



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

**Ενεργειακή Επιθεώρηση στα κτίρια «Λαμπαδάριο»  
και «Ηλεκτρολόγων Μηχανικών & Μηχανικών  
Υπολογιστών α΄φάσης»**

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

Κάζακλη Σοφία

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

Αθήνα, Ιούλιος 2011



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

**Ενεργειακή Επιθεώρηση στα κτίρια «Λαμπαδάριο»  
και «Ηλεκτρολόγων Μηχανικών & Μηχανικών  
Υπολογιστών α΄φάσης»**

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

Κάζακλη Σοφία

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

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την 20<sup>η</sup> Ιουλίου 2011.

.....  
Ιωάννης Ψαρράς  
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

.....  
Δημήτριος Ασκούνης  
Αν. Καθηγητής Ε.Μ.Π.

.....  
Βασίλειος Ασημακόπουλος  
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Ιούλιος 2011

.....  
Κάζακλη Σοφία

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

Copyright © ΚΑΖΑΚΛΗ ΣΟΦΙΑ, 2011

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

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

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



## Περίληψη

Η χρήση της ενέργειας αποτελεί ένα σημαντικό τμήμα του λειτουργικού κόστους ενός κτιρίου και διαδραματίζει πρωταρχικό ρόλο στην επίτευξη του επιπέδου άνεσης των ενοίκων. Ο κτιριακός τομέας ευθύνεται για το 40% περίπου της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας σε εθνικό και ευρωπαϊκό επίπεδο.

Η ενεργειακή επιθεώρηση είναι μία συστηματική διαδικασία με στόχο την εξοικονόμηση ενέργειας, που έχει εφαρμογή τόσο στον κτιριακό τομέα όσο και στη βιομηχανία και αφορά όλες τις ενεργειακές τεχνολογίες. Με τη διενέργεια μιας ενεργειακής επιθεώρησης σχηματίζεται σαφής εικόνα για την κατάσταση στην οποία βρίσκεται το κτίριο από ενεργειακής άποψης και προτείνονται συγκεκριμένα μέτρα, από την υλοποίηση των οποίων θα προκύψει σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας και αντίστοιχο οικονομικό όφελος.

Στην παρούσα διπλωματική εργασία πραγματοποιήθηκαν εφαρμογές της ενεργειακής επιθεώρησης σε δύο κτίρια σχολών της Πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου. Συγκεκριμένα επιθεωρήθηκε το κτίριο της σχολής Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών – Α΄ Φάση και το κτίριο Λαμπαδάριο της σχολής Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών. Έγινε αναλυτική καταγραφή όλων των ηλεκτρικών καταναλώσεων των κτιρίων και της κατανάλωσης του φυσικού αερίου που χρησιμοποιείται για τη θέρμανση των χώρων. Μελετήθηκε εκτενώς η θερμομόνωση των κτιρίων σύμφωνα με την Τεχνική Οδηγία του ΤΕΕ 2010, πραγματοποιήθηκε θερμογράφιση των κτιρίων και μετρήσεις με ειδικά μετρητικά όργανα στους λέβητες του φυσικού αερίου, στις κλιματιστικές μονάδες και στις συνολικές τους ηλεκτρικές καταναλώσεις.

Τέλος η ενεργειακή μελέτη των κτιρίων ολοκληρώνεται με την πρόταση δράσεων εξοικονόμησης ενέργειας και την οικονομικοτεχνική τους αξιολόγηση.

**Λέξεις Κλειδιά:** Εξοικονόμηση ενέργειας, ενεργειακή επιθεώρηση, θερμοκάμερα, συντελεστής θερμοπερατότητας, αναλυτής ηλεκτρικής ενέργειας, δράσεις εξοικονόμησης ενέργειας.

## Abstract

The use of energy is an important part of the operating costs of a building and plays a key role in achieving the level of comfort for the occupants. The building sector accounts for 40% of total energy consumption at national and European level.

The energy audit is a systematic process aimed at saving energy, which applies both in buildings and industry and for all energy technologies. By conducting an energy audit formed a clear picture of the situation of the building from energy perspective and propose specific measures, the implementation of which will result in considerable energy savings and corresponding economic benefit.

In this thesis, they have been used applications of energy audit in two buildings of the campus of National Technical University of Athens. Specifically they have been inspected the building of Electrical and Computer Engineering - Phase A and the building of Lambadario, of School of Rural and Surveying Engineering. Asked detailed record of all electrical consumption of the building and consumption of natural gas used for space heating. Extensively studied the thermal insulation of buildings under the technical guidance of TEE 2010, held thermography of buildings and measurements with special measuring instruments for gas boilers, the air conditioning units and their total electricity consumption.

Finally, the energy design of buildings completed by the proposed energy saving measures and economical and technical evaluation.

**Keywords:** Energy conservation, energy audit, Thermal, U-Analyzer electricity, energy saving action.

## 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).

Αντικείμενο της εργασίας αποτέλεσε η διεκπεραίωση ενεργειακού ελέγχου στο κτίριο τριτοβάθμιας εκπαίδευσης των Ηλεκτρολόγων Μηχανικών & Μηχανικών Υπολογιστών (ΗΜΜΥ) – Α΄ Φάσης και στο κτίριο Λαμπαδάριο της σχολής Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών. Στόχος ήταν η διαμόρφωση του ενεργειακού προφίλ των κτιρίων και η διερεύνηση προτάσεων, με παράλληλη οικονομική αξιολόγηση για την εξοικονόμηση κατανάλωσης ενέργειας σε αυτά.

Υπεύθυνος κατά την εκπόνηση της διπλωματικής εργασίας ήταν ο Καθηγητής κ. Ι. Ψαρράς, τον οποίο ευχαριστώ για την ανάθεση αυτής και την δυνατότητα που μου δόθηκε να ασχοληθώ με ένα τόσο ενδιαφέρον θέμα.

Επιπλέον ευχαριστώ πολύ τους επιβλέποντες της διπλωματικής, τη διδάκτωρ ΕΜΠ Αλεξάνδρα Παπαδοπούλου και τον υποψήφιο διδάκτωρ Βαγγέλη Μαρινάκη για τη βοήθεια και τη συνεχή υποστήριξη που μου παρείχαν κατά την εκπόνηση της εργασίας. Οι υποδείξεις και οι συμβουλές τους συνέβαλαν καταλυτικά στην επιτυχή ολοκλήρωση αυτής της διπλωματικής εργασίας.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες για την αμέριστη συνεργασία με το εργαστήριο οφείλω γενικότερα στην Τεχνική Υπηρεσία του ΕΜΠ και συγκεκριμένα στον Γεώργιο Δήμου, Διευθυντή της Διεύθυνση Συντήρησης Εγκαταστάσεων ΕΜΠ. Ευχαριστώ επίσης τον Βασίλειο Ζησόπουλο, από την τεχνική Υπηρεσία του ΕΜΠ για τη βοήθεια που μας παρείχε καθ' όλη τη διάρκεια των μετρήσεων με τα όργανα ενεργειακής επιθεώρησης.

Η εργασία αυτή αφιερώνεται στους γονείς μου που με στήριζαν όλα αυτά τα χρόνια και με βοήθησαν με κάθε μέσο να φτάσω και να ολοκληρώσω την τριτοβάθμια εκπαίδευση. Αφιερώνεται επίσης στον Νίκο που χωρίς τη στήριξή του ο μακρύς και δύσκολος αυτός δρόμος ίσως να μην είχε ακόμα τελειώσει.





## Πίνακας Περιεχομένων

<b>Κεφάλαιο 1:</b> Εισαγωγή .....	13
1.1 Αντικείμενο - Σκοπός.....	15
1.2 Φάσεις υλοποίησης .....	16
1.3 Οργάνωση τόμου.....	18
<b>Κεφάλαιο 2:</b> Μεθοδολογία Υπολογισμών .....	21
2.1 Υπολογισμός καταναλώσεων κτιρίου .....	23
2.2 Συντελεστής θερμοπερατότητας κτιρίου .....	24
2.2.1 Εισαγωγή.....	24
2.2.2 Μεθοδολογία υπολογισμού συντελεστή θερμοπερατότητας.....	25
2.3 Θερμοκάμερα .....	28
2.3.1. Γενικά στοιχεία .....	28
2.3.2 Παρουσίαση της θερμοκάμερας FLIR b50.....	31
2.3.3 Διαδικασία θερμογράφησης.....	33
2.4 Ηλεκτρονικός Αναλυτής καυσαερίων.....	34
2.4.1 Γενικά στοιχεία για την ανάλυση καυσαερίων του λέβητα .....	34
2.4.2 Παρουσίαση του αναλυτή καυσαερίων KANE900plus.....	35
2.4.3 Διεξαγωγή μετρήσεων και Ανάλυση των παραμέτρων του αναλυτή καυσαερίων .....	36
2.5 Αναλυτής ηλεκτρικής ενέργειας .....	38
2.5.1 Παρουσίαση του ηλεκτρικού αναλυτή ενέργειας Fluke 1735 .....	38
2.5.2 Παρουσίαση του αναλυτή ενέργειας Landis & Gyr ZxD300/400.....	39
<b>Κεφάλαιο 3:</b> Ενεργειακή επιθεώρηση στο κτίριο HMMY .....	41
3.1 Περιγραφή της κτιριακής εγκατάστασης .....	43
3.2 Κατανομή χώρων του κτιρίου .....	45
3.3 Ενεργειακή κατανάλωση κτιρίου .....	46
3.3.1. Φορτία φωτισμού .....	46
3.3.2 Φορτία ψύξης και θέρμανσης των χώρων.....	48
3.3.2.1 Φορτία ψύξης- θέρμανσης των χώρων με ηλεκτρική ενέργεια.....	48
3.3.2.2 Φορτία θέρμανσης των χώρων με φυσικό αέριο .....	50
3.3.2.3 Συνολικά φορτία ψύξης- θέρμανσης .....	52
3.3.3. Διάφορα ηλεκτρικά φορτία .....	53

3.3.4 Συνολική κατανάλωση ενέργειας.....	54
3.4 Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας .....	56
3.4.1 Υπολογισμός θερμομόνωσης των διαφόρων δομικών στοιχείων.....	56
3.4.2. Υπολογισμός θερμομόνωσης κάθε ορόφου .....	68
3.4.3 Υπολογισμός θερμομόνωσης περιβλήματος.....	70
3.5 Μετρήσεις με χρήση καταγραφικού εξοπλισμού.....	73
3.5.1. Μετρήσεις απωλειών θερμότητας με χρήση της θερμοκάμερας.....	73
3.5.2 Μετρήσεις με τον αναλυτή ηλεκτρικής ενέργειας.....	79
3.5.3 Μετρήσεις του αναλυτή καυσαερίων στο λέβητα του κτιρίου.....	88
<b>Κεφάλαιο 4:</b> Ενεργειακή επιθεώρηση στο κτίριο Λαμπαδάριο.....	91
4.1 Περιγραφή της κτιριακής εγκατάστασης .....	93
4.2 Κατανομή χώρων του κτιρίου.....	94
4.3 Ενεργειακή κατανάλωση κτιρίου.....	95
4.3.1. Φορτία φωτισμού .....	95
4.3.2 Φορτία ψύξης και θέρμανσης των χώρων.....	97
4.3.2.1 Φορτία ψύξης των χώρων με ηλεκτρική ενέργεια.....	97
4.3.2.2 Φορτία θέρμανσης των χώρων με φυσικό αέριο .....	98
4.3.3. Διάφορα ηλεκτρικά φορτία.....	99
4.3.4 Συνολική κατανάλωση ενέργειας.....	101
4.4 Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας .....	102
4.4.1 Υπολογισμός θερμομόνωσης των διαφόρων δομικών στοιχείων.....	102
4.4.2 Υπολογισμός θερμομόνωσης περιβλήματος.....	107
4.5 Μετρήσεις με χρήση καταγραφικού εξοπλισμού.....	108
4.5.1. Μετρήσεις απωλειών θερμότητας με χρήση της θερμοκάμερας.....	108
4.5.2. Μετρήσεις με χρήση του αναλυτή ενέργειας.....	115
4.5.3 Μετρήσεις του αναλυτή καυσαερίων στο λέβητα του κτιρίου.....	120
<b>Κεφάλαιο 5:</b> Δράσεις εξοικονόμησης ενέργειας σε κτίρια.....	123
5.1 Εξοικονόμηση ενέργειας στην ψύξη.....	125
5.1.1 Λειτουργία αυτόνομων κλιματιστικών μηχανημάτων.....	125
5.1.2 Σύστημα κλιματισμού μεταβλητού όγκου ψυκτικού μέσου VRV (Variable Refrigerant Volume) .....	127
5.2 Εξοικονόμηση ενέργειας στον φωτισμό .....	128

5.2.1 Επιλογή ενεργειακά αποδοτικών στραγγαλιστικών διατάξεων.....	129
5.2.2 Εγκατάσταση διαφόρων αυτοματισμών .....	130
5.3 Εξοικονόμηση ενέργειας με τοποθέτηση BEMS (Building Energy Management Systems) .....	132
5.4 Επεμβάσεις στα ηλεκτρικά συστήματα.....	133
5.5 Εξοικονόμηση ενέργειας με θερμική προστασία του κτιριακού κελύφους.....	135
5.5.1 Εξοικονόμηση ενέργειας από την αντικατάσταση απλών υαλοπινάκων με ενεργειακά αποδοτικούς διπλούς υαλοπίνακες.....	136
5.5.2 Εμφύτευση δώματος – οροφής .....	137
5.6 Διασυνδεδεμένα φωτοβολταϊκά συστήματα στις στέγες.....	140
<b>Κεφάλαιο 6: Δράσεις εξοικονόμησης ενέργειας στο κτίριο HMMY .....</b>	<b>143</b>
6.1 Προτάσεις για εξοικονόμηση ενέργειας στον φωτισμό .....	145
6.1.1 Πρόταση αντικατάστασης των μαγνητικών ballast των λαμπτήρων με νέα ηλεκτρονικά .....	145
6.1.2 Πρόταση ενσωμάτωσης αυτοματισμών στο κτίριο .....	146
6.2 Εξοικονόμηση ενέργειας με θερμική προστασία του κτιριακού κελύφους.....	147
6.2.1 Πρόταση εμφύτευσης της οροφής του κτιρίου .....	147
6.2.2 Πρόταση αντικατάστασης των παλαιών μονών κουφωμάτων του κτιρίου ..	150
6.3 Εγκατάσταση φωτοβολταϊκού συστήματος στην οροφή του κτιρίου.....	152
6.4 Συνολική αποτίμηση των επενδύσεων .....	154
<b>Κεφάλαιο 7: Δράσεις εξοικονόμησης ενέργειας στο κτίριο Λαμπαδάριο.....</b>	<b>157</b>
7.1 Προτάσεις για εξοικονόμηση ενέργειας στην ψύξη.....	159
7.1.1 Πρόταση αντικατάστασης κλιματιστικών με νέα αυτόνομα, τύπου inverter	159
7.1.2 Πρόταση αντικατάστασης κλιματιστικών με εγκατάσταση ενός συστήματος κεντρικού κλιματισμού .....	160
7.2 Προτάσεις για εξοικονόμηση ενέργειας στον φωτισμό .....	162
7.3 Εξοικονόμηση ενέργειας με θερμική προστασία του κτιριακού κελύφους.....	164
7.3.1 Πρόταση εμφύτευσης της οροφής του κτιρίου .....	164
7.3.2 Πρόταση αντικατάστασης των παλαιών μονών κουφωμάτων του κτιρίου ..	166
7.4 Εγκατάσταση φωτοβολταϊκού συστήματος στην οροφή του κτιρίου.....	168
7.5 Συνολική αποτίμηση των επενδύσεων .....	171
<b>Κεφάλαιο 8: Συμπεράσματα και Προοπτικές .....</b>	<b>173</b>
8.1 Συμπεράσματα .....	175

8.2 Προοπτικές .....	176
<b>Βιβλιογραφία .....</b>	<b>179</b>
<b>Παραρτήματα .....</b>	<b>183</b>

## ***Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή***

---



## 1.1 Αντικείμενο - Σκοπός

Η ενεργειακή εξοικονόμηση πρέπει να αποτελεί πρώτη προτεραιότητα κάθε ενεργειακής πολιτικής, ιδιαίτερα σε μια εποχή που οι ενεργειακές ανάγκες των κτιρίων αυξάνονται καθημερινά. Η εξοικονόμηση ενέργειας σε ένα κτίριο εξασφαλίζεται με τον κατάλληλο σχεδιασμό του κτιρίου και τη χρήση ενεργειακά αποδοτικών δομικών στοιχείων και συστημάτων, ενώ παράλληλα ο ενεργειακός εξοπλισμός ενός κτιρίου θα πρέπει να λειτουργεί όσο το δυνατόν πιο αποδοτικά και σύμφωνα με τους εκάστοτε ενεργειακούς κανονισμούς και τις μελέτες που τον προδιαγράφουν.

Γι αυτό το λόγο θεσπίστηκε η ενεργειακή επιθεώρηση των κτιρίων που στοχεύει στην εκτίμηση της κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας του κτιρίου ανά τελική χρήση (θέρμανση, ψύξη, αερισμός, φωτισμός), στην ενεργειακή κατάταξη του κτιρίου με την παράλληλη έκδοση του πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης και τέλος στη σύνταξη υποδείξεων προς τον ιδιοκτήτη / χρήστη για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου.

Σκοπός αυτής της διπλωματικής εργασίας είναι η διεξαγωγή ενεργειακής επιθεώρησης σε υφιστάμενα κτίρια της Πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου, με στόχο την ανάδειξη της σημασίας της επιθεώρησης στον κτιριακό τομέα και την αναζήτηση δράσεων που μπορούν να συντελέσουν στην εξοικονόμηση ενεργειακής κατανάλωσης.

Στα πλαίσια της ενεργειακής επιθεώρησης σχηματίστηκε το ενεργειακό προφίλ του κτιρίου της σχολής Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών - Α΄ φάσης και του Λαμπαδαρίου κτιρίου της σχολής Τοπογράφων Μηχανικών. Στόχος ήταν το προφίλ αυτό να διαμορφωθεί τόσο μέσω της καταγραφής των διαφόρων καταναλώσεων, όσο και με τη χρήση ειδικών μετρητικών οργάνων με τα οποία οι φοιτητές δεν έχουν εξοικειωθεί στα πλαίσια των προπτυχιακών μαθημάτων της σχολής.

Ακόμα ανάλογα με τα δεδομένα που προέκυψαν από την επιθεώρηση προτείνονται δράσεις εξοικονόμησης ενέργειας για τα δύο κτίρια, στο βαθμό που αυτό είναι δυνατό, αφού τα κτίρια αυτά των σχολών αποτελούν μια ιδιαίτερη κατηγορία κτιρίων, με την έννοια ότι δεν αποτελούν αυτόνομα από διαχειριστικής και ενεργειακής άποψης κτίρια αλλά επικοινωνούν και συνορεύουν με άλλα κτίρια σχολών, οπότε θα ήταν πιο αποδοτικό να γίνουν συνδυασμένες δράσεις για τα περισσότερα κτίρια.

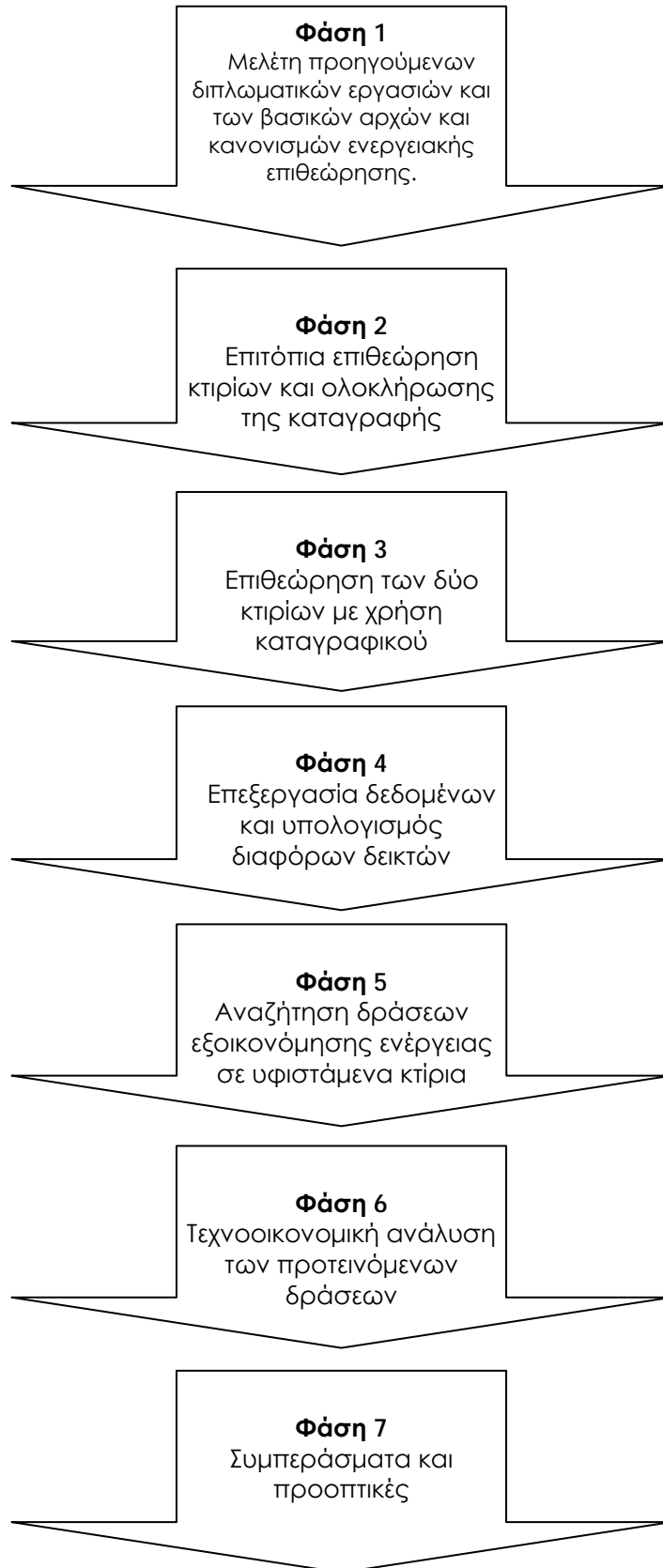
Τέλος οι προτεινόμενες δράσεις αξιολογούνται οικονομικά με βάση τρία κύρια οικονομικά κριτήρια και σχολιάζεται η βιωσιμότητα και η δυνατότητα της εφαρμογής τους.

