορείς των προτεινόμενων επενδύσεων
- Υπεύθυνη δήλωση του άρθρου 8 του Ν. 1599/86, όπως ισχύει, από τον φορέα της επένδυσης ή όσων θα συμμετάσχουν στον υπό σύσταση φορέα, με την οποία να δηλώνεται

Α) η μη πραγματοποίηση των επενδυτικών έργων πριν την υποβολή της αίτησης υπαγωγής του επενδυτικού σχεδίου στις διατάξεις του Ν. 3299/2004. Η δήλωση αυτή δεν υποβάλλεται στην περίπτωση υποβολής αίτησης από επιχειρήσεις που σχεδιάζουν να υλοποιήσουν επενδύσεις σε μονάδες που έχουν πληγεί από φυσικά φαινόμενα.

Β) ότι το προτεινόμενο επενδυτικό σχέδιο ή μέρος αυτού δεν έχει υπαχθεί για την παροχή ενισχύσεων από τον Ν. 3299/2004 ή τον Ν. 2601/98 ή από άλλη πηγή.

Γ) ότι προτεινόμενο επενδυτικό σχέδιο δεν μπορεί να αφορά την παραγωγή προϊόντων ομοίων με αυτά του υπαχθέντος επιχειρηματικού σχεδίου στις διατάξεις του Ν. 1892/90 ή του Ν. 2601/98 ή του Ν. 3299/2004 και του οποίου η υλοποίηση βρίσκεται σε εξέλιξη.

Δ) ο αριθμός των επενδυτικών σχεδίων που έχουν υπαχθεί για λογαριασμό του ιδίου φορέα στις παρεχόμενες ενισχύσεις του Ν. 1892/90 ή του Ν. 2601/98 ή του Ν. 3299/2004 και υποβολή φωτοαντιγράφων όλων των αποφάσεων υπαγωγής, ολοκλήρωσης και λειτουργίας με τυχόν τροποποιήσεις τους.

Ε) ο τρόπος που θα καλυφθεί η ίδια συμμετοχή στην επένδυση και θα χρηματοδοτηθεί το κεφάλαιο κίνησης.

Στ) ότι εάν η εταιρία δεν υφίσταται και υπάρχει υποχρέωση από τον Νόμο για σύσταση θα υποβάλλεται δήλωση όπου θα δηλώνεται η νομική μορφή και η σύσταση του κεφαλαίου της.

Ζ) ότι η αγορά αποπερατωθεισών ή ημιτελών βιομηχανικών ή βιοτεχνικών κτιριακών εγκαταστάσεων αφορά τα κτίρια εκείνα που παραμένουν σε αδράνεια και δεν χρησιμοποιούνταν για τουλάχιστον δύο έτη πριν την υποβολή της αίτησης, δεν ανήκουν σε προβληματική επιχείρηση και δεν έχουν λάβει προηγούμενη κρατική ενίσχυση.

Επιπλέον, απαιτούνται τα ακόλουθα στοιχεία για τις υφιστάμενες, μη νεοϊδρυόμενες επιχειρήσεις:

- Ανάλυση υφιστάμενου εξοπλισμού (λίστα υφιστάμενων μηχανημάτων, ισχύς HP ή kW, χρόνος κατασκευής, χώρα προέλευσης, σχέδιο διάταξης εξοπλισμού, παραγωγική δυναμικότητα, αξία σε ευρώ, λοιπά τεχνικά χαρακτηριστικά) και αναφορά στις υφιστάμενες κτιριακές υποδομές (σχέδια, διαγράμματα κάλυψης, τεχνική περιγραφή, περιγραφή χρήσεων).
- Ανάλυση παραγωγικής διαδικασίας με διαχωρισμό σε φάσεις, διάρκεια κύκλου κάθε φάσης, διάγραμμα ροής, ημέρες λειτουργίας, συνολικές βάρδιες, διάρκεια βάρδιες, συνολικές ώρες λειτουργίας, υφιστάμενη ωριαία παραγωγικότητα, υφιστάμενη ετήσια παραγωγικότητα, βαθμός απασχόλησης δυναμικότητας μονάδας (%), ανάλυση κόστους παραγωγής – δαπάνες σε πρώτες ύλες, βοηθητικές ύλες και υλικά συσκευασίας, καθώς και χρησιμοποιούμενες μορφές ενέργειας και κατανάλωσή τους (περιγραφή με λεπτομέρεια, είδος καυσίμου, ποσότητα, αξία), έξοδα συντήρησης, μισθοί υπαλλήλων και εργατοτεχνικού προσωπικού, λοιπά έξοδα (βιομηχανικό νερό, ασφάλιστρα παγίων κλπ.) – παραγωγική δυναμικότητα πριν και μετά την επένδυση, καθώς και αριθμός νέων θέσεων εργασίας που θα δημιουργηθούν μετά την ολοκλήρωση της επένδυσης.
- Ανάλυση πωλήσεων σε πωλήσεις εσωτερικού και εξωτερικού (κατά προϊόν ή ομάδα προϊόντων/ αξία σε ευρώ) και τρόπος διάθεσης των καθαρών κερδών των τελευταίων τεσσάρων ετών.
- Υφιστάμενα βραχυπρόθεσμα και μακροπρόθεσμα δάνεια (ημερομηνία σύμβασης, αρχικό ποσό, άληκτο υπόλοιπο, διάρκεια, επιτόκιο και στοιχεία για ετήσια τοκοχρεολύσια).
- Υφιστάμενη στελέχωση της επιχείρησης σε ανθρώπινο δυναμικό (καταστάσεις προσωπικού από την Επιθεώρηση Εργασίας και το ΙΚΑ, ειδικευόμενο προσωπικό, επιστημονικό προσωπικό, βιογραφικά ανωτάτων στελεχών και μελών Δ.Σ., οργανόγραμμα για περιπτώσεις επιχειρήσεων σημαντικού μεγέθους κλπ).

- Υφιστάμενο επίπεδο εφαρμογής σύγχρονων μεθόδων και εργαλείων οργάνωσης (μηχανοργάνωση των λειτουργιών με χρήση Η/Υ, τυποποίηση και διασφάλιση διαδικασιών και ποιότητας με ISO κλπ).

Επισημαίνεται ότι νεοϊδρυόμενος φορέας θεωρείται η επιχείρηση όταν δεν έχει παρέλθει έτος από τη σύστασή της ή την έναρξη επιτηδεύματος μέχρι το χρόνο υποβολής αίτησης υπαγωγής της. Δεν θεωρούνται νεοϊδρυόμενοι φορείς εταιρίες που προήλθαν από μετατροπή άλλης εταιρίας ή ατομικής επιχείρησης ή από συγχώνευση εταιριών ή και ατομικών επιχειρήσεων ή εκείνες που απορρόφησαν άλλη εταιρία ή ατομική επιχείρηση ή κλάδο άλλης, καθώς και εκείνες που απορροφήθηκαν από άλλη εταιρία.

Επιπλέον των γενικών δικαιολογητικών, στην περίπτωση σύνδεσης σταθμού στο Σύστημα ή στο Δίκτυο, απαιτούνται, κατ' ελάχιστο, τα ακόλουθα στοιχεία, τα οποία είναι αναγκαία για τη διατύπωση της προσφοράς σύνδεσης του σταθμού:

- Τοπογραφικό διάγραμμα σε υπόβαθρο της Γεωγραφικής Υπηρεσίας Στρατού (ΓΥΣ) υπό κλίμακα 1:50.000 με σημειωμένη ευκρινώς την θέση εγκατάστασης.
- Διάγραμμα κάλυψης σε κλίμακα 1:200 έως 1:500 των προτεινομένων εγκαταστάσεων, με υπόδειξη της θέσης των μονάδων, των υποσταθμών ζεύξης/ανύψωσης και των κτιρίων ελέγχου.
- Ηλεκτρικό μονογραμμικό διάγραμμα, στο οποίο θα παρουσιάζεται λεπτομερώς ο σημαντικός εξοπλισμός της εγκατάστασης και ιδιαίτερα οι μονάδες παραγωγής όπου η κάθε μία μονάδα θα χαρακτηρίζεται με διακριτή αρίθμηση, οι μετασχηματιστές ανύψωσης τάσης, οι διατάξεις αντιστάθμισης και τα μέσα απόζευξης και προστασίας.
- Περιγραφή των διατάξεων κεντρικής αντιστάθμισης αέργου ισχύος του σταθμού εάν υπάρχουν, καθώς και του συστήματος ελέγχου αυτών.
- Περιγραφή των διατάξεων προστασίας, περιλαμβανομένων των δυνατών ή και των συνιστώμενων από τον κατασκευαστή ρυθμίσεων, για κάθε είδος χρησιμοποιούμενης γεννήτριας.
- Περιγραφή της διάταξης εκκίνησης/συγχρονισμού για κάθε είδος χρησιμοποιούμενης γεννήτριας. Στην περιγραφή αυτή περιλαμβάνονται ο τρόπος εκκίνησης/συγχρονισμού, οι συγκεκριμένες τιμές για τη χρονική διάρκεια και την ταχύτητα περιστροφής κατά την ζεύξη, καθώς και τα όρια απόκλισης τάσης και συχνότητας που τηρούνται από την διάταξη συγχρονισμού. Εφόσον το σύστημα εποπτείας και ελέγχου των μονάδων και του σταθμού περιορίζει τη συχνότητα των χειρισμών ή/και τον δηλούμενο αριθμό των μονάδων που εκκινούν ταυτόχρονα, τότε πρέπει να παρασχεθούν αναλυτικότερες πληροφορίες.



- Περιγραφή της διάταξης αντιστάθμισης για κάθε είδος χρησιμοποιούμενης γεννήτριας, που διαθέτει τοπικές διατάξεις αντιστάθμισης, καθώς πληροφορίες για τυχόν κεντρικές διατάξεις αντιστάθμισης που αναφέρονται στο σύνολο του σταθμού.
- Προκειμένου για εγκαταστάσεις που χρησιμοποιούν μετατροπείς ισχύος, πιστοποιητικό μέτρησης του μμεγίστου αναμενόμενου πλάτους των αρμονικών εξόδου από αναγνωρισμένο φορέα πιστοποίησης, καθώς και περιγραφή των φίλτρων αρμονικών εάν υπάρχουν. Ο τρόπος μέτρησης των αρμονικών πρέπει να είναι συμβατός με το πρότυπο IEC 61000-4-7.
- Προκειμένης της εξέτασης έκδοσης απόφασης έγκρισης περιβαλλοντικών όρων σταθμού, φάκελο μελέτης περιβάλλοντος, το περιεχόμενο της οποίας ορίζεται από τις εκάστοτε ισχύουσες διατάξεις.

### 3.3.2 Παρεχόμενες ενισχύσεις

Στον Ν. 3299/2004 παρουσιάζονται τα κίνητρα ιδιωτικών επενδύσεων για την οικονομική ανάπτυξη, που αφορούν βέβαια και τις Φ/Β εγκαταστάσεις. Τα παρεχόμενα σε επενδυτικά σχέδια (δηλαδή επενδύσεις, επιχειρηματικά σχέδια και προγράμματα χρηματοδοτικής ενίσχυσης, που στην παρούσα διπλωματική εργασία αφορούν την παραγωγή ηλεκτρισμού από ηλιακή ενέργεια) είδη ενίσχυσης είναι τα εξής:

- Επιχορήγηση που συνίσταται στη δωρεάν παροχή από το Δημόσιο χρηματικού ποσού για την κάλυψη τμήματος της ενισχυόμενης δαπάνης του επενδυτικού σχεδίου.
- Επιδότηση χρηματοδοτικής μίσθωσης που συνίσταται στην κάλυψη από το Δημόσιο τμήματος των καταβαλλόμενων δόσεων χρηματοδοτικής μίσθωσης που συνάπτεται για την απόκτηση καινούργιου μηχανολογικού και λοιπού εξοπλισμού.
- Φορολογική απαλλαγή ύψους μέχρι ενός ποσοστού ή του συνόλου της αξίας της ενισχυόμενης δαπάνης του επενδυτικού σχεδίου ή και της αξίας της χρηματοδοτικής μίσθωσης καινούργιου μηχανολογικού και λοιπού εξοπλισμού του οποίου αποκτάται η χρήση. Η ενίσχυση αυτή συνίσταται στην απαλλαγή από την καταβολή φόρου εισοδήματος μη διανεμόμενων κερδών από το σύνολο των δραστηριοτήτων της επιχείρησης της πρώτης δεκαετίας από την πραγματοποίηση του επενδυτικού σχεδίου, με το σχηματισμό ισόποσου αφορολόγητου αποθεματικού.
- Επιδότηση του κόστους της δημιουργούμενης από το επενδυτικό σχέδιο απασχόλησης που συνίσταται στην κάλυψη από το Δημόσιο, για μια διετία,

τμήματος του μισθολογικού κόστους των δημιουργούμενων, εντός της πρώτης τριετίας από την ολοκλήρωση του επενδυτικού σχεδίου, θέσεων απασχόλησης.

Τα ανωτέρω είδη ενισχύσεων παρέχονται εναλλακτικά ως εξής:

- Επιχορήγηση ή και επιδότηση χρηματοδοτικής μίσθωσης,
- Φορολογική απαλλαγή,
- Επιδότηση του κόστους της δημιουργούμενης απασχόλησης.

Για την εφαρμογή των διατάξεων του Νόμου, η Επικράτεια κατανέμεται σε τέσσερις περιοχές ως εξής:

- ΠΕΡΙΟΧΗ Δ': Περιλαμβάνει τους νομούς Ξάνθης, Ροδόπης και Έβρου, τις Βιομηχανικές Επιχειρηματικές Περιοχές (Β.Ε.ΠΕ.) της Διοικητικής Περιφέρειας Ηπείρου, τα νησιά της Ελληνικής Επικράτειας με πληθυσμό μέχρι 3100 κατοίκους, τα νησιά της Διοικητικής Περιφέρειας Βορείου Αιγαίου, τη νήσο Θάσο, το νομό Δωδεκανήσου, εκτός της περιοχής που καθορίζεται από την υπουργική απόφαση του γενικού πολεοδομικού σχεδίου της πόλης της Ρόδου, και την παραμεθόρια ζώνη του ηπειρωτικού τμήματος της Επικράτειας σε απόσταση είκοσι χιλιομέτρων από τα σύνορα, στην οποία εντάσσονται και οι Δήμοι ή οι Κοινότητες των οποίων τα διοικητικά όρια τέμνονται από τη ζώνη αυτή.

Η περιοχή Δ' διαιρείται στις υποπεριοχές Δ1, Δ2 και Δ3 ως εξής:

Δ1: Περιλαμβάνει την παραμεθόριο ζώνη του ηπειρωτικού τμήματος της Κεντρικής και Δυτικής Μακεδονίας σε απόσταση είκοσι χιλιομέτρων από τα σύνορα, στην οποία εντάσσονται και οι Δήμοι ή οι Κοινότητες των οποίων τα διοικητικά όρια τέμνονται από τη ζώνη αυτή, το νομό Δωδεκανήσου, εκτός της περιοχής που καθορίζεται από την υπουργική απόφαση του γενικού πολεοδομικού σχεδίου της πόλης της Ρόδου, τα νησιά της Διοικητικής Περιφέρειας Κεντρικής Μακεδονίας, Θεσσαλίας, Ιονίων νησιών, Στερεάς Ελλάδος, Αττικής, νοτίου Αιγαίου και Κρήτης με πληθυσμό μέχρι 3100 κατοίκους.

Δ2: Περιλαμβάνει την παραμεθόριο ζώνη του ηπειρωτικού τμήματος της Ανατολικής Μακεδονίας και Ηπείρου σε απόσταση είκοσι χιλιομέτρων από τα σύνορα, στην οποία εντάσσονται και οι Δήμοι ή οι Κοινότητες των οποίων τα διοικητικά όρια τέμνονται από τη ζώνη αυτή, τις Β.Ε.ΠΕ. της Διοικητικής Περιφέρειας Ηπείρου, τα νησιά της Διοικητικής Περιφέρειας βορείου Αιγαίου, τη νήσο Θάσο, και τα νησιά της Ανατολικής Μακεδονίας, Ηπείρου, Δυτικής Ελλάδας, και Πελοποννήσου με πληθυσμό μέχρι 3100 κατοίκους.

Δ3: Περιλαμβάνει τους νομούς Ξάνθης, Ροδόπης και Έβρου.

- ΠΕΡΙΟΧΗ Γ': Περιλαμβάνει τη ζώνη Λαυρεωτικής του νομού Αττικής, καθώς και τις περιφέρειες, τους νομούς ή τα τμήματα νομών της Επικράτειας που δεν εντάσσονται στις περιοχές Δ', Β' και Α'.
- ΠΕΡΙΟΧΗ Β': Περιλαμβάνει τις Βιομηχανικές Επιχειρηματικές Περιοχές (Β.Ε.ΠΕ.), την επαρχία Λαγκαδά και το τμήμα δυτικά του ποταμού Αξιού του νομού Θεσσαλονίκης και την επαρχία Τροιζηνίας του νομού Αττικής.
- ΠΕΡΙΟΧΗ Β': Περιλαμβάνει τους νομούς Αττικής και Θεσσαλονίκης, πλην των τμημάτων τους που εντάσσονται στις λοιπές περιοχές.

Για τα επενδυτικά σχέδια, παρέχονται κατά περιοχή οι ακόλουθες ενισχύσεις:

Α) Επιχορήγηση ή και επιδότηση χρηματοδοτικής μίσθωσης κατά τα ποσοστά του παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 3.3: Επιχορήγηση ή/και επιδότηση χρηματοδοτικής μίσθωσης

ΠΕΡΙΟΧΗ	ΠΟΣΟΣΤΟ (%)
Α'	30
Β'	30
Γ'	35
Δ1'	35
Δ2'	40
Δ3'	40

Β) Φορολογική απαλλαγή κατά τα ποσοστά του επόμενου πίνακα:

Πίνακας 3.4: Φορολογική απαλλαγή

ΠΕΡΙΟΧΗ	ΠΟΣΟΣΤΟ (%)
Α'	100
Β'	100
Γ'	100
Δ1'	100
Δ2'	100
Δ3'	100

Γ) Επιχορήγηση του κόστους της δημιουργούμενης απασχόλησης κατά τα ποσοστά του ακόλουθου πίνακα:

Πίνακας 3.5: Επιχορήγηση κόστους δημιουργούμενης απασχόλησης

ΠΕΡΙΟΧΗ	ΠΟΣΟΣΤΟ (%)
A'	35
B'	35
Γ'	40
Δ1'	40
Δ2'	45,5
Δ3'	48,1

Στις μικρές και μεσαίες επιχειρήσεις, παρέχεται επιπλέον ποσοστό ενίσχυσης έως 15%. Το συγκεκριμένο ποσοστό καθορίζεται ανά νομό, βάσει του κριτηρίου του κατά κεφαλή Ακαθάριστου Εγχώριου Προϊόντος (ΑΕΠ) σε Μονάδες Ισοδύναμης Αγοραστικής Δύναμης ως εξής:

- Για τους παραμεθόριους νομούς Δράμας, Δωδεκανήσου, Έβρου, Θεσπρωτίας, Ιωαννίνων, Καστοριάς, Κιλκίς, Λέσβου, Ξάνθης, Πέλλας, Ροδόπης, Σάμου, Σερρών, Φλώρινας, Χίου, καθώς και για τους νομούς με κατά κεφαλήν ΑΕΠ μικρότερο ή ίσο του 65% του μέσου όρου της Ευρωπαϊκής Ένωσης, παρέχεται επιπλέον επιχορήγηση ή και επιδότηση χρηματοδοτικής μίσθωσης ή επιδότηση του κόστους της δημιουργούμενης απασχόλησης, ίση με το 15% επί του κόστους της ενισχυόμενης επένδυσης.
- Για νομούς με κατά κεφαλήν ΑΕΠ μεγαλύτερο του 65% του μέσου όρου της Ευρωπαϊκής Ένωσης, παρέχεται επιπλέον επιχορήγηση ή και επιδότηση χρηματοδοτικής μίσθωσης ή επιδότηση του κόστους της δημιουργούμενης απασχόλησης, ίση με το 5% επί του κόστους της ενισχυόμενης επένδυσης.

Σε κάθε περίπτωση πάντως, τα παρεχόμενα ποσοστά επιχορήγησης και επιδότησης χρηματοδοτικής μίσθωσης, καθώς και της επιδότησης του κόστους της δημιουργούμενης από το επενδυτικό σχέδιο απασχόλησης δε δύναται να υπερβούν το 55%. Τα παρεχόμενα ποσοστά επιχορήγησης για αμοιβές μελετών συμβούλων δεν μπορούν να υπερβούν κατ' ανώτατο το 50% αυτών.

Για επενδυτικά σχέδια που υπερβαίνουν τα 50.000.000 ευρώ, το ανώτατο χορηγούμενο ποσό ενίσχυσης προσδιορίζεται ως εξής:

- Α) για το τμήμα μέχρι 50.000.000 ευρώ παρέχεται το 100% του κατά περίπτωση ανώτατου ορίου περιφερειακής ενίσχυσης,
- Β) για το τμήμα από 50.000.000 ευρώ έως 100.000.000 ευρώ παρέχεται το 50% του κατά περίπτωση ανώτατου ορίου περιφερειακής ενίσχυσης,
- Γ) για το τμήμα που υπερβαίνει τα 100.000.000 ευρώ παρέχεται το 340% του κατά περίπτωση ανώτατου ορίου περιφερειακής ενίσχυσης.

Οι παρεχόμενες σε κάθε φορέα ενισχύσεις δεν μπορούν να υπερβούν συσσωρευτικά για μία πενταετία το όριο των 20.000.000 ευρώ για επενδύσεις που αφορούν την ίδια παραγωγική διαδικασία.

### **3.3.3 Ιδία συμμετοχή του επενδυτή**

Το ποσοστό της ίδιας συμμετοχής του επενδυτή στις επενδύσεις που εντάσσονται στο καθεστώς ενίσχυσης της επιχορήγησης ή και επιδότησης χρηματοδοτικής μίσθωσης δεν μπορεί να είναι κατώτερο του 25% των ενισχυόμενων δαπανών. Προκειμένου περί συνεταιρισμών, ως ίδια συμμετοχή νοείται για μεν τους νεοϊδρυθόμενους το καταβεβλημένο κεφάλαιό τους, για δε τους υφιστάμενους το ποσό της αύξησης του κεφαλαίου τους ή το αποθεματικό που σχηματίζεται για το σκοπό αυτόν.

Στις επενδύσεις που εντάσσονται στο καθεστώς της φορολογικής απαλλαγής ή της επιδότησης του κόστους της δημιουργούμενης απασχόλησης, τουλάχιστον το 25% του κόστους πρέπει να καλύπτεται από χρηματοδοτική συμβολή του φορέα της επένδυσης που συνίσταται σε ίδια κεφάλαια ή δάνεια, με την προϋπόθεση ότι το τμήμα αυτό δε συνοδεύεται από καμία κρατική ενίσχυση.

Για το επενδυτικό δάνειο, υπάρχουν ορισμένες προϋποθέσεις, περιορισμοί και όροι. Αν στο προτεινόμενο για ενίσχυση επενδυτικό σχέδιο προβλέπεται και η χρησιμοποίηση δανείου, αυτό πρέπει:

- Να είναι τετραετούς τουλάχιστον διάρκειας
- Να έχει τη μορφή τραπεζικού δανείου ή ομολογιακού δανείου εκδιδόμενου σε δημόσια ή μη εγγραφή ή δανείου από άλλους χρηματοδοτικούς οργανισμούς, αποκλειόμενης της μορφής αλληλόχρεου λογαριασμού
- Να λαμβάνει για την πραγματοποίηση του επενδυτικού σχεδίου, όπως αυτό θα προκύπτει ρητά από τη σχετική δανειακή σύμβαση
- Να έχει εγκριθεί από τη χρηματοδοτούσα τράπεζα ή το χρηματοδοτικό οργανισμό, κατά το χρόνο υποβολής της αίτησης υπαγωγής στις ενισχύσεις του παρόντος. Το σχετικό έγγραφο της έγκρισής του πρέπει να αναφέρει τους όρους χορήγησης του δανείου και συγκεκριμένα το ύψος του, τη διάρκειά του, το επιτόκιο, την περίοδο χάριτος και τις εξασφαλίσεις για την παροχή του και να περιλαμβάνεται στον υποβαλλόμενο με την αίτηση υπαγωγής φάκελο.

Το επενδυτικό δάνειο μπορεί να λαμβάνεται και σε συνάλλαγμα.

Για την επιδότηση χρηματοδοτικής μίσθωσης εξοπλισμού, υπάρχουν ορισμένες προϋποθέσεις, περιορισμοί και όροι.

Η επιδότηση χρηματοδοτικής μίσθωσης για πρόγραμμα απόκτησης της χρήσης καινούργιου σύγχρονου μηχανολογικού και λοιπού εξοπλισμού παρέχεται υπό την προϋπόθεση ότι μετά τη λήξη της μίσθωσης ο εξοπλισμός θα περιέρχεται στην κυριότητα της επιχείρησης. Ο όρος αυτός πρέπει να περιλαμβάνεται στη σχετική σύμβαση χρηματοδοτικής μίσθωσης, της οποίας η διάρκεια δεν μπορεί να υπερβαίνει τα 5 έτη.

Για την παροχή ενισχύσεων βάσει της δημιουργούμενης απασχόλησης, υπάρχουν ορισμένες προϋποθέσεις, περιορισμοί και όροι.

Η επιδότηση αφορά στις συνδεδεμένες με την πραγματοποίηση της επένδυσης θέσεις απασχόλησης. Θέσεις απασχόλησης συνδεδεμένες με την επένδυση θεωρούνται οι νέες θέσεις απασχόλησης που δημιουργούνται μέσα στην πρώτη τριετία από την ολοκλήρωση και έναρξη παραγωγικής λειτουργίας της επένδυσης για την εξυπηρέτησή της, καθώς και οι θέσεις εργασίας που δημιουργούνται κατά το χρονικό διάστημα λόγω της αύξησης του συντελεστή αξιοποίησης του δυναμικού παραγωγής που οφείλεται στην εν λόγω επένδυση. Η δημιουργούμενη απασχόληση αντιπροσωπεύει καθαρή αύξηση των θέσεων πλήρους ή μερικής απασχόλησης επιπλέον των υφιστάμενων κατά το χρόνο ολοκλήρωσης.

Η ενίσχυση καταβάλλεται επί του μισθολογικού κόστους για το σύνολο των συνδεδεμένων με την επένδυση θέσεων απασχόλησης και παρέχεται για τα δύο πρώτα έτη από τη δημιουργία της κάθε θέσης απασχόλησης. Το μισθολογικό κόστος περιλαμβάνει το μισθό πριν από την αφαίρεση φόρων, καθώς και τις υποχρεωτικές εισφορές κοινωνικής ασφάλισης.

Για την ένταξη των φορέων στις παραπάνω ενισχύσεις, οι αιτήσεις συνοδεύονται υποχρεωτικά από την άδεια εγκατάστασης του Υπουργείου Ανάπτυξης.

Το αφορολόγητο αποθεματικό της απαλλαγής υπολογίζεται με βάση τα καθαρά κέρδη, που δηλώνονται με βάση την εμπρόθεσμη δήλωση φορολογίας εισοδήματος, προκύπτουν από τα τηρούμενα βιβλία και εμφανίζονται στον ισολογισμό. Προέρχονται από το σύνολο των δραστηριοτήτων του φορέα, μετά την αφαίρεση των κερδών που απαλλάσσονται της φορολογίας εισοδήματος, των κρατήσεων για το σχηματισμό τακτικού αποθεματικού και των κερδών της χρήσης που διανέμονται πραγματικά ή αναλαμβάνονται από τους εταίρους ή τον επιχειρηματία. Προκειμένου για Α.Ε. και Ε.Π.Ε., για τον υπολογισμό του κατά τα παραπάνω αποθεματικού και των διανεμόμενων ποσών, γίνεται αναγωγή των ποσών αυτών με την προσθήκη του αναλογούντος φόρου. Το αφορολόγητο αποθεματικό της απαλλαγής εμφανίζεται σε ξεχωριστούς λογαριασμούς στα λογιστικά βιβλία της επιχείρησης.

### 3.3.4 Καταβολή ενισχύσεων

Η καταβολή του ποσού της επιχορήγησης πραγματοποιείται σε δόσεις ως εξής:

- Το 50% του ποσού της επιχορήγησης καταβάλλεται μετά την υλοποίηση του 50% της επένδυσης και μετά από ότι υλοποιήθηκε το τμήμα αυτό του έργου.
- Το υπόλοιπο 50% του ποσού της επιχορήγησης καταβάλλεται μετά την πιστοποίηση της ολοκλήρωσης και της έναρξης της παραγωγικής λειτουργίας της επένδυσης από το αρμόδιο όργανο ελέγχου.

Η επιδότηση χρηματοδοτικής μίσθωσης καταβάλλεται εφόσον το σύνολο του μισθωμένου εξοπλισμού βάσει της σύμβασης χρηματοδοτικής μίσθωσης έχει εγκατασταθεί στη μονάδα μετά από πιστοποίηση του αρμόδιου οργάνου ελέγχου. Η επιδότηση καταβάλλεται μετά την εκάστοτε πληρωμή των δόσεων του μισθώματος από την επιχείρηση σε δόσεις, καθεμία εκ των οποίων υπολογίζεται επί του τμήματος της αξίας κτήσης του εξοπλισμού, το οποίο εμπεριέχεται στην εκάστοτε καταβαλλόμενη δόση του μισθώματος.

Η επιχορήγηση του κόστους απασχόλησης καταβάλλεται ανά εξάμηνο μετά από αίτηση του επενδυτή και μόνο για τις συνδεδεμένες με την επένδυση θέσεις εργασίας.

### 3.4 Επιδότηση ΕΣΠΑ

Μέσω του προγράμματος ΕΣΠΑ, χρηματοδοτούνται μικρές ή πολύ μικρές επιχειρήσεις για δημιουργία αυτόνομων Φ/Β συστημάτων. Πιο συγκεκριμένα, στο νέο πρόγραμμα ενίσχυσης υφιστάμενων Μικρών Επιχειρήσεων και μόνο για αυτόνομο (δηλαδή με μπαταρίες/συσσωρευτές) Φ/Β σύστημα που να παράγει έως το 120% της απαιτούμενης ενέργειας μιας επιχείρησης παρέχεται ποσοστό ενίσχυσης 55% για Αττική και Νομό Θεσσαλονίκης και 65% για την υπόλοιπη Ελλάδα, καθώς η παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος με Φ/Β αποτελεί επιλέξιμη δραστηριότητα στη θεματική ενότητα των Υπηρεσιών.

Δικαιούχοι της συγκεκριμένης ενίσχυσης είναι όσες από τις επιχειρήσεις πληρούν τις εξής προϋποθέσεις:

- Είναι υφιστάμενες επιχειρήσεις με ημερομηνία έναρξης πριν από την 1/1/2007.
- Έχουν τη νομική μορφή της ατομικής επιχείρησης, Ο.Ε., Ε.Ε., Α.Ε., ή Ε.Π.Ε. και τηρούν βιβλία Β' ή Γ' κατηγορίας (με εξαίρεση τις επιχειρήσεις ενοικίασης δωματίων που δεν έχουν υποχρέωση τήρησης βιβλίων)

- Απασχολούσαν λιγότερα από 50 άτομα πλήρους απασχόλησης το 2008 Έχουν μέσο κύκλο εργασιών μικρότερο από 10.000.000 ευρώ την προηγούμενη τριετία και μεγαλύτερο από:
  - 50.000 ευρώ στον τομέα της μεταποίησης
  - 30.000 ευρώ στον τομέα του τουρισμού
  - 20.000 ευρώ στους τομείς εμπορίου και υπηρεσιών
- Έχουν επιλέξιμη επιχειρηματική δραστηριότητα υπό συγκεκριμένες συνθήκες: Είναι επιχειρήσεις που δραστηριοποιούνται κατά κύριο λόγο (τουλάχιστον 50% των εσόδων) στον τομέα των υπηρεσιών με μία επιλέξιμη δραστηριότητα την 1/1/2009 ή
- Είναι επιχειρήσεις που δραστηριοποιούνται κατά κύριο λόγο (τουλάχιστον 50% των εσόδων) σε άλλον τομέα (μεταποίηση, τουρισμός, εμπόριο) και έχουν «ανοικτή» τη δραστηριότητα παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος (ΚΑΔ 35.11) την 01/01/2009.

Οι επιλέξιμες επιχειρήσεις του τομέα παροχής υπηρεσιών έχουν δικαίωμα να υποβάλουν επενδυτικό σχέδιο από 30.000 έως 200.000 ευρώ, και εφόσον το επιθυμούν το σύνολο του επενδυτικού σχεδίου να αφορά τα Φ/Β συστήματα, με την προϋπόθεση ότι θα ανοίξουν τον κωδικό παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος πριν από την ημερομηνία υποβολής.

Οι επιλέξιμες επιχειρήσεις των υπολοίπων τομέων μπορούν να υποβάλουν επενδυτικό σχέδιο, που κατ ελάχιστο 40% θα αφορά την υφιστάμενη κύρια επιλέξιμη δραστηριότητά τους και κατά μέγιστο 60% θα αφορά τα Φ/Β (εφόσον ο κωδικός παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας ήταν ανοικτός την 1/1/2009).

Σημειώνεται ότι σήμερα παραμένει ανοικτή η δυνατότητα για Φ/Β συστήματα έως 20KW, με απλή και σχετικά σύντομη διαδικασία (έκδοση άδειας μικρών εργασιών από την πολεοδομία και αίτηση για όρους σύνδεσης στην ΔΕΗ). Ενδεικτικά αναφέρεται ότι ένα Φ/Β σύστημα ισχύος 20KW σταθερής βάσης, κοστίζει περί τις 90.000 ευρώ, αποδίδει περίπου 11.700 ευρώ μικά έσοδα το έτος (26.000KWh X 0,45 ευρώ), έχει πολύ μικρό λειτουργικό κόστος και μπορεί άνετα να εγκατασταθεί σε οικόπεδο 1000 τετραγωνικών μέτρων.

Επίσης, μία επιχείρηση μπορεί να υλοποιήσει περισσότερα του ενός Φ/Β συστήματα των 20KW αρκεί αυτά να βρίσκονται σε διαφορετικά μη όμορα οικόπεδα στην ίδια περιφέρεια.



### **Παράδειγμα 1:**

Επιχείρηση παροχής υπηρεσιών (πχ εστιατόριο) υποβάλει πρόταση για δημιουργία 2 Φ/Β πάρκων των 20KW, στην Βοιωτία, συνολικού προϋπολογισμού 180.000 ευρώ. Τα αναμενόμενα έσοδα θα είναι 23.400 ευρώ το έτος, ενώ το πραγματικό κόστος της επένδυσης είναι το 35% του προϋπολογισμού δηλαδή 63.000 ευρώ (απόδοση 35% και χρόνος αποπληρωμής μικρότερος από 3 έτη).

### **Παράδειγμα 2:**

Μεταποιητική επιχείρηση που έχει ήδη ανοικτό κωδικό παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας αποφασίζει να υποβάλει επενδυτικό σχέδιο συνολικού προϋπολογισμού 300.000 ευρώ εκ των οποίων το 40% (120.000 ευρώ) αφορά την δραστηριότητα της μεταποίησης και το 60% (180.000 ευρώ) την εγκατάσταση 2 Φ/Β πάρκων των 20KW.

## **3.5 Εγκατάσταση Φ/Β από αγρότες**

Ο νέος νόμος για την επιτάχυνση της διείσδυσης των ΑΠΕ Ν. 3851/2010 δίνει την ευκαιρία στους αγρότες να επενδύσουν σε Φ/Β συστήματα σε εκτάσεις ιδιοκτησίας τους.

Το πρόγραμμα ορίζει ότι ο κάθε αγρότης δικαιούται να εγκαταστήσει μια μονάδα Φ/Β ισχύος έως 100kW. Οι αγρότες που θέλουν να συμμετάσχουν στο πρόγραμμα θα πρέπει να έχουν τις παρακάτω προϋποθέσεις:

1. Ιδιόκτητη έκταση (μεγαλύτερη των 4 στρεμμάτων για εγκαταστάσεις έως 100 kW ή μικρότερη για εγκαταστάσεις έως 20 kW)
2. Τοπογραφικό σχέδιο του γηπέδου υπογεγραμμένο από Μηχανικό
3. Αποδεικτικά έγγραφα νομιμοποίησης της κατοχής του χωραφίου
4. Γνωμάτευση από την Δ/ση Αγροτικής Ανάπτυξης της εκάστοτε Νομαρχίας αναφορικά με τον χαρακτηρισμό της έκτασης ως "Γη Υψηλής Παραγωγικότητας"

Εάν πρόκειται για γη υψηλής παραγωγικότητας αίτημα για το επιτρεπτό της εγκατάστασης φωτοβολταϊκού σταθμού.

5. Βεβαίωση από τον ΟΠΕΚΕΠΕ αναφορικά με τον χαρακτηρισμό "επαγγελματίας αγρότης" που αποτελεί απαραίτητη προϋπόθεση για την συμμετοχή στο πρόγραμμα.
6. Βεβαίωση απαλλαγής από ΕΠΟ στην ΔΙ.ΠΕ.ΧΩ.
7. Έγκριση εργασιών μικρής κλίμακας

## 8. Αίτηση για σύμβαση σύνδεσης με την ΔΕΗ

Οι Περιοχές ΔΕΗ, στην ηπειρωτική χώρα πλην διασυνδεδεμένων νησιών, θα ξεκινήσουν την υποδοχή αιτήσεων για Φ/Β σταθμούς από επαγγελματίες αγρότες σε εκτάσεις ιδιοκτησίας τους, ισχύος εκάστου μέχρι 100 kW, την Τετάρτη 01/09/2010.

Τα βήματα που απαιτούνται είναι τα εξής:

### **Βήμα 1ο:**

Υποβολή αιτήματος στον Οργανισμό Πληρωμών και Ελέγχου Κοινοτικών Ενισχύσεων Προσανατολισμού και Εγγυήσεων (Ο.Π.Ε.Κ.Ε.Π.Ε.) για έκδοση προσωρινής (αφορά αποκλειστικά το έτος 2010) βεβαίωσης ότι ο αιτών είναι επαγγελματίας αγρότης, σύμφωνα με τη διαδικασία και τα απαιτούμενα δικαιολογητικά που προβλέπονται στην 249448 "Διαδικασίες ορισμού των επαγγελματιών αγροτών για την υποβολή αιτήσεων για επενδύσεις στις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ)" (ΦΕΚ Β' 1049) απόφαση της Υπουργού Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων.

### **Βήμα 2ο:**

Υποβολή αιτήματος στη Διεύθυνση Περιβάλλοντος και Χωροταξίας (ΔΙ.ΠΕ.ΧΩ.) για τη χορήγηση βεβαίωσης απαλλαγής ή όχι από Ε.Π.Ο. με απαιτούμενα δικαιολογητικά:

1. Υπεύθυνη δήλωση του αιτούντα και του μελετητή, για την απαλλαγή από την υποχρέωση έκδοσης απόφασης Ε.Π.Ο., σύμφωνα με τα οριζόμενα στην παράγραφο 13 του άρθρου 8 του Ν.3468/2006, όπως αντικαταστάθηκε από την παρ. 2 του άρθρου 3 του Ν.3851/2010. Σε περίπτωση που διαπιστωθεί ότι, το περιεχόμενο της υπεύθυνης δήλωσης δεν είναι αληθές, πέραν των προβλεπόμενων συνεπειών εκ του λόγου αυτού, επιβάλλονται και οι προβλεπόμενες από το άρθρο 22 του ν.3468/2006 κυρώσεις, καθώς και άλλες τυχόν προβλεπόμενες κυρώσεις στις σχετικές κείμενες διατάξεις.
2. Τεχνική περιγραφή της εγκατάστασης.
3. Απόσπασμα Πινακίδας Γ.Υ.Σ. κλίμακας 1:5.000 με προσαρτημένο τοπογραφικό διάγραμμα, όπου φαίνονται η θέση εγκατάστασης του σχετικού εξοπλισμού με γεωγραφικές συντεταγμένες στο ελληνικό σύστημα αναφοράς ΕΓΣΑ87, στο οποίο θα αποτυπώνονται και οι σταθμοί της ίδιας τεχνολογίας, για τους οποίους έχει εκδοθεί άδεια παραγωγής ή απόφαση Έγκρισης Περιβαλλοντικών Όρων (Ε.Π.Ο.) ή προσφορά σύνδεσης σε ακτίνα 150 μέτρων από τις γωνίες του γηπέδου εγκατάστασης του αιτούμενου σταθμού.

### **Βήμα 3ο (εξέλιξη παράλληλα με διαδικασία βήματος 2):**

Υποβολή φακέλου αιτήματος στον Διαχειριστή Δικτύου (αρμόδια τοπική υπηρεσία της Δημόσιας Επιχείρησης Ηλεκτρισμού - Δ.Ε.Η.) για έκδοση Προσφοράς Σύνδεσης, με βάση το σχετικό έντυπο αίτησης της Δ.Ε.Η. και τα εξής δικαιολογητικά:

1. Αίτημα για έκδοση Προσφοράς Σύνδεσης.
2. Η ως άνω προσωρινή βεβαίωση του Ο.Π.Ε.Κ.Ε.Π.Ε. ότι ο αιτών είναι επαγγελματίας αγρότης.
3. Τεχνική περιγραφή της εγκατάστασης (όμοια με βήμα 2).
4. Απόσπασμα Πινακίδας Γ.Υ.Σ. κλίμακας 1:5.000 με προσαρτημένο τοπογραφικό διάγραμμα (όμοια με βήμα 2).
5. Απόδειξη της κυριότητας επί της έκτασης (γίνεται δεκτό και συμβολαιογραφικό προσύμφωνο μεταβίβασης κυριότητας στον αιτούντα) και, σε περίπτωση συνιδιοκτησίας, συναίνεση των συνιδιοκτητών για τη χρήση του εδάφους προκειμένου για την εγκατάσταση σταθμού ηλεκτροπαραγωγής από Α.Π.Ε.
6. Υπεύθυνη δήλωση του αιτούντα και του μελετητή (όμοια με βήμα 2).
7. Ακριβές αντίγραφο αποδεικτικού υποβολής του αιτήματος προς τη Διεύθυνση Περιβάλλοντος και Χωροταξίας (ΔΙ.ΠΕ.ΧΩ.) για τη χορήγηση βεβαίωσης απαλλαγής από Ε.Π.Ο.

Διευκρινίζεται ότι, στην περίπτωση μη απαλλαγής από την υποχρέωση έκδοσης απόφασης Ε.Π.Ο., αρκεί στο στάδιο αυτό να υποβληθεί ακριβές αντίγραφο του διαβιβαστικού υποβολής της Μελέτης Περιβαλλοντικών Όρων (Μ.Π.Ε.) στην αρμόδια περιβαλλοντική αρχή.

Επίσης, σύμφωνα με τα προβλεπόμενα στην παράγραφο 6β του άρθρου 15 του Ν.3851/2010, τα νέα αιτήματα που υποβάλλονται από επαγγελματίες αγρότες στην ιδιοκτησία τους, εξετάζονται κατά προτεραιότητα σε σχέση με τα υπόλοιπα νέα αιτήματα, όπως αυτά ορίζονται στην παράγραφο 6 του άρθρου 15 του ν.3851/2010 (δηλαδή αυτά για τα οποία δεν είχε υποβληθεί αίτημα χορήγησης άδειας παραγωγής ή απόφασης εξαίρεσης στη Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας (Ρ.Α.Ε.) πριν την ισχύ του Ν.3851/2010) μέχρι την έκδοση της απόφασης του Υπουργού Π.Ε.Κ.Α. που προβλέπεται στην περίπτωση β' της παρ. 3 του άρθρου 1 του ν. 3468/2006 όπως τροποποιήθηκε με το άρθρο 1 του ν.3851/2010 και μετά την πάροδο τριών μηνών από τη δημοσίευση του νόμου 3851/2010 εφόσον δεν έχει εκδοθεί η ανωτέρω απόφαση Υ.Π.Ε.Κ.Α. Μετά την έκδοση της τελευταίας αυτής απόφασης του Υ.Π.Ε.Κ.Α. εφαρμόζονται τα προβλεπόμενα σε αυτή.

Η προτεραιότητα των κατ' επάγγελμα αγροτών στην εξέταση των υποβαλλόμενων αιτημάτων κατοχυρώνεται με τον αριθμό πρωτοκόλλου της ΔΕΗ.

Για την έκδοση δεσμευτικής προσφοράς σύνδεσης απαιτείται η προσκόμιση στη ΔΕΗ της βεβαίωσης απαλλαγής από Ε.Π.Ο., ή σε περίπτωση μη έκδοσης της εν λόγω βεβαίωσης, αποδεικτικό έλευσης εικοσαήμερου από την ημερομηνία υποβολής του αιτήματος για την έκδοση της βεβαίωσης (βλ. δικαιολογητικό νούμερο 7) και σε περίπτωση μη απαλλαγής από Ε.Π.Ο. προσκόμιση της απόφασης Ε.Π.Ο. του σταθμού.

Ταυτόχρονα, πρέπει να γίνει καταβολή ποσού (300 € για σταθμούς ισχύος έως και 20 kW, 500 € για σταθμούς ισχύος άνω των 20 kW και έως 100kW) έναντι των δαπανών διαχείρισης και εξέτασης του αιτήματος. Τα ποσά αυτά θα συμψηφιστούν στη συνέχεια, κατά τη διατύπωση των προσφορών σύνδεσης, με τα κόστη των έργων σύνδεσης.

#### **Βήμα 4ο:**

Υποβολή στη Διεύθυνση Αγροτικής Ανάπτυξης της οικείας Νομαρχιακής Αυτοδιοίκησης και σε εφαρμογή του Ν.3852/2010 "Νέα Αρχιτεκτονική της Αυτοδιοίκησης και της Αποκεντρωμένης Διοίκησης - Πρόγραμμα Καλλικράτης" (ΦΕΚ Α' 87) (ισχύς από 01/01/2011) σε αρμόδια υπηρεσία του Υπουργείου Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων και των Περιφερειακών του Υπηρεσιών, όπως αυτές θα οριστούν σχετικά:

- (α) αιτήματος για τον χαρακτηρισμό του γηπέδου στο οποίο θα εγκατασταθεί ο σταθμός και, εφόσον χαρακτηριστεί ως γη υψηλής παραγωγικότητας (Γ.Υ.Π.),
- (β) αιτήματος για τη χορήγηση άδειας για το επιτρεπτό της εγκατάστασης σταθμού ηλεκτροπαραγωγής από Α.Π.Ε. σε αγροτική γη υψηλής παραγωγικότητας, με δικαιολογητικά:

1. Αίτηση προς τη Διεύθυνση Αγροτικής Ανάπτυξης της οικείας Νομαρχιακής Αυτοδιοίκησης για τον χαρακτηρισμό της έκτασης, σύμφωνα με τα οριζόμενα στην απόφαση της παρ. 1 του άρθρου 56 του ν.2637/1998 (ΦΕΚ Α' 200), όπως αντικαταστάθηκε με την παρ. 37 του άρθρου 24 του ν.2945/2001 (ΦΕΚ Α' 223) των Υπουργών Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων (Υ.Π.Α.Τ.) και Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής (Υ.Π.Ε.Κ.Α.) και, στην περίπτωση χαρακτηρισμού της έκτασης ως Γ.Υ.Π., αίτηση για τη χορήγηση από τη Διεύθυνση Αγροτικής Ανάπτυξης της άδειας για το επιτρεπτό επέμβασης σε αγροτική γη υψηλής παραγωγικότητας για την εγκατάσταση σταθμού ηλεκτροπαραγωγής από Α.Π.Ε., σύμφωνα με τα οριζόμενα στην παρ. 6 του άρθρου 56 του ν.2637/1998 (ΦΕΚ Α' 200), όπως αντικαταστάθηκε με την παρ. 37 του άρθρου 24 του ν.2945/2001 (ΦΕΚ Α' 223) και την παρ. 7 του άρθρου 9 του ν.3851/2010 (ΦΕΚ Α' 85).
2. Διευκρινίζεται ότι, σε περίπτωση κτήσης της βεβαίωσης χαρακτηρισμού της γης από τον ενδιαφερόμενο, αρκεί η υποβολή της στην αρμόδια Υπηρεσία.

3. Απόσπασμα Πινακίδας Γ.Υ.Σ. κλίμακας 1:5.000 με προσαρτημένο τοπογραφικό διάγραμμα (ίδιο με βήμα 2).
4. Εφόσον το ακίνητο στο οποίο πρόκειται να εγκατασταθεί ο Φ/Β σταθμός έχει χαρακτηριστεί ως αγροτική γη υψηλής παραγωγικότητας, υπεύθυνη δήλωση του αιτούντα και του μελετητή, στην οποία θα δηλώνεται ότι, η έκταση:
  - A) δεν βρίσκεται στα διοικητικά όρια του νομού Αττικής,
  - B) δεν έχει χαρακτηριστεί ως αγροτική Γ.Υ.Π. μέσω εγκεκριμένου Γενικού Πολεοδομικού Σχεδίου (Γ.Π.Σ.) ή Σχεδίου Χωρικής Οικιστικής Οργάνωσης Ανοιχτής Πόλης (Σ.Χ.Ο.Ο.Α.Π.) του ν.2508/1997 (ΦΕΚ Α' 124), ή Σχεδίου Ζωνών Οικιστικού Ελέγχου (Ζ.Ο.Ε.) του άρθρου 29 του ν.1337/1983 (ΦΕΚ Α' 33) ή εφόσον αυτό συμβαίνει, ότι τα ανωτέρω σχέδια επιτρέπουν την εγκατάσταση.

Σε περίπτωση που διαπιστωθεί ότι, το περιεχόμενο της υπεύθυνης δήλωσης δεν είναι αληθές, πέραν των προβλεπόμενων συνεπειών εκ του λόγου αυτού, επιβάλλονται και τυχόν άλλες προβλεπόμενες κυρώσεις σε σχετικές κείμενες διατάξεις.

#### **Βήμα 5ο:**

Αίτημα στην αρμόδια Πολεοδομική Υπηρεσία για Έγκριση εργασιών δόμησης μικρής κλίμακας με απαιτούμενα δικαιολογητικά:

1. Αίτημα για έκδοση Έγκρισης εργασιών δόμησης μικρής Κλίμακας.
2. Τεχνική περιγραφή της εγκατάστασης (ίδια με βήμα 2).
3. Απόσπασμα Πινακίδας Γ.Υ.Σ. κλίμακας 1:5.000 με προσαρτημένο τοπογραφικό διάγραμμα (ίδιο με βήμα 2).
4. Υπεύθυνη δήλωση του αιτούντα και του μελετητή, στην οποία θα δηλώνεται ότι, ο αιτούμενος σταθμός δεν χωροθετείται σε δάσος ή σε δασική έκταση, σε ρέμα, στον αιγιαλό ή την παραλία, σε καθορισμένο αρχαιολογικό χώρο ή σε περιοχή απολύτου προστασίας της φύσης.

Σε περίπτωση που διαπιστωθεί ότι, το περιεχόμενο της υπεύθυνης δήλωσης δεν είναι αληθές, πέραν των προβλεπόμενων συνεπειών εκ του λόγου αυτού, επιβάλλονται και τυχόν άλλες προβλεπόμενες κυρώσεις σε σχετικές κείμενες διατάξεις.

5. Αποδεικτικό κατάθεσης της ως άνω υπεύθυνης δήλωσης καθώς και του ως άνω αποσπάσματος πινακίδας ΓΥΣ κλίμακας 1:5.000 με το προσαρτημένο τοπογραφικό διάγραμμα, στο οικείο δασαρχείο ή σε κατά περίπτωση άλλη αρμόδια υπηρεσία, καθώς και στην αυτοτελή υπηρεσία Υ.Π.Ε.Κ.Α.
6. Έγκριση της Επιτροπής Αρχιτεκτονικού Ελέγχου (ΕΠ.Α.Ε.), στην περίπτωση που ζητηθεί από την Πολεοδομική Υπηρεσία, σύμφωνα με τις κείμενες διατάξεις.

7. Βεβαίωση χαρακτηρισμού της έκτασης ή μη ως Γ.Υ.Π. (από βήμα 4).
8. Άδεια για το επιτρεπτό της εγκατάστασης σταθμού ηλεκτροπαραγωγής από ΑΠΕ σε αγροτική γη υψηλής παραγωγικότητας από την οικεία Διεύθυνση Αγροτικής Ανάπτυξης (από βήμα 4).

#### **Βήμα 6ο:**

Αίτημα για Σύμβαση Σύνδεσης στον Διαχειριστή του Δικτύου (Δ.Ε.Η.), η οποία απαιτεί την καταβολή εγγυητικής επιστολής, όπως θα οριστεί με απόφαση Υ.Π.Ε.Κ.Α., με τα απαιτούμενα δικαιολογητικά που ορίζονται από τη Δ.Ε.Η.

#### **Βήμα 7ο:**

Αίτημα για Σύμβαση Αγοραπωλησίας στον Δ.Ε.Σ.Μ.Η.Ε. ή τον Διαχειριστή μη Διασυνδεδεμένων Νήσων με τα απαιτούμενα δικαιολογητικά που ορίζονται από τον Δ.Ε.Σ.Μ.Η.Ε. ή τον Διαχειριστή μη Διασυνδεδεμένων Νήσων.

### **3.6 Εγκατάσταση Φ/Β σε γαίες υψηλής παραγωγικότητας**

Όσον αφορά τη Φ/Β εγκατάσταση σε γαίες υψηλής παραγωγικότητας, ο νέος νόμος προβλέπει πλέον τα εξής:

Αρχικά, απαγορεύεται η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από Φ/Β σταθμούς σε αγροτεμάχια της Αττικής που χαρακτηρίζονται ως αγροτική γη υψηλής παραγωγικότητας, καθώς και σε περιοχές της Επικράτειας που έχουν ήδη καθοριστεί ως αγροτική γη υψηλής παραγωγικότητας από εγκεκριμένα Γενικά Πολεοδομικά Σχέδια ή Σχέδια Χωρικής Οικιστικής Οργάνωσης Ανοιχτής Πόλης του Ν.2508/1997, καθώς και Ζώνες Οικιστικού Ελέγχου.

Με την επιφύλαξη του παραπάνω εδαφίου, επιτρέπεται η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από Φ/Β σταθμούς σε αγροτεμάχια που χαρακτηρίζονται ως αγροτική γη υψηλής παραγωγικότητας. Στην περίπτωση αυτή, η άδεια χορηγείται μόνο εάν οι Φ/Β σταθμοί για τους οποίους έχουν ήδη εκδοθεί άδειες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, ή σε περίπτωση απαλλαγής, δεσμευτικές προσφορές σύνδεσης από τον αρμόδιο Διαχειριστή, καλύπτουν εδαφικές εκτάσεις που δεν υπερβαίνουν το 1% του συνόλου των καλλιεργούμενων εκτάσεων του συγκεκριμένου νομού.

Για την εφαρμογή της διάταξης, χρησιμοποιούνται τα στοιχεία της Ετήσιας Γεωργικής Στατιστικής Έρευνας του έτους 2008 της Γενικής Γραμματείας της

Εθνικής Στατιστικής Υπηρεσίας της Ελλάδας. Για τον υπολογισμό της κάλυψης λαμβάνονται υπ' όψιν η οριζόντια προβολή επί του εδάφους των Φ/Β στοιχείων.

### 3.7 Συσσώρευση μεγάλου πλήθους αιτημάτων για Φ/Β σταθμούς

Σύμφωνα με ανακοίνωση της ΔΕΗ στις 27 Αυγούστου 2010, οι αρμόδιες Περιοχές ΔΕΗ θα εξετάσουν τις αιτήσεις για Φ/Β σταθμούς ισχύος μέχρι 20 kW που κατατέθηκαν μετά τις 18/02/10 και παραμένουν μέχρι σήμερα σε εκκρεμότητα, με προτεραιότητα στις περιπτώσεις μεμονωμένων σταθμών. Επισημαίνεται ότι πολλαπλές αιτήσεις παρεμφερών νομικών προσώπων για εγκατάσταση περισσότερων του ενός σταθμών ισχύος μέχρι 20 kW επί του αυτού αγροτεμαχίου δύνανται να υποκατασταθούν από μια αίτηση για το σύνολο της ισχύος, από ένα εκ των νομικών προσώπων, με διατήρηση της προτεραιότητας εξέτασης. Η λύση αυτή κρίνεται προτιμητέα ως οικονομικότερη για τους επενδυτές (μείωση του κόστους των έργων σύνδεσης, αλλά και των λειτουργικών εξόδων) αλλά και ως ορθολογικότερη από τεχνικής πλευράς (εγκατάσταση μιας παροχής και μιας μετρητικής διάταξης).

Η ΔΕΗ δίνει στη δημοσιότητα τα παρακάτω στοιχεία, που αποδεικνύουν την πολύ μεγάλη δέσμευση ηλεκτρικού χώρου στην Ελλάδα:

- Η συνολική ισχύς των αιτήσεων για σταθμούς στο εύρος ισχύος άνω των 100 kW και έως 500 kW ανέρχεται σε 1000 MW περίπου, ενώ η συνολική ισχύς των αιτήσεων για σταθμούς ισχύος μέχρι 100 kW εκτιμάται περί τα 400 MW.
- Έχουν εκδοθεί, προ του Ν. 3851/2010, άδειες παραγωγής για φωτοβολταϊκούς σταθμούς συνολικής ισχύος περί τα 700 MW.
- Έχουν υποβληθεί στη ΔΕΗ αιτήματα σύνδεσης για φωτοβολταϊκούς σταθμούς με απόφαση εξαίρεσης από τη ΡΑΕ (βάσει του Ν. 3468/2006) και για σταθμούς που απαλλάσσονται αυτής συνολικής ισχύος περί τα 300 MW (χωρίς να εξαντλούν το σύνολο των εξαιρέσεων που έχει χορηγήσει η ΡΑΕ).
- Η συνολική ισχύς των πάσης φύσεως Φ/Β σταθμών που έχουν τεθεί σε λειτουργία δεν υπερβαίνει τα 100 MW.
- Οι εκκρεμούσες στη ΡΑΕ αιτήσεις για έκδοση αδειών παραγωγής και αποφάσεων εξαίρεσης για φωτοβολταϊκούς σταθμούς ισχύος μέχρι 1 MW, που καταλαμβάνονται από τις διατάξεις του νέου Νόμου (3851/2010) και ήδη διαβιβάστηκαν στη ΔΕΗ ως Διαχειριστή του Δικτύου αντιπροσωπεύουν συνολική ισχύ περί τα 200 MW.

- Οι Φ/Β σταθμοί ισχύος άνω του 1 MW που έχουν συμπεριληφθεί στον ειδικό κατάλογο της ΡΑΕ, βάσει του άρθρου 15 του Ν. 3851/2010, αντιπροσωπεύουν συνολική ισχύ περί τα 870 MW.

Επισημαίνεται ότι οι επιδοτήσεις σε Φ/Β σταθμούς τουλάχιστον των 20 kW, που πλέον μόνο επιτρέπονται, έχουν ανασταλεί.

### **3.8 Φ/Β που χρησιμοποιούνται σε οικόπεδα – τεχνικά χαρακτηριστικά**

Η τεχνολογία Φ/Β πανέλων, συσσωρευτών και αντιστροφών που χρησιμοποιούνται σε Φ/Β εγκαταστάσεις οικοπέδων, είναι παρόμοια με αυτή που έχει αναλυθεί στο υποκεφάλαιο 2.3. Όμως, όπως επισημάνθηκε και εκεί, οι βάσεις στήριξης που προτιμώνται στη συγκεκριμένη περίπτωση είναι οι περιστρεφόμενες (trackers), και όχι οι σταθερές βάσεις στήριξης.

Τα κύρια πλεονεκτήματα των σταθερών βάσεων στήριξης των φωτοβολταϊκών σε αντιπαραβολή με τα συστήματα ιχνηλάτισης του ήλιου trackers είναι η οικονομία (χαμηλότερο κόστος κτήσης), ευκολία και ταχύτητα εγκατάστασης, μηδενική συντήρηση, πολύ μεγάλη διάρκεια ζωής.

Ο ήλιος κινείται από την ανατολή στην δύση καθημερινά όλες τις εποχές ακολουθώντας μια προδιαγεγραμμένη πορεία (αζιμουθιακή) όλες τις μέρες και όλες τις εποχές. Παράλληλα κινείται επίσης από το Βορρά μέχρι το Νότο καθώς οι εποχές αλλάζουν. Τα Φ/Β ηλιακά πλαίσια έχουν μέγιστη απόδοση και παράγουν περισσότερη ηλεκτρική ενέργεια όταν είναι τοποθετημένα 90° σε σχέση με την προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία (ηλιακό φώς).

Οι ηλιακοί ιχνηλάτες trackers αυξάνουν από 10% -40% την απόδοση ενός διασυνδεδεμένου φωτοβολταϊκού συστήματος ή ενός φωτοβολταϊκού πάρκου. Ακολουθούν τον ήλιο, έτσι ώστε τα Φ/Β πλαίσια - ηλιογεννήτριες που είναι στους trackers εγκατεστημένα να παράγουν την μεγαλύτερη δυνατή ηλεκτρική ενέργεια από τις ακτίνες του ήλιου.

Επομένως, τα συστήματα παρακολούθησης του ήλιου trackers χρησιμοποιούνται κατα κύριο λόγο στους Φ/Β σταθμούς - Φ/Β πάρκα (solar farm). Οι trackers αποτελούνται από σύστημα κινούμενης βάσης μονοαξονικό ή διαξονικό (διπλού άξονα) σύστημα το οποίο παρακολουθεί την πορεία του ήλιου στον ορίζοντα καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας. Οι Φ/Β συλλέκτες – Φ/Β πλαίσια τοποθετούνται πάνω στην κινούμενη βάση έτσι ώστε να έχουν κατεύθυνση πάντα προς τον ήλιο, και έτσι



να αυξάνεται η απόδοσή τους κατά 25% έως 40% όλο τον χρόνο όπως εκτιμάται για την Ελλάδα. Η σχεδίαση και κατασκευή των Φ/Β (solar trackers) γίνεται υπό κλιματικές συνθήκες, η συντήρησή του να είναι ελάχιστη μία φορά τον χρόνο και οι αντοχές των υλικών κατασκευής είναι δοκιμασμένες σε ακραίες καταστάσεις.