## 1.2 Φάσεις υλοποίησης

Η διπλωματική εργασία εκπονήθηκε στο διάστημα Οκτώβριος 2011 - Ιούλιος 2011 και ακολουθήθηκαν οι εξής φάσεις:

- **Φάση 1:** Απόκτηση και μελέτη των διπλωματικών εργασιών «Ενεργειακή επιθεώρηση στο Λαμπαδάριο Κτίριο της Πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου» και «Ενεργειακή επιθεώρηση στο κτίριο Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών - Α' φάσης της Πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου». Μελέτη των βασικών αρχών και κανονισμών ενεργειακής επιθεώρησης.
- **Φάση 2:** Επιτόπια επίσκεψη στα κτίρια με στόχο την ολοκλήρωση της καταγραφής, όπου υπήρχαν ελλείψεις ή αλλαγές που συντελέστηκαν στο πέρασμα του χρόνου. Επικοινωνία με την υπεύθυνη τεχνική υπηρεσία κάθε κτιρίου για την πληροφόρηση σχετικά με την ενεργειακή πολιτική που εφαρμόζεται στα δυο κτίρια και τον χρησιμοποιούμενο εξοπλισμό.
- **Φάση 3:** Επιθεώρηση των δύο κτιρίων με χρήση καταγραφικού εξοπλισμού. Συγκεκριμένα έγινε θερμογράφιση των κτιρίων, με στόχο να εντοπιστούν προβλήματα στη μόνωση τα οποία ειδικά τους χειμερινούς μήνες είναι πιο εμφανή. Επίσκεψη στο λεβητοστάσιο των κτιρίων, επιθεώρηση των λεβήτων με χρήση αναλυτή καυσαερίων. Ακόμα, με τη βοήθεια του υπευθύνου της τεχνικής υπηρεσίας συνδέθηκε ο ενεργειακός αναλυτής σε ένα κτίριο της Πολυτεχνειούπολης και στη συνέχεια λήφθηκαν οι μετρήσεις και για τα δύο παραπάνω κτίρια.
- **Φάση 4:** Επεξεργασία των στοιχείων που προέκυψαν από την καταγραφή και την επιθεώρηση. Υπολογισμοί δεικτών και εκτίμηση της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης του κτιρίου και ταύτιση των στοιχείων που προέκυψαν από τις μετρήσεις με τα ειδικά όργανα με τα στοιχεία που είχαν καταγραφεί στις δύο παραπάνω διπλωματικές, τα οποία συμπληρώθηκαν με νέα στοιχεία που προέκυψαν από την προσωπική ολοκλήρωση των καταγραφών.
- **Φάση 5:** Αναζήτηση στη βιβλιογραφία και στο διαδίκτυο σχετικά με τις δυνατές δράσεις εξοικονόμησης ενέργειας σε υφιστάμενα κτίρια. Για τις επιλέξιμες δράσεις έγινε εκτίμηση της δυνατότητας εφαρμογής τους στα κτίρια των σχολών και τέλος συλλέχθηκαν στοιχεία σχετικά με το κόστος διαφόρων δράσεων από επιχειρήσεις της αγοράς.
- **Φάση 6:** Τεχνοοικονομική ανάλυση των προτεινόμενων δράσεων, υπολογισμός τριών βασικών οικονομικών δεικτών και αξιολόγηση των επενδύσεων με βάση τους δείκτες αυτούς.
- **Φάση 7:** Συμπεράσματα και προοπτικές που προκύπτουν.





**Γράφημα 1.1: Φάσεις ολοκλήρωσης διπλωματικής ενασχόλησης**

### 1.3 Οργάνωση τόμου

Το **κεφάλαιο 1** αποτελεί την εισαγωγή της διπλωματικής εργασίας στο οποίο καθορίζεται ο σκοπός της εργασίας και ο τρόπος εκπόνησης.

Στο **κεφάλαιο 2** αναλύεται η μεθοδολογία που χρησιμοποιήθηκε για την εκπόνηση της εργασίας. Συγκεκριμένα αναλύεται πως γίνεται ο υπολογισμός της ενεργειακής κατανάλωσης του κτιρίου και του συντελεστή θερμοπερατότητας. Ακόμα παρουσιάζονται τα ειδικά μετρητικά όργανα που χρησιμοποιήθηκαν και περιγράφεται ο τρόπος χρήσης τους, τα επιτρεπόμενα όρια για μερικά από αυτά και τα αποτελέσματα που αναμένονται.

Στο **κεφάλαιο 3** παρουσιάζεται το κτίριο των Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και σχηματίζεται το ενεργειακό προφίλ του. Περιγράφεται η κτιριακή εγκατάσταση, οι ενεργειακές του καταναλώσεις, υπολογίζεται ο συντελεστής θερμοπερατότητας του κτιρίου και εξάγονται συμπεράσματα για την κατανάλωση με βάση τα αποτελέσματα από τον ενεργειακό αναλυτή. Ακόμα παρατίθενται και σχολιάζονται τα αποτελέσματα της θερμογράφησης του κτιρίου και την ενεργειακής επιθεώρησης του λέβητα.

Στο **κεφάλαιο 4** παρουσιάζεται με τον ίδιο τρόπο το κτίριο Λαμπαδάριο και σχηματίζεται το ενεργειακό προφίλ του. Περιγράφεται η κτιριακή εγκατάσταση, οι ενεργειακές του καταναλώσεις, υπολογίζεται ο συντελεστής θερμοπερατότητας του κτιρίου και εξάγονται συμπεράσματα για την κατανάλωση με βάση τα αποτελέσματα από τον ενεργειακό αναλυτή. Ακόμα παρατίθενται και σχολιάζονται τα αποτελέσματα της θερμογράφησης του κτιρίου και την ενεργειακής επιθεώρησης του λέβητα.

Στο **κεφάλαιο 5** παρουσιάζονται δράσεις εξοικονόμησης ενέργειας, οι οποίες κρίνεται πως είναι εφικτό να εφαρμοστούν στα δυο κτίρια. Οι δράσεις αναλύονται ως προς τα αποτελέσματα που θα επιφέρουν και ως προς το κεφάλαιο που απαιτείται για την υλοποίησή τους.

Στο **κεφάλαιο 6** προτείνονται δράσεις εξοικονόμησης ενέργειας στο κτίριο των Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και αξιολογούνται οικονομικά.

Στο **κεφάλαιο 7** προτείνονται δράσεις εξοικονόμησης ενέργειας στο κτίριο Λαμπαδάριο και παρουσιάζεται η οικονομική αξιολόγησή τους.

Στο **κεφάλαιο 8** παρατίθενται τα συμπεράσματα της εργασίας και οι περαιτέρω δυνατότητες που υπάρχουν για ενεργειακή εξοικονόμηση στα δύο κτίρια.

Τέλος, αναφέρονται οι βιβλιογραφικές αναφορές που χρησιμοποιήθηκαν για την εκπόνηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας και ακολουθούν παραρτήματα στα οποία παρατίθενται όλοι οι πίνακες των υπολογισμών.



## ***Κεφάλαιο 2: Μεθοδολογία Υπολογισμών***

---



## 2.1 Υπολογισμός καταναλώσεων κτιρίου

Στα κτίρια της Πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου δεν υπάρχει εγκατεστημένος μετρητής της ηλεκτρικής ενέργειας που καταναλώνεται σε κάθε κτίριο και επιπλέον ο λογαριασμός της ΔΕΗ είναι συνολικός για όλα τα κτίρια του ιδρύματος. Έτσι δεν υπάρχουν διαθέσιμα στοιχεία για την ηλεκτρική κατανάλωση κάθε κτιρίου. Για το λόγο αυτό, στα πλαίσια της ενεργειακής επιθεώρησης του κτιρίου ήταν αναγκαία η καταγραφή των ηλεκτρικών συσκευών του και η καταγραφή όλων των καταναλώσεων τους.

Η καταγραφή αυτή περιελάμβανε την καταγραφή της ισχύος των ηλεκτρικών συσκευών και μέσω ερωτηματολογίων προς τους χρήστες, την καταγραφή των ωρών λειτουργίας κάθε συσκευής. Όλα αυτά μεταφέρθηκαν σε πίνακες του excel και ακολούθησαν υπολογισμοί των ηλεκτρικών καταναλώσεων σε ετήσια βάση. Έγινε δηλαδή πολλαπλασιασμός της ισχύος κάθε συσκευής με τις εκτιμώμενες ώρες λειτουργίας της και προέκυψε μια εικόνα της ετήσιας ενεργειακής κατανάλωσης του κτιρίου σε KWh. Η εικόνα αυτή ενδέχεται να αποκλίνει λίγο από την πραγματική κατανάλωση του κτιρίου, αφού βασίζεται σε εκτιμήσεις των χρηστών σχετικά με τις ώρες που χρησιμοποιούν την κάθε συσκευή και το κάθε φωτιστικό σώμα, ενώ σε ορισμένες συσκευές δεν μπορεί να υπολογιστεί με αυτόν τον τρόπο ακριβώς η πραγματική τους κατανάλωση.

Ωστόσο και στα δυο κτίρια τα οποία εξετάζονται σε αυτή την εργασία συνδέθηκε ύστερα αναλυτής ηλεκτρικής ενέργειας για κάποια εύλογα χρονικά διαστήματα, οπότε στη συνέχεια γίνεται σύγκριση των αποτελεσμάτων του αναλυτή και των αποτελεσμάτων της καταγραφής, ώστε να επιβεβαιωθεί η ορθότητα των καταγεγραμμένων καταναλώσεων. Μάλιστα για κάποιες ημέρες είναι δυνατή η ταύτιση των καταναλώσεων αυτών, όπως πχ ταύτιση του φορτίου βάσης του κτιρίου με τις καταναλώσεις εκείνες που σύμφωνα με την καταγραφή υφίστανται καθ όλη τη διάρκεια του έτους και σε ώρες που το κτίριο δεν λειτουργεί.

Για τον υπολογισμό της κατανάλωσης του φυσικού αερίου, το οποίο χρησιμοποιείται για τη θέρμανση των κτιρίων υπάρχει εγκατεστημένος μετρητής ο οποίος καταγράφει τις υφιστάμενες καταναλώσεις. Οι μετρήσεις αυτές ζητήθηκαν από την τεχνική υπηρεσία του ιδρύματος και προστέθηκαν στις ηλεκτρικές ανάγκες του κτιρίου, οπότε και προέκυψε ολοκληρωμένη εικόνα των ενεργειακών καταναλώσεων του κτιρίου.

Ωστόσο και στα δυο κτίρια τα οποία εξετάζονται σε αυτή την εργασία συνδέθηκε ύστερα αναλυτής ηλεκτρικής ενέργειας για κάποια εύλογα χρονικά διαστήματα, οπότε στη συνέχεια γίνεται σύγκριση των αποτελεσμάτων του αναλυτή και των αποτελεσμάτων της καταγραφής, ώστε να επιβεβαιωθεί η ορθότητα των καταγεγραμμένων καταναλώσεων. Μάλιστα για κάποιες ημέρες είναι δυνατή η

ταύτιση των καταναλώσεων αυτών, όπως πχ ταύτιση του φορτίου βάσης του κτιρίου με τις καταναλώσεις εκείνες που σύμφωνα με την καταγραφή υφίστανται καθ όλη τη διάρκεια του έτους και σε ώρες που το κτίριο δεν λειτουργεί.

Για τον υπολογισμό της κατανάλωσης του φυσικού αερίου, το οποίο χρησιμοποιείται για τη θέρμανση των κτιρίων υπάρχει εγκατεστημένος μετρητής ο οποίος καταγράφει τις υφιστάμενες καταναλώσεις. Οι μετρήσεις αυτές ζητήθηκαν από την τεχνική υπηρεσία του ιδρύματος και προστέθηκαν στις ηλεκτρικές ανάγκες του κτιρίου, οπότε και προέκυψε ολοκληρωμένη εικόνα των ενεργειακών καταναλώσεων του κτιρίου.

## 2.2 Συντελεστής θερμοπερατότητας κτιρίου

### 2.2.1 Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο αυτό αναλύεται η μεθοδολογία που θα χρησιμοποιηθεί για τον έλεγχο της θερμικής επάρκειας του κελύφους των κτιρίων. Η μέθοδος αυτή εξετάζει όλα τα διαφανή και αδιαφανή στοιχεία του κτιρίου και το σύνολο του.

Ο έλεγχος της θερμομονωτικής προστασίας πραγματοποιείται με τα εξής δύο στάδια:

- Προσδιορισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας  $U_{εξεταζ}$ , όλων των στοιχείων του κελύφους, ο οποίος για το κάθε στοιχείο οφείλει να είναι μικρότερος από τη μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή που ορίζει ο ΚΕΝΑΚ .

Πρέπει δηλαδή να ισχύει:

$$\sum_{j=1}^n \frac{d_j}{\lambda_j} U_{εξεταζ} \leq U_{max} \quad [W/(m^2 \cdot K)] \quad (1)$$

- Προσδιορισμός του μέσου συντελεστή θερμότητας του κτιρίου, λαμβάνοντας υπόψη όλα τα διαφανή και αδιαφανή δομικά στοιχεία του κτιριακού κελύφους, ο οποίος οφείλει να είναι μικρότερος από τη μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή που ορίζει ο ΚΕΝΑΚ για κάθε κτίριο, εντασσόμενο σε μια από τις κλιματικές ζώνες του ελλαδικού χώρου. Η μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή του συντελεστή θερμοπερατότητας ( $U_{m, max}$ ) υπολογίζεται λαμβάνοντας υπόψη το λόγο του συνόλου της εξωτερικής περιμετρικής επιφάνειας του κτιρίου προς τον όγκο του ( $F/V$ ).

Πρέπει δηλαδή να ισχύει:

$$\sum_{j=1}^n \frac{d_j}{\lambda_j} U_{m, max} \leq U_{m, max} \quad [W/(m^2 \cdot K)] \quad (2)$$

Όλες οι τιμές που υπεισέρχονται στους υπολογισμούς στηρίζονται σε διεθνή πρότυπα.



### 2.2.2 Μεθοδολογία υπολογισμού συντελεστή θερμοπερατότητας

Η αντίσταση που προβάλλει μία ομογενής στρώση ενός δομικού στοιχείου στη ροή θερμότητας υπολογίζεται από το γενικό τύπο:

$$R = d / \lambda \quad [\text{m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}] \quad (3)$$

όπου:  $R$  [ $\text{W} / (\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ] η αντίσταση που προβάλλει στη ροή θερμότητας η συγκεκριμένη στρώση,

$d$  [m] το πάχος της στρώσης,

$\lambda$  [ $\text{W} / (\text{m} \cdot \text{K})$ ] ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας του υλικού της στρώσης  $d_j$

Έτσι σε ένα πολυστρωματικό δομικό στοιχείο, που αποτελείται από ομογενείς στρώσεις υλικών η **αντίσταση θερμοδιαφυγής** προκύπτει από το άθροισμα των επιμέρους αντιστάσεων της κάθε στρώσης σύμφωνα με τη σχέση:

$$\sum_{j=1}^n \frac{d_j}{\lambda_j} = \sum_j R_j \quad [\text{m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}] \quad (4)$$

Η συνολική **θερμική αντίσταση** που προβάλλει ένα πολυστρωματικό δομικό στοιχείο, που αποτελείται από ομογενείς στρώσεις υλικών, ορίζεται από το άθροισμα των αντιστάσεων των επί μέρους στρώσεων και των αντιστάσεων του στρώματος αέρα εκατέρωθεν των όψεών του κατά την εξίσωση:

$$R_T = R_i + R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_a \quad [\text{m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}] \quad (5)$$

όπου:  $R_T$  [ $\text{W} / (\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ] η συνολική αντίσταση που προβάλλει στη ροή θερμότητας το δομικό στοιχείο,

$n$  το πλήθος των στρώσεων του δομικού στοιχείου,

$R_i$  [ $\text{W} / (\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ] η **αντίσταση θερμικής μετάβασης** που προβάλλει το επιφανειακό στρώμα αέρα στη μετάδοση της θερμότητας από τον εσωτερικό χώρο προς το δομικό στοιχείο,

$R_a$  [ $\text{W} / (\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ] η **αντίσταση θερμικής μετάβασης** που προβάλλει το επιφανειακό στρώμα αέρα στη μετάδοση της θερμότητας από το δομικό στοιχείο προς το εξωτερικό περιβάλλον.

Οι τιμές των δύο αυτών αντιστάσεων λαμβάνονται από τον παρακάτω πίνακα.

**Πίνακας 2.1:** Τιμές συντελεστών και αντιστάσεων θερμικής μετάβασης 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

Έτσι ο συντελεστής θερμοπερατότητας ενός δομικού στοιχείου ορίζεται από τη σχέση:

$$U=1/R_T \quad [W/(m^2 \cdot K)] \quad (6)$$

και δίνει την ποσότητα θερμότητας που μεταφέρεται στη μονάδα του χρόνου σε σταθερό θερμοκρασιακό πεδίο μέσω της μοναδιαίας επιφάνειας ενός δομικού στοιχείου, όταν η διαφορά θερμοκρασίας του αέρα στις δύο όψεις του δομικού στοιχείου ισούται με τη μονάδα.

Ο συντελεστής θερμοπερατότητας για το κάθε στοιχείο οφείλει να είναι μικρότερος από τη μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή που ορίζει ο ΚΕΝΑΚ, ανάλογα με την κλιματική ζώνη στην οποία ανήκει το κτίριο, σύμφωνα με τον πίνακα που ακολουθεί.

**Πίνακας 2.2:** Μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας ανά κλιματική 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

Εάν η τιμή του συντελεστή θερμοπερατότητας προκύπτει μεγαλύτερη, θα πρέπει ο έλεγχος να επαναληφθεί, αφού προηγουμένως βελτιωθούν τα θερμοτεχνικά χαρακτηριστικά του δομικού στοιχείου.

Στη συνέχεια καταγράφονται τα δομικά στοιχεία που συναποτελούν το κατακόρυφο κέλυφος του κάθε ορόφου. Για καθένα από τα στοιχεία αυτά μεταφέρεται ο συντελεστής θερμοπερατότητας του, που είχε υπολογιστεί και υπολογίζεται η επιφάνεια που το στοιχείο αυτό καταλαμβάνει στο κατακόρυφο κέλυφος του συγκεκριμένου ορόφου. Τα ίδια επαναλαμβάνονται και για τα κουφώματα που συναντώνται στο κέλυφος του συγκεκριμένου ορόφου, με τη βοήθεια του Πίνακα 2.3 που περιέχει τους αντίστοιχους συντελεστές  $U$  για κάθε τύπο υαλοπίνακα.

**Πίνακας 2.3:** Τυπικές τιμές συντελεστή θερμοπερατότητας κουφωμάτων  $U_w$

Τύπος πλαισίου	Ποσοστό πλαισίου $F_f$	Υαλοπίνακας μονός	Δίδυμος υαλοπίνακας		Δίδυμος υαλοπίνακας με επίστρωση μεμβράνης χαμηλής εκπεμφιμότητας	
			με διάκενο αέρα 6 mm	με διάκενο αέρα 6 mm	με διάκενο αέρα 12 mm	με διάκενο αέρα 6 mm
			[W/(m <sup>2</sup> K)]	[W/(m <sup>2</sup> K)]	[W/(m <sup>2</sup> K)]	[W/(m <sup>2</sup> K)]
Μεταλλικό πλαίσιο χωρίς θερμοδιακοπή.	20%	6,0	4,1	3,7	3,6	3,0
	30%	6,1	4,5	4,1	4,0	3,5
	40%	6,2	4,8	4,5	4,4	4,0
Μεταλλικό πλαίσιο με θερμοδιακοπή 12 mm	20%	-	3,6	3,2	3,1	2,6
	30%	-	3,5	3,2	3,1	2,7
	40%	-	3,5	3,2	3,0	2,8
Μεταλλικό πλαίσιο με θερμοδιακοπή 24 mm	20%	-	3,4	3,0	3,0	2,3
	30%	-	3,3	3,0	2,9	2,4
	40%	-	3,2	3,0	2,9	2,4
Συνθετικό πλαίσιο	20%	-	3,4	3,0	2,9	2,2
	30%	-	3,3	2,9	2,9	2,3
	40%	-	3,2	2,9	2,9	2,4
Ξύλινο πλαίσιο	20%	5,0	3,2	2,9	2,7	2,1
	30%	4,7	3,1	2,8	2,6	2,1
	40%	4,3	3,0	2,7	2,6	2,1
Διπλό παράθυρο (ξύλινο)*	20%	2,4	-	-	-	-
	30%	2,3	-	-	-	-

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

Το αποτέλεσμα της διαίρεσης αυτής είναι ο μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας του ορόφου.

Τέλος, για να ολοκληρωθεί η μελέτη, πρέπει να υπολογιστεί ο μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας του κτιρίου. Έτσι προστίθενται εδώ όλα τα γινόμενα  $U \cdot F$  όπως αυτά υπολογίστηκαν προηγουμένως, για όλα τα κατακόρυφα και οριζόντια στοιχεία του κελύφους του κτιρίου και διαιρούνται με τη συνολική επιφάνεια του κελύφους.

Δηλ.

$$U_m = \frac{\sum k \cdot F}{\sum F} \quad [\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})] \quad (7)$$

Η τελική αυτή τιμή συγκρίνεται με την αντίστοιχη τιμή από τον ακόλουθο πίνακα και κρίνεται αν το κτίριο είναι θερμομονωτικά επαρκές.

**Πίνακας 2.4:** Μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας ενός κτιρίου

Μόγος F/V [m <sup>-1</sup> ]	Μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας U <sub>m</sub> [W/(m <sup>2</sup> ·K)]			
	Ζώνη Α	Ζώνη Β	Ζώνη Γ	Ζώνη Δ
≤ 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
≥ 1,0	0,81	0,73	0,66	0,60

## 2.3 Θερμοκάμερα

### 2.3.1. Γενικά στοιχεία

Η θερμοκάμερα είναι μια συσκευή παρεμφερής με την κοινή κάμερα, η οποία όμως δεν σχηματίζει εικόνα χρησιμοποιώντας ορατή ακτινοβολία, αλλά υπέρυθρη. Κάθε σώμα εκπέμπει υπέρυθρη ακτινοβολία, η οποία εξαρτάται από τη θερμοκρασία του σώματος και από το συντελεστή εκπεμπτικότητας της επιφάνειάς του. Γενικά, όσο μεγαλύτερη θερμοκρασία έχει ένα αντικείμενο, τόσο μεγαλύτερη υπέρυθρη ακτινοβολία εκπέμπει. Μία πολύ καλή κάμερα μπορεί να ανιχνεύσει αυτή την ακτινοβολία με τον ίδιο τρόπο που το κάνει και μια συνηθισμένη κάμερα με την ορατή ακτινοβολία. Λειτουργεί ακόμα και στο απόλυτο σκοτάδι, αφού το επίπεδο του υπάρχοντος φωτός δεν παίζει κανέναν ρόλο. Αυτό την κάνει χρήσιμη για

περιπτώσεις διάσωσης σε κτήρια που έχουν γεμίσει με καπνό και για υπόγεια. Η εικόνα αυτή αφού ανιχνευθεί από τον υπέρυθρο ανιχνευτή της κάμερας, μετατρέπεται σε διαφορά δυναμικού και στη συνέχεια σε εικόνα χρώματος αντίστοιχου της κάθε ακτινοβολίας.

Σε μια θερμοφωτογραφία όπως συνηθίζεται να λέγεται, τα πιο φωτεινά (θερμότερα) μέρη της εικόνας έχουν άσπρο χρώμα, για ενδιάμεσες θερμοκρασίες είναι κόκκινα και κίτρινα, και τα πιο σκοτεινά (ψυχρότερα) κομμάτια είναι μπλε. Αφού λοιπόν με τη θερμοφωτογραφία μπορούν να φανούν οι θερμοκρασιακές διαφορές στις επιφάνειες των υλικών, με γνώση της κατάλληλης θεωρίας και με την απαραίτητη εμπειρία η κάμερα αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον άμεσο εντοπισμό σημείων διαφυγής ενέργειας, υγρασίας, μούχλας και άλλων ηλεκτρολογικών προβλημάτων.



**Εικόνα 2.2:** Θερμογραφική κάμερα

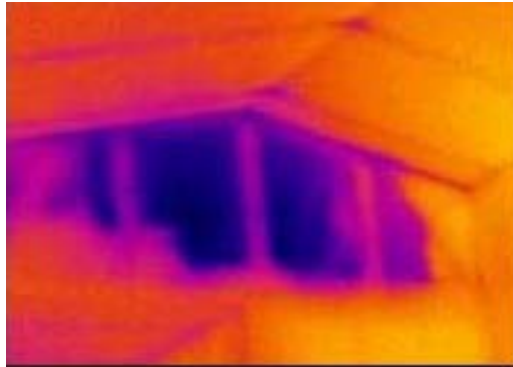
Στο σημείο αυτό κρίνεται σκόπιμο να γίνει μια συνοπτική παρουσίαση ενεργειακών προβλημάτων που μπορούν να εντοπιστούν με τη χρήση της κάμερας:

#### **α) Θερμικές γέφυρες**

Θερμική γέφυρα ή αλλιώς θερμογέφυρα αποκαλείται το τμήμα εκείνο του κτιριακού κελύφους που παρουσιάζει χαμηλή θερμική αντίσταση σε σχέση με το υπόλοιπο τμήμα του κελύφους. Αυτές συναντώνται συνήθως σε περιοχές όπως ένωση μεταξύ τοίχων, ή τοίχιου με δάπεδο, αλουμίνια κ.α. Συνήθως στις κατασκευές τέτοια στοιχεία μπορεί να είναι κολώνες, δοκάρια, τοιχία, σενάζ, κούτελα πλακών κλπ. Εκτός από τις θερμικές απώλειές τους που είναι μεγάλες, οι θερμογέφυρες είναι επιρρεπείς σε συμπίκνωση υδρατμών και συνεπώς και στην ανάπτυξη μούχλας.

Για να εντοπιστούν θερμικές γέφυρες με θερμογραφήματα, πρέπει το σύστημα εσωτερικό-περιβάλλον χώρος του κτιρίου να βρίσκεται σε ισορροπία. Αυτό συμβαίνει κατά τους χειμερινούς μήνες, όταν υπάρχουν θερμαινόμενοι εσωτερικοί χώροι, χαμηλές θερμοκρασίες περιβάλλοντος και ικανοποιητική διαφορά

θερμοκρασίας μεταξύ εσωτερικού και εξωτερικού χώρου (τουλάχιστον 20 °C). Επίσης η θερμοκρασιακή διαφορά πρέπει να έχει παραμείνει σταθερή για τουλάχιστον τρεις ώρες. Στην εικόνα 2.2 δίνεται ένα παράδειγμα θερμογέφυρας. Πρόκειται για τοίχο ο οποίος χτίστηκε από διαφορετικό υλικό και στα σημεία ένωσης, τόσο του νέου υλικού, όσο και της οροφής παρατηρούνται θερμογέφυρες.



**Εικόνα 2.2:** Θερμογέφυρες σε σημεία ένωσης διαφορετικών υλικών

### **β) Εντοπισμός υγρασίας**

Ο εντοπισμός υγρασίας είναι εφικτός με γυμνό οφθαλμό μόνο όταν βρίσκεται σε προχωρημένο στάδιο, ωστόσο με τη βοήθεια μιας θερμοκάμερας, μπορούν να εντοπιστούν εγκαίρως ζημιές από την υγρασία και το νερό σε ένα κτίριο. Αυτό είναι εφικτό διότι η κατεστραμμένη περιοχή έχει διαφορετικές ιδιότητες αγωγής θερμότητας και επίσης παρουσιάζει διαφορετική ικανότητα αποθήκευσης της θερμότητας από ότι το γύρω υλικό.

### **γ) Ατέλειες στη μόνωση**

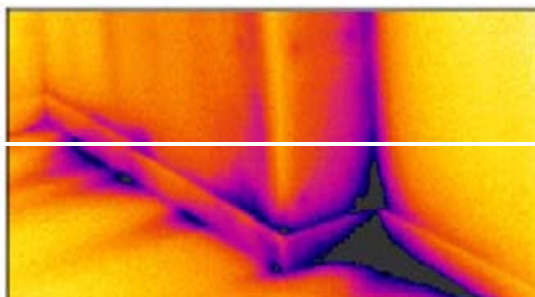
Η θερμοκάμερα επιτρέπει στον επιθεωρητή να διακρίνει τις ατέλειες στη μόνωση είτε επειδή αυτές παρουσιάζουν διαφορετική θερμική αγωγιμότητα από τα μέρη με σωστά τοποθετημένη μόνωση είτε επειδή αυτές αποκαλύπτουν το σημείο από το οποίο εισέρχεται αέρας στον σκελετό του κτιρίου. Στην Εικόνα 2.3 για παράδειγμα ο τοίχος είναι θερμότερος από το μπετό, γεγονός που υποδεικνύει την έλλειψη μόνωσης.



**Εικόνα 2.3:** Θερμογέφυρες σε σημεία ένωσης διαφορετικών υλικών

### δ) Ρεύματα αέρα

Είναι πιθανό να υπάρχει διείσδυση αέρα σε ένα κτίριο, σε σημεία όπως πίσω από το σοβατεπί, ή σε σημεία που δεν έχει τοποθετηθεί σωστά η μόνωση, το οποίο φαίνεται κατά τη θερμογράφιση με σκούρο χρώμα(ψυχρός αέρας διεισδύει σε θερμό κτίριο) και παρουσιάζει ένα χαρακτηριστικό ακτινωτό μοτίβο, όπως στην Εικόνα 2.4.



**Εικόνα 2.4:** Θερμογέφυρες σε σημεία ένωσης διαφορετικών υλικών

Για τον εντοπισμό θερμικών γεφυρών και σημείων διαφυγής θερμού αέρα οι ιδανικές συνθήκες είναι:

- απουσία ηλιακής ακτινοβολίας
- θερμική ισορροπία (για κάποιο χρονικό διάστημα πριν τη θερμογράφιση)
- μεγάλη διαφορά θερμοκρασίας στο εσωτερικό και στο εξωτερικό του κτιρίου.

Για τον εντοπισμό υγρασίας, εσωτερικών ανωμαλιών και διαφορετικών υλικών πίσω από ενιαία επιφάνεια απαιτείται ο ουρανός να είναι καθαρός με έντονη ηλιακή ακτινοβολία και ασθενείς ανέμους. Οι κατάλληλες ώρες για τη θερμογράφιση είναι όταν ο ρυθμός μεταβολής της θερμοκρασίας είναι μεγάλος δηλαδή είτε νωρίς το πρωί είτε αμέσως μετά τη δύση του ήλιου.

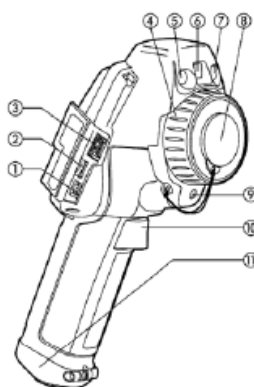
### 2.3.2 Παρουσίαση της θερμοκάμερας FLIR b50

Για τους σκοπούς της παρούσας εργασίας χρησιμοποιήθηκε η θερμοκάμερα FLIR b50, η οποία ανήκει στο εργαστήριο Συστημάτων Αποφάσεων και Διοίκησης της σχολής ΗΜΜΥ ΕΜΠ και έχει τα εξής χαρακτηριστικά:

- Ενσωματωμένος φωτισμός LED
- Ανάλυση υπέρυθρης φωτογραφίας 140 x 140 pixels
- Ψηφιακή κάμερα 1536 x 1536 pixels
- Βάρος μόλις 600 g
- Σκόπευση με λέιζερ

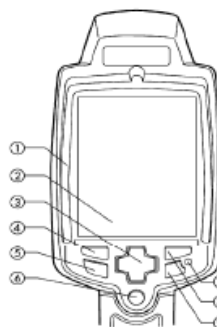
- Δυνατότητα αντιγραφής απευθείας σε USB
- Μίξη εικόνας (τριπλή λειτουργία) και εικόνα μέσα σε εικόνα για καλύτερη αντίληψη του χώρου
- Μπαταρία Λιθίου διάρκειας 5 ωρών
- Κατάλογος 21 γλωσσών
- Συναγερμός μόνωσης και σημείων δρόσου
- Μεγάλο εύρος θερμοκρασίας από -20 °C to +120 °C
- Σφάλμα ακριβείας μόλις  $\pm 2\%$
- Micro SD κάρτα μνήμης για αποθήκευση έως και 2000 ραδιομετρικές JPEG εικόνες
- Διαθέσιμο λογισμικό πρόγραμμα για ανάλυση και επεξεργασία σε βάθος κάθε εικόνας

Στην επόμενη εικόνα φαίνονται όλα τα κουμπιά και οι χρήσεις τους, έτσι όπως αποτυπώνεται στο εγχειρίδιο χρήσης της κάμερας.



1. υποδοχή σύνδεσης USB mini-B (για τη σύνδεση της κάμερας με υπολογιστή)
2. κάρτα μνήμης MicroSD™
3. υποδοχή σύνδεσης USB A (για τη σύνδεση μιας συσκευής κάρτας μνήμης (memory stick) USB ή άλλης συσκευής USB με την κάμερα)
4. δακτύλιος εστίασης πάνω στο φακό υπερύθρων
5. λυχνία ψηφιακής κάμερας
6. ψηφιακή κάμερα
7. λυχνία ψηφιακής κάμερας
8. καπάκι φακού
9. δείκτης λέιζερ
10. προγραμματιζόμενο πλήκτρο για την αποθήκευση εικόνων
11. κάλυμμα για τη υποδοχή της μπαταρίας, συμπεριλαμβανομένου του κουμπιού απασφάλισης.

1. Προστατευτικό ελαστικό πλαίσιο
2. Οθόνη LCD
3. Κουμπιά κατεύθυνσης
4. Αριστερό κουμπι επιλογής
5. Κουμπι κάμερας/αρχειοθέτησης
6. Κουμπι για την ενεργοποίηση του δείκτη λέιζερ.
7. Ενδεικτική λυχνία λειτουργίας.
8. Δεξί κουμπι επιλογής
9. Κουμπι On/Off



**Εικόνα 2.5:** Γνωριμία με την κάμερα (εικόνα από το εγχειρίδιο της κάμερας)

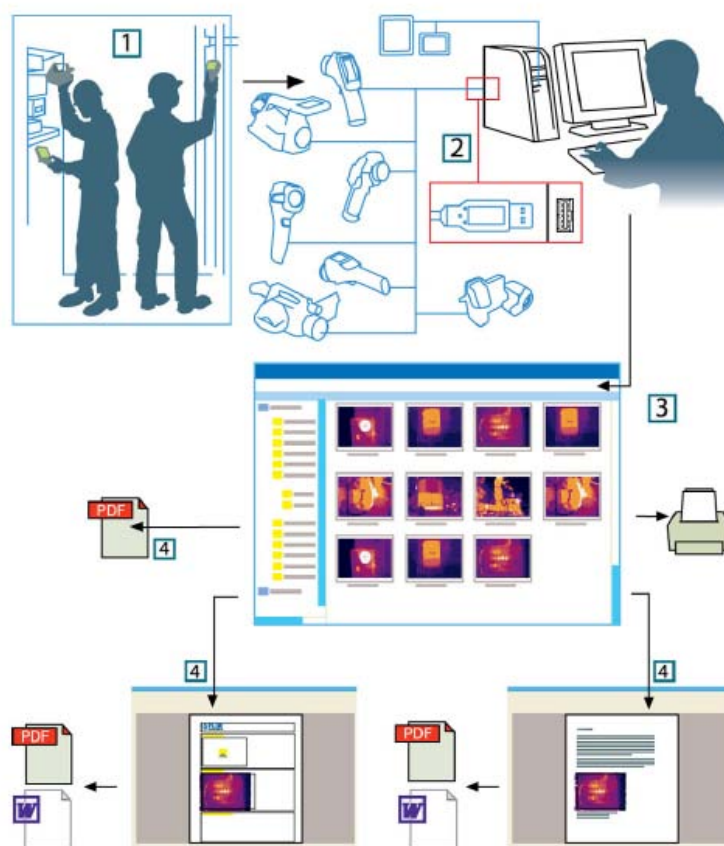


### 2.3.3 Διαδικασία θερμογράφισης

Η τυπική διαδικασία που ακολουθείται κατά τη θερμογράφιση φαίνεται στο ακόλουθο σχήμα(Εικόνα 2.6).

Δηλαδή τα εξής βήματα:

- Χρήση της κάμερας για λήψη θερμοφωτογραφιών και ψηφιακών εικόνων
- Μεταφορά των αρχείων στον υπολογιστή με χρήση καλωδίου USB ή μέσω των καρτών μνήμης που διαθέτει η κάμερα
- Μέσα από το FLIR QuickReport γίνεται ο χειρισμός των αρχείων, η ανάλυση των εικόνων, μπορούν να ληφθούν διάφορα δεδομένα που αφορούν τον ερευνητή, όπως θερμοκρασίες κάθε σημείου, σημείο δρόσου κ.α. ενώ τέλος μπορούν να επεξεργαστούν οι εικόνες και να προστεθούν σχόλια, βέλη κ.α.
- Σύνταξη έκθεσης επιθεώρησης, για την οποία διτείνεται το πρόγραμμα FLIR Reporter, που βοηθάει στη σύνταξη της έκθεσης με ένα συγκεκριμένο πρότυπο και εξαγωγή pdf αρχείων.



**Εικόνα 2.6:** Τυπική ροή εργασίας επιθεώρησης με υπέρυθρες

Για τις ανάγκες της παρούσας εργασίας ακολουθήθηκαν τα παραπάνω βήματα, με τη μόνη διαφορά, ότι στο τελευταίο βήμα δεν έγινε σύνταξη της έκθεσης με αυτόν τον τρόπο, καθότι κρίθηκε προτιμότερο οι θερμοφωτογραφίες να προστεθούν στο

κείμενο και να σχολιαστούν με τον ίδιο τρόπο όπως όλα τα άλλα πειραματικά αποτελέσματα που προέκυψαν, από τα άλλα καταγραφικά όργανα.

Τέλος πρέπει να αναφερθεί ότι στην προσπάθεια να γίνει όσο το δυνατόν πιο σωστή χρήση της κάμερας και να ληφθούν όσο το δυνατόν λιγότερο «παραπλανητικές» εικόνες, δόθηκε έμφαση στα εξής:

- Όλες οι θερμογραφίες έγιναν κατά τη δύση του ηλίου
- Η διαφορά θερμοκρασιών του εσωτερικού του κτιρίου και του εξωτερικού περιβάλλοντος ήταν μεγαλύτερη των 10°C.
- Προτιμήθηκαν ημέρες με χαμηλή έως καθόλου ηλιοφάνεια, ώστε να μην υπερθερμαίνονται τα διάφορα υλικά των κτιρίων
- Η εσωτερική θερμοκρασία των κτιρίων δεν μπορεί να μεταβλήθηκε περισσότερο από 2°C αφού η θερμογράφιση κρατούσε λιγότερο από μια ώρα κάθε φορά.
- Η κάμερα κρατούνταν όσο αυτό ήταν εφικτό κάθετη προς τις εξεταζόμενες επιφάνειες. Ωστόσο κάποιες φορές αυτό ήταν αδύνατο, λόγω του μεγάλου ύψους στο οποίο βρίσκονταν κάποιες επιφάνειες και της αδυναμίας προσέγγισης τους με άλλο τρόπο.

## 2.4 Ηλεκτρονικός Αναλυτής καυσαερίων

### 2.4.1 Γενικά στοιχεία για την ανάλυση καυσαερίων του λέβητα

Η μέτρηση της απόδοσης καύσης του λέβητα καθώς και της ανάλυσης των καυσαερίων γίνεται με ειδικό όργανο, τον αναλυτή καυσαερίων. Οι ρύποι από τα καυσαέρια μπορούν να μειωθούν μόνο εάν οι υπάρχουσες εγκαταστάσεις, λέβητες & καυστήρες λειτουργούν όσο το δυνατόν αποτελεσματικότερα ή οι επιβλαβείς εγκαταστάσεις σταματήσουν να λειτουργούν. Ανάλογα με την αξιοποίηση και επεξεργασία των μετρήσεων, η ανάλυση των καυσαερίων προσφέρει το μέσο για τον προσδιορισμό των ρυπογόνων συγκεντρώσεων, ενώ αποτελεί παράλληλα ένα βασικό εργαλείο εντοπισμού προβλημάτων στην καύση που μπορεί να οδηγήσει σε αυξημένες απώλειες του συστήματος.