Η πορεία της κινούμενης βάσης είναι από Ανατολικά (E) προς Δυτικά (W) κατά την διάρκεια της ημέρας και ο προσανατολισμός της βάσης είναι Νότιος (S).

Η γωνία κλίσης των Φ/Β συλλεκτών ως προς τον οριζόντιο άξονα μεταβάλλεται χειροκίνητα από 20° έως 65° έτσι ώστε να προσαρμόζεται σύμφωνα με την μετατόπιση του ήλιου τις τέσσερις εποχές του χρόνου.

Οι τύποι trackers που χρησιμοποιούνται για τα Φ/Β πάρκα είναι οι εξής:

- Trackers καθέτου άξονα (μονού συστήματος άξονα) για κάθετη παρακολούθηση του ήλιου
- Trackers οριζόντιου άξονα (μονού συστήματος άξονα) για οριζόντια παρακολούθηση του ήλιου
- Trackers διπλού άξονα (διαξονικού συστήματος άξονα) για παράλληλη κάθετη και οριζόντια παρακολούθηση του ήλιου

Οι τρόποι μετάδοσης κίνησης των φωτοβολταϊκών trackers είναι οι εξής:

- Υδραυλικοί Trackers για φωτοβολταϊκά πάρκα (solar farm) (υδραυλικό σύστημα μετάδοσης της κίνησης)
- Ηλεκτρικοί Trackers για φωτοβολταϊκό πάρκο (ηλεκτρικό σύστημα μετάδοσης της κίνησης)

Τα πλεονεκτήματα συστημάτων παρακολούθησης του ήλιου trackers σε Φ/Β πάρκα (solar farm) είναι ποικίλα.

Από πανεπιστημιακές μελέτες και έρευνες προκύπτει ότι τα συστήματα Sun Tracker με λογισμικό πρόγραμμα αζιμουθιακής (ανατολής-δύσης) και γωνιακής (πάνω-κάτω) παρακολούθησης του ήλιου, μπορούν να παράγουν επιπλέον ενέργεια έως 56% , σε ιδανικές καιρικές συνθήκες ,σε σύγκριση με τα σταθερά.

Το Sun Tracker επιτυγχάνει, ανά τέταρτο της ώρας, αζιμουθιακή και γωνιακή παρακολούθηση (μελέτες έδειξαν ότι και ανά μισή ώρα γίνεται βέλτιστη παρακολούθηση ) του ήλιου ώστε η καθετότητα του ήλιου είναι σχεδόν απόλυτη. Το

Sun Tracker για φωτοβολταϊκά πάρκα (solar farm) κινείται με αυτόνομο λογισμικό προσαρμοσμένο για όλο τον 21 αιώνα, με δυνατότητα αναβάθμισης. Το PLC σύστημα οδηγεί με αξιοπιστία τον υδραυλικό γωνιακό μειωτήρα για την αζιμουθιακή κίνηση και το έμβολο για την γωνιακή κίνηση, καταναλώνοντας πολύ λίγη ενέργεια. Άρα το Sun Tracker είναι αυτόνομο, αυτοεξυπηρετούμενο και αποτελεί μονάδα από μόνο του.

Ο Sun Tracker για φωτοβολταϊκά πάρκα (solar farm) σε καιρικές συνθήκες μέτριας έως και πυκνής νέφωσης μπορεί να περιορίζει την απόδοση, αλλά η καθετότητα των φωτοβολταϊκών πάνελ σε σχέση με την διάκεντρο γης-ηλίου μας δίνει απόδοση σαφώς μεγαλύτερη από μια σταθερή ή από μια κινούμενη με αισθητήρες φωτός διάταξη. Άρα η σταθερή τροχία του Sun Tracker έχει μικρότερη κατανάλωση ενέργειας και ενδείκνυται για χώρες μεσογειακού τόξου  $42^{\circ} - 30^{\circ}$

Η αύξηση της παραγόμενης ενέργειας είναι αδιαμφισβήτητη και αξίζει από οικονομικής πλευράς η χρήση του Sun Tracker. Το Sun Tracker δίνει το μέγιστο βέλτιστο ενός φωτοβολταϊκού συστήματος με την μικρότερη κατανάλωση αυτοεξυπηρέτησης και με την απόλυτη καθετότητα παρακολούθησης του ήλιου.

## Κεφάλαιο 4: Ενεργειακή επιθεώρηση κτιρίου

---



# 4: Ενεργειακή επιθεώρηση κτιρίου

---

## 4.1 Εισαγωγή

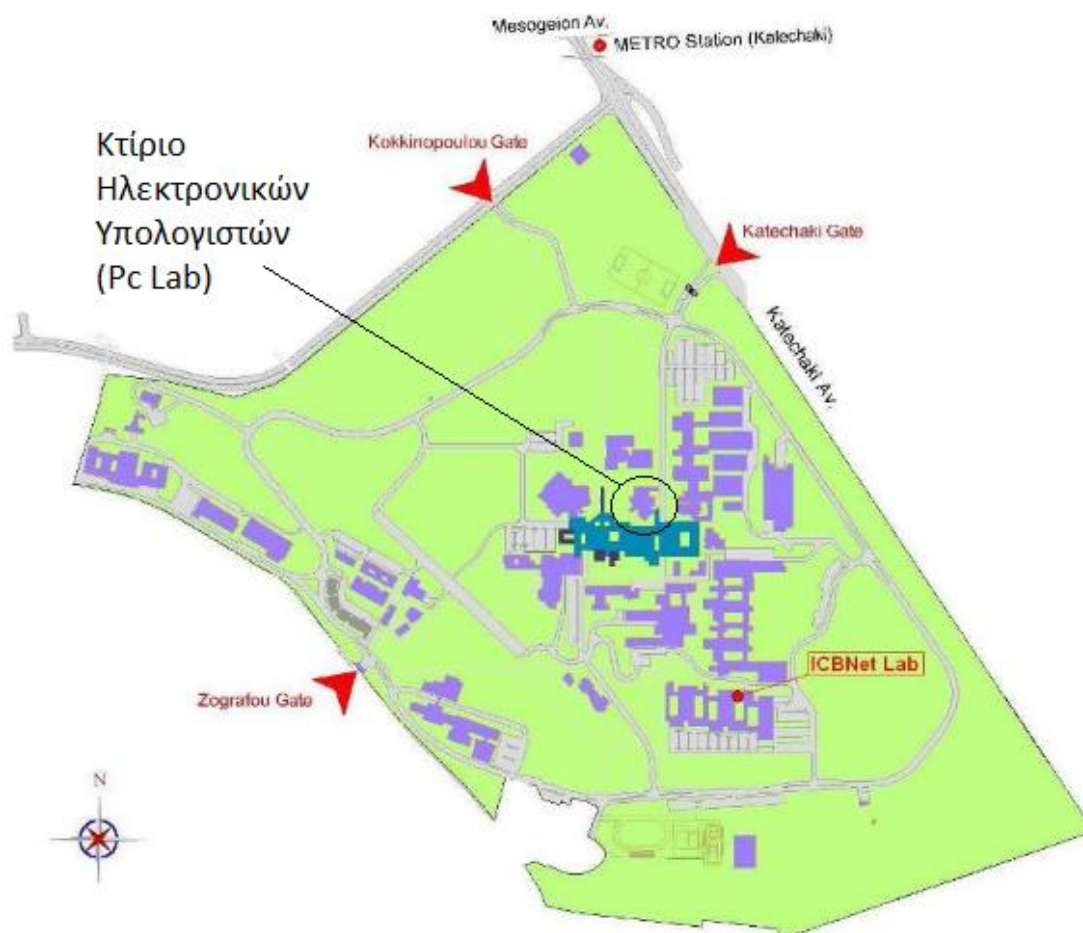
Στα πλαίσια της ενεργειακής επιθεώρησης στο Κτίριο Ηλεκτρονικών Υπολογιστών στην Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου για την εκπόνηση της παρούσας διπλωματικής, πραγματοποιήθηκε καταγραφή του ηλεκτρολογικού εξοπλισμού του κτιρίου, έτσι ώστε να εξαχθεί μία εικόνα της υπάρχουσας κατάστασης όσον αφορά την κατανομή των διαφορετικών ηλεκτρικών φορτίων του συγκεκριμένου κτιρίου. Ακόμα, καταγράφηκαν οι διαστάσεις και το υλικό των τοίχων, δαπέδου, οροφής και εξωτερικών κουφωμάτων, έτσι ώστε να υπολογιστεί ο συντελεστής θερμοπερατότητας του κτιρίου και να αξιολογηθεί η θερμομόνωση του κτιριακού περιβλήματος.

Επισημαίνεται ότι η κατανομή της κατανάλωσης ενέργειας ανά χρήση και η τιμή του συντελεστή θερμοπερατότητας μπορούν να βοηθήσουν έως ένα βαθμό στον εντοπισμό των δράσεων εξοικονόμησης ενέργειας για το κτίριο.

Τονίζεται ότι όλες οι οικοδομές (και κυρίως οι ιδιωτικές καθώς σε δημόσια κτίρια επιβάλλονταν κάποιες προδιαγραφές θερμομόνωσης) που έχουν κατασκευαστεί μέχρι και το έτος 1979 (όπου εγκρίθηκε ο κανονισμός θερμομόνωσης κτιρίων και εφαρμόζεται υποχρεωτικά μέχρι σήμερα, χωρίς καμία τροποποίηση) δεν έχουν την κατάλληλη θερμομόνωση που επιβάλλεται από τον κανονισμό. Η μόνη πιθανότητα να έχει εφαρμοστεί κάποια μορφή θερμομόνωσης επαφιόταν στην τεχνογνωσία των μηχανικών και εργοληπτών που τις ανέγειραν και στις οικονομικές δυνατότητες των ιδιοκτητών εφ' όσον κάποια θερμομόνωση προτεινόταν να εφαρμοστεί από τους κατασκευαστές. Αντιθέτως, σήμερα οι διατάξεις του κανονισμού θερμομόνωσης είναι υποχρεωτικές. Σύμφωνα με τον κανονισμό θερμομόνωσης, η διαπίστωση πλημμελούς ή ελλιπούς εφαρμογής των διατάξεων του Κανονισμού συνεπάγεται την άμεση διακοπή όλων ανεξαιρέτως των οικοδομικών εργασιών, έστω και εάν οι λοιπές εκτελούνται σύμφωνα με τις σχετικές διατάξεις.

## 4.2 Περιγραφή και ενεργειακό προφίλ του κτιρίου

Το κτίριο που εξετάζεται στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι το Κτίριο Ηλεκτρονικών Υπολογιστών (Pc Lab), το οποίο βρίσκεται εντός της Πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου. Η τοποθεσία του μέσα στην Πολυτεχνειούπολη φαίνεται στην παρακάτω εικόνα:



Σχήμα 4.1: Τοποθεσία κτιρίου Η/Υ

Η ακριβής θέση του κτιρίου είναι η εξής:

- Γεωγραφικό πλάτος:  $37^{\circ} 58' 40,89''$  Βόρεια
- Γεωγραφικό μήκος:  $23^{\circ} 47' 0,95''$  Ανατολικά

Το έτος κατασκευής του εξεταζόμενου κτιρίου είναι το 1978 (πριν τον κανονισμό θερμομόνωσης κτιρίων). Δε συνορεύει με κάποιο άλλο γειτονικό κτίριο. Στον περιβάλλοντα χώρο υπάρχουν δέντρα, τα οποία όμως δεν προκαλούν ουσιαστικά πρόβλημα σκιασμού στο κτίριο, καθώς δε συνορεύουν με τους υαλοπίνακες που

υπάρχουν στην είσοδό του. Έχει δύο εισόδους, την κεντρική είσοδο στο ισόγειο του κτιρίου, και τη δεύτερη είσοδο στον πρώτο όροφο. Η κεντρική είσοδος του κτιρίου έχει νοτιοδυτικό προσανατολισμό. Η δεύτερη είσοδος έχει νοτιοανατολικό προσανατολισμό και απεικονίζεται στην επόμενη φωτογραφία:



Σχήμα 4.2: Είσοδος πρώτου ορόφου κτιρίου Η/Υ

Το συγκεκριμένο κτίριο στεγάζει τον κεντρικό υπολογιστή του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου (ΕΜΠ), εργαστήρια υπολογιστών, αμφιθέατρο, και γραφεία διδακτικού προσωπικού. Αποτελείται από ένα υπόγειο, το ισόγειο και τρεις ορόφους. Σύμφωνα με τα στοιχεία από τις κατόψεις του κτιρίου, το εμβαδό του δαπέδου κάθε ορόφου είναι:

$$E_{\text{υπογ}} = 1144,21 \text{ m}^2$$

$$E_{\text{ισογ}} = 2123,22 \text{ m}^2$$

$$E_{\alpha, \text{ορ}} = 1572,42 \text{ m}^2$$

$$E_{\beta, \text{ορ}} = 522,37 \text{ m}^2$$

$$E_{\gamma, \text{ορ}} = 105,79 \text{ m}^2$$

Οι μορφές ενέργειας που καταναλώνονται στο κτίριο είναι η ηλεκτρική ενέργεια και το φυσικό αέριο.

Το φυσικό αέριο χρησιμοποιείται μόνο για τη θέρμανση των χώρων, μέσω θερμαντικών σωμάτων (καλοριφέρ). Το σύστημα λέβητα – καυστήρα χρησιμοποιεί

θερμοστάτη, και βρίσκεται σε λειτουργία τις ώρες που το κτίριο είναι ανοιχτό, δηλαδή 8 π.μ. – 8 μ.μ. Όσον αφορά την κατανάλωση του κτιρίου σε φυσικό αέριο, δεν επιτεύχθηκε η ανάκτηση των απαραίτητων στοιχείων για το συγκεκριμένο κτίριο από τους αρμόδιους υπεύθυνους της Πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου. Υπάρχουν μόνο συγκεντρωτικά τιμολόγια για όλα τα κτίρια της Πολυτεχνειούπολης. Επισημαίνεται ότι, για την καταγραφή της θερμικής ενέργειας του φυσικού αερίου που καταναλώνεται, χρειάζονται τα ανάλογα τιμολόγια αγοράς και όχι η χρησιμοποιούμενη ποσότητα. Ακόμα, χρειάζεται ένας μετρητής φυσικού αερίου στο σύστημα λέβητα – καυστήρα, ο οποίος δεν υπήρχε. Επομένως, στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εργασίας, δε λαμβάνεται υπ' όψιν η κατανάλωση φυσικού αερίου, λόγω έλλειψης πληροφοριών.

Η ηλεκτρική ενέργεια χρησιμοποιείται για φωτισμό, τροφοδότηση των ηλεκτρικών συσκευών των γραφείων, τροφοδότηση των ηλεκτρονικών υπολογιστών στις αίθουσες και στα υπόλοιπα γραφεία, τροφοδότηση των servers, λειτουργία των ανελκυστήρων, θέρμανση και ψύξη μέσω της κλιματιστικής μονάδας, θέρμανση και ψύξη χώρων μέσω κλιματιστικών σωμάτων (air conditions). Η κλιματιστική μονάδα χρησιμοποιεί θερμοστάτη σε σταθερή θερμοκρασία 22 °C και βρίσκεται σε λειτουργία καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας και για όλες τις μέρες του χρόνου, ανεξάρτητα από το αν το κτίριο είναι ανοιχτό ή κλειστό. Εκτιμάται ότι η ύπαρξη του θερμοστάτη ισοδυναμεί με οχτώ ώρες καθημερινής λειτουργίας της κλιματιστικής μονάδας.

Το υπόγειο δεν κλιματίζεται, ενώ οι υπόλοιποι όροφοι κλιματίζονται ομοιόμορφα.

Για την εύρεση του ενεργειακού προφίλ του εξεταζόμενου κτιρίου, πραγματοποιήθηκε καταγραφή του ηλεκτρολογικού του εξοπλισμού κατά την περίοδο Ιουνίου – Ιουλίου 2010. Η καταγραφή αυτή περιλαμβάνει πληροφορίες από τους υπεύθυνους και τους χρήστες των εκάστοτε χώρων για το είδος του ηλεκτρολογικού εξοπλισμού, την ονομαστική του ισχύ και τις ώρες λειτουργίας του. Αρκετές φορές, λόγω έλλειψης επαρκών στοιχείων, χρειάστηκε να γίνουν ασφαλείς παραδοχές. Τα είδη των ηλεκτρικών συσκευών που χρησιμοποιούνται στα γραφεία του κτιρίου PcLab είναι τα εξής:

- Θερμαντικό (Singer) (χρησιμοποιείται μόνο τον χειμώνα)
- Προτζέκτορας
- Πολυμηχάνημα (HP Laserjet)
- Εκτυπωτής
- Μικρό ψυγείο
- Φούρνος μικροκυμάτων



Τα πολυμηχανήματα και οι εκτυπωτές θεωρούνται ότι όταν δε χρησιμοποιούνται, είναι σε κατάσταση αναμονής (stand-by).

Με τα δεδομένα που ανακτήθηκαν κατά τη διάρκεια της καταγραφής, υπολογίζονται στο επόμενο υποκεφάλαιο προσεγγιστικά η κατανομή της ηλεκτρικής κατανάλωσης του κτιρίου, καθώς και η ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας του κτιρίου. Σημειώνεται ότι ήταν αδύνατον να ανακτηθούν λογαριασμοί ρεύματος της ΔΕΗ για το κτίριο, έτσι ώστε να βρεθεί με δεύτερο τρόπο η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας. Ως γνωστόν, τα τιμολόγια αποτελούν σημαντική πηγή πληροφοριών σχετικά με την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας.

Επισημαίνεται ότι το Πολυτεχνείο είναι καταναλωτής μέσης τάσης (MT) της ΔΕΗ και πληρώνει Β2 τιμολόγιο. Όμως, έχει μόνο ένα συγκεντρωτικό λογαριασμό στη ΔΕΗ, επομένως, ήταν αδύνατον να βρεθεί η ηλεκτρική κατανάλωση του εξεταζόμενου κτιρίου.

Ακόμα, έγινε καταγραφή των εξωτερικών θυρών και υαλοπινάκων, για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας. Η συντριπτική πλειοψηφία των υαλοπινάκων είναι απλοί μονοί, ενώ τα πλαίσια είναι χωρίς θερμοδιακοπή.

### **4.3 Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας κτιρίου**

Από τις 52 εβδομάδες του έτους, μία εβδομάδα την περίοδο των Χριστουγέννων, μία εβδομάδα την περίοδο του Πάσχα και τέσσερις εβδομάδες του Αυγούστου, το κτίριο Pclab παραμένει κλειστό. Ακόμα, με βάση τα στοιχεία που συγκεντρώθηκαν ύστερα από επικοινωνία με τους χρήστες του κτιρίου, εκτιμάται μία εβδομάδα το χρόνο λόγω καταλήψεων ή αργιών. Οπότε, το κτίριο θεωρείται ότι παραμένει ανοιχτό για συνολικά 45 (=52-1-1-1-4) εβδομάδες το χρόνο. Ακόμα, έγινε η παραδοχή ότι κάθε μήνα, οι 'εργάσιμες μέρες' του κτιρίου είναι 21. Με βάση αυτές τις υποθέσεις γίνεται ο υπολογισμός της ετήσιας κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας.

Επισημαίνεται ότι για την κατανομή της κατανάλωσης της ηλεκτρικής ενέργειας στο χώρο, θεωρήθηκε ότι το εξεταζόμενο κτίριο αποτελείται από τρεις ορόφους: το ισόγειο, ο πρώτος και ο δεύτερος όροφος. Ορθώς ο τρίτος όροφος του κτιρίου δε λαμβάνεται υπ' όψιν, καθώς αποτελείται από ένα μικρό προθάλαμο που οδηγεί στην πόρτα της οροφής του κτιρίου και έχει μηδενική ηλεκτρική κατανάλωση. Ακόμα, ως κοινόχρηστοι χώροι θεωρούνται οι εσωτερικές σκάλες του κτιρίου, οι ανελκυστήρες και ο εξωτερικός περιβάλλοντας χώρος του εξεταζόμενου κτιρίου.

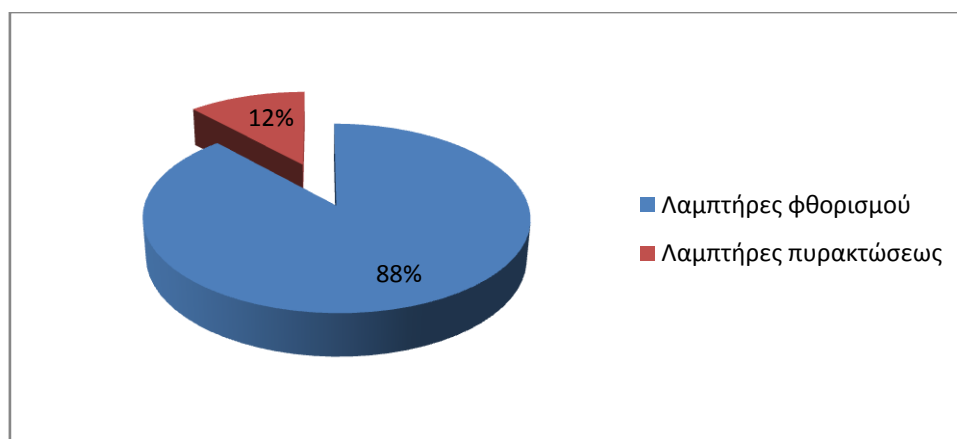
### 4.3.1 Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για φωτισμό

Από την καταγραφή του πλήθους των φωτιστικών σωμάτων και της ισχύος τους σε κάθε χώρο του κτιρίου προκύπτει η κατανάλωση ενέργειας για φωτισμό. Τα φωτιστικά σώματα που καταγράφηκαν στο εξεταζόμενο κτίριο είναι λαμπτήρες πυρακτώσεως και λαμπτήρες φθορισμού, οι οποίοι έχουν ισχύ 18W και 36W, μαζί με τα ηλεκτρομαγνητικά ballast που διαθέτουν. Τα συμβατικά μαγνητικά ballast προκαλούν προσαύξηση της ηλεκτρικής ισχύος των λαμπτήρων (άρα και της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας) κατά 25%. Αυτή η προσαύξηση λαμβάνεται υπ' όψιν για την εκτίμηση της εγκατεστημένης ισχύος και της ετήσιας κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας για το φωτισμό του κτιρίου.

Αναλυτικοί πίνακες με την καταγραφή του πλήθους και του αριθμού των φωτιστικών σωμάτων, καθώς και των ωρών λειτουργίας τους, υπάρχουν στο παράρτημα της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Από αυτούς τους πίνακες, προκύπτει ότι η εκτιμώμενη εγκατεστημένη ισχύ για το φωτισμό του κτιρίου είναι: 26,15 kW. Ακόμα, υπολογίζεται προσεγγιστικά η συνολική ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για φωτισμό:

$$E_{\text{φωτ}} = 38.644 \text{ kWh.}$$

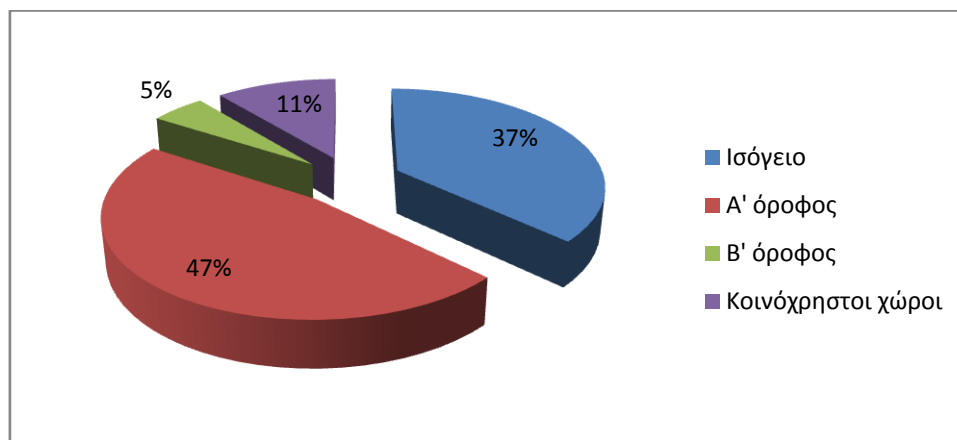
Η κατανομή της ετήσιας κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας για φωτισμό ανάλογα με το είδος του φωτιστικού σώματος που χρησιμοποιείται είναι η εξής:



Σχήμα 4.3: Εκτίμηση κατανομής ηλεκτρικής ενέργειας για φωτισμό ανάλογα με το είδος του φωτιστικού σώματος

Παρατηρείται ότι η συντριπτική πλειοψηφία των φωτιστικών σωμάτων που χρησιμοποιούνται για το φωτισμό του εξεταζόμενου κτιρίου (εσωτερικά και εξωτερικά) είναι λαμπτήρες φθορισμού. Γενικά, οι λαμπτήρες φθορισμού υπερτερούν έναντι των κοινών λαμπτήρων πυρακτώσεως σε διάρκεια ζωής και ενεργειακή οικονομία κατά τη χρήση.

Η κατανομή της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας για φωτισμό ανά χώρο είναι η εξής:



Σχήμα 4.4: Εκτίμηση κατανομής ηλεκτρικής ενέργειας για φωτισμό ανά χώρο

Παρατηρείται ότι η περισσότερη ηλεκτρική ενέργεια για φωτισμό καταναλώνεται από τα φορτία του ισόγειου και του πρώτου ορόφου. Στον πρώτο όροφο καταναλώνεται σχεδόν η μισή ηλεκτρική ενέργεια που καταναλώνεται για το φωτισμό όλου του κτιρίου. Επισημαίνεται ότι το ισόγειο έχει μεγαλύτερο όγκο σε σχέση με τον πρώτο όροφο, αλλά μεγάλο μέρος του εξωτερικού τοίχου στην κεντρική είσοδο του κτιρίου είναι καλυμμένο από παράθυρα, άρα χρειάζεται λιγότερος τεχνητός φωτισμός. Επιπλέον, παρ' όλο που τα παράθυρα αυτά στην είσοδο προσφέρουν επαρκή φυσικό φωτισμό, κατά τη διεξαγωγή της καταγραφής του ηλεκτρολογικού εξοπλισμού του κτιρίου παρατηρήθηκε ότι τα φωτιστικά σώματα ήταν αναμμένα, χωρίς ουσιαστικά να χρειάζεται, ακόμα και τις μεσημεριανές καλοκαιρινές ώρες σε μέρες με μεγάλη ηλιοφάνεια. Από την άλλη μεριά, κατά τη διάρκεια ενός τυπικού συννεφιασμένου μεσημεριού του Σεπτεμβρίου, τα ίδια φωτιστικά σώματα ήταν σβηστά, ενώ ταυτόχρονα ο φυσικός φωτισμός ήταν επαρκής. Συμπεραίνεται λοιπόν ότι κάποιες φορές γίνεται άσκοπη και αλόγιστη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας από τα συγκεκριμένους λαμπτήρες, καθώς ο χρόνος λειτουργίας τους είναι μεγαλύτερος σε σχέση με τις πραγματικές ανάγκες φωτισμού του χώρου. Επομένως, είναι αναμενόμενο το ισόγειο να καταναλώνει λιγότερη ηλεκτρική ενέργεια για φωτισμό συγκριτικά με τον πρώτο όροφο.

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

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, οι ανάγκες για θέρμανση και ψύξη του εξεταζόμενου κτιρίου καλύπτονται από δύο μορφές ενέργειας: την ηλεκτρική ενέργεια και το φυσικό αέριο.

Το φυσικό αέριο, μέσω του λέβητα του κτιρίου, τροφοδοτεί τα σώματα των καλοριφέρ. Ο λέβητας στον οποίο γίνεται η καύση του φυσικού αερίου, έχει καταγεγραμμένη ισχύ: 350.000 kcal/h. Ακόμα, από αντίστοιχα σχέδια του εξεταζόμενου κτιρίου έχει πραγματοποιηθεί η καταγραφή των υφιστάμενων καλοριφέρ (Carrier), η οποία παρατίθεται στους επόμενους πίνακες.

Πίνακας 4.1: Καταγραφή καλοριφέρ στο ισόγειο:

ΕΙΔΟΣ	ΠΛΗΘΟΣ
IK655/070	3
K280/130	4
IK655/130	1

Πίνακας 4.2: Καταγραφή καλοριφέρ στον πρώτο όροφο:

ΕΙΔΟΣ	ΠΛΗΘΟΣ
IK655/040	2
K280/090	6
K280/060	1
K280/140	4

Πίνακας 4.3: Καταγραφή καλοριφέρ στο δεύτερο όροφο:

ΕΙΔΟΣ	ΠΛΗΘΟΣ
IK655/070	2
K280/110	7
K280/100	1
K280/060	2
K280/160	4

Όμως, όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, λόγω έλλειψης δεδομένων, στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής δε γίνεται εκτίμηση της κατανάλωσης του κτιρίου σε φυσικό αέριο, καθώς δεν υπάρχει ο αντίστοιχος μετρητής για το κτίριο.

Η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για θέρμανση και ψύξη του κτιρίου γίνεται με δύο τρόπους. Ο πρώτος τρόπος είναι μέσω των κλιματιστικών σωμάτων (air conditioning) και ο δεύτερος τρόπος είναι μέσω της κλιματιστικής μονάδας και των fan coils που τροφοδοτεί.

Τα κλιματιστικά σώματα που είναι εγκατεστημένα στο Κτίριο των Ηλεκτρονικών Υπολογιστών χρησιμοποιούνται αρκετά σπάνια, σύμφωνα πάντα με τις πληροφορίες

από τους υπεύθυνους του εκάστοτε χώρου. Συγκεκριμένα, χρησιμοποιούνται μόνο για θερμικές ανάγκες ψύξης, επομένως λειτουργούν αποκλειστικά κατά τη θερινή περίοδο και για λίγες ώρες την ημέρα.

Οι τύποι των καταγεγραμμένων κλιματιστικών είναι οι εξής: Carrier Alegro, Excel, Daewoo, Panasonic, JVG, Daikin και Interklima. Η καταγραφή του πλήθους και της ονομαστικής ισχύος των κλιματιστικών σωμάτων, καθώς και ο υπολογισμός της ηλεκτρικής κατανάλωσής τους ανά χώρο, παρατίθενται στους πίνακες του παραρτήματος. Από αυτούς τους πίνακες, η συνολική εγκατεστημένη ισχύς των κλιματιστικών σωμάτων είναι 100,59 kW, ενώ υπολογίζεται προσεγγιστικά η συνολική ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής από τα κλιματιστικά σώματα:

$$E_{a/c} = 18.105 \text{ kWh.}$$

Η θέρμανση – ψύξη του εξεταζόμενου κτιρίου μέσω του συστήματος κλιματιστικής μονάδας και μονάδων fan coils γίνεται ως εξής: η κλιματιστική μονάδα καταναλώνει ηλεκτρική ενέργεια και τροφοδοτεί τις μονάδες fan coils, οι οποίες με τη σειρά τους καταναλώνοντας κάποια ηλεκτρική ενέργεια τροφοδοτούν τον περιβάλλοντα χώρο με θερμό ή ψυχρό αέρα.

Επισημαίνεται ότι η κλιματιστική μονάδα χρησιμοποιείται για τη θέρμανση – ψύξη των ηλεκτρονικών υπολογιστών των αιθουσών και των servers τους. Αυτές οι συσκευές αποτελούν ευαίσθητα ηλεκτρικά φορτία, λόγω των ηλεκτρονικών από τα οποία απαρτίζονται, και λειτουργούν όλο το χρόνο. Πρέπει λοιπόν να έχουν προκαθορισμένη και σταθερή θερμοκρασία περιβάλλοντος. Επομένως, το συγκεκριμένο σύστημα χρησιμοποιείται όλο το χρόνο, δηλαδή τόσο για τη θέρμανση των χώρων κατά τη χειμερινή περίοδο, όσο και για την ψύξη τους κατά τη θερινή περίοδο. Συγκεκριμένα, διαθέτει ένα θερμοστάτη, ο οποίος μετράει τη θερμοκρασία του περιβάλλοντα χώρου. Όταν αυτή η θερμοκρασία είναι ίση με τη θερμοκρασία που έχει προκαθοριστεί ως επιθυμητή, τότε το σύστημα κλιματιστική μονάδα – μονάδες fan coils παραμένει αδρανές και δεν καταναλώνει επομένως ηλεκτρική ενέργεια. Όταν όμως η θερμοκρασία χώρου είναι διαφορετική από την προκαθορισμένη θερμοκρασία, το εν λόγω σύστημα τίθεται σε λειτουργία (συγκεκριμένα, όταν η θερμοκρασία είναι μεγαλύτερη από το όριο τα fan coils βγάζουν ψυχρό αέρα, ενώ όταν είναι μικρότερη από το όριο τα fan coils βγάζουν θερμό αέρα), καταναλώνοντας ηλεκτρική ενέργεια.

Η κλιματιστική μονάδα που χρησιμοποιείται στο Κτίριο των Ηλεκτρονικών Υπολογιστών είναι η εξής: Liebert HIROSS High Performance Air Conditioning Himod. Το συγκεκριμένο μοντέλο απορροφά ρεύμα 40 A ανά φάση, ενώ η ψυκτική του απόδοση είναι 46 kW. Η ηλεκτρική ισχύς υπολογίζεται:

$$P = 3 \cdot 40 \cdot 220 \Leftrightarrow P = 26,4 \text{ kW}$$

Η θερμοκρασία που έχει προκαθοριστεί ως επιθυμητή έχει οριστεί στην τιμή 22 °C. Αυτή η τιμή παραμένει σταθερή για όλο το χρόνο. Η κλιματιστική μονάδα βρίσκεται σε κατάσταση λειτουργίας όλο το εικοσιτετράωρο, ανεξάρτητα από το αν το κτίριο είναι κλειστό ή ανοιχτό. Θεωρώντας μία ημέρα με τυπική τοπική θερμοκρασία περιβάλλοντος, η κλιματιστική μονάδα καταναλώνει ρεύμα περίπου 30% μέσα στη μέρα αυτή. Ενδεικτικά, θεωρείται ότι η περίοδος ηλεκτρικής κατανάλωσης της κλιματιστικής μονάδας είναι οχτώ ώρες σε μία τυπική ημέρα (αντιστοιχεί σε ποσοστό 33,33%).

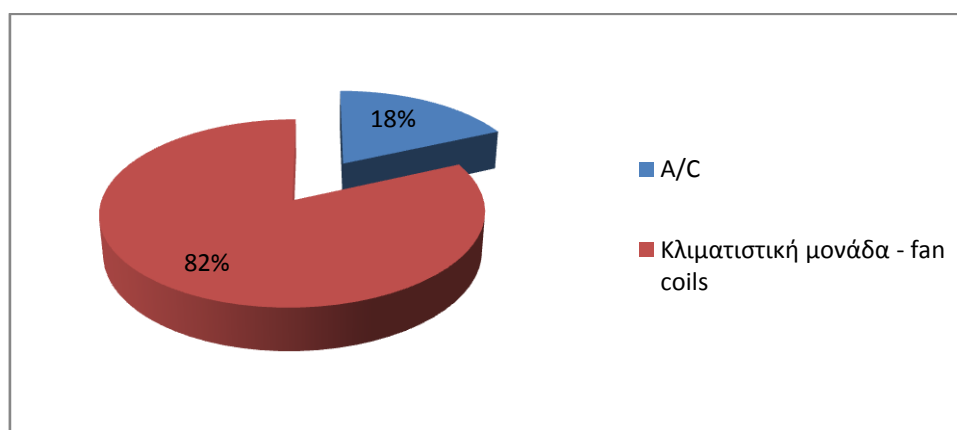
Η κλιματιστική μονάδα βρίσκεται σε κατάσταση λειτουργίας όλες τις ημέρες του χρόνου, επομένως υπολογίζεται η ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας από την κλιματιστική μονάδα:

$$E_{\text{κλ.μον}} = 77.088 \text{ kWh.}$$

Από τα αντίστοιχα σχέδια κατόψεων του συγκεκριμένου κτιρίου, έγινε η καταγραφή των μονάδων fan coils σε κάθε όροφο του κτιρίου. Σε όλο το κτίριο καταγράφηκαν 48 fan coils τύπου 200, 15 fan coils τύπου 300, 14 fan coils τύπου 400 και 7 fan coils τύπου 600. Αυτά λειτουργούν όταν λειτουργεί και η κλιματιστική μονάδα που τα τροφοδοτεί, επομένως η περίοδος ηλεκτρικής κατανάλωσής τους είναι οχτώ ώρες σε μία τυπική ημέρα. Το πλήθος και το είδος των μονάδων fan coils ανά όροφο, η ηλεκτρική τους ισχύς και ο υπολογισμός της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας ανά όροφο, παρατίθενται στους πίνακες του παραρτήματος. Με βάση αυτούς τους πίνακες, η συνολική εγκατεστημένη ισχύς των fan coils είναι 1,334 kW, ενώ υπολογίζεται προσεγγιστικά η ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας από τις μονάδες fan coils:

$$E_{\text{fancoils}} = 3.895 \text{ kWh.}$$

Ακολουθεί κατανομή της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας για θέρμανση – ψύξη με τους δύο προηγούμενους τρόπους:



Σχήμα 4.5: Εκτίμηση κατανομής ηλεκτρικής ενέργειας για θέρμανση – ψύξη με a/c και σύστημα κλιματιστικής μονάδας

Όπως ήταν αναμενόμενο, το σύστημα κλιματιστικής μονάδας και fan coils καταναλώνει πολύ περισσότερο από τα κλιματιστικά, η χρήση των οποίων είναι πολύ μικρή, μόνο για ψύξη και όχι για θέρμανση, ενώ εξαρτάται από ανθρώπινη επιλογή. Από την άλλη, η κλιματιστική μονάδα λειτουργεί συνεχώς, με μοναδική επιλογή την ευαισθησία του θερμοστάτη, ανεξάρτητα από το εάν το κτίριο είναι ανοιχτό ή κλειστό. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να καταναλώνεται πολύ παραπάνω ηλεκτρική ενέργεια, καθώς το κτίριο θερμαίνεται ή ψύχεται ώρες που δεν υπάρχει κανένας άνθρωπος μέσα στο κτίριο. Επισημαίνεται ότι τα κλιματιστικά σώματα ψύχουν μεγαλύτερο χώρο συνολικά σε σχέση με την κλιματιστική μονάδα, αλλά η κλιματιστική μονάδα χρησιμοποιείται για ευπαθή ηλεκτρικά φορτία που βρίσκονται σε λειτουργία συνεχώς.

Η συνολική ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για θέρμανση και ψύξη του κτιρίου υπολογίζεται:

$$E_{\text{θερ-ψυξ}} = 99.088 \text{ kWh.}$$

### 4.3.3 Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για ηλεκτρονικούς υπολογιστές και servers

Ως γνωστόν, οι servers λειτουργούν καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας, επομένως έχουν σημαντική κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας. Όσον αφορά τους servers του Κτιρίου Ηλεκτρονικών Υπολογιστών, δε μπόρεσαν να ανακτηθούν στοιχεία από τους αρμόδιους υπεύθυνους του κτιρίου ούτε για τον αριθμό, ούτε και για την ονομαστική τους ισχύ. Οπότε, ο υπολογισμός της ηλεκτρικής κατανάλωσης των servers θα πρέπει να γίνει με άλλο τρόπο.

Το Κτίριο Ηλεκτρονικών Υπολογιστών διαθέτει ένα UPS, το οποίο τροφοδοτεί τις αίθουσες υπολογιστών του ισόγειου και του πρώτου ορόφου, καθώς και τους υπολογιστές των γραφείων που βρίσκονται στο ισόγειο του κτιρίου, όπως επίσης και τους servers. Σε μία επίσκεψη τον Ιούνιο του 2010 στο γραφείο των μηχανικών του κτιρίου, η καταγραφή ισχύος του UPS ήταν: 33,6 kW. Όπως φαίνεται και από τον αντίστοιχο πίνακα του Παραρτήματος, η ηλεκτρική ισχύς των ηλεκτρονικών υπολογιστών είναι προσεγγιστικά: 20,25 kW. Επομένως, η ηλεκτρική ισχύς των servers προκύπτει 13,35 kW. Άρα, η συνολική ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας από τους servers του εξεταζόμενου κτιρίου υπολογίζεται προσεγγιστικά:

$$E_{\text{server}} = 116.946 \text{ kWh.}$$

Επισημαίνεται ότι η ηλεκτρική ενέργεια που καταναλώνει το UPS είναι πολύ χαμηλή και γι' αυτό δεν συμπεριλαμβάνεται στη συνολική κατανάλωση του εξεταζόμενου κτιρίου.

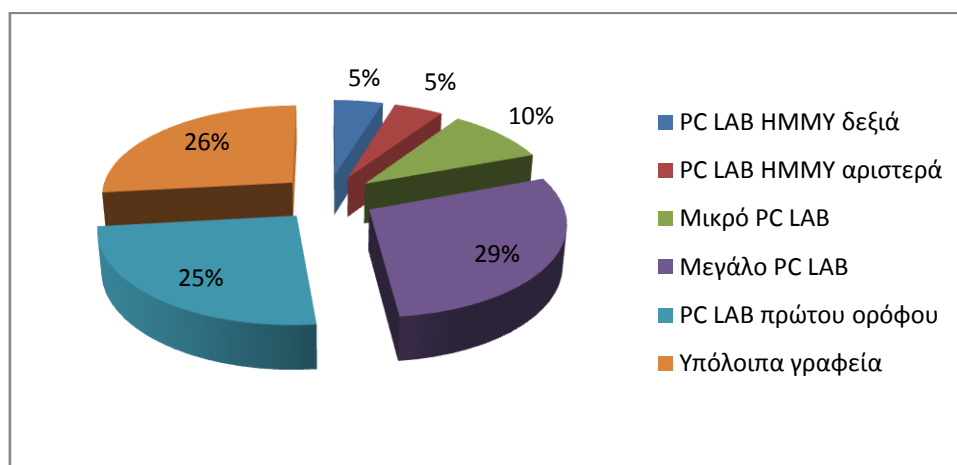
Το εξεταζόμενο κτίριο έχει πέντε αίθουσες υπολογιστών. Συμπεριλαμβάνοντας και τους ηλεκτρονικούς υπολογιστές που υπάρχουν στα γραφεία του κτιρίου, προφανώς η ηλεκτρική κατανάλωση για τη λειτουργία των υπολογιστών πρέπει να μελετηθεί ξεχωριστά από τα υπόλοιπα ηλεκτρικά φορτία.

Σύμφωνα με στοιχεία που προέκυψαν από την καταγραφή, στις τρεις κεντρικές αίθουσες υπολογιστών (δύο αίθουσες στο ισόγειο και μία αίθουσα στον πρώτο όροφο), οι υπολογιστές παραμένουν σε λειτουργία καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας. Οπότε, για τις ώρες που η αίθουσα παραμένει κλειστή, οι υπολογιστές λειτουργούν σε κατάσταση αναμονής (stand-by). Η αίθουσα του μικρού PcLab είναι ανοιχτή για έξι ώρες την ημέρα, η αίθουσα του μεγάλου PcLab στο ισόγειο του κτιρίου είναι ανοιχτή για δώδεκα ώρες την ημέρα, ενώ η αίθουσα του PcLab στον πρώτο όροφο είναι ανοιχτή για τρεις ώρες την ημέρα. Τις υπόλοιπες ώρες της ημέρας, οι ηλεκτρονικοί υπολογιστές βρίσκονται σε κατάσταση αναμονής. Αντιθέτως, για τους υπολογιστές που υπάρχουν στα υπόλοιπα γραφεία του κτιρίου, με βάση τις πληροφορίες των υπευθύνων, τους κλείνουν όταν φεύγουν από το χώρο τους. Οπότε, στο γραφείο των χειριστών του κτιρίου εκτιμάται ότι οι υπολογιστές είναι ανοιχτοί για δώδεκα ώρες την ημέρα, ενώ στα υπόλοιπα γραφεία για περίπου έξι με οχτώ ώρες την ημέρα.

Σύμφωνα με διεθνή βιβλιογραφία, οι υπολογιστές καταναλώνουν στην κατάσταση αναμονής το ένα πέμπτο (20%) σε σχέση με την ηλεκτρική τους κατανάλωση όταν λειτουργούν κανονικά, ένα ποσοστό που πρέπει να συμπεριληφθεί στον υπολογισμό. Συγκεκριμένα, σύμφωνα με σχετικές πηγές από πρόσφατες μελέτες, η ηλεκτρική ισχύς των ηλεκτρονικών υπολογιστών σε λειτουργία εκτιμάται ότι είναι 250W και η ηλεκτρική ισχύς των ηλεκτρονικών υπολογιστών σε κατάσταση αναμονής είναι 50W.



Η κατανομή της ηλεκτρικής ενέργειας που καταναλώνουν οι ηλεκτρονικοί υπολογιστές σε κάθε αίθουσα υπολογιστών και στα υπόλοιπα γραφεία είναι η εξής:



Σχήμα 4.6: Εκτίμηση κατανομής ηλεκτρικής ενέργειας ηλεκτρονικών υπολογιστών ανά χώρο

Όπως ήταν αναμενόμενο, το μεγαλύτερο μέρος της ηλεκτρικής κατανάλωσης του συνόλου των υπολογιστών σε όλο το κτίριο απορροφάται από τις τρεις κεντρικές αίθουσες υπολογιστών (μικρό PcLab, μεγάλο PcLab και PcLab πρώτου ορόφου). Επισημαίνεται ότι το μεγάλο Pc Lab στο ισόγειο έχει την ίδια σχεδόν ηλεκτρική κατανάλωση με αυτήν του Pc Lab στον πρώτο όροφο, παρ' όλο που έχει το μισό αριθμό υπολογιστών. Όμως, η αίθουσα Pc Lab στο ισόγειο είναι ανοιχτή σχεδόν όλες τις ώρες που παραμένει ανοιχτό το κτίριο, σε αντίθεση με την αίθουσα Pc Lab στον πρώτο όροφο, η οποία τις περισσότερες ώρες της ημέρας παραμένει κλειστή.

Το πλήθος των ηλεκτρονικών υπολογιστών και ο αριθμός των ωρών λειτουργίας τους σε κάθε χώρο του κτιρίου, καταγράφονται αναλυτικά στους πίνακες του παραρτήματος. Από αυτούς τους πίνακες, υπολογίζεται προσεγγιστικά η συνολική ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για ηλεκτρονικούς υπολογιστές:

$$E_{PC} = 101.592 \text{ kWh.}$$

Παρατηρείται ότι η ηλεκτρική κατανάλωση των servers είναι μεγαλύτερη από την ηλεκτρική κατανάλωση των ηλεκτρονικών υπολογιστών του κτιρίου. Αυτό το αποτέλεσμα ερμηνεύεται από το γεγονός ότι το εξεταζόμενο κτίριο στεγάζει, μεταξύ άλλων, τον κεντρικό υπολογιστή του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου. Επομένως, οι servers που διαθέτει είναι αρκετά μεγάλοι, με συνέπεια να καταναλώνουν αξιοσημείωτη ηλεκτρική ενέργεια.

Επομένως, η συνολική ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας του κτιρίου για τους ηλεκτρονικούς υπολογιστές και τους servers υπολογίζεται προσεγγιστικά:

$$E_{PC-server} = 218.532 \text{ kWh.}$$

#### **4.3.4 Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για λειτουργία των ανελκυστήρων**

Στο Κτίριο Ηλεκτρονικών Υπολογιστών λειτουργούν δύο ηλεκτρικοί μηχανικοί ανελκυστήρες. Για την εύρεση της ηλεκτρικής τους κατανάλωσης, χρησιμοποιήθηκαν τα αποτελέσματα από τον ηλεκτρονικό αναλυτή ενέργειας που τοποθετήθηκε στον ηλεκτρικό μηχανικό ανελκυστήρα του Κτιρίου Χημικών Μηχανικών στην Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου. Ο αναλυτής ηλεκτρικής ενέργειας συνδέθηκε την Τρίτη 27 Απριλίου 2010 και αποσυνδέθηκε τη Δευτέρα 3 Μαΐου 2010, δηλαδή οι μετρήσεις διεξήχθησαν για την περίοδο μίας εβδομάδας. Από τα διαγράμματα του ηλεκτρικού αναλυτή ενέργειας υπολογίστηκε ότι η εβδομαδιαία κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας του ανελκυστήρα είναι: 10,08 kWh. Επομένως, για το εξεταζόμενο στην παρούσα διπλωματική εργασία κτίριο, το οποίο έχει δύο μηχανικούς ανελκυστήρες, η εβδομαδιαία κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για την κίνηση των ανελκυστήρων είναι: 20,16 kWh. Άρα, η συνολική ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για την κίνηση των ανελκυστήρων υπολογίζεται προσεγγιστικά:

$$E_{av} = 907 \text{ kWh.}$$

#### **4.3.5 Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας από ηλεκτρικές συσκευές**

Σε αυτήν την κατηγορία υπάγονται οι καταναλώσεις διαφόρων ηλεκτρικών συσκευών που χρησιμοποιούνται στους χώρους του συγκεκριμένου κτιρίου (εκτός των κλιματιστικών τα οποία υπολογίζονται στην κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για θέρμανση – ψύξη).

Τα πολυμηχανήματα και οι εκτυπωτές θεωρούνται όταν δε χρησιμοποιούνται, είναι σε κατάσταση αναμονής (stand-by).

Με βάση το μοντέλο της κάθε ηλεκτρικής συσκευής και λαμβάνοντας υπ' όψιν τις πληροφορίες που δίνει η κάθε εταιρία αλλά και τις ενδεικτικές τιμές ηλεκτρικής κατανάλωσης, βρίσκεται η ηλεκτρική ισχύς της συσκευής.

Επισημαίνεται ότι για τα γραφεία του δευτέρου ορόφου δεν μπόρεσε να γίνει καταγραφή των ηλεκτρικών συσκευών που χρησιμοποιούνται. Δεδομένου όμως του μικρού αριθμού των γραφείων στον όροφο αυτό και των λίγων ωρών χρήσης τους,

θεωρείται ότι η ηλεκτρική κατανάλωσή τους είναι ιδιαίτερα χαμηλή, οπότε το σφάλμα που προκύπτει θεωρείται ορθώς αμελητέο.

Οι αντίστοιχοι πίνακες, όπου φαίνονται αναλυτικά το είδος και το μοντέλο κάθε ηλεκτρικής συσκευής, το πλήθος τους και ο υπολογισμός της ετήσιας ηλεκτρικής κατανάλωσης των ηλεκτρικών συσκευών ανά χώρο είναι οι πίνακες του παραρτήματος. Από αυτή την καταγραφή των ηλεκτρικών συσκευών διαπιστώνεται ότι η ενεργειακή κατανάλωσή τους είναι ιδιαίτερα χαμηλή. Αυτό εξηγείται από το γεγονός ότι το εξεταζόμενο κτίριο, σε αντίθεση με τα υπόλοιπα κτίρια στην Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου, δεν έχει κανένα εργαστήριο με ηλεκτρικά φορτία που να τραβούν σημαντική ποσότητα ρεύματος. Οι ηλεκτρικές συσκευές που χρησιμοποιούνται είναι κυρίως ‘οικιακές’.

Η εκτιμώμενη ετήσια κατανάλωση των ηλεκτρικών συσκευών που προκύπτει από την καταγραφή του ηλεκτρολογικού εξοπλισμού παρατίθεται στον επόμενο πίνακα:

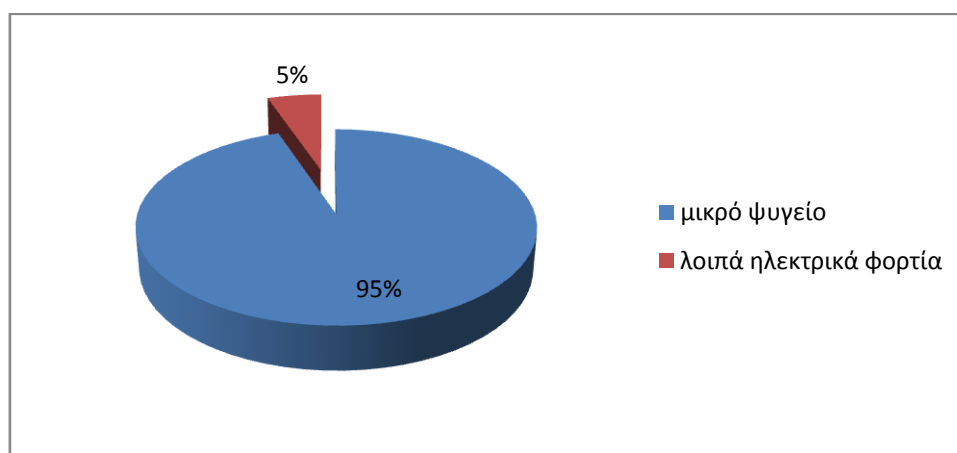
Πίνακας 4.4: Εκτίμηση ετήσιας ηλεκτρικής κατανάλωσης από συσκευές

ΕΙΔΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ	kWh/ΧΡΟΝΟ
θερμαντικό Singer	84,00
προτζέκτορας	172,50
εκτυπωτής	60,48
φούρνος μικροκυμάτων	89,70
μικρό ψυγείο	7338,24

Επομένως, με βάση τις πληροφορίες από τους υπεύθυνους κάθε χώρου για τις ώρες χρήσης αυτών των ηλεκτρικών συσκευών, υπολογίζεται προσεγγιστικά η ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας από λοιπές ηλεκτρικές συσκευές:

$$E_{\text{συσ}} = 7.743 \text{ kWh.}$$

Μάλιστα, η συντριπτική πλειοψηφία της κατανάλωσης αποτελεί η ηλεκτρική κατανάλωση των μικρών ψυγείων, όχι τόσο λόγω του μεγέθους της ισχύος τους, αλλά κυρίως επειδή είναι σε λειτουργία όλο το εικοσιτετράωρο, ενώ οι υπόλοιπες ηλεκτρικές συσκευές χρησιμοποιούνται λίγο έως ελάχιστα. Ενδεικτικά παρατίθεται η εξής κατανομή:



Σχήμα 4.7: Εκτίμηση κατανομής ηλεκτρικής κατανάλωσης ενέργειας από ηλεκτρικές συσκευές

#### 4.3.6 Συνολική ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας

Στον επόμενο πίνακα παρατίθενται συγκεντρωτικά όλες οι ετήσιες καταναλώσεις ηλεκτρικής ενέργειας για κάθε χρήση για το εξεταζόμενο κτίριο:

Πίνακας 4.5: Εκτίμηση ετήσιας ηλεκτρικής κατανάλωσης ανά χρήση

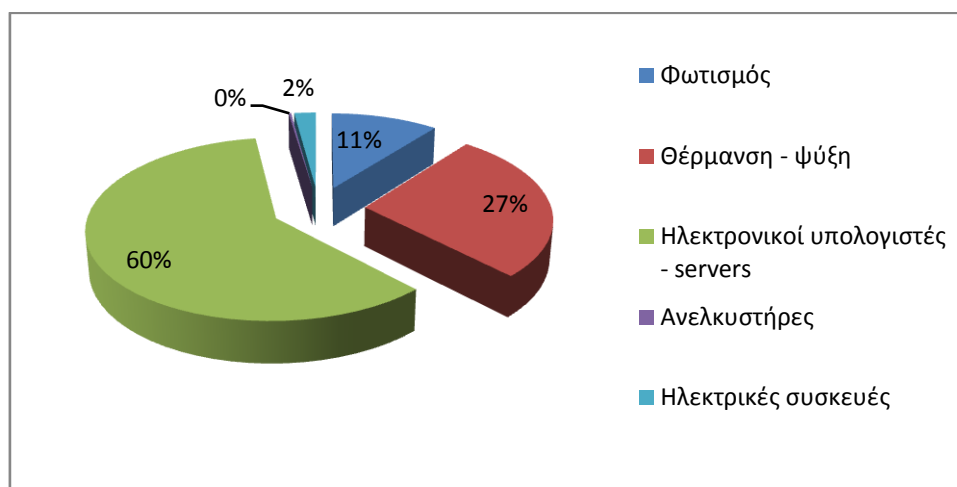
ΧΡΗΣΗ	kWh/ΕΤΟΣ
Φωτισμός	38.644
Θέρμανση - ψύξη	99.088
Ηλεκτρονικοί υπολογιστές - servers	218.532
Ανελκυστήρες	907
Ηλεκτρικές συσκευές	7.743
<b>ΣΥΝΟΛΟ:</b>	<b>364.914</b>

Η συνολική ετήσια ηλεκτρική κατανάλωση ενέργειας του Κτιρίου Ηλεκτρονικών Υπολογιστών υπολογίζεται:

$$E = 364.914 \text{ kWh.}$$

Η κατανομή της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας ανά χρήση στο εξεταζόμενο κτίριο μπορεί να βοηθήσει στην αξιολόγηση των προτάσεων εξοικονόμησης ενέργειας για το κτίριο αυτό, καθώς προσφέρει μια πιο ξεκάθαρη εικόνα για το ποια φορτία είναι περισσότερο ενεργοβόρα και ποια φορτία είναι λιγότερο ενεργοβόρα.

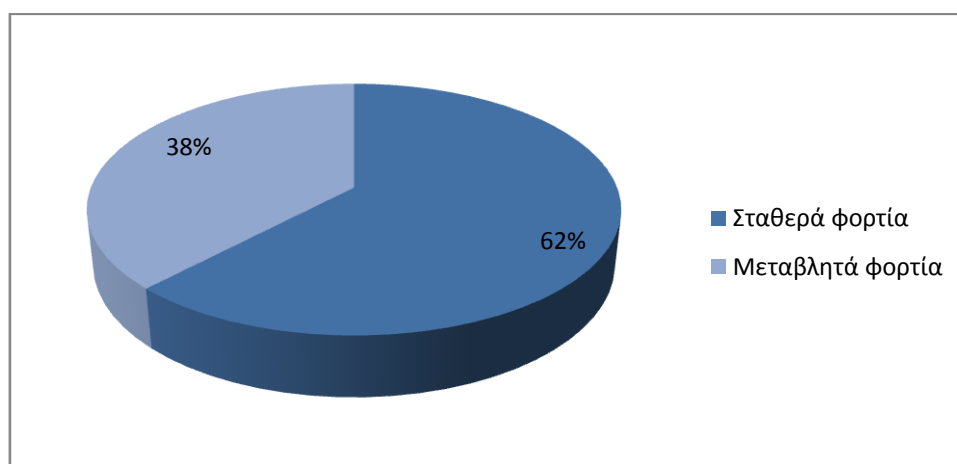
Ακολουθεί κατανομή ηλεκτρικής ενέργειας ανά χρήση για ένα ολόκληρο αντιπροσωπευτικό έτος λειτουργίας του Κτιρίου Ηλεκτρονικών Υπολογιστών:



Σχήμα 4.8: Εκτίμηση κατανομής ετήσιας ηλεκτρικής ενέργειας ανά χρήση

Όπως ήταν αναμενόμενο, η περισσότερη ηλεκτρική ενέργεια καταναλώνεται για τη λειτουργία και χρήση των ηλεκτρονικών υπολογιστών και των servers. Πολύ μεγάλο ποσοστό ηλεκτρικής ενέργειας καταναλώνεται και για τις θερμικές ανάγκες του εξεταζόμενου κτιρίου. Η διαπίστωση αυτή εξηγείται σε πολύ μεγάλο βαθμό από το γεγονός ότι η κλιματιστική μονάδα βρίσκεται σε κατάσταση λειτουργίας καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας, ικανοποιώντας θερμικές ανάγκες που αρχικά φαίνεται ότι δεν χρειάζονται, αφού το κτίριο είναι κλειστό, όμως εξυπηρετεί ευαίσθητα ηλεκτρικά φορτία που πρέπει να βρίσκονται σε σταθερή θερμοκρασία. Ακόμα, η κατανάλωση των ηλεκτρικών συσκευών είναι πολύ μικρή, υποδεικνύοντας τη χαμηλή συνεισφορά τους στη συνολική κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας του κτιρίου. Τέλος, διαπιστώνεται ότι το ρεύμα που καταναλώνουν οι δύο ανελκυστήρες του κτιρίου είναι πρακτικά αμελητέο συγκριτικά με τις υπόλοιπες ηλεκτρικές καταναλώσεις. Πράγματι, οι ανελκυστήρες δε χρησιμοποιούνται πολύ, καθώς ο δεύτερος όροφος αποτελείται από μικρό αριθμό γραφείων, ενώ στον πρώτο όροφο του κτιρίου υπάρχει εξωτερική είσοδος από την πλατεία της Πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου.