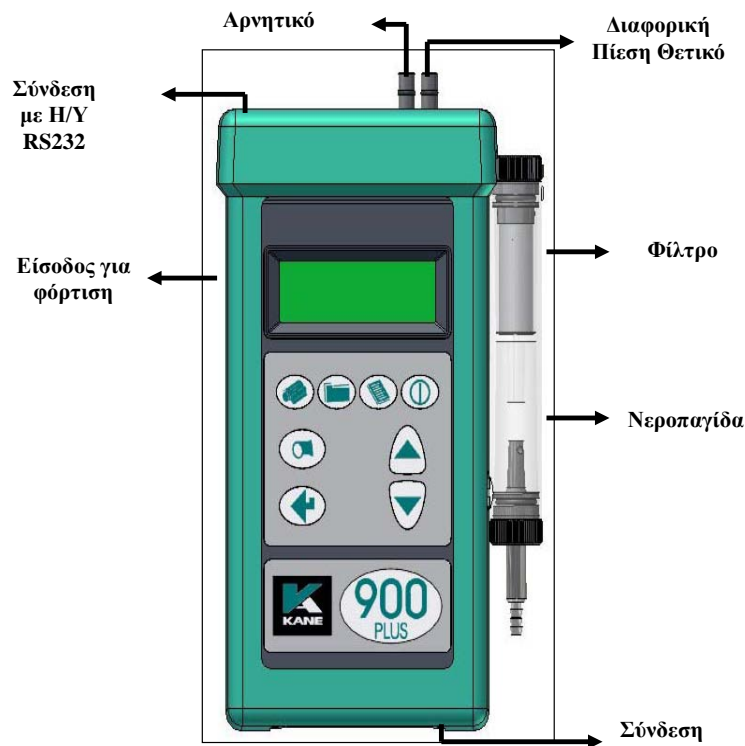
Στη διαδικασία καύσης χρησιμοποιείται το καύσιμο (φυσικό αέριο ή πετρέλαιο) και αέρας, ενώ εξέρχονται καυσαέρια τα οποία αποτελούνται κυρίως από οξυγόνο, άζωτο, υδρογόνο και άνθρακα. Πιο συγκεκριμένα την απόδοση της καύσης επηρεάζουν κυρίως το οξυγόνο (O) και ο άνθρακας (C), ενώ υπεύθυνα για περιβαλλοντικές επιπτώσεις είναι τα οξειδία του αζώτου (NOx), το διοξείδιο του άνθρακα (CO<sub>2</sub>) και το μονοξείδιο του άνθρακα (CO).

Η ανάλυση καυσαερίων διεξάγεται εισάγοντας έναν ακροδέκτη μέσα στη φλόγα του καυστήρα, ανάμεσα στον τελευταίο εναλλάκτη θερμότητας και στον εκτροπέα ή σε κάθε πηγή αέρα που εισέρχεται σε καύσιμο και δεν πέρασε τη διαδικασία της καύσης. Είναι επίσης απαραίτητο να μετρηθεί η θερμοκρασία του αέρα από την καύση ή της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος αν αυτή είναι η πηγή του αέρα της καύσης. Ανάλογα με το αέριο που μετράται οι περισσότεροι ακροδέκτες σήμερα είναι υπέρυθροι ή κάποιου είδους ηλεκτροχημικοί. Δεν μετρούνται απευθείας όλα τα αέρια αλλά κάποιες τιμές υπολογίζονται βασισμένες σε άλλες μετρήσεις και μέσω κατάλληλων σχέσεων / συναρτήσεων. Οι ακροδέκτες και οι αισθητήρες δεν έχουν απεριόριστο χρόνο ζωής. Λόγω των μετρήσεων κάποια ηλεκτροχημικά μέρη φθείρονται αφού εκτίθενται σε υψηλές θερμοκρασίες και διαβρωτικά αέρια. Για αυτούς τους λόγους προτιμούνται υπέρυθροι αισθητήρες που ωστόσο είναι ακριβότεροι και όχι πάντα ακριβείς.

Οι τιμές των μετρήσεων υπολογίζονται είτε σε μέρος στο εκατομμύριο (ppm) είτε σε ποσοστό επί τοις εκατό (%) αναλόγως το μέγεθος. Μεγάλοι αριθμοί όπως του οξυγόνου και του διοξειδίου συνήθως δίνονται σε εκατοστιαία ποσοστά, ενώ μικροί όπως το μονοξείδιο ή τα οξείδια του αζώτου σε ppm.

#### 2.4.2 Παρουσίαση του αναλυτή καυσαερίων KANE900plus

Κατά την διεξαγωγή των μετρήσεων στην Πολυτεχνειούπολη χρησιμοποιήθηκε ο αναλυτής καυσαερίων KANE 900 PLUS.



Εικόνα 2.7: Αναλυτής καυσαερίων KANE900plus

Ο αναλυτής χειρός KANE900 PLUS είναι εύκολος στη χρήση για μετρήσεις καυσαερίων σε εσωτερικούς (οικιακούς) και βιομηχανικούς καυστήρες. Εφαρμόζει σε όλους τους τύπους καυστήρων και μπορεί να παραθέσει ταυτόχρονα 8 παραμέτρους, δείχνοντας τις μετρήσεις και τους υπολογισμούς της απόδοσης του καυστήρα και της πιθανής μόλυνσης. Μπορεί να αποθηκεύσει στη μνήμη του ως και 150 μετρήσεις και τα δεδομένα αυτά μεταφέρονται εύκολα στον υπολογιστή για επεξεργασία. Οι μετρήσεις δείχνουν αναλυτικά την ώρα και την ημερομηνία στην οποία πραγματοποιήθηκαν, ενώ υπάρχει δυνατότητα απευθείας εκτύπωσης τους.

Συνοπτικά μπορεί να μετρήσει:

- Μονοξείδιο του άνθρακα (CO) ως 10,000ppm με αισθητήρα υδρογόνου (εναλλακτικά CO ως 100,000ppm με αισθητήρα μεγάλου εύρους)
- Οξυγόνο ως και 21%
- Οξείδιο του αζώτου (NO) ως 5000ppm με υπολογισμένη NOx (εναλλακτικά NO ως 100ppm με καλύτερη ακρίβεια μικρού εύρους)
- Διοξείδιο του θείου (SO<sub>2</sub>) ως και 5000ppm
- (Εναλλακτικά κάθε αισθητήρας τοξικότητας μπορεί να αντικατασταθεί με αισθητήρα των 1000ppm διοξειδίου του αζώτου (NO<sub>2</sub>))
- Θερμοκρασία εισόδου
- Θερμοκρασία καυσαερίων
- Διαφορική πίεση

#### **2.4.3 Διεξαγωγή μετρήσεων και Ανάλυση των παραμέτρων του αναλυτή καυσαερίων**

Οι μετρήσεις έγιναν με επίσκεψη στο λεβητοστάσιο, όπου έγινε πιστοποίηση των τεχνικών στοιχείων των λεβήτων και διαπιστώθηκε η ύπαρξη οπής στην καμινάδα, απαραίτητη για την εισαγωγή του ακροστοιχείου δειγματοληψίας του αναλυτή καυσαερίων. Τοποθετήθηκε λοιπόν το ακροφύσιο στην οπή, στο μέσο της ροής των καυσαερίων και λήφθηκαν πληροφορίες σχετικά με την απόδοση καύσης, τη θερμοκρασία των καυσαερίων, την πίεση, ενώ ο αναλυτής υπολόγισε την περιεκτικότητα των καυσαερίων σε CO, CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, C<sub>x</sub>H<sub>x</sub>.

Ακολουθεί μια περιγραφή των βασικών παραμέτρων που ερευνήθηκαν.

- **Απόδοση Καύσης (Βαθμός Απόδοσης)**

Με κατάλληλη επεξεργασία των μετρήσεων υπολογίζεται η μέση απόδοση καύσης του λέβητα για το χρονικό διάστημα που έμεινε συνδεδεμένος ο αναλυτής καυσαερίων στον λέβητα. Υπολογίζεται δηλαδή το ποσοστό του φυσικού αερίου που καταναλώνεται στο λέβητα και αποδίδεται σαν χρήσιμη θερμική ενέργεια. Προφανώς ένα μέρος της ενέργειας του καυσίμου μένει

ανεκμετάλλευτο α) λόγω απαγωγής των θερμών καυσαερίων στο περιβάλλον, β) λόγω ατελούς καύσης γ) λόγω θέρμανσης κάποιας ποσότητας αέρα και δ) λόγω απωλειών από τα τοιχώματα του λέβητα. Όσο πιο καλά λειτουργεί ο καυστήρας, τόσο πιο κοντά στο 100% θα είναι η απόδοση του.

- **Θερμοκρασία καυσαερίων**

Από τις σημαντικότερες απώλειες του συστήματος είναι οι απώλειες θερμότητας από τα καυσαέρια. Οι απώλειες αυτές μπορούν να ελεγχθούν εύκολα, με τη ρύθμιση της αναλογίας αέρα-καυσίμου που χρησιμοποιείται στο λέβητα. Η θερμοκρασία απαγωγής των καυσαερίων πρέπει να είναι πάνω από μία τέτοια θερμοκρασία, έτσι ώστε να αποφεύγονται οι συμπυκνώσεις των καυσαερίων που οδηγούν σε διαβρώσεις και επίσης όχι πολύ υψηλή για να μην αυξάνονται οι θερμικές απώλειες των καυσαερίων.

- **Συντελεστής  $\Lambda$  (Περίσσεια αέρα)**

Είναι ο λόγος του παρεχόμενου αέρα στον καυστήρα προς τον στοιχειομετρικά απαιτούμενο για ιδανική καύση. Στοιχειομετρική καύση σημαίνει ότι όλος ο άνθρακας, το υδρογόνο και το θείο του καυσίμου καίγονται προς διοξείδιο του άνθρακος, νερό και διοξείδιο του θείου με το ελάχιστο ποσό οξυγόνου.

Όταν δηλαδή έχουμε ένα ποσοστό περίσσειας αέρα, σημαίνει πως έχουμε μεγαλύτερη ποσότητα αέρα από αυτήν που απαιτείται θεωρητικά. Το οξυγόνο της ποσότητας αυτής δεν λαμβάνει μέρος στην καύση, αλλά απάγεται από τον λέβητα με τα καυσαέρια, αφού προηγουμένως θερμανθεί.

- **Ποσότητα Οξειδίων Αζώτου**

Είναι η ποσότητα NO που περιέχεται στα καυσαέρια εκφρασμένη σε ppm, σε κανονικές συνθήκες. Η τιμή του εξαρτάται από την περίσσεια αέρα και την θερμοκρασία καυσαερίων. Πρέπει να είναι όσο το δυνατόν χαμηλότερη, κάτω από 50ppm αν πρόκειται για πολύ μεγάλους καυστήρες.

- **Ποσότητα Διοξειδίου του Θείου**

Είναι η ποσότητα SO<sub>2</sub> που περιέχεται στα καυσαέρια, εκφρασμένη σε ppm. Η τιμή του εξαρτάται κυρίως από την περιεκτικότητα θείου στο καύσιμο και θα πρέπει να είναι όσο το δυνατόν μικρότερη.

- **Θερμικές Απώλειες Καύσης**

Είναι το ποσοστό της Θερμικής ενέργειας του καυσίμου που δεν αξιοποιείται. Η τιμή του προκύπτει σαν (100 - Θερμική Απόδοση Καύσης) και θα πρέπει να πλησιάζει το 0.

Σύμφωνα με την TOTEE 20701-4/2010 τα επιτρεπόμενα όρια για εγκαταστάσεις θέρμανσης με φυσικό αέριο φαίνονται στον πίνακα που ακολουθεί.

**Πίνακας 2.5:** Επιτρεπόμενα όρια παραμέτρων των καυσαερίων

Μετρούμενο μέγεθος	Φυσικό αέριο
Ελάχιστη επιτρεπόμενη τιμή περιεκτικότητας καυσαερίων σε CO <sub>2</sub>	9-10%
Ανώτατη επιτρεπόμενη τιμή δείκτη αιθάλης	1
Ελάχιστη επιτρεπόμενη θερμοκρασία καυσαερίων	160
Μέγιστη επιτρεπόμενη θερμοκρασία καυσαερίων	260
Ενδεικτικά όρια σε CO (ppm)	0-50

## 2.5 Αναλυτής ηλεκτρικής ενέργειας

### 2.5.1 Παρουσίαση του ηλεκτρικού αναλυτή ενέργειας Fluke 1735

Για την μέτρηση των ηλεκτρικών μεγεθών, όπως είναι η ένταση του ρεύματος, η τάση, η ενεργός και άεργος ισχύς, ο συντελεστής ισχύος και άλλες σημαντικές παράμετροι χρησιμοποιήθηκε ο αναλυτής ηλεκτρικής ισχύος ή ενέργειας, τριών φάσεων, Fluke 1735.



**Εικόνα 2.8:** Αναλυτής Ηλεκτρικής Ενέργειας Fluke 1735

Το ειδικό αυτό όργανο περιλαμβάνει 4 ελαστικά καλώδια ρεύματος, λογισμικό καταγραφής, τους οδηγούς και τους συνδέσμους τάσης, 4 ελαστικά καλώδια ρεύματος (15 A/150 A/3000 A), ένα σύνολο χρωμάτων για την εύκολη ταυτοποίηση και εντοπισμό, καλώδιο σύνδεσης με H/Y, και αντάπτορα ac καμπύλης (115/ 30 V,

50/60 Hz). Έχει μεγάλη μνήμη, ώστε να μπορεί να παρακολουθήσει δεδομένα έως και 45 μέρες, έτσι ώστε να είναι εφικτός ο εντοπισμός διαφόρων δύσκολων προβλημάτων.

Μπορεί να υπολογίσει ενεργές τιμές τάσης, ρεύματος, τις γωνίες των φάσεων, THD για ρεύματα και τάσεις, αρμονικές ως και την 50ή, ενεργό και άεργο ισχύ και ενέργεια, συντελεστή ισχύος και άλλα. Οι αποθηκευμένες στη μνήμη μετρήσεις υφίστανται επεξεργασία με το λογισμικό πακέτο FLUKE Power Log 2.9 Software. Από τα αποτελέσματα αυτά, στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας δημιουργούνται γραφήματα που βοηθούν στην αξιολόγηση του συστήματος και τον εντοπισμό ανεπιθύμητων φαινομένων.

### 2.5.2 Παρουσίαση του αναλυτή ενέργειας Landis & Gyr ZxD300/400

Στο κτίριο Λαμπαδάριο της Πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου, το τεχνικό τμήμα του ιδρύματος έχει τοποθετήσει τον ενεργειακό αναλυτή Landis & Gyr που παρουσιάζεται παρακάτω, για να παρατηρεί και να ερευνά τις ηλεκτρικές καταναλώσεις του κτιρίου.



**Εικόνα 2.9:** Ο αναλυτής ενέργειας ZxD που είναι μόνιμα εγκατεστημένος για τη μελέτη του ηλεκτρικού φορτίου του Λαμπαδαρίου

Ο αναλυτής ενέργειας Landis & Gyr ZxD300/400 είναι ιδανικός για για μεσαίου και μεγάλου μεγέθους εφαρμογές στη βιομηχανία ή οπουδήποτε αλλού. Διαθέτει: καλώδιο και λειτουργία Plug & Play, υψηλή ακρίβεια μετρήσεων, μονοφασική καταγραφή ενέργειας, καταγραφή συμβάντων, ρυθμίσεις κοστολογίου για την κατανάλωση ενέργειας, πληροφορίες για την απόδοση και το φορτίο. Διαθέτει εξωτερικό έλεγχο, εικοσιτέσσερις καταχωρητές για την ενέργεια, οχτώ κανάλια ταυτόχρονης καταγραφής, ένα ψηφιακό περιβάλλον με εύκολες εντολές επικοινωνίας και λειτουργίας με το σύστημα, ενώ προσφέρεται και σε διάφορες εκδοχές ανάλογα με τις ανάγκες εφαρμογής και για διάφορες τιμές ρεύματος και τάσεων ανάλογα με το καθεστώς ηλεκτροδότησης που επικρατεί. Για την καταγραφή των μετρήσεων

χρησιμοποιούνται ως και οχτώ κανάλια που παρέχουν τις πληροφορίες για υπολογισμούς ενέργειας και απόδοσης. Κάθε ένας από τους 24 καταχωρητές έχει εκτεταμένες δυνατότητες και υπάρχουν πλήθος επιλογές για εσωτερικό και εξωτερικό έλεγχο. Διαθέτει δυο εισόδους για διαφορετικά μετρητικά σημεία και οχτώ ελεύθερα ρυθμιζόμενες εξόδους. Οι διάφορες επιλογές μνήμης (προηγούμενες τιμές κατανάλωσης, προφίλ φορτίου και δεδομένα ενέργειας και απόδοσης) διευκολύνουν την παρακολούθηση και την εξαγωγή συμπερασμάτων. Καταγράφονται επίσης πληροφορίες σχετικά με το δίκτυο και την ποιότητα παροχής.



### ***Κεφάλαιο 3: Ενεργειακή επιθεώρηση στο κτίριο ΗΜΜΥ***

---



### 3.1 Περιγραφή της κτιριακής εγκατάστασης

Το κτίριο της σχολής Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών (ΗΜΜΥ) βρίσκεται στο συγκρότημα της Πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου και κατασκευάστηκε κατά τη διάρκεια της περιόδου 1978-1979. Αποτελείται από δύο φάσεις, εκ των οποίων μόνο η Α΄ φάση του κτιρίου μελετάται στα πλαίσια της παρούσας εργασίας. Το συνολικό εμβαδό του είναι 11.158,5 m<sup>2</sup> και αποτελείται από 5 ορόφους, εκ των οποίων ο ένας είναι υπόγειος, ενώ ο 3ος όροφος που είναι μικρότερης έκτασης από τους υπολοίπους επικοινωνεί και βρίσκεται στο ίδιο επίπεδο με την ταράτσα του κτιρίου.

Ο προσανατολισμός του κτιρίου είναι:

**Γεωγραφικό πλάτος (φ):** 23ο 47΄ Ε (Ανατολικά)

**Γεωγραφικό μήκος (λ):** 37ο 58΄ Ν (Βόρεια)



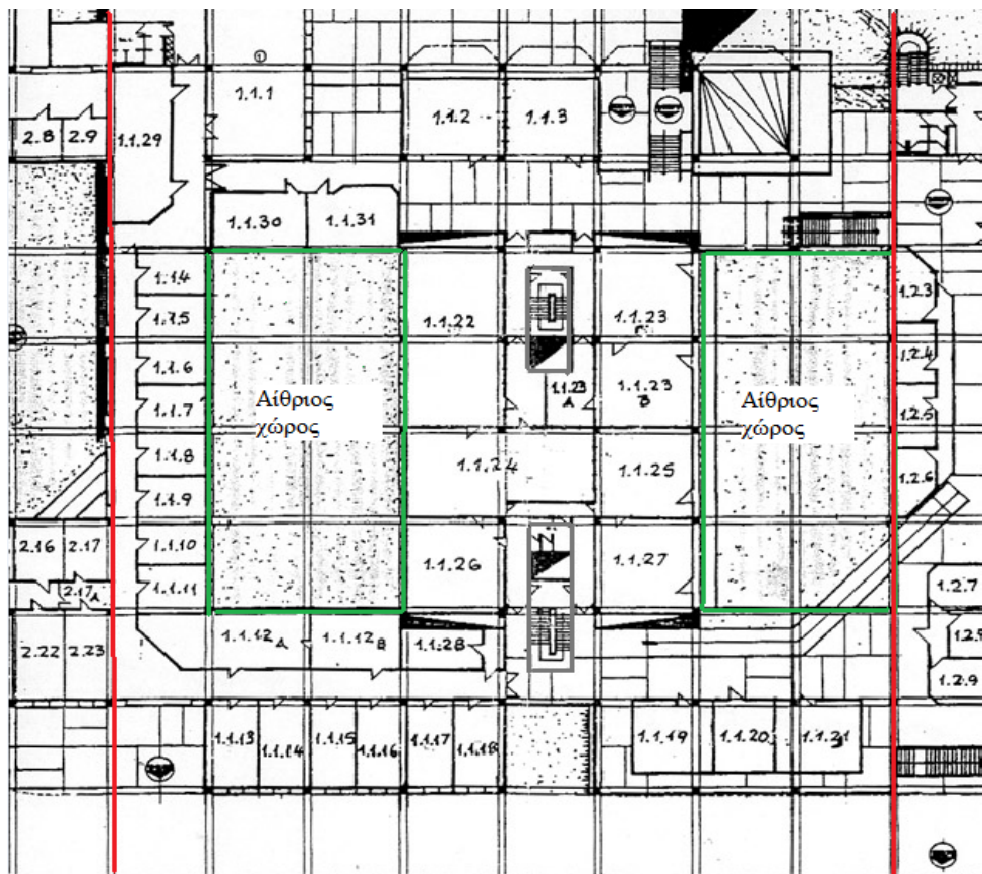
**Εικόνα 3.3:** Φωτογραφία κτιρίου από Google Earth

Όπως φαίνεται από την Εικόνα 3.1 το κτίριο διαθέτει υπαίθριους χώρους στάθμευσης στη νότια και ανατολική πλευρά του. Το τμήμα του κτιρίου που έχει επισημανθεί με κίτρινο χρώμα αποτελεί την Α φάση του κτιρίου, δεξιά φαίνεται η Β΄ φάση του κτιρίου, ενώ στα αριστερά συνορεύει και επικοινωνεί με εξωτερικές σκάλες με το κτίριο της σχολής Μεταλλείων Μεταλλουργών (το πανομοιότυπο κτίσμα αριστερά της Α΄ φάσης).

Το κτίριο καλύπτει τις ενεργειακές του ανάγκες με χρήση ηλεκτρικής ενέργειας, εκτός από τη θέρμανση για την οποία χρησιμοποιείται το φυσικό αέριο. Διαθέτει

κεντρικό σύστημα ψύξης και θέρμανσης, ενώ υπάρχουν και επιπλέον αρκετές ανεξάρτητες κλιματιστικές μονάδες σε χώρους γραφείων και εργαστηρίων.

Το υπόγειο δεν θερμαίνεται, ενώ μεγάλο μέρος του ισόγειου και του 1ου ορόφου αποτελείται από εξωτερικούς μη θερμαινόμενους διαδρόμους. Ο 2ος και ο 3ος όροφος θερμαίνονται στο σύνολό τους.



Εικόνα 3.2: Κάτοψη 1ου ορόφου

Όπως φαίνεται από την κάτοψη, το κτίριο διαθέτει δύο κεντρικά εσωτερικά κλιμακοστάσια, τα οποία δεν απομονώνονται με πόρτες, αλλά επικοινωνούν με τους υπόλοιπους χώρους του κτιρίου επιτρέποντας έτσι την άμεση ανταλλαγή θερμότητας μεταξύ των ορόφων. Ακόμα υπάρχουν δύο αίθριοι χώροι με αρκετά δέντρα, στους οποίους βλέπουν με παράθυρα όλες οι αίθουσες που υπάρχουν περιμετρικά των αίθριων(βλέπε κάτοψη). Τα περισσότερα παράθυρα του κτιρίου αποτελούνται από μονό υαλοπίνακα σε ποσοστό 94%, ενώ μόλις το 6% διαθέτουν διπλό υαλοπίνακα.

Το κέλυφος του κτιρίου είναι φτιαγμένο από οπτοπλινθοδομή με εσωτερική μόνωση, ενώ οι καινούριοι χώροι (αίθουσες, γραφεία), που προστέθηκαν στον κύριο όγκο του κτιρίου μεταγενέστερα, έχουν κατασκευασθεί από διπλή οπτοπλινθοδομή με ενδιάμεσο κενό αέρος και διαθέτουν διπλούς υαλοπίνακες με κουφώματα αλουμινίου. Τέλος το μοναδικό αμφιθέατρο (βρίσκεται στο ισόγειο) που διαθέτει το κτίριο είναι χτισμένο από οπλισμένο σκυρόδεμα, όπως και οι τοίχοι του υπογείου.

Τα γραφεία που διαθέτει το κτίριο λειτουργούν καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. Μολονότι δεν υπάρχει κοινό ωράριο για όλους του χώρους, όσοι απασχολούν διοικητικό προσωπικό υιοθετούν ένα μέσο ωράριο λειτουργίας από τις 8.00 πμ έως τις 15.00, ενώ οι χώροι που στεγάζουν ακαδημαϊκές δραστηριότητες (εργαστήρια, γραφεία καθηγητών, αίθουσες διδασκαλίας) λειτουργούν με μη προκαθορισμένο ωράριο. Οι ακριβείς ώρες λειτουργίας κάθε χώρου προκύπτουν με βάση την καταγραφή που πραγματοποιήθηκε.

Τέλος επισημαίνεται πως στον χώρο του υπογείου δεν υπάρχει ιδιαίτερη δραστηριότητα και οι ενεργειακές καταναλώσεις είναι αμελητέες, οπότε το υπόγειο δεν συμπεριλαμβάνεται στην ακόλουθη μελέτη.



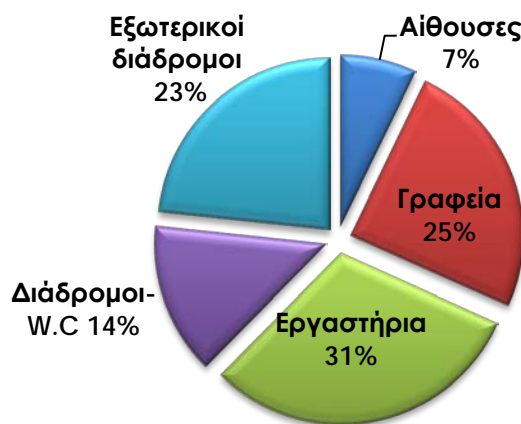
**Εικόνα 3.3:** Βόρεια όψη Κτιρίου HMMY – Α΄ Φάση

### **3.2 Κατανομή χώρων του κτιρίου**

Το κτίριο αυτό (Α και Β φάση) αποτελεί το παλιό κτίριο της σχολής Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών, οι περισσότερες εκπαιδευτικές δραστηριότητες έχουν μεταφερθεί πλέον στα νέα κτίρια της σχολής.

Πιο συγκεκριμένα οι χώροι της Α΄ φάσης του κτιρίου αξιοποιούνται ως εξής: Στο υπόγειο υπάρχει το λεβητοστάσιο, κάποια εργαστήρια και χώρος UPS. Στο ισόγειο υπάρχουν γραφεία, εργαστήρια, αίθουσες διδασκαλίας και η βιβλιοθήκη της σχολής. Στον 1ο όροφο υπάρχουν γραφεία, εργαστήρια, αίθουσες διδασκαλίας, αίθουσες συνεδριάσεων και το αμφιθέατρο ηλεκτρολόγων. Στο 2ο όροφο υπάρχουν γραφεία, εργαστήρια και αίθουσες συνεδριάσεων, ενώ στον 3ο όροφο υπάρχουν μόνο

εργαστήρια. Η κατανομή των χώρων ανάλογα με τη χρήση τους φαίνεται σχηματικά στο ακόλουθο γράφημα.



**Γράφημα 3.1:** Κατανομή της επιφάνειας των χώρων του κτιρίου

### 3.3 Ενεργειακή κατανάλωση κτιρίου

Η ηλεκτρική ενέργεια παρέχεται στο κτίριο από τη ΔΕΗ από τριφασική παροχή μέσω μετασχηματιστή και σύμφωνα με τα στοιχεία που προέκυψαν ύστερα από την καταγραφή, χρησιμοποιείται:

- A) για τον φωτισμό του κτιρίου
- B) για τον κλιματισμό των χώρων (ψύξη και θέρμανση)
- Γ) για την τροφοδότηση μιας πληθώρας ηλεκτρικών φορτίων

Το Πολυτεχνείο είναι καταναλωτής μέσης τάσης και ανήκει στο Γενικό Εμπορικό τιμολόγιο Μέσης τάσης της ΔΕΗ, κατ' επέκταση και το κτίριο ΗΜΜΥ, αφού οι χρεώσεις γίνονται συλλογικά για όλη την Πολυτεχνειούπολη.

#### 3.3.1. Φορτία φωτισμού

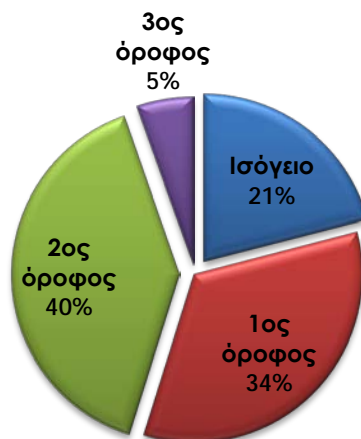
Σύμφωνα με την καταγραφή που πραγματοποιήθηκε, ο φωτισμός του κτιρίου αποτελείται κυρίως από λαμπτήρες φθορισμού με μαγνητικά στραγγαλιστικά πηνία (ballast), ενώ υπάρχουν μερικοί προβολείς στον εξωτερικό χώρο και ελάχιστες λάμπες πυρακτώσεως, σε κάποια WC και κουζίνες. Οι λαμπτήρες φθορισμού είναι στην πλειοψηφία τους παλαιού τύπου T8. Πιο συγκεκριμένα τα διάφορα είδη των λαμπτήρων, καθώς και το πλήθος αυτών φαίνονται συνοπτικά στον Πίνακα 3.1. Συνολικά καταμετρήθηκαν 2497 λαμπτήρες. Ο νυχτερινός φωτισμός του κτιρίου

αποτελείται από 6 προβολείς και λειτουργεί με φωτοκύτταρο οπότε ενεργοποιείται αυτόματα κατά τη δύση του ηλίου και απενεργοποιείται νωρίς το πρωί. Η συνολική εγκατεστημένη ισχύς φωτισμού είναι 88,46 KW σύμφωνα με την καταγραφή, όπου στην καταναλισκόμενη ισχύ των λαμπτήρων φθορισμού έχει προστεθεί 25% της ισχύος, ώστε να συμπεριληφθεί η κατανάλωση των μαγνητικών πηνίων (ballast).

**Πίνακας 3.1:** Τύποι λαμπτήρων κτιρίου

Τύπος Λαμπτήρα	Αριθμός φωτιστικών σωμάτων	Αριθμός λαμπτήρων	Εγκατεστημένη Ισχύς (KW)
Απλός λαμπτήρας φθορισμού (36W)	195	195	8,8
Διπλός λαμπτήρας φθορισμού με ή χωρίς ανακλαστήρα(2*36W)	346	692	31,1
Τετραπλοί λαμπτήρες φθορισμού με ανάκλαση(4*18W)	343	1.372	30,9
Διπλός λαμπτήρας φθορισμού (2*58W)	110	220	16
Προβολείς (150W)	6	6	1,1
Λάμπες πυρακτώσεως(60W)	8	8	0,6
Απλός λαμπτήρας φθορισμού (15W)	3	3	56,25
Απλός λαμπτήρας φθορισμού (18W)	1	1	22,5
<b>Σύνολο</b>		2.497	88,46

Η ετήσια κατανάλωση του κτιρίου σε φωτισμό εκτιμάται στις 135.291 KWh, σύμφωνα πάντα με τα στοιχεία που προέκυψαν από την καταγραφή εγκατεστημένης ισχύος και τις ώρες λειτουργίας τους. Στο Γράφημα 3.2 κατανέμεται η ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για το φωτισμό στους διαφορετικούς ορόφους και χώρους του κτιρίου. Αναλυτικά το είδος και το πλήθος των λαμπτήρων σε κάθε χώρο, καθώς και η διάρκεια λειτουργίας του κάθε φωτιστικού σώματος, από τα οποία προέκυψαν τα παραπάνω νούμερα, παρατίθεται στους πίνακες στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α.



**Γράφημα 3.2:** Καταναλισκόμενη ενέργεια για το Φωτισμό όλου του κτιρίου

### 3.3.2 Φορτία ψύξης και θέρμανσης των χώρων

#### 3.3.2.1 Φορτία ψύξης- θέρμανσης των χώρων με ηλεκτρική ενέργεια

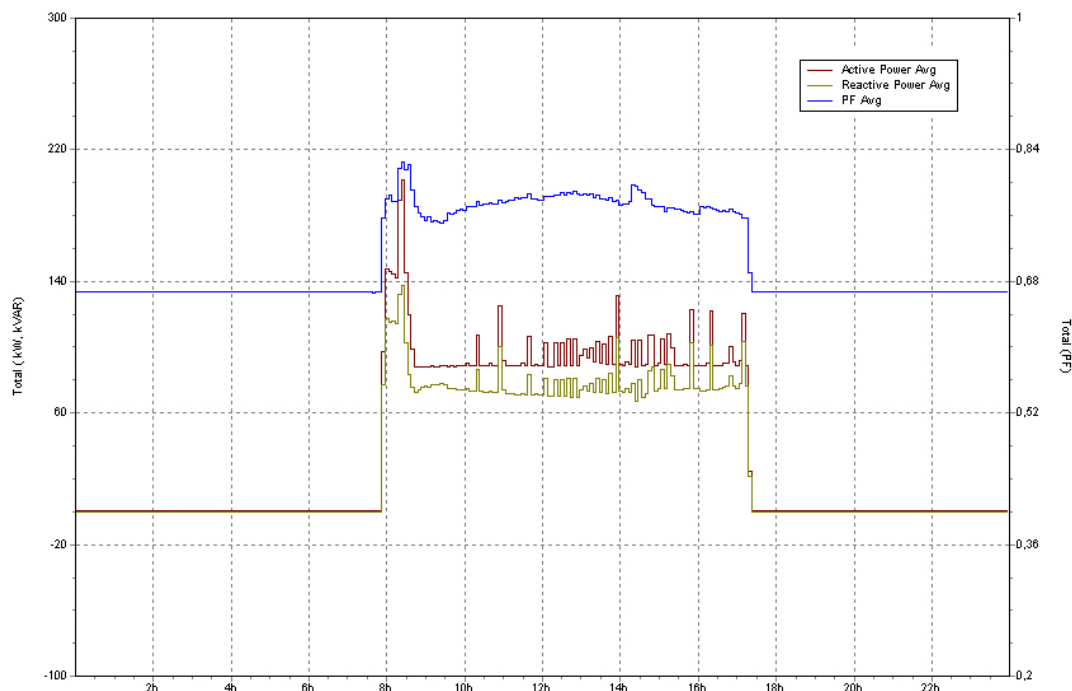
Η ψύξη των χώρων εξασφαλίζεται από δυο αντλίες θερμότητας(αερόψυκτοί ψύκτες), 130 KW η καθεμία, οι οποίες διαμοιράζουν το νερό στις εσωτερικές μονάδες (fan coils). Τα fan coils διαθέτουν ανεμιστήρα και εναλλάκτη θερμότητας από τον οποίο διέρχεται το ψυκτικό μέσο και παράγουν την ψύξη.

Συναντώνται οι εξής τύποι fan coils στο κτίριο:

- 200CMF που αντιστοιχούν σε 12 W
- 300 CMF που αντιστοιχούν σε 16W
- 400 CMF που αντιστοιχούν σε 22W
- 600 CMF που αντιστοιχούν σε 30W
- 800 CMF που αντιστοιχούν σε 45W

Προκειμένου να αποτυπωθεί μια εικόνα της κατανάλωσης των αντλιών θερμότητας, έγινε χρήση του αναλυτή ηλεκτρικής ενέργειας. Ο αναλυτής συνδέθηκε στις μονάδες για μια εβδομάδα (1-8/7/2011) και αποθήκευσε πλήθος μετρήσεων, οι οποίες επεξεργάστηκαν με το πρόγραμμα power log. Ακολουθεί ένα διάγραμμα ενεργούς και μέσης ισχύος, για μια καθημερινή, στο οποίο φαίνεται ακόμα ο συντελεστής ισχύος της καταναλισκόμενης ενέργειας για ψύξη.





**Γράφημα 3.3:** Διακύμανση cosφ, ενεργούς και μέσης ισχύος της κεντρικής ψυκτικής μονάδας κτιρίου HMMY

Ο συντελεστής ισχύος όπως φαίνεται και στο Γράφημα 3.2, δεν είναι ικανοποιητικός, αφού κυμαίνεται σε τιμές 0,75 - 0,82. Το σύστημα κλιματισμού λειτουργεί καθημερινά από τις 8.00πμ μέχρι τις 17.30. Τις ώρες αιχμής η συνολική απαιτούμενη ισχύς ξεπερνά τα 100 KW, ενώ μεγάλη αιχμή στη ζήτηση ύψους μέχρι 200 KW παρατηρείται κατά την εκκίνηση της μονάδας κλιματισμού, στις 8.00-9.00πμ. Σημαντικές αιχμές στη ζήτηση παρατηρούνται επιπλέον από τις 14:00 και μετά, όταν οι ανάγκες για ψύξη είναι περισσότερες, λόγω αύξησης της θερμοκρασίας.

Για μια τυπική μέρα λειτουργίας των αντλιών θερμότητας, μέσα στο διάστημα των 9 ωρών λειτουργίας, μετρήθηκε από τον αναλυτή ότι καταναλώνονται περίπου 890kWh. Έτσι για τις 14 περίπου θερινές εβδομάδες που λειτουργεί το σύστημα κλιματισμού, η ενεργειακή κατανάλωση υπολογίζεται  $0,89*5*14 = 62,3$  MWh.

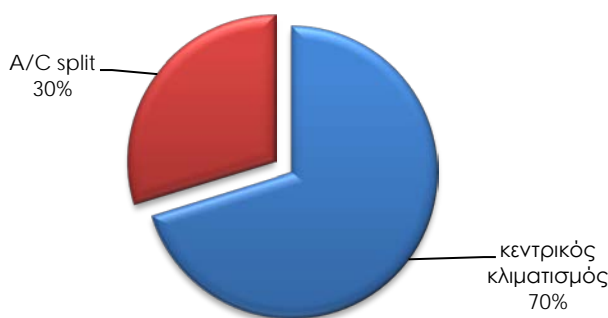
Σε αυτήν προστίθεται και η ηλεκτρική κατανάλωση από τα εγκατεστημένα fan coils στο σύνολο του κτιρίου. Από τα στοιχεία που ελήφθησαν στα πλαίσια της καταγραφής αυτή προκύπτει ίση με **1,3 MWh** και αφορά την ψύξη των χώρων. Αναλυτικοί υπολογισμοί παρατίθενται στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β.

Επιπλέον ο κλιματισμός-ψύξη του κτιρίου ενισχύεται και από άλλες κλιματιστικές μονάδες (splits), οι οποίες βρίσκονται εγκατεστημένες σε διάφορα εργαστήρια και γραφεία, όπως φαίνεται στον Πίνακα 3.3.

**Πίνακας 3.3:** Πλήθος ανεξάρτητων A/C ανά όροφο

Είδος ανεξάρτητης κλιματιστικής μονάδας (BTU)				
	9000	12000	14000	24000
<b>Ισόγειο</b>	11	2		1
<b>1<sup>ος</sup> όροφος</b>	20	2		
<b>2<sup>ος</sup> όροφος</b>	19	10	3	
<b>3<sup>ος</sup> όροφος</b>		2		5

Σύμφωνα με την καταγραφή εκτιμάται ότι οι επιπλέον αυτές κλιματιστικές μονάδες καταναλώνουν περίπου **26,9 MWh** για ψυκτικούς σκοπούς σε διάστημα ενός έτους. Αναλυτικά ο τρόπος υπολογισμού στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β.



**Γράφημα 3.4:** Ετήσια κατανομή ηλεκτρικής ενέργειας για ψύξη

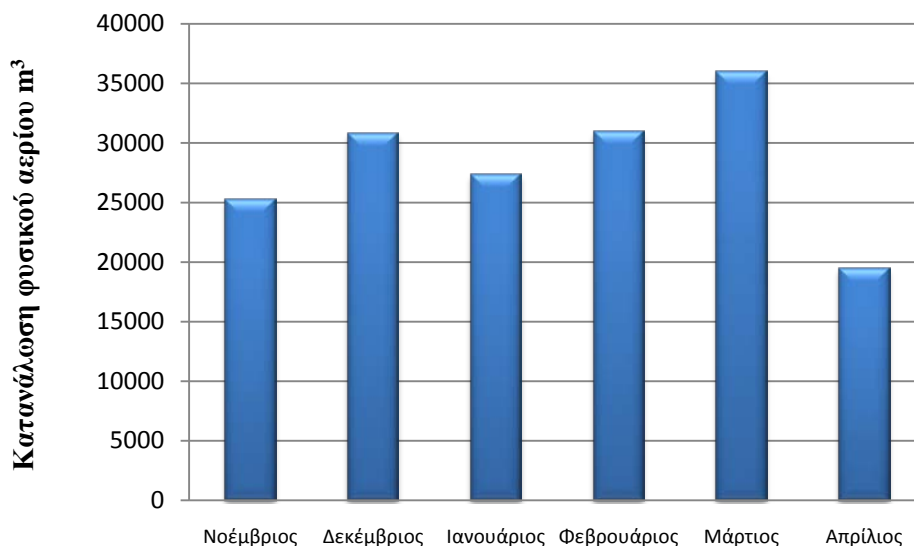
Ωστόσο, τόσο τα fan coils, όσο και οι άλλες κλιματιστικές μονάδες, χρησιμοποιούνται και κατά τη χειμερινή περίοδο για τη θέρμανση των χώρων. Η κατανάλωση των ανεξάρτητων κλιματιστικών μονάδων, για τη θέρμανση των χώρων, εκτιμήθηκε στις 8,4 MWh σε ένα έτος, ενώ για τα fan coils εκτιμήθηκε ανάλογα με τη χρήση τους ότι καταναλώνουν 3,1 MWh ετησίως. (Υπολογιστικοί πίνακες στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β)

### 3.3.2.2 Φορτία θέρμανσης των χώρων με φυσικό αέριο

Για τη θέρμανση των χώρων γίνεται καύση φυσικού αερίου και στη συνέχεια το θερμαντικό μέσο (νερό) διαμοιράζεται στα fan coils του κτιρίου. Ο λέβητας έχει εγκατεστημένη ισχύ 1.860 kW και απόδοση 88%. Διαμοιράζει το θερμαντικό μέσο σε 190 fan coils, τα οποία θερμαίνουν συνολική έκταση 6.922 m<sup>2</sup>. Λειτουργεί από το Νοέμβριο ως τον Απρίλιο κάθε ακαδημαϊκού έτους για εννιά ώρες ημερησίως (από τις 7πμ ως τις 4 μμ), τις πέντε (5) εργάσιμες μέρες της εβδομάδας. Μετά τις 4 μμ ο λέβητας απενεργοποιείται, ωστόσο οι κυκλοφορητές εξακολουθούν να λειτουργούν

έως τις 5.30 μμ και μεταφέρουν το ζεστό νερό στα θερμαντικά σώματα εξαντλώντας όσο το δυνατόν περισσότερο τις θερμαντικές ικανότητες του συστήματος.