Στη συνέχεια, γίνεται διαχωρισμός των ηλεκτρικών φορτίων του κτιρίου σε σταθερά φορτία στο χρόνο, δηλαδή ανεξάρτητα των κλιματολογικών συνθηκών, και μεταβλητά φορτία, δηλαδή εξαρτώμενα από τις κλιματολογικές συνθήκες. Στο εξεταζόμενο κτίριο, στα σταθερά φορτία ανήκουν οι ηλεκτρονικοί υπολογιστές, οι servers, οι ηλεκτρικές συσκευές και οι ανελκυστήρες. Στα μεταβλητά φορτία ανήκουν ο φωτισμός και η θέρμανση – ψύξη του κτιρίου. Η κατανομή της ετήσιας κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας στα σταθερά και μεταβλητά φορτία του κτιρίου είναι η εξής:



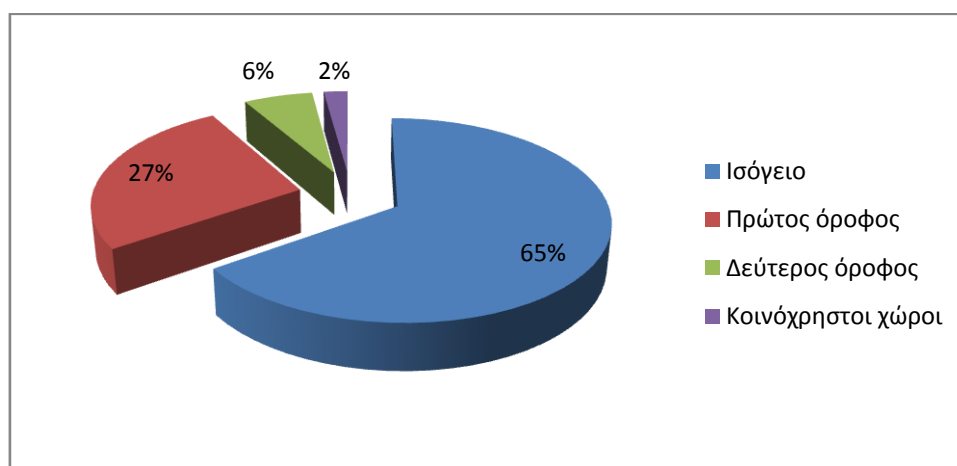
Σχήμα 4.9: Εκτίμηση κατανομής ετήσιας ηλεκτρικής ενέργειας από σταθερά και μεταβλητά φορτία

Παρατηρείται ότι η ηλεκτρική κατανάλωση των σταθερών ηλεκτρικών φορτίων του κτιρίου είναι πολύ μεγαλύτερη από την κατανάλωση των μεταβλητών φορτίων. Αυτό είναι αναμενόμενο, καθώς στα σταθερά φορτία ανήκουν οι ηλεκτρονικοί υπολογιστές και οι servers, οι οποίοι αποτελούν το 60% της συνολικής κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας του Κτιρίου Ηλεκτρονικών Υπολογιστών.

#### 4.3.7 Ηλεκτρική κατανάλωση ενέργειας ανά χώρο

Η κατανομή της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας ανά χώρο συμβάλλει στην καλύτερη καταγραφή και εντοπισμό των ενεργειακών πηγών μέσα στο κτίριο, καθώς και στον αποδοτικότερο έλεγχο της ενεργειακής σπατάλης. Επομένως, δίνει τη δυνατότητα για καλύτερη και πληρέστερη αξιολόγηση των προτάσεων εξοικονόμησης ενέργειας.

Η κατανομή της ηλεκτρικής κατανάλωσης ενέργειας ανά χώρο του εξεταζόμενου κτιρίου είναι:



Σχήμα 4.10: Εκτίμηση κατανομής ηλεκτρικής ενέργειας ανά χώρο

Παρατηρείται ότι η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας στο ισόγειο του κτιρίου είναι διπλάσια του αθροίσματος των ηλεκτρικών καταναλώσεων όλων των υπόλοιπων χώρων. Αυτό το συμπέρασμα εξηγείται όχι τόσο από το γεγονός ότι το ισόγειο έχει το μεγαλύτερο όγκο σε σχέση με τον όγκο του κάθε ορόφου, αλλά από το γεγονός ότι στο ισόγειο βρίσκονται τα πιο μεγάλα και ενεργοβόρα ηλεκτρικά φορτία του κτιρίου, για παράδειγμα η κλιματιστική μονάδα και οι περισσότεροι servers.

#### 4.3.8 Υπολογισμός δείκτη ηλεκτρικής κατανάλωσης

Ο ενεργειακός δείκτης απόδοσης ενός κτιρίου ουσιαστικά αναφέρεται στην ποσότητα ενέργειας που καταναλώνεται ανά μονάδα επιφάνειας χώρου. Πιο απλά, ο ενεργειακός δείκτης απόδοσης υπολογίζεται διαιρώντας την ετήσια κατανάλωση ενέργειας με την επιφάνεια του κτιρίου. Έχει μονάδα μέτρησης: kWh/m<sup>2</sup>/έτος. Η κυριότερη χρήση αυτού του δείκτη είναι ότι επιτρέπει τη σύγκριση των κτιρίων με διεθνή κριτήρια αξιολόγησης που έχουν δημοσιευτεί. Όμως, ο ενεργειακός δείκτης αφορά τις ειδικές καταναλώσεις ηλεκτρισμού και καυσίμων. Στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εργασίας, δεν μπόρεσε να βρεθεί η κατανάλωση του κτιρίου σε φυσικό αέριο. Οπότε, ο δείκτης που θα υπολογιστεί αφορά μόνο την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας και δεν μπορεί να συγκριθεί με τα διεθνή πρότυπα. Ο δείκτης ηλεκτρικής κατανάλωσης του Κτιρίου Ηλεκτρονικών Υπολογιστών υπολογίζεται:

$$\Delta = 23,482 \text{ kWh/m}^2/\text{έτος}.$$

## 4.4 Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας κτιρίου

Γενικά ως θερμομόνωση στις κτιριακές κατασκευές ορίζεται το σύνολο των κατασκευαστικών μέτρων τα οποία λαμβάνονται για τη μείωση της μετάδοσης θερμότητας, είτε μεταξύ των εσωτερικών χώρων του κτιρίου και της ατμόσφαιρας, είτε μεταξύ εσωτερικών χώρων του κτιρίου διαφορετικής θερμοκρασίας.

Οι θερμικές απώλειες στα κτίρια γίνονται είτε μέσα από τα δομικά στοιχεία του κτιριακού κελύφους (transmission losses), είτε μέσω του αερισμού (ventilation losses), δηλαδή ηθελημένος αερισμός ή διαφυγές του αέρα.

Οι παράγοντες που επηρεάζουν τις θερμικές απώλειες στα κτίρια είναι οι εξής:

- Κλιματικοί παράγοντες:
  - Θερμοκρασία περιβάλλοντος
  - Υγρασία περιβάλλοντος
  - Υετός (βροχή, χιόνι, χαλάζι)
  - Ηλιοφάνεια
  - Ένταση και διεύθυνση του ανέμου
- Χαρακτηριστικά του κτιρίου:
  - Θέση (υψόμετρο)
  - Προσανατολισμός
  - Επιφάνεια του κελύφους
  - Δομικά στοιχεία του κελύφους
  - Διάταξη των χώρων στην κάτοψη
  - Αεροπερατότητα κελύφους (εξωτερικά κουφώματα)
- Περιβαλλοντικοί παράγοντες:
  - Αέρια ρύπανση
  - Περιβαλλοντική ηχορύπανση

### 4.4.1 Θερμομόνωση κτιριακού κελύφους

Οι στόχοι της θερμομόνωσης του κελύφους είναι οι εξής:



- Θερμική άνεση των ενοίκων (δηλαδή η υποκειμενική αίσθηση ικανοποίησης για τη θερμοκρασία περιβάλλοντος, μικρές διακυμάνσεις θερμοκρασίας)
- Οικονομία στην κατανάλωση ενέργειας για τη θέρμανση και τον κλιματισμό των χώρων. Με την καλή θερμική μόνωση μειώνονται τα τρέχοντα έξοδα θέρμανσης των κτιρίων, ενώ ταυτόχρονα προστατεύεται η κατασκευή από καταστροφές που μπορεί να προκληθούν (σπάσιμο σωλήνων από παγετό, αποκόλληση κονιάματος λόγω υδρατμών κτλ.) λόγω απότομων μεταβολών της θερμοκρασίας ή λόγω συγκέντρωσης υδρατμών.
- Περιορισμός του αρχικού κόστους κατασκευής και εγκατάστασης του συστήματος κεντρικής θέρμανσης ή κλιματισμού
- Αποφυγή ζημιών στα δομικά στοιχεία (λόγω συστολών, διαστολών, παγετού κλπ.)
- Ταυτόχρονη ηχομόνωση
- Βελτίωση ποιότητας του περιβάλλοντος (άμεσα και έμμεσα, πχ. καυσαέρια από εγκατάσταση θέρμανσης)

#### 4.4.1.1 Τρόποι θερμομόνωσης

Ο τρόπος με τον οποίο πρόκειται να θερμομονωθεί μία κτιριακή κατασκευή εξαρτάται από τα εξής:

- Την αντίσταση θερμοδιαφυγής των στοιχείων κατασκευής (οροφή, τοίχοι, δάπεδο κτλ.)
- Τη διαπερατότητα των στοιχείων κατασκευής από τον αέρα και ιδιαίτερα των εξωτερικών στοιχείων
- Τη θερμοχωρητικότητα των στοιχείων της κατασκευής
- Τη χρήση των χώρων που θερμομονώνονται

Τα είδη θερμομόνωσης που συναντώνται είναι γενικά τα εξής:

- Εσωτερική θερμομόνωση: γίνεται με την τοποθέτηση του μονωτικού υλικού από την εσωτερική πλευρά των δομικών στοιχείων. Χρησιμοποιείται σε χώρους, οι οποίοι δεν έχουν απαίτηση συνεχόμενης θέρμανσης (π.χ. εκκλησίες, αίθουσες διαλέξεων), αλλά δεν προσφέρουν συνέχεια στη μόνωση του κελύφους, έχουν περισσότερες πιθανότητες για την εμφάνιση υδρατμών και δεν εκμεταλλεύονται τη θερμοχωρητικότητα των δομικών στοιχείων.

- Εξωτερική θερμομόνωση: γίνεται με την τοποθέτηση του μονωτικού υλικού από την εξωτερική πλευρά των δομικών στοιχείων. Χρησιμοποιείται σε μεγαλύτερο βαθμό γιατί εμφανίζει σημαντικά πλεονεκτήματα, όπως εκμετάλλευση της θερμοχωρητικότητας των δομικών στοιχείων, λιγότερες πιθανότητες υγραποίησης υδρατμών, προστασία των δομικών στοιχείων από απότομες μεταβολές θερμοκρασίας και έχει ικανότητα εφαρμογής και σε υφιστάμενα κτίρια. Παράλληλα, όμως, εμφανίζει και αρκετά μειονεκτήματα, όπως αναγκαιότητα προστασίας της μόνωσης από τα στοιχεία της φύσης, προστασία από το φαινόμενο συστολής – διαστολής και υψηλό κόστος κατασκευής.

#### 4.4.1.2 Θερμομονωτικά υλικά

Τα θερμομονωτικά υλικά είναι δομικά υλικά τα οποία εμποδίζουν τη μετάδοση της θερμότητας μέσω της μάζας τους. Σύμφωνα με διεθνή βιβλιογραφία, τα δομικά υλικά που παρουσιάζουν  $\lambda < 0,065 \text{ W/(mK)}$  θεωρούνται θερμομονωτικά υλικά. Τα κριτήρια επιλογής των θερμομονωτικών υλικών είναι τα εξής:

- Θερμομονωτική ικανότητα ( $\lambda$ )
- Ανθεκτικότητα σε περιβαλλοντικές επιδράσεις (μεταβολές θερμοκρασίας, ηλιακή ακτινοβολία, υγρασία, φωτιά, μικροοργανισμοί κλπ.)
- Συμπεριφορά στην υγρασία
- Μηχανική αντοχή (ελαστικότητα, ευθρηπτικότητα, ευθραστότητα, αντοχή σε θλίψη, κάμψη, δονήσεις, διατήρηση όγκου και σχήματος)
- Συμπεριφορά (ευχρηστότητα, τεχνολογία επεξεργασίας)
- Κόστος

#### 4.4.1.3 Φυσικά μεγέθη στη μελέτες θερμομόνωσης

Τα βασικά φυσικά μεγέθη στις μελέτες θερμομόνωσης είναι τα εξής:

- Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας ( $\lambda$ ): είναι η ποσότητα θερμότητας που περνά στη μονάδα του χρόνου μέσα από τις απέναντι πλευρές ενός κύβου πλευράς 1 m από ομογενές υλικό, όταν η διαφορά θερμοκρασίας των επιφανειών αυτών διατηρείται σταθερή στον 1 °C. Η μονάδα μέτρησής του είναι: W/(mK).

- Συντελεστής θερμοδιαφυγής ( $\Lambda$ ): είναι η ποσότητα θερμότητας που περνά στη μονάδα του χρόνου από επιφάνεια 1 m<sup>2</sup> ενός δομικού στοιχείου πάχους d, όταν η

διαφορά θερμοκρασίας των απέναντι πλευρών του διατηρείται σταθερή στον  $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Η μονάδα μέτρησής του είναι:  $\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$ .

- Αντίσταση θερμοδιαφυγής ( $1/\Lambda$ )

- Συντελεστής θερμικής μετάβασης ( $a$ ): είναι η ποσότητα θερμότητας που μεταβιβάζεται στη μονάδα του χρόνου από την επιφάνεια  $1\text{ m}^2$  ενός δομικού στοιχείου στον αέρα (ή αντίστροφα) που ακίνητος εφάπτεται επάνω του, όταν η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ στοιχείου - αέρα διατηρείται σταθερή στον  $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Η μονάδα μέτρησής του είναι:  $\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$ .

- Αντίσταση θερμικής μετάβασης ( $1/a$ )

- Συντελεστής θερμοπερατότητας ( $K$ ): είναι η ποσότητα θερμότητας που περνά στη μονάδα του χρόνου από  $1\text{ m}^2$  ενός δομικού στοιχείου πάχους  $d$ , όταν η διαφορά θερμοκρασίας του ακίνητου αέρα που εφάπτεται στις δύο πλευρές του διατηρείται σταθερή στον  $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Ορίζει δηλαδή τις θερμικές απώλειες μέσω ενός δομικού στοιχείου. Η μονάδα μέτρησής του είναι:  $\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$ .

- Αντίσταση θερμοπερατότητας ( $1/K$ )

#### **4.4.2 Μεθοδολογία υπολογισμού θερμομόνωσης κτιρίου σύμφωνα με τον Κανονισμό Θερμικών Μονώσεων**

Ο ισχύων κανονισμός θερμομόνωσης κτιρίων προβλέπει τρία βήματα υπολογισμών των θερμομονωτικών χαρακτηριστικών των στοιχείων του κελύφους τους και των αντίστοιχων ελέγχων.

##### **4.4.2.1 Πρώτο βήμα στη μελέτη θερμομόνωσης**

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

- Τα υλικά από τα οποία αποτελείται
- Τα πάχη των διαδοχικών στρώσεων
- Ο προσανατολισμός του (οριζόντιος ή κατακόρυφος)

- Το μέσο στο οποίο βρίσκεται σε επαφή (περιβάλλον, έδαφος, στεγασμένος χώρος, κλπ.)

Εφ' όσον υπάρχει διαφοροποίηση έστω και ενός από τα παραπάνω χαρακτηριστικά σε ένα δομικό στοιχείο, θα πρέπει να γίνει ξεχωριστός υπολογισμός του  $k$  του.

Για τον υπολογισμό του  $k$ , χρησιμοποιήθηκαν τα αρχιτεκτονικά σχέδια των κατόψεων του κτιρίου, καθώς και τα σχέδια των τομών των δομικών του στοιχείων. Από αυτά, βρέθηκε για κάθε δομικό στοιχείο το πάχος της κάθε στρώσης  $d$ . Οι συντελεστές θερμικής αγωγιμότητας των υλικών  $\lambda$  από τα οποία αποτελούνται, ανακτώνται από αντίστοιχους πίνακες.

Στη συνέχεια υπολογίζεται η αντίσταση θερμοδιαφυγής του στοιχείου ( $1/\Lambda$ ) ως άθροισμα των επί μέρους θερμικών αντιστάσεων, δηλαδή ισχύει:  $\frac{1}{\Lambda} = \sum \frac{d_i}{\lambda_i}$

Στην αντίσταση θερμοδιαφυγής προστίθενται οι δύο αντιστάσεις θερμικής μετάβασης:  $1/a_i$  (εσωτερική) και  $1/a_a$  (εξωτερική). Οι συντελεστές θερμικής μετάβασης ανακτώνται από τον πίνακα του παραρτήματος. Με αυτόν τον τρόπο υπολογίζεται η αντίσταση θερμοπερατότητας του στοιχείου,  $1/k$ , δηλαδή ισχύει:

$$\frac{1}{k} = \frac{1}{\Lambda} + R_i + R_a$$

Ο συντελεστής θερμοπερατότητας του στοιχείου,  $k$ , υπολογίζεται με αντιστροφή της αντίστασης θερμοπερατότητας. Η τιμή αυτή ελέγχεται ως προς την τιμή  $k_{\max}$ , η οποία ανακτάται από τον πίνακα του παραρτήματος. Θα πρέπει να ισχύει:  $k \leq k_{\max}$ .

Σημειώνεται ότι δεν υπολογίζεται ο συντελεστής  $k$  των κουφωμάτων, εφ' όσον σύμφωνα με τον κανονισμό, αυτός παίρνεται έτοιμος από τους αντίστοιχους πίνακες.

#### 4.4.2.2 Δεύτερο βήμα στη μελέτη θερμομόνωσης

Στο δεύτερο βήμα, καταγράφονται τα δομικά στοιχεία που συναποτελούν το κατακόρυφο κέλυφος του κάθε ορόφου. Για κάθε ένα από τα στοιχεία αυτά, μεταφέρεται ο συντελεστής θερμοπερατότητας, όπως αυτός υπολογίστηκε στο πρώτο βήμα, και υπολογίζεται η επιφάνεια που το στοιχείο αυτό καταλαμβάνει στο (κατακόρυφο) κέλυφος του συγκεκριμένου ορόφου.

Η ίδια διαδικασία επαναλαμβάνεται και για τα κουφώματα που συναντώνται στο κέλυφος του συγκεκριμένου ορόφου, όπου όμως, οι αντίστοιχοι συντελεστές  $k$  ανακτώνται από τους αντίστοιχους πίνακες.

Στη συνέχεια υπολογίζονται τα γινόμενα των συντελεστών θερμοπερατότητας  $k$  επί την επιφάνεια  $F$ , που καταλαμβάνει το κάθε δομικό στοιχείο στο κέλυφος του συγκεκριμένου ορόφου. Το άθροισμα των γινομένων μεταφέρεται ως αριθμητής, σε κλάσμα με παρονομαστή τη συνολική επιφάνεια του κατακόρυφου κελύφους του ορόφου δηλαδή ισχύει:  $k_{m,ορόφου} = \frac{\sum(k_i * F_i)}{F_i}$

Το αποτέλεσμα της διαίρεσης, ως μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας του ορόφου, θα πρέπει να είναι μικρότερο ή ίσο από την τιμή: 1,86 W/(m<sup>2</sup>\*K).

#### 4.4.2.3 Τρίτο βήμα στη μελέτη θερμομόνωσης

Στο τρίτο βήμα, υπολογίζεται η συνολική θερμομονωτική ικανότητα του κελύφους του κτιρίου και γίνεται τελικός έλεγχός της έναντι της αντίστοιχης μέγιστης επιτρεπόμενης  $k_{m,max}$ .

Για να γίνει αυτό, μεταφέρονται τα αθροίσματα των γινομένων  $k * F$ , όπως αυτά υπολογίστηκαν στο δεύτερο βήμα. Υπολογίζεται επίσης το ίδιο γινόμενο,  $k * F$  (του συντελεστή  $k$  κάθε δομικού στοιχείου επί την επιφάνεια που αυτό καταλαμβάνει  $F$ ) και για τα οριζόντια στοιχεία του κελύφους (δώματα, στέγες, δάπεδα πάνω από το έδαφος ή πιλοτή, δάπεδα πάνω από κλειστό μη θερμαινόμενο χώρο κλπ.), των οποίων οι συντελεστές θερμοπερατότητας  $k$  έχουν υπολογιστεί στο πρώτο βήμα.

Στη συνέχεια, αθροίζεται το σύνολο των γινομένων  $k * F$  τόσο για τα κατακόρυφα όσο και για τα οριζόντια στοιχεία του κελύφους του κτιρίου και το αποτέλεσμα διαιρείται με τη συνολική επιφάνεια του κελύφους. Το αποτέλεσμα της διαίρεσης αυτής αντιπροσωπεύει το μέσο συντελεστή θερμοπερατότητας του εξεταζόμενου κτιρίου,  $k_m$ .

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

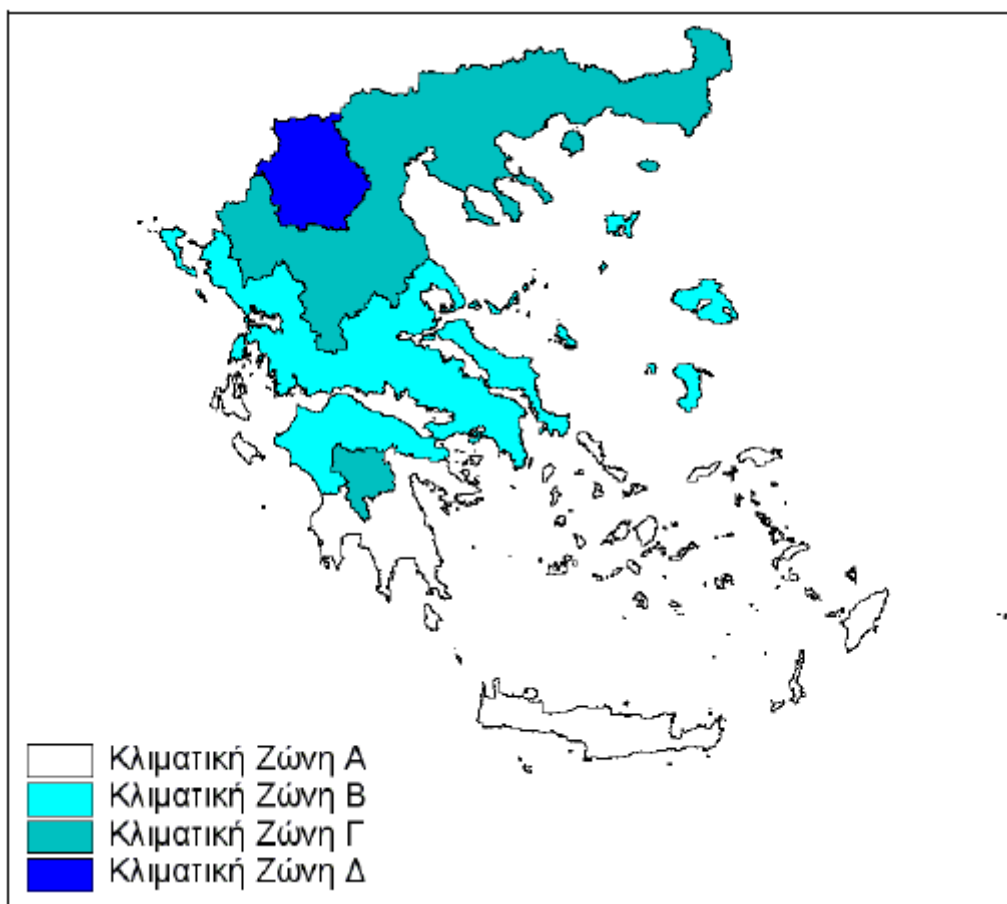
Επισημαίνεται ότι για τον υπολογισμό του λόγου  $F/V$  λαμβάνονται υπ' όψιν όλες οι εξωτερικές επιφάνειες του κελύφους του κτιρίου, είτε έρχονται σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα, είτε έρχονται σε επαφή με το έδαφος. Ειδικότερα, για την εύρεση του  $F$  υπεισέρχονται στον υπολογισμό οι εξωτερικές επιφάνειες του κελύφους στο σύνολό τους και με τις εξωτερικές τους διαστάσεις, παρακολουθώντας απόλυτα τη γεωμετρία του κτιρίου. Αντίστοιχα, ο όγκος  $V$  είναι ο όγκος του κτιρίου που περικλείεται από όλες αυτές τις επιφάνειες. Στον όγκο του κτιρίου δεν

συμπεριλαμβάνεται ο χώρος του υπογείου, όταν δεν είναι θερμαινόμενος, όπως στην περίπτωση του εξεταζόμενου κτιρίου.

Γενικός κανόνας είναι ότι όσο μικρότερος είναι ο συντελεστής θερμοπερατότητας, τόσο καλύτερη είναι η θερμομόνωση.

#### **4.4.2.4 Κατανομή Ελλάδας σε κλιματικές ζώνες**

Τα δεδομένα και οι υπολογισμοί διαφέρουν ανάλογα με την κλιματική ζώνη που βρίσκεται το εξεταζόμενο κτίριο. Η ζώνη αυτή προσδιορίζεται από τον σχετικό χάρτη. Η Ελλάδα έχει διαιρεθεί σε τρεις ζώνες διαφορετικών θερμομονωτικών απαιτήσεων με κριτήριο τόσο την ελάχιστη εξωτερική θερμοκρασία, όσο και τη διάρκεια του χειμώνα και την περίοδο θέρμανσης. Η ζώνη Α χαρακτηρίζεται από ήπιο κλίμα και τα κτίρια που βρίσκονται σε αυτήν έχουν μεγαλύτερες ανάγκες σε ψύξη και λιγότερες σε θέρμανση. Τα κτίρια της ζώνης Β έχουν περίπου τις ίδιες ανάγκες σε ψύξη και θέρμανση, ενώ τα κτίρια της ζώνης Γ έχουν πολύ μικρές ανάγκες σε ψύξη και πολύ μεγάλες σε θέρμανση. Δυσμενέστερη από άποψη θερμομονωτικών απαιτήσεων είναι η ζώνη Γ. Στον επόμενο χάρτη φαίνεται η εν λόγω διαίρεση:

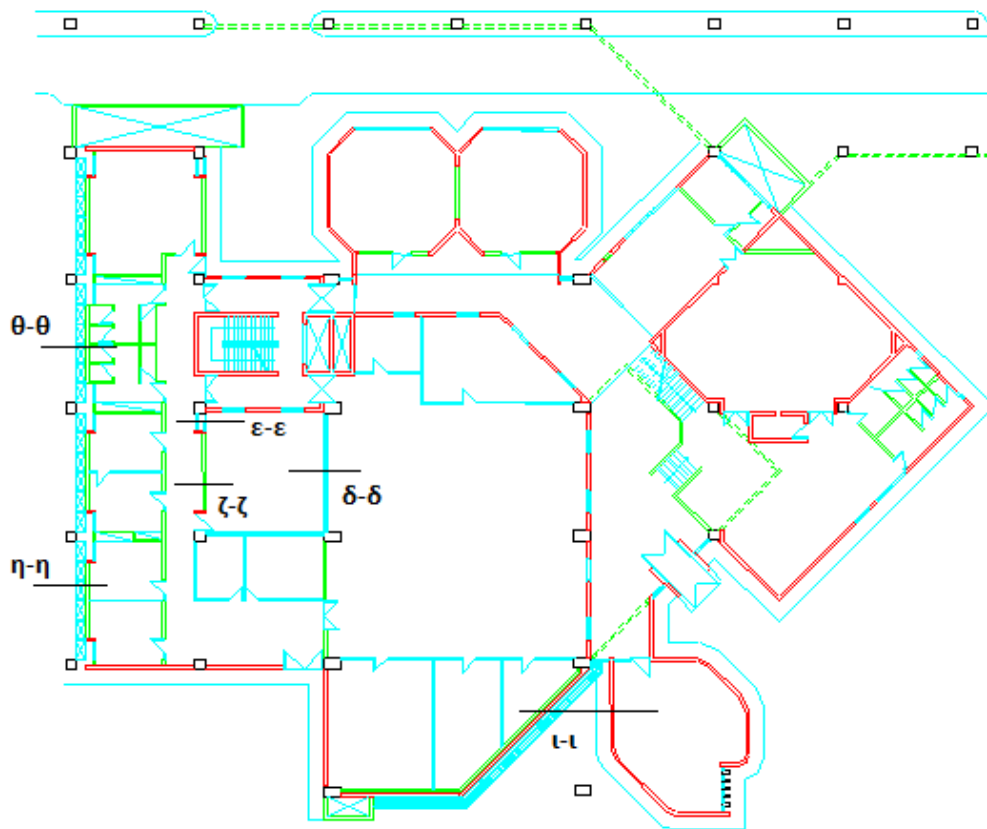


Σχήμα 4.11: Χάρτης κατανομής της χώρας σε κλιματικές ζώνες

#### 4.4.3 Υπολογισμοί μελέτης θερμομόνωσης

Από τα παραπάνω, φαίνεται ότι το εξεταζόμενο Κτίριο Ηλεκτρονικών Υπολογιστών βρίσκεται στη ζώνη Β, επομένως χρησιμοποιούνται και οι αντίστοιχοι μέγιστοι συντελεστές θερμοπερατότητας.

Στο επόμενο σχήμα απεικονίζεται η κάτοψη του ισογείου του Κτιρίου Ηλεκτρονικών Υπολογιστών. Στην κάτοψη έχουν σημειωθεί οι τομές της εξωτερικής τοιχοποιίας, όπως αυτές προσδιορίστηκαν από τα αρχιτεκτονικά σχέδια του κτιρίου. Επισημαίνεται ότι έγινε η ασφαλής εκτίμηση ότι όλοι οι εσωτερικοί χώροι του κτιρίου είναι ομοίως θερμαινόμενοι από το ίδιο σύστημα κεντρικής θέρμανσης, οπότε δε χρειάστηκε να ελεγχθούν οι τομές της εσωτερικής τοιχοποιίας. Οι τομές δ-δ, ε-ε και ζ-ζ είναι τομές εξωτερικής τοιχοποιίας καθώς το ‘τετράγωνο’ που περικλείουν είναι υπαίθρια εσωτερική αυλή του κτιρίου.



Σχήμα 4.12: Κάτοψη του ισογείου του κτιρίου και οι τομές του

Για την εύρεση του συντελεστή θερμοπερατότητας κάθε ορόφου αλλά και του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας όλου του κτιρίου, και τον έλεγχο της θερμικής του επάρκειας, είναι απαραίτητος ο υπολογισμός των εμβαδών όλων των επιμέρους δομικών στοιχείων, καθώς και ο όγκος του κτιρίου.

Το ύψος κάθε ορόφου θεωρήθηκε με ικανοποιητική προσέγγιση ίσο με 3,7 m.



#### 4.4.3.1 Υπολογισμός θερμομόνωσης δομικού στοιχείου

- Για την εξωτερική τοιχοποιία τομής δ-δ, προκύπτει ο επόμενος πίνακας:

Πίνακας 4.6: Δομικό στοιχείο εξωτερικής τοιχοποιίας τομής δ-δ

Στρώσεις δομικού στοιχείου	πάχος στρώσης d (m)	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας λ (W/mK)	θερμική αντίσταση d/λ (m <sup>2</sup> *K/W)
υλικό τ.ΤΗΙΟCOL	0,02	0,030	0,667
αρμός με διογκωμένη πολυστερίνη	0,16	0,045	3,556
οπλισμένο σκυρόδεμα παλαιού τύπου B120	0,20	1,510	0,132
μόνωση με υαλοβάμβακα	0,05	0,038	1,316
οπτοπλινθοδομή μπατική	0,09	0,640	0,141
οπτοπλινθοδομή μπατική	0,19	0,640	0,297
επίχρισμα	0,21	0,870	0,241
επίχρισμα	0,01	0,870	0,011
επίχρισμα	0,02	0,870	0,023

Η αντίσταση θερμοδιαφυγής είναι:  $\frac{1}{\lambda} = 6,526 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$

Η εσωτερική και εξωτερική αντίσταση θερμικής μετάβασης είναι αντίστοιχα (από τον πίνακα του παραρτήματος):

$$R_i = 0,13 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}, \quad R_a = 0,04 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$

Η αντίσταση θερμοπερατότητας είναι:  $\frac{1}{\kappa} = 6,696 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$

Άρα, ο συντελεστής θερμοπερατότητας είναι:  $k = 0,149 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$

Από τον πίνακα του παραρτήματος, βρίσκεται:  $k_{\max} = 0,5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ . Παρατηρείται ότι ισχύει:  $k < k_{\max}$ , επομένως, ο συντελεστής θερμοπερατότητας βρίσκεται εντός των επιτρεπτών ορίων. Συμπεραίνεται ότι για αυτήν την τοιχοποιία η μόνωση από υαλοβάμβακα και διογκωμένη πολυστερίνη είναι αρκετά καλή.

- Για την εξωτερική τοιχοποιία τομής ε-ε, προκύπτει ο παρακάτω πίνακας:

Πίνακας 4.7: Δομικό στοιχείο εξωτερικής τοιχοποιίας τομής ε-ε

Στρώσεις δομικού στοιχείου	πάχος στρώσης d (m)	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας λ (W/mK)	θερμική αντίσταση d/λ (m <sup>2</sup> *K/W)
οπλισμένο σκυρόδεμα παλαιού τύπου B120	0,76	1,51	0,503

Η αντίσταση θερμοδιαφυγής είναι:  $\frac{1}{\lambda} = 0,503 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$

Η εσωτερική και εξωτερική αντίσταση θερμικής μετάβασης είναι αντίστοιχα (από τον πίνακα του παραρτήματος):

$$R_i = 0,13 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}, \quad R_a = 0,04 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$

Η αντίσταση θερμοπερατότητας είναι:  $\frac{1}{\kappa} = 0,673 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$

Άρα, ο συντελεστής θερμοπερατότητας είναι:  $k = 1,486 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$

Από τον πίνακα του παραρτήματος, βρίσκεται:  $k_{\max} = 0,5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ . Παρατηρείται ότι ισχύει:  $k > k_{\max}$ , επομένως, ο συντελεστής θερμοπερατότητας βρίσκεται εκτός των επιτρεπτών ορίων. Αυτό το αρνητικό αποτέλεσμα ήταν αναμενόμενο, καθώς σε αυτή την τοιχοποιία, η οποία αποτελεί μάλιστα το μεγαλύτερο μέρος της συνολικής εξωτερικής τοιχοποιίας του κελύφους του συγκεκριμένου κτιρίου, δεν υπάρχει κανενός είδους μόνωση.

- Για την εξωτερική τοιχοποιία τομής ζ-ζ, προκύπτει ο παρακάτω πίνακας:

Πίνακας 4.8: Δομικό στοιχείο εξωτερικής τοιχοποιίας τομής ζ-ζ

Στρώσεις δομικού στοιχείου	πάχος στρώσης d (m)	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας λ (W/mK)	θερμική αντίσταση d/λ (m <sup>2</sup> *K/W)
οπλισμένο σκυρόδεμα παλαιού τύπου B120	0,76	1,51	0,503
μπατική οπτοπλινθοδομή επιχρισμένη	0,2	0,5	0,4

Η αντίσταση θερμοδιαφυγής είναι:  $\frac{1}{\lambda} = 0,903 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$

Η εσωτερική και εξωτερική αντίσταση θερμικής μετάβασης είναι αντίστοιχα (από τον πίνακα του παραρτήματος):

$$R_i = 0,13 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}, \quad R_a = 0,04 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$

Η αντίσταση θερμοπερατότητας είναι:  $\frac{1}{\kappa} = 1,073 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$

Άρα, ο συντελεστής θερμοπερατότητας είναι:  $k = 0,903 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$

Από τον πίνακα του παραρτήματος, βρίσκεται:  $k_{\max} = 0,5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ . Παρατηρείται ότι ισχύει:  $k > k_{\max}$ , επομένως, ο συντελεστής θερμοπερατότητας βρίσκεται εκτός των επιτρεπτών ορίων. Παρατηρείται ότι η εξωτερική τοιχοποιία τομής ζ-ζ έχει την ίδια στρώση δομικού στοιχείου με την εξωτερική τοιχοποιία τομής ε-ε (χωρίς μόνωση), με επιπρόσθετη τη στρώση μπατικής επιχρισμένης οπτοπλινθοδομής. Αν συγκριθούν οι συντελεστές θερμοπερατότητάς τους, φαίνεται ότι αυτή η προσθήκη βελτίωσε τη μόνωση της τοιχοποιίας, αλλά δεν ήταν αρκετή για να γίνει ο συντελεστής εντός των επιτρεπτών ορίων.

- Για την εξωτερική τοιχοποιία τομής η-η, προκύπτει ο παρακάτω πίνακας:

Πίνακας 4.9: Δομικό στοιχείο εξωτερικής τοιχοποιίας τομής η-η

Στρώσεις δομικού στοιχείου	πάχος στρώσης d (m)	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας λ (W/mK)	θερμική αντίσταση d/λ (m <sup>2</sup> ·K/W)
οπλισμένο σκυρόδεμα παλαιού τύπου B120	0,76	1,51	0,503
μπατική οπτοπλινθοδομή επιχρισμένη	0,20	0,50	0,400
οπλισμένο σκυρόδεμα παλαιού τύπου B120	0,20	1,51	0,132

Η αντίσταση θερμοδιαφυγής είναι:  $\frac{1}{\lambda} = 1,035 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$

Η εσωτερική και εξωτερική αντίσταση θερμικής μετάβασης είναι αντίστοιχα (από τον πίνακα του παραρτήματος):

$$R_i = 0,13 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}, \quad R_a = 0,04 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$

Η αντίσταση θερμοπερατότητας είναι:  $\frac{1}{\kappa} = 1,205 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$

Άρα, ο συντελεστής θερμοπερατότητας είναι:  $k = 0,83 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$

Από τον πίνακα του παραρτήματος, βρίσκεται:  $k_{\max} = 0,5 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ . Παρατηρείται ότι ισχύει:  $k > k_{\max}$ , επομένως, ο συντελεστής θερμοπερατότητας βρίσκεται εκτός των επιτρεπτών ορίων. Παρατηρείται ότι η εξωτερική τοιχοποιία τομής η-η έχει την ίδια στρώση δομικού στοιχείου με την εξωτερική τοιχοποιία τομής ζ-ζ (ο συντελεστής θερμοπερατότητας της οποίας υπολογίστηκε εκτός των επιτρεπόμενων ορίων), με επιπρόσθετη μία λεπτότερη στρώση οπλισμένου σκυροδέματος παλαιού τύπου B120. Αν συγκριθούν οι συντελεστές θερμοπερατότητάς τους, φαίνεται ότι αυτή η προσθήκη βελτίωσε τη μόνωση της τοιχοποιίας, αλλά δεν ήταν αρκετή για να γίνει ο συντελεστής εντός των επιτρεπτών ορίων.

- Για την εξωτερική τοιχοποιία τομής θ-θ, προκύπτει ο παρακάτω πίνακας:

Πίνακας 4.10: Δομικό στοιχείο εξωτερικής τοιχοποιίας τομής θ-θ

Στρώσεις δομικού στοιχείου	πάχος στρώσης d (m)	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας λ (W/mK)	θερμική αντίσταση d/λ ( $\text{m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$ )
οπλισμένο σκυρόδεμα παλαιού τύπου B120	0,76	1,51	0,503
μπατική οπτοπλινθοδομή επιχρισμένη	0,20	0,50	0,400
οπλισμένο σκυρόδεμα παλαιού τύπου B120	0,20	1,51	0,132
οπλισμένο σκυρόδεμα παλαιού τύπου B120	0,06	1,51	0,040
επίχρισμα	0,01	0,07	0,143
πλάκες ξυλόμαλλου HERAKLITH	0,05	0,11	0,455

Η αντίσταση θερμοδιαφυγής είναι:  $\frac{1}{\lambda} = 1,673 \text{ m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$

Η εσωτερική και εξωτερική αντίσταση θερμικής μετάβασης είναι αντίστοιχα (από τον πίνακα του παραρτήματος):

$$R_i = 0,13 \text{ m}^2\cdot\text{K}/\text{W}, \quad R_a = 0,04 \text{ m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$$

Η αντίσταση θερμοπερατότητας είναι:  $\frac{1}{\kappa} = 1,843 \text{ m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$

Άρα, ο συντελεστής θερμοπερατότητας είναι:  $k = 0,543 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

Από τον πίνακα του παραρτήματος, βρίσκεται:  $k_{\max} = 0,5 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ . Παρατηρείται ότι ισχύει:  $k > k_{\max}$ , επομένως, ο συντελεστής θερμοπερατότητας βρίσκεται εκτός των επιτρεπτών ορίων, οριακά όμως. Παρατηρείται ότι η προσθήκη πλακών ξυλόμαλλου

HERAKLITH βελτίωσε τη μόνωση της τοιχοποιίας, αλλά έπρεπε να ήταν ελάχιστα μεγαλύτερο το πάχος της ώστε να γίνει ο συντελεστής θερμοπερατότητας εντός των επιτρεπτών ορίων.

- Για την εξωτερική τοιχοποιία τομής ι-ι, προκύπτει ο επόμενος πίνακας:

Πίνακας 4.11: Δομικό στοιχείο εξωτερικής τοιχοποιίας τομής ι-ι

Στρώσεις δομικού στοιχείου	πάχος στρώσης d (m)	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας λ (W/mK)	θερμική αντίσταση d/λ (m <sup>2</sup> *K/W)
εμφανές οπλισμένο σκυρόδεμα παλαιού τύπου B120	0,20	1,510	0,132
υαλοβάμβακας	0,05	0,038	1,316
μπατική οπτοπλινθοδομή	0,18	0,640	0,281
επίχρισμα	0,02	0,870	0,023
διογκωμένη πολυστερίνη	0,18	0,045	4,000
υλικό τ.ΘΙΟCOL	0,02	0,030	0,667

Η αντίσταση θερμοδιαφυγής είναι:  $\frac{1}{\lambda} = 6,419 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$

Η εσωτερική και εξωτερική αντίσταση θερμικής μετάβασης είναι αντίστοιχα (από τον πίνακα του παραρτήματος):

$$R_i = 0,13 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}, \quad R_a = 0,04 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$

Η αντίσταση θερμοπερατότητας είναι:  $\frac{1}{\kappa} = 6,589 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$

Άρα, ο συντελεστής θερμοπερατότητας είναι:  $k = 0,152 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$

Από τον πίνακα του παραρτήματος, βρίσκεται:  $k_{\max} = 0,5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ . Παρατηρείται ότι ισχύει:  $k < k_{\max}$ , επομένως, ο συντελεστής θερμοπερατότητας βρίσκεται εντός των επιτρεπτών ορίων. Συμπεραίνεται ότι για αυτήν την τοιχοποιία η μόνωση από υαλοβάμβακα, διογκωμένη πολυστερίνη και θερμομονωτικού υλικού ΘΙΟCOL είναι αρκετά καλή.

- Για την οροφή, προκύπτει ο παρακάτω πίνακας:

Πίνακας 4.12: Δομικό στοιχείο οροφής

Στρώσεις δομικού στοιχείου	πάχος στρώσης d (m)	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας λ (W/mK)	θερμική αντίσταση d/λ (m <sup>2</sup> *K/W)
ασφαλτόπανο τ.ΡΑΧΑΛΡΗΑ	0,007	0,190	0,037
γαρμπιλόδεμα Β250 προστασία θερμομόνωσης	0,050	0,810	0,062
περλομπετόν αναλογίας 1:6	0,050	0,149	0,336
υλικό τ.ΤΗΙΟCOL	0,020	0,030	0,667
αρμός με διογκωμένη πολυστερίνη	0,080	0,045	1,778

Η αντίσταση θερμοδιαφυγής είναι:  $\frac{1}{A} = 2,88 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$

Η εσωτερική και εξωτερική αντίσταση θερμικής μετάβασης είναι αντίστοιχα (από τον πίνακα του παραρτήματος):

$$R_i = 0,10 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}, \quad R_a = 0,04 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$

Η αντίσταση θερμοπερατότητας είναι:  $\frac{1}{\kappa} = 3,02 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$

Άρα, ο συντελεστής θερμοπερατότητας είναι:  $k = 0,331 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$

Από τον πίνακα του παραρτήματος, βρίσκεται:  $k_{\max} = 0,45 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ . Παρατηρείται ότι ισχύει:  $k < k_{\max}$ , επομένως, ο συντελεστής θερμοπερατότητας βρίσκεται εντός των επιτρεπτών ορίων. Συμπεραίνεται ότι η μόνωση της οροφής του εξεταζόμενου κτιρίου με ασφαλτόπανο ΡΑΧΑΛΡΗΑ, γαρμπιλόδεμα Β250, διογκωμένη πολυστερίνη και θερμομονωτικό υλικό ΤΗΙΟCOL είναι ικανοποιητική.

Επισημαίνεται ότι το υπόγειο του εξεταζόμενου κτιρίου είναι κλειστός μη θερμαινόμενος χώρος, ο οποίος είναι αχρησιμοποίητος, εκτός από το λέβητα φυσικού αερίου. Επομένως, για τη μελέτη θερμομόνωσης, δε συμπεριλήφθηκε στο εξωτερικό κτιριακό κέλυφος. Όμως, η επιφάνεια του υπογείου είναι μικρότερη από την επιφάνεια του ισογείου. Άρα, για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας του δαπέδου του ισογείου, χωρίστηκε σε δύο μέρη. Το πρώτο μέρος είναι το μέρος του δαπέδου που βρίσκεται πάνω από το υπόγειο, οπότε πρόκειται για δάπεδο πάνω από κλειστό μη θερμαινόμενο χώρο. Το δεύτερο μέρος είναι το μέρος του δαπέδου που βρίσκεται σε επαφή με το έδαφος. Ακόμα, στον πρώτο όροφο υπάρχουν δύο μέρη του δαπέδου τα οποία αποτελούν δάπεδο πάνω από ανοικτή διάβαση, οπότε μελετήθηκαν ξεχωριστά.

- Για το δάπεδο υπερκείμενο κλειστού μη θερμαινόμενου χώρου, προκύπτει ο επόμενος πίνακας:

Πίνακας 4.13: Δομικό στοιχείο δαπέδου υπερκείμενου κλειστού μη θερμαινόμενου χώρου

Στρώσεις δομικού στοιχείου	πάχος στρώσης d (m)	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας λ (W/mK)	θερμική αντίσταση d/λ (m <sup>2</sup> *K/W)
οπλισμένο σκυρόδεμα παλαιού τύπου B120	0,10	1,51	0,066
έγχρωμο μωσαϊκό	0,04	1,20	0,033
κυψελωτό κονιόδεμα	0,06	0,23	0,261

Η αντίσταση θερμοδιαφυγής είναι:  $\frac{1}{\lambda} = 0,36 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$

Η εσωτερική και εξωτερική αντίσταση θερμικής μετάβασης είναι αντίστοιχα (από τον πίνακα του παραρτήματος):

$$R_i = 0,17 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}, \quad R_a = 0,17 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$

Η αντίσταση θερμοπερατότητας είναι:  $\frac{1}{\kappa} = 0,7 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$

Άρα, ο συντελεστής θερμοπερατότητας είναι:  $k = 1,429 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$

Από τον πίνακα του παραρτήματος, βρίσκεται:  $k_{\max} = 0,9 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ . Παρατηρείται ότι ισχύει:  $k > k_{\max}$ , επομένως, ο συντελεστής θερμοπερατότητας βρίσκεται εκτός των επιτρεπτών ορίων. Συμπεραίνεται ότι η μόνωση του δαπέδου που χωρίζει το ισόγειο από το υπόγειο με τη στρώση κυψελωτού κονιοδέματος δεν είναι αρκετή.

- Για το δάπεδο σε επαφή με έδαφος, προκύπτει ο παρακάτω πίνακας:

Πίνακας 4.14: Δομικό στοιχείο δαπέδου σε επαφή με έδαφος

Στρώσεις δομικού στοιχείου	πάχος στρώσης d (m)	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας λ (W/mK)	θερμική αντίσταση d/λ (m <sup>2</sup> *K/W)
σκυρόδεμα Β120 με πλέγμα Δαρίγκ	0,20	1,51	0,132
έγχρωμο μωσαϊκό	0,04	1,20	0,033
κυψελωτό κονιόδεμα	0,04	0,23	0,174
υλικό 3Α	0,40	1,80	0,222
ασφαλτόπανο τ.ΡΑΧΑΛΡΗΑ	0,02	0,19	0,105

Η αντίσταση θερμοδιαφυγής είναι:  $\frac{1}{\lambda} = 0,666 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$

Η εσωτερική και εξωτερική αντίσταση θερμικής μετάβασης είναι αντίστοιχα (από τον πίνακα του παραρτήματος):

$$R_i = 0,17 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}, \quad R_a = 0,00 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$

Η αντίσταση θερμοπερατότητας είναι:  $\frac{1}{\kappa} = 0,836 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$

Άρα, ο συντελεστής θερμοπερατότητας είναι:  $k = 1,196 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$

Από τον πίνακα του παραρτήματος, βρίσκεται:  $k_{\max} = 0,9 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ . Παρατηρείται ότι ισχύει:  $k > k_{\max}$ , επομένως, ο συντελεστής θερμοπερατότητας βρίσκεται εκτός των επιτρεπτών ορίων. Συμπεραίνεται ότι η μόνωση του δαπέδου με κυψελωτό κονιόδεμα και ασφαλτόπανο ΡΑΧΑΛΡΗΑ δεν είναι καλή, με αποτέλεσμα να υπάρχουν θερμικές απώλειες από το κτίριο προς το έδαφος.



- Για το δάπεδο πάνω από ανοικτή διάβαση, προκύπτει ο παρακάτω πίνακας:

Πίνακας 4.15: Δομικό στοιχείο δαπέδου πάνω από ανοικτή διάβαση

Στρώσεις δομικού στοιχείου	πάχος στρώσης d (m)	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας λ (W/mK)	θερμική αντίσταση d/λ (m <sup>2</sup> *K/W)
κυψελωτό κονιόδεμα εξομάλυνσης B120 (450 kg/m <sup>3</sup> )	0,065	0,230	0,283
έγχρωμο μωσαϊκό ψηφίδων	0,035	1,200	0,029
πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος	0,400	0,580	0,690
υλικό τ.ΤΗΙΟΣΟΛ	0,030	0,030	1,000
διογκωμένη πολυστερίνη	0,370	0,045	8,222

Η αντίσταση θερμοδιαφυγής είναι:  $\frac{1}{A} = 10,224 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$

Η εσωτερική και εξωτερική αντίσταση θερμικής μετάβασης είναι αντίστοιχα (από τον πίνακα του παραρτήματος):

$$R_i = 0,17 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}, \quad R_a = 0,04 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$

Η αντίσταση θερμοπερατότητας είναι:  $\frac{1}{\kappa} = 10,434 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$

Άρα, ο συντελεστής θερμοπερατότητας είναι:  $k = 0,096 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$

Από τον πίνακα του παραρτήματος, βρίσκεται:  $k_{\max} = 0,45 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ . Παρατηρείται ότι ισχύει:  $k < k_{\max}$ , επομένως, ο συντελεστής θερμοπερατότητας βρίσκεται εντός των επιτρεπτών ορίων. Συμπεραίνεται ότι η μόνωση του δαπέδου της κλιματιστικής μονάδας πάνω από την ανοικτή διάβαση είναι πολύ καλή (ο συντελεστής θερμοπερατότητας είναι ιδιαίτερα χαμηλός).

#### 4.4.3.2 Υπολογισμός θερμομόνωσης ορόφου

Σε κάθε κατακόρυφο δομικό στοιχείο του ορόφου, προστίθενται οι συντελεστές θερμοπερατότητας θυρών και παραθύρων. Επισημαίνεται ότι οι συντελεστές που χρησιμοποιούνται, εντοπίζονται στους πίνακες του παραρτήματος. Υπενθυμίζεται ότι για κάθε όροφο ισχύει:  $k_{m,\max} = 1,86 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ .

- Για το ισόγειο, προκύπτει ο παρακάτω πίνακας:

Πίνακας 4.16: Δομικό στοιχείο δαπέδου ισογείου

Δομικό στοιχείο	Επιφάνεια F (m <sup>2</sup> )	Συντελεστής θερμοπερατότητας k (m <sup>2</sup> *K/W)	κ*F
εξωτερική τοιχοποιία τομής δ-δ	18,6	0,149	2,77
εξωτερική τοιχοποιία τομής ε-ε	701,6	1,486	1042,58
εξωτερική τοιχοποιία τομής ζ-ζ	19,7	0,932	18,36
εξωτερική τοιχοποιία τομής η-η	73,2	0,830	60,76
εξωτερική τοιχοποιία τομής θ-θ	22,3	0,543	12,11
εξωτερική τοιχοποιία τομής ι-ι	77,2	0,146	11,27
μονός διαφανής υαλοπίνακας 8mm	82,5	5,000	412,50
διπλός διαφανής υαλοπίνακας	62,3	3,400	211,82
σίδηρος	3,2	7,000	22,40
αλουμίνιο αναδυόμενο σκούρο	40,2	3,500	140,70
<b>ΣΥΝΟΛΟ:</b>	<b>1.100,8</b>		<b>1.935,27</b>

Άρα, ο συντελεστής θερμοπερατότητας του ισογείου υπολογίζεται:

$$k_m = 1.935,27/1.100,8 \Leftrightarrow k_m = 1,758 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$$

Παρατηρείται ότι ισχύει:  $k_m < k_{m,max}$ . Επομένως ο συντελεστής θερμοπερατότητας του ισογείου βρίσκεται εντός των επιτρεπτών ορίων, υποδηλώνοντας ικανοποιητική μόνωση.

- Για τον πρώτο όροφο, προκύπτει ο επόμενος πίνακας:

Πίνακας 4.17: Δομικό στοιχείο δαπέδου πρώτου ορόφου

Δομικό στοιχείο	Επιφάνεια F (m <sup>2</sup> )	Συντελεστής θερμοπερατότητας k (m <sup>2</sup> *K/W)	κ*F
εξωτερική τοιχοποιία τομής δ-δ	27,3	0,149	4,07
εξωτερική τοιχοποιία τομής ε-ε	607,1	1,486	902,15
εξωτερική τοιχοποιία τομής ζ-ζ	42,8	0,932	39,89
εξωτερική τοιχοποιία τομής η-η	67,7	0,830	56,19
εξωτερική τοιχοποιία τομής θ-θ	10,8	0,543	5,86
μονός διαφανής υαλοπίνακας 8mm	141,4	5,000	707,00
διπλός διαφανής υαλοπίνακας	72,6	3,400	246,84
αλουμίνιο αναδύμενο σκούρο	75,6	3,500	264,60
<b>ΣΥΝΟΛΟ:</b>	<b>1.045,3</b>		<b>2.226,60</b>

Άρα, ο συντελεστής θερμοπερατότητας του πρώτου ορόφου υπολογίζεται:

$$k_m = 2.226,60/1.045,3 \Leftrightarrow k_m = 2,130 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$$

Παρατηρείται ότι ισχύει:  $k_m > k_{m,max}$ . Επομένως ο συντελεστής θερμοπερατότητας του πρώτου ορόφου βρίσκεται εκτός των επιτρεπτών ορίων. Το αρνητικό αυτό αποτέλεσμα είναι αναμενόμενο, καθώς αρκετά μεγάλο μέρος του πρώτου ορόφου του κτιρίου των Ηλεκτρονικών Υπολογιστών (συγκεκριμένα στην κεντρική είσοδο του κτιρίου) είναι καλυμμένο από υαλοπίνακες, οι οποίοι έχουν πολλαπλάσιες θερμικές απώλειες σε σχέση με την τοιχοποιία, είτε αυτή είναι μονωμένη είτε είναι μη μονωμένη. Αυτό προκύπτει και αν συγκριθούν οι αντίστοιχοι συντελεστές θερμοπερατότητας.

- Για το δεύτερο όροφο, προκύπτει ο παρακάτω πίνακας:

Πίνακας 4.18: Δομικό στοιχείο δαπέδου δευτέρου ορόφου

Δομικό στοιχείο	Επιφάνεια F (m <sup>2</sup> )	Συντελεστής θερμοπερατότητας k (m <sup>2</sup> *K/W)	κ*F
εξωτερική τοιχοποιία τομής ε-ε	237,2	1,486	352,48
εξωτερική τοιχοποιία τομής ζ-ζ	42,8	0,932	39,89
εξωτερική τοιχοποιία τομής η-η	67,7	0,830	56,19
εξωτερική τοιχοποιία τομής θ-θ	10,8	0,543	5,86
μονός διαφανής υαλοπίνακας 8mm	46,2	5,000	231,00
διπλός διαφανής υαλοπίνακας	25,9	3,400	88,06
αλουμίνιο αναδυσόμενο σκούρο	66,8	3,500	233,80
<b>ΣΥΝΟΛΟ:</b>	<b>497,4</b>		<b>1.007,28</b>

Άρα, ο συντελεστής θερμοπερατότητας του δευτέρου ορόφου υπολογίζεται:

$$k_m = 1007,28/497,4 \Leftrightarrow k_m = 2,025 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$$

Παρατηρείται ότι ισχύει:  $k_m > k_{m,\max}$ . Επομένως ο συντελεστής θερμοπερατότητας του πρώτου ορόφου βρίσκεται εκτός των επιτρεπτών ορίων, υποδηλώνοντας εσφαλμένη μόνωση.

- Για τον τρίτο όροφο, προκύπτει ο παρακάτω πίνακας:

Πίνακας 4.19: Δομικό στοιχείο δαπέδου τρίτου ορόφου

Δομικό στοιχείο	Επιφάνεια F (m <sup>2</sup> )	Συντελεστής θερμοπερατότητας k (m <sup>2</sup> *K/W)	κ*F
εξωτερική τοιχοποιία τομής ε-ε	148,1	1,486	220,10

Άρα, ο συντελεστής θερμοπερατότητας του ισογείου υπολογίζεται:

$$k_m = 220,10/148,1 \Leftrightarrow k_m = 1,486 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$$

Παρατηρείται ότι ισχύει:  $k_m < k_{m,\max}$ . Επομένως ο συντελεστής θερμοπερατότητας του τρίτου ορόφου βρίσκεται εντός των επιτρεπτών ορίων, υποδηλώνοντας ικανοποιητική μόνωση. Επισημαίνεται σε αυτό το σημείο ότι ο τρίτος όροφος αποτελείται μόνο από ένα μικρό χώρο ο οποίος οδηγεί στην οροφή του κτιρίου, μέσω μίας πόρτας που παραμένει συνέχεια ανοιχτή. Οπότε, στην πραγματικότητα οι

θερμικές απώλειες στον τρίτο όροφο είναι μεγάλες, αλλά από την άλλη πλευρά, ουσιαστικά δε θερμαίνεται, άμεσα τουλάχιστον.

Τονίζεται ότι γενικά συνιστώνται ομοιόμορφες τιμές θερμοπερατότητας για την επιφάνεια του κτιριακού κελύφους, ώστε να επιτυγχάνονται προσθετικά οφέλη και να αποφεύγονται θερμογέφυρες ή προβλήματα άνεσης που προκύπτουν από εσωτερική ανομοιόμορφη κατανομή της θερμοκρασίας. Επισημαίνεται ότι έχει αποδειχθεί από μελέτες ότι οι θερμογέφυρες προσαυξάνουν κατά μέσο όρο την πραγματική ενεργειακή κατανάλωση του συνολικού κελύφους συγκριτικά με τη θεωρητικά υπολογιζόμενη, δεδομένων της θερμικής ροής και των θερμικών απωλειών. Στο εξεταζόμενο κτίριο, κατά τη διεξαγωγή των μετρήσεων με την υπέρυθρη θερμοκάμερα, τα αποτελέσματα της οποίας παρουσιάζονται και αναλύονται στο πέμπτο κεφάλαιο της παρούσας διπλωματικής εργασίας, δεν διαπιστώθηκαν αξιοσημείωτες θερμογέφυρες. Επομένως, για τον υπολογισμό του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας του κτιριακού κελύφους, θεωρήθηκε ότι δεν υπάρχουν θερμογέφυρες στο κτιριακό κέλυφος.

#### 4.4.3.2 Υπολογισμός θερμομόνωσης κτιριακού περιβλήματος

Για τον υπολογισμό του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας του κτιρίου, στα στοιχεία που υπολογίστηκαν για τα κατακόρυφα εξωτερικά δομικά στοιχεία (τοιχοποιία, θύρες, παράθυρα και κουφώματα) προστίθενται τα οριζόντια εξωτερικά δομικά στοιχεία.

Ο μειωτικός συντελεστής (b) προσαρμόζει τις υπολογισθείσες θερμικές απώλειες από κάθε επιφάνεια του κελύφους του κτιρίου στις πραγματικές θερμοκρασιακές συνθήκες. Η κάθε ποσότητα  $F*U$  (συντελεστής μεταφοράς θερμότητας) ορίζει τη μεταφερόμενη ποσότητα θερμότητας προς το εξωτερικό περιβάλλον μέσω των επί μέρους δομικών στοιχείων του κελύφους του κτιρίου στη μονάδα του χρόνου και για διαφορά θερμοκρασίας  $1\text{ }^{\circ}\text{C}$  (ή  $1\text{ K}$ ). Όμως, σε ορισμένες περιπτώσεις, όπως στο εξεταζόμενο κτίριο σε επιφάνειες που συνορεύουν με μη θερμαινόμενους χώρους ή με το έδαφος η ποσότητα αυτή είναι υπερεκτιμημένη. Με το μειωτικό συντελεστή επιχειρείται η επαναφορά της σε μεγέθη πλησιέστερα στην πραγματικότητα.