Η κατανάλωση φυσικού αερίου για το ακαδημαϊκό έτος 2010-2011 φαίνεται στο διάγραμμα που ακολουθεί, όπου αναγράφεται ο όγκος του αερίου που καταναλώθηκε σε κυβικά μέτρα.



**Γράφημα 3.5:** Κατανάλωση φυσικού αερίου κτιρίου HMMY Α' φάσης

Για τη μετατροπή των κυβικών μέτρων του αερίου σε kWh χρησιμοποιήθηκε θερμογόνος δύναμη 9.000 Kcal/Nm<sup>3</sup> και στη συνέχεια έγινε μετατροπή των Kcal σε kWh. Σύμφωνα λοιπόν με τον μετρητή αερίου, συνολικά για το διάστημα Νοέμβριος 2010 – Απρίλιος 2011 καταναλώθηκαν **1.777,5 GWh** φυσικού αερίου, ενέργεια η οποία καταμερίστηκε στους ορόφους του κτιρίου στον Πίνακα 3.4, ανάλογα με την ωφέλιμη θερμαινόμενη επιφάνεια κάθε ορόφου.

**Πίνακας 3.5:** Κατανάλωση φυσικού αερίου κτιρίου HMMY Α' φάσης

	Επιφάνεια θερμαινόμενου χώρου (m <sup>2</sup> )	Κατανάλωση αερίου σε KWh
<b>Ισόγειο</b>	1.417	363.850
<b>1<sup>ος</sup> Όροφος</b>	1.865	479.067
<b>2<sup>ος</sup> Όροφος</b>	2.886	741.265
<b>3<sup>ος</sup> Όροφος</b>	752	193.311
<b>Σύνολο</b>	6.922	1.777.495

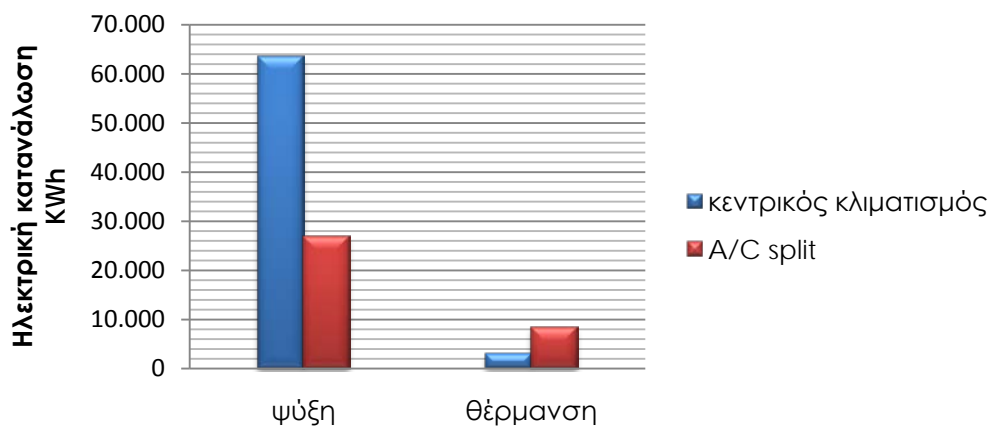
### 3.3.2.3 Συνολικά φορτία ψύξης- θέρμανσης

Για τον επιμερισμό της καταναλισκόμενης ενέργειας στα φορτία ψύξης και θέρμανσης πρέπει να συνυπολογιστούν όλα τα προαναφερθέντα. Στο παραπάνω πλαίσιο, στον Πίνακα 3.5 αποτυπώνεται συνολικά για το κτίριο η καταναλισκόμενη ενέργεια για θέρμανση και ψύξη.

**Πίνακας 3.5:** Συνολική κατανάλωση για ψύξη και θέρμανση

Καταναλισκόμενη Ενέργεια (kWh)	ψύξη	θέρμανση
fan coils	1.266	3.113
A/C split	26.947	8.434
Λέβητας Φυσικού αερίου		1.777.495
Ψυκτική μονάδα	62.300	
Σύνολο	90.513	1.789.042

Στο Γράφημα 3.6 απεικονίζεται η εκτιμώμενη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για τα φορτία θέρμανσης και ψύξης. Παρατηρείται πως όσον αφορά στον κλιματισμό το καλοκαίρι, το μεγαλύτερο ποσοστό της ενέργειας για την ψύξη δαπανάται στη λειτουργία των αντλιών θερμότητας. Η ηλεκτρική κατανάλωση για τη θέρμανση των χώρων είναι χαμηλή, αφού για τη θέρμανση καταναλώνεται κυρίως φυσικό αέριο και η θερμότητα παρέχεται στο κτίριο μέσω των fan coils, τα οποία έχουν χαμηλή ηλεκτρική κατανάλωση. Το ποσοστό του κεντρικού κλιματισμού για τη θέρμανση των χώρων φαίνεται να είναι χαμηλό, αφού έχει γίνει απεικόνιση μόνο της καταναλισκόμενης ηλεκτρικής ενέργειας. Αν όμως συνυπολογιστούν οι 1.777,5 MWh φυσικού αερίου που καταναλώνονται, τότε φαίνεται ξεκάθαρα πως η κύρια πηγή θέρμανσης, με τη μεγαλύτερη κατανάλωση, το χειμώνα είναι το φυσικό αέριο με ποσοστό 98%, έναντι 2% του ηλεκτρισμού.

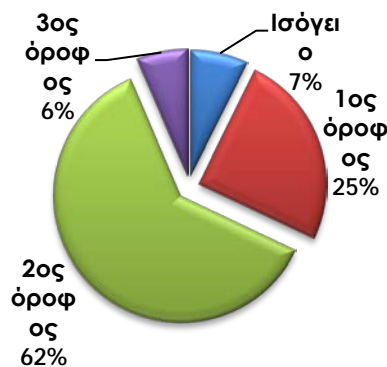


**Γράφημα 3.6:** Ηλεκτρική κατανάλωση για θέρμανση και ψύξη σε όλο το κτίριο

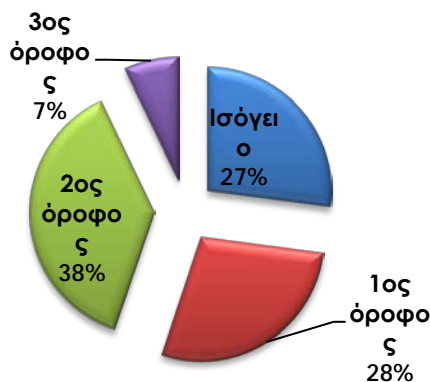
### 3.3.3. Διάφορα ηλεκτρικά φορτία

Στα ηλεκτρικά φορτία του κτιρίου συμπεριλαμβάνονται οι 267 ηλεκτρονικοί υπολογιστές που καταγράφηκαν, διάφορες περιφερειακές συσκευές αυτών, όπως scanners, εκτυπωτές και πολυμηχανήματα και άλλες ηλεκτρικές συσκευές όπως ψυγεία, φωτοτυπικά μηχανήματα, κάποιες θερμάστρες, προτζέκτορες και μηχανήματα fax. Έγινε καταγραφή όλων αυτών των συσκευών, καθώς και της διάρκειας χρήσης της κάθε μιας. Όλοι οι υπολογιστές θεωρήθηκε πως καταναλώνουν ισχύ 200 W, εκτός από 2 servers του κτιρίου οι οποίοι εντοπίστηκαν σε εργαστήρια του 1ου και 2ου ορόφου, εγκατεστημένης ισχύος 4 kW και 10 KW, αντίστοιχα. Επίσης το κτίριο διαθέτει Κεντρικό Σύστημα Αδιάλειπτης Παροχής Ενέργειας UPS εγκατεστημένης ισχύος 11,2 KW και 3 υδραυλικούς ανελκυστήρες. Τέλος, διαθέτει εργαστηριακό εξοπλισμό που δεν είναι δυνατόν να καταγραφεί και χαρακτηρίζεται από την εν γένει μικρή χρονική λειτουργία του, ενώ για πρακτικούς λόγους είναι αδύνατο να μετρηθεί η ηλεκτρική κατανάλωση του στο πλαίσιο μιας διπλωματικής εργασίας.

Στα Γραφήματα 3.7 και 3.8 απεικονίζεται η εκτιμώμενη ηλεκτρική ενέργεια των υπολογιστών και των άλλων ηλεκτρικών συσκευών, χωρίς να συμπεριλαμβάνεται εδώ η κατανάλωση του UPS και των ανελκυστήρων.



Γράφημα 3.7: Εκτιμώμενη ενέργεια για Η/Υ



Γράφημα 3.8: Εκτιμώμενη ενέργεια των υπολοίπων ηλεκτρικών συσκευών

Όπως φαίνεται και από τα παραπάνω γραφήματα, ο 2ος όροφος, ο οποίος έχει και τα περισσότερα γραφεία και εργαστήρια καταναλώνει το μεγαλύτερο ποσοστό ηλεκτρικής ενέργειας. Συγκεκριμένα η κατανάλωση κάθε ορόφου φαίνεται στον Πίνακα 3.6. Αναλυτικά η ισχύς των μηχανημάτων που εντάσσονται στην κατηγορία άλλες συσκευές,, και ο χρόνος που κατ' εκτίμηση των χρηστών, αυτές παραμένουν σε λειτουργία, καθώς και το πλήθος και η διάρκεια χρήσης των Η/Υ, φαίνεται στους πίνακες του Παραρτήματος Γ Τα περιφερειακά εξαρτήματα των Υπολογιστών εκτιμήθηκε πως λειτουργούν σε ετήσια βάση σε ποσοστό 0,5% του χρόνου λειτουργίας του αντίστοιχου υπολογιστή.

**Πίνακας 3.6:** Κατανομή ενέργειας ηλεκτρικών φορτίων ανά όροφο

Ενέργεια (kWh)	ΗΥ	Άλλες συσκευές
<b>Ισόγειο</b>	20.708	6.158
<b>1<sup>ος</sup> όροφος</b>	70.858	6.387
<b>2<sup>ος</sup> όροφος</b>	175.656	8.593
<b>3<sup>ος</sup> όροφος</b>	18.332	1.599
<b>Σύνολο</b>	285.554	22.737

Το φορτίο των τριών υδραυλικών ανελκυστήρων, είναι αδύνατο να εκτιμηθεί πλήρως. Έτσι με βάση μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν με αναλυτή ηλεκτρικής ενέργειας, σε έναν υδραυλικό ανελκυστήρα 3 ορόφων εντός της πολυτεχνειούπολης, μπορεί να προσεγγιστεί στη συνέχεια η ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για τους ανελκυστήρες στο κτίριο των Ηλεκτρολόγων. Ο αναλυτής συνδέθηκε στον πίνακα του κτιρίου για μια εβδομάδα, στο διάστημα 4/5 έως 10/5 του 2010. Αν εξεταστεί η κατανάλωση ενέργειας μια τυπική εβδομάδα λειτουργίας του κτιρίου και με την παραδοχή ότι περίπου τα ίδια ποσά ενέργειας καταναλώνονται και το υπόλοιπο έτος, μπορεί να γίνει προσέγγιση των kWh/έτος που καταναλώνονται για κάθε ίδιου τύπου ανελκυστήρα, σε ανάλογο κτίριο. Ο αναλυτής κατέγραψε κατανάλωση περίπου 9kWh, επομένως για το κτίριο των ηλεκτρολόγων που διαθέτει 3 υδραυλικούς ανελκυστήρες, η ετήσια κατανάλωση εκτιμάται  $3*9kWh*44εβδομάδες=1,188 MWh/έτος$ .

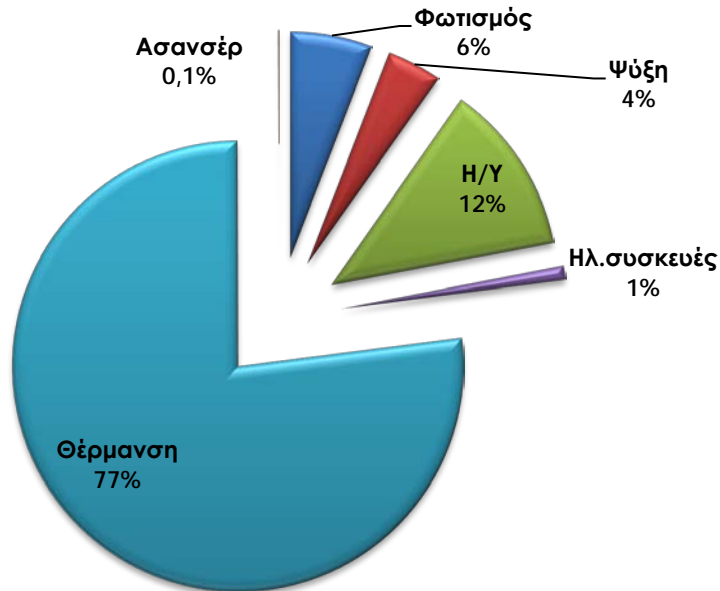
### 3.3.4 Συνολική κατανάλωση ενέργειας

Η ετήσια κατανάλωση ενέργειας του κτιρίου, σύμφωνα με την καταγραφή που πραγματοποιήθηκε, εκτιμάται σε 2,3 GWh. Το νούμερο αυτό δεν αποτελεί την πραγματική κατανάλωση του κτιρίου, αλλά προέκυψε ύστερα από υπολογισμούς των ηλεκτρικών καταναλώσεων με βάση την καταγραφή που έχει γίνει, συνυπολογίζοντας και την καταναλισκόμενη ενέργεια φυσικού αερίου, όπως αυτή υπολογίστηκε ύστερα από επεξεργασία των μηνιαίων μετρήσεων φυσικού αερίου. Τα αποτελέσματα φαίνονται συγκεντρωμένα στον ακόλουθο πίνακα.

**Πίνακας 3.7:** Συγκεντρωτικός πίνακας καταναλώσεων του κτιρίου

Καταναλισκόμενη ενέργεια σε Mwh/έτος	Φωτισμός	Ψύξη	H/Y	Ηλ.συσκευές	Θέρμανση	Ασανσέρ	Επιμέρους σύνολο
Ισόγειο	28	18	21	6	365		438
1 <sup>ος</sup> όροφος	46	21	71	6	482		626
2 <sup>ος</sup> όροφος	54	35	176	9	746		1.020
3 <sup>ος</sup> όροφος	7	16	18	2	196		240
<b>Σύνολο/χρήση</b>	<b>135</b>	<b>91</b>	<b>286</b>	<b>23</b>	<b>1.789</b>	<b>1</b>	<b>2.324</b>

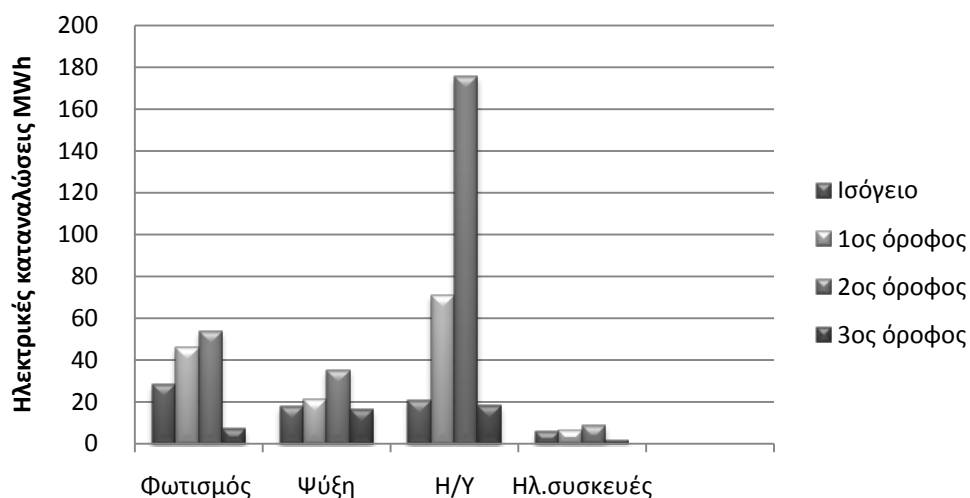
Όπως φαίνεται και στο Γράφημα 3.9 από τις συνολικές καταναλώσεις του κτιρίου, η μεγαλύτερη κατανάλωση είναι αυτή της θέρμανσης με ποσοστό 77%. Πρόκειται για την κατανάλωση του φυσικού αερίου σε ποσοστό 98% και ένα 2% αποτελούν οι ηλεκτρικές καταναλώσεις των ανεξάρτητων κλιματιστικών μονάδων.



**Γράφημα 3.9:** Κατανομή της συνολικής ενέργειας που καταναλώνεται σε ένα έτος (KWh/y)

Στο Γράφημα 3.10 απεικονίζεται το σύνολο μόνο των ηλεκτρικών καταναλώσεων, ανά όροφο και ανά χρήση, από όπου φαίνεται και σχηματικά πως η περισσότερη ενέργεια καταναλώνεται από τους ηλεκτρονικούς υπολογιστές και ακολουθεί η ενέργεια που απαιτείται για το φωτισμό και την ψύξη των χώρων. Στο κτίριο υπάρχουν συνολικά 267 υπολογιστές οι οποίοι χρησιμοποιούνται καθημερινά και μάλιστα τουλάχιστον οι 62 από αυτούς παραμένουν ενεργοποιημένοι και τα Σαββατοκύριακα. Επιπλέον όπως αναφέρθηκε το κτίριο διαθέτει servers στο 2ο όροφο οι οποίοι αυξάνουν την κατανάλωση ενέργειας, ενώ στον όροφο αυτό

υπάρχουν και οι περισσότεροι υπολογιστές(130), οπότε και διαμορφώνεται η ακόλουθη εικόνα.



**Γράφημα 3.10:** Κατανομή της ηλεκτρικής κατανάλωσης ανά όροφο και ανά χρήση

### 3.4 Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας

Σε αυτό το κεφάλαιο μελετάται η θερμομόνωση του κτιρίου, σύμφωνα με την Τεχνική οδηγία του ΤΕΕ 2010 «Θερμοφυσικές ιδιότητες δομικών υλικών και έλεγχος της θερμομονωτικής επάρκειας των κτηρίων» και σύμφωνα με τα όσα αναφέρθηκαν στο Κεφάλαιο 2. Αναλυτικά η μεθοδολογία και διάφοροι βασικοί ορισμοί εννοιών για τη συγκεκριμένη μελέτη, βρίσκονται στο Κεφάλαιο 2.2.

#### 3.4.1 Υπολογισμός θερμομόνωσης των διαφόρων δομικών στοιχείων

Αρχικά γίνεται ο υπολογισμός των συντελεστών θερμοπερατότητας για κάθε δομικό στοιχείο του κτιρίου. Το κτίριο εντοπίζεται στην Αττική, επομένως ανήκει στην Κλιματική Ζώνη Β. Στους πίνακες που ακολουθούν υπολογίζεται για κάθε δομικό στοιχείο η θερμική του αντίσταση ( $d/\lambda$ ) και στη συνέχεια η αντίσταση θερμοδιαφυγής ( $1/\Lambda$ ), ως άθροισμα όλων των θερμικών αντιστάσεων. Στη συνέχεια υπολογίζεται σύμφωνα με τους τύπους του Κεφαλαίου 2.2 ο συντελεστής θερμοπερατότητας για κάθε δομικό στοιχείο, ο οποίος πρέπει να είναι μικρότερος από τη μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή που ορίζει ο ΚΕΝΑΚ. Οι μέγιστες τιμές βρίσκονται στον Πίνακα 2.2 του Κεφαλαίου 2 και εδώ παρατίθενται κάθε φορά κατά τον υπολογισμό αυτές που αντιστοιχούν στην Κλιματική Ζώνη Β.

#### Κατακόρυφοι τοίχοι



Στον Πίνακα 3.8 υπολογίζεται η αντίσταση θερμοδιαφυγής για τους εξωτερικούς τοίχους του κτιρίου, προσθέτοντας τις θερμικές αντιστάσεις των διαφόρων δομικών στοιχείων του τοίχου.

**Πίνακας 3.8:** Υπολογισμός αντίστασης θερμοδιαφυγής για εξωτερική τοιχοποιία

Στρώσεις δομικού στοιχείου	Πάχος στρώσεως d (m)	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας λ (W/mK)	Θερμική αντίσταση d/λ (m <sup>2</sup> K/W)
επίχρισμα τριπτό τριβιδιστό	0,025	0,87	0,029
οπτόπλινθος	0,09	0,45	0,200
μονωτικό υλικό τύπου THIOCOL	0,05	0,035	1,429
οπτόπλινθος	0,09	0,45	0,200
επίχρισμα τριπτό τριβιδιστό	0,025	0,87	0,029
<b>Σd=</b>	<b>0,28</b>	<b>R<sub>Λ</sub>=</b>	<b>1,886</b>

Στον Πίνακα 3.9 υπολογίζεται η αντίσταση θερμοπερατότητας ως άθροισμα των θερμικών αντιστάσεων και της αντίστασης θερμοδιαφυγής και υπολογίζεται ο συντελεστής θερμοπερατότητας U, ο οποίος βρίσκεται στα επιθυμητά όρια.

**Πίνακας 3.9:** Υπολογισμός αντίστασης θερμοπερατότητας και συντελεστή θερμοπερατότητας U

Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εσωτερικά)	R <sub>i</sub>	m <sup>2</sup> K/W	0,13
Αντίσταση θερμοδιαφυγής	R <sub>Λ</sub>	m <sup>2</sup> K/W	1,886
Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εξωτερικά)	R <sub>a</sub>	m <sup>2</sup> K/W	0,04
Αντίσταση θερμοπερατότητας	R <sub>ολ</sub>	m <sup>2</sup> K/W	2,056
Συντελεστής θερμοπερατότητας	U	W/m <sup>2</sup> K	0,486
Μέγιστος επιτρεπτός συντελεστής θερμοπερατότητας	U <sub>max</sub>	W/m <sup>2</sup> K	0,5

Στον Πίνακα 3.10 υπολογίζεται η αντίσταση θερμοδιαφυγής για τους εξωτερικούς τοίχους του κτιρίου που έχουν ενδιάμεσο κενό αέρος πάχους 5cm, προσθέτοντας τις θερμικές αντιστάσεις των διαφόρων δομικών στοιχείων του τοίχου.

**Πίνακας 3.10:** Υπολογισμός αντίστασης θερμοδιαφυγής για εξωτερική τοιχοποιία

Στρώσεις δομικού στοιχείου	Πάχος στρώσεως d (m)	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας λ (W/mK)	Θερμική αντίσταση d/λ (m <sup>2</sup> K/W)
επίχρισμα τριπτό τριβιδιστό	0,025	0,87	0,029
οπτόπλινθος	0,09	0,45	0,200
κενό αέρος	0,05	0,025	2,000
μονωτικό υλικό τύπου THIOCOL	0,05	0,035	1,429
οπτόπλινθος	0,09	0,45	0,200
επίχρισμα τριπτό τριβιδιστό	0,025	0,87	0,029
<b>Σd=</b>	<b>0,33</b>	<b>R<sub>Λ</sub>=</b>	<b>3,886</b>

Στον Πίνακα 3.11 υπολογίζεται για τους εξωτερικούς τοίχους του κτιρίου που έχουν ενδιάμεσο κενό αέρος πάχους 5cm, η αντίσταση θερμοπερατότητας ως άθροισμα των θερμικών αντιστάσεων και της αντίστασης θερμοδιαφυγής και υπολογίζεται ο συντελεστής θερμοπερατότητας U, ο οποίος είναι μέσα στα επιθυμητά όρια.

**Πίνακας 3.11:** Υπολογισμός αντίστασης θερμοπερατότητας και συντελεστή θερμοπερατότητας U

Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εσωτερικά)	R <sub>i</sub>	m <sup>2</sup> K/W	0,13
Αντίσταση θερμοδιαφυγής	R <sub>Λ</sub>	m <sup>2</sup> K/W	3,886
Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εξωτερικά)	R <sub>a</sub>	m <sup>2</sup> K/W	0,04
Αντίσταση θερμοπερατότητας	R <sub>ολ</sub>	m <sup>2</sup> K/W	4,056
Συντελεστής θερμοπερατότητας	U	W/m <sup>2</sup> K	0,247

Μέγιστος επιτρεπτός συντελεστής θερμοπερατότητας	$U_{\max}$	$W/m^2K$	0,5
--	------------	----------	-----

Στον Πίνακα 3.12 υπολογίζεται η αντίσταση θερμοδιαφυγής για τους εξωτερικούς τοίχους του κτιρίου που αποτελούνται από οπλισμένο σκυρόδεμα.

**Πίνακας 3.12:** Υπολογισμός αντίστασης θερμοδιαφυγής για εξωτερική τοιχοποιία

Στρώσεις δομικού στοιχείου	Πάχος στρώσεως d (m)	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας λ (W/mK)	Θερμική αντίσταση d/λ ( $m^2K/W$ )
οπλισμένο σκυρόδεμα	0,25	2,3	0,109
$\Sigma d=$	0,25	$R_{\Lambda}=$	0,109

Στον Πίνακα 3.13 υπολογίζεται τους εξωτερικούς τοίχους του κτιρίου που αποτελούνται από οπλισμένο σκυρόδεμα, η αντίσταση θερμοπερατότητας ως άθροισμα των θερμικών αντιστάσεων και της αντίστασης θερμοδιαφυγής και υπολογίζεται ο συντελεστής θερμοπερατότητας U, ο οποίος είναι μέσα στα επιτρεπόμενα όρια.

**Πίνακας 3.13:** Υπολογισμός αντίστασης θερμοπερατότητας και συντελεστή θερμοπερατότητας U

Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εσωτερικά)	$R_i$	$m^2K/W$	0,13
Αντίσταση θερμοδιαφυγής	$R_{\Lambda}$	$m^2K/W$	0,109
Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εξωτερικά)	$R_a$	$m^2K/W$	0,04
Αντίσταση θερμοπερατότητας	$R_{ολ}$	$m^2K/W$	0,279
Συντελεστής θερμοπερατότητας	U	$W/m^2K$	3,588
Μέγιστος επιτρεπτός συντελεστής θερμοπερατότητας	$U_{\max}$	$W/m^2K$	0,5

Στον Πίνακα 3.14 υπολογίζεται η αντίσταση θερμοδιαφυγής για τους εξωτερικούς τοίχους του κτιρίου που αποτελούνται από οπλισμένο σκυρόδεμα και βρίσκονται σε επαφή με το έδαφος.

**Πίνακας 3.14:** Υπολογισμός αντίστασης θερμοδιαφυγής για εξωτερική τοιχοποιία σε επαφή με το έδαφος

Στρώσεις δομικού στοιχείου	Πάχος στρώσεως d (m)	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας λ (W/mK)	Θερμική αντίσταση d/λ (m <sup>2</sup> K/W)
οπλισμένο σκυρόδεμα	0,25	2,3	0,109
<b>Σd=</b>	<b>0,25</b>	<b>R<sub>Λ</sub>=</b>	<b>0,109</b>

Στον Πίνακα 3.15 υπολογίζεται για τους εξωτερικούς τοίχους του κτιρίου που αποτελούνται από οπλισμένο σκυρόδεμα και βρίσκονται σε επαφή με το έδαφος, η αντίσταση θερμοπερατότητας ως άθροισμα των θερμικών αντιστάσεων και της αντίστασης θερμοδιαφυγής που υπολογίστηκε πριν και υπολογίζεται ο συντελεστής θερμοπερατότητας U, ο οποίος είναι πολύ μεγαλύτερος από το επιτρεπόμενο όριο.

**Πίνακας 3.15:** Υπολογισμός αντίστασης θερμοπερατότητας και συντελεστή θερμοπερατότητας U για εξωτερική τοιχοποιία

Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εσωτερικά)	R <sub>i</sub>	m <sup>2</sup> K/W	0,13
Αντίσταση θερμοδιαφυγής	R <sub>Λ</sub>	m <sup>2</sup> K/W	0,109
Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εξωτερικά)	R <sub>a</sub>	m <sup>2</sup> K/W	0
Αντίσταση θερμοπερατότητας	R <sub>ολ</sub>	m <sup>2</sup> K/W	0,239
Συντελεστής θερμοπερατότητας	U	W/m <sup>2</sup> K	4,189
Μέγιστος επιτρεπτός συντελεστής θερμοπερατότητας	U <sub>max</sub>	W/m <sup>2</sup> K	1

Στον Πίνακα 3.16 υπολογίζεται η αντίσταση θερμοδιαφυγής για τους διαχωριστικούς τοίχους του κτιρίου που αποτελούνται από οπτόπλινθους και χωρίζουν θερμαινόμενους από μη θερμαινόμενους χώρους.

**Πίνακας 3.16:** Υπολογισμός αντίστασης θερμοδιαφυγής για τους διαχωριστικούς τοίχους

Στρώσεις δομικού στοιχείου	Πάχος στρώσεως d (m)	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας λ (W/mK)	Θερμική αντίσταση d/λ (m <sup>2</sup> K/W)
Δρομική οπτοπλινθοδομή ανεπίχριστη από τη μία ή τις δυο όψεις	0,18	2,5	0,072
<b>Σd=</b>	<b>0,18</b>	<b>R<sub>Λ</sub>=</b>	<b>0,072</b>

Στον Πίνακα 3.17 υπολογίζεται για τους διαχωριστικούς τοίχους η αντίσταση θερμοπερατότητας ως άθροισμα των θερμικών αντιστάσεων και της αντίστασης θερμοδιαφυγής που υπολογίστηκε πριν, ενώ υπολογίζεται και ο συντελεστής θερμοπερατότητας U, ο οποίος είναι πολύ μεγαλύτερος από το επιτρεπόμενο όριο.

**Πίνακας 3.17:** Υπολογισμός αντίστασης θερμοπερατότητας και συντελεστή θερμοπερατότητας U για τους διαχωριστικούς τοίχους

Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εσωτερικά)	R <sub>i</sub>	m <sup>2</sup> K/W	0,13
Αντίσταση θερμοδιαφυγής	R <sub>Λ</sub>	m <sup>2</sup> K/W	0,072
Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εξωτερικά)	R <sub>a</sub>	m <sup>2</sup> K/W	0,13
Αντίσταση θερμοπερατότητας	R <sub>ολ</sub>	m <sup>2</sup> K/W	0,332
Συντελεστής θερμοπερατότητας	U	W/m <sup>2</sup> K	3,012
Μέγιστος επιτρεπτός συντελεστής θερμοπερατότητας	U <sub>max</sub>	W/m <sup>2</sup> K	1

### Οριζόντιες επιφάνειες

Στη συνέχεια κατά την ίδια διαδικασία γίνονται υπολογισμοί για τα επίπεδα τμήματα του κελύφους του κτιρίου, δηλαδή οροφές και δάπεδα. Στον Πίνακα 3.18 υπολογίζεται η αντίσταση θερμοδιαφυγής για το δάπεδο του υπογείου, το οποίο βρίσκεται σε επαφή με το έδαφος.

**Πίνακας 3.18:** Υπολογισμός αντίστασης θερμοδιαφυγής για το δάπεδο του υπογείου

Στρώσεις δομικού στοιχείου	Πάχος στρώσεως d (m)	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας λ (W/mK)	Θερμική αντίσταση d/λ (m <sup>2</sup> K/W)
οπλισμένη πλάκα Μπετόν C/25(12cm)	0,12	1,2	0,100
ασφαλτόπανο	0,004	0,19	0,021
Ελαφριά πλάκα μπετό	0,052	1,112	0,047
<b>Σd=</b>	<b>0,176</b>	<b>R<sub>Λ</sub>=</b>	<b>0,168</b>

Στον Πίνακα 3.19 υπολογίζεται η αντίσταση θερμοπερατότητας για το δάπεδο του υπογείου, ως άθροισμα των θερμικών αντιστάσεων και της αντίστασης θερμοδιαφυγής που υπολογίστηκε και υπολογίζεται ο συντελεστής θερμοπερατότητας U, ο οποίος είναι πολύ μεγαλύτερος από το επιτρεπόμενο όριο.

**Πίνακας 3.19:** Υπολογισμός αντίστασης θερμοπερατότητας και συντελεστή θερμοπερατότητας U για το δάπεδο του υπογείου

Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εσωτερικά)	R <sub>i</sub>	m <sup>2</sup> K/W	0,17
Αντίσταση θερμοδιαφυγής	R <sub>Λ</sub>	m <sup>2</sup> K/W	0,168
Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εξωτερικά)	R <sub>a</sub>	m <sup>2</sup> K/W	0
Αντίσταση θερμοπερατότητας	R <sub>ολ</sub>	m <sup>2</sup> K/W	0,338
Συντελεστής θερμοπερατότητας	U	W/m <sup>2</sup> K	2,960
Μέγιστος επιτρεπτός συντελεστής θερμοπερατότητας	U <sub>max</sub>	W/m <sup>2</sup> K	0,9

Στον Πίνακα 3.20 υπολογίζεται η αντίσταση θερμοδιαφυγής για την οροφή του κτιρίου.

**Πίνακας 3.20:** Υπολογισμός αντίστασης θερμοδιαφυγής για την οροφή

Στρώσεις δομικού στοιχείου	Πάχος στρώσεως d (m)	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας λ (W/mK)	Θερμική αντίσταση d/λ (m <sup>2</sup> K/W)
Χαλίκι	0,004	2	0,002
Γεωύφασμα	0,002	0,1	0,020
Ασφαλτόπανο	0,004	0,19	0,021
Ελαφρό μπετόν	0,05	1,1	0,045
Μόνωση	0,05	0,041	1,220
Ανεπίχριστο σκυρόδεμα	0,15	2,03	0,074
<b>Σd=</b>	<b>0,26</b>	<b>R<sub>Λ</sub>=</b>	<b>1,382</b>

Στον Πίνακα 3.21 υπολογίζεται για την οροφή του κτιρίου, η αντίσταση θερμοπερατότητας ως άθροισμα των θερμικών αντιστάσεων (επιλέγονται για εξωτερική οριζόντια επιφάνεια σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα) και της αντίστασης θερμοδιαφυγής. Υπολογίζεται και ο συντελεστής θερμοπερατότητας U, ο οποίος είναι μεγαλύτερος από το επιτρεπόμενο όριο.

**Πίνακας 3.21:** Υπολογισμός αντίστασης θερμοπερατότητας και συντελεστή θερμοπερατότητας U για την οροφή

Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εσωτερικά)	R <sub>i</sub>	m <sup>2</sup> K/W	0,17
Αντίσταση θερμοδιαφυγής	R <sub>Λ</sub>	m <sup>2</sup> K/W	1,382
Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εξωτερικά)	R <sub>a</sub>	m <sup>2</sup> K/W	0
Αντίσταση θερμοπερατότητας	R <sub>ολ</sub>	m <sup>2</sup> K/W	1,552
Συντελεστής θερμοπερατότητας	U	W/m <sup>2</sup> K	0,644
Μέγιστος επιτρεπτός συντελεστής θερμοπερατότητας	U <sub>max</sub>	W/m <sup>2</sup> K	0,45

Στον Πίνακα 3.22 υπολογίζεται η αντίσταση θερμοδιαφυγής για τα τμήματα του δαπέδου του ισογείου που καλύπτονται με πλακίδια επίστρωσης.

**Πίνακας 3.22:** Υπολογισμός αντίστασης θερμοδιαφυγής για το δάπεδο του ισογείου που καλύπτεται με πλακίδια επίστρωσης

Στρώσεις δομικού στοιχείου	Πάχος στρώσεως d (m)	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας λ (W/mK)	Θερμική αντίσταση d/λ (m <sup>2</sup> K/W)
οπλισμένη πλάκα Μπετόν C/25(12cm)	0,12	1,2	0,100
ασφαλτόπανο	0,004	0,19	0,021
Πλακίδια επίστρωσης	0,01	1,05	0,010
Ελαφριά πλάκα μπετό	0,12	1,1	0,109
<b>Σd=</b>	<b>0,254</b>	<b>R<sub>Λ</sub>=</b>	<b>0,240</b>

Στον Πίνακα 3.23 υπολογίζεται για τα τμήματα του δαπέδου του ισογείου που καλύπτονται με πλακίδια επίστρωσης, η αντίσταση θερμοπερατότητας ως άθροισμα των θερμικών αντιστάσεων (υπολογίζονται για επιφάνειες πάνω από μη θερμαινόμενο χώρο) και της αντίστασης θερμοδιαφυγής. Υπολογίζεται και ο συντελεστής θερμοπερατότητας U, ο οποίος είναι μεγαλύτερος από το επιτρεπόμενο όριο.

**Πίνακας 3.23:** Υπολογισμός αντίστασης θερμοπερατότητας και συντελεστή θερμοπερατότητας U για το δάπεδο του ισογείου που καλύπτεται με πλακίδια επίστρωσης

Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εσωτερικά)	R <sub>i</sub>	m <sup>2</sup> K/W	0,17
Αντίσταση θερμοδιαφυγής	R <sub>Λ</sub>	m <sup>2</sup> K/W	0,240
Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εξωτερικά)	R <sub>a</sub>	m <sup>2</sup> K/W	0,17
Αντίσταση θερμοπερατότητας	R <sub>ολ</sub>	m <sup>2</sup> K/W	0,580
Συντελεστής θερμοπερατότητας	U	W/m <sup>2</sup> K	1,725
Μέγιστος επιτρεπτός συντελεστής θερμοπερατότητας	U <sub>max</sub>	W/m <sup>2</sup> K	0,9



Στον Πίνακα 3.24 υπολογίζεται η αντίσταση θερμοδιαφυγής για το τμήμα του δαπέδου του ισογείου που αποτελείται από μωσαϊκό λευκού τύπου με έγχρωμες ψηφίδες.

**Πίνακας 3.24:** Υπολογισμός αντίστασης θερμοδιαφυγής για το δάπεδο του ισογείου που καλύπτεται με μωσαϊκό

Στρώσεις δομικού στοιχείου	Πάχος στρώσεως d (m)	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας λ (W/mK)	Θερμική αντίσταση d/λ (m <sup>2</sup> K/W)
οπλισμένη πλάκα Μπετόν C/25(12cm)	0,12	1,2	0,100
ασφαλτόπανο	0,004	0,19	0,021
μωσαϊκό λευκού τσιμέντου με έγχρωμες ψηφίδες	0,01	1,2	0,008
Ελαφριά πλάκα μπετό	0,12	1,1	0,109
<b>Σd=</b>	<b>0,254</b>	<b>R<sub>Λ</sub>=</b>	<b>0,238</b>

Στον Πίνακα 3.25 υπολογίζεται για το τμήμα του δαπέδου του ισογείου που αποτελείται από μωσαϊκό λευκού τύπου με έγχρωμες ψηφίδες, η αντίσταση θερμοπερατότητας ως άθροισμα των θερμικών αντιστάσεων (υπολογίζονται για δάπεδα πάνω από μη θερμαινόμενο χώρο) και της αντίστασης θερμοδιαφυγής. Υπολογίζεται και ο συντελεστής θερμοπερατότητας U, ο οποίος είναι μεγαλύτερος από το επιτρεπόμενο όριο.

**Πίνακας 3.25:** Υπολογισμός αντίστασης θερμοπερατότητας και συντελεστή θερμοπερατότητας U για το δάπεδο του ισογείου που καλύπτεται με μωσαϊκό

Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εσωτερικά)	R <sub>i</sub>	m <sup>2</sup> K/W	0,17
Αντίσταση θερμοδιαφυγής	R <sub>Λ</sub>	m <sup>2</sup> K/W	0,238
Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εξωτερικά)	R <sub>a</sub>	m <sup>2</sup> K/W	0,17
Αντίσταση θερμοπερατότητας	R <sub>ολ</sub>	m <sup>2</sup> K/W	0,578
Συντελεστής θερμοπερατότητας	U	W/m <sup>2</sup> K	1,729
Μέγιστος επιτρεπτός συντελεστής θερμοπερατότητας	U <sub>max</sub>	W/m <sup>2</sup> K	0,9

Μέρος των δαπέδων του 1<sup>ου</sup> ορόφου βρίσκονται επάνω από την πυλωτή του ισογείου στο μπροστινό και πίσω τμήμα του κτιρίου. Το ίδιο παρατηρείται πιο περιορισμένα και στον 2ο όροφο, όπου υπάρχουν δάπεδα πάνω από τις πυλωτές του μπροστινού και πίσω τμήματος του 1ου ορόφου. Αυτές οι επιφάνειες επικαλύπτονται εν μέρει από μωσαϊκό και άλλες από πλακίδια επίστρωσης. Έτσι απαιτούνται επιπλέον υπολογισμοί για τα τμήματα αυτά, αφού πρόκειται για επιφάνειες-δάπεδα σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα.

Στον Πίνακα 3.26 υπολογίζεται η αντίσταση θερμοδιαφυγής για τα τμήματα αυτά του 1ου και 2ου ορόφου που καλύπτονται με μωσαϊκό λευκού τύπου με έγχρωμες ψηφίδες.