Προκύπτει ο επόμενος πίνακας:

Πίνακας 4.20: Δομικό στοιχείο κτιριακού κελύφους

Δομικό στοιχείο	Επιφάνεια F (m <sup>2</sup> )	Συντελεστής θερμοπερατότητας k (m <sup>2</sup> *K/W)	Μειωτικός συντελεστής b	k*F
εξωτερικοί τοίχοι τομής δ-δ	46	0,149		6,854
εξωτερικοί τοίχοι τομής ε-ε	1.694	1,486		2.517,284
εξωτερικοί τοίχοι τομής ζ-ζ	105	0,932		97,860
εξωτερικοί τοίχοι τομής η-η	209	0,830		173,470
εξωτερικοί τοίχοι τομής θ-θ	44	0,543		23,892
εξωτερικοί τοίχοι τομής ι-ι	77	0,146		11,242
μονός διαφανής υαλοπίνακας 8mm	415	5,000		2.075,000
διπλός διαφανής υαλοπίνακας	18	3,400		61,200
Σίδηρος	4	7,000		28,000
αλουμίνιο αναδυόμενο σκούρο	183	7,000		1.281,000
Οροφή	2.123	0,331		702,713
δάπεδο πάνω από κλειστό μη θερμαινόμενο χώρο	1.144	1,429	0,5	1.062,776
δάπεδο σε επαφή με το έδαφος	979	1,196	0,5	681,384
δάπεδο σε επαφή με εξωτερικό αέρα	93	0,096		8,928
<b>ΣΥΝΟΛΟ:</b>	<b>7.134</b>			<b>8.731,603</b>

Άρα, ο μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας του κτιρίου υπολογίζεται:

$$k_m = 8731,603/7134 \Leftrightarrow k_m = 1,224 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$$

Ο επιτρεπόμενος μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας είναι συνάρτηση του λόγου F/V. Η συνολική επιφάνεια F του κτιριακού κελύφους έχει βρεθεί από τον προηγούμενο πίνακα. Για την εύρεση του συνολικού όγκου, αθροίζονται οι όγκοι του κάθε ορόφου, οι οποίοι προκύπτουν από πολλαπλασιασμό της επιφάνειας του δαπέδου επί το ύψος του κάθε ορόφου. Υπενθυμίζεται ότι το υπόγειο, ως κλειστός μη θερμαινόμενος χώρος, δε συμπεριλαμβάνεται στον υπολογισμό του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας του κτιριακού κελύφους, άρα δε συμπεριλαμβάνεται και στο συνολικό όγκο του κτιρίου. Από το σχέδιο της κάτοψης ισογείου σε

ηλεκτρονικό αρχείο και χρησιμοποιώντας τα αρχιτεκτονικά σχέδια και το ηλεκτρονικό πρόγραμμα Autocad, βρέθηκαν οι επιφάνειες των δαπέδων.

Επομένως, υπολογίζεται ο λόγος ως εξής:

$$F/V = 7134/[(2123,22+1572,42+522,37+105,794)*3,7] \Leftrightarrow F/V = 0,446 \text{ m}^{-1}$$

Από τον πίνακα του Παραρτήματος, μέσω γραμμικής παρεμβολής, προκύπτει:

$$k_{m,max} = 1,007 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$$

Παρατηρείται ότι ισχύει:  $k_m > k_{m,max}$ , δηλαδή ο μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας του κτιρίου είναι εκτός των επιτρεπτών ορίων. Επομένως, υπάρχουν κάποια σημαντικά λάθη στη μόνωση του εξεταζόμενου κτιρίου και γι' αυτό απαιτούνται συγκεκριμένες ενέργειες για τη βελτίωση της κτιριακής μόνωσης και με όλα τα υπόλοιπα οφέλη που προκύπτουν.





## Κεφάλαιο 5: Αποτελέσματα μετρήσεων με καταγραφικό εξοπλισμό

---



# 5: Αποτελέσματα μετρήσεων με καταγραφικό εξοπλισμό

---

## 5.1 Εισαγωγή

Για την εύρεση του ενεργειακού προφίλ του Κτιρίου Ηλεκτρονικών Υπολογιστών (PcLab) στην Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου, χρειάστηκε να διεξαχθούν σειρές μετρήσεων με καταγραφικό εξοπλισμό, οι οποίες παρουσιάζονται στο παρόν κεφάλαιο, με χρονολογική σειρά. Τα όργανα μέτρησης που χρησιμοποιήθηκαν για την εκπόνηση της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας είναι τα εξής:

- ηλεκτρονικός αναλυτής καυσαερίων
- υγρασιόμετρο
- υπέρυθη θερμοκάμερα
- ηλεκτρονικός αναλυτής ηλεκτρικής ενέργειας

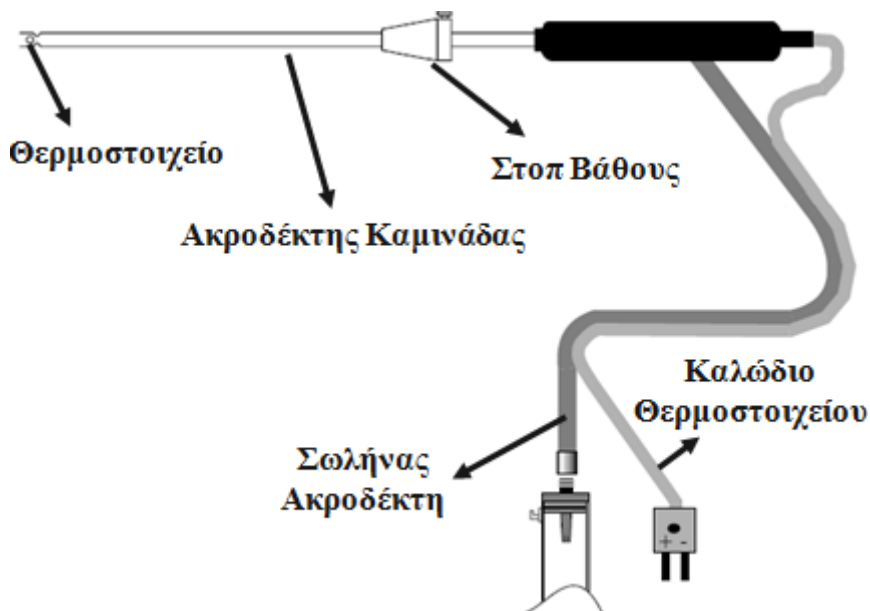
## 5.2 Ηλεκτρονικός αναλυτής καυσαερίων

Το μοντέλο του ηλεκτρονικού αναλυτή καυσαερίων που χρησιμοποιήθηκε για την εκπόνηση της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας είναι ο αναλυτής KANE 900 PLUS, όπως φαίνεται και στην επόμενη εικόνα:



Σχήμα 5.1: Ηλεκτρονικός αναλυτής καυσαερίων

Ο ακροδέκτης του ηλεκτρονικού αναλυτή καυσαερίων και η σύνδεση του παρουσιάζονται στην παρακάτω εικόνα:



Σχήμα 5.2: Σύνδεση ακροδέκτη αναλυτή καυσαερίων

Η ποιότητα των ηλεκτροχημικών αισθητηρίων του ηλεκτρονικού αναλυτή καυσαερίων έχει βελτιωθεί δραστικά τα τελευταία χρόνια με αποτέλεσμα η ακρίβειά

τους να έχει φτάσει το 0,2%. Παράλληλα, ο χρόνος ζωής τους έχει ξεπεράσει τα δύο χρόνια.

Ο ηλεκτρονικός αναλυτής καυσαερίων δίνει στιγμιαίες μετρήσεις. Μετράει το ποσοστό οξυγόνου και την ποσότητα μονοξειδίου του άνθρακα και μονοξειδίου του αζώτου, καθώς και τη θερμοκρασία περιβάλλοντος και θερμοκρασία καυσαερίων. Ακόμα, υπολογίζει το ποσοστό διοξειδίου του άνθρακα, την απόδοση καύσης του λέβητα, τη διαφορά θερμοκρασίας, και το λόγο μονοξειδίου του άνθρακα προς διοξείδιο του άνθρακα % δείκτης τοξικών αερίων.

### **5.2.1 Διεξαγωγή και παρουσίαση των μετρήσεων**

Στις 15 Απριλίου 2010 έγινε μέτρηση με τον ηλεκτρονικό αναλυτή καυσαερίων στο λέβητα του Κτιρίου Ηλεκτρονικών Υπολογιστών, ο οποίος χρησιμοποιεί ως καύσιμο Φυσικό Αέριο. Επισημαίνεται ότι οι λέβητες αέριων καυσίμων δεν παρουσιάζουν σημαντικές σχεδιαστικές διαφορές από τους λέβητες υγρών καυσίμων, παρουσιάζουν όμως σημαντικά πλεονεκτήματα όπως καθαρά καυσαέρια και καύση χωρίς στερεά κατάλοιπα στους καπναλούς και στο φλογοθάλαμο. Ο αριθμός των μετρήσεων που αποθηκεύτηκαν στον ηλεκτρονικό αναλυτή καυσαερίων ήταν αρκετός ώστε να βγουν ασφαλή συμπεράσματα από την επεξεργασία τους. Μετά από υπολογισμό του μέσου όρου των μετρήσεων αυτών, προκύπτει ο πίνακας που ακολουθεί:

	<b>ΚΤΙΡΙΟ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ</b>
	<i>350.000 kcal/h</i>
<b>DATE</b>	15/4/2010
<b>TIME</b>	14:22:15
<b>FUEL</b>	NATURAL GAS
<b>NET</b>	149 °C
<b>FLUE</b>	175 °C
<b>AMBIENT</b>	25.6 °C
<b>O<sub>2</sub></b>	6.3 %
<b>CO<sub>2</sub></b>	8.3 %
<b>SMOKE</b> ( <i>Brigon smoke scale 0-9</i> )	0
<b>CO</b>	3 ppm
<b>NO</b>	39 ppm
<b>NO<sub>x</sub></b>	40 ppm
<b>Λ</b>	1.43
<b>CO/CO<sub>2</sub> INDEX (Pindex)</b>	0.00 %
<b>LOSSES</b>	7.0 %
<b>EFF (N)*</b>	93.0 %

Πίνακας 5.1: Παρουσίαση μετρήσεων αναλυτή καυσαερίων

Ακολουθεί επεξήγηση των παραμέτρων του παραπάνω πίνακα:

**DATE:** Ημερομηνία

**TIME:** Ώρα

**FUEL:** Καύσιμο

**NET:** Καθαρή θερμοκρασία που προκύπτει από την αφαίρεση της εξωτερικής ή της θερμοκρασίας εισαγωγής από τη μετρημένη θερμοκρασία του καυνοσωλήνα

**FLUE:** Θερμοκρασία καυσαερίων

**AMBIENT:** Θερμοκρασία καθαρού αέρα

**O<sub>2</sub>:** Ένδειξη οξυγόνου σε %

**CO<sub>2</sub>:** Ένδειξη διοξειδίου του άνθρακα με βάση το καύσιμο που έχει επιλεγεί

**SMOKE** (*Brigon smoke scale 0-9*): Ένδειξη καθαρότητας των καυσαερίων

**CO:** Ένδειξη μονοξειδίου του άνθρακα σε ppm ή mg/m<sup>3</sup>

**NO:** Ένδειξη μονοξειδίου του αζώτου

**NO<sub>x</sub>:** Ένδειξη λοιπών οξειδίων του αζώτου

**Λ:** Υπολογισμός του πλεονάζοντος αέρα από τη μέτρηση του οξυγόνου και τον τύπο του χρησιμοποιούμενου καυσίμου (Περίσσεια Αέρα %)

**CO/CO<sub>2</sub> INDEX (Pindex):** Ποσοστό % μονοξειδίου του άνθρακα προς διοξείδιο του άνθρακα

**LOSSES:** Ποσοστό απωλειών

**EFF (N):** Ένδειξη της υπολογιζόμενης απόδοσης της καθαρής καύσης σε %

\* Η μέτρηση της απόδοσης πραγματοποιήθηκε με βάση την ΚΘΔ του Φυσικού Αερίου

Ο δείκτης αιθάλης προσδιορίστηκε ως εξής: τοποθετώντας το ειδικό χάρτινο φίλτρο στο ακροστοιχείο δειγματοληψίας του αναλυτή καυσαερίων μετριέται κατευθείαν ο δείκτης αιθάλης συγκρίνοντας με το πρότυπο έντυπο της κλίμακας Brigon smoke. Οι μετρήσεις προσδιορισμού του δείκτη αιθάλης των καυσαερίων αξιολογούνται οπτικά τοποθετώντας το χάρτινο ειδικό φίλτρο κάτω από την κλίμακα σύγκρισης του δείκτη αιθάλης έτσι ώστε η κηλίδα της αιθάλης να καλύπτει τελείως μια οπή της κλίμακας σύγκρισης. Η πλησιέστερη προς την κηλίδα της αιθάλης σε βαθμό μαυρίσματος επιφάνεια της κλίμακας σύγκρισης, δίνει το δείκτη αιθάλης.

Επισημαίνεται ότι κατά τους ανοιξιάτικους και καλοκαιρινούς μήνες, η απόδοση των θερμαντικών σωμάτων υπερκαλύπτει τις απώλειες, οπότε δεν υπήρχε ανάγκη για υψηλή θερμοκρασία λειτουργίας του λέβητα. Πιο συγκεκριμένα, ο λέβητας δεν ήταν σε λειτουργία εκείνη τη μέρα, λόγω ικανοποιητικής θερμοκρασίας περιβάλλοντος. Τέθηκε εκείνη τη στιγμή σε εκκίνηση και μετά από μερικά λεπτά λειτουργίας, διεξάχθηκαν οι μετρήσεις. Με βάση τους κανονισμούς μέτρησης, το νερό πρέπει να έχει φτάσει τουλάχιστον τους 80 °C, για να μετρηθεί η πραγματική θερμοκρασία εξόδου και να συγκριθεί με τα διεθνή πρότυπα.

### 5.2.2 Σχολιασμός μετρήσεων – παρατηρήσεις

Σύμφωνα με διεθνή πρότυπα, τα όρια κανονικής λειτουργίας της κεντρικής θέρμανσης δημοσίων κτιρίων, που χρησιμοποιούν λέβητες αέριων καυσίμων, όπως το Κτίριο των Ηλεκτρονικών Υπολογιστών, είναι τα εξής:

Δείκτης αιθάλης: 0-1 Bacharach

CO<sub>2</sub>: 10% min

CO: 60 ppm max

NO<sub>x</sub>: 65 ppm max

Θερμοκρασία καυσαερίων: 180-280 °C

Εσωτερικός βαθμός απόδοσης: 80% min

Επισημαίνεται ότι τα παραπάνω όρια εκπομπών καυσαερίων λεβήτων αφορούν τις υφιστάμενες εγκαταστάσεις και διαφέρουν από τα όρια που ισχύουν σε νέες εγκαταστάσεις.

Συγκρίνοντας τα παραπάνω όρια κανονικής λειτουργίας με τις τιμές που ελήφθησαν από τον ηλεκτρονικό αναλυτή καυσαερίων, είναι εμφανές ότι ο δείκτης αιθάλης είναι ο καλύτερος δυνατός (0 Bacharach). Λίγη αιθάλη σημαίνει καλή καύση και συνεπώς λίγη ρύπανση. Ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης είναι 93%, που θεωρείται ιδιαίτερα ικανοποιητικός και αρκετά πάνω από το ελάχιστο όριο, με αποτέλεσμα το ποσοστό των απωλειών του λέβητα είναι χαμηλό (7%). Η τιμή της απόδοσης καύσης επηρεάζεται από όλα τα χαρακτηριστικά καύσης και αποτελεί τον πιο αποτελεσματικό δείκτη για την πιστοποίηση της καλής λειτουργίας του καυστήρα. Όμως, τόσο η ένδειξη διοξειδίου του άνθρακα (8.3%) όσο και η θερμοκρασία καυσαερίων (175 °C) είναι αρκετά χαμηλές και ελάχιστα κάτω από τα κατώτατα όρια κανονικής λειτουργίας.

Ακόμα, η ποσότητα των οξειδίων του αζώτου που περιέχεται στα καυσαέρια εκφρασμένη σε ppm σε κανονικές συνθήκες, εξαρτάται από την περίσσεια αέρα και τη θερμοκρασία καυσαερίων. Η τιμή στο συγκεκριμένο λέβητα είναι 40 ppm, δηλαδή μέσα στα επιτρεπόμενα όρια. Επιπλέον, η ποσότητα μονοξειδίου του άνθρακα που περιέχεται στα καυσαέρια είναι αρκετά μικρή στο συγκεκριμένο λέβητα, 3 ppm, τιμή πολύ κάτω από το ανώτατο επιτρεπόμενο όριο. Οι τιμές αυτές πρέπει να είναι όσο το δυνατόν μικρότερες.

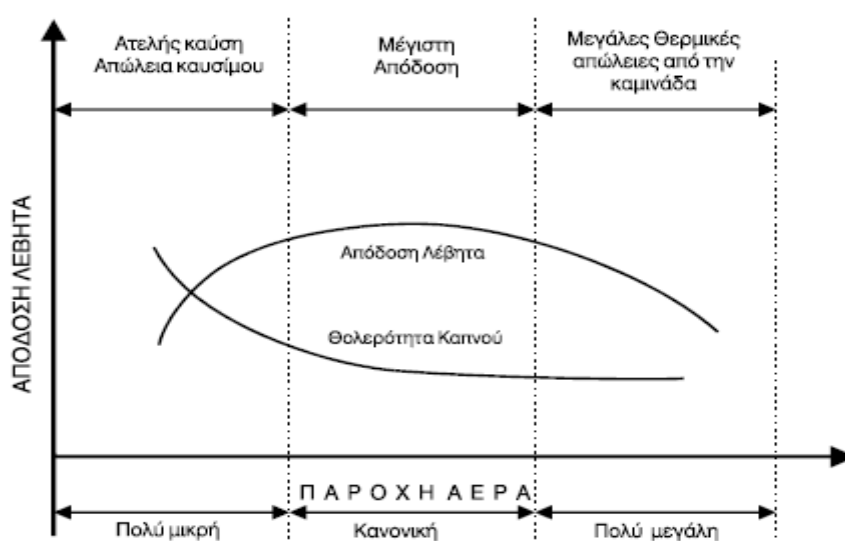
Όσο μεγαλύτερη είναι η περιεκτικότητα διοξειδίου του άνθρακα και μικρότερη η θερμοκρασία καυσαερίων, τόσο μεγαλύτερος ο βαθμός απόδοσης. Όμως, επισημαίνεται ότι η θερμοκρασία καυσαερίων δεν πρέπει να είναι υψηλή για να μην



αυξάνονται οι θερμικές απώλειες των καυσαερίων, αλλά ούτε κάτω από το όριο, ώστε να αποφεύγονται οι συμπυκνώσεις των καυσαερίων που οδηγούν σε διαβρώσεις.

Η περιεκτικότητα του διοξειδίου του άνθρακα στα καυσαέρια των λεβήτων, είναι ο δείκτης οικονομίας καυσίμου, άρα ένας ιδιαίτερα σημαντικός παράγοντας. Επισημαίνεται ότι επειδή το οπτικό φαινόμενο ρύπανσης (μαύρου καπνού) γίνεται εύκολα αντιληπτό, πλέον δίνεται προτεραιότητα στη μείωση της αιθάλης (ικανοποιητική μέτρηση για το συγκεκριμένο λέβητα) και γίνονται δεκτές τιμές CO<sub>2</sub> ελάχιστα κάτω των ορίων εάν ο αρμόδιος τεχνικός αιτιολογήσει την αδυναμία ρύθμισης (κυρίως παλαιότητα εγκατάστασης). Γενικός κανόνας είναι η μεγιστοποίηση της περιεκτικότητας των καυσαερίων σε διοξείδιο του άνθρακα έτσι ώστε να επιτυγχάνεται η οικονομικότερη περίσσεια αέρα και ο μέγιστος βαθμός απόδοσης του λέβητα.

Το κλειδί για τη μεγιστοποίηση του βαθμού απόδοσης είναι ο έλεγχος της περίσσειας αέρα, καθώς με τη σωστή περίσσεια αέρα επιτυγχάνεται μέγιστος βαθμός απόδοσης για κάποιο συγκεκριμένο σύστημα καυστήρα – λέβητα που λειτουργεί με κάποιο συγκεκριμένο καύσιμο. Αν η περίσσεια αυτή μειωθεί, υπάρχει σχηματισμός μονοξειδίου του άνθρακα (CO) από ατελή καύση, ειδικά αν το καύσιμο είναι φυσικό αέριο, όπως στο συγκεκριμένο λέβητα. Το αποτέλεσμα αυτής της σπατάλης του καυσίμου είναι η μείωση του βαθμού απόδοσης και η μόλυνση του περιβάλλοντος. Από την άλλη μεριά, αν η περίσσεια αέρα αυξηθεί, ο θάλαμος καύσης χάνει θερμότητα που θα παρασύρεται μαζί της στα καυσαέρια με αποτέλεσμα πάλι τη μείωση του βαθμού απόδοσης. Τα παραπάνω απεικονίζονται στο παρακάτω διάγραμμα:



Σχήμα 5.3: Διάγραμμα Σχέση παροχής αέρα προς την απόδοση του λέβητα και τη θολερότητα των καυσαερίων

Για παράδειγμα, η στοιχειομετρική καύση του φυσικού αερίου δίνει 11,8% CO<sub>2</sub> και 0% O<sub>2</sub> στα καυσαέρια. Στοιχειομετρική καύση σημαίνει ότι όλος ο άνθρακας, το υδρογόνο και το θείο του καυσίμου καίγονται προς διοξείδιο του άνθρακα, νερό και διοξείδιο του θείου με το ελάχιστο ποσό οξυγόνου. Πρακτικά, περιεκτικότητα 10% CO<sub>2</sub> είναι μία καλή προσέγγιση η οποία δίνει 3,2% O<sub>2</sub> που αναλογεί σε 17% περίσσεια αέρα. Στο συγκεκριμένο λέβητα που εξετάζεται, ο συντελεστής Λ είναι 1,43, δηλαδή η περίσσεια αέρα είναι 43% ή αλλιώς, η ποσότητα του αέρα που παρέχεται στο λέβητα είναι κατά 43% μεγαλύτερη από αυτή που απαιτείται θεωρητικά. Το οξυγόνο της περίσσειας αέρα δε λαμβάνει μέρος στην καύση αλλά απάγεται από το λέβητα με τα καυσαέρια, αφού προηγουμένως θερμανθεί. Τα κανονικά επίπεδα του συντελεστή Λ είναι: 1,2 – 1,3.

Επιπλέον, ο λόγος CO/CO<sub>2</sub> επιτρέπει στο μηχανικό να καταλάβει αν το σύστημα θέλει άμεση συντήρηση ή όχι. Στον εξεταζόμενο λέβητα, ο λόγος CO/CO<sub>2</sub> είναι μηδενικός, άρα το σύστημα λέβητα – καυστήρα δε χρήζει άμεσης συντήρησης.

Παρατηρείται ότι από τις μετρήσεις που ελήφθησαν ότι τα καυσαέρια περιέχουν μονοξείδιο του άνθρακα και συγχρόνως οξυγόνο. Αυτό μπορεί να οφείλεται σε δύο αιτίες:

1. Κανονική παροχή αέρα στο θάλαμο καύσης αλλά κακή ανάμιξη αέρα – καυσίμου.
2. Μικρή παροχή αέρα στο θάλαμο καύσης, ενώ συγχρόνως εισροή δευτερογενούς αέρα από διαρροές λόγω της υποπίεσης στο θάλαμο καύσης.

Παρατηρείται λοιπόν ότι οι μετρήσεις που ελήφθησαν από τον ηλεκτρονικό αναλυτή καυσαερίων για το λέβητα φυσικού αερίου του Κτηρίου Ηλεκτρονικών Υπολογιστών είναι στο σύνολό τους αρκετά καλές, οδηγώντας έτσι με ασφάλεια στο συμπέρασμα της καλής λειτουργίας του συγκεκριμένου λέβητα. Αυτή οφείλεται στην τακτική συντήρησή του σε τακτά χρονικά διαστήματα από τους αρμόδιους υπεύθυνους.

Επομένως, δε χρειάζεται να εξετασθούν περαιτέρω οι κυριότερες αιτίες της κακής λειτουργίας των λεβήτων, που προέρχονται συνήθως από την αμέλεια και την ελλιπή γνώση των θερμοστών και των υπευθύνων των λεβητοστασίων και εντοπίζονται κυρίως, στην κακή ρύθμιση του καυστήρα (περίσσεια αέρα, κακή προθέρμανση του καυσίμου, ανεπαρκής διασκορπισμός του καυσίμου, κ.ά.), στην ανεπαρκή συντήρηση του λέβητα, στην υπερβολικά χαμηλή φόρτιση του λέβητα ανάλογα με τις ανάγκες της παραγωγής και βέβαια στην παλαιότητα των εγκαταστάσεων. Ο βαθμός απόδοσης, ως συνάρτηση της θερμοκρασίας των καυσαερίων και της περιεκτικότητας του διοξειδίου του άνθρακα, είναι δυνατό να βελτιωθεί αν βελτιωθούν αυτές οι παράμετροι.

### 5.3 Υγρασιόμετρο

Το μοντέλο του υγρασιόμετρου που χρησιμοποιήθηκε στα πλαίσια της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας είναι το SR 232.

Το υγρασιόμετρο συνδέεται σε υπολογιστή και οι αισθητήρες του μετράνε τη θερμοκρασία και το ποσοστό υγρασίας του περιβάλλοντος. Οι μετρήσεις που λαμβάνονται εμφανίζονται στην οθόνη του υπολογιστή σε μορφή διαγράμματος, όπου στον κάθετο άξονα είναι το μετρούμενο μέγεθος και στον οριζόντιο άξονα είναι ο αύξοντας αριθμός της μέτρησης. Το υγρασιόμετρο ρυθμίστηκε ώστε ο χρόνος δειγματοληψίας να είναι τριάντα δευτερόλεπτα, έτσι ώστε να ανιχνεύονται τυχόν διακυμάνσεις σε όσο το δυνατόν μεγαλύτερο χρονικό διάστημα. Ακόμα, οι μετρήσεις αποθηκεύονται στον υπολογιστή σε σημειωματάριο, όπου καταγράφονται: ο αύξοντας αριθμός της μέτρησης, η ημερομηνία και η ώρα της μέτρησης, η θερμοκρασία και το ποσοστό υγρασίας του περιβάλλοντος.

Πραγματοποιήθηκαν δύο επισκέψεις στο Κτήριο Ηλεκτρονικών Υπολογιστών για τη λήψη μετρήσεων. Η πρώτη επίσκεψη πραγματοποιήθηκε το μεσημέρι της 26ης Απριλίου 2010 και η δεύτερη το μεσημέρι της 30 Απριλίου 2010.

Από τα διαγράμματα που ελήφθησαν από το υγρασιόμετρο, υπολογίζονται τα εξής μεγέθη:

- μέσος όρος εξωτερικής θερμοκρασίας στις 26/04/2010: 30,565 °C
- μέσος όρος ποσοστού εξωτερικής υγρασίας στις 26/04/2010: 20,348%
- μέσος όρος εσωτερικής θερμοκρασίας στις 26/04/2010: 22,568 °C
- μέσος όρος ποσοστού εσωτερικής υγρασίας στις 26/04/2010: 40,39%
- μέσος όρος εξωτερικής θερμοκρασίας στις 30/04/2010: 28,885 °C
- μέσος όρος ποσοστού εξωτερικής υγρασίας στις 26/04/2010: 11,842%

Οι μετρήσεις που ελήφθησαν με το υγρασιόμετρο χρησιμοποιούνται για την επεξεργασία των θερμογραφημάτων της υπέρυθρης θερμοκάμερα.

## 5.4 Θερμοκάμερα

### 5.4.1 Υπέρυθρη θερμογραφία

Η θερμογραφία είναι μία μέθοδος ανίχνευσης θερμοκρασιών που αναπτύσσονται στις επιφάνειες διάφορων υλικών. Με τη συγκεκριμένη μέθοδο προσδιορίζονται και ερμηνεύονται θερμοκρασιακές διαφορές που εμφανίζονται σε διάφορα αντικείμενα και εφαρμογές εν γένει, και εξάγονται συμπεράσματα ως προς την ορθή θερμική θωράκισή τους. Αποτελεί την κυριότερη και αποτελεσματικότερη μέθοδο μη καταστρεπτικού ελέγχου (Non – Destructive Inspection), καθώς και ένα πολύτιμο εργαλείο προληπτικής συντήρησης στα χέρια του μηχανικού.

Κάθε σώμα σε μια θερμοκρασία μεγαλύτερη από τους 0 °C εκπέμπει ενέργεια υπό τη μορφή υπέρυθρης ακτινοβολίας προς όλες τις κατευθύνσεις. Μεταξύ της θερμοκρασίας ενός αντικειμένου και της ποσότητας ενέργειας που ακτινοβολεί, υπάρχει μία σταθερή σχέση. Έτσι, επιτυγχάνεται η ακριβής μέτρηση της θερμοκρασίας του αντικειμένου μετρώντας την ποσότητα της ακτινοβολίας. Η θερμογραφία λοιπόν ανιχνεύει την εκπομπή θερμικής ακτινοβολίας και προκύπτει οπτική απεικόνιση του θερμικού σήματος (θερμογράφημα). Η αρχή των υπέρυθρων θερμογραφικών τεχνικών βασίζεται στο γεγονός ότι η ροή θερμότητας σε ένα υλικό διαφοροποιείται με την παρουσία ορισμένων τύπων ατελειών ή υποεπιφανειακών ανωμαλιών. Μεταβολές στη ροή θερμότητας προκαλούν τοπικές θερμοκρασιακές διαφορές στο εξεταζόμενο αντικείμενο.

Η υπέρυθρη ακτινοβολία που εκπέμπεται από ένα αντικείμενο αποτελείται από τρεις συνιστώσες:

- ακτινοβολία εκπεμπόμενη από το αντικείμενο
- ακτινοβολία εκπεμπόμενη μέσω ανάκλασης από πηγή του περιβάλλοντος
- ακτινοβολία εκπεμπόμενη από την ατμόσφαιρα

Τα πλεονεκτήματα της υπέρυθρης θερμογραφίας είναι τα εξής:

- γρήγορη επιθεώρηση μεγάλων επιφανειών
- επιθεώρηση χωρίς επαφή και χωρίς διακοπή λειτουργίας
- ασφάλεια προσωπικού (δεδομένου ότι δεν υπάρχει καμία σχετική επιβλαβής ακτινοβολία)

- τα αποτελέσματα είναι σχετικά εύκολο να μελετηθούν, δεδομένου ότι οι εικόνες μπορούν να υποβληθούν σε επεξεργασία για να εξαχθούν περισσότερες πληροφορίες
- αποτελεσματικότερη συντήρηση εξοπλισμού
- ευρεία έκταση των εφαρμογών
- είναι ίσως το μοναδικό εργαλείο επιθεώρησης σε κάποιες περιπτώσεις (π.χ. όπως στην περίπτωση μερικών κεραμικών επιστρωμάτων που επιθεωρούνται μετά βίας με άλλες ή καταστρεπτικές τεχνικές ή στην περίπτωση ερευνών κατά τη διάρκεια συντήρησης)

Τα μειονεκτήματα της υπέρυθρης θερμογραφίας είναι τα εξής:

- δυσκολία απόκτησης μιας γρήγορης, ομοιόμορφης και ιδιαίτερα ενεργητικής θερμικής διέγερσης πάνω σε μία μεγάλη επιφάνεια
- επίδραση των θερμικών απωλειών (από εξασθένιση λόγω μεταφορά ακτινοβολίας από το αντικείμενο στη θερμοκάμερα) που συνήθως προκαλούν ψεύτικες μεταβολές θερμοκρασίας και έχουν επιπτώσεις στην αξιοπιστία της μέτρησης
- σχετικά υψηλό κόστος του εξοπλισμού, ενώ ταυτόχρονα είναι ευαίσθητος και επιρρεπής σε βλάβες
- δυνατότητα επιθεώρησης και ανίχνευσης σφάλματος περιορισμένου πάχους υλικού κάτω από την εξωτερική επιφάνεια
- προβλήματα εκπεμπικότητας
- προβλήματα ανακλάσεων

Η υπέρυθρη θερμογραφία διαιρείται σε δύο τεχνικές, την ενεργητική και την παθητική θερμογραφία. Η παθητική θερμογραφία εξετάζει τα υλικά και τις δομές που σε φυσιολογικές συνθήκες παρουσιάζουν διαφορετική θερμοκρασία από το περιβάλλον, ενώ στην περίπτωση της ενεργητικής θερμογραφίας, είναι απαραίτητο ένα εξωτερικό ερέθισμα για να προκαλέσει τις σχετικές θερμοκρασιακές διαφορές που σε φυσιολογικές συνθήκες δεν υπάρχουν. Για την εξέταση του κτιριακού κελύφους, χρησιμοποιείται η παθητική θερμογραφία, η οποία είναι απλούστερη πιο ευρέως χρησιμοποιούμενη.

Η εφαρμογή της υπέρυθρης θερμογραφίας σε ηλεκτρολογικές εγκαταστάσεις (σε εσωτερικό ή σε εξωτερικό χώρο) περιλαμβάνει μεταξύ άλλων την ανίχνευση 'θερμών σημείων', χαλαρών συνδέσεων, 'καμένων επαφών', καθώς και τον έλεγχο της

κατάστασης της μόνωσης. Στις μηχανολογικές εγκαταστάσεις, η υπέρυθρη θερμογραφία χρησιμοποιείται για τον εντοπισμό ‘θερμών περιοχών’, περιοχών υψηλού βαθμού τριβών και των ‘ελαττωματικών’ εξαρτημάτων διαφόρων μηχανημάτων. Επιπλέον, χρησιμοποιείται στις σωληνώσεις, σε συστήματα εναλλακτών και σε δοχεία για την ανίχνευση διαρροών, τη μέτρηση στάθμης και τον έλεγχο της σωστής λειτουργίας των ατμοπαγίδων.

Στα πλαίσια της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας, η τεχνική της θερμογραφίας χρησιμοποιείται για τη θερμική επιθεώρηση κτιριακών εγκαταστάσεων, με σκοπό να προσδιοριστεί η θερμική κατάστασή τους, οι διαρροές αέρα και οι απώλειες θερμότητας και ενέργειας. Επιπλέον, συμβάλλει στον άμεσο και ακριβή εντοπισμό της ελλειπούς ή κατεστραμμένης μόνωσης, της υγρασίας, των διαρροών νερού, των ατελειών και πιθανών κοιλοτήτων στα τοιχώματα και την οροφή του κτιρίου, παρέχοντας τη δυνατότητα επισκευής πιθανού προβλήματος και αποφυγής της περαιτέρω επέκτασής του. Χρησιμοποιείται ευρέως στον προσδιορισμό της ευστάθειας του σκυροδέματος, την ανίχνευση και τον εντοπισμό καλωδίων και σωληνώσεων θέρμανσης που εκπέμπουν ακτινοβολία.

### 5.4.2 Θερμογέφυρες

Ως θερμικές γέφυρες ή θερμογέφυρες χαρακτηρίζονται τα επιμέρους τμήματα (ή περιοχές) του εξωτερικού κελύφους ενός κτιρίου, στα οποία η θερμική αντίσταση υπολείπεται σημαντικά αυτής στα υπόλοιπα δομικά στοιχεία του περιβλήματος.

Στις θέσεις των θερμογεφυρών οι ροές θερμότητας παρουσιάζονται δυσανάλογα αυξημένες σε σύγκριση με τις ροές θερμότητας στο υπόλοιπο κέλυφος. Γι’ αυτό και οι θερμογέφυρες αποτελούν τα ‘ασθενή’ σημεία του κτιριακού κελύφους και λειτουργούν επιβαρυντικά στη θερμική προστασία, καθώς αποτελούν μια υπολογίσιμη και συνεχή σπατάλη ενέργειας. Επισημαίνεται ότι οι θερμικές απώλειες αποτελούν σημαντικό ποσοστό των ολικών απωλειών του κτιρίου, παρά το γεγονός ότι συνήθως αποτελούν ένα μικρό μόνο τμήμα του εξωτερικού κελύφους του. Ακόμα, επηρεάζουν την ενεργειακή συμπεριφορά του κτιρίου και επιφέρουν μείωση της αίσθησης της θερμικής άνεσης στο εσωτερικό του χώρου, καθώς δημιουργούνται κρύα ρεύματα. Ταυτόχρονα, ευνοούν την εκδήλωση του φαινομένου της επιφανειακής και κρυφής συμπύκνωσης των υδρατμών και την ανάπτυξη μυκήτων μούχλας και διαφόρων μικροοργανισμών στην επιφάνεια των δομικών στοιχείων, με αποτέλεσμα τη συνεχή ανάγκη για επισκευή και συντήρηση.

Σύμφωνα με το πρότυπο ISO/DIS 14683, οι θερμογέφυρες διακρίνονται σε δύο τύπους: γραμμικές και σημειακές. Οι γραμμικές θερμογέφυρες έχουν ομοιόμορφη διατομή κατά μία διάσταση, ενώ οι σημειακές δεν έχουν σε καμία διάσταση. Για τις

ανάγκες του ενεργειακού επιθεωρητή, δίνεται έμφαση στις γραμμικές θερμογέφυρες γιατί έχουν μεγαλύτερη συγκριτικά επίδραση στη θερμική συμπεριφορά του κτιριακού κελύφους. Οι σημειακές θερμογέφυρες εμφανίζονται στις ενώσεις των θερμογεφυρών και η επίδρασή τους στις θερμικές ανταλλαγές, είναι συχνά πολύ αμελητέα.

Τη δημιουργία μιας θερμογέφυρας μπορεί να προκαλέσουν κατασκευαστικές αδυναμίες, κακοτεχνίες, αστοχίες, αμέλεια και παραλείψεις, άγνοια ή ακόμη και φθορές, οφειλόμενες στην παλαιότητα της εγκατάστασης. Σε όλες τις περιπτώσεις, κοινή συνισταμένη αναδεικνύεται η μειωμένη θερμομονωτική προστασία στη θέση εκείνη.

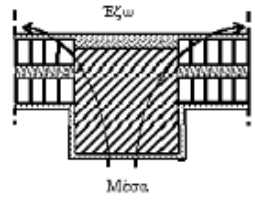
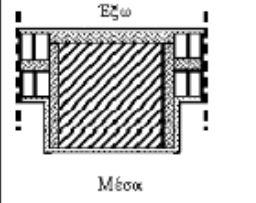
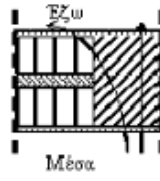
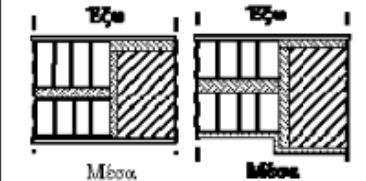
Σε γενικές γραμμές, η εμφάνιση μιας θερμογέφυρας μπορεί να οφείλεται στα εξής:

- κατασκευαστικούς λόγους που καθιστούν δυσχερή ή πρακτικά αδύνατη την πλήρη θερμομονωτική προστασία της κατασκευής
- αλλαγή της σύνθεσης των υλικών ή της διαδοχής των στρώσεων ενός φαινομενικά ενιαίου δομικού στοιχείου (π.χ. σημείο συναρμογής στοιχείου του φέροντος οργανισμού και τοιχοποιίας πλήρωσης)
- διακοπή της συνέχειας της θερμομονωτικής στρώσης σε κάποια θέση του εξωτερικού περιβλήματος
- συνάντηση δύο κάθετων μεταξύ τους δομικών στοιχείων, των οποίων η πλήρης θερμομονωτική προστασία είναι δυσχερής ή πρακτικά ανέφικτη
- απουσία θερμομονωτικής στρώσης ή μείωση του πάχους της
- διέδρες ή τρίεδρες εξωτερικές γωνίες, εμβαδό της εξωτερικής επιφάνειας των οποίων αντιστοιχεί πολύ μικρότερο εμβαδό εσωτερικής επιφάνειας

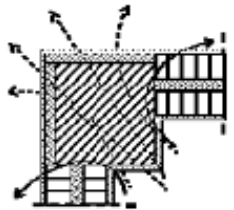
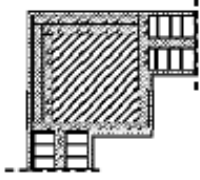
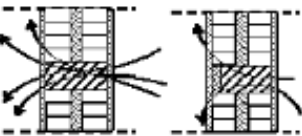
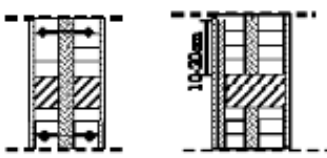
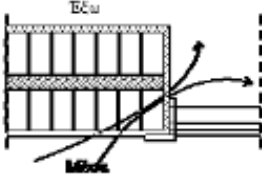
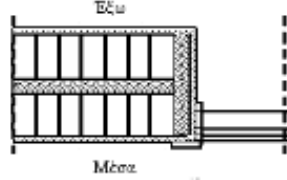
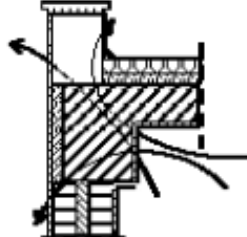
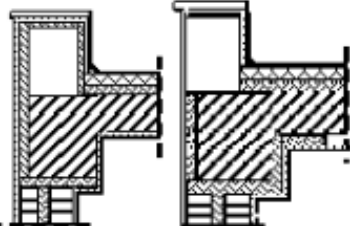
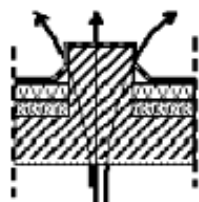
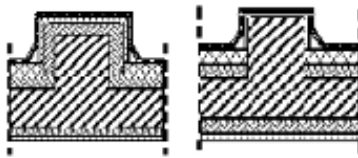
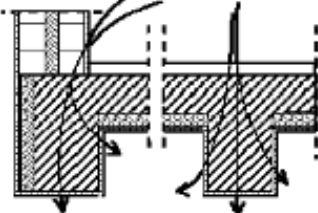
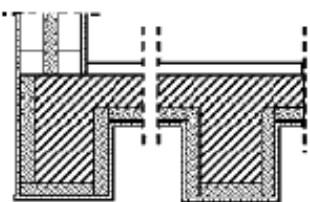
Γενική κατεύθυνση για την αποφυγή εμφάνισης θερμογεφυρών σε μία κατασκευή αποτελεί η πλήρης θερμική προστασία της. Ωστόσο, πρακτικά δεν είναι εφικτή η κατασκευή ενός συμβατικού κτιρίου χωρίς τη δημιουργία θερμογεφυρών. Αυτό ισχύει όχι απαραίτητα επειδή δε θα έχει εκπονηθεί σωστά η προβλεπόμενη από τον κανονισμό μελέτη θερμομόνωσης του κτιρίου ή επειδή η μελέτη δε θα έχει εφαρμοσθεί πλήρως, αλλά επειδή κάποιο σημείο ή τμήμα ενός δομικού στοιχείου λόγω της θέσης του ή του κατασκευαστικού σχήματος του περιβλήματος θα παρουσιάζει υψηλότερες θερμικές απώλειες, τις οποίες ένας τυπικός υπολογισμός της μελέτης θερμομόνωσης δεν μπορεί να αντιμετωπίσει. Στα σημεία αυτά πρέπει να ληφθεί ειδική μέριμνα για αυξημένη θερμομονωτική προστασία και επιμελημένη κατασκευή που συνήθως ξεφεύγει από τα τυποποιημένα.

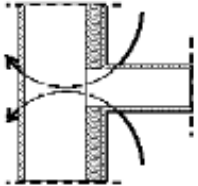
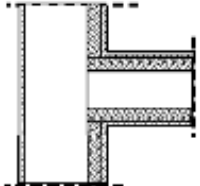
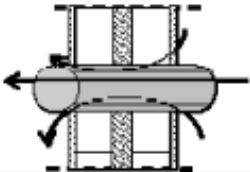
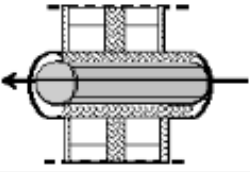
Επισημαίνεται ότι σε ορισμένες περιπτώσεις, η αποφυγή των θερμογεφυρών είναι οικονομικά ασύμφορη, καθώς το όφελος από την εξάλειψή τους είναι δυσανάλογα μικρό σε σχέση με τη συνθετότητα και το κόστος των λύσεων για την αντιμετώπισή τους. Επομένως, η πρόληψη ή η αντιμετώπιση πρέπει να γίνονται στο βαθμό του δυνατού και όχι καθ' υπερβολή και πρέπει τόσο από κατασκευαστική όσο και από οικονομική άποψη, να κινούνται στο πλαίσιο του εφικτού, με απώτερο σκοπό να προσφέρουν την καλύτερη δυνατή θερμομονωτική προστασία στο κτίριο και να περιορίζουν στο ελάχιστο τις θερμικές απώλειες από το εξωτερικό του περίβλημα.

Οι διαφορετικές περιπτώσεις θερμογεφυρών μπορούν να ομαδοποιηθούν σε επιμέρους γενικότερες κατηγορίες με κατ' εξοχήν κριτήριο τις δυνατότητες επέμβασης για βελτίωση της ενεργειακής συμπεριφοράς των δομικών στοιχείων. Στην πινακοποίηση που ακολουθεί δίνονται επιγραφικά οι βασικότερες κατηγορίες θερμογεφυρών και σχηματική παράσταση της θέσης τους και τεχνικές επεμβάσεων για τον κατά το δυνατόν περιορισμό των θερμικών απωλειών από αυτές:

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΓΕΦΥΡΑΣ	ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΘΕΣΗΣ	ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ
Διακοπή της συνέχειας της θερμομονωτικής στρώσης στο σημείο σύνδεσης στοιχείου του φέροντα οργανισμού και τοιχοποιίας πλήρωσης		
Η απουσία θερμομόνωσης σε στοιχεία του φέροντα οργανισμού		



ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΓΕΦΥΡΑΣ	ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΘΕΣΗΣ	ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ
Αυξημένες θερμικές απώλειες λόγω διαφοράς εμβαδού στις δύο όψεις των γωνιακών δομικών στοιχείων		
Οι περίδεσμοι ενίσχυσης σε δικέλυφη τοιχοποιία με θερμομόνωση στον πυρήνα		
Διακοπή της θερμομόνωσης στις παραστάδες, στα υπέρθυρα των ανοιγμάτων και στις ποδιές των παραθύρων		
Οι απολήξεις των εξωτερικών δομικών στοιχείων (στηθαία στα δώματα, αντεσταμμένα δοκάρια και διπλά στηθαία για τη διαμόρφωση αρμών διαστολής)		
		
Τα ενδιάμεσα και περιμετρικά δοκάρια στις θέσεις των δοκών στην οροφή υπογείου ή πιλοτής		

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΓΕΦΥΡΑΣ	ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΘΕΣΗΣ	ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ
Διακοπή της συνέχειας της θερμομονωτικής στρώσης σε θέση εγκάρσιας συναρμογής εξωτερικού κελύφους με εσωτερικό τοίχο		
Οπτόπλινθοι με τις οπές κάθετα στο εξωτερικό περίβλημα του κτιρίου		
Η προέκταση των φερόντων στοιχείων πέραν του κύριου όγκου του κτιρίου (πρόβολοι)		
Τα σημεία διέλευσης σωληνώσεων ύδρευσης, αποχέτευσης, κεντρικής θέρμανσης, αερίου, καμινάδων, αεραγωγών κτλ.		
Τα κουτιά των περιερισσόμενων περσίδων των κουφωμάτων		
Σχισμές και κενά στις θέσεις συναρμογής των κουφωμάτων με τις τοιχοποιίες		

Σχήμα 5.4 Κατηγορίες θερμογεφυρών

### 5.4.3 Θερμοκάμερα

Τα μοντέλα της θερμοκάμερας που χρησιμοποιήθηκαν για την εκπόνηση της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας είναι η υπέρυθρη κάμερα FLIR B40 και FLIR B50. Το τελευταίο μοντέλο φαίνεται και στην παρακάτω εικόνα:



Σχήμα 5.5: Θερμοκάμερα

Τα δύο μοντέλα της θερμοκάμερας έχουν ουσιαστικά παρόμοιες ιδιότητες, με εξαίρεση ότι το μοντέλο FLIR B50 έχει ακτίνα laser που διευκολύνει στην οπτική στόχευση του αντικειμένου προς παρατήρηση. Οι θερμοκάμερες μπορούν να εξάγουν τρεις διαφορετικές μορφές εικόνων: υπέρυθρες εικόνες/θερμογραφήματα, ψηφιακές εικόνες, και υπέρυθρες εικόνες μέσα σε ψηφιακές.

Η κάμερα υπέρυθρων μετράει και απεικονίζει την υπέρυθρη ακτινοβολία που εκπέμπεται από ένα αντικείμενο. Η ακτινοβολία αυτή είναι συνάρτηση της επιφανειακής θερμοκρασίας του αντικειμένου, άρα επιτρέπει στην κάμερα με κατάλληλο λογισμικό να υπολογίζει και να εμφανίζει την εν λόγω θερμοκρασία. Η κατανομή θερμοκρασιών σε διάφορες επιφάνειες απεικονίζεται μέσω γραφικών εικόνων.

Τα θερμογραφήματα της θερμοκάμερας μπορούν να αποθηκευτούν σε ηλεκτρονική συσκευή αποθήκευσης. Στη συνέχεια, χρησιμοποιώντας το λογισμικό Flir QuickReport της εταιρίας Flir Systems, οι εικόνες μπορούν να επεξεργαστούν

περαιτέρω σε υπολογιστή, έτσι ώστε να εξαχθούν ασφαλή συμπεράσματα. Συγκεκριμένα, η χρήση του λογισμικού δίνει τη δυνατότητα για επεξεργασία των εικόνων, δημιουργία ισόθερμων, προσδιορισμός θερμότερου και ψυχρότερου σημείου, αλλαγή του εύρους κλίμακας της θερμοκρασίας, αλλαγή της χρωματικής παλέτας κ.ά. Η χρήση του λογισμικού και η επεξεργασία των εικόνων είναι αναπόσπαστο κομμάτι υπέρυθρης θερμογραφίας και παίζει καθοριστικό ρόλο για τη σωστή ερμηνεία των θερμογραφημάτων.

Οι παράμετροι που πρέπει να ληφθούν υπόψιν και να οριστούν κατάλληλα κατά την επεξεργασία των θερμογραφημάτων στο εν λόγω πρόγραμμα, ώστε να επιτευχθούν όσο το δυνατόν πιο ακριβείς μετρήσεις, είναι οι εξής:

- συντελεστής εκπομπής του αντικειμένου
- φαινόμενη θερμοκρασία ανάκλασης
- απόσταση του αντικειμένου
- σχετική υγρασία
- θερμοκρασία της ατμόσφαιρας

Ο συντελεστής εκπομπής αποτελεί ένα μέτρο της ποσότητας ακτινοβολίας που εκπέμπεται από το αντικείμενο σε σχέση με εκείνη ενός ιδανικού σώματος (το λεγόμενο μέλαν σώμα) στην ίδια θερμοκρασία.

Η φαινόμενη θερμοκρασία ανάκλασης αντισταθμίζει την ακτινοβολία του περιβάλλοντος που ανακλάται πάνω στο αντικείμενο και καταλήγει στη θερμοκάμερα. Συγκεκριμένα, σε περίπτωση που ο συντελεστής εκπομπής είναι χαμηλός και η θερμοκρασία του αντικειμένου διαφέρει κατά πολύ από τη φαινόμενη θερμοκρασία ανάκλασης, ο ακριβής ορισμός της φαινόμενης θερμοκρασίας ανάκλασης καθίσταται ακόμα πιο σημαντικός.

#### **5.4.4 Διεξαγωγή των μετρήσεων**

Για να επιτευχθεί όσο το δυνατόν πιο ακριβή μέτρηση, πρέπει να ληφθούν υπόψιν και οι παράμετροι την ώρα της θερμογραφικής λήψης:

- Η απόσταση πρέπει να είναι μεγαλύτερη ή ίση της ελάχιστης απόστασης εστίασης
- Ακριβής εστίαση
- Σωστή επιλογή θερμοκρασιακής κλίμακας

Όταν πρόκειται για την αποτύπωση της θερμικής συμπεριφοράς του κελύφους ενός κτιρίου (τοιχών, παραθύρων κλπ.) καταγράφεται το υλικό κατασκευής τους (μπετόν, τούβλα, μόνωση, επίχρισμα, τύπος κουφωμάτων, χρήση μονών ή διπλών υαλοπινάκων) και γενικά τα τεχνικά χαρακτηριστικά τους. Η καταγραφή αυτή παρουσιάζεται αναλυτικά στο τέταρτο κεφάλαιο της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας.

Για τη θερμογράφιση του κτιριακού κελύφους κανονικά πρέπει να επιλέγεται μία μέρα που να είναι κρύα και συννεφιασμένη, για την αποφυγή της θέρμανσης των τοίχων από την προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία (η χρήση εξωτερικών θερμικών πηγών είναι επιθυμητή μόνο στις περιπτώσεις της ενεργητικής θερμογραφίας). Σε ιδανικές συνθήκες, για αρκετές ώρες πριν από την έναρξη της θερμογραφικής απεικόνισης και για όσο διάστημα συνεχίζεται αυτή, το σχετικό τμήμα του κτιρίου δεν πρέπει να φωτίζεται απ' ευθείας από τον ήλιο. Ακόμα, θα πρέπει η εσωτερική θερμοκρασία να είναι αρκετά μεγαλύτερη από την εξωτερική, τουλάχιστον +10 °C, έτσι ώστε να είναι δυνατόν να εντοπιστούν οι απώλειες θερμότητας από το κέλυφος του κτιρίου καθώς και τα σημεία όπου η υπάρχουσα μόνωση είναι υποβαθμισμένη. Στη συγκεκριμένη περίπτωση, η διαδικασία θερμογράφισης διεξήχθη κατά τις μεσημεριανές στις 26 και 30 Απριλίου 2010, δύο αρκετά ηλιόλουστες μέρες. Παρ' όλα αυτά, μπόρεσαν να εξαχθούν χρήσιμα συμπεράσματα για το κτιριακό κέλυφος. Ακόμα, ήταν αδύνατη η διεξαγωγή θερμογράφισης τις νυχτερινές ώρες, καθώς οι πόρτες του Κτηρίου Ηλεκτρονικών Υπολογιστών κλειδώνουν στις 8 μ.μ., και δεν μπόρεσε να υπάρξει επικοινωνία με τους φύλακες της Πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου.

#### 5.4.5 Παρουσίαση και σχολιασμός θερμογραφημάτων

Πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις αρχικά στο εξωτερικό κτιριακό κέλυφος και στη συνέχεια στο εσωτερικό του κτιριακού κελύφους. Στην επεξεργασία των θερμογραφημάτων με το λογισμικό Flir QuickReport, ορίστηκαν οι παράμετροι ως εξής:

$$\varepsilon = 0,9$$

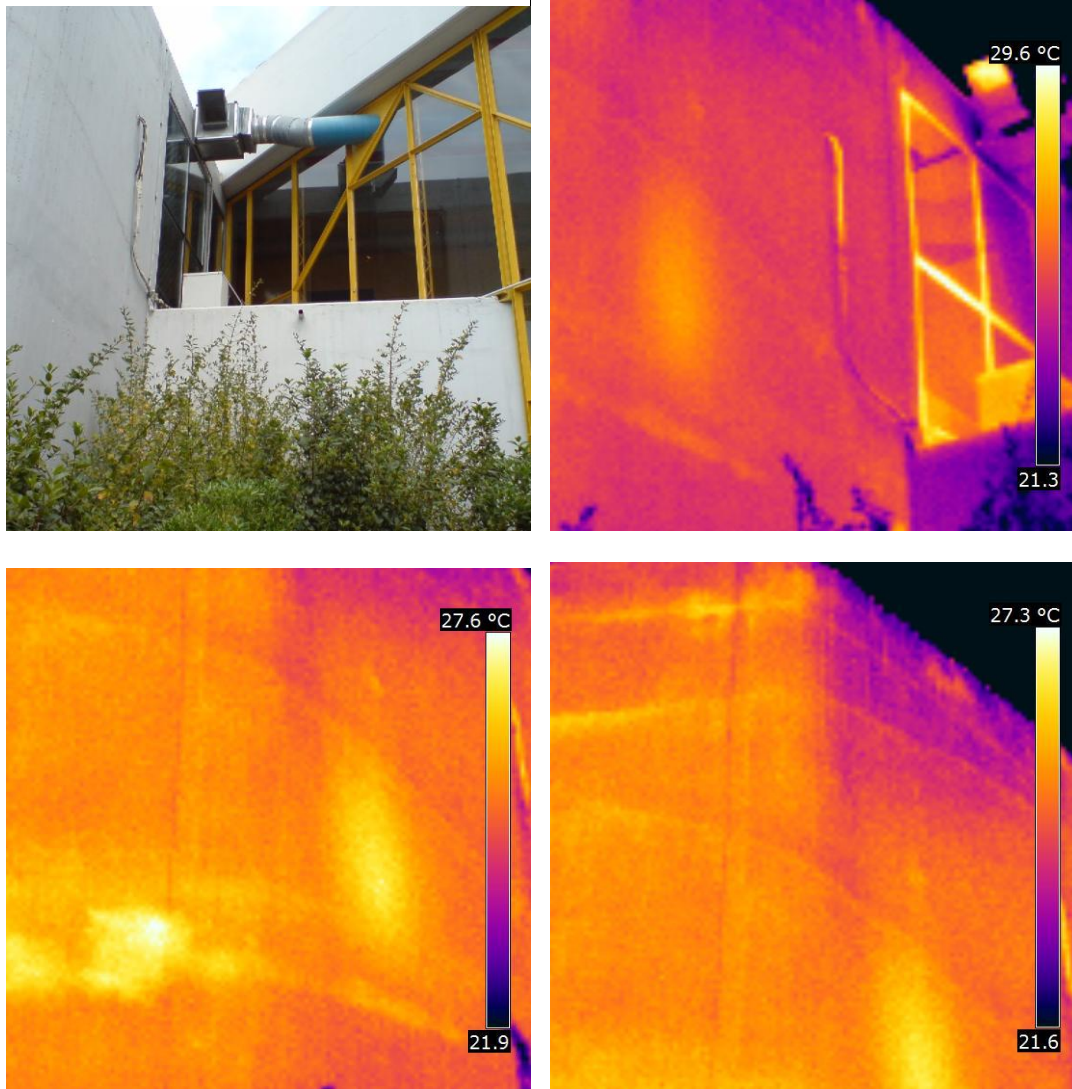
θερμοκρασία ατμόσφαιρας: όπως μετρήθηκε με το υγρασιόμετρο

σχετική υγρασία: όπως μετρήθηκε με το υγρασιόμετρο

θερμοκρασία ανάκλασης: όπως μετρήθηκε με τη θερμοκάμερα πάνω σε μία λεία επίπεδη επιφάνεια καλυμμένη με αλουμινοχαρτο.

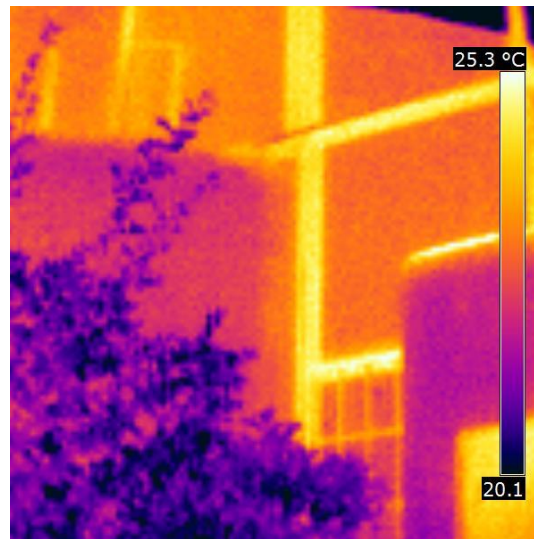
Στη συνέχεια, παρατίθενται τα θερμογραφήματα που χρήζουν σχολιασμό και παρατήρηση, μαζί με τις αντίστοιχες ψηφιακές εικόνες.

- Στο εξωτερικό κέλυφος του κτιρίου:



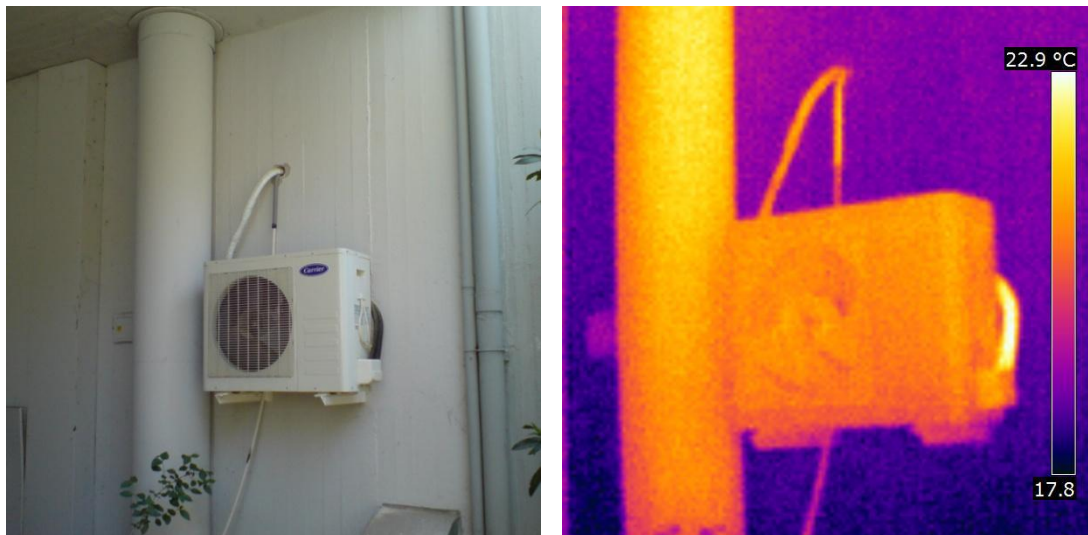
Σχήμα 5.6: Θερμογραφήματα εξωτερικής τοιχοποιίας

Από τις παραπάνω εικόνες φαίνεται ότι υπάρχει μία αξιοσημείωτη θερμοκρασιακή διαφορά σε ορισμένα σημεία του τοίχου, όπου υπάρχουν περιοχές με μεγαλύτερη θερμοκρασία. Αυτό πιθανόν να οφείλεται σε ανομοιογενή βαφή της τοιχοποιίας.



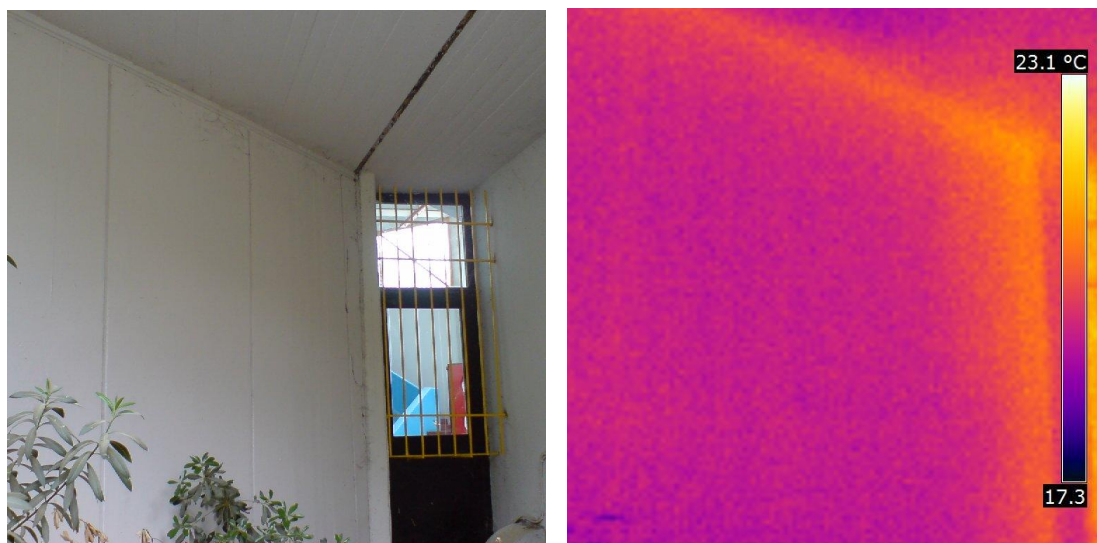
Σχήμα 5.7: Θερμογράφημα ένωσης εξωτερικής τοιχοποιίας και υαλοπινάκων

Από την παραπάνω εικόνα φαίνεται ότι τα σημεία του τοίχου που ενώνονται με τους υαλοπίνακες του κτιρίου, δεν παρουσιάζουν αξιοσημείωτη θερμοκρασιακή διαφορά με τα υπόλοιπα σημεία του τοίχου. Επομένως, η τοποθέτηση των υαλοπινάκων κρίνεται ικανοποιητική.



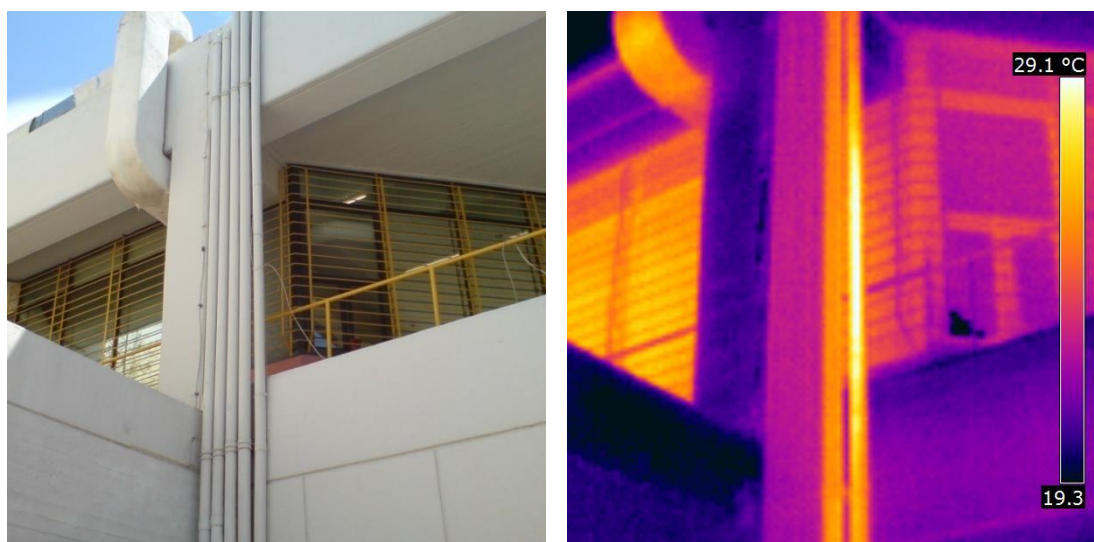
Σχήμα 5.8: Θερμογράφημα εξωτερικής τοιχοποιίας και κλιματιστικού

Από την παραπάνω εικόνα παρατηρείται ότι η κολώνα που εφάπτεται στην εξωτερική τοιχοποιία έχει ελαφρώς μεγαλύτερη θερμοκρασία από τον τοίχο, ο οποίος δεν παρουσιάζει στο συγκεκριμένο σημείο ανομοιογένεια. Αυτή η θερμοκρασιακή διαφορά είναι φυσιολογική λόγω του διαφορετικού υλικού κατασκευής.



Σχήμα 5.9: Θερμογράφημα ένωσης εξωτερικής τοιχοποιίας και θύρας

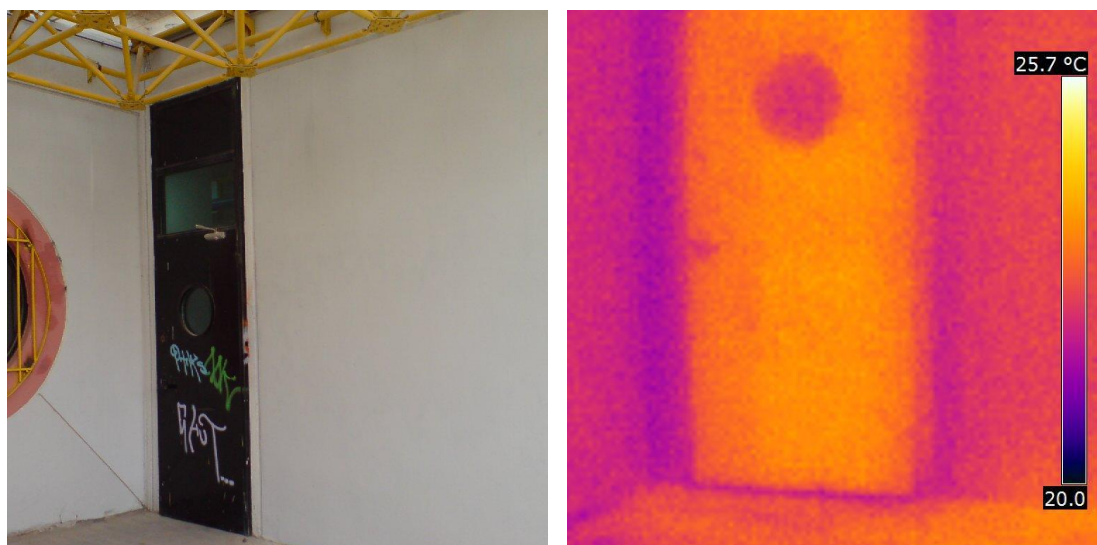
Από την παραπάνω εικόνα παρατηρείται ότι στην πάνω ένωση των τοίχων η θερμοκρασία είναι μεγαλύτερη από τον υπόλοιπο τοίχο, υποδεικνύοντας κάποια πιθανά προβλήματα στη μόνωση κατά μήκος της ένωσης. Τονίζεται ότι η ύπαρξη μεγαλύτερης θερμοκρασίας στην κάθετη ένωση του τοίχου και της γυάλινης εξωτερικής πόρτας δεν είναι αξιόπιστη, καθώς μπορεί να είναι αποτέλεσμα της αντανάκλασης από το γυαλί της πόρτας.



Σχήμα 5.10: Θερμογράφημα αγωγών στο εξωτερικό του κτιρίου

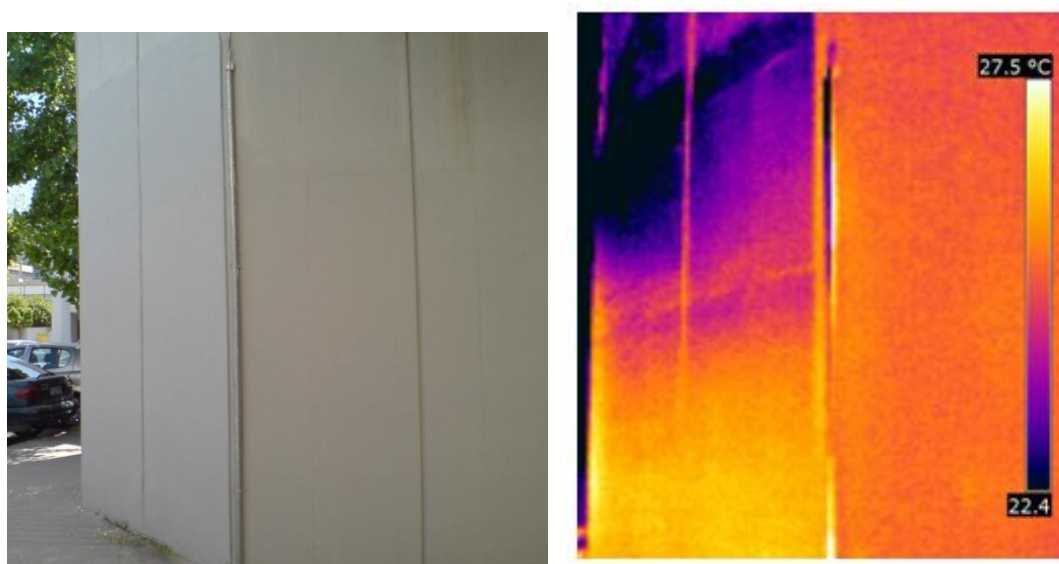
Από την παραπάνω εικόνα παρατηρείται ότι από τους πέντε εξωτερικούς αγωγούς, στους δύο αγωγούς από δεξιά υπάρχουν μεγαλύτερες θερμοκρασίες, κυρίως εξαιτίας της έντασης του ρεύματος που τους διαρρέει. Συστήνεται να γίνει περαιτέρω έλεγχος της μόνωσης αυτών των αγωγών.





Σχήμα 5.11: Θερμογράφημα ένωσης εξωτερικής τοιχοποιίας και θύρας

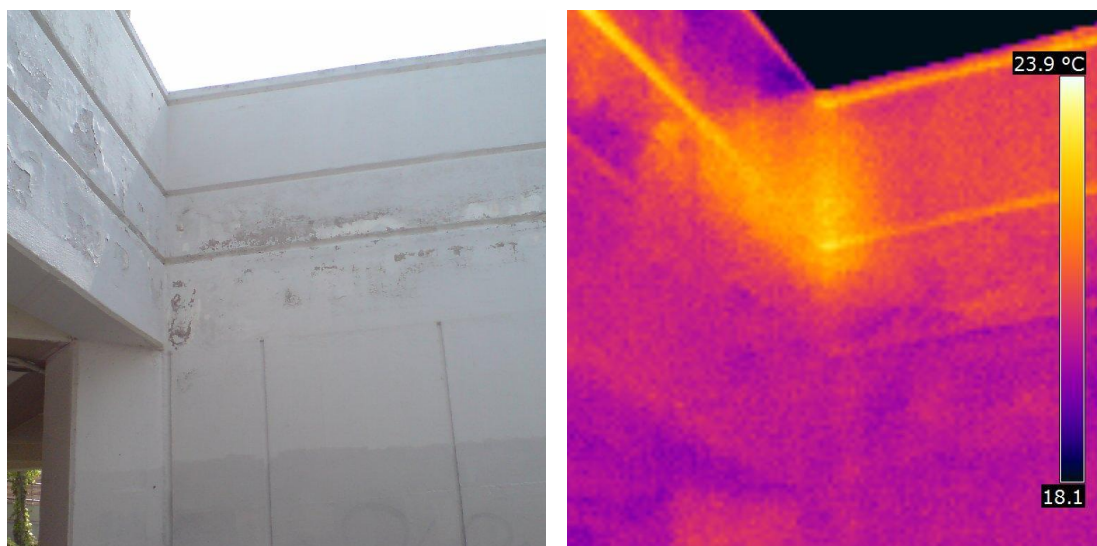
Από την παραπάνω εικόνα παρατηρείται μία πτώση της θερμοκρασίας κατά μήκος της ένωσης της εξωτερικής θύρας και του τοίχου. Συμπεραίνεται λοιπόν ότι τα συγκεκριμένα κουφώματα δεν είναι καλά τοποθετημένα, με αποτέλεσμα τη διέλευση του ψυχρού αέρα από τον εσωτερικό διάδρομο του κτιρίου στο θερμότερο εξωτερικό περιβάλλον. Υπογραμμίζεται ότι η συγκεκριμένη πόρτα δεν ανοίγει ουσιαστικά ποτέ, οπότε οι απώλειες αυτές (από μέσα προς τα έξω κατά τη θερινή περίοδο και από έξω προς τα μέσα κατά τη χειμερινή περίοδο) ισχύουν για όλο το χρόνο.



Σχήμα 5.12: Θερμογράφημα εξωτερικής τοιχοποιίας

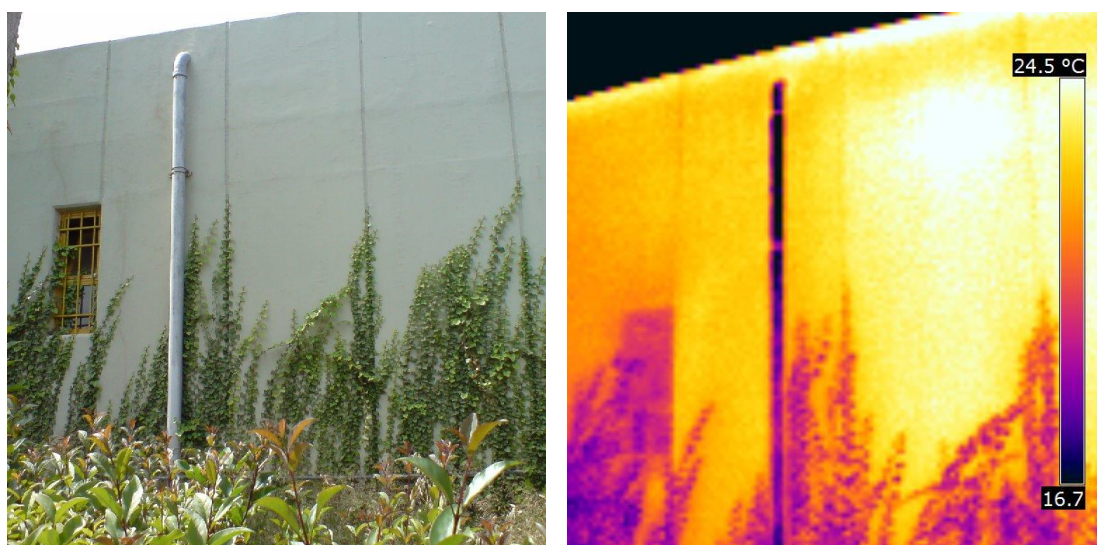
Από την παραπάνω εικόνα φαίνεται ότι ο τοίχος δεξιά του αγωγού παρουσιάζει ομοιογένεια ως προς την κατανομή της θερμοκρασίας του, άρα η μόνωση του είναι

ικανοποιητική. Αντιθέτως, ο τοίχος αριστερά του αγωγού παρουσιάζει αρκετά μεγάλη θερμοκρασιακή διαφορά, υποδεικνύοντας σοβαρά λάθη στη μόνωση (ή ακόμα και κάποια διαρροή στο πάνω μέρος του συγκεκριμένου τοίχου). Συνίσταται να γίνει περαιτέρω έλεγχος του συγκεκριμένου σημείου για να εξακριβωθούν τα αίτια εμφάνισης.



Σχήμα 5.13: Θερμογράφημα ένωσης εξωτερικής τοιχοποιίας

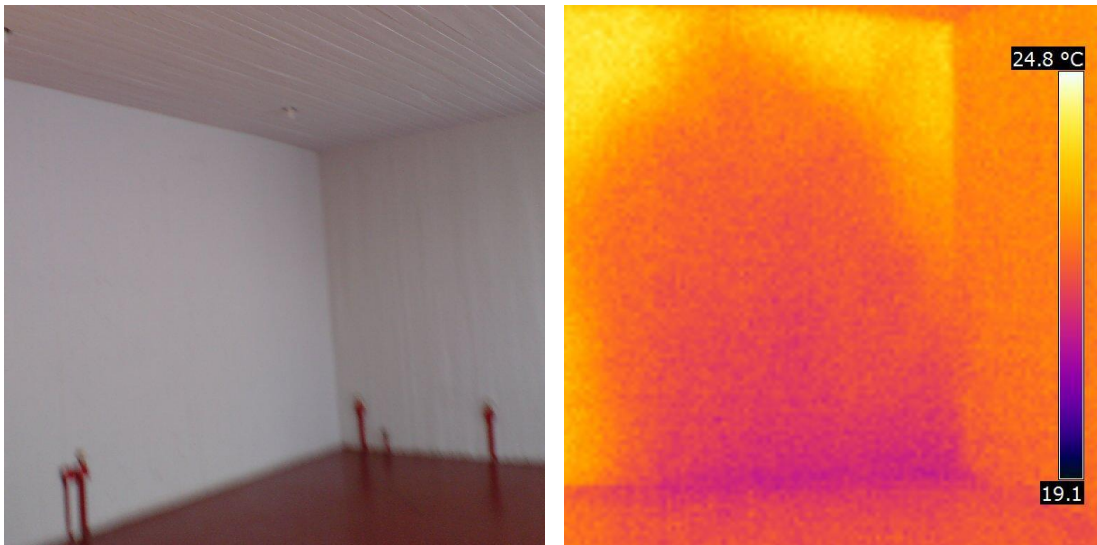
Από την παραπάνω εικόνα παρατηρείται αύξηση θερμοκρασίας στην ένωση των δύο τοίχων, που υποδεικνύει απώλειες θερμότητας. Επισημαίνεται ότι ο οριζόντιος τοίχος της φωτογραφίας ανήκει στο Κτίριο Ηλεκτρονικών Υπολογιστών, ενώ ο κάθετος τοίχος είναι μέρος της πλατείας της Πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου.



Σχήμα 5.14: Θερμογράφημα εξωτερικής τοιχοποιίας

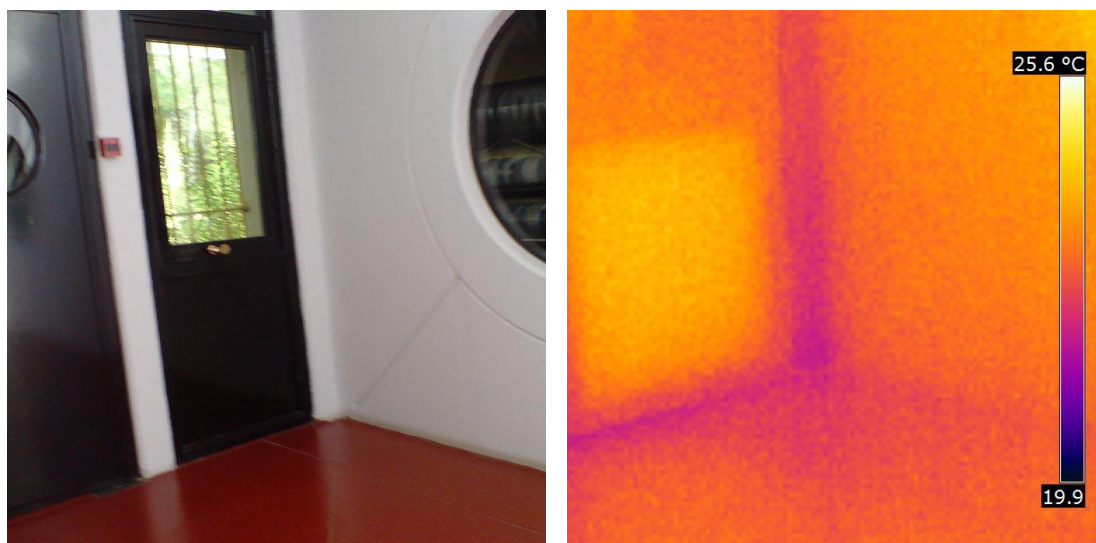
Από την προηγούμενη εικόνα παρατηρείται ότι το μέρος του τοίχου δεξιά του αγωγού, το οποίο αντιστοιχεί στο αμφιθέατρο του ημιορόφου, έχει σημαντικά μεγαλύτερη θερμοκρασία από το μέρος του τοίχου αριστερά του αγωγού, το οποίο αντιστοιχεί στις τουαλέτες του ημιορόφου. Παρουσιάζεται λοιπόν μια διαφορά στη μόνωση των χώρων του ημιορόφου.

- Στο εσωτερικό κέλυφος του κτιρίου:



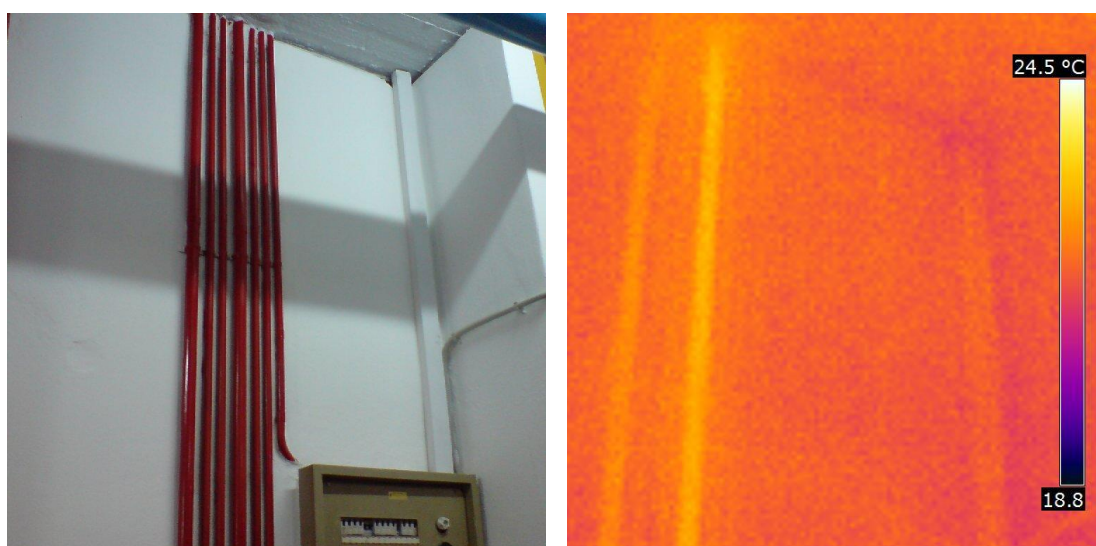
Σχήμα 5.15: Θερμογράφημα εσωτερικής τοιχοποιίας

Από την παραπάνω εικόνα, προκύπτει ότι υπάρχει μια περιοχή του τοίχου με μεγάλη θερμοκρασιακή διαφορά από τον υπόλοιπο τοίχο, υποδεικνύοντας έτσι κάποιο σημαντικό σφάλμα στη μόνωση του τοίχου. Ακόμα, παρατηρείται πιθανή ύπαρξη υγρασίας στην ένωση του τοίχου με το δάπεδο.



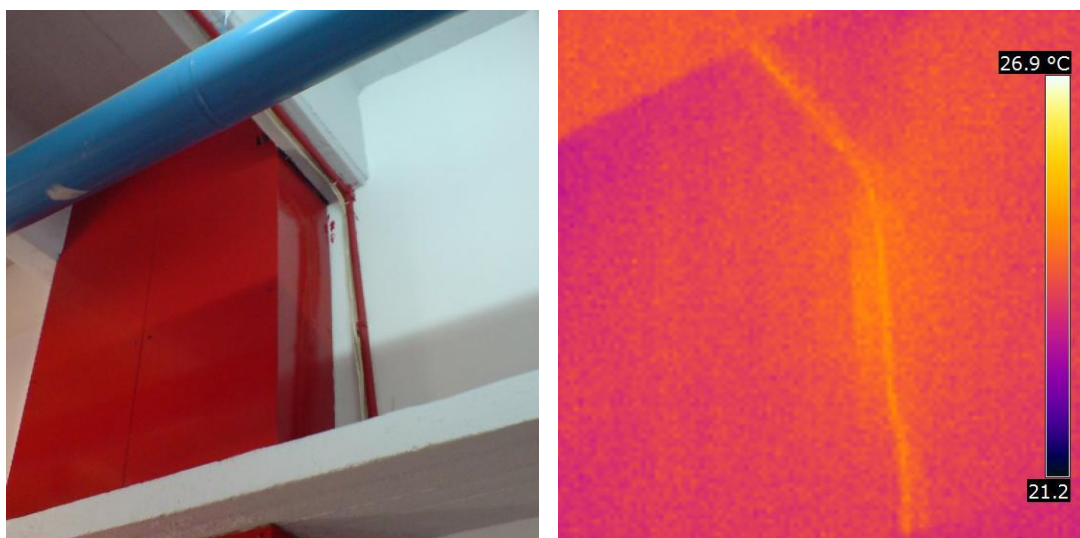
Σχήμα 5.16: Θερμογράφημα ένωσης εσωτερικής τοιχοποιίας και εξωτερικής θύρας

Από την παραπάνω εικόνα παρατηρείται ότι κατά μήκος της σύνδεσης της εξωτερικής μεταλλικής πόρτας με την εξωτερική τοιχοποιία υπάρχει θερμοκρασιακή διαφορά, υποδεικνύοντας απώλεια θερμότητας στην ένωση.



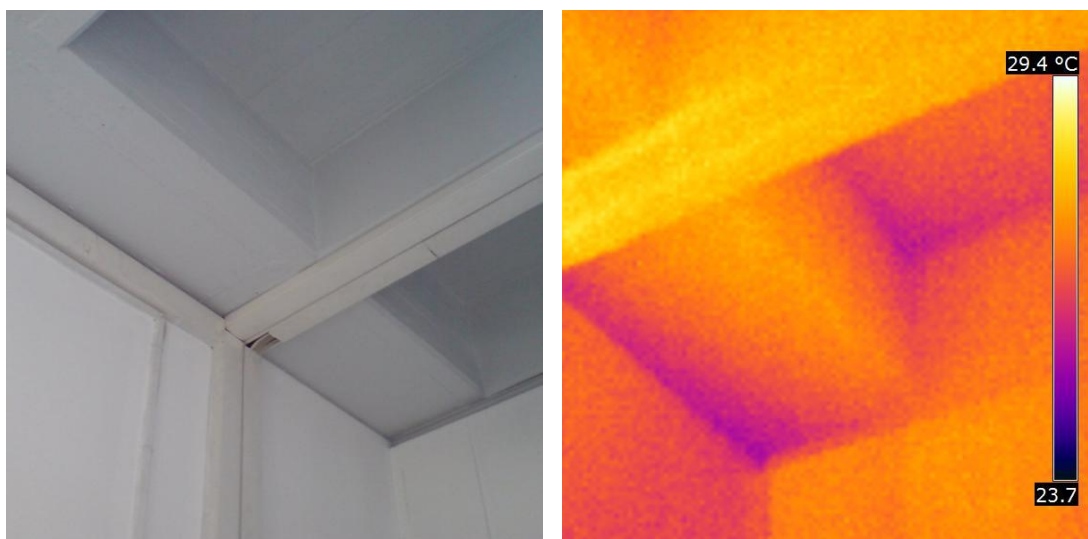
Σχήμα 5.17: Θερμογράφημα αγωγών στο εσωτερικό του κτιρίου

Από την παραπάνω εικόνα φαίνεται ότι οι αγωγοί έχουν διαφορετική θερμοκρασία ο ένας από τον άλλον. Στους αγωγούς που είναι θερμότεροι των υπολοίπων, πιθανόν να υπάρχουν απώλειες στη μόνωσή τους.



Σχήμα 5.18: Θερμογράφημα αγωγού στο εσωτερικό του κτιρίου

Από την παραπάνω εικόνα προκύπτει ότι η περιοχή σε ένα μέρος κατά μήκος του αγωγού έχει αυξημένη θερμοκρασία. Άρα υπάρχει μεταφορά θερμότητας από τον αγωγό προς το ψυχρότερο τοίχο, υποδεικνύοντας λανθασμένη μόνωση του αγωγού στο συγκεκριμένο σημείο, με αποτέλεσμα την παρατηρούμενη διαρροή θερμότητας.



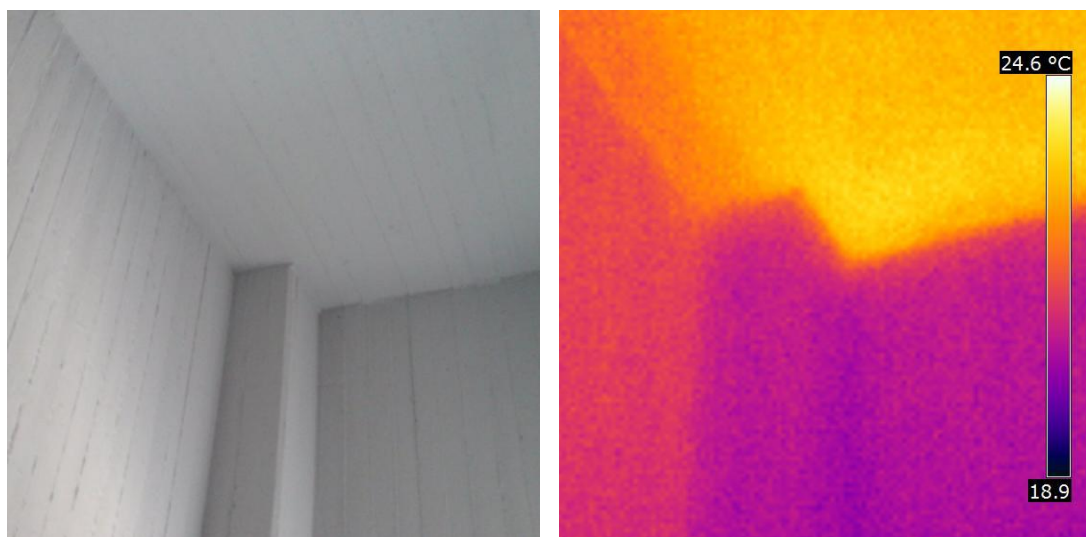
Σχήμα 5.19: Θερμογράφημα εσωτερικής τοιχοποιίας

Από την παραπάνω εικόνα παρατηρείται πιθανός σχηματισμός υγρασίας στη γωνία ένωσης των τοίχων, με το τυπικό ακτινωτό μοτίβο, το οποίο αποτελεί φυσιολογικό φαινόμενο.



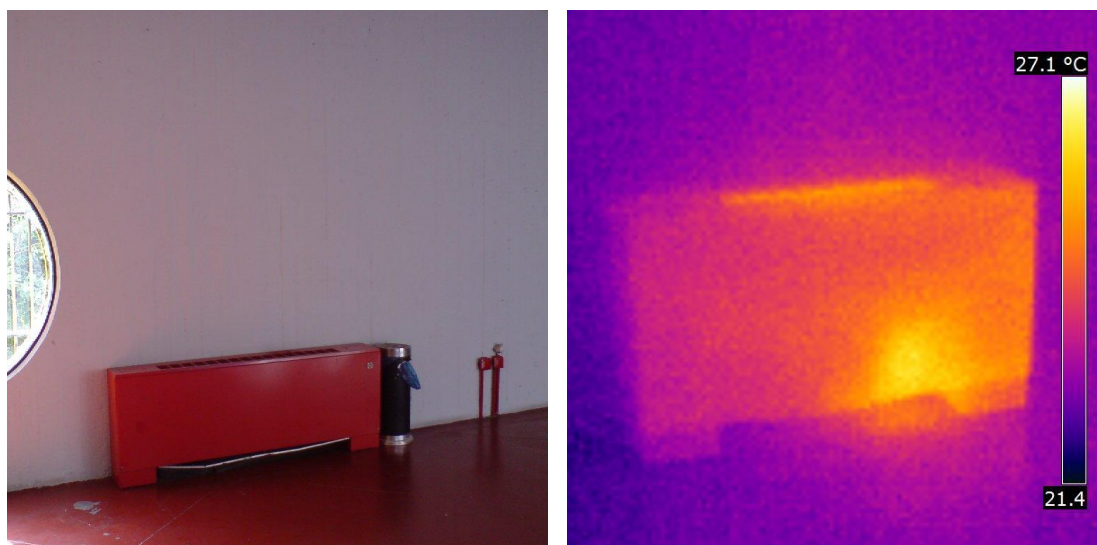
Σχήμα 5.20: Θερμογράφημα εξωτερικής θύρας

Από την παραπάνω εικόνα φαίνεται ότι δεν υπάρχει μεταφορά ή απώλειες θερμότητας ανάμεσα στο κούφωμα της εξωτερικής θύρας και του δαπέδου ή του τοίχου. Σε αυτό βοηθάει προφανώς και το χαρτόνι που έχει τοποθετηθεί κάτω από τη θύρα, το οποίο καλύπτει το κενό μεταξύ της μεταλλικής θύρας και του δαπέδου.



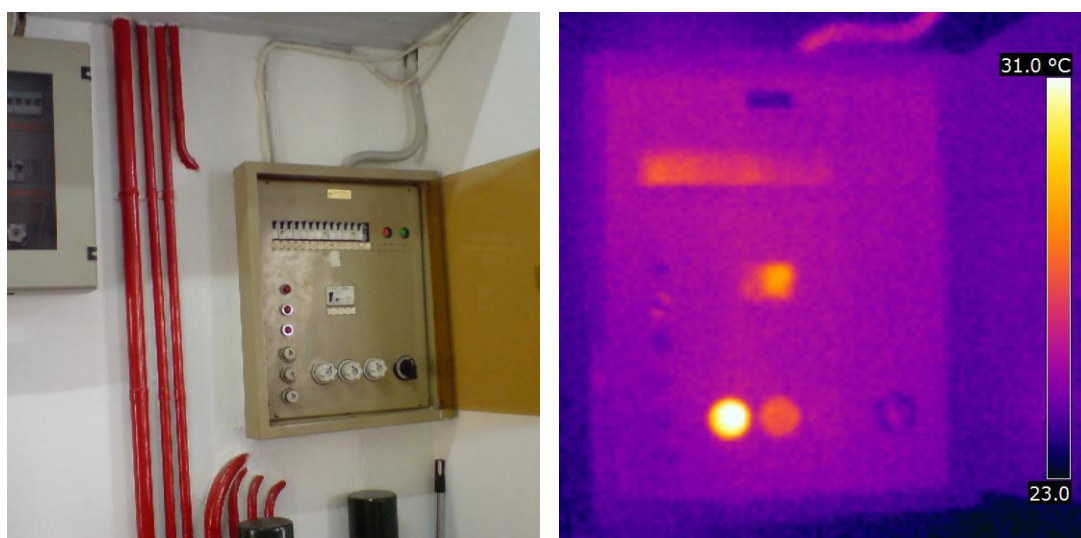
Σχήμα 5.21: Θερμογράφημα οροφής

Από την παραπάνω που απεικονίζει την οροφή του τρίτου και τελευταίου ορόφου του κτιρίου που μελετάται, παρατηρείται ότι δεν υπάρχει μεταφορά θερμότητας από την οροφή στον τοίχο, υποδεικνύοντας καλή μόνωση. Όμως, φαίνεται ότι η οροφή απορροφά μεγάλη ποσότητα θερμότητας από το εξωτερικό περιβάλλον (η μέρα που τραβήχτηκε η φωτογραφία ήταν ηλιόλουστη).



Σχήμα 5.22: Θερμογράφημα καλοριφέρ

Από την παραπάνω εικόνα φαίνεται ότι υπάρχει ροή θερμότητας εντός του καλοριφέρ του ημιορόφου, ενώ στην πραγματικότητα, την ώρα που γινόταν η θερμογράφιση, το κτίριο δεν κλιματιζόταν. Παρόμοια θερμογραφήματα προέκυψαν και σε άλλα καλοριφέρ του εξεταζόμενου κτιρίου.



Σχήμα 5.23: Θερμογράφημα ηλεκτρικού πίνακα στο εσωτερικό του κτιρίου

Από την παραπάνω εικόνα διαπιστώνεται η ύπαρξη ενός ιδιαίτερα ασύμμετρου φορτίου στο γενικό πίνακα, εκτός αν οι δύο φάσεις είναι ελαττωματικές και παρουσιάζουν υπερθέρμανση.

## 5.5 Ηλεκτρικός αναλυτής ενέργειας

Το μοντέλο του ηλεκτρικού αναλυτή ενέργειας που χρησιμοποιήθηκε για την εκπόνηση της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας είναι το FLUKE 1735.

Μεγάλη σημασία και προσοχή δίνεται στη συνδεσμολογία του αναλυτή ηλεκτρικής ενέργειας, καθώς είναι απαραίτητη η σωστή σύνδεση του οργάνου, έτσι ώστε οι μετρήσεις να είναι αντιπροσωπευτικές. Εφ' όσον επιτευχθεί η σωστή συνδεσμολογία στον ηλεκτρικό πίνακα (των καλωδίων τάσης και των αμπεροτσιμπίδων), οι μετρήσεις διαβάζονται στην οθόνη του οργάνου. Οι μετρήσεις του ηλεκτρικού αναλυτή ενέργειας περιλαμβάνουν: στιγμιαίες και προγραμματισμένης διάρκειας μετρήσεις ανά φάση και στο σύνολο τάσης, έντασης, φαινόμενης αέργου και ενεργού ισχύος, συντελεστή ισχύος και ενέργειας. Οι μετρήσεις είναι στιγμιαίες και ανανεώνονται ανά τακτά χρονικά διαστήματα, ανάλογα με το χρόνο δειγματοληψίας που ορίζεται. Εδώ, ορίστηκε στα πέντε λεπτά. Ακόμα, υπάρχει η δυνατότητα αποθήκευσης των μετρήσεων στη μνήμη για κάποιο χρονικό διάστημα. Οι μετρήσεις των ηλεκτρικών μεγεθών που αποθηκεύονται στη μνήμη του ηλεκτρικού αναλυτή ενέργειας, αναλύονται και επεξεργάζονται στη συνέχεια σε υπολογιστή, χρησιμοποιώντας το λογισμικό PowerLog. Από τα αποτελέσματα αυτά δημιουργούνται γραφήματα στα οποία απεικονίζονται τα μετρούμενα μεγέθη κατά τη χρονική περίοδο της μέτρησης.

### 5.5.1 Διεξαγωγή και παρουσίαση μετρήσεων

Στο Κτίριο Ηλεκτρονικών Υπολογιστών που εξετάζεται, οι δύο γραμμές που φεύγουν από τους Μ/Σ τροφοδοτούν τα ηλεκτρικά φορτία του κτιρίου με την ίδια τιμή ενέργειας. Ο ηλεκτρονικός αναλυτής ενέργειας τοποθετήθηκε στη γραμμή που έφευγε από τον ένα εκ των δύο Μ/Σ. επομένως, η πραγματική ενέργεια του κτιρίου είναι ίση με το διπλάσιο της ενέργειας που απεικονίζεται στα διαγράμματα που ελήφθησαν από τον αναλυτή. Οι μετρήσεις που ελήφθησαν από το εξεταζόμενο κτίριο αφορούν τις μέρες από τη Δευτέρα 27 Σεπτεμβρίου 2010 μέχρι την Πέμπτη 30 Σεπτεμβρίου 2010 (ο αναλυτής συνδέθηκε στις 27 Σεπτεμβρίου και αποσυνδέθηκε στη 1 Οκτωβρίου).

Για να υπολογιστεί η ημερήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας του κτιρίου, από τη μέτρηση του αναλυτή όταν τελειώνει η μέρα αφαιρείται η μέτρηση του αναλυτή όταν ξεκινάει η ίδια μέρα, ώστε να βρεθούν οι κιλοβατώρες που κατέγραψε ο αναλυτής στη μέρα αυτή. Παρατηρείται ότι οι μετρήσεις ελήφθησαν για τέσσερις εργάσιμες ημέρες. Για να υπολογιστεί η εβδομαδιαία κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας, σαν πέμπτη εργάσιμη ημέρα της εβδομάδας, δηλαδή η Παρασκευή,



θεωρείται η Πέμπτη, και για την κατανάλωση του Σαββατοκύριακου, θεωρείται ότι η κατανάλωση του κτιρίου είναι ίδια με τη νυχτερινή κατανάλωση μίας εργάσιμης ημέρας (και στις δύο περιπτώσεις το κτίριο παραμένει κλειστό).

Με βάση τα παραπάνω, η εβδομαδιαία ηλεκτρική κατανάλωση ενέργειας υπολογίζεται:

$$5873,6+1474,68+2*1200 = 8548,28 \text{ kWh.}$$

Το κτίριο Pclab παραμένει κλειστό για συνολικά 7 εβδομάδες το χρόνο. Οπότε, θεωρείται ότι η εβδομαδιαία ηλεκτρική κατανάλωση αφορά τις υπόλοιπες 45 (=52-7) εβδομάδες του χρόνου, ενώ για τις 7 συνολικά εβδομάδες που το κτίριο είναι κλειστό, λαμβάνεται υπ' όψιν η ημερήσια ηλεκτρική κατανάλωση του Σαββάτου ή της Κυριακής. Επομένως, προσεγγιστικά, η συνολική κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας του κτιρίου σε ένα έτος είναι:

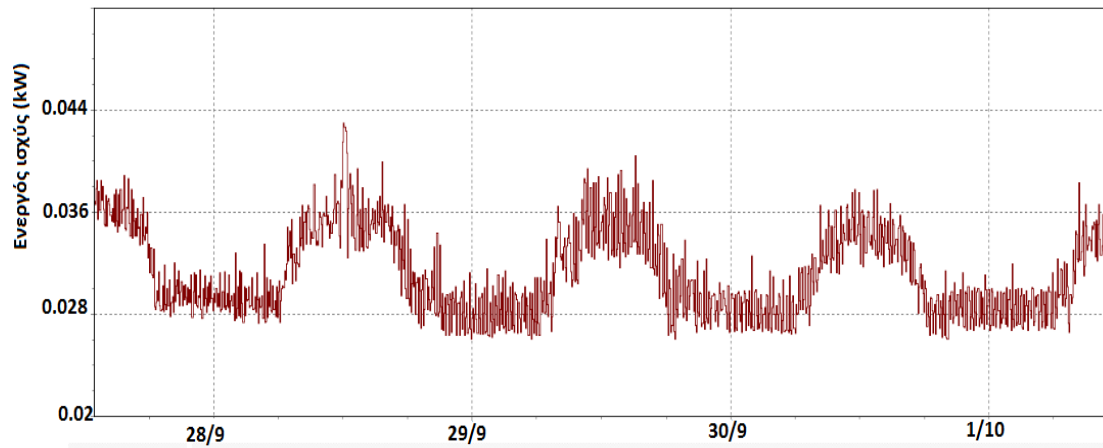
$$8548,28*45 + 1200*7*7 = 497.472,6 \text{ kWh ή } 497,4726 \text{ MWh.}$$

### 5.5.2 Σχολιασμός μετρήσεων – παρατηρήσεις

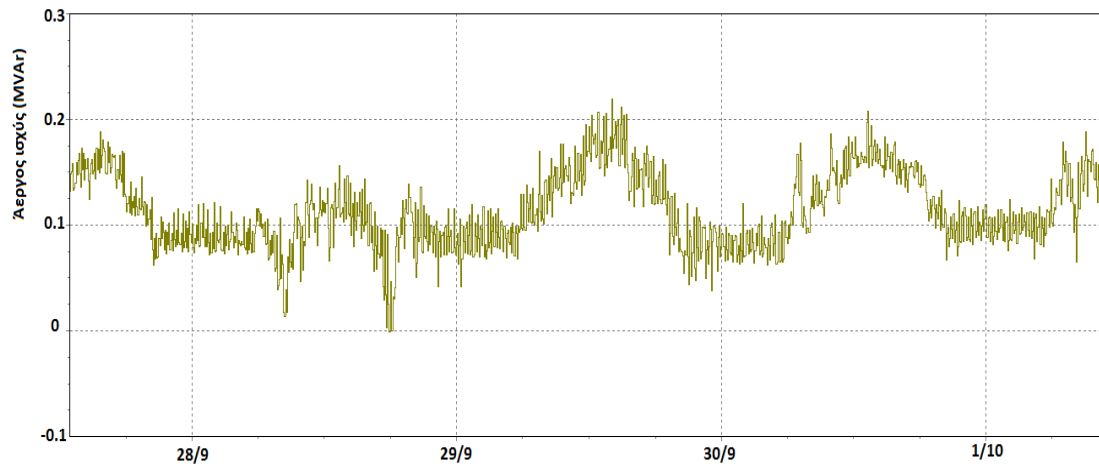
Ενδιαφέροντα και σημαντικά συμπεράσματα προκύπτουν από την καμπύλη φορτίου. Γι' αυτό, κατασκευάζονται τα διαγράμματα της ενεργού ισχύος και του συντελεστή ισχύος (συνφ). Ως γνωστόν, ένα 'καλό' ηλεκτρικό φορτίο παρουσιάζει τιμές του συντελεστή ισχύος κοντά στη μοναδιαία τιμή, ενώ 'κακό' ηλεκτρικό φορτίο παρουσιάζει χαμηλότερες τιμές. Όσο χαμηλότερες είναι οι τιμές του συντελεστή ισχύος, τόσο πιο χωρητικό είναι το ηλεκτρικό φορτίο, με συνέπεια τη μεγαλύτερη κατανάλωση άεργου ισχύος.

Τονίζεται πάλι ότι ο ηλεκτρονικός αναλυτής ενέργειας τοποθετήθηκε στη γραμμή που έφευγε από τον ένα εκ των δύο Μ/Σ, με αποτέλεσμα η πραγματική ενέργεια του κτιρίου είναι ίση με το διπλάσιο της ενέργειας που απεικονίζεται στα διαγράμματα που ελήφθησαν από τον αναλυτή. Όπως αναφέρθηκε, ο χρόνος δειγματοληψίας ορίστηκε στα πέντε λεπτά.

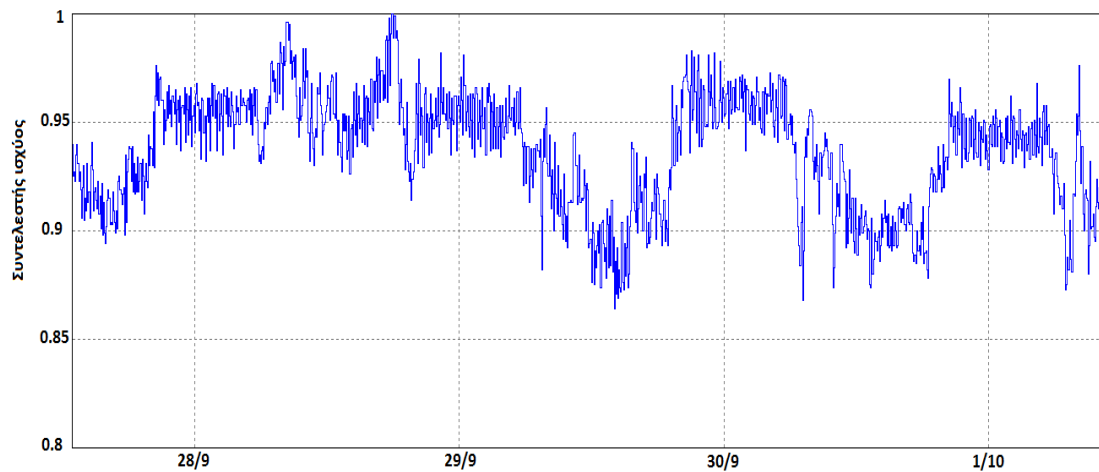
Τα διαγράμματα της ενεργούς ισχύος για τις ημέρες κατά τις οποίες ήταν συνδεδεμένος ο αναλυτής ηλεκτρικής ενέργειας είναι τα εξής:



Σχήμα 5.24: Διάγραμμα ενεργού ισχύος για τέσσερις ημέρες



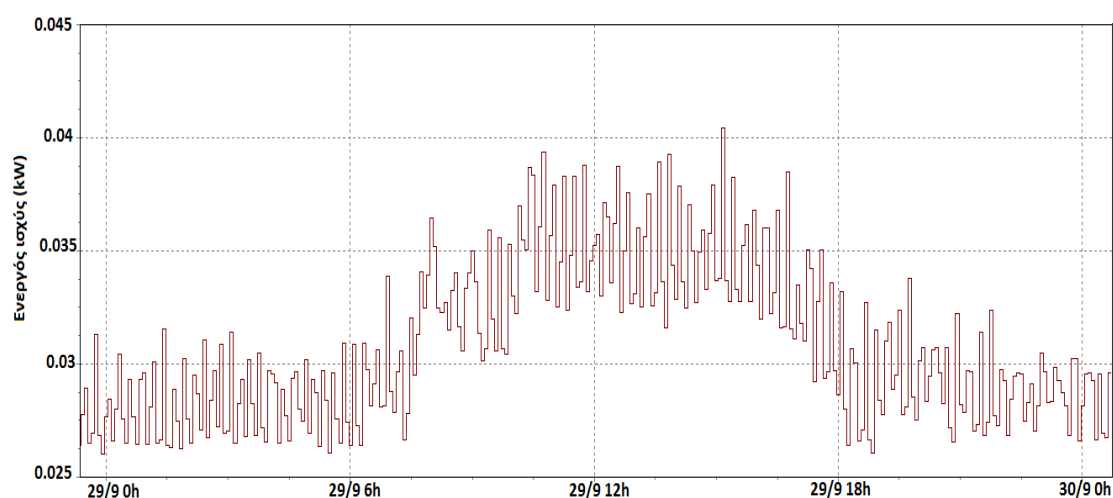
Σχήμα 5.25: Διάγραμμα άεργου ισχύος για τέσσερις ημέρες



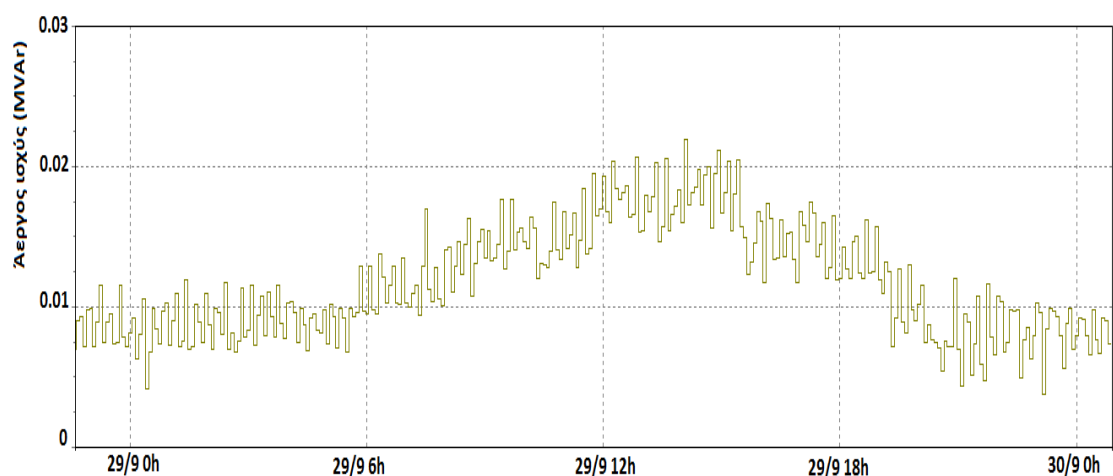
Σχήμα 5.26: Διάγραμμα συντελεστή ισχύος για τέσσερις ημέρες

Από το διάγραμμα της ενεργού ισχύος, παρατηρείται μία ομοιομορφία στην κατανομή της ημερήσιας ισχύος, με εξαίρεση την Τρίτη 28/09/2010, όπου οι στιγμιαίες μεταβολές της ενεργού ισχύος είναι ιδιαίτερα αυξημένες. Επιπλέον, στη μέση της ημέρας αυτής παρουσιάζεται μία συγκριτικά μεγάλη αιχμή. Ομοίως, η κατανομή του συντελεστή ισχύος εκείνη τη μέρα είναι παρουσιάζει διαφορές σε σχέση με την ημερήσια κατανομή του συντελεστή ισχύος για τις υπόλοιπες ημέρες. Συγκεκριμένα, έχει μεγαλύτερες τιμές και δεν παρουσιάζει την χαρακτηριστική πτώση κατά τις μεσημεριανές ώρες, παρ' όλο που η ενεργός ισχύς παρουσιάζει αιχμή.

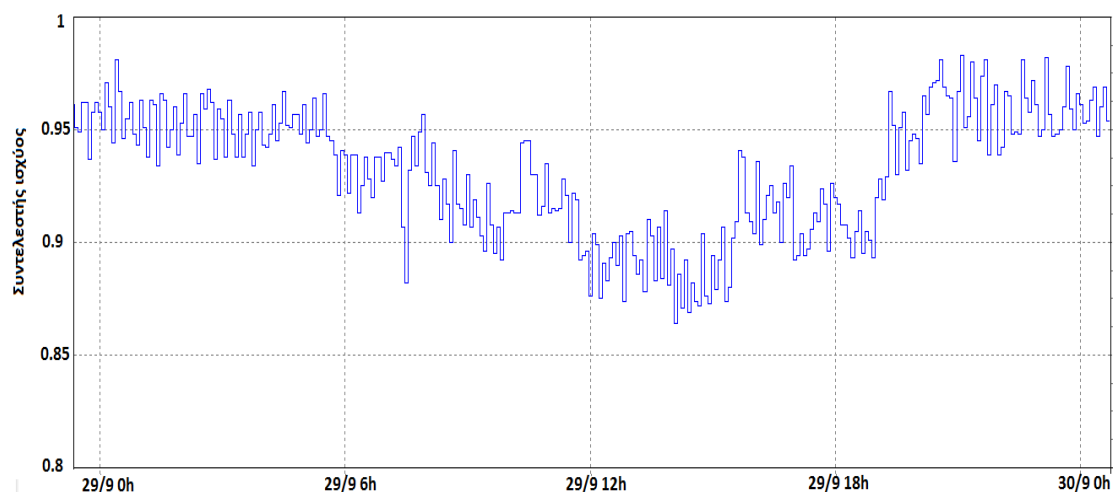
Για την ημέρα Τετάρτη 29/10/2010, τα διαγράμματα της ενεργού, άεργου ισχύος και του συντελεστή ισχύος είναι τα εξής:



Σχήμα 5.27: Διάγραμμα ενεργού ισχύος για μία ημέρα



Σχήμα 5.28: Διάγραμμα άεργου ισχύος για μία ημέρα



Σχήμα 5.29: Διάγραμμα συντελεστή ισχύος για μία ημέρα

Από το ημερήσιο διάγραμμα ενεργού ισχύος προκύπτει ότι από τις 6 π.μ., παρατηρείται σταδιακή αύξηση της ηλεκτρικής κατανάλωσης. Η αιχμή της ενεργού ισχύος είναι στα 76 kW και παρατηρείται από τις 10 π.μ. μέχρι τις 4 μ.μ, δηλαδή γύρω από το μεσημέρι. Αυτό ήταν αναμενόμενο, καθώς οι μεσημεριανές ώρες κατά τη θερινή περίοδο είναι οι πιο θερμές ώρες της ημέρας, επομένως τα κλιματιστικά και η κλιματιστική μονάδα, που αποτελούν σημαντικό μέρος της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας του κτιρίου, δουλεύουν περισσότερο και καταναλώνουν περισσότερο ρεύμα. Ακόμα, εκείνες τις ώρες είναι ανοιχτά τα περισσότερα γραφεία και ο αριθμός φοιτητών που απασχολούνται στους υπολογιστές είναι ο μεγαλύτερος κατά τη διάρκεια της μέρας. Τότε παρατηρούνται και οι υψηλότερες τιμές της άεργου ισχύος. Η χαμηλότερη τιμή της ενεργού ισχύος είναι στα 56 kW και παρατηρείται τις νυχτερινές ώρες, κατά τις οποίες το κτίριο είναι κλειστό. Παρατηρείται ότι το φορτίο βάσης του εξεταζόμενου κτιρίου είναι το 75% της μέγιστης ενεργού ισχύος. Αξίζει να επισημανθεί ότι παρ' όλο που η καμπύλη ισχύος ακολουθεί συνολικά μία αναμενόμενη κατανομή, οι στιγμιαίες μεταβολές σε διαδοχικές μετρήσεις του αναλυτή ηλεκτρικής ενέργειας είναι αρκετά μεγάλες.

Από το ημερήσιο διάγραμμα του συντελεστή ισχύος, διαπιστώνεται ότι κατά τις βραδινές ώρες, όπου λειτουργούν ουσιαστικά τα σταθερά ηλεκτρικά φορτία του κτιρίου, ο συντελεστής ισχύος είναι αρκετά καλός. Στην αιχμή όμως του ηλεκτρικού φορτίου, δηλαδή στη μέση της ημέρας, ο συντελεστής ισχύος παρουσιάζει αισθητή μείωση έως και 10% σχεδόν.

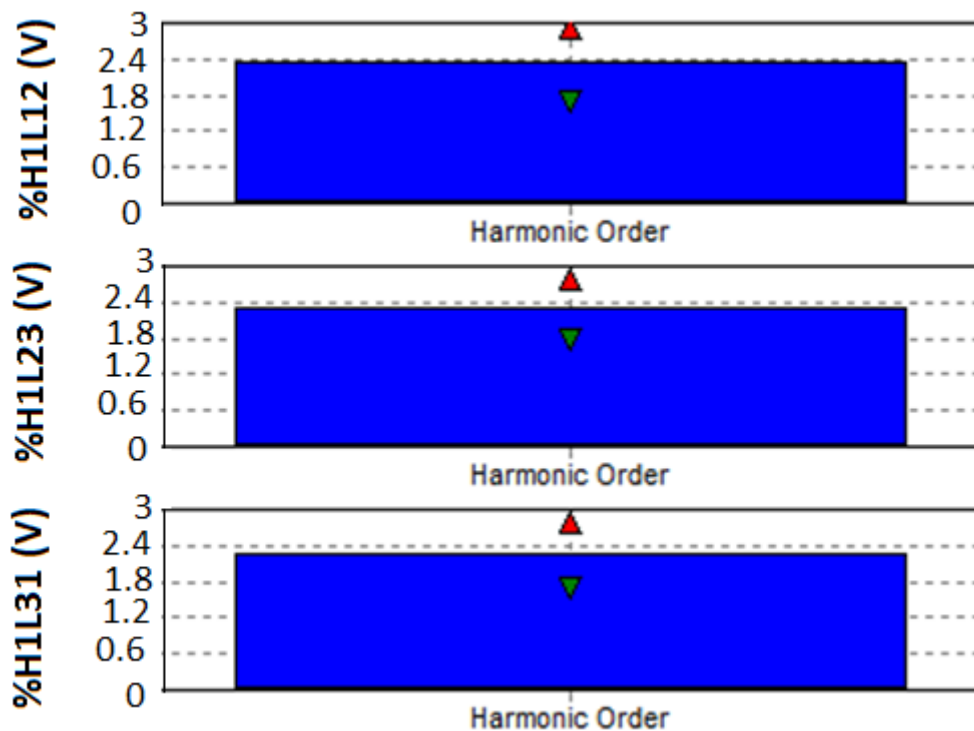
Ένα φαινόμενο που πρέπει να εξετασθεί μέσω του ηλεκτρικού αναλυτή ενέργειας είναι οι αρμονικές. Η ύπαρξη αρμονικών στην τάση και την ένταση (υπέρθυση συχνοτήτων πολλαπλάσιων της θεμελιώδους συχνότητας, 50 Hz) οφείλεται κυρίως στην ύπαρξη μη γραμμικών φορτίων, φορτίων δηλαδή που απαιτούν ρεύμα διαφορετικής κυματομορφής από την τάση (άγουν ρεύμα μόνο σε ορισμένες περιοχές

της τάσης). Τέτοιου είδους κυματομορφές έντασης είναι συνηθισμένες για συσκευές εξοπλισμού γραφείων που λειτουργούν με συνεχές ρεύμα.

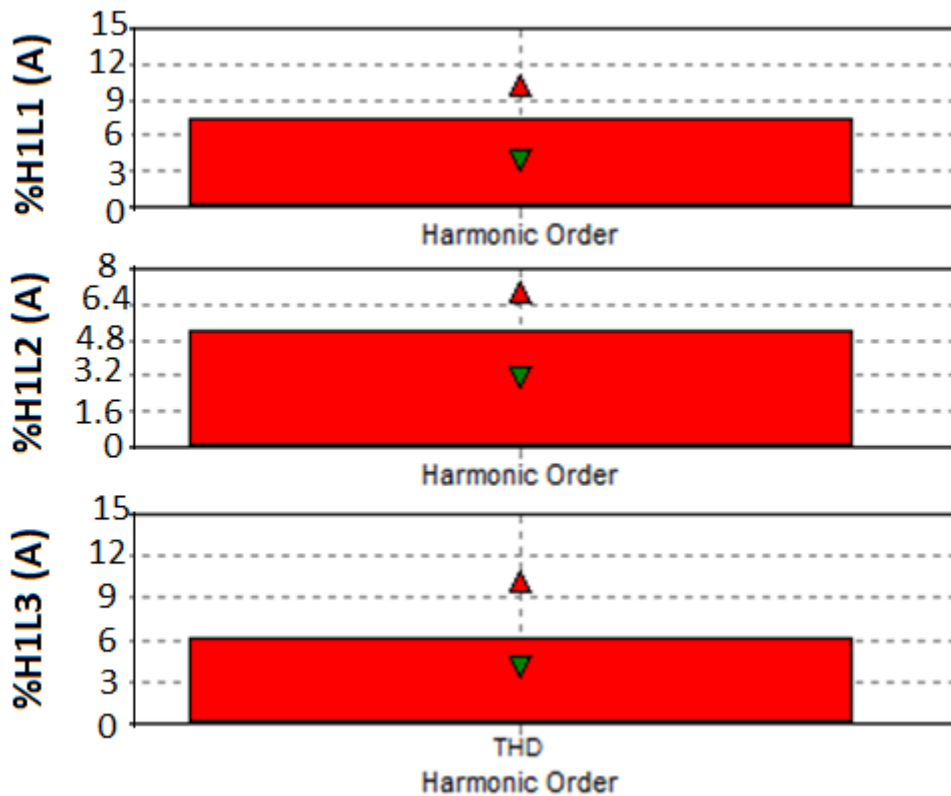
Το φάσμα των αρμονικών εξαρτάται από τη φύση αυτών των φορτίων. Οι αρμονικές που παράγονται σε ένα σημείο μεταδίδονται και μπορούν να δημιουργήσουν προβλήματα σε άλλα φορτία. Μη γραμμικά φορτία υπάρχουν τόσο σε οικιακούς όσο και σε βιομηχανικούς καταναλωτές. Τέτοια είναι:

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

Στη συνέχεια παρατίθενται τα διαγράμματα των αρμονικών τάσης και έντασης, όπως προέκυψαν από τον αναλυτή ηλεκτρικής ενέργειας:



Σχήμα 5.30: Αρμονικές τάσης



Σχήμα 5.31: Αρμονικές έντασης

Σύμφωνα με διεθνή πρότυπα, τα επιτρεπτά όρια των αρμονικών είναι για την τάση 2% και για την ένταση 8%. Από τα διαγράμματα των αρμονικών τάσης, η τιμή είναι οριακά πάνω από το επιτρεπτό όριο, και για τις τρεις φάσεις. Από τα διαγράμματα των αρμονικών έντασης, η τιμή είναι κάτω από το επιτρεπτό όριο, και για τις τρεις φάσεις.

Οι αρμονικές συνδέονται άμεσα με το συντελεστή ισχύος. Η ύπαρξη αρμονικών οδηγεί σε μείωση του πραγματικού συντελεστή ισχύος, καθώς αυξάνεται η ενεργός τάση και κυρίως η ενεργός ένταση. Αυτό μπορεί να θεωρηθεί ως ένδειξη της αύξησης των απωλειών στο δίκτυο.

Για τη μείωση των αρμονικών μπορούν να χρησιμοποιηθούν φίλτρα (συνδυασμός πυκνωτών και πηνίων), τα οποία παγιδεύουν τις αρμονικές και δεν τους επιτρέπουν να διεισδύσουν στο δίκτυο.

## Κεφάλαιο 6: Δράσεις ενεργειακής βελτίωσης και οικονομοτεχνική ανάλυση

---





# 6: Δράσεις ενεργειακής βελτίωσης και οικονομοτεχνική ανάλυση

---

## 6.1 Εισαγωγή

Στόχος του ενεργειακού ελέγχου και καταγραφής είναι η εξεύρεση επεμβάσεων που θα βελτιώσουν την ενεργειακή απόδοση μέσω της εξοικονόμησης ενέργειας. Οι επεμβάσεις αυτές που προτείνονται στον καταναλωτή ενέργειας πρέπει να είναι τεχνικά και οικονομικά τεκμηριωμένες, έτσι ώστε να γίνει μία ιεράρχηση και να μπορούν να επιλεγούν οι βέλτιστες κατά περίπτωση λύσεις. Βασική αρχή για τις επεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας είναι ότι σε κάθε περίπτωση, πριν από αντικαταστάσεις εξοπλισμού ή εισαγωγή νέων τεχνολογιών, πρέπει να εξαντλούνται τα περιθώρια εξοικονόμησης ενέργειας, έτσι ώστε να γίνεται ορθολογική τεχνικά και οικονομικά επιλογή.

Η βασική αρχή της ορθολογικής χρήσης ενέργειας είναι αρχικά η μείωση των απωλειών με επεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας και στη συνέχεια η κάλυψη των αναγκών με ενεργειακά, οικονομικά και περιβαλλοντικά αποδοτικές τεχνολογίες.

Στην Κοινοτική οδηγία 2006/32 <για την ενεργειακή απόδοση κατά την τελική χρήση και τις ενεργειακές υπηρεσίες>, ορίζεται ως ενδεικτικός στόχος εξοικονόμησης ενέργειας 9% για το ένατο έτος εφαρμογής της οδηγίας. Το πεδίο εφαρμογής αφορά το σύνολο των καταναλωτών τελικής χρήσης ενέργειας, συμπεριλαμβανομένου και του δημοσίου τομέα.

Η εξοικονόμηση ενέργειας αποτελεί το πρώτο και ουσιαστικότερο βήμα για τη βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας. Λόγω των Ευρωπαϊκών Οδηγιών για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων, καθίσταται επιτακτική η ανάγκη για εφαρμογή μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας. Τα μέτρα ενεργειακής βελτίωσης αποτελούν τις δυνατές επεμβάσεις στο κέλυφος και τις ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις ενός κτιρίου, η εφαρμογή των οποίων μπορεί να επιφέρει σημαντική μείωση της καταναλισκόμενης ενέργειας. Οι βασικές τεχνικές κατηγορίες των δράσεων ενεργειακής βελτίωσης είναι οι εξής:

- Διεργασίες
- Θέρμανση – ψύξη – αερισμός
- Φωτισμός
- Ηλεκτρολογικός εξοπλισμός
- Εναλλακτικές δράσεις (Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας, Συμπαραγωγή)
- Κτιριακό κέλυφος

## 6.2 Κριτήρια επεμβάσεων εξοικονόμησης ενέργειας

Εξετάζονται τα κριτήρια και οι διαδικασίες για μία συνολική αξιολόγηση και ιεράρχηση των προτεινόμενων επεμβάσεων και μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας. Τα κριτήρια αξιολόγησης αφορούν τα ενεργειακά, τεχνικά, λειτουργικά, περιβαλλοντικά, οικονομικά και χρηματοδοτικά χαρακτηριστικά των εξεταζόμενων κτιρίων. Τα βασικότερα κριτήρια, τα οποία συνήθως αποτελούν και αντικείμενο της ενεργειακής επιθεώρησης, είναι τα ενεργειακά και τα οικονομικά.

Πέραν όμως των παραπάνω κριτηρίων, θα πρέπει να λαμβάνονται υπ' όψιν και τα διάφορα κριτήρια των διαθέσιμων χρηματοδοτικών προγραμμάτων, όπως τυχόν προγράμματα οικονομικής ενίσχυσης, ειδικά προγράμματα παροχής δανείων, τους όρους διάθεσης των επιχειρηματικών κεφαλαίων κτλ.

### 6.2.1 Ενεργειακά και περιβαλλοντικά κριτήρια

Τα ενεργειακά και περιβαλλοντικά κριτήρια που θα πρέπει να εξετάζονται για τα μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας που προτείνονται στο τέλος μίας ενεργειακής επιθεώρησης περιλαμβάνουν:

- Την ετήσια ποσότητα εξοικονομούμενων καυσίμων (εκφρασμένη σε φυσικές ποσότητες και σε ισοδύναμη θερμότητα)
- Την ετήσια ποσότητα εξοικονόμησης ηλεκτρικής ενέργειας (εκφρασμένη σε kWh)
- Το ετήσιο οικονομικό όφελος από την εξοικονόμηση ενέργειας (ή λόγω των μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας που ελήφθησαν)

- Την εξομάλυνση της μηνιαίας ζήτησης ηλεκτρικής ισχύος, εκφραζόμενη ως μείωση του συντελεστή ηλεκτρικού φορτίου, όπως επίσης και τα ετήσια οικονομικά οφέλη από την εξομάλυνση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας

Τα ανωτέρω οικονομικά οφέλη συνδέονται στενά με τα τιμολόγια ενέργειας και τις διακυμάνσεις των σχετικών τιμών. Γι' αυτό, όλα τα ενεργειακά κριτήρια θα πρέπει να εκφράζονται τόσο σε ενεργειακές όσο και σε οικονομικές μονάδες.

### **6.2.2 Τεχνικά και λειτουργικά κριτήρια**

Τα κυριότερα κριτήρια αξιολόγησης αυτού του είδους περιλαμβάνουν:

- Την αξιοπιστία λειτουργίας
- Την τεχνολογική στάθμη και ετοιμότητα του δικτύου τεχνικής υποστήριξης σε τοπικό επίπεδο
- Τη διαθεσιμότητα λειτουργίας σε ετήσια βάση. Αξιολογούνται οι παρεχόμενες εγγυήσεις για τον ελάχιστο αριθμό ωρών λειτουργίας σε ετήσια βάση, καθώς και το πρόγραμμα της συντήρησης και των διακοπών λειτουργίας
- Τις δαπάνες λειτουργίας και συντήρησης, συγκριτικά με τις αντίστοιχες δαπάνες πριν τη λήψη του μέτρου εξοικονόμησης ενέργειας
- Το χρόνο προσαρμογής και πλήρους απόδοσης του μέτρου. Αξιολογούνται επίσης οι απαιτήσεις για εκπαίδευση του προσωπικού

### **6.2.3 Οικονομικά και χρηματοδοτικά κριτήρια**

Τα οικονομικά κριτήρια αποτελούν τα συνήθη κριτήρια για την οριοθέτηση του έργου της ενεργειακής επιθεώρησης και την αξιολόγηση των επιμέρους επεμβάσεων εξοικονόμησης ενέργειας. Αυτά περιλαμβάνουν:

- Το ύψος των απαιτούμενων κεφαλαίων για την κάλυψη των δαπανών υλοποίησης του μέτρου
- Την οικονομική απόδοση της επένδυσης. Αξιολογείται το ετήσιο όφελος ως προς τη δαπάνη υλοποίησης του μέτρου. Το ετήσιο όφελος περιλαμβάνει όχι μόνο από τα καθαρά οφέλη από τη μειωμένη χρήση ενέργειας, αλλά και τα οφέλη (ή την επιβάρυνση) από τις ενδεχόμενες μεταβολές των δαπανών λειτουργίας και συντήρησης. Πολλές φορές περιλαμβάνει ακόμα και τα οφέλη από τη μείωση

των εκπομπών ρύπων, εφόσον οι εκπομπές αυτές συμβάλλουν άμεσα ή έμμεσα στη διαμόρφωση των λειτουργικών εξόδων

- Το ύψος της χρηματοδότησης από τρίτους. Αξιολογείται η δυνατότητα τυχόν χρηματικής υποστήριξης η οποία είναι δυνατόν να διατίθεται από αντίστοιχα εθνικά ή/και κλαδικά προγράμματα. Επίσης, αξιολογείται η δυνατότητα συνεισφοράς άλλου επιχειρηματικού κεφαλαίου στη χρηματοδότηση του μέτρου (ή χρηματοδότηση από τρίτους)

Στις περισσότερες εφαρμογές και επεμβάσεις, απαιτούνται αρχικές επενδύσεις για την υλοποίηση των μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας. Αυτά τα αρχικά κόστη πρέπει γενικά να δικαιολογηθούν μέσω της μείωσης των λειτουργικών εξόδων (που οφείλονται σε μείωση του κόστους της ενέργειας).

Επομένως, οι περισσότερες βελτιώσεις στην αποδοτικότητα των ενεργειακών συστημάτων έχουν μία καθυστερημένη απόδοση, δηλαδή τα έξοδα γίνονται στην αρχή της επέμβασης, ενώ τα οφέλη προκύπτουν αργότερα. Για να είναι ένα έργο ενεργειακής επέμβασης οικονομικά αξιόλογο, η απαιτούμενη αρχική του επένδυση πρέπει να είναι χαμηλότερη από το άθροισμα των ποσών εξοικονόμησης που προκύπτουν από το άθροισμα των ποσών εξοικονόμησης που προκύπτουν από τη μείωση των λειτουργικών εξόδων κατά τη διάρκεια ζωής του έργου. Συμπεραίνεται λοιπόν ότι είναι σημαντικό να συγκρίνονται με σωστό τρόπο τα έξοδα και τα οφέλη των διαφόρων χρηματικών ποσών κατά τη διάρκεια ζωής του έργου, αφού ένα ορισμένο ποσόν χρημάτων στην αρχή του έτους έχει μικρότερη αξία στο τέλος του ίδιου έτους και ακόμα μικρότερη αγοραστική δύναμη μετά το πέρας δύο ετών.

Κατά την ενεργειακή επιθεώρηση, είναι σημαντικό να ληφθούν υπ' όψιν τα έσοδα και τα έξοδα που οφείλονται στην εφαρμογή ενός μέτρου εξοικονόμησης, για κάθε περίοδο της συνολικής διάρκειας ζωής του έργου. Η διαφορά ανάμεσα στα έσοδα (εισροές) και τα έξοδα (εκροές) για μία δεδομένη περίοδο ονομάζεται χρηματοροή. Έτσι, οι χρηματοροές είναι θετικές όταν αντιπροσωπεύουν εισροές και αρνητικές όταν αντιπροσωπεύουν εκροές. Σημειώνεται ότι οι χρηματοροές δεν μπορούν απλά να προστίθενται, διότι η αξία του χρήματος μεταβάλλεται από τη μία περίοδο στην άλλη. Κατά τη διάρκεια ζωής ενός έργου, πρέπει να γίνεται η ακριβής εκτίμηση όλων των χρηματοροών που συνδέονται σε αυτό.

## 6.3 Δείκτες οικονομικής αξιολόγησης επεμβάσεων

Γενικά υπάρχουν ποικίλες μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για την αξιολόγηση έργων ενεργειακής βελτίωσης. Στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εργασίας, οι οικονομικοί δείκτες που υπολογίζονται είναι οι εξής:

- Καθαρή Παρούσα Αξία (ΚΠΑ)
- Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (ΕΒΑ)
- Έντοκη Περίοδος Αποπληρωμής (ΕΠΑ)

### 6.3.1 Καθαρή Παρούσα Αξία (ΚΠΑ)

Η Καθαρή Παρούσα Αξία είναι το συνολικό καθαρό όφελος μιας επένδυσης, που προκύπτει ως διαφορά μεταξύ του λειτουργικού κόστους και του συνόλου των δαπανών κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής της επένδυσης. Όλα τα ποσά εκφράζονται σε παρούσα αξία, ανηγμένη συνήθως στην αρχή του πρώτου έτους λειτουργίας της επένδυσης. Η Καθαρή Παρούσα Αξία προσδιορίζεται από την εξίσωση:

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

Όπου:

K: αρχική επένδυση

F<sub>i</sub>: ετήσιο καθαρό όφελος

N: οικονομικός κύκλος ζωής της επένδυσης

d: επιτόκιο αναγωγής σε παρούσα αξία (επιθυμητή απόδοση κεφαλαίου)

SV<sub>N</sub>: υπολειμματική αξία της επένδυσης στο τέλος του οικονομικού κύκλου ζωής

Διακρίνονται οι εξής περιπτώσεις:

- ΚΠΑ>0 ⇔ η επένδυση είναι βιώσιμη
- ΚΠΑ=0 ⇔ η επένδυση είναι βιώσιμη με μέσο ετήσιο βαθμό απόδοσης ίσο με d, πρακτικά δηλαδή υπάρχει αδιαφορία του επενδυτή ως προς την επένδυση
- ΚΠΑ<0 ⇔ η επένδυση δεν είναι βιώσιμη

Προφανώς, όσο μεγαλύτερη είναι η ΚΠΑ, τόσο οικονομικά αποδοτικότερο θα είναι το έργο. Συχνά, η μέθοδος ΚΠΑ ονομάζεται μέθοδος καθαρής εξοικονόμησης, καθώς οι πρόσοδοι προέρχονται συνήθως από την εξοικονόμηση λειτουργικών εξόδων λόγω της πραγματοποίησης του έργου.

### 6.3.2 Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (EBA)

Ο Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης είναι η τιμή του επιτοκίου αγοράς που μηδενίζει την παρούσα αξία μίας σειράς πληρωμών και εισπράξεων. Εκφράζει ουσιαστικά την απόδοση του κεφαλαίου της αρχικής επένδυσης κατά τη διάρκεια του οικονομικού κύκλου ζωής της επένδυσης. Όσο μεγαλύτερη η τιμή του εσωτερικού βαθμού απόδοσης, τόσο πιο συμφέρον θεωρείται το επενδυτικό σχέδιο. Προσδιορίζεται ως η λύση της εξίσωσης:

$$ΚΠΑ_{(d=EBA)} = 0$$

Διακρίνονται οι εξής περιπτώσεις:

- $EBA > d \Leftrightarrow$  η επένδυση είναι αποδεκτή
- $EBA = d \Leftrightarrow$  ο επενδυτής είναι αδιάφορος ως προς την επιλογή της επένδυσης
- $EBA < d \Leftrightarrow$  η επένδυση απορρίπτεται

Ο Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης προτιμάται από τους επιχειρηματίες παρ' όλο που το κριτήριο της Καθαρής Παρούσας Αξίας μίας επένδυσης θεωρείται περισσότερο ακαδημαϊκό. Αυτό συμβαίνει, εκτός των άλλων, γιατί ο EBA προκύπτει ως ποσοστό, συνεπώς αποτελεί καλύτερο εργαλείο σύγκρισης, αποφεύγοντας τους εγχώριους νομισματικούς όρους.

### 6.3.3 Έντοκη Περίοδος Αποπληρωμής (EΠΑ)

Η Έντοκη Περίοδος Αποπληρωμής είναι το χρονικό διάστημα που απαιτείται για την αποπληρωμή της αρχικής επένδυσης καθώς και των τόκων που θα μπορούσαν να ληφθούν από μία εναλλακτική τοποθέτηση του αρχικού κεφαλαίου (επιτόκιο αγοράς). Επισημαίνεται ότι δεν εκφράζει αποτελέσματα κέρδους, ούτε εξετάζει την πορεία της επένδυσης μετά την περίοδο αποπληρωμής. Προσδιορίζεται ως η λύση της εξίσωσης:

$$ΚΠΑ_{(N=EΠΑ)} = 0$$

Μία επιχειρησιακή μονάδα θεωρείται οικονομικά βιώσιμη εάν η τιμή της έντοκης περιόδου αποπληρωμής ικανοποιεί τις προσδοκίες του επενδυτή ως προς το χρόνο αποπληρωμής. Πρακτικά, εάν η ΕΠΑ είναι μικρότερη από τη διάρκεια ζωής του έργου, τότε το έργο είναι οικονομικά βιώσιμο.

Όταν συγκρίνονται εναλλακτικά επενδυτικά σχέδια με χρήση των παραπάνω κριτηρίων οικονομικής αξιολόγησης, επιλέγονται εκείνα που παρουσιάζουν είτε τη μεγαλύτερη ΚΠΑ για την ίδια πάντα χρονική διάρκεια ζωής της επένδυσης, είτε εκείνα με το μεγαλύτερο ΕΒΑ, είτε τέλος όσα παρουσιάζουν τη μικρότερη ΕΠΑ. Επισημαίνεται ότι κάνοντας οικονομική ανάλυση με τη μέθοδο του ΕΒΑ, εξάγονται θετικότερα συμπεράσματα για επεμβάσεις με μεγαλύτερες χρηματοροές τα πρώτα χρόνια, ενώ με τη μέθοδο της ΚΠΑ μετά από μερικά χρόνια. Επομένως, για τα έργα εξοικονόμησης ενέργειας που δεν αποδίδουν αμέσως, προτιμάται η μέθοδος της ΚΠΑ.

#### **6.4 Επεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας - οικονομοτεχνική αξιολόγησή τους**

Στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εργασίας, γίνεται η ασφαλής εκτίμηση ότι η υπολειμματική αξία για όλες τις επενδύσεις θα είναι μηδενική και το επιτόκιο αναγωγής είναι ίσο με 5%. Επιπλέον, οι επενδύσεις εξετάζονται με δεκαετή οικονομικό κύκλο ζωής (N=10).

Το Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, κτίριο του οποίου αποτελεί και το Κτίριο Ηλεκτρονικών Υπολογιστών, είναι καταναλωτής Μέσης Τάσης και πληρώνει τιμολόγιο B2 γενικής χρήσης. Σύμφωνα με τη ΔΕΗ, οι τιμές πώλησης στο τιμολόγιο B2 γενικής χρήσης ορίζονται ως εξής:

Ισχύς: χρεωστέα ζήτηση (XZ)	4,3497 ευρώ/kW
Ενέργεια: όλες οι kWh	0,09412 ευρώ/kWh
Ελάχιστη χρέωση για $XZ \leq 5$ kW:	276,38 ευρώ
Ελάχιστη χρέωση για $XZ > 5$ kW:	$2,7575 \cdot (XZ - 5) + 276,38$ ευρώ

Στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εργασίας, δεν ήταν εφικτό να προσδιοριστεί ακριβώς η χρεωστέα ζήτηση του εξεταζόμενου κτιρίου, δηλαδή η εγκατεστημένη του ισχύς, οπότε δεν θα συμπεριληφθεί στους υπολογισμούς. Επομένως, θα υπολογιστεί μόνο το κόστος ενέργειας, το οποίο είναι και αυτό που επηρεάζει κυρίως το τελικό αποτέλεσμα.

#### **6.4.1 Αντικατάσταση συμβατικών ηλεκτρομαγνητικών ballast λαμπτήρων φθορισμού με ηλεκτρονικά ballast**

Όλοι οι λαμπτήρες φθορισμού απαιτούν στραγγαλιστική διάταξη για την έναυση και τον έλεγχο της διαδικασίας παραγωγής φωτός. Η αντίσταση ρύθμισης ρεύματος (ballast) είναι εξάρτημα σύνδεσης μεταξύ της παροχής ισχύος και ενός ή περισσότερων λαμπτήρων φθορισμού. Χρησιμεύει κυρίως στον περιορισμό του ρεύματος στην απαιτούμενη τιμή, μετασχηματίζοντας την ηλεκτρική τάση και παρέχοντας τις απαιτούμενες συνθήκες για την έναυση των λαμπτήρων. Καθ' όλη τη διάρκεια της λειτουργίας των λαμπτήρων τα ballast καταναλώνουν ενέργεια και τα ίδια. Υπάρχουν δύο κύριοι τύποι ballast, τα μαγνητικά και τα ηλεκτρονικά.

Η επιλογή ηλεκτρονικών ballast έναντι των συμβατικών ηλεκτρομαγνητικών έχει συνοπτικά τα εξής πλεονεκτήματα:

- Καλύτερη απόδοση του λαμπτήρα
- Χαμηλότερη κατανάλωση ενέργειας στο λαμπτήρα
- Μικρότερες απώλειες ενέργειας στο ballast

Επιπλέον, η χρησιμοποίηση ηλεκτρονικών ballast δίνει τη δυνατότητα λειτουργίας περισσότερων λαμπτήρων (έως τέσσερα) με ένα μόνο ηλεκτρονικό ballast. Το μαγνητικό ballast δεν μπορεί να λειτουργήσει με περισσότερους των δύο λαμπτήρων. Για παράδειγμα, ένα τυπικό και ευρέως χρησιμοποιούμενο στα κτίρια του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου φωτιστικό 4X18W καταναλώνει 86,8W όταν λειτουργεί με δύο συμβατικά ballast, ενώ η κατανάλωσή του μειώνεται στα 74W όταν αυτά τα δύο συμβατικά ballast αντικατασταθούν με ένα ηλεκτρονικό.

Ακόμα, τα ηλεκτρονικά ballast απαιτούν ηπιότερες συνθήκες έναυσης των λαμπτήρων, άρα η διάρκεια ζωής των λαμπτήρων αυξάνεται σημαντικά έως 50%, με αποτέλεσμα να μειώνεται στο ήμισυ το κόστος αντικατάστασης των λαμπτήρων. Όταν οι λαμπτήρες δε λειτουργούν, το ηλεκτρονικό ballast διακόπτει τη λειτουργία του, σε αντίθεση με το συμβατικό το οποίο συνεχίζει να διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα, άρα και να καταναλώνει ηλεκτρική ενέργεια.

Με την τοποθέτηση ηλεκτρονικών ballast βελτιώνεται ο συντελεστής συντήρησης των λαμπτήρων, δηλαδή η απόδοση των λαμπτήρων μειώνεται λιγότερο κατά τη διάρκεια ζωής τους απ' ό τι αν λειτουργούσαν με συμβατικά ballast. Συνεπώς, η στάθμη φωτισμού επιτυγχάνεται με λιγότερα φωτιστικά. Για παράδειγμα, σε ένα καθαρό εργασιακό χώρο, τα απαιτούμενα φωτιστικά μπορούν να μειωθούν κατά 6% περίπου.



Τα ηλεκτρονικά ballast βελτιώνουν επιπλέον την ποιότητα του φωτισμού καθώς λειτουργούν σε υψηλές συχνότητες (μεγαλύτερες των 24 kHz), οπότε εξαλείφεται το βούισμα και το τρεμόσβημα που χαρακτηρίζουν τα μαγνητικά ballast εξαιτίας της χαμηλής συχνότητας λειτουργίας τους (50 Hz). Οι λαμπτήρες φθορισμού με μαγνητικό ballast 'τρεμοσβήνουν' 100 φορές ανά δευτερόλεπτο, ενώ οι λαμπτήρες με ηλεκτρονικό ballast περισσότερο από 40000 φορές ανά δευτερόλεπτο, οπότε το φαινόμενο δεν είναι αντιληπτό από το ανθρώπινο μάτι.

Η φωτεινή ροή του λαμπτήρα αυξάνεται όταν λειτουργεί με ηλεκτρονικό ballast, σε σύγκριση με τη ροή που παράγεται όταν λειτουργεί με μαγνητικό. Η πραγματική απόδοση των λαμπτήρων με μαγνητικό ballast κυμαίνεται συνήθως σε ποσοστά 80%-95% της ονομαστικής, ενώ πολλές φορές τα ηλεκτρονικά ballast ανυψώνουν την απόδοση κατά 12%. Αυτό σημαίνει ότι μία εγκατάσταση φωτισμού που λειτουργεί με ηλεκτρονικά ballast απαιτεί 18% περίπου λιγότερα φωτιστικά από την ίδια εγκατάσταση με μαγνητικά ballast καλής ποιότητας. Το πλεονέκτημα αυτό είναι αξιοποιήσιμο κυρίως στις νέες εγκαταστάσεις, οι οποίες μπορούν να υλοποιηθούν με λιγότερα φωτιστικά χωρίς να μειώνεται η στάθμη φωτισμού και να υποβαθμίζεται η ποιότητά τους. Μειώνεται δηλαδή το κόστος λειτουργίας (εξοικονόμηση ενέργειας και μείωση του κόστους συντήρησης) αλλά και το κόστος εγκατάστασης (λιγότερα φωτιστικά).

Το πιο σημαντικό ίσως πλεονέκτημα της τοποθέτησης ηλεκτρονικών ballast είναι η χαμηλότερη κατανάλωση του λαμπτήρα. Για παράδειγμα, ο λαμπτήρας φθορισμού ονομαστικής ισχύος 36W καταναλώνει 32W, ενώ με το συμβατικό ballast η κατανάλωσή του θα ήταν ίση με την ονομαστική (36W). Επιπροσθέτως, οι απώλειες του ηλεκτρονικού ballast είναι μικρότερες του συμβατικού. Για παράδειγμα, σε ένα τυπικό φωτιστικό το οποίο έχει τοποθετηθεί και στο Κτίριο Ηλεκτρονικών Υπολογιστών 2X36W, απαιτείται ένα ηλεκτρονικό ballast με απώλειες 8W, ενώ στη συμβατική λειτουργία απαιτούνται δύο μαγνητικά ballast με απώλειες 18W, επομένως το φωτιστικό με ηλεκτρονικά ballast θα καταναλώνει 72W, ενώ με τα συμβατικά θα καταναλώνει 90W. Το ποσοστό εξοικονόμησης εξαρτάται από τον τύπο του συμβατικού φωτιστικού που χρησιμοποιείται ως αναφορά. Με βάση τα παραπάνω, αυτή η εξοικονόμηση ανέρχεται κατά μέσο όρο στο 25%.

Αξίζει να επισημανθεί ότι πολύ σύντομα δεν θα επιτρέπεται η διάθεση των ενεργοβόρων ηλεκτρομαγνητικών ballast, σύμφωνα με οδηγία της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

Επιπλέον, τονίζεται ότι η χρησιμοποίηση ηλεκτρονικών ballast συμβάλλει στην εξοικονόμηση ενέργειας με την αξιοποίησή του από τεχνολογίες αυτοματισμών που δεν μπορούν να λειτουργήσουν με μαγνητικά ballast:

- Ρύθμιση της φωτεινότητας του λαμπτήρα (dimming) μέσω αισθητήρων και ρυθμιστών φωτισμού. Η ρύθμιση αυτή είναι αδύνατη με συμβατικά ballast. Η εξοικονόμηση που μπορεί να επιτευχθεί με τοπικά συστήματα dimming κυμαίνεται από 10% έως 20%, ανάλογα με τη χρήση του χώρου.
- Ένταξη της εγκατάστασης φωτισμού σε σύστημα κεντρικής διαχείρισης (BMS). Η δυνατότητα αυτή θα ήταν αδύνατη με συμβατικά ballast διότι αυτά, πρακτικά, δεν συνεργάζονται με τα συστήματα BMS. Η εξοικονόμηση ενέργειας με συστήματα BMS κυμαίνεται από 10% έως 35%, ανάλογα με τη χρήση του χώρου.

Επισημαίνεται ότι η τοποθέτηση και των δύο παραπάνω τεχνολογιών δε συνεπάγεται την πρόσθεση των ποσοστών εξοικονόμησης ενέργειας, καθώς η δεύτερη τεχνολογία εμπεριέχει και την πρώτη (dimming).

Από την καταγραφή του ηλεκτρολογικού εξοπλισμού στο εξεταζόμενο κτίριο προκύπτει ότι απαιτούνται συνολικά: 14 ηλεκτρονικά ballast για μία λάμπα φθορισμού 36W, 190 ηλεκτρονικά ballast για δύο λάμπες φθορισμού 36W, 20 ηλεκτρονικά ballast για μία λάμπα φθορισμού 18W, 47 ηλεκτρονικά ballast για τέσσερις λάμπες φθορισμού 18W. Μετά από έρευνα αγοράς, προκύπτουν οι παρακάτω τιμές:

- ηλεκτρονικό ballast για μία λάμπα φθορισμού 36W: 11,06 ευρώ
- ηλεκτρονικό ballast για δύο λάμπες φθορισμού 36W: 12,30 ευρώ
- ηλεκτρονικό ballast για μία λάμπα φθορισμού 18W: 9,82 ευρώ
- ηλεκτρονικό ballast για τέσσερις λάμπες φθορισμού 18W: 13,54 ευρώ

Επομένως, το συνολικό κόστος αγοράς των απαιτούμενων ηλεκτρονικών ballast υπολογίζεται: 3.324,62 ευρώ. Επιπλέον, το ενδεικτικό κόστος εγκατάστασης αυτών των ballast από τους αρμόδιους είναι 1.200 ευρώ. Άρα, το συνολικό κόστος αντικατάστασης των παλιών μαγνητικών ballast με τα καινούργια ηλεκτρονικά ballast προκύπτει: 4.524,62 ευρώ.

Με βάση την ανάλυση που έγινε παραπάνω, με την αντικατάσταση των μαγνητικών ballast με ηλεκτρονικά, προκύπτει εξοικονόμηση ενέργειας σε ποσοστό 25%. Επομένως, για τη συγκεκριμένη επένδυση στο Κτίριο Ηλεκτρονικών Υπολογιστών, προκύπτει ετήσια εξοικονόμηση 909,3 ευρώ.

Επομένως, με τα παραπάνω δεδομένα, η επένδυση αντικατάστασης των μαγνητικών ballast στους λαμπτήρες φθορισμού με ηλεκτρονικά έχει τα εξής χαρακτηριστικά:

ΚΠΑ = 2.497 ευρώ

EBA = 15,2%

EΠΑ = 5,9 χρόνια

#### **6.4.2 Εγκατάσταση αισθητήρων φωτισμού στους λαμπτήρες φθορισμού**

Η εκμετάλλευση του φυσικού φωτισμού αποφέρει σημαντικά ενεργειακά οφέλη στην ενεργειακή κατανάλωση των κτιρίων. Οι παρεμβάσεις που μπορούν να γίνουν προς αυτήν την κατεύθυνση είναι πολλές. Οι περισσότεροι στοχεύουν στην αρχιτεκτονική σχεδίαση και εσωτερική διαρρύθμιση των κτιρίων (βιοκλιματική αρχιτεκτονική) ή στη χρησιμοποίηση συστημάτων προσαγωγής του φωτός στους εσωτερικούς χώρους (οπτικοί σωλήνες, κάτοπτρα κλπ.), τα οποία αποτελούν αντικείμενο μείζονος αρχιτεκτονικής παρέμβασης.

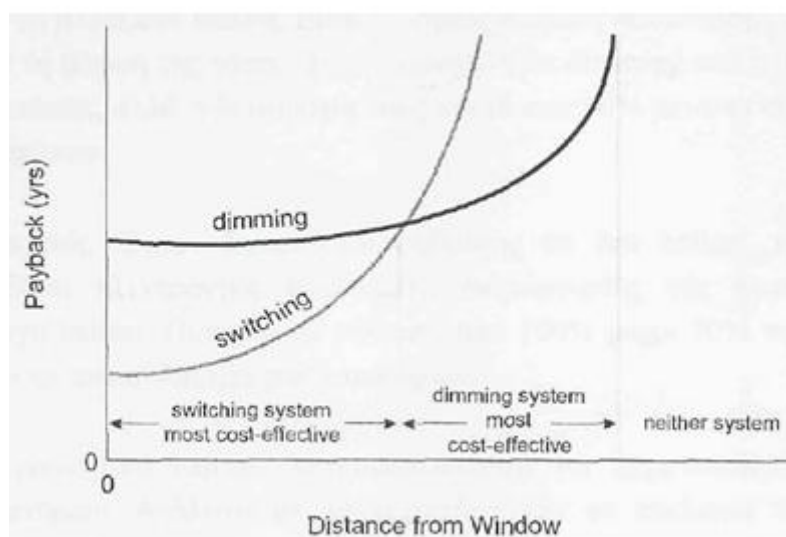
Η πιο ρεαλιστική και υλοποιήσιμη παρέμβαση σε υφιστάμενα κτίρια είναι η χρησιμοποίηση αυτόνομων αυτοματισμών στους επί μέρους χώρους. Οι εργασίες εγκατάστασης μπορούν να διεξαχθούν χωρίς να γίνει σοβαρή διατάραξη της επαγγελματικής δραστηριότητας του κτιρίου. Η πιο απλή λύση για την εκμετάλλευση του φυσικού φωτισμού είναι η τοποθέτηση αισθητήρα φωτός σε κάθε διακριτό χώρο εργασίας ο οποίος μετρά την ένταση φωτισμού και ρυθμίζει την ένταση τεχνητού φωτισμού στο επιθυμητό επίπεδο μέσω ρυθμιστή φωτός (dimmer). Το σύστημα αυτό είναι τοπικού χαρακτήρα και δε συνδυάζεται ούτε επικοινωνεί με αντίστοιχα συστήματα εγκατεστημένα σε άλλους χώρους. Με άλλα λόγια, δεν προϋποθέτει την ύπαρξη κεντρικού συστήματος διαχείρισης κτιρίου (BMS).

Αντιθέτως, απαραίτητη προϋπόθεση είναι τα υφιστάμενα κτίρια να λειτουργούν με ηλεκτρονικά ballast. Αυτό συμβαίνει γιατί τα κυκλώματα που ρυθμίζουν τη φωτεινότητα των λαμπτήρων λειτουργούν σε υψηλές συχνότητες οι οποίες εκτείνονται στην περιοχή συχνοτήτων των ηλεκτρονικών ballast (και πέραν αυτής). Η συχνότητα λειτουργίας (50 Hz) των συμβατικών μαγνητικών ballast τα καθιστά ακατάλληλα για dimming.

Η ρύθμιση της φωτεινότητας (dimming) των λαμπτήρων επιτυγχάνεται είτε με συνδυασμό ηλεκτρονικού ballast και ρυθμιστή (dimmer), είτε με ηλεκτρονικό ballast που ενσωματώνει τον ρυθμιστή (HF regulator). Απαραίτητος είναι ο αισθητήρας φωτισμού ο οποίος επιδέχεται ρύθμιση από το χρήστη χώρου για το επιθυμητό επίπεδο φωτισμού καθώς και το εύρος ρύθμισης ως ποσοστό της ονομαστικής απόδοσης.

Τα συστήματα ρύθμισης της φωτεινής ροής εξασφαλίζουν ότι η συνολική ποσότητα φυσικού και τεχνητού φωτισμού φτάνει πάντοτε τη στάθμη στην οποία έχει ρυθμιστεί το σύστημα. Εάν η απαιτούμενη στάθμη εξασφαλίζεται μόνο με φυσικό φως, τότε η ροή του τεχνητού συστήματος μηδενίζεται. Επομένως, το σύστημα ελέγχου φωτεινής ροής δεν ενοχλεί του χρήστες, ενώ η δυνατότητα εξοικονόμησης ενέργειας είναι μεγαλύτερη. Επιπλέον, επεκτείνεται η διάρκεια ζωής των λαμπτήρων και επιτυγχάνεται καλύτερη ποιότητα φωτισμού.

Το κριτήριο για την επιλογή συστήματος αυτόματου ελέγχου φωτισμού είναι η διαθεσιμότητα του φυσικού φωτισμού στο χώρο. Ενδεικνυόμενες εφαρμογές για συστήματα αυτόματου ελέγχου φωτισμού είναι οι χώροι με άπλετο φυσικό φως. Η ρύθμιση (dimming) δεν είναι οικονομικώς αποδοτική στις περιοχές που δε συνεργάζονται με το φυσικό φωτισμό. Παρατίθεται το επόμενο διάγραμμα:



Σχήμα 6.1: Διάγραμμα αποπληρωμής συστημάτων ρύθμισης συναρτήσει της απόστασης του φωτιστικού από το παράθυρο

Στην περίπτωση του εξεταζόμενου κτιρίου υπάρχουν ορισμένα σημεία όπου ο φυσικός φωτισμός είναι ιδιαίτερα επαρκής ώστε να καλύπτει τις απαιτήσεις φωτισμού για μεγάλο διάστημα της ημέρας. Συγκεκριμένα, στη νότια πρόσοψη του κτιρίου, όπου το μεγαλύτερο μέρος της εξωτερικής τοιχοποιίας είναι καλυμμένο με υαλοπίνακες. Εκεί είναι οι δύο είσοδοι του Κτιρίου Ηλεκτρονικών Υπολογιστών, επομένως αποτελούν πολυσύχναστους χώρους, καθ όλη τη διάρκεια της ημέρας όταν το κτίριο είναι ανοιχτό. Σε αυτούς τους διαδρόμους τοποθετούνται αισθητήρες φωτισμού, οι οποίοι επιτυγχάνουν εξοικονόμηση ενέργειας κατά 35%. Επισημαίνεται ότι το ποσοστό αυτό αφορά την ενέργεια που καταναλώνεται από λαμπτήρες φθορισμού με ηλεκτρονικά ballast. Η τοποθέτηση των ηλεκτρονικών ballast έχει ήδη επιφέρει εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας κατά 25%, όπως αναλύθηκε

προηγούμενως. Επομένως, η ετήσια εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας από την τοποθέτηση αισθητήρων σε αυτά τα σημεία είναι 242,4 ευρώ.

Ο φωτοηλεκτρικός αισθητήρας που θα μελετηθεί στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι τοποθετημένος σε μεμονωμένο φωτιστικό και ελέγχει μόνο αυτό. Το κόστος αγοράς και εγκατάστασης ενός τέτοιου αισθητήρα είναι 50 ευρώ. Δεδομένου ότι θα τοποθετηθούν αισθητήρες σε 84 λαμπτήρες φθορισμού, το συνολικό κόστος εγκατάστασης των αισθητήρων φωτισμού στο εξεταζόμενο κτίριο είναι 4.200 ευρώ.

Άρα, με τα παραπάνω δεδομένα, η επένδυση εγκατάστασης αισθητήρων σε επιλεγμένους λαμπτήρες φθορισμού έχει τα εξής χαρακτηριστικά:

ΚΠΑ = -2.328 ευρώ

ΕΒΑ = -8,9%

ΕΠΑ = >20 χρόνια

#### **6.4.3 Αντικατάσταση απλών υαλοπινάκων με διπλούς υαλοπίνακες**

Στην Ελλάδα, από την ισχύ του Κανονισμού Θερμομόνωσης του 1979 είναι υποχρεωτική η χρήση διπλών υαλοπινάκων σε νέα κτίρια, έτσι ώστε να πληρούνται οι απαιτήσεις του Κανονισμού. Για τα παλαιά κτίρια, κτισμένα εν γένει πριν το έτος 1979, η αντικατάσταση των μονών υαλοπινάκων με διπλούς, με πιθανή αντικατάσταση και των κουφωμάτων, αποτελεί μία σημαντική τεχνική εξοικονόμησης ενέργειας. Η αντικατάσταση των παλιών παραθύρων με νέα, ενεργειακά αποδοτικά με διπλούς υαλοπίνακες, αν και έχει κάποιο κόστος, μπορεί να ανατρέψει κατά ένα πολύ μεγάλο ποσοστό την κακή ενεργειακή απόδοση του κτιρίου, με πολλαπλά οφέλη, ενεργειακά, περιβαλλοντικά και οικονομικά.

Όπως επισημαίνεται στη μελέτη 'Περιβαλλοντικών επιπτώσεων και εξοικονόμησης ενέργειας για θέρμανση σε ελληνικές πολυκατοικίες', η συνολική επιφάνεια των κτιρίων που δεν έχουν συνηθισμένους διπλούς υαλοπίνακες στην Ελλάδα, αλλά απλά τζάμια, ξεπερνά τα 259 εκατομμύρια τετραγωνικά μέτρα. Σύμφωνα με έρευνα του Ολλανδικού Επιστημονικού Ινστιτούτου του ΤΟΝ, η Ελλάδα θα μπορούσε να εξοικονομεί περισσότερο από 3,4 δισεκατομμύρια κιλοβατώρες ετησίως από την ενέργεια για ψύξη με την αντικατάσταση των απλών τζαμιών και την τοποθέτηση ενεργειακά αποδοτικών υαλοπινάκων σε κατοικίες και γραφεία το 2020. Ακόμα, η εκτιμώμενη ετήσια μείωση εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα από τη χρήση διπλών τζαμιών ανέρχεται σε 1,6 εκατομμύρια.

Υπάρχει ένα εύρος από ενεργειακά αποδοτικούς τύπους υαλοπινάκων και κουφωμάτων που μπορεί να επιλέξει κάποιος για ένα κτίριο, ανάλογα με τη χρήση του και το μέγεθος του κτιρίου καθώς και το κόστος του κάθε συστήματος. Σε κάθε περίπτωση, θα πρέπει ο αγοραστής να ζητά από τον κατασκευαστή να τον ενημερώνει τουλάχιστον για τη θερμοπερατότητα του παραθύρου που θα τοποθετήσει.

Στον πίνακα που ακολουθεί, παρουσιάζεται ενδεικτικά ο συντελεστής θερμοπερατότητας για διαφορετικούς τύπους υαλοπινάκων (μονών, διπλών, απλών ή χαμηλής εκπομπής, με πλήρωση αέρα ή αργό στο διάκενο):

Πίνακας 6.1: Συντελεστές θερμοπερατότητας για διάφορους τύπους υαλοπινάκων

ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ ΓΙΑ ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΕΣ ΔΙΑΦΟΡΩΝ ΤΥΠΩΝ			
Τύπος υαλοπίνακα	Πάχος υαλοπίνακα-διακένου-υαλοπίνακα (mm)	Αέριο διακένου	Συντελεστής Θερμοπερατότητας ( $W/m^2K$ )
Μονός	6	-	5,7
Μονός	8	-	5
Διπλός	4-6-4	Αέρας	3,4
Διπλός	4-12-4	Αέρας	2,9
Διπλός - χαμηλής εκπομπής	4-10-4	Αέρας	2,0 - 2,4
Διπλός - χαμηλής εκπομπής	4-12-4	Αέρας	1,7 - 2,4
Διπλός - χαμηλής εκπομπής	4-6-4	Αργό	2,1 - 2,6
Διπλός - χαμηλής εκπομπής	4-12-4	Αργό	1,3 - 1,7

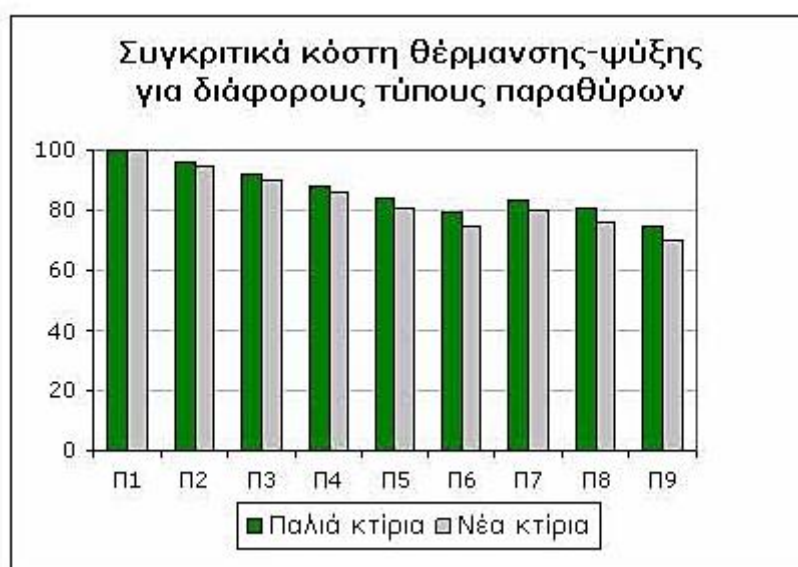
Οι διάφοροι τύποι παραθύρων (υαλοπίνακες και πλαίσιο) που κυκλοφορούν στην αγορά παρατίθενται στον επόμενο πίνακα:

Πίνακας 6.2: Κωδικοποίηση τύπων παραθύρων

Π1	Απλό υαλοστάσιο - Πλαίσιο αλουμινίου
Π2	Απλό υαλοστάσιο - Πλαίσιο αλουμινίου με θερμοδιακοπή
Π3	Απλό υαλοστάσιο - Ξύλινο πλαίσιο
Π4	Διπλό υαλοστάσιο - Πλαίσιο αλουμινίου
Π5	Διπλό υαλοστάσιο - Πλαίσιο αλουμινίου με θερμοδιακοπή
Π6	Διπλό υαλοστάσιο - Ξύλινο πλαίσιο
Π7	Διπλό υαλοστάσιο χαμηλής εκπεμφιμότητας (Low-e) - Πλαίσιο αλουμινίου
Π8	Διπλό υαλοστάσιο χαμηλής εκπεμφιμότητας (Low-e) - Πλαίσιο αλουμινίου με θερμοδιακοπή
Π9	Διπλό υαλοστάσιο χαμηλής εκπεμφιμότητας (Low-e) - Ξύλινο πλαίσιο

Πίνακας 6.3: Συμβολή κάθε τύπου παραθύρου στην κατανάλωση ενέργειας

Συμβολή του τύπου των παραθύρων στην κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση-δροσισμό (συμβατικό παράθυρο με απλό υαλοστάσιο = 100)									
	Π1	Π2	Π3	Π4	Π5	Π6	Π7	Π8	Π9
<b>Παλιά κτίρια (χωρίς μόνωση)</b>	100	96	92	88	84	79,5	83,5	80,5	75
<b>Εξοικονόμηση</b>	-	4%	8%	12%	16%	20,5%	16,5%	19,5%	25%
<b>Νέα κτίρια (με μόνωση)</b>	100	95	90	86	81	75	80	76	70
<b>Εξοικονόμηση</b>	-	5%	10%	14%	19%	25%	20%	24%	30%
<b>Αξιολόγηση</b>	9	8	7	6	5	2	4	3	1



Σχήμα 6.2: Συγκριτικό κόστος θέρμανσης – ψύξης για διάφορους τύπων παραθύρων

Η εξοικονομούμενη ενέργεια από κάθε επέμβαση εξοικονόμησης ενέργειας εξαρτάται από τη χρήση του κτιρίου, τα αρχιτεκτονικά του χαρακτηριστικά και το κλίμα της περιοχής. Επομένως, ο παραπάνω πίνακας σύγκρισης κόστους εκφράζει μέσες τιμές για τα κτίρια και προφανώς υπάρχουν διαφοροποιήσεις σε αυτές τις τιμές.

Οι συμβατικοί διπλοί υαλοπίνακες αποτελούνται από δύο υαλοπετάσματα τα οποία διαχωρίζονται από ένα στρώμα αέρα. Σε σύστημα μονής υάλωσης οι διπλοί υαλοπίνακες περιορίζουν τις θερμικές απώλειες λόγω της θερμομονωτικής τους ιδιότητας στο διάκενο. Επιπλέον, παρουσιάζουν υψηλή διαπερατότητα σε φυσικό φως.

Εκτός από την εξοικονόμηση ενέργειας που επιφέρουν τα παράθυρα με διπλούς υαλοπίνακες λόγω μειωμένων θερμικών ανταλλαγών με το περιβάλλον, παρουσιάζουν και τα εξής πλεονεκτήματα:

- Μειώνουν την ακτινοβολία από ή προς τον εσωτερικό χώρο καθώς παρουσιάζουν επιφανειακή θερμοκρασία πλησιέστερη με αυτή των άλλων επιφανειών του χώρου και περιορίζουν τα ρεύματα του αέρα κοντά στο παράθυρο με αποτέλεσμα να προσφέρουν βελτιωμένες συνθήκες θερμικής άνεσης
- Αποτρέπουν τη συμπύκνωση υδρατμών το χειμώνα στην επιφάνειά τους
- Μειώνουν το θόρυβο
- Μειώνεται δραστικά η ποσότητα του διοξειδίου του άνθρακα που απελευθερώνεται στην ατμόσφαιρα

Πιο αποτελεσματικό είδος τζαμιών νέας τεχνολογίας είναι οι επιλεκτικοί υαλοπίνακες χαμηλού συντελεστή εκπομπής (Low-e), οι οποίοι εμποδίζουν μεγάλο μέρος της θερμότητας είτε να εισέρχεται στο κτίριο, είτε να διαρρέει από το εσωτερικό του προς το περιβάλλον. Το κόστος αγοράς τους είναι σχεδόν διπλάσιο σε σχέση με το κόστος αγοράς των συμβατικών διπλών υαλοπινάκων, ενώ ο συντελεστής θερμοπερατότητάς τους δεν έχει την αντίστοιχη μείωση. Επιπλέον, οι τριπλοί υαλοπίνακες δε συνιστώνται για τις ελληνικές κλιματικές συνθήκες, καθώς χρησιμεύουν για πολύ ψυχρές περιοχές.

Επομένως, στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εξετάζεται μόνο η πρόταση αντικατάστασης των απλών μονών υαλοπινάκων, με διπλούς συμβατικούς υαλοπίνακες 4-12-4 με αέρα στο ενδιάμεσο διάκενο, οι οποίοι έχουν συντελεστή θερμοπερατότητας  $2,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Δεν εξετάζεται η αντικατάσταση των πλαισίων χωρίς θερμοδιακοπή με πλαίσια με θερμοδιακοπή, καθώς κατά την καταγραφή δεν ήταν δυνατόν να συμπεριληφθούν όλα τα πλαίσια από όλα τα παράθυρα.



Από την καταγραφή λοιπόν που πραγματοποιήθηκε στο Κτίριο Ηλεκτρονικών Υπολογιστών, υπάρχουν 415 m<sup>2</sup> μονών υαλοπινάκων. Το ενδεικτικό κόστος αγοράς και εγκατάστασης των διπλών συμβατικών υαλοπινάκων 4-12-4 είναι 75 ευρώ ανά τετραγωνικό μέτρο. Επομένως, το συνολικό κόστος της εγκατάστασης διπλών συμβατικών υαλοπινάκων για το εξεταζόμενο κτίριο είναι: 31.125 ευρώ.

Η βασική σχέση για τον υπολογισμό των θερμικών απωλειών των δομικών στοιχείων ενός χώρου είναι η εξής:

$$Q = k * F * \Delta\theta * h$$

Όπου: Q : θερμικές απώλειες (kWh)

k : συντελεστής θερμοπερατότητας του δομικού υλικού (W/m<sup>2</sup>\*K)

F : επιφάνεια (m<sup>2</sup>)

Δθ : διαφορά εσωτερικής θερμοκρασίας από εξωτερική θερμοκρασία (°C)

h : ώρες λειτουργίας

Οι μέσες θερμοκρασίες εξωτερικού περιβάλλοντος για κάθε μήνα στο νομό Αττικής, με βάση μετρήσεις που έχουν πραγματοποιηθεί, είναι οι εξής:

Πίνακας 6.4: Μέσες θερμοκρασίες εξωτερικού περιβάλλοντος

ΜΗΝΑΣ	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ (°C)
Ιανουάριος	10,3
Φεβρουάριος	10,6
Μάρτιος	12,3
Απρίλιος	15,9
Μάιος	20,7
Ιούνιος	25,2
Ιούλιος	28
Αύγουστος	27,8
Σεπτέμβριος	24,2
Οκτώβριος	19,5
Νοέμβριος	15,4
Δεκέμβριος	12

Με βάση τον παραπάνω πίνακα, υπολογίζονται οι θερμικές απώλειες πριν και μετά την αντικατάσταση των υαλοπινάκων. Στον επόμενο πίνακα παρατίθενται οι θερμικές απώλειες για ένα έτος:

Πίνακας 6.5: Ετήσιες θερμικές απώλειες

Μήνας	kWh/μήνα (πριν)	kWh/μήνα (μετά)
Ιανουάριος	9.934	5.563
Φεβρουάριος	8.743	5.693
Μάρτιος	8.236	5.363
Απρίλιος	5.012	3.264
Μάιος	1.104	719
Ιούνιος	1.753	1.141
Ιούλιος	3.396	2.212
Αύγουστος	3.283	2.138
Σεπτέμβριος	1.205	785
Οκτώβριος	2.123	1.382
Νοέμβριος	5.423	3.531
Δεκέμβριος	8.491	5.529
<b>ΣΥΝΟΛΟ:</b>	<b>58705</b>	<b>37320</b>

Για την εκτιμώμενη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας, λαμβάνεται υπ' όψιν ο προσεγγιστικός μέσος συντελεστής απωλειών μεταφοράς του συστήματος, από την παροχή στην κατανάλωση, που ισούται με 0,8. Η ηλεκτρική ενέργεια που εξοικονομείται είναι η διαφορά των θερμικών απωλειών πριν και μετά την αντικατάσταση των απλών μονών υαλοπινάκων με διπλούς.

Από τον πίνακα 6.4, προκύπτει ότι για τέσσερις μήνες του χρόνου, από Ιούνιο μέχρι Σεπτέμβριο, η θερμοκρασία περιβάλλοντος είναι μεγαλύτερη από την εσωτερική θερμοκρασία του κτιρίου (22°C). Επομένως, οι θερμικές απώλειες του κτιρίου για αυτούς τους μήνες προκύπτουν από την ψύξη του. Η ηλεκτρική ενέργεια που εξοικονομείται είναι:

$$Q_{\psi\acute{\upsilon}\xi\eta} = \frac{Q_{\alpha\pi}}{0,8} \Leftrightarrow Q_{\psi\acute{\upsilon}\xi\eta} = \frac{Q_{\psi,\pi\rho\iota\nu} - Q_{\psi,\mu\epsilon\tau\acute{\alpha}}}{0,8} \Leftrightarrow Q_{\psi\acute{\upsilon}\xi\eta} = 4.202,45 \text{ kWh.}$$

Η ψύξη του εξεταζόμενου κτιρίου επιτυγχάνεται με την κλιματιστική μονάδα και τα air – conditions των χώρων του κτιρίου. Και τα δύο είναι ηλεκτρικά φορτία. Επομένως, η ετήσια εξοικονόμηση από την ψύξη του κτιρίου είναι: 395,5 ευρώ.

Για τους υπόλοιπους οχτώ μήνες του χρόνου, δηλαδή από Οκτώβριο μέχρι Μάιο, οι θερμικές απώλειες του κτιρίου προκύπτουν από τη θέρμανσή του (η θερμοκρασία περιβάλλοντος είναι μικρότερη από την εσωτερική θερμοκρασία του κτιρίου).

Η θέρμανση του εξεταζόμενου κτιρίου επιτυγχάνεται με την κλιματιστική μονάδα και το σύστημα λέβητα-καυστήρα, το οποίο καταναλώνει φυσικό αέριο. Επισημαίνεται και πάλι ότι δεν μπόρεσαν να βρεθούν λογαριασμοί κατανάλωσης του Κτιρίου Ηλεκτρονικών Υπολογιστών σε φυσικό αέριο. Λαμβάνοντας υπ' όψιν το εμβαδόν των χώρων που θερμαίνονται από την κλιματιστική μονάδα και το εμβαδόν των

χώρων που θερμαίνονται από το σύστημα λέβητα-καυστήρα, καθώς επίσης και τις ώρες λειτουργίας του κάθε συστήματος θέρμανσης, γίνεται η ασφαλής εκτίμηση ότι οι θερμικές απώλειες από τη θέρμανση από την κλιματιστική μονάδα και οι θερμικές απώλειες από τη θέρμανση μέσω της καύσης του φυσικού αερίου είναι προσεγγιστικά ίσες. Επομένως, ισχύει:  $Q_{\theta\acute{\epsilon}ρμ,ΦΑ} = Q_{\theta\acute{\epsilon}ρμ,κλ.μ.}$ .

Άρα, η ηλεκτρική ενέργεια που εξοικονομείται από τη θέρμανση μέσω της κλιματιστικής μονάδας είναι:

$$Q_{\theta\acute{\epsilon}ρμ,κλ.μ.} = \frac{Q_{απ}}{0,8} \Leftrightarrow Q_{\theta\acute{\epsilon}ρμ,κλ.μ.} = \frac{Q_{\theta.πριν} - Q_{\theta.μετ\acute{\alpha}}}{0,8} \Leftrightarrow Q_{\theta\acute{\epsilon}ρμ,κλ.μ.} = 9.010,625 \text{ kWh.}$$

Επομένως, η ετήσια εξοικονόμηση από τη θέρμανση του κτιρίου μέσω της κλιματιστικής μονάδας είναι: 848,1 ευρώ.

Η ηλεκτρική ενέργεια που εξοικονομείται από τη θέρμανση με φυσικό αέριο είναι:  $Q_{\theta\acute{\epsilon}ρμ,Φ.Α.} = 9.010,625 \text{ kWh.}$

Όσον αφορά την κατανάλωση του κτιρίου σε φυσικό αέριο, γίνεται η ασφαλής εκτίμηση ότι κοστολογείται με την τιμή του φυσικού αερίου με βάση την τιμολογιακή πολιτική της Εταιρίας Παροχής Αερίου Αττικής για το έτος 2010, δηλαδή 0,040 ευρώ/ kWh. Επομένως, η ετήσια εξοικονόμηση από τη θέρμανση του κτιρίου μέσω της καύσης φυσικού αερίου είναι: 360,4 ευρώ.

Άρα, η συνολική ετήσια εξοικονόμηση από την αντικατάσταση των απλών μονών υαλοπινάκων με συμβατικούς διπλούς υαλοπίνακες είναι 1.604 ευρώ.

Επομένως, με τα παραπάνω δεδομένα, η επένδυση αντικατάστασης των μονών υαλοπινάκων με συμβατικούς διπλούς υαλοπίνακες έχει τα εξής χαρακτηριστικά:

ΚΠΑ = -18.739 ευρώ

EBA = -10,5%

EΠΑ = >20 χρόνια

#### 6.4.4 Θερμομόνωση αμόνωτης εξωτερικής τοιχοποιίας

Η θερμική προστασία του κελύφους είναι βασική προϋπόθεση για τη σωστή θερμική συμπεριφορά οποιουδήποτε κτιρίου. Η θερμομόνωση αποτελεί βασική αρχή θερμικής προστασίας, καθώς μειώνει τις ανταλλαγές θερμότητας μεταξύ του κτιρίου και του περιβάλλοντος. Συνίσταται από ένα σύνολο κατασκευαστικών – δομικών στοιχείων

(υλικών και συστημάτων) και συνδέεται άμεσα με το κόστος κατασκευής και λειτουργίας των κτιρίων.

Τα συνήθη θερμομονωτικά υλικά εμποδίζουν την αγωγή θερμότητας από το κτίριο προς το εξωτερικό περιβάλλον κατά τη χειμερινή περίοδο, και αντίστροφα το κατά τη θερινή περίοδο. Αυτή η ιδιότητά τους βασίζεται στο γεγονός ότι περιέχουν ακίνητο αέρα παγιδευμένο είτε σε ίνες (για παράδειγμα υαλοβάμβακας), είτε σε κλειστές κυψελίδες (για παράδειγμα διογκωμένη πολυστερίνη). Η θερμική αντίσταση και συνεπώς η θερμομονωτική ικανότητα του κάθε δομικού στοιχείου εξαρτάται από τη θερμική αγωγιμότητα του υλικού και αυξάνεται με το πάχος του.

Γενικά, συνίσταται τα θερμομονωτικά υλικά να τοποθετούνται εξωτερικά ή ενδιάμεσα στις τοιχοποιίες, οροφές και δάπεδα, έτσι ώστε να μην αδρανοποιείται η θερμική μάζα (θερμοχωρητικότητα) του κελύφους. Η τοποθέτησή της όμως εξαρτάται από τεχνικοοικονομικούς παράγοντες, αλλά και από τη χρήση (ωράριο λειτουργίας) των χώρων

Ένα προσεκτικά μονωμένο κτίριο με την απαιτούμενη από τους ισχύοντες κανονισμούς θερμομόνωση, καλύπτει εν γένει τις ανάγκες ενός σωστά σχεδιασμένου από ενεργειακή άποψη κτιρίου, αρκεί να προσεχθεί η μόνωση όλων των δομικών στοιχείων ώστε να αποφεύγονται οι θερμογέφυρες. Οι θερμογέφυρες συνιστούν αμόνωτα ή περιορισμένης μονωτικής ικανότητας στοιχεία του κελύφους, οι οποίες μπορούν να δημιουργήσουν ‘ευαίσθητα’ σημεία στην οικοδομή, ακόμα και συμπτώκνωση υδρατμών.

Η θερμομόνωση του κτιρίου συνεισφέρει θετικά στη θερμική προστασία του κτιρίου κατά τους καλοκαιρινούς μήνες, ιδιαίτερα εφ’ όσον συνδυάζεται με τον απαιτούμενο αερισμό και κυρίως το νυχτερινό. Όταν δεν υπάρχει επαρκής αερισμός του κτιρίου, η αυξημένη μόνωση του κελύφους, πέραν της προβλεπόμενης από τους κανονισμούς, επιβαρύνει τη θερμική λειτουργία του κατά τη θερινή περίοδο, καθώς εμποδίζει την ‘αποφόρτιση’ του κτιρίου από τη συσσωρευμένη θερμότητα.

Η μόνωση του κτιριακού κελύφους γίνεται είτε εσωτερικά είτε εξωτερικά. Ο πιο αποτελεσματικός τρόπος μόνωσης αλλά και ο βέλτιστος τρόπος ελαχιστοποίησης των θερμογεφυρών είναι η εξωτερική θερμομόνωση. Στα υφιστάμενα κτίρια, συνήθως αποτελεί και το μοναδικό τρόπο επέμβασης. Τα προτερήματα της εξωτερικής θερμομόνωσης είναι τα εξής:

- Εξοικονόμηση ενέργειας από την εκμετάλλευση ολόκληρης της θερμοχωρητικότητας των τοίχων.
- Εξοικονόμηση ενέργειας με την αποφυγή σχηματισμού θερμογεφυρών.

- Εξοικονόμηση ενέργειας έως και 55% ως προς τη συνολική ενέργεια που καταναλώνεται στο κτίριο για θέρμανση και κλιματισμό.
- Προστασία του περιβάλλοντος με έως 50% μείωση των αέριων ρύπων.
- Προστασία του κτιριακού κελύφους από καιρικές καταπονήσεις.
- Βελτίωση της εικόνας της τελικής επιφάνειας.
- Βελτίωση της εμπορευσιμότητας του κτιρίου λόγω ενεργειακής ταυτότητας.

Επομένως, επιλέγεται να πραγματοποιηθεί στο εξεταζόμενο κτίριο εξωτερική μόνωση του κελύφους. Το επόμενο στάδιο είναι η επιλογή του μονωτικού υλικού για τη θερμομόνωση. Σε ποσοστό 95% των περιπτώσεων θερμομόνωσης σε όλον τον κόσμο χρησιμοποιούνται ως θερμομονωτικά υλικά η διογκωμένη πολυστερίνη (EPS) και η εξηλασμένη πολυστερίνη (XPS).

Τα δύο αυτά υλικά έχουν πολλές όμοιες ιδιότητες, καθώς παράγονται από την ίδια πρώτη ύλη, το στυρένιο. Στη συνέχεια, με τον πολυμερισμό του στυρενίου και την κατάλληλη παραγωγική διαδικασία, δημιουργείται αντίστοιχα η διογκωμένη και η εξηλασμένη πολυστερίνη. Η διογκωμένη πολυστερίνη έχει συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας, ανάλογα με την ποιότητά της, από 0,032 W/mK (για πυκνότητα 30 kg/m<sup>3</sup>) μέχρι 0,045 W/mK (για πυκνότητα 10 kg/m<sup>3</sup>). Η εξηλασμένη πολυστερίνη έχει συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας 0,036 W/mK.

Με βάση μελέτες που έχουν γίνει, διαπιστώνεται ότι η εξηλασμένη πολυστερίνη είναι ένα ειδικό υλικό που δημιουργήθηκε για συγκεκριμένες εφαρμογές όπου απαιτούνταν μεγάλες θερμομονωτικές αντοχές σε μικρό πάχος και σε πολύ χαμηλές θερμοκρασίες. Με την πάροδο του χρόνου όμως και με την κατάργηση πολλών από των αρχικών χημικών που χρησιμοποιούντουσαν για την παραγωγή της, τείνει να χάνει το χαμηλό συντελεστή που έχει αρχικά.

Αντιθέτως, η διογκωμένη πολυστερίνη εφαρμόζεται όλο και περισσότερο στη θερμομόνωση του κτιριακού κελύφους. Είναι ένα αδρανές, και ισοτροπικό υλικό, με αντοχή στο χρόνο και την υγρασία. Είναι οικολογικό και ανακυκλώνεται εύκολα. Επιπλέον, έχει το μισό κόστος σε σχέση με την εξηλασμένη πολυστερίνη.

Επομένως, επιλέγεται να χρησιμοποιηθεί διογκωμένη πολυστερίνη για τη θερμομόνωση του κτιριακού κελύφους. Το κόστος αγοράς και τοποθέτησης διογκωμένης πολυστερίνης με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας 0,036 W/mK είναι σαράντα ευρώ ανά τετραγωνικό μέτρο. Τοποθετείται στρώμα διογκωμένης πολυστερίνης πάχους πέντε εκατοστών εξωτερικά της τοιχοποιίας εκείνης που δεν είχε καθόλου μόνωση. Το συνολικό εμβαδόν της αμόνωτης εξωτερικής τοιχοποιίας είναι 1694 m<sup>2</sup>. Επομένως, το συνολικό κόστος της θερμομόνωσης είναι: 67.760 ευρώ.

Υπολογίζοντας το συντελεστή θερμοπερατότητας για τη μονωμένη πλέον εξωτερική τοιχοποιία προκύπτει ο παρακάτω πίνακας:

Πίνακας 6.6: Εξωτερική τοιχοποιία

Στρώσεις δομικού στοιχείου	πάχος στρώσης d (m)	συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας λ (W/mK)	θερμική αντίσταση d/λ (m <sup>2</sup> *K/W)
οπλισμένο σκυρόδεμα παλαιού τύπου B120	0,76	1,51	0,503
διογκωμένη πολυστερίνη	0,05	0,036	1,389

Η αντίσταση θερμοδιαφυγής είναι:  $\frac{1}{\lambda} = 1,892 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$

Η εσωτερική και εξωτερική αντίσταση θερμικής μετάβασης είναι αντίστοιχα (από τον πίνακα του παραρτήματος):

$$R_i = 0,13 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}, \quad R_a = 0,04 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$

Η αντίσταση θερμοπερατότητας είναι:  $\frac{1}{\kappa} = 2,062 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$

Άρα, ο συντελεστής θερμοπερατότητας είναι:  $k = 0,485 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$

Από τον πίνακα του παραρτήματος, βρίσκεται:  $k_{\max} = 0,5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ . Παρατηρείται ότι ισχύει:  $k < k_{\max}$ , επομένως, ο συντελεστής θερμοπερατότητας βρίσκεται εντός των επιτρεπτών ορίων. Ακόμα, ο μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας του κτιρίου μετά τη μόνωση, υπολογίζεται:  $k_m = 0,096 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ . Από τη μελέτη που πραγματοποιήθηκε στο τέταρτο κεφάλαιο της παρούσας διπλωματικής εργασίας, ο επιτρεπόμενος μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας για το εξεταζόμενο κτίριο είναι:  $k_{m,\max} = 1,007 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ . Άρα, με τη μόνωση της εξωτερικής τοιχοποιίας με διογκωμένη πολυστερίνη ο μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας του κτιρίου είναι πλέον εντός ορίων.

Υπολογίζοντας τις θερμικές απώλειες πριν και μετά την μόνωση της εξωτερικής τοιχοποιίας με διογκωμένη πολυστερίνη, προκύπτουν οι εξής θερμικές απώλειες για ένα έτος:

Πίνακας 6.7: Ετήσιες θερμικές απώλειες

Μήνας	kWh/μήνα (πριν)	kWh/μήνα (μετά)
Ιανουάριος	12.052	3.933
Φεβρουάριος	10.606	4.025
Μάρτιος	9.992	3.792
Απρίλιος	6.081	2.308
Μάιος	1.339	508
Ιούνιος	2.127	807
Ιούλιος	4.120	1.564
Αύγουστος	3.983	1.512
Σεπτέμβριος	1.462	555
Οκτώβριος	2.575	977
Νοέμβριος	6.579	2.497
Δεκέμβριος	10.301	3.909
<b>ΣΥΝΟΛΟ:</b>	<b>71.217</b>	<b>26387</b>

Για τον υπολογισμό της ετήσιας εξοικονόμησης, ακολουθείται ο ίδιος συλλογισμός που αναλύθηκε και στην οικονομοτεχνική ανάλυση της επένδυσης αντικατάστασης των απλών υαλοπινάκων με διπλούς συμβατικούς υαλοπίνακες.

Επομένως, για την ψύξη του κτιρίου, η ηλεκτρική ενέργεια που εξοικονομείται με την εξωτερική μόνωση είναι:

$$Q_{\psi\acute{\upsilon}\xi\eta} = \frac{Q_{\alpha\pi}}{0,8} \Leftrightarrow Q_{\psi\acute{\upsilon}\xi\eta} = \frac{Q_{\psi,\pi\rho\iota\nu} - Q_{\psi,\mu\epsilon\tau\acute{\alpha}}}{0,8} \Leftrightarrow Q_{\psi\acute{\upsilon}\xi\eta} = 9.068,35 \text{ kWh.}$$

Άρα, η ετήσια εξοικονόμηση από την ψύξη του κτιρίου είναι: 853,5 ευρώ.

Η ηλεκτρική ενέργεια που εξοικονομείται από τη θέρμανση μέσω της κλιματιστικής μονάδας είναι:

$$Q_{\theta\acute{\epsilon}\rho\mu,\kappa\lambda.\mu.} = \frac{Q_{\alpha\pi}}{0,8} \Leftrightarrow Q_{\theta\acute{\epsilon}\rho\mu,\kappa\lambda.\mu.} = \frac{Q_{\theta,\pi\rho\iota\nu} - Q_{\theta,\mu\epsilon\tau\acute{\alpha}}}{0,8} \Leftrightarrow Q_{\theta\acute{\epsilon}\rho\mu,\kappa\lambda.\mu.} = 18.787,44 \text{ kWh.}$$

Επομένως, η ετήσια εξοικονόμηση από τη θέρμανση του κτιρίου μέσω της κλιματιστικής μονάδας είναι: 1.768,3 ευρώ.

Η ηλεκτρική ενέργεια που εξοικονομείται από τη θέρμανση με φυσικό αέριο είναι:  
 $Q_{\theta\acute{\epsilon}\rho\mu,\phi.A.} = 18.787,44 \text{ kWh.}$

Η ετήσια εξοικονόμηση από τη θέρμανση του κτιρίου μέσω της καύσης φυσικού αερίου είναι: 751,5 ευρώ.

Άρα, η συνολική ετήσια εξοικονόμηση από τη μόνωση της αμόνωτης εξωτερικής τοιχοποιίας με διογκωμένη πολυστερίνη είναι 3.373,3 ευρώ.

Επομένως, με τα παραπάνω δεδομένα, η επένδυση μόνωσης της εξωτερικής τοιχοποιίας με διογκωμένη πολυστερίνη έχει τα εξής χαρακτηριστικά:

ΚΠΑ = -41.712 ευρώ

ΕΒΑ = -11%

ΕΠΑ = >20 χρόνια

#### **6.4.5 Εγκατάσταση συστήματος αναλυτικής καταγραφής της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας (BEMS)**

Η εγκατάσταση ενός συστήματος διαχείρισης ενέργειας κτιρίου (Building Energy Management System – BEMS) έχει ως στόχο την επιτήρηση ή και τον αυτόματο έλεγχο των ηλεκτρολογικών και μηχανολογικών εγκαταστάσεων του κτιρίου, ώστε να είναι δυνατή η ρύθμιση παραμέτρων και η ανάλυση δεδομένων όλων των εγκαταστάσεων από ένα σταθμό ελέγχου. Παράλληλα, είναι δυνατή η παρακολούθηση και καταγραφή της ενεργειακής συμπεριφοράς των συστημάτων που είναι εγκατεστημένα στο κτίριο, καθώς και η δημιουργία αρχείου με στατιστικά στοιχεία. Επιγραμματικά, τα χαρακτηριστικά αυτών των συστημάτων είναι τα εξής:

- Δυνατότητα ταυτόχρονης επεξεργασίας πλήθους μεταβλητών
- Πλήρης και ταχεία απόκριση σε πληθώρα δεδομένων από πληθώρα μετρητών
- Μέγιστη ακρίβεια υπολογισμών
- Πλήρης δυνατότητα παρουσίασης αναφορών
- Δυνατότητα ορθολογικής αποθήκευσης τεράστιου αριθμού δεδομένων

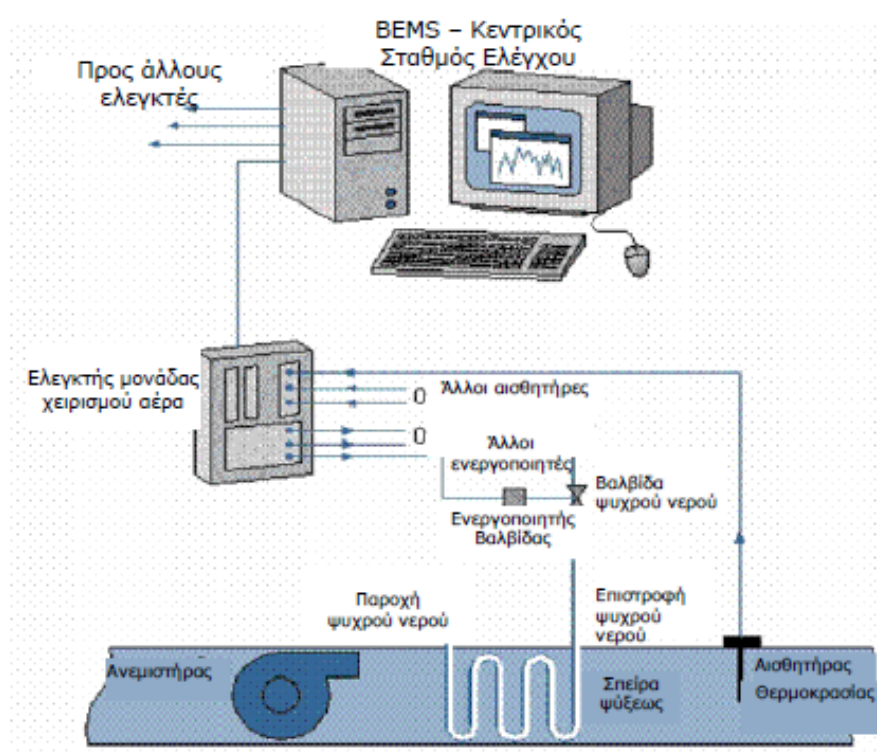
Ένα σύστημα ενεργειακής διαχείρισης σε ένα κτίριο παρακολουθεί και ελέγχει τα εξής συστήματα:

- Συστήματα κλιματισμού – θέρμανσης
- Παθητικά συστήματα (αίθρια, αερισμός κλπ.)
- Ανοίγματα, σκίαστρα, κλπ.
- Εγκατάσταση φωτισμού
- Συστήματα δροσισμού
- Ηλεκτρικές καταναλώσεις



- Ποιότητα αέρα
- Εγκαταστάσεις ασφαλείας

Το σύστημα αποτελείται από ένα Κεντρικό Σταθμό Παρακολούθησης και Ελέγχου, τα αισθητήρια όργανα, τις συσκευές εκτέλεσης εντολών, καθώς και τις συνδετήριες καλωδιώσεις. Οι αισθητήρες που έχουν τοποθετηθεί στα διάφορα συστήματα του κτιρίου συλλέγονται και 'μεταφράζονται' από ένα ή πολλά P.L.Cs (programmable logic controller). Ο προγραμματισμός και ο χειρισμός του συστήματος γίνεται μέσω του κεντρικού σταθμού ελέγχου.



Σχήμα 6.3: Σύστημα BEMS

Το B.E.M.S δίνει τη δυνατότητα στον χρήστη να παρακολουθεί όλο το κτίριο σε μία οθόνη, καθώς και να μελετά και να οργανώνει τα χρονοπρογράμματα και ένα προσεκτικό σενάριο λειτουργίας του κτιρίου. Με αυτόν τον τρόπο, εξοικονομείται ενέργεια και χρόνος καλής λειτουργίας των συστημάτων που διαχειρίζεται. Σαν ενδεικτικό παράδειγμα αναφέρεται ότι στο εξεταζόμενο κτίριο που αποτελείται κυρίως από γραφεία, το B.E.M.S μπορεί να σβήσει τα φώτα σε αυτά όταν σχολάσουν οι εργαζόμενοι οπότε δεν υπάρχει η πιθανότητα να ξεχαστούν τα φώτα αναμμένα, ούτε χρειάζεται να υπάρχει κάποιος να ελέγχει κάθε γραφείο να δει αν έχουν σβηστεί τα φώτα.

Σύμφωνα με στοιχεία που διατίθενται από διεθνή βιβλιογραφία, ένα τέτοιο σύστημα αναλυτικής καταγραφής της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας μπορεί να οδηγήσει σε εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας η οποία ανέρχεται σε 10 – 35% της ετήσιας καταναλισκόμενης ενέργειας. Δεδομένου ότι οι υπολογιστές και οι servers καταναλώνουν το 60% της συνολικής ηλεκτρικής ενέργειας του κτιρίου, θεωρείται ως ποσοστό εξοικονόμησης το 15%. Αυτό μεταφράζεται σε ετήσια εξοικονόμηση 7.023,3 ευρώ για το εξεταζόμενο κτίριο. Το ενδεικτικό κόστος για ένα τέτοιο σύστημα στο εξεταζόμενο κτίριο ανέρχεται στα 50.000 ευρώ.

Επομένως, με τα παραπάνω δεδομένα, η επένδυση εγκατάστασης συστήματος διαχείρισης ενέργειας κτιρίου B.E.M.S. έχει τα εξής χαρακτηριστικά:

ΚΠΑ = 4.232 ευρώ

EBA = 6,7%

EΠΑ = 9,0 χρόνια

#### **6.4.6 Εγκατάσταση Φ/Β στην οροφή του κτιρίου**

Το εξεταζόμενο κτίριο έχει οροφή μεγάλου εμβαδού, η οποία παραμένει ανεκμετάλλευτη. Όλο και πιο διαδεδομένο στην Ελλάδα τα τελευταία χρόνια είναι η εγκατάσταση Φ/Β στις στέγες κτιρίων. Βασικό χαρακτηριστικό της συγκεκριμένης επένδυσης είναι ότι ο επενδυτής πουλάει το ρεύμα που παράγεται από τη Φ/Β εγκατάσταση στη ΔΕΗ.

Μετά από έρευνα αγοράς, διαπιστώθηκε ότι το κόστος των μονοκρυσταλλικών πλαισίων είναι 10-15% υψηλότερο από το αντίστοιχο κόστος των πολυκρυσταλλικών, ενώ παρουσιάζουν καλύτερη απόδοση κατά 1,5-3% σε σχέση με τα πολυκρυσταλλικά πλαίσια. Είναι εύκολα αντιληπτό ότι η καλύτερη απόδοση δεν αντισταθμίζει το κόστος αγοράς τους. Επομένως, επιλέγεται η εγκατάσταση πολυκρυσταλλικών πλαισίων.

Ακόμα, είναι προτιμότερο η επιλογή ενός Φ/Β πλαισίου με μεγάλη ισχύ, αντί πολλών πλαισίων με μικρότερη ισχύ. Τα μεγάλα πλαίσια δουλεύονται πιο εύκολα στην εγκατάστασή τους, απαιτούνται λιγότερες συνδέσεις και το κόστος εγκατάστασης είναι μικρότερο. Μεγάλη προσοχή όμως πρέπει να δοθεί στην όσο το δυνατόν μεγαλύτερη αποφυγή της σκίασης μέρους των Φ/Β πλαισίων, καθώς οδηγεί σε μεγαλύτερη μείωση της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας.

Είναι γνωστό ότι τα Φ/Β πανέλα παράγουν τη μέγιστη ποσότητα ηλεκτρικής ενέργειας όταν οι ακτίνες του ήλιου πέφτουν κάθετα στην επιφάνειά τους. Γι' αυτό, τα Φ/Β πλαίσια πρέπει να ακολουθούν την ηλιακή τροχιά. Υπάρχουν δύο ειδών βάσεις στήριξης των Φ/Β πλαισίων, οι σταθερές βάσεις και οι μεταβλητές, οι λεγόμενες trackers. Οι trackers επιτυγχάνουν μεγαλύτερη απόδοση των Φ/Β πλαισίων, όμως το κόστος τους είναι πολύ μεγαλύτερο συγκριτικά με τις σταθερές βάσεις στήριξης, με αποτέλεσμα να μην αντισταθμίζει την αύξηση στην απόδοση. Επομένως, επιλέγονται σταθερές βάσεις στήριξης για τα Φ/Β πλαίσια. Από μελέτες έχει αποδειχθεί ότι η βέλτιστη γωνία κλίσης των Φ/Β πλαισίων στην Ελλάδα είναι 30°.

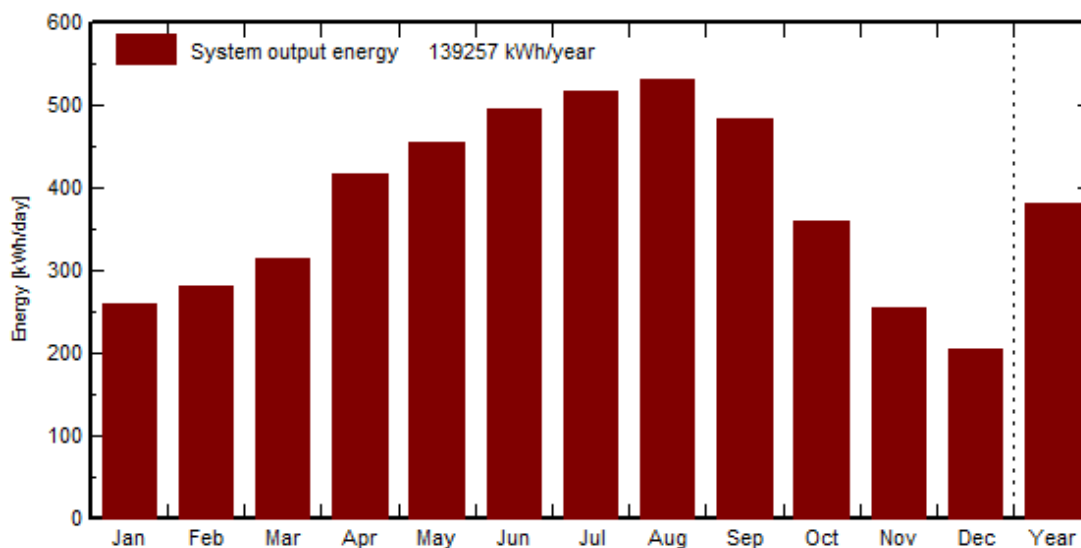
Επισημαίνεται ότι παρ' όλο που το Πολυτεχνείο, στο οποίο ανήκει και το Κτίριο Ηλεκτρονικών Υπολογιστών, είναι καταναλωτής Μέσης Τάσης από τη ΔΕΗ, η Φ/Β εγκατάσταση στην οροφή του κτιρίου θα συνδεθεί στη Χαμηλή Τάση.

Η τιμή πώλησης της παραγόμενης ηλιακής κιλοβατώρας κλειδώνει τη στιγμή που υπογράφεται η σύμβαση αγοραπωλησίας με το ΔΕΣΜΗΕ. Στη συνέχεια, έχει δεκαοχτώ μήνες επιπλέον να ολοκληρώσει το έργο. Αν για οποιοδήποτε λόγο καθυστερήσει η εγκατάσταση του Φ/Β συστήματος, με αποτέλεσμα να μπει σε λειτουργία μετά την πάροδο των δεκαοχτώ μηνών, θα λάβει τη (μειωμένη) τιμή πώλησης της παραγόμενης ηλιακής κιλοβατώρας που ισχύει τότε.

Στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εργασίας, εξετάζεται η περίπτωση που η σύμβαση αγοραπωλησίας υπογράφεται το Φεβρουάριο του 2011 και το Φ/Β σύστημα τίθεται σε λειτουργία εντός δεκαοχτώ μηνών. Επομένως, από τον πίνακα 3.1, η τιμή πώλησης της παραγόμενης ηλιακής κιλοβατώρας είναι 419,43 ευρώ/MWh. Η τιμή αυτή αναπροσαρμόζεται ετησίως προς τα πάνω με το 25% του δείκτη τιμών καταναλωτή, δηλαδή του πληθωρισμού.

Το εμβαδόν της οροφής στο οποίο θα τοποθετηθούν Φ/Β πλαίσια είναι: 950 m<sup>2</sup>. Δεν αξιοποιείται όλη η οροφή του εξεταζόμενου κτιρίου καθώς κάποια μέρη κρίνονται ακατάλληλα λόγω σκιασμού ή κάλυψης με υαλοπίνακες, απαγορεύεται να τοποθετηθούν Φ/Β πλαίσια πάνω στο δώμα, και πρέπει να τηρείται τουλάχιστον ένα μέτρο απόσταση από την άκρη.

Από το πρόγραμμα προσομοίωσης PVSYST V5.1, προκύπτουν τα παρακάτω αποτελέσματα για τα συγκεκριμένη επένδυση, η οποία αφορά την εγκατάσταση Φ/Β συστήματος συνολικής ισχύος 99,8 kWp:



Σχήμα 6.4: Ημερήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας για ένα έτος

Πίνακας 6.8: Ετήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας

	system output (kWh/day)	system output (kWh)
Ιανουάριος	260,1	8064
Φεβρουάριος	281,2	7874
Μάρτιος	313,7	9726
Απρίλης	415,9	12477
Μάης	455,4	14116
Ιούνιος	495,5	14864
Ιούλιος	517,3	16037
Αύγουστος	530,4	16443
Σεπτέμβριος	483,5	14506
Οκτώβριος	359,3	11139
Νοέμβριος	255,1	7652
Δεκέμβριος	205,1	6358
ΕΤΟΣ		139257

Οπότε, η ετήσια παραγόμενη ηλιακή ενέργεια από την εξεταζόμενη Φ/Β εγκατάσταση είναι 139.257 kWh, το οποίο οδηγεί σε εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας είναι 58.408,56 ευρώ. Τονίζεται ότι αυτό το οικονομικό μέγεθος αφορά το πρώτο έτος, καθώς για τα υπόλοιπα έτη, η τιμή πώλησης της ηλιακής κιλοβατώρας υπόκειται σε αναπροσαρμογή με βάση το δείκτη του πληθωρισμού. Στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εργασίας, εξετάζονται τρία πιθανά σενάρια για την τιμή του

πληθωρισμού, και συγκεκριμένα για τιμές 2%, 5% και 7%. Η τιμή πώλησης της παραγόμενης από τα Φ/Β ηλεκτρικής ενέργειας διαμορφώνεται ανάλογα με το ύψος του πληθωρισμού. Για την πραγματοποίηση της χρηματοοικονομικής ανάλυσης, έγινε αποπληθωρισμός της καθαρής χρηματορροής.

Επισημαίνεται ότι η τιμή πώλησης της ηλιακής κιλοβατώρας έχει ισχύ είκοσι χρόνων. Ταυτόχρονα, η Φ/Β εγκατάσταση έχει εγγύηση απόδοσης 25 ετών. Επομένως, η επένδυση Φ/Β εγκατάστασης αναλύεται σε εικοσαετή κύκλο ζωής.

Με βάση έρευνα αγοράς, το ενδεικτικό κόστος αγοράς και εγκατάστασης του Φ/Β συστήματος είναι 5 ευρώ/Wp. Επομένως, το συνολικό κόστος της συγκεκριμένης επένδυσης ανέρχεται στα 499.000 ευρώ. Μία διασυνδεδεμένη Φ/Β εγκατάσταση έχει μηδαμινά κόστη συντήρησης, καθώς δεν περιλαμβάνει συσσωρευτές.

Άρα, με τα παραπάνω δεδομένα, η επένδυση Φ/Β εγκατάστασης στην οροφή του εξεταζόμενου κτιρίου έχει τα εξής χαρακτηριστικά:

- Για πληθωρισμό 2%:

ΚΠΑ = 150.707,7 ευρώ

ΕΒΑ = 8,5%

ΕΠΑ = 12,7 χρόνια

- Για πληθωρισμό 5%:

ΚΠΑ = 58.338,9 ευρώ

ΕΒΑ = 6,5%

ΕΠΑ = 15,6 χρόνια

- Για πληθωρισμό 7%:

ΚΠΑ = 9.353,8 ευρώ

ΕΒΑ = 5,3%

ΕΠΑ = 18,7 χρόνια

## 6.5 Άλλες επεμβάσεις ενεργειακής βελτίωσης

Ως δράσεις ενεργειακής βελτίωσης που δεν εξετάζονται με χρηματοοικονομική ανάλυση στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι οι εξής:

- Αντικατάσταση λαμπτήρων φθορισμού T8 με τους αποδοτικότερους λαμπτήρες φθορισμού T5, με ταυτόχρονη αλλαγή φωτιστικών σωμάτων.
- Αντικατάσταση φωτιστικών με νέα που φέρουν στραγγαλιστικά πηνία.
- Νέα θερμομόνωση οροφής.
- Νέα θερμομόνωση δαπέδων.
- Αλλαγή των κλιματιστικών μονάδων και τοποθέτηση νέων με εναλλάκτες προθέρμανσης του αέρα τροφοδοσίας που εισέρχεται
- Εγκατάσταση φίλτρων (συνδυασμός πυκνωτών και πηνίων), για τη μείωση των αρμονικών που παρατηρήθηκαν με τον αναλυτή ηλεκτρικής ενέργειας

## 6.6 Δράσεις μηδενικού και χαμηλού κόστους

Ως γνωστόν, οι δράσεις ενεργειακής επέμβασης διακρίνονται στις εξής κατηγορίες:

- Ενέργειες μηδενικού κόστους: εφαρμόζονται σε τακτική βάση και εντάσσονται στη συνήθη λειτουργία και συντήρηση του κτιρίου. Τις περισσότερες φορές σχετίζονται με την αλλαγή της συμπεριφοράς των χρηστών του κτιρίου.
- Επεμβάσεις χαμηλού κόστους: γίνονται εφάπαξ και μπορούν να χρηματοδοτηθούν από τον υπάρχοντα ετήσιο προϋπολογισμό της διαχείρισης του κτιρίου. Το κόστος των επεμβάσεων αυτών αποπληρώνεται συχνά εντός της ίδιας διαχειριστικής χρονιάς και συνήθως σε λιγότερο από δύο χρόνια.
- Επεμβάσεις υψηλού κόστους ή ανακατασκευής: αποτελούν εφάπαξ επενδύσεις έντασης κεφαλαίου λόγω του σημαντικού αρχικού κόστους για την εφαρμογή τους και της μέσης ή μακράς περιόδου αποπληρωμής τους.

Εκτός δηλαδή από τις επενδύσεις που εξετάστηκαν παραπάνω, υπάρχουν ποικίλες δράσεις ενεργειακής επέμβασης στο κτίριο, οι οποίες είναι χαμηλού κόστους και δε χρίζουν ενδιαφέρον χρηματοοικονομικής ανάλυσης από την πλευρά του επενδυτή. Με τις δράσεις αυτές δεν επιτυγχάνεται μεγάλο ποσοστό εξοικονόμησης ηλεκτρικής ενέργειας, αλλά είναι μηδενικού ή χαμηλού κόστους.

Αρχικά, πρέπει να γίνει έλεγχος και επισκευή των ρωγμών που παρουσιάζονται σε υαλοπίνακες και στα κουφώματά τους, οι οποίες παρατηρήθηκαν στο εξεταζόμενο κτίριο. Αυτές οι ρωγμές μπορεί να βρίσκονται σε χώρους οι οποίοι δε χρησιμοποιούνται συχνά, όμως η κεντρική θέρμανση και ψύξη του κτιρίου γίνεται ομοιόμορφα σε όλο το κτίριο, με αποτέλεσμα να υπάρχουν σημαντικές θερμικές απώλειες.

Επιπλέον, πρέπει να γίνεται ορθολογική χρήση των λαμπτήρων φωτισμού σε όλους τους χώρους του κτιρίου. Στους κοινόχρηστους χώρους, δηλαδή στους διαδρόμους, ιδιαίτερα στην είσοδο του κτιρίου όπου ο φυσικός φωτισμός είναι αρκετός, τα φωτιστικά σώματα δε χρειάζεται να παραμένουν αναμμένα καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας, ακόμα και τις μεσημεριανές ώρες κατά την καλοκαιρινή περίοδο, όπως διαπιστώθηκε ότι γίνεται στην πράξη. Στους χώρους των γραφείων, οφείλουν οι υπεύθυνοι να είναι ευσυνείδητοι και να σβήνουν τα φωτιστικά σώματα όταν δε βρίσκονται στο χώρο εργασίας τους.

Ακόμα, θα πρέπει να γίνεται συχνότερος έλεγχος και συντήρηση στο σύστημα κλιματισμού για την πρόληψη και αποφυγή τυχόν προβλημάτων. Επισημαίνεται ότι η κλιματιστική μονάδα λειτουργεί στην πράξη καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας.

Ως δράση χαμηλού κόστους συστήνεται η τοπική μόνωση και βελτίωση των σωληνώσεων του λεβητοστασίου. Τα οφέλη είναι πολλαπλά και αφορούν τον τομέα της συντήρησης αλλά και της πρόληψης. Επιπλέον, προτείνεται η επισκευή του συστήματος διανομής του ατμού για την αποφυγή απωλειών και η εγκατάσταση συστήματος ελέγχου της πίεσης κατά τη διανομή του ατμού. Χρήσιμο επίσης θεωρείται ένα μόνιμο σύστημα μέτρησης των μεγεθών καύσης.

Επισημαίνεται ότι η συντήρηση του κεντρικού συστήματος θέρμανσης ενός κτιρίου θεωρείται απαραίτητη για την εξασφάλιση της καλής λειτουργίας. Από ειδικούς προτείνεται η τακτική συντήρηση δύο φορές το χρόνο, μία φορά στην αρχή της περιόδου θέρμανσης και μία φορά στο μέσον της. Οι βασικές εργασίες συντήρησης ενός λέβητα πρέπει να πραγματοποιούνται από αδειούχο συντηρητή και περιλαμβάνουν τον καθαρισμό του φλογοθαλάμου, τον καθαρισμό των σωλήνων (τούμπα), τον καθαρισμό και τη ρύθμιση των μπεκ του καυστήρα, τον καθαρισμό της καπνοδόχου, τον έλεγχο των αντλιών καυσίμου και του κυκλώματος τροφοδοσίας νερού.

Τέλος, μία παρέμβαση που μπορεί να προσφέρει αξιόλογη εξοικονόμηση ενέργειας είναι η φύτευση της οροφής, η λεγόμενη πράσινη στέγη. Το κόστος για να δημιουργηθεί μία πράσινη οροφή κυμαίνεται από 80 έως 120 ευρώ ανά τετραγωνικό μέτρο. Το αποτέλεσμα είναι μείωση σε ποσοστό 35% της κατανάλωσης ενέργειας στον τελευταίο όροφο. Ακόμα πιο οικονομική λύση αποτελεί η τοποθέτηση

γλαστρών στην οροφή. Αυτή η επέμβαση έχει κόστος περίπου 6 ευρώ ανά τετραγωνικό μέτρο. Οι πράσινες στέγες, εκτός από οικονομικά οφέλη, έχουν ποικίλα ενεργειακά, περιβαλλοντικά, κοινωνικά και αισθητικά οφέλη.

## 6.7 Διαμόρφωση προτάσεων

Στον πίνακα που ακολουθεί, παρατίθενται συγκεντρωτικά οι επεμβάσεις ενεργειακής βελτίωσης που εξετάστηκαν, καθώς και τα αποτελέσματα που προέκυψαν από τη χρηματοοικονομική ανάλυση.

Πίνακας 6.9: Αποτελέσματα χρηματοοικονομικής ανάλυσης των επεμβάσεων ενεργειακής βελτίωσης

Επέμβαση	αρχικό κόστος (ευρώ)	Ετήσιο όφελος (ευρώ)	ΚΠΑ (ευρώ)	ΕΒΑ (%)	ΕΠΑ (χρόνια)
Αντικατάσταση συμβατικών ηλεκτρομαγνητικών ballast λαμπτήρων φθορισμού με ηλεκτρονικά ballast	4.524,62	884,6	2.306	14,5	6,1
Εγκατάσταση αισθητήρων φωτισμού στους λαμπτήρες φθορισμού	4.200	242,4	-2.328	-8,9	>20
Αντικατάσταση απλών υαλοπινάκων με διπλούς υαλοπίνακες	23.253,6	1.081,24	-14.905	-11,9	>20
Θερμομόνωση αμόνωτης εξωτερικής τοιχοποιίας	67.760	3.040,51	-44.282	-12,4	>20
Εγκατάσταση συστήματος BEMS	50.000	7.023,3	4.232	6,7	9,0
Φ/Β εγκατάσταση στην οροφή του κτιρίου (πληθωρισμός 2%)	499.000	58408,56 (1 <sup>ο</sup> έτος)	150.707,7	8,5	12,7
Φ/Β εγκατάσταση στην οροφή του κτιρίου (πληθωρισμός 5%)	499.000	58408,56 (1 <sup>ο</sup> έτος)	58.338,9	6,5	15,6
Φ/Β εγκατάσταση στην οροφή του κτιρίου (πληθωρισμός 7%)	499.000	58408,56 (1 <sup>ο</sup> έτος)	9.353,8	5,3	18,7

Συμπεραίνεται ότι η επένδυση εγκατάστασης συστήματος BEMS είναι η πιο αποδοτική, καθώς έχει τους καλύτερους οικονομικούς δείκτες. Πράγματι, το συγκεκριμένο σύστημα είναι η μόνη ολοκληρωμένη επέμβαση εξοικονόμησης ενέργειας, καθώς παρεμβαίνει σε όλα σχεδόν τα ενεργοβόρα συστήματα του κτιρίου,



τα οποία καταναλώνουν την περισσότερη ηλεκτρική ενέργεια. Επομένως, η εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας που επιτυγχάνεται με την εγκατάσταση ενός τέτοιου συστήματος είναι συνολική και, μέχρι ένα σημείο, αντικαθιστά επί μέρους επενδύσεις ενεργειακής βελτίωσης οι οποίες βασίζονται στον αυτοματισμό.

Η εγκατάσταση αισθητήρων φωτισμού στους λαμπτήρες φθορισμού δεν είναι αποδοτική από μόνη της, αλλά πρέπει να συνδυαστεί με την αντικατάσταση των συμβατικών ηλεκτρομαγνητικών ballast των λαμπτήρων φθορισμού με νέα ηλεκτρονικά ballast έχει καλύτερα αποτελέσματα και είναι πιο ελκυστική ως επένδυση. Από την άλλη μεριά, η επένδυση αντικατάστασης των συμβατικών ηλεκτρομαγνητικών ballast των λαμπτήρων φθορισμού με νέα ηλεκτρονικά ballast είναι από μόνη της αρκετά αποδοτική, καθώς το κόστος της συγκεκριμένης επένδυσης αποσβένει σε μερικά χρόνια.

Η επένδυση θερμομόνωσης της αμόνωτης εξωτερικής τοιχοποιίας και η αντικατάσταση των απλών συμβατικών υαλοπινάκων με διπλούς υαλοπίνακες, φαίνεται να μην είναι καθόλου ελκυστικές και βιώσιμες. Όμως, οι επενδύσεις αυτές κρίνονται αναγκαίες από τους νόμους που ισχύουν αυτή τη στιγμή στη χώρα. Συγκεκριμένα, ο μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας του κτιρίου που υπολογίστηκε στο τέταρτο κεφάλαιο της παρούσας διπλωματικής εργασίας, είναι μεγαλύτερος από το άνω όριο που ισχύει για το εξεταζόμενο κτίριο. Ακόμα, σε λίγο καιρό προβλέπεται να επιβάλλεται η αντικατάσταση όλων των απλών μονών υαλοπινάκων σε όλα τα κτίρια, και η εφαρμογή αυτή θα ξεκινήσει πιθανότατα από τα κτίρια του τριτογενούς τομέα, στον οποίο ανήκει και το Κτίριο Ηλεκτρονικών Υπολογιστών.

Όσον αφορά τη Φ/Β εγκατάσταση, είναι φανερό ότι όσο αυξάνεται ο πληθωρισμός, τόσο λιγότερο αποδοτική γίνεται η συγκεκριμένη επένδυση, καθώς μειώνεται η τιμή πώλησης στη ΔΕΗ της παραγόμενης ηλιακής κιλοβατώρας. Πρέπει να επισημανθεί ότι, όπως αναφέρθηκε και πιο πριν, όλες οι επενδύσεις εξετάζονται με δεκαετή κύκλο ζωής. Όμως, κυρίως όσον αφορά το Φ/Β σύστημα, στην πράξη έχει εικοσαετές κύκλο ζωής, τόσο από την πλευρά εγγύησης της Φ/Β τεχνολογίας, όσο και από την πώληση της παραγόμενης από τα Φ/Β ηλεκτρικής ενέργειας. Επομένως, η Φ/Β επένδυση μελετήθηκε και αναλύθηκε σε εικοσαετές πλάνο. Από τη μελέτη αυτή, συμπεραίνεται ότι και με το χειρότερο σενάριο, δηλαδή την περίπτωση της υψηλότερης τιμής του πληθωρισμού, η επένδυση Φ/Β εγκατάστασης στο εξεταζόμενο κτίριο, είναι αρκετά αποδοτική. Παρ' όλο που το αρχικό κόστος της επένδυσης είναι ιδιαίτερα υψηλό, αποσβένει σε λίγα μόλις χρόνια. Ακόμα, οι τράπεζες πλέον προσφέρουν ελκυστικά δάνεια ειδικά για επενδύσεις Φ/Β εγκαταστάσεων.

Τέλος, αξίζει να επισημανθεί ότι στη χρηματοοικονομική ανάλυση που πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής, το ετήσιο κέρδος

θεωρήθηκε σταθερό, εκτός από την περίπτωση της Φ/Β εγκατάστασης, όπου ελήφθη υπ' όψιν η προσαύξηση λόγω του πληθωρισμού. Με άλλα λόγια, θεωρήθηκε σταθερή η τιμή αγοράς της ηλεκτρικής ενέργειας από τη ΔΕΗ και ίση με την τιμή που ισχύει στο τιμολόγιο Β2 της ΔΕΗ του έτους 2010. Στην πραγματικότητα, ήδη από τις αρχές του έτους 2011, τα τιμολόγια της ΔΕΗ θα αυξηθούν, μία αύξηση που σίγουρα επαναληφθεί μετά από μικρό χρονικό διάστημα. Επομένως, το ετήσιο κέρδος από την εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας στην πράξη δεν παραμένει σταθερό, αλλά συνεχώς αυξάνεται, με αποτέλεσμα να αυξάνεται η απόδοση της εκάστοτε επένδυσης.

## Κεφάλαιο 7: Συμπεράσματα και Προοπτικές

---



# 7: Συμπεράσματα και Προοπτικές

---

## 7.1 Συμπεράσματα

Η εκτενής ενεργειακή επιθεώρηση που πραγματοποιήθηκε στο Κτίριο Ηλεκτρονικών Υπολογιστών στην Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου οδηγεί στη διαμόρφωση του ενεργειακού προφίλ του κτιρίου. Το ενεργειακό αυτό προφίλ όμως είναι μονομερές, καθώς αφορά μόνο την ηλεκτρική ενέργεια. Δεν περιλαμβάνεται δηλαδή η κατανάλωση θερμικής ενέργειας, καθώς ήταν αδύνατη η συλλογή στοιχείων και πληροφοριών για την κατανάλωση του κτιρίου σε φυσικό αέριο, το οποίο χρησιμοποιείται για τη θέρμανση του κτιρίου μέσω λέβητα – καυστήρα.

Στο κτίριο βρέθηκαν χώροι όπου γίνεται αλόγιστη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας, όπως επίσης και χώροι οι οποίοι παραμένουν ως επί το πλείστον κλειστοί, οπότε δε συμβάλλουν στην ηλεκτρική κατανάλωση. Ακόμα, ο μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας του κτιρίου που υπολογίστηκε, είναι μεγαλύτερος από το ανώτατο επιτρεπτό όριο.

Η συντριπτική πλειοψηφία της κατανάλωσης της ηλεκτρικής ενέργειας γίνεται από τα σταθερά φορτία του κτιρίου, δηλαδή τα ηλεκτρικά φορτία που δεν εξαρτώνται από τις εκάστοτε κλιματικές συνθήκες. Τα πιο ενεργοβόρα ηλεκτρικά φορτία του κτιρίου αποτελούν με βεβαιότητα οι ηλεκτρονικοί υπολογιστές και οι servers του κτιρίου. Επισημαίνεται ότι στο Κτίριο Ηλεκτρονικών Υπολογιστών στεγάζεται ο κεντρικός υπολογιστής του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

Μεγάλο μερίδιο όμως στην πίτα της κατανάλωσης έχουν ο φωτισμός και η θέρμανση – ψύξη του κτιρίου, τα οποία αποτελούν μεταβλητά φορτία, δηλαδή εξαρτώνται από τις κλιματικές συνθήκες. Σε αυτά τα φορτία δόθηκε ιδιαίτερη σημασία, καθώς αποτελούν ελέγξιμα φορτία και πάνω σε αυτά προτάθηκαν ποικίλες προτάσεις εξοικονόμησης ενέργειας.

Όσον αφορά το φωτισμό, κατά τη διεξαγωγή της καταγραφής του ηλεκτρολογικού εξοπλισμού και των εξωτερικών κουφωμάτων του κτιρίου, διαπιστώθηκε ότι στους κοινόχρηστους χώρους των διαδρόμων, δε γίνεται ορθολογική χρήση της ηλεκτρικής

ενέργειας. Συγκεκριμένα, δεν αξιοποιείται ο φυσικός φωτισμός, που σε ορισμένα σημεία είναι παραπάνω από αρκετός, με αποτέλεσμα τα φωτιστικά σώματα να είναι αναμμένα και να καταναλώνουν ενέργεια, αλλά να μην συνεισφέρουν ουσιαστικά στο φωτισμό των χώρων.

## 7.2 Προοπτικές

Προτάθηκε η τοποθέτηση αισθητήρων φωτισμού σε αυτούς τους κοινόχρηστους χώρους, έτσι ώστε τα φωτιστικά σώματα να είναι αναμμένα μόνο όταν πραγματικά χρειάζεται.

Επιπλέον, η αντικατάσταση των ενεργοβόρων ηλεκτρομαγνητικών ballast των λαμπτήρων φθορισμού με τα νέα ηλεκτρονικά ballast, συμβάλλει στη μείωση της ισχύος λειτουργίας των λαμπτήρων. Με αυτόν τον τρόπο, εξοικονομείται ηλεκτρική ενέργεια.

Η θερμομόνωση της εξωτερικής αμόνωτης τοιχοποιίας και η αντικατάσταση των συμβατικών μονών υαλοπινάκων με απλούς διπλούς, έχουν σαν αποτέλεσμα τη μείωση των θερμικών απωλειών. Όμως, οι επενδύσεις αυτές δεν είναι οικονομικά αποδοτικές, καθώς έχουν μεγάλο αρχικό κόστος.

Το σύστημα B.E.M.S. είναι ένα ολοκληρωμένο ηλεκτρονικό σύστημα μέτρησης και καταγραφής της ηλεκτρικής ενέργειας σε ένα κτίριο. Με την εγκατάσταση ενός τέτοιου συστήματος στο εξεταζόμενο κτίριο, προκύπτουν ακριβή στοιχεία σχετικά με τις καταναλώσεις των διαφορετικών ηλεκτρικών φορτίων του, και ειδικά της κλιματιστικής μονάδας. Συμβάλλει με αυτόν τον τρόπο στην εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας από όλους τους τομείς του κτιρίου. Από τη τεχνικοοικονομική ανάλυση που πραγματοποιήθηκε, η επένδυση εγκατάστασης συστήματος B.E.M.S. κρίνεται ιδιαίτερα αποδοτική.

Επιπλέον, μελετήθηκε η επένδυση Φ/Β εγκατάστασης. Η Φ/Β εγκατάσταση μειώνει την ηλεκτρική ενέργεια που καταναλώνεται στο κτίριο. Παράγει ηλεκτρική ενέργεια η οποία πωλείται στη ΔΕΗ με τιμή πολλαπλάσια της τιμής αγοράς της κιλοβατώρας του καταναλωτή από τη ΔΕΗ. Συγκεκριμένα, όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή του πληθωρισμού, τόσο μικρότερη είναι η τιμή πώλησης της ηλιακής κιλοβατώρας. Οπότε, μειώνει έμμεσα την ηλεκτρική κατανάλωση του κτιρίου, καθώς τελικά ο καταναλωτής πληρώνει τη διαφορά των εσόδων από τα έξοδα.

Παράλληλα με τις επενδύσεις ενεργειακής βελτίωσης που προτάθηκαν και κάποιες από αυτές μελετήθηκαν χρηματοοικονομικά, αναφέρθηκαν ποικίλες δράσεις χαμηλού ή ακόμα και μηδαμινού κόστους, που συμβάλλουν και αυτές στην εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας. Αυτές οι δράσεις προτείνονται ανεπιφύλακτα.

Αξίζει να τονισθεί ότι στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εργασίας, δεν υπήρχαν επαρκή στοιχεία για να μελετηθεί το σύστημα θέρμανσης του κτιρίου με την καύση του φυσικού αερίου. Από τον ηλεκτρονικό αναλυτή καυσαερίων, διαπιστώθηκε ότι το σύστημα λέβητα – καυστήρα βρίσκεται σε ικανοποιητική κατάσταση λειτουργίας. Προτείνεται να συνεχιστεί η συντήρηση του λέβητα και των αγωγών σε τακτά χρονικά διαστήματα, για την αποφυγή τυχόν προβλημάτων. Επιπλέον, συνίσταται να τοποθετηθεί μετρητής φυσικού αερίου, έτσι ώστε να υπάρχουν στοιχεία για την κατανάλωσή του, και να προταθούν κατάλληλες δράσεις εξοικονόμησης.

Τέλος, συστήνεται να γίνει άμεση επανεξέταση και περαιτέρω έλεγχος σε ορισμένα σημεία του κτιριακού κελύφους, στα θερμογραφήματα των οποίων εντοπίστηκε σημαντικό πρόβλημα.

Συνοψίζοντας, η ενεργειακή επιθεώρηση στο Κτίριο Ηλεκτρονικών Υπολογιστών στην Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου έδειξε ότι το κτίριο χρήζει ενεργειακής βελτίωσης. Υπάρχουν ποικίλες δράσεις εξοικονόμησης ηλεκτρικής ενέργειας, οι οποίες προτείνεται και μπορούν να εφαρμοστούν άμεσα. Με αυτούς τους τρόπους, το ενεργειακό προφίλ του εξεταζόμενου κτιρίου θα συμβαδίζει με τα διεθνή πρότυπα.





## Παράρτημα Πινάκων

---



Πίνακας 1: Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για φωτισμό στο ισόγειο του κτιρίου

ΧΩΡΟΣ	ΠΛΗΘΟΣ ΦΩΤΙΣΤΙΚΩΝ ΣΩΜΑΤΩΝ	ΙΣΧΥΣ 1 ΦΩΤΙΣΤΙΚΟΥ ΣΩΜΑΤΟΣ (W)	ΩΡΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ/ΜΕΡΑ: ΧΕΙΜΩΝΑΣ	ΩΡΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ/ΜΕΡΑ: ΚΑΛΟΚΑΙΡΙ	kWh/ΧΡΟΝΟ
ΠΟΥΝΤΟΥΡΑΚΗΣ	15	4X18 (ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ)	3	1	708,75
ΔΙΑΔΡΟΜΟΣ 1	22	36 (ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ)	12	11	2661,12
PC LAB ΗΜΜΥ ΔΕΞΙΑ	12	20 (ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ)	7	3	384,30
PC LAB ΗΜΜΥ ΑΡΙΣΤΕΡΑ	12	20 (ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ)	7	3	384,30
ΜΙΚΡΟ PC LAB	16	36 (ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ)	6	4	695,52
	3	18 (ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ)	6	4	65,21
ΜΕΓΑΛΟ PC LAB	15	36 (ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ)	12	12	1871,10
	3	18 (ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ)	12	12	187,11
ΔΙΑΔΡΟΜΟΣ 2	5	36 (ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ)	12	12	623,70
	5	15 (ΠΥΡΑΚΤΩΣΕΩΣ)	3	1	49,22
ΓΡΑΜΜΑΤΕΙΑ ΚΕΝΤΡΟΥ Η/Υ	7	36 (ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ)	6	4	383,67
ΓΡΑΦΕΙΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΤΩΝ	7	36 (ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ)	6	4	383,67
ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΚΕΝΤΡΟΥ Η/Υ	7	36 (ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ)	6	4	383,67
ΓΡΑΦΕΙΟ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ, ΧΩΡΟΣ ΚΕΝΤΡΙΚΟΥ Η/Υ ΚΑΙ UPS ΚΕΝΤΡΟΥ	50	36 (ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ)	6	4	2740,50
ΧΩΡΟΣ ΧΕΙΡΙΣΤΩΝ	5	36 (ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ)	9	5	392,18
	1	36 (ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ)	9	5	39,22
ΑΝΔΡΙΚΗ ΤΟΥΑΛΕΤΑ	1	36 (ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ)	6	6	62,37
	2	18 (ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ)	6	6	62,37
ΓΥΝΑΙΚΕΙΑ ΤΟΥΑΛΕΤΑ	1	36 (ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ)	6	6	62,37

Πίνακας 2: Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για φωτισμό στον ημιόροφο του κτιρίου

ΧΩΡΟΣ	ΠΛΗΘΟΣ ΦΩΤΙΣΤΙΚΩΝ ΣΩΜΑΤΩΝ	ΙΣΧΥΣ 1 ΦΩΤΙΣΤΙΚΟΥ ΣΩΜΑΤΟΣ (W)	ΩΡΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ/ΜΕΡΑ: ΧΕΙΜΩΝΑΣ	ΩΡΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ/ΜΕΡΑ: ΚΑΛΟΚΑΙΡΙ	kWh/ΧΡΟΝΟ
ΑΜΦΙΘΕΑΤΡΟ	17	36 (ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ)	4	4	706,86
	2	18 (ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ)	4	4	41,58
	6	16 (ΠΥΡΑΚΤΩΣΕΩΣ)	4	4	110,88
ΑΝΔΡΙΚΗ ΤΟΥΑΛΕΤΑ	4	36 (ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ)	10	5	340,20
	5	15 (ΠΥΡΑΚΤΩΣΕΩΣ)	8	5	149,63
ΓΥΝΑΙΚΕΙΑ ΤΟΥΑΛΕΤΑ	4	36 (ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ)	10	5	340,20
	5	15 (ΠΥΡΑΚΤΩΣΕΩΣ)	8	5	149,63

Πίνακας 3: Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για φωτισμό στον πρώτο όροφο του κτιρίου (α' μέρος)

ΧΩΡΟΣ	ΠΛΗΘΟΣ ΦΩΤΙΣΤΙΚΩΝ ΣΩΜΑΤΩΝ	ΙΣΧΥΣ 1 ΦΩΤΙΣΤΙΚΟΥ ΣΩΜΑΤΟΣ (W)	ΩΡΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ/ΜΕΡΑ: ΧΕΙΜΩΝΑΣ	ΩΡΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ/ΜΕΡΑ: ΚΑΛΟΚΑΙΡΙ	kWh/ΧΡΟΝΟ
ΔΙΑΔΡΟΜΟΣ 1	61	36 (ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ)	12	9,5	7032,69
	2	18 (ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ)	12	10	117,18
	2	20 (ΠΥΡΑΚΤΩΣΕΩΣ)	8	6	84,00
ΓΡΑΦΕΙΟ 105	16	4X18 (ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ)	8	5	2298,24
ΓΡΑΦΕΙΟ 106	16	4X18 (ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ)	8	5	2298,24

Πίνακας 4: Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για φωτισμό στον πρώτο όροφο του κτιρίου (β' μέρος)

ΧΩΡΟΣ	ΠΛΗΘΟΣ ΦΩΤΙΣΤΙΚΩΝ ΣΩΜΑΤΩΝ	ΙΣΧΥΣ 1 ΦΩΤΙΣΤΙΚΟΥ ΣΩΜΑΤΟΣ (W)	ΩΡΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ/ΜΕΡΑ: ΧΕΙΜΩΝΑΣ	ΩΡΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ/ΜΕΡΑ: ΚΑΛΟΚΑΙΡΙ	kWh/ΧΡΟΝΟ
PC LAB	50	36 (ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ)	2	2	1039,50
	30	18 (ΠΥΡΑΚΤΩΣΕΩΣ)	2	2	311,85
ΔΙΑΔΡΟΜΟΣ 2	1	36 (ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ)	12	12	124,74
	4	15 (ΠΥΡΑΚΤΩΣΕΩΣ)	4	1	50,40
ΓΡΑΦΕΙΟ 110	6	36 (ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ)	7	3	345,87
ΓΡΑΦΕΙΟ 111	-	-	-	-	0,00
ΓΡΑΦΕΙΟ 113	-	-	-	-	0,00
ΓΡΑΦΕΙΟ 114	3	36 (ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ)	7	3	172,94
ΓΡΑΦΕΙΟ 115	4	36 (ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ)	7	3	230,58
ΓΡΑΦΕΙΟ 116	4	36 (ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ)	7	3	230,58
ΧΩΡΟΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΤΩΝ	4	36 (ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ)	4	2	136,08
ΔΙΑΔΡΟΜΟΣ 3	6	36 (ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ)	12	12	748,44
	1	20 (ΠΥΡΑΚΤΩΣΕΩΣ)	6	3	28,35
ΑΝΔΡΙΚΗ ΤΟΥΑΛΕΤΑ	1	36 (ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ)	6	6	62,37
	2	18 (ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ)	6	6	62,37
ΓΥΝΑΙΚΕΙΑ ΤΟΥΑΛΕΤΑ	1	36 (ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ)	6	6	62,37
	2	18 (ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ)	6	6	62,37
ΚΛΙΜΑΤΙΣΤΙΚΗ ΜΟΝΑΔΑ	11	36 (ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ)	8	8	914,76
	4	18 (ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ)	8	8	166,32
	19	25 (ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ)	9	8	1184,53

Πίνακας 5: Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για φωτισμό στο δεύτερο όροφο του κτιρίου

ΧΩΡΟΣ	ΠΛΗΘΟΣ ΦΩΤΙΣΤΙΚΩΝ ΣΩΜΑΤΩΝ	ΙΣΧΥΣ 1 ΦΩΤΙΣΤΙΚΟΥ ΣΩΜΑΤΟΣ (W)	ΩΡΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ/ΜΕΡΑ: ΧΕΙΜΩΝΑΣ	ΩΡΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ/ΜΕΡΑ: ΚΑΛΟΚΑΙΡΙ	kWh/ΧΡΟΝΟ
ΔΙΑΔΡΟΜΟΣ 1	3	36 (ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ)	12	12	272,16
ΔΙΑΔΡΟΜΟΣ 2	3	36 (ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ)	12	12	272,16
	3	16 (ΠΥΡΑΚΤΩΣΕΩΣ)	7	3	50,40
ΓΡΑΦΕΙΑ 201-202	6	36 (ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ)	8	4	272,16
ΓΡΑΦΕΙΟ 203	4	36 (ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ)	6	2	120,96
ΓΡΑΦΕΙΟ 204	6	36 (ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ)	8	6	317,52
ΓΡΑΦΕΙΟ 205	4	36 (ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ)	6	4	151,20
ΓΡΑΦΕΙΟ 206	4	36 (ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ)	7	4	166,32
ΓΡΑΦΕΙΟ 207	-	-	-	-	0,00
ΑΝΔΡΙΚΗ ΤΟΥΑΛΕΤΑ	1	36 (ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ)	6	6	62,37
	2	18 (ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ)	6	6	62,37
ΓΥΝΑΙΚΕΙΑ ΤΟΥΑΛΕΤΑ	1	36 (ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ)	6	6	62,37
	2	18 (ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ)	6	6	62,37

Πίνακας 6: Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για φωτισμό στους κοινόχρηστους χώρους του κτιρίου

ΧΩΡΟΣ	ΠΛΗΘΟΣ ΦΩΤΙΣΤΙΚΩΝ ΣΩΜΑΤΩΝ	ΙΣΧΥΣ 1 ΦΩΤΙΣΤΙΚΟΥ ΣΩΜΑΤΟΣ (W)	ΩΡΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ/ΜΕΡΑ: ΧΕΙΜΩΝΑΣ	ΩΡΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ/ΜΕΡΑ: ΚΑΛΟΚΑΙΡΙ	kWh/ΧΡΟΝΟ
ΣΚΑΛΕΣ	4	36 (ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ)	12	12	498,96
ΕΞΩΤΕΡΙΚΟΣ ΧΩΡΟΣ	3	240 (ΠΥΡΑΚΤΩΣΕΩΣ)	16	13	4528,80

Πίνακας 7: Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για ηλεκτρικές συσκευές στο ισόγειο του κτιρίου

ΧΩΡΟΣ	ΕΙΔΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ	ΠΛΗΘΟΣ	ΙΣΧΥΣ (W)	ΩΡΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ/ ΒΔΟΜΑΔΑ	kWh/ΧΡΟΝΟ
ΠΟΥΝΤΟΥΡΑΚΗΣ	θερμαντικό Singer, user No: 004370	1	1000	3	84,00
ΔΙΑΔΡΟΜΟΣ 1	-	-	-	-	0,00
PC LAB ΗΜΜΥ ΔΕΞΙΑ	προτζέκτορας	1	200	2	18,40
	πολυμηχάνημα HP Laserjet H2727 nf MFP	2	50	3	17,76
PC LAB ΗΜΜΥ ΑΡΙΣΤΕΡΑ	-	-	-	-	0,00
ΜΙΚΡΟ PC LAB	-	-	-	-	0,00
ΜΕΓΑΛΟ PC LAB	προτζέκτορας	2	200	3	55,20
ΔΙΑΔΡΟΜΟΣ 2	-	-	-	-	0,00
ΓΡΑΜΜΑΤΕΙΑ ΚΕΝΤΡΟΥ Η/Υ	μικρό ψυγείο	1	120	168	1048,32
ΓΡΑΦΕΙΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΤΩΝ	μικρό ψυγείο	1	120	168	1048,32
ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΚΕΝΤΡΟΥ Η/Υ	εκτυπωτής	1	40	2	5,34
ΓΡΑΦΕΙΟ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ, ΧΩΡΟΣ ΚΕΝΤΡΙΚΟΥ Η/Υ ΚΑΙ UPS ΚΕΝΤΡΟΥ					
ΧΩΡΟΣ ΧΕΙΡΙΣΤΩΝ	εκτυπωτής	2	40	2	10,68
	μικρό ψυγείο	1	120	168	1048,32
ΑΝΔΡΙΚΗ ΤΟΥΑΛΕΤΑ	-	-	-	-	0,00
ΓΥΝΑΙΚΕΙΑ ΤΟΥΑΛΕΤΑ	-	-	-	-	0,00
ΑΜΦΙΘΕΑΤΡΟ	προτζέκτορας	1	200	2	18,40
ΑΝΔΡΙΚΗ ΤΟΥΑΛΕΤΑ	Lev House καθαρισμού	1	-	-	0,00
ΓΥΝΑΙΚΕΙΑ ΤΟΥΑΛΕΤΑ	Lev House καθαρισμού	1	-	-	0,00



Πίνακας 8: Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για ηλεκτρικές συσκευές στον πρώτο όροφο του κτιρίου

ΧΩΡΟΣ	ΕΙΔΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ	ΠΛΗΘΟΣ	ΙΣΧΥΣ (W)	ΩΡΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ/ ΒΔΟΜΑΔΑ	kWh/ΧΡΟΝΟ
ΔΙΑΔΡΟΜΟΣ 1	-	-	-	-	0,00
ΓΡΑΦΕΙΟ 105	μικρό ψυγείο	1	120	168	1048,32
ΓΡΑΦΕΙΟ 106	μικρό ψυγείο	1	120	168	1048,32
PC LAB	προτζέκτορας	2	250	2	46,00
ΔΙΑΔΡΟΜΟΣ 2	-	-	-	-	0,00
ΓΡΑΦΕΙΟ 110	εκτυπωτής	3	40	2	16,02
ΓΡΑΦΕΙΟ 111	-	-	-	-	0,00
ΓΡΑΦΕΙΟ 113	-	-	-	-	0,00
ΓΡΑΦΕΙΟ 114	-	-	-	-	0,00
ΓΡΑΦΕΙΟ 115	μικρό ψυγείο	1	120	168	1048,32
	εκτυπωτής	1	40	2	5,34
ΓΡΑΦΕΙΟ 116	εκτυπωτής	1	40	2	5,34
ΧΩΡΟΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΤΩΝ	-	-	-	-	0,00
ΔΙΑΔΡΟΜΟΣ 3	-	-	-	-	0,00
ΑΝΔΡΙΚΗ ΤΟΥΑΛΕΤΑ	-	-	-	-	0,00
ΓΥΝΑΙΚΕΙΑ ΤΟΥΑΛΕΤΑ	-	-	-	-	0,00
ΚΛΙΜΑΤΙΣΤΙΚΗ ΜΟΝΑΔΑ	φούρνος μικροκυμάτων	1	650	3	89,70
	μικρό ψυγείο	1	120	168	1048,32
	προτζέκτορας	1	250	3	34,50

Πίνακας 9: Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για κλιματιστικά σώματα (air conditioning) στο ισόγειο του κτιρίου

ΧΩΡΟΣ	ΕΙΔΟΣ A/C	ΠΛΗΘΟΣ	ΙΣΧΥΣ (kW)	ΩΡΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ/ ΜΕΡΑ	kWh/ΧΡΟΝΟ
ΠΟΥΝΤΟΥΡΑΚΗΣ	Carrier Alegro	1	3,3	1,5	415,8
ΔΙΑΔΡΟΜΟΣ 1	-	-	-	-	0,0
PC LAB ΗΜΜΥ ΔΕΞΙΑ	Excel	2	3	2	1008,0
PC LAB ΗΜΜΥ ΑΡΙΣΤΕΡΑ	Excel	2	3	2	1008,0
ΜΙΚΡΟ PC LAB	-	-	-	-	0,0
ΜΕΓΑΛΟ PC LAB	-	-	-	-	0,0
ΔΙΑΔΡΟΜΟΣ 2	-	-	-	-	0,0
ΓΡΑΜΜΑΤΕΙΑ ΚΕΝΤΡΟΥ Η/Υ	Carrier Alegro	1	3,3	1,5	415,8
ΓΡΑΦΕΙΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΤΩΝ	Carrier Alegro	1	3,3	1,5	415,8
ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΚΕΝΤΡΟΥ Η/Υ	Daewoo	1	2,8	1,5	352,8
ΓΡΑΦΕΙΟ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ, ΧΩΡΟΣ ΚΕΝΤΡΙΚΟΥ Η/Υ ΚΑΙ UPS ΚΕΝΤΡΟΥ	Panasonic	1	17	5	7140,0
ΧΩΡΟΣ ΧΕΙΡΙΣΤΩΝ	JVG	1	3,1	5	1302,0
ΑΝΔΡΙΚΗ ΤΟΥΑΛΕΤΑ	-	-	-	-	0,0
ΓΥΝΑΙΚΕΙΑ ΤΟΥΑΛΕΤΑ	-	-	-	-	0,0
ΑΜΦΙΘΕΑΤΡΟ	-	-	-	-	0,0
ΑΝΔΡΙΚΗ ΤΟΥΑΛΕΤΑ ΗΜΙΟΡΟΦΟΥ	-	-	-	-	0,0
ΓΥΝΑΙΚΕΙΑ ΤΟΥΑΛΕΤΑ ΗΜΙΟΡΟΦΟΥ	-	-	-	-	0,0

Πίνακας 10: Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για κλιματιστικά σώματα (air conditioning) στον πρώτο όροφο του κτιρίου

ΧΩΡΟΣ	ΕΙΔΟΣ A/C	ΠΛΗΘΟΣ	ΙΣΧΥΣ (kW)	ΩΡΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ/ ΜΕΡΑ	kWh/ΧΡΟΝΟ
ΔΙΑΔΡΟΜΟΣ 1	-	-	-	-	0
ΓΡΑΦΕΙΟ 105	-	-	-	-	0
ΓΡΑΦΕΙΟ 106	-	-	-	-	0
PC LAB	-	-	-	-	0
ΔΙΑΔΡΟΜΟΣ 2	-	-	-	-	0
ΓΡΑΦΕΙΟ 110	Interklima	2	3,6	1,5	907,2
	Daikin	1	4	1,5	504
ΓΡΑΦΕΙΟ 111	-	-	-	-	0
ΓΡΑΦΕΙΟ 113	Carrier Puron	1	2,89	1,5	364,14
ΓΡΑΦΕΙΟ 114	-	-	-	-	0
ΓΡΑΦΕΙΟ 115	Carrier	1	3,3	1,5	415,8
ΓΡΑΦΕΙΟ 116	Carrier	1	3,3	1,5	415,8
ΧΩΡΟΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΤΩΝ	-	-	-	-	0
ΔΙΑΔΡΟΜΟΣ 3	-	-	-	-	0
ΑΝΔΡΙΚΗ ΤΟΥΑΛΕΤΑ	-	-	-	-	0
ΓΥΝΑΙΚΕΙΑ ΤΟΥΑΛΕΤΑ	-	-	-	-	0
ΚΛΙΜΑΤΙΣΤΙΚΗ ΜΟΝΑΔΑ	Interklima	1	4,5	2	756
	Carrier	1	3,3	2	554,4

Πίνακας 11: Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για κλιματιστικά σώματα (air conditioning) στο δεύτερο όροφο του κτιρίου

ΧΩΡΟΣ	ΕΙΔΟΣ A/C	ΠΛΗΘΟΣ	ΙΣΧΥΣ (kW)	ΩΡΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ/ ΜΕΡΑ	kWh/ΧΡΟΝΟ
ΔΙΑΔΡΟΜΟΣ 1	-	-	-	-	0
ΔΙΑΔΡΟΜΟΣ 2	-	-	-	-	0
ΓΡΑΦΕΙΑ 201-202	Carrier	3	3,3	1,5	1247,4
	Daikin	1	4	1,5	504
ΓΡΑΦΕΙΟ 203	Interklima	1	3,5	1,5	441
ΓΡΑΦΕΙΟ 204	Carrier	1	3,3	1,5	415,8
ΓΡΑΦΕΙΟ 205	Carrier	1	3,3	1,5	415,8
ΓΡΑΦΕΙΟ 206	-	-	-	-	0
ΓΡΑΦΕΙΟ 207	Carrier	1	3,3	1,5	415,8
ΑΝΔΡΙΚΗ ΤΟΥΑΛΕΤΑ	-	-	-	-	0
ΓΥΝΑΙΚΕΙΑ ΤΟΥΑΛΕΤΑ	-	-	-	-	0

Πίνακας 12: Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για σώματα fan coils (CFM) στο ισόγειο του κτιρίου

ΕΙΔΟΣ	ΙΣΧΥΣ (W)	ΠΛΗΘΟΣ	kWh/ΧΡΟΝΟ
200	12	4	140,16
300	16	11	513,92
400	22	12	770,88
600	30	5	438,00

Πίνακας 13: Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για σώματα fan coils (CFM) στον πρώτο όροφο του κτιρίου

ΕΙΔΟΣ	ΙΣΧΥΣ (W)	ΠΛΗΘΟΣ	kWh/ΧΡΟΝΟ
200	12	24	840,96
300	16	4	186,88
400	22	2	128,48
600	30	2	175,20

Πίνακας 14: Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για σώματα fan coils (CFM) στο δεύτερο όροφο του κτιρίου

ΕΙΔΟΣ	ΙΣΧΥΣ (W)	ΠΛΗΘΟΣ	kWh/ΧΡΟΝΟ
200	12	20	700,8

Πίνακας 15: Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για ηλεκτρονικούς υπολογιστές στο ισόγειο του κτιρίου

<b>ΧΩΡΟΣ</b>	<b>ΠΛΗΘΟΣ PC</b>	<b>ΩΡΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ/ ΜΕΡΑ</b>	<b>kWh/ΧΡΟΝΟ</b>
ΠΟΥΝΤΟΥΡΑΚΗΣ	2	5	577,5
ΔΙΑΔΡΟΜΟΣ 1	-	-	0
PC LAB ΗΜΜΥ ΔΕΞΙΑ	6	8	4845,6
PC LAB ΗΜΜΥ ΑΡΙΣΤΕΡΑ	6	8	4845,6
ΜΙΚΡΟ PC LAB	14	6	10012,8
ΜΕΓΑΛΟ PC LAB	31	11	29332,2
ΔΙΑΔΡΟΜΟΣ 2	-	-	0
ΓΡΑΜΜΑΤΕΙΑ ΚΕΝΤΡΟΥ Η/Υ	2	6	693
ΓΡΑΦΕΙΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΤΩΝ	3	6	1039,5
ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΚΕΝΤΡΟΥ Η/Υ	2	5	577,5
ΓΡΑΦΕΙΟ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ, ΧΩΡΟΣ ΚΕΝΤΡΙΚΟΥ Η/Υ ΚΑΙ UPS ΚΕΝΤΡΟΥ	3	6	1039,5
ΧΩΡΟΣ ΧΕΙΡΙΣΤΩΝ	2	12	1386,0
ΑΝΔΡΙΚΗ ΤΟΥΑΛΕΤΑ	-	-	0
ΓΥΝΑΙΚΕΙΑ ΤΟΥΑΛΕΤΑ	-	-	0
ΑΜΦΙΘΕΑΤΡΟ	-	-	0
ΑΝΔΡΙΚΗ ΤΟΥΑΛΕΤΑ ΗΜΙΟΡΟΦΟΥ	-	-	0
ΓΥΝΑΙΚΕΙΑ ΤΟΥΑΛΕΤΑ ΗΜΙΟΡΟΦΟΥ	-	-	0

Πίνακας 16: Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για ηλεκτρονικούς υπολογιστές στον πρώτο όροφο του κτιρίου

<b>ΧΩΡΟΣ</b>	<b>ΠΛΗΘΟΣ PC</b>	<b>ΩΡΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ/ ΜΕΡΑ</b>	<b>kWh/ΧΡΟΝΟ</b>
ΔΙΑΔΡΟΜΟΣ 1	-	-	0
ΓΡΑΦΕΙΟ 105	6	7	2425,5
ΓΡΑΦΕΙΟ 106	6	7	2425,5
PC LAB	61	3	25363,8
ΔΙΑΔΡΟΜΟΣ 2	-	-	0
ΓΡΑΦΕΙΟ 110	4	7	1617,0
ΓΡΑΦΕΙΟ 111			0
ΓΡΑΦΕΙΟ 113			0
ΓΡΑΦΕΙΟ 114	4	5	1155,0
ΓΡΑΦΕΙΟ 115	4	7	1617,0
ΓΡΑΦΕΙΟ 116	4	7	1617,0
ΧΩΡΟΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΤΩΝ			0
ΔΙΑΔΡΟΜΟΣ 3	-	-	0
ΑΝΔΡΙΚΗ ΤΟΥΑΛΕΤΑ	-	-	0
ΓΥΝΑΙΚΕΙΑ ΤΟΥΑΛΕΤΑ	-	-	0
ΚΛΙΜΑΤΙΣΤΙΚΗ ΜΟΝΑΔΑ	8	7	3234,0

Πίνακας 17: Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για ηλεκτρονικούς υπολογιστές στο δεύτερο όροφο του κτιρίου

<b>ΧΩΡΟΣ</b>	<b>ΠΛΗΘΟΣ PC</b>	<b>ΩΡΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ/ ΜΕΡΑ</b>	<b>kWh/ΧΡΟΝΟ</b>
ΔΙΑΔΡΟΜΟΣ 1	-	-	0
ΔΙΑΔΡΟΜΟΣ 2	-	-	0
ΓΡΑΦΕΙΑ 201-202	4	6	1868,40
ΓΡΑΦΕΙΟ 203	3	5	1248,15
ΓΡΑΦΕΙΟ 204	4	6	1868,40
ΓΡΑΦΕΙΟ 205	3	6	1401,30
ΓΡΑΦΕΙΟ 206	3	6	1401,30
ΓΡΑΦΕΙΟ 207	-	-	0
ΑΝΔΡΙΚΗ ΤΟΥΑΛΕΤΑ	-	-	0
ΓΥΝΑΙΚΕΙΑ ΤΟΥΑΛΕΤΑ	-	-	0

Πίνακας 18: Καταγραφή εξωτερικών κουφωμάτων στο ισόγειο του κτιρίου (α' μέρος)

ΧΩΡΟΣ	ΕΙΔΟΣ ΚΟΥΦΩΜΑΤΟΣ	ΥΛΙΚΟ	ΣΧΗΜΑ	ΠΛΗΘΟΣ	ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ (m)	ΕΜΒΑΔΟ (m <sup>2</sup> )
ΠΟΥΝΤΟΥΡΑΚΗΣ	ΠΑΡΑΘΥΡΟ	ΑΠΛΟ ΜΟΝΟ ΓΥΑΛΙ	ΟΡΘΩΓΟΝΙΟ	1	$\beta=3,5$ $\upsilon=2,7$	9,45
ΔΙΑΔΡΟΜΟΣ 1	ΠΑΡΑΘΥΡΟ	ΑΠΛΟ ΔΙΠΛΟ ΓΥΑΛΙ	ΟΡΘΩΓΟΝΙΟ	1	$\beta=0,7$ $\upsilon=1$	0,70
	ΠΑΡΑΘΥΡΟ	ΑΠΛΟ ΔΙΠΛΟ ΓΥΑΛΙ	ΟΡΘΩΓΟΝΙΟ	1	$\beta=0,8$ $\upsilon=0,8$	0,64
	ΘΥΡΑ	ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ ΑΝΑΔΥΟΜΕΝΟ ΣΚΟΥΡΟ	ΟΡΘΩΓΟΝΙΟ	1	$\beta=1,1$ $\upsilon=2,5$	1,41
	ΠΑΡΑΘΥΡΟ	ΑΠΛΟ ΜΟΝΟ ΓΥΑΛΙ	ΟΡΘΩΓΟΝΙΟ	1	$\beta=4$ $\upsilon=4$	16,00
	ΠΑΡΑΘΥΡΟ	ΑΠΛΟ ΜΟΝΟ ΓΥΑΛΙ	ΟΡΘΩΓΟΝΙΟ	1	$\beta=2,3$ $\upsilon=2,5$	5,75
	ΚΟΥΦΩΜΑ	ΣΙΔΗΡΟΣ				3,05
	ΠΑΡΑΘΥΡΟ	ΑΠΛΟ ΜΟΝΟ ΓΥΑΛΙ	ΟΡΘΩΓΟΝΙΟ	17	$\beta=0,5$ $\upsilon=1$	8,50
	ΠΑΡΑΘΥΡΟ	ΑΠΛΟ ΜΟΝΟ ΓΥΑΛΙ	ΟΡΘΩΓΟΝΙΟ	2	$\beta=0,5$ $\upsilon=1$	1,00
	ΠΑΡΑΘΥΡΟ	ΑΠΛΟ ΜΟΝΟ ΓΥΑΛΙ	ΟΡΘΩΓΟΝΙΟ	2	$\beta=0,5$ $\upsilon=1,5$	1,50
	ΘΥΡΑ	ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ ΑΝΑΔΥΟΜΕΝΟ ΣΚΟΥΡΟ	ΟΡΘΩΓΟΝΙΟ	2	$\beta=0,6$ $\upsilon=2,5$	0,50
	ΠΑΡΑΘΥΡΟ	ΑΠΛΟ ΜΟΝΟ ΓΥΑΛΙ	ΚΥΚΛΟΣ	4	$\delta=1,4$	6,16
	ΘΥΡΑ	ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ ΑΝΑΔΥΟΜΕΝΟ ΣΚΟΥΡΟ	ΟΡΘΩΓΟΝΙΟ	2	$\beta=1,4$ $\upsilon=4$	5,04
	PC LAB HMMY	ΠΑΡΑΘΥΡΟ	ΑΠΛΟ ΜΟΝΟ ΓΥΑΛΙ	ΟΡΘΩΓΟΝΙΟ	4	$\beta=1,1$ $\upsilon=1,1$
ΔΕΞΙΑ	ΚΟΥΦΩΜΑ	ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ ΑΝΑΔΥΟΜΕΝΟ ΣΚΟΥΡΟ	ΟΡΘΩΓΟΝΙΟ	1	$\beta=4,8$ $\upsilon=1,2$	0,92
PC LAB HMMY	ΠΑΡΑΘΥΡΟ	ΑΠΛΟ ΜΟΝΟ ΓΥΑΛΙ	ΟΡΘΩΓΟΝΙΟ	4	$\beta=1,1$ $\upsilon=1,1$	4,84
ΑΡΙΣΤΕΡΑ	ΚΟΥΦΩΜΑ	ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ ΑΝΑΔΥΟΜΕΝΟ ΣΚΟΥΡΟ	ΟΡΘΩΓΟΝΙΟ	1	$\beta=4,8$ $\upsilon=1,2$	0,92



Πίνακας 19: Καταγραφή εξωτερικών κουφωμάτων στο ισόγειο του κτιρίου (β' μέρος)

ΧΩΡΟΣ	ΕΙΔΟΣ ΚΟΥΦΩΜΑΤΟΣ	ΥΛΙΚΟ	ΣΧΗΜΑ	ΠΛΗΘΟΣ	ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ (m)	ΕΜΒΑΔΟ (m <sup>2</sup> )
ΜΙΚΡΟ PC LAB	-	-	-	-	-	0,00
ΜΕΓΑΛΟ PC LAB	-	-	-	-	-	0,00
ΔΙΑΔΡΟΜΟΣ 2	ΠΑΡΑΘΥΡΟ	ΑΠΛΟ ΜΟΝΟ ΓΥΑΛΙ	ΟΡΘΩΓΟΝΙΟ	2	$\beta=1,2$ $\upsilon=0,5$	1,20
	ΠΑΡΑΘΥΡΟ	ΑΠΛΟ ΜΟΝΟ ΓΥΑΛΙ	ΟΡΘΩΓΟΝΙΟ	3	$\beta=0,75$ $\upsilon=0,5$	1,13
	ΘΥΡΑ	ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ ΑΝΑΔΥΟΜΕΝΟ ΣΚΟΥΡΟ	ΟΡΘΩΓΟΝΙΟ	2	$\beta=1,4$ $\upsilon=4$	9,25
	ΠΑΡΑΘΥΡΟ	ΑΠΛΟ ΜΟΝΟ ΓΥΑΛΙ	ΚΥΚΛΟΣ	1	$\delta=0,4$	0,13
	ΘΥΡΑ	ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ ΑΝΑΔΥΟΜΕΝΟ ΣΚΟΥΡΟ	ΟΡΘΩΓΟΝΙΟ	1	$\beta=1,4$ $\upsilon=4$	5,10
ΓΡΑΜΜΑΤΕΙΑ ΚΕΝΤΡΟΥ Η/Υ	ΠΑΡΑΘΥΡΟ	ΑΠΛΟ ΜΟΝΟ ΓΥΑΛΙ	ΟΡΘΩΓΟΝΙΟ	2	$\beta=1$ $\upsilon=0,75$	1,50
	ΠΑΡΑΘΥΡΟ	ΑΠΛΟ ΜΟΝΟ ΓΥΑΛΙ	ΟΡΘΩΓΟΝΙΟ	2	$\beta=1,5$ $\upsilon=1,5$	4,50
	ΠΑΡΑΘΥΡΟ	ΑΠΛΟ ΜΟΝΟ ΓΥΑΛΙ	ΟΡΘΩΓΟΝΙΟ	6	$\beta=1,5$ $\upsilon=0,8$	7,20
	ΚΟΥΦΩΜΑ	ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ ΑΝΑΔΥΟΜΕΝΟ ΣΚΟΥΡΟ	ΟΡΘΩΓΟΝΙΟ	1		1,60
	ΠΑΡΑΘΥΡΟ	ΑΠΛΟ ΜΟΝΟ ΓΥΑΛΙ	ΟΡΘΩΓΟΝΙΟ	1	$\beta=0,9$ $\upsilon=1$	0,90
	ΠΑΡΑΘΥΡΟ	ΑΠΛΟ ΜΟΝΟ ΓΥΑΛΙ	ΟΡΘΩΓΟΝΙΟ	1	$\beta=1$ $\upsilon=0,5$	0,50
	ΘΥΡΑ	ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ ΑΝΑΔΥΟΜΕΝΟ ΣΚΟΥΡΟ		1		2,56
ΓΡΑΦΕΙΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΤΩΝ	ΠΑΡΑΘΥΡΟ	ΑΠΛΟ ΜΟΝΟ ΓΥΑΛΙ	ΟΡΘΩΓΟΝΙΟ	6	$\beta=1,1$ $\upsilon=0,55$	3,63
	ΠΑΡΑΘΥΡΟ	ΑΠΛΟ ΜΟΝΟ ΓΥΑΛΙ	ΟΡΘΩΓΟΝΙΟ	2	$\beta=1$ $\upsilon=1,65$	3,30
	ΚΟΥΦΩΜΑ	ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ ΑΝΑΔΥΟΜΕΝΟ ΣΚΟΥΡΟ				1,41

Πίνακας 20: Καταγραφή εξωτερικών κουφωμάτων στο ισόγειο του κτιρίου (γ' μέρος)

ΧΩΡΟΣ	ΕΙΔΟΣ ΚΟΥΦΩΜΑΤΟΣ	ΥΛΙΚΟ	ΣΧΗΜΑ	ΠΛΗΘΟΣ	ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ (m)	ΕΜΒΑΔΟ (m <sup>2</sup> )
ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΚΕΝΤΡΟΥ Η/Υ	ΠΑΡΑΘΥΡΟ	ΑΠΛΟ ΜΟΝΟ ΓΥΑΛΙ	ΟΡΘΩΓΟΝΙΟ	6	β=1,1, υ=0,55	3,63
	ΠΑΡΑΘΥΡΟ	ΑΠΛΟ ΜΟΝΟ ΓΥΑΛΙ	ΟΡΘΩΓΟΝΙΟ	2	β=1, υ=1,65	3,30
	ΚΟΥΦΩΜΑ	ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ ΑΝΑΔΥΟΜΕΝΟ ΣΚΟΥΡΟ				1,41
ΓΡΑΦΕΙΟ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ, ΧΩΡΟΣ ΚΕΝΤΡΙΚΟΥ Η/Υ ΚΑΙ UPS ΚΕΝΤΡΟΥ	ΠΑΡΑΘΥΡΟ	ΑΠΛΟ ΜΟΝΟ ΓΥΑΛΙ	ΟΡΘΩΓΟΝΙΟ	1	β=8, υ=2,7	21,60
	ΘΥΡΑ	ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ ΑΝΑΔΥΟΜΕΝΟ ΣΚΟΥΡΟ	ΟΡΘΩΓΟΝΙΟ	1	β=2,6, υ=3,3	8,58
ΧΩΡΟΣ ΧΕΙΡΙΣΤΩΝ	ΠΑΡΑΘΥΡΟ	ΑΠΛΟ ΜΟΝΟ ΓΥΑΛΙ	ΟΡΘΩΓΟΝΙΟ	1	β=8 υ=2,7	21,60
ΑΝΔΡΙΚΗ ΤΟΥΑΛΕΤΑ	ΠΑΡΑΘΥΡΟ	ΑΠΛΟ ΜΟΝΟ ΓΥΑΛΙ	ΟΡΘΩΓΟΝΙΟ	6	β=1,1, υ=0,55	3,63
ΓΥΝΑΙΚΕΙΑ ΤΟΥΑΛΕΤΑ	ΠΑΡΑΘΥΡΟ	ΑΠΛΟ ΜΟΝΟ ΓΥΑΛΙ	ΟΡΘΩΓΟΝΙΟ	2	β=1, υ=1,65	3,30
	ΚΟΥΦΩΜΑ	ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ ΑΝΑΔΥΟΜΕΝΟ ΣΚΟΥΡΟ				1,41

Πίνακας 21: Καταγραφή εξωτερικών κουφωμάτων στον ημιόροφο του κτιρίου

ΧΩΡΟΣ	ΕΙΔΟΣ ΚΟΥΦΩΜΑΤΟΣ	ΥΛΙΚΟ	ΣΧΗΜΑ	ΠΛΗΘΟΣ	ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ (m)	ΕΜΒΑΔΟ (m <sup>2</sup> )
ΑΜΦΙΘΕΑΤΡΟ	-	-	-	-	-	0,00
ΑΝΔΡΙΚΗ ΤΟΥΑΛΕΤΑ	ΠΑΡΑΘΥΡΟ	ΑΠΛΟ ΜΟΝΟ ΓΥΑΛΙ	ΟΡΘΩΓΟΝΙΟ	1	$\beta=0,4$ $\upsilon=0,5$	0,20
	ΠΑΡΑΘΥΡΟ	ΑΠΛΟ ΜΟΝΟ ΓΥΑΛΙ	ΟΡΘΩΓΟΝΙΟ	1	$\beta=0,3$ $\upsilon=0,7$	0,21
	ΚΟΥΦΩΜΑ	ΣΙΔΗΡΟΣ				0,06
ΓΥΝΑΙΚΕΙΑ ΤΟΥΑΛΕΤΑ	ΠΑΡΑΘΥΡΟ	ΑΠΛΟ ΜΟΝΟ ΓΥΑΛΙ	ΟΡΘΩΓΟΝΙΟ	1	$\beta=0,4$ $\upsilon=0,5$	0,20
	ΠΑΡΑΘΥΡΟ	ΑΠΛΟ ΜΟΝΟ ΓΥΑΛΙ	ΟΡΘΩΓΟΝΙΟ	1	$\beta=0,3$ $\upsilon=0,7$	0,21
	ΚΟΥΦΩΜΑ	ΣΙΔΗΡΟΣ				0,06
ΔΙΑΔΡΟΜΟΣ	ΠΑΡΑΘΥΡΟ	ΑΠΛΟ ΜΟΝΟ ΓΥΑΛΙ	ΚΥΚΛΟΣ	1	$\delta=1,4$	1,54
	ΚΟΥΦΩΜΑ	ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ ΑΝΑΔΥΟΜΕΝΟ ΣΚΟΥΡΟ	ΚΥΚΛΙΚΟΣ ΔΙΣΚΟΣ	1	$\Delta\epsilon\xi=1,43$	0,07
	ΠΑΡΑΘΥΡΟ	ΑΠΛΟ ΜΟΝΟ ΓΥΑΛΙ	ΤΡΙΓΩΝΟ	1	$\beta=2$ $\upsilon=2$	2,00

Πίνακας 22: Καταγραφή εξωτερικών κουφωμάτων στον πρώτο όροφο του κτιρίου (α' μέρος)

ΧΩΡΟΣ	ΕΙΔΟΣ ΚΟΥΦΩΜΑΤΟΣ	ΥΛΙΚΟ	ΣΧΗΜΑ	ΠΛΗΘΟΣ	ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ (m)	ΕΜΒΑΔΟ (m <sup>2</sup> )
ΔΙΑΔΡΟΜΟΣ 1	ΠΑΡΑΘΥΡΟ	ΑΠΛΟ ΜΟΝΟ ΓΥΑΛΙ	ΟΡΘΩΓΟΝΙΟ	15	$\beta=1$ $\upsilon=2$	30,00
	ΠΑΡΑΘΥΡΟ	ΑΠΛΟ ΜΟΝΟ ΓΥΑΛΙ	ΟΡΘΩΓΟΝΙΟ	1	$\beta=3$ $\upsilon=4$	12,00
	ΠΑΡΑΘΥΡΟ	ΑΠΛΟ ΜΟΝΟ ΓΥΑΛΙ	ΟΡΘΩΓΟΝΙΟ	1	$\beta=2,6$ $\upsilon=3$	7,80
	ΠΑΡΑΘΥΡΟ	ΑΠΛΟ ΜΟΝΟ ΓΥΑΛΙ	ΟΡΘΩΓΟΝΙΟ	2	$\beta=1,5$ $\upsilon=3$	9,00
	ΠΑΡΑΘΥΡΟ	ΑΠΛΟ ΜΟΝΟ ΓΥΑΛΙ	ΤΡΙΓΩΝΟ	1	$\beta=2,2$ $\upsilon=1,3$	1,43
	ΘΥΡΑ	ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ ΑΝΑΔΥΟΜΕΝΟ ΣΚΟΥΡΟ	ΟΡΘΩΓΟΝΙΟ	2	$\beta=1,4$ $\upsilon=4$	0,77
	ΠΑΡΑΘΥΡΟ	ΑΠΛΟ ΜΟΝΟ ΓΥΑΛΙ	ΟΡΘΩΓΟΝΙΟ	1	$\beta=1$ $\upsilon=3,5$	3,50
	ΠΑΡΑΘΥΡΟ	ΑΠΛΟ ΜΟΝΟ ΓΥΑΛΙ	ΚΥΚΛΟΣ	2	$\delta=0,5$	0,39
	ΘΥΡΑ	ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ ΑΝΑΔΥΟΜΕΝΟ ΣΚΟΥΡΟ	ΟΡΘΩΓΟΝΙΟ	1	$\beta=1,8$ $\upsilon=2,5$	4,11
ΓΡΑΦΕΙΟ 105	ΠΑΡΑΘΥΡΟ	ΑΠΛΟ ΔΙΠΛΟ ΓΥΑΛΙ	ΟΡΘΩΓΟΝΙΟ	4	$\beta=1,5$ $\upsilon=1,5$	9,00
ΓΡΑΦΕΙΟ 106	ΠΑΡΑΘΥΡΟ	ΑΠΛΟ ΔΙΠΛΟ ΓΥΑΛΙ	ΟΡΘΩΓΟΝΙΟ	4	$\beta=1,5$ $\upsilon=1,5$	9,00
PC LAB	ΠΑΡΑΘΥΡΟ	ΑΠΛΟ ΜΟΝΟ ΓΥΑΛΙ	ΟΡΘΩΓΟΝΙΟ	1	$\beta=13$ , $\upsilon=3$	39,00
ΔΙΑΔΡΟΜΟΣ 2	ΠΑΡΑΘΥΡΟ	ΑΠΛΟ ΜΟΝΟ ΓΥΑΛΙ	ΟΡΘΩΓΟΝΙΟ	1	$\beta=4$ $\upsilon=1$	4,00
	ΚΟΥΦΩΜΑ	ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ ΑΝΑΔΥΟΜΕΝΟ ΣΚΟΥΡΟ				0,51
	ΠΑΡΑΘΥΡΟ	ΑΠΛΟ ΜΟΝΟ ΓΥΑΛΙ	ΟΡΘΩΓΟΝΙΟ	1	$\beta=0,5$ $\upsilon=1,1$	0,55
	ΠΑΡΑΘΥΡΟ	ΑΠΛΟ ΜΟΝΟ ΓΥΑΛΙ	ΟΡΘΩΓΟΝΙΟ	1	$\beta=0,4$ $\upsilon=1$	0,40
	ΘΥΡΑ	ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ ΑΝΑΔΥΟΜΕΝΟ ΣΚΟΥΡΟ	ΟΡΘΩΓΟΝΙΟ	1	$\beta=1,2$ $\upsilon=4$	3,85

Πίνακας 23: Καταγραφή εξωτερικών κουφωμάτων στον πρώτο όροφο του κτιρίου (β' μέρος)

ΧΩΡΟΣ	ΕΙΔΟΣ ΚΟΥΦΩΜΑΤΟΣ	ΥΛΙΚΟ	ΣΧΗΜΑ	ΠΛΗΘΟΣ	ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ (m)	ΕΜΒΑΔΟ (m <sup>2</sup> )
ΓΡΑΦΕΙΟ 110	ΠΑΡΑΘΥΡΟ	ΑΠΛΟ ΜΟΝΟ ΓΥΑΛΙ	ΟΡΘΩΓΟΝΙΟ	6	$\beta=0,9, \upsilon=1,2$	6,48
	ΠΑΡΑΘΥΡΟ	ΑΠΛΟ ΜΟΝΟ ΓΥΑΛΙ	ΟΡΘΩΓΟΝΙΟ	6	$\beta=1, \upsilon=0,45$	2,70
	ΘΥΡΑ	ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ ΑΝΑΔΥΟΜΕΝΟ ΣΚΟΥΡΟ		6	$\beta=1,1, \upsilon=3$	10,62
ΓΡΑΦΕΙΟ 111	ΠΑΡΑΘΥΡΟ	ΑΠΛΟ ΜΟΝΟ ΓΥΑΛΙ	ΟΡΘΩΓΟΝΙΟ	3	$\beta=0,9, \upsilon=1,2$	3,24
	ΠΑΡΑΘΥΡΟ	ΑΠΛΟ ΜΟΝΟ ΓΥΑΛΙ	ΟΡΘΩΓΟΝΙΟ	3	$\beta=1, \upsilon=0,45$	1,35
	ΘΥΡΑ	ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ ΑΝΑΔΥΟΜΕΝΟ ΣΚΟΥΡΟ		3	$\beta=1,1, \upsilon=3$	5,31
ΓΡΑΦΕΙΟ 113	ΠΑΡΑΘΥΡΟ	ΑΠΛΟ ΜΟΝΟ ΓΥΑΛΙ	ΟΡΘΩΓΟΝΙΟ	3	$\beta=0,9, \upsilon=1,2$	3,24
	ΠΑΡΑΘΥΡΟ	ΑΠΛΟ ΜΟΝΟ ΓΥΑΛΙ	ΟΡΘΩΓΟΝΙΟ	3	$\beta=1, \upsilon=0,45$	1,35
	ΘΥΡΑ	ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ ΑΝΑΔΥΟΜΕΝΟ ΣΚΟΥΡΟ		3	$\beta=1,1, \upsilon=3$	5,31
ΓΡΑΦΕΙΟ 114	ΠΑΡΑΘΥΡΟ	ΑΠΛΟ ΜΟΝΟ ΓΥΑΛΙ	ΟΡΘΩΓΟΝΙΟ	3	$\beta=0,9, \upsilon=1,2$	3,24
	ΠΑΡΑΘΥΡΟ	ΑΠΛΟ ΜΟΝΟ ΓΥΑΛΙ	ΟΡΘΩΓΟΝΙΟ	3	$\beta=1, \upsilon=0,45$	1,35
	ΘΥΡΑ	ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ ΑΝΑΔΥΟΜΕΝΟ ΣΚΟΥΡΟ		3	$\beta=1,1, \upsilon=3$	5,31
ΓΡΑΦΕΙΟ 115	ΠΑΡΑΘΥΡΟ	ΑΠΛΟ ΜΟΝΟ ΓΥΑΛΙ	ΟΡΘΩΓΟΝΙΟ	3	$\beta=0,9, \upsilon=1,2$	3,24
	ΠΑΡΑΘΥΡΟ	ΑΠΛΟ ΜΟΝΟ ΓΥΑΛΙ	ΟΡΘΩΓΟΝΙΟ	3	$\beta=1, \upsilon=0,45$	1,35
	ΘΥΡΑ	ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ ΑΝΑΔΥΟΜΕΝΟ ΣΚΟΥΡΟ		3	$\beta=1,1, \upsilon=3$	5,31

Πίνακας 24: Καταγραφή εξωτερικών κουφωμάτων στον πρώτο όροφο του κτιρίου (γ' μέρος)

ΧΩΡΟΣ	ΕΙΔΟΣ ΚΟΥΦΩΜΑΤΟΣ	ΥΛΙΚΟ	ΣΧΗΜΑ	ΠΛΗΘΟΣ	ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ (m)	ΕΜΒΑΔΟ (m <sup>2</sup> )
ΓΡΑΦΕΙΟ 116	ΠΑΡΑΘΥΡΟ	ΑΠΛΟ ΜΟΝΟ ΓΥΑΛΙ	ΟΡΘΩΓΟΝΙΟ	3	$\beta=0,9, \upsilon=1,2$	3,24
	ΠΑΡΑΘΥΡΟ	ΑΠΛΟ ΜΟΝΟ ΓΥΑΛΙ	ΟΡΘΩΓΟΝΙΟ	3	$\beta=1, \upsilon=0,45$	1,35
	ΘΥΡΑ	ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ ΑΝΑΔΥΟΜΕΝΟ ΣΚΟΥΡΟ		3	$\beta=1,1, \upsilon=3$	5,31
ΧΩΡΟΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΤΩΝ	ΠΑΡΑΘΥΡΟ	ΑΠΛΟ ΜΟΝΟ ΓΥΑΛΙ	ΟΡΘΩΓΟΝΙΟ	6	$\beta=0,9, \upsilon=1,2$	6,48
	ΠΑΡΑΘΥΡΟ	ΑΠΛΟ ΜΟΝΟ ΓΥΑΛΙ	ΟΡΘΩΓΟΝΙΟ	6	$\beta=1, \upsilon=0,45$	2,70
	ΘΥΡΑ	ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ ΑΝΑΔΥΟΜΕΝΟ ΣΚΟΥΡΟ		6	$\beta=1,1, \upsilon=3$	10,62
ΔΙΑΔΡΟΜΟΣ 3	ΠΑΡΑΘΥΡΟ	ΑΠΛΟ ΜΟΝΟ ΓΥΑΛΙ	ΟΡΘΩΓΟΝΙΟ	7	$\beta=1, \upsilon=1,1$	7,70
	ΠΑΡΑΘΥΡΟ	ΑΠΛΟ ΜΟΝΟ ΓΥΑΛΙ	ΟΡΘΩΓΟΝΙΟ	7	$\beta=0,9, \upsilon=1$	6,30
	ΠΑΡΑΘΥΡΟ	ΑΠΛΟ ΜΟΝΟ ΓΥΑΛΙ	ΟΡΘΩΓΟΝΙΟ	7	$\beta=1, \upsilon=0,5$	3,50
	ΘΥΡΑ	ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ ΑΝΑΔΥΟΜΕΝΟ ΣΚΟΥΡΟ		7	$\beta=1,1, \upsilon=3,6$	10,22
ΑΝΔΡΙΚΗ ΤΟΥΑΛΕΤΑ	ΠΑΡΑΘΥΡΟ	ΑΠΛΟ ΜΟΝΟ ΓΥΑΛΙ	ΟΡΘΩΓΟΝΙΟ	3	$\beta=0,9, \upsilon=1,2$	3,24
	ΠΑΡΑΘΥΡΟ	ΑΠΛΟ ΜΟΝΟ ΓΥΑΛΙ	ΟΡΘΩΓΟΝΙΟ	3	$\beta=1, \upsilon=0,45$	1,35
	ΘΥΡΑ	ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ ΑΝΑΔΥΟΜΕΝΟ ΣΚΟΥΡΟ		3	$\beta=1,1, \upsilon=3$	5,31
ΓΥΝΑΙΚΕΙΑ ΤΟΥΑΛΕΤΑ	ΠΑΡΑΘΥΡΟ	ΑΠΛΟ ΜΟΝΟ ΓΥΑΛΙ	ΟΡΘΩΓΟΝΙΟ	3	$\beta=0,9, \upsilon=1,2$	3,24
	ΠΑΡΑΘΥΡΟ	ΑΠΛΟ ΜΟΝΟ ΓΥΑΛΙ	ΟΡΘΩΓΟΝΙΟ	3	$\beta=1, \upsilon=0,45$	1,35
	ΘΥΡΑ	ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ ΑΝΑΔΥΟΜΕΝΟ ΣΚΟΥΡΟ		3	$\beta=1,1, \upsilon=3$	5,31

Πίνακας 25: Καταγραφή εξωτερικών κουφωμάτων στον πρώτο όροφο του κτιρίου (δ' μέρος)

ΧΩΡΟΣ	ΕΙΔΟΣ ΚΟΥΦΩΜΑΤΟΣ	ΥΛΙΚΟ	ΣΧΗΜΑ	ΠΛΗΘΟΣ	ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ (m)	ΕΜΒΑΔΟ (m <sup>2</sup> )
ΚΛΙΜΑΤΙΣΤΙΚΗ ΜΟΝΑΔΑ	ΠΑΡΑΘΥΡΟ	ΑΠΛΟ ΜΟΝΟ ΓΥΑΛΙ	ΟΡΘΩΓΟΝΙΟ	1	$\beta=3,5$ , $\nu=2,7$	9,45
	ΠΑΡΑΘΥΡΟ	ΑΠΛΟ ΜΟΝΟ ΓΥΑΛΙ	ΟΡΘΩΓΟΝΙΟ	5	$\beta=0,85$ , $\nu=2$	8,50
	ΠΑΡΑΘΥΡΟ	ΑΠΛΟ ΜΟΝΟ ΓΥΑΛΙ	ΟΡΘΩΓΟΝΙΟ	6	$\beta=0,85$ , $\nu=0,4$	2,04

Πίνακας 26: Καταγραφή εξωτερικών κουφωμάτων στο δεύτερο όροφο του κτιρίου (α' μέρος)

ΧΩΡΟΣ	ΕΙΔΟΣ ΚΟΥΦΩΜΑΤΟΣ	ΥΛΙΚΟ	ΣΧΗΜΑ	ΠΛΗΘΟΣ	ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ (m)	ΕΜΒΑΔΟ (m <sup>2</sup> )
ΔΙΑΔΡΟΜΟΣ 1	ΠΑΡΑΘΥΡΟ	ΑΠΛΟ ΜΟΝΟ ΓΥΑΛΙ	ΚΥΚΛΟΣ	2	$\delta=1,4$	3,08
ΔΙΑΔΡΟΜΟΣ 2	ΠΑΡΑΘΥΡΟ	ΑΠΛΟ ΜΟΝΟ ΓΥΑΛΙ	ΟΡΘΩΓΟΝΙΟ	3	$\beta=1$ , $\nu=1,1$	3,30
	ΠΑΡΑΘΥΡΟ	ΑΠΛΟ ΜΟΝΟ ΓΥΑΛΙ	ΟΡΘΩΓΟΝΙΟ	3	$\beta=0,9$ , $\nu=1$	2,70
	ΠΑΡΑΘΥΡΟ	ΑΠΛΟ ΜΟΝΟ ΓΥΑΛΙ	ΟΡΘΩΓΟΝΙΟ	3	$\beta=1$ , $\nu=0,5$	1,50
	ΘΥΡΑ	ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ ΑΝΑΔΥΟΜΕΝΟ ΣΚΟΥΡΟ		3	$\beta=1,1$ , $\nu=3,6$	4,38

Πίνακας 27: Καταγραφή εξωτερικών κουφωμάτων στο δεύτερο όροφο του κτιρίου (β' μέρος)

ΧΩΡΟΣ	ΕΙΔΟΣ ΚΟΥΦΩΜΑΤΟΣ	ΥΛΙΚΟ	ΣΧΗΜΑ	ΠΛΗΘΟΣ	ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ (m)	ΕΜΒΑΔΟ (m <sup>2</sup> )
ΓΡΑΦΕΙΑ 201-202	ΠΑΡΑΘΥΡΟ	ΑΠΛΟ ΜΟΝΟ ΓΥΑΛΙ	ΟΡΘΩΓΟΝΙΟ	4	$\beta=0,9, \upsilon=1,2$	4,32
	ΠΑΡΑΘΥΡΟ	ΑΠΛΟ ΜΟΝΟ ΓΥΑΛΙ	ΟΡΘΩΓΟΝΙΟ	4	$\beta=1, \upsilon=0,45$	1,80
	ΘΥΡΑ	ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ ΑΝΑΔΥΟΜΕΝΟ ΣΚΟΥΡΟ		4	$\beta=1,1, \upsilon=3$	8,08
	ΠΑΡΑΘΥΡΟ	ΑΠΛΟ ΜΟΝΟ ΓΥΑΛΙ	ΟΡΘΩΓΟΝΙΟ	1	$\beta=1, \upsilon=1,1$	1,10
	ΠΑΡΑΘΥΡΟ	ΑΠΛΟ ΜΟΝΟ ΓΥΑΛΙ	ΟΡΘΩΓΟΝΙΟ	1	$\beta=0,9, \upsilon=1$	0,90
	ΠΑΡΑΘΥΡΟ	ΑΠΛΟ ΜΟΝΟ ΓΥΑΛΙ	ΟΡΘΩΓΟΝΙΟ	1	$\beta=1, \upsilon=0,5$	0,50
	ΘΥΡΑ	ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ ΑΝΑΔΥΟΜΕΝΟ ΣΚΟΥΡΟ		1	$\beta=1,1, \upsilon=3,6$	1,46
ΓΡΑΦΕΙΟ 203	ΠΑΡΑΘΥΡΟ	ΑΠΛΟ ΜΟΝΟ ΓΥΑΛΙ	ΟΡΘΩΓΟΝΙΟ	2	$\beta=0,9, \upsilon=1,2$	2,16
	ΠΑΡΑΘΥΡΟ	ΑΠΛΟ ΜΟΝΟ ΓΥΑΛΙ	ΟΡΘΩΓΟΝΙΟ	2	$\beta=1, \upsilon=0,45$	0,90
	ΘΥΡΑ	ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ ΑΝΑΔΥΟΜΕΝΟ ΣΚΟΥΡΟ		2	$\beta=1,1, \upsilon=3$	4,04
ΓΡΑΦΕΙΟ 204	ΠΑΡΑΘΥΡΟ	ΑΠΛΟ ΜΟΝΟ ΓΥΑΛΙ	ΟΡΘΩΓΟΝΙΟ	3	$\beta=0,9, \upsilon=1,2$	3,24
	ΠΑΡΑΘΥΡΟ	ΑΠΛΟ ΜΟΝΟ ΓΥΑΛΙ	ΟΡΘΩΓΟΝΙΟ	3	$\beta=1, \upsilon=0,45$	1,35
	ΘΥΡΑ	ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ ΑΝΑΔΥΟΜΕΝΟ ΣΚΟΥΡΟ		3	$\beta=1,1, \upsilon=3$	5,31
ΓΡΑΦΕΙΟ 205	ΠΑΡΑΘΥΡΟ	ΑΠΛΟ ΜΟΝΟ ΓΥΑΛΙ	ΟΡΘΩΓΟΝΙΟ	3	$\beta=0,9, \upsilon=1,2$	3,24
	ΠΑΡΑΘΥΡΟ	ΑΠΛΟ ΜΟΝΟ ΓΥΑΛΙ	ΟΡΘΩΓΟΝΙΟ	3	$\beta=1, \upsilon=0,45$	1,35
	ΘΥΡΑ	ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ ΑΝΑΔΥΟΜΕΝΟ ΣΚΟΥΡΟ		3	$\beta=1,1, \upsilon=3$	5,31



Πίνακας 28: Καταγραφή εξωτερικών κουφωμάτων στο δεύτερο όροφο του κτιρίου (γ' μέρος)

ΧΩΡΟΣ	ΕΙΔΟΣ ΚΟΥΦΩΜΑΤΟΣ	ΥΛΙΚΟ	ΣΧΗΜΑ	ΠΛΗΘΟΣ	ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ (m)	ΕΜΒΑΔΟ (m <sup>2</sup> )
ΓΡΑΦΕΙΟ 206	ΠΑΡΑΘΥΡΟ	ΑΠΛΟ ΜΟΝΟ ΓΥΑΛΙ	ΚΥΚΛΟΣ	2	δ=1,4	3,08
	ΚΟΥΦΩΜΑ	ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ ΑΝΑΔΥΟΜΕΝΟ ΣΚΟΥΡΟ		2	δ=1,43	0,53
ΓΡΑΦΕΙΟ 207	ΠΑΡΑΘΥΡΟ	ΑΠΛΟ ΜΟΝΟ ΓΥΑΛΙ	ΟΡΘΩΓΟΝΙΟ	12	β=0,9, υ=1,2	12,96
	ΠΑΡΑΘΥΡΟ	ΑΠΛΟ ΜΟΝΟ ΓΥΑΛΙ	ΟΡΘΩΓΟΝΙΟ	12	β=1, υ=0,45	5,40
	ΘΥΡΑ	ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ ΑΝΑΔΥΟΜΕΝΟ ΣΚΟΥΡΟ		12	β=1,1, υ=3	21,24
	ΠΑΡΑΘΥΡΟ	ΑΠΛΟ ΜΟΝΟ ΓΥΑΛΙ	ΟΡΘΩΓΟΝΙΟ	4	β=1, υ=1,1	4,40
	ΠΑΡΑΘΥΡΟ	ΑΠΛΟ ΜΟΝΟ ΓΥΑΛΙ	ΟΡΘΩΓΟΝΙΟ	4	β=0,9, υ=1	3,60
	ΠΑΡΑΘΥΡΟ	ΑΠΛΟ ΜΟΝΟ ΓΥΑΛΙ	ΟΡΘΩΓΟΝΙΟ	4	β=1, υ=0,5	2,00
	ΘΥΡΑ	ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ ΑΝΑΔΥΟΜΕΝΟ ΣΚΟΥΡΟ		4	β=1,1, υ=3,6	5,84
ΑΝΔΡΙΚΗ ΤΟΥΑΛΕΤΑ	ΠΑΡΑΘΥΡΟ	ΑΠΛΟ ΜΟΝΟ ΓΥΑΛΙ	ΟΡΘΩΓΟΝΙΟ	3	β=0,9, υ=1,2	3,24
	ΠΑΡΑΘΥΡΟ	ΑΠΛΟ ΜΟΝΟ ΓΥΑΛΙ	ΟΡΘΩΓΟΝΙΟ	3	β=1, υ=0,45	1,35
	ΘΥΡΑ	ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ ΑΝΑΔΥΟΜΕΝΟ ΣΚΟΥΡΟ		3	β=1,1, υ=3	5,31
ΓΥΝΑΙΚΕΙΑ ΤΟΥΑΛΕΤΑ	ΠΑΡΑΘΥΡΟ	ΑΠΛΟ ΜΟΝΟ ΓΥΑΛΙ	ΟΡΘΩΓΟΝΙΟ	3	β=0,9, υ=1,2	3,24
	ΠΑΡΑΘΥΡΟ	ΑΠΛΟ ΜΟΝΟ ΓΥΑΛΙ	ΟΡΘΩΓΟΝΙΟ	3	β=1, υ=0,45	1,35
	ΘΥΡΑ	ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ ΑΝΑΔΥΟΜΕΝΟ ΣΚΟΥΡΟ		3	β=1,1, υ=3	5,31

Πίνακας 29: Τιμές συντελεστών θερμικής μετάβασης και αντιστάσεων θερμικής μετάβασης κατά το ISO 6946, ανά δομικό στοιχείο

Α/Α	Δομικό στοιχείο	Συντελεστές θερμικής μετάβασης		Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης	
		1/R <sub>i</sub>	1/R <sub>a</sub>	R <sub>i</sub>	R <sub>a</sub>
		W/(m <sup>2</sup> K)	W/(m <sup>2</sup> K)	(m <sup>2</sup> K)/W	(m <sup>2</sup> K)/W
1	Εξωτερικοί τοίχοι και παράθυρα (προς εξωτ. αέρα)	7,70	25,00	0,13	0,04
2	Τοίχος που συνορεύει με μη θερμαινόμενο χώρο	7,70	7,70	0,13	0,13
3	Τοίχος σε επαφή με έδαφος	7,70	–	0,13	0,00
4	Στέγη, δώμα (ανερχόμενη ροή θερμότητας)	10,00	25,00	0,10	0,04
5	Οροφή που συνορεύει με μη θερμαινόμενο χώρο (ανερχόμενη ροή θερμότητας)	10,00	10,00	0,10	0,10
6	Δάπεδο επάνω από ανοικτή διάβαση (πιλοτή) (κατερχόμενη ροή θερμότητας)	5,88	25,00	0,17	0,04
7	Δάπεδο επάνω από μη θερμαινόμενο χώρο (κατερχόμενη ροή θερμότητας)	5,88	5,88	0,17	0,17
8	Δάπεδο σε επαφή με το έδαφος	5,88	–	0,17	0,00

Πίνακας 30: Μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας διαφόρων δομικών στοιχείων ανά δομική ζώνη

Δομικό στοιχείο	Σύμβολο	Μέγιστος επιτρεπόμενος συντελεστής θερμοπερατότητας [W/(m <sup>2</sup> ·K)]			
		Ζώνη Α	Ζώνη Β	Ζώνη Γ	Ζώνη Δ
Εξωτερική οριζόντια ή κεκλιμένη επιφάνεια σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα (οροφές)	U <sub>D</sub>	0,50	0,45	0,40	0,35
Εξωτερικοί τοίχοι σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	U <sub>W</sub>	0,60	0,50	0,45	0,40
Δάπεδα σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα (πιλοτές)	U <sub>DL</sub>	0,50	0,45	0,40	0,35
Εξωτερικοί τοίχοι σε επαφή με μη θερμαινόμενους χώρους	U <sub>WU</sub>	1,50	1,00	0,80	0,70
Εξωτερικοί τοίχοι σε επαφή με το έδαφος	U <sub>WE</sub>	1,50	1,00	0,80	0,70
Δάπεδα σε επαφή με κλειστούς μη θερμαινόμενους χώρους	U <sub>FU</sub>	1,20	0,90	0,75	0,70
Δάπεδα σε επαφή με το έδαφος	U <sub>FE</sub>	1,20	0,90	0,75	0,70
Κουφώματα ανοιγμάτων	U <sub>K</sub>	3,20	3,00	2,80	2,60
Γυάλινες προσόψεις κτιρίων μη ανοιγόμενες ή μερικώς ανοιγόμενες	U <sub>GF</sub>	2,20	2,00	1,80	1,80

Πίνακας 31: Τυπικές τιμές συντελεστών θερμοπερατότητας πλαισίων

Υλικό πλαισίου	Χαρακτηριστικό πλαισίου	Συντελεστής θερμοπερατότητας πλαισίου $U_f$ [ $W/(m^2K)$ ]
Μεταλλικό πλαίσιο	χωρίς θερμοδιακοπή	7,0
	με θερμοδιακοπή	1,0-3,8
Συνθετικό πλαίσιο	Πολυουρεθάνη	2,8
	PVC με δύο θαλάμους	2,2
	PVC με τρεις θαλάμους	2,0
	PVC με παραπάνω από τρεις θαλάμους	1,0-2,0
Ξύλινο πλαίσιο	σκληρής ξυλείας μέσου πάχους πλαισίου-κάσας 5cm	2,4
	μαλακής ξυλείας μέσου πάχους πλαισίου-κάσας 5cm	2,0
	σκληρής ξυλείας μέσου πάχους πλαισίου-κάσας 10cm	1,7
	μαλακής ξυλείας μέσου πάχους πλαισίου-κάσας 10cm	1,5

Πίνακας 32: Τιμές συντελεστών θερμοπερατότητας για υαλοπίνακες διαφόρων τύπων

Τύπος υαλοπίνακα	Πάχος υαλοπίνακα - διακένου - υαλοπίνακα (mm)	Αέριο διακένου	Συντελεστής θερμοπερατότητας ( $W/m^2 \cdot K$ )
Μονός	6	-	5,7
Μονός	8	-	5
Διπλός	4 - 6 - 4	Αέρας	3,4
Διπλός	4 - 12 - 4	Αέρας	2,9
Διπλός χαμηλής εκπομπής	4 - 10 - 4	Αέρας	2,0 - 2,4
Διπλός χαμηλής εκπομπής	4 - 12 - 4	Αέρας	1,7 - 2,4
Διπλός χαμηλής εκπομπής	4 - 6 - 4	Αργό	2,1 - 2,6
Διπλός χαμηλής εκπομπής	4 - 12 - 4	Αργό	1,3 - 1,7

Πίνακας 33: Μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας του κτιρίου ανά κλιματική ζώνη συναρτήσει του λόγου της περιβάλλουσας επιφάνειας του κτιρίου προς τον όγκο του

Λόγος $F/V$ [ $m^{-1}$ ]	Μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας $U_m$ [ $W/(m^2 \cdot K)$ ]			
	Ζώνη Α	Ζώνη Β	Ζώνη Γ	Ζώνη Δ
$\leq 0,2$	1,26	1,14	1,05	0,96
0,3	1,20	1,09	1,00	0,92
0,4	1,15	1,03	0,95	0,87
0,5	1,09	0,98	0,90	0,83
0,6	1,03	0,93	0,86	0,78
0,7	0,98	0,88	0,81	0,73
0,8	0,92	0,83	0,76	0,69
0,9	0,86	0,78	0,71	0,64
$\geq 1,0$	0,81	0,73	0,66	0,60

## Βιβλιογραφία

- [1] ΦΕΚ ‘Έγκριση Κανονισμού Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων’, αριθμός φύλλου 376, 09-04-2010.
- [2] ΦΕΚ ‘Μέτρα για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης κατά την τελική χρήση, ενεργειακές υπηρεσίες και άλλες διατάξεις’, αριθμός φύλλου 95, 23-06-2010.
- [3] ΦΕΚ ‘Αναγκαστικών Απαλλοτριώσεων και Πολεοδομικών Θεμάτων’, αριθμός φύλλου 376, 06-09-2010.
- [4] ΦΕΚ ‘Ενεργειακοί Επιθεωρητές κτιρίων, λεβήτων και εγκαταστάσεων θέρμανσης και εγκαταστάσεων κλιματισμού’, αριθμός φύλλου 177, 06-10-2010.
- [5] ΥΠΕΚΑ: Έγκριση ειδικών όρων για την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών και ηλιακών συστημάτων σε κτίρια και οικοπέδα εντός σχεδίου περιοχών, και σε οικισμούς, 21-09-2010.
- [6] ΥΠΕΚΑ: Συμπλήρωση του Ειδικού Προγράμματος Ανάπτυξης Φωτοβολταϊκών Συστημάτων σε κτιριακές εγκαταστάσεις, 09-09-2010.
- [7] “Οδηγίες για την εγκατάσταση φ/β συστημάτων σε κτιριακές εγκαταστάσεις”, Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας.
- [8] “Οδηγός τεχνικών και οργάνων ενεργειακών μετρήσεων”, Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας.
- [9] “Οδηγός Ενεργειακής Επιθεώρησης, Μέρος Α: Οργανολογία και Τεχνικές”, Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας.
- [10] “Οδηγός ενεργειακού ελέγχου και καταγραφής”, Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας.
- [11] “Οδηγός Εξοικονόμησης ενέργειας μέσω θερμομόνωσης”, Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας.
- [12] “Τεχνολογίες εξοικονόμησης Ενέργειας σε Κτίρια”, Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας.
- [13] “Έργο Double glazing in Southern Countries, Πρόγραμμα Save”, Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών ενέργειας.
- [14] “Το Ευρωπαϊκό Πρόγραμμα GREEN BUILDING, Κτιριακό κέλυφος – Τεχνικό Εγχειρίδιο”, Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας.
- [15] “Το Ευρωπαϊκό Πρόγραμμα GREEN BUILDING, Τεχνικό Εγχειρίδιο για το φωτισμό”, Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας.
- [16] “Εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας σε εγκαταστάσεις φωτισμού εσωτερικών χώρων”, “Σύγχρονη Τεχνική Επιθεώρηση”, Τεύχος Αυγούστου 2010.
- [17] “Ενεργειακή Απόδοση κτιρίων και Εξωτερική Θερμομόνωση”, “Econ3: Economy – Ecology – Construction”, Τεύχος Απριλίου – Μαΐου – Ιουνίου 2010.
- [18] “Μέτρα για τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης των κτιρίων”, σχέδιο κανονισμού για την Ενεργειακή Αποδοτικότητα του κτιρίου – KENAK.

- [19] “Τεχνική Οδηγία Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας, Θερμοφυσικές ιδιότητες δομικών υλικών και έλεγχος της θερμομονωτικής επάρκειας των κτιρίων”, Α΄ Έκδοση, Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας.
- [20] Ιωάννης Ψαρράς, Αν. Καθηγητής ΕΜΠ, Κων/νος Δ. Πατλιτζιάνας, Ερευνητής ΕΜΠ, “Σημειώσεις: Διαχείριση Ενέργειας και Περιβαλλοντική Πολιτική”.