**Πίνακας 3.26:** Υπολογισμός αντίστασης θερμοδιαφυγής για δάπεδο πάνω από ανοιχτή διάβαση που καλύπτεται με μωσαϊκό

Στρώσεις δομικού στοιχείου	Πάχος στρώσεως d (m)	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας λ (W/mK)	Θερμική αντίσταση d/λ (m <sup>2</sup> K/W)
Σκυρόδεμα με συλλεκτά ή θραυστά αδρανή κλειστής δομής	0,15	1,51	0,099
μωσαϊκό λευκού τσιμέντου με έγχρωμες ψηφίδες	0,01	1,2	0,008
Επίχρισμα εσωτερικό - ασβεστοκονίαμα	0,02	0,87	0,023
<b>Σd=</b>	<b>0,18</b>	<b>R<sub>Λ</sub>=</b>	<b>0,131</b>

Στον Πίνακα 3.27 υπολογίζεται για τα τμήματα του 1ου και 2ου ορόφου που καλύπτονται με μωσαϊκό λευκού τύπου με έγχρωμες ψηφίδες, η αντίσταση θερμοπερατότητας ως άθροισμα των θερμικών αντιστάσεων ( υπολογίζονται για δάπεδα πάνω από μη θερμαινόμενο χώρο) και της αντίστασης θερμοδιαφυγής. Υπολογίζεται και ο συντελεστής θερμοπερατότητας U, ο οποίος είναι μεγαλύτερος από το επιτρεπόμενο όριο.

**Πίνακας 3.27:** Υπολογισμός αντίστασης θερμοπερατότητας και συντελεστή θερμοπερατότητας U για δάπεδο πάνω από ανοιχτή διάβαση που καλύπτεται με μωσαϊκό

Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εσωτερικά)	$R_i$	$m^2K/W$	0,17
Αντίσταση θερμοδιαφυγής	$R_A$	$m^2K/W$	0,131
Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εξωτερικά)	$R_a$	$m^2K/W$	0,04
Αντίσταση θερμοπερατότητας	$R_{ολ}$	$m^2K/W$	0,341
Συντελεστής θερμοπερατότητας	$U$	$W/m^2K$	2,935
Μέγιστος επιτρεπτός συντελεστής θερμοπερατότητας	$U_{max}$	$W/m^2K$	0,45

Στον Πίνακα 3.28 υπολογίζεται η αντίσταση θερμοδιαφυγής για τα τμήματα του 1ου και 2ου ορόφου που καλύπτονται με πλακίδια επίστρωσης.

**Πίνακας 3.28:** Υπολογισμός αντίστασης θερμοδιαφυγής για δάπεδο που καλύπτεται με πλακίδια επίστρωσης

Στρώσεις δομικού στοιχείου	Πάχος στρώσεως $d$ (m)	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας $\lambda$ (W/mK)	Θερμική αντίσταση $d/\lambda$ ( $m^2K/W$ )
Σκυρόδεμα με συλλεκτά ή θραυστά αδρανή κλειστής δομής	0,15	1,51	0,099
Πλακίδια επίστρωσης	0,01	1,05	0,010
Επίχρισμα εσωτερικό - ασβεστοκονίαμα	0,02	0,87	0,023
<b><math>\Sigma d =</math></b>	<b>0,18</b>	<b><math>R_A =</math></b>	<b>0,132</b>

Στον Πίνακα 3.29 υπολογίζεται για δάπεδα πάνω από ανοιχτή διάβαση η αντίσταση θερμοπερατότητας ως άθροισμα των θερμικών αντιστάσεων ( υπολογίζονται για επιφάνειες πάνω από μη θερμαινόμενο χώρο) και της αντίστασης θερμοδιαφυγής. Υπολογίζεται και ο συντελεστής θερμοπερατότητας  $U$ , ο οποίος είναι μεγαλύτερος από το επιτρεπόμενο όριο.

**Πίνακας 3.29:** Υπολογισμός αντίστασης θερμοπερατότητας και συντελεστή θερμοπερατότητας  $U$  για δάπεδο που καλύπτεται με πλακίδια επίστρωσης

Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εσωτερικά)	$R_i$	$m^2K/W$	0,17
Αντίσταση θερμοδιαφυγής	$R_{\Lambda}$	$m^2K/W$	0,132
Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εξωτερικά)	$R_a$	$m^2K/W$	0,04
Αντίσταση θερμοπερατότητας	$R_{ολ}$	$m^2K/W$	0,342
Συντελεστής θερμοπερατότητας	$U$	$W/m^2K$	2,925
Μέγιστος επιτρεπτός συντελεστής θερμοπερατότητας	$U_{max}$	$W/m^2K$	0,45

### 3.4.2. Υπολογισμός θερμομόνωσης κάθε ορόφου

Σύμφωνα με τη μεθοδολογία που περιγράφεται στον κανονισμό, ακολουθεί η μελέτη κάθε ορόφου ξεχωριστά. Σε κάθε δομικό στοιχείο του ορόφου προστίθενται και οι συντελεστές θερμοπερατότητας θυρών και παραθύρων που εντοπίζονται στον Πίνακα 2.3 του Κεφαλαίου 2.2

**Πίνακας 3.30:** Υπολογισμοί συντελεστή θερμοπερατότητας ισογείου

<b>Συντελεστής θερμοπερατότητας ισογείου</b>				
α/α	Δομικό στοιχείο	Επιφάνεια A ( $m^2$ )	Συντελεστής θερμοπερατότητας U ( $W/m^2K$ )	U*A
1	Εξωτερική τοιχοποιία Οπτοπλινθοδομές	441,71	0,503	222,180
2	Οπτοπλινθοδομή εκ δρομικών διάτρητων πλίνθων, με ενδιάμεσο κενόν αέρος πάχους 5 εκ	291,69	0,251	73,214
3	Τοιχίο μπετόν	119,03	3,588	427,080
4	Τοίχος από υαλότουβλα	60,02	3,49	209,470
5	Απλός υαλοπίνακας	111,35	6	668,100
6	Διπλός υαλοπίνακας με διάκενο 8mm	49,76	3,7	184,112

7	Εξωτερική πόρτα από μέταλλο	117,3	6	703,800
ΣΥΝΟΛΟ		1190,86		2487,956
Συντελεστής θερμοπερατότητας ισογείου		W/m <sup>2</sup> K		2,089

**Πίνακας 3.31:** Υπολογισμοί συντελεστή θερμοπερατότητας 1ου ορόφου

<b>Συντελεστής θερμοπερατότητας 1ου ορόφου</b>				
α/α	Δομικό στοιχείο	Επιφάνεια A (m <sup>2</sup> )	Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m <sup>2</sup> K)	U*A
1	Εξωτερική τοιχοποιία Οπτοπλινθοδομές	625,585	0,503	314,669
2	Οπτοπλινθοδομή εκ δρομικών διάτρητων πλίνθων, με ενδιάμεσο κενόν αέρος πάχους 5 εκ	74	0,251	18,574
3	Τοίχος από υαλότουβλα	53,42	3,49	186,436
4	Απλός υαλοπίνακας	404,78	6	2428,680
5	Διπλός υαλοπίνακας με διάκενο 8mm	22,09	3,7	81,733
6	Μεταλλικό κούφωμα (χωρίς υαλοπίνακα)	5,4	5,81	31,374
7	Εξωτερική πόρτα από μέταλλο	81,45	6	488,700
ΣΥΝΟΛΟ		1266,725		3550,166
Συντελεστής θερμοπερατότητας 1ου ορόφου		W/m <sup>2</sup> K		2,803

**Πίνακας 3.32:** Υπολογισμοί συντελεστή θερμοπερατότητας 2ου ορόφου

<b>Συντελεστής θερμοπερατότητας 2ου ορόφου</b>
--

α/α	Δομικό στοιχείο	Επιφάνεια A (m <sup>2</sup> )	Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m <sup>2</sup> K)	U*A
1	Εξωτερική τοιχοποιία Οπτοπλινθοδομές	621,75	0,503	312,740
2	Τοίχος από υαλότουβλα	69,77	3,49	243,497
3	Απλός υαλοπίνακας	613,31	6	3679,86 0
4	Διπλός υαλοπίνακας με διάκενο 8mm	10,24	3,7	37,888
5	Μεταλλικό κούφωμα (χωρίς υαλοπίνακα)	76,8	5,81	446,208
6	Εξωτερική πόρτα από μέταλλο	25,43	6	152,580
ΣΥΝΟΛΟ		1417,3		4872,774

Συντελεστής θερμοπερατότητας 2ου ορόφου	W/m <sup>2</sup> K	3,438
---	--------------------	-------

**Πίνακας 3.33:** Υπολογισμοί συντελεστή θερμοπερατότητας 3ου ορόφου

Συντελεστής θερμοπερατότητας 3ου ορόφου				
α/α	Δομικό στοιχείο	Επιφάνεια A (m <sup>2</sup> )	Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m <sup>2</sup> K)	U*A
1	Εξωτερική τοιχοποιία Οπτοπλινθοδομές	244,12	0,503	122,792
2	Τοίχος από υαλότουβλα	24,24	3,49	84,598
3	Απλός υαλοπίνακας	140,82	6	844,920
4	Εξωτερική πόρτα από μέταλλο	41,28	6	247,680
ΣΥΝΟΛΟ		450,46		1299,990

Συντελεστής θερμοπερατότητας 3ου ορόφου	W/m <sup>2</sup> K	2,886
---	--------------------	-------

### 3.4.3 Υπολογισμός θερμομόνωσης περιβλήματος

Για τον υπολογισμό της θερμομόνωσης του κελύφους του κτιρίου, μεταφέρονται όλα τα στοιχεία που υπολογίστηκαν για τα κατακόρυφα εξωτερικά δομικά στοιχεία (τοίχοι και ανοίγματα) και προστίθενται σε αυτά τα οριζόντια εξωτερικά δομικά στοιχεία.

Συγκεκριμένα η οροφή έκτασης 2858,97 m<sup>2</sup> καθώς και το δάπεδο του ισογείου το οποίο έρχεται σε επαφή με μη θερμαινόμενο χώρο(αυτόν του υπογείου). Μέρος αυτού του δαπέδου είναι επιστρωμένο με μωσαϊκό(1087,12 m<sup>2</sup>)και το υπόλοιπο με πλακίδια επίστρωσης (106,14m<sup>2</sup>).

Στις οριζόντιες επιφάνειες του εξωτερικού περιβλήματος του κελύφους συνυπολογίζονται και τα τμήματα των δαπέδων του 1ου ορόφου τα οποία βρίσκονται πάνω από την πυλωτή του ισογείου. Αυτά βρίσκονται στο μπροστινή και πίσω πρόσοψη του κτιρίου κυρίως. Το ίδιο συμβαίνει και με τμήματα του δαπέδου στον 2ο όροφο όπως προαναφέρθηκε. Τα ίδια υλικά επίστρωσης με εκείνα του υπογείου συναντώνται και εδώ. Πιο συγκεκριμένα η κατανομή των επιφανειών στα διάφορα είδη δαπέδων έχει ως εξής:

**Πίνακας 3.34: Δάπεδα από διαφορετικά υλικά**

<b>Δάπεδα πάνω από ανοιχτές διαβάσεις (πυλωτές) - κατερχόμενη ροή</b>			
<b>1<sup>ος</sup> όροφος</b>		<b>2<sup>ος</sup> όροφος</b>	
Πλακίδια επίστρωσης	Μωσαϊκό	Πλακίδια επίστρωσης	Μωσαϊκό
74,76m <sup>2</sup>	261,715 m <sup>2</sup>	254,305	281,36

Έτσι προκύπτουν τα ακόλουθα αποτελέσματα:

**Πίνακας 3.34: Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας κτιρίου**

<b>Συντελεστής θερμοπερατότητας κτιρίου</b>				
<b>a/a</b>	<b>Δομικό στοιχείο</b>	<b>Επιφάνει α Α (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Συντελεστής θερμοπερατό τητας U (W/m<sup>2</sup>K)</b>	<b>U*A</b>
1	Εξωτερική τοιχοποιία Οπτοπλινθοδομές	1.934,17	0,49	940,72
2	Οπτοπλινθοδομή εκ δρομικών διάτρητων πλίνθων,με ενδιάμεσο κενόν αέρος πάχους 5 εκ	365,69	0,25	90,16
3	Διαχωριστικοί τοίχοι προς μη θερμαινόμενους κλειστούς χώρους	1.505,34	3,01	4.534,1 6

4	Εξωτερική τοιχοποιία - Μπετόν	119,03	3,59	427,10
5	Τοίχος από υαλότουβλα	207,45	3,49	724,00
6	Απλός υαλοπίνακας	1.379,18	6,00	8.275,08
7	Διπλός υαλοπίνακας	82,09	3,70	303,73
8	Μεταλλικό κούφωμα (χωρίς υαλοπίνακα)	82,20	5,81	477,58
9	Εξωτερική πόρτα από μέταλλο	288,56	6,00	1.731,36
10	Δάπεδο επάνω από μη θερμαινόμενο χώρο-δάπεδο ισογείου-πλακίδια επίστρωσης	106,14	1,73	183,62
11	Δάπεδο επάνω από μη θερμαινόμενο χώρο-δάπεδο ισογείου-μωσαϊκό λευκού τσιμέντου με έγχρωμες ψηφίδες	1.087,12	1,73	1.879,28
12	Δάπεδα πάνω από ανοιχτή διάβαση - πλακίδια επίστρωσης	329,07	2,93	962,60
13	Δάπεδα πάνω από ανοιχτή διάβαση -μωσαϊκό λευκού τσιμέντου με έγχρωμες ψηφίδες	543,08	2,94	1.593,93
14	Επιφάνεια οροφής	2.958,01	0,64	1.906,04
ΣΥΝΟΛΟ		10.987,12		24.029,36
Συντελεστής θερμοπερατότητας κτιρίου		W/m <sup>2</sup> K	2,187	

Ο συνολικός περιεχόμενος όγκος του κτιρίου είναι:

$V = \text{εμβαδόν επιφάνειας } (A_{\text{ισ}} + A_1 + A + A) \cdot \text{ύψος } (H) = 6921,58 \text{ m}^2 \cdot 3,50 \text{ m} = 24.225,53 \text{ m}^3$ . Η συνολική επιφάνεια υπολογίστηκε παραπάνω ίση με 10987,12 m<sup>2</sup>. Από το πηλίκο A/V που προκύπτει, προσδιορίζεται ο μέγιστος επιτρεπόμενος μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας βάση του Πίνακα 2.4 του Κεφαλαίου 2.

Για τα δεδομένα του συγκεκριμένου κτιρίου προκύπτει:

$\frac{A}{V} = \frac{10.987,12}{24.029,36} = 0,457$  που μέσω γραμμικής παρεμβολής, η τιμή αυτή αντιστοιχεί σε μέγιστο επιτρεπόμενο συντελεστή θερμοπερατότητας  $U_{m,\text{max}} = 1,002 \text{ W/m}^2\text{K}$ .



Ο συντελεστής θερμοπερατότητας του κτιρίου υπολογίστηκε ίσος με  $2,187 \text{ W/ m}^2\text{K}$ . Σε αυτή την τιμή πρέπει να προστεθεί  $0,1 \text{ W/ m}^2\text{K}$  σύμφωνα με τον συμβατικό τρόπο θεώρησης του συντελεστή θερμοπερατότητας που ορίζεται από την ΤΟΤΕΕ, ώστε να συμπεριληφθεί και ο υπολογισμός των θερμογεφυρών στα επί μέρους δομικά στοιχεία.

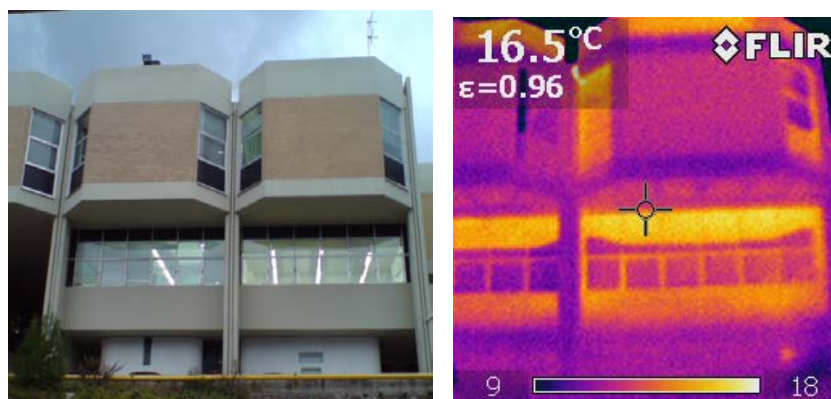
Έτσι ο συντελεστής υπολογίζεται ίσος με  $U_{\text{κτιρίου}} = 2,287 \text{ W/ m}^2\text{K}$ , που ξεπερνάει κατά πολύ το  $U_{\text{m,max}} = 1,002 \text{ W/ m}^2\text{K}$ , δηλαδή το κτίριο κρίνεται θερμομονωτικά ενεργοβόρο.

### 3.5 Μετρήσεις με χρήση καταγραφικού εξοπλισμού

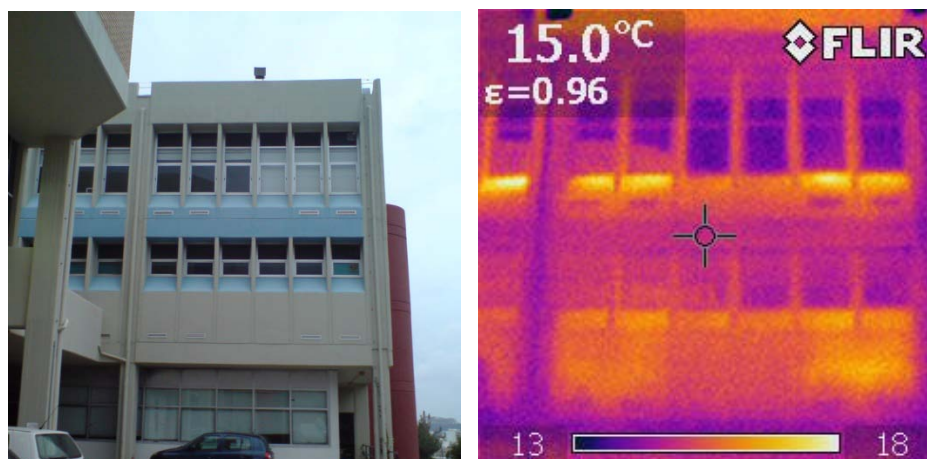
Στην παρούσα ενότητα παρουσιάζονται και αξιολογούνται, στο πλαίσιο της ενεργειακής επιθεώρησης του κτιρίου, τα αποτελέσματα που προέκυψαν από μετρήσεις που έγιναν με ειδικά όργανα καταγραφής. Συγκεκριμένα χρησιμοποιήθηκε θερμοκάμερα, για την εποπτεία και τον εντοπισμό προβληματικών σημείων του κτιρίου, αναλυτής ηλεκτρικής ενέργειας για πιστότερη μελέτη της ηλεκτρικής κατανάλωσης και αναλυτής καυσαερίων, για τη μέτρηση της απόδοσης καύσης του λέβητα.

#### 3.5.1. Μετρήσεις απωλειών θερμότητας με χρήση της θερμοκάμερας

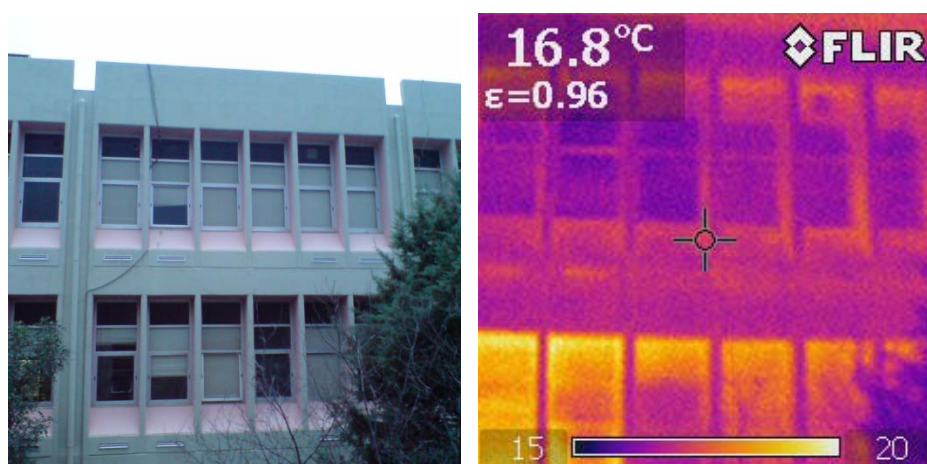
Η θερμογραφική μελέτη πραγματοποιήθηκε στο Παλαιό Κτίριο ΗΜΜΥ Α' φάσης στις 17 και 18 Φεβρουαρίου 2011 (η εξωτερική θερμοκρασία κυμάνθηκε στους  $10-18^\circ\text{C}$ ) και στις 2 Μαρτίου 2011 (η εξωτερική θερμοκρασία κυμάνθηκε στους  $8-10^\circ\text{C}$ ) κατά τη δύση του ηλίου. Αρχικά παρουσιάζονται εικόνες και θερμοφωτογραφίες από την πρόσοψη του κτιρίου.



Εικόνα 3.4: Πρόσοψη του κτιρίου

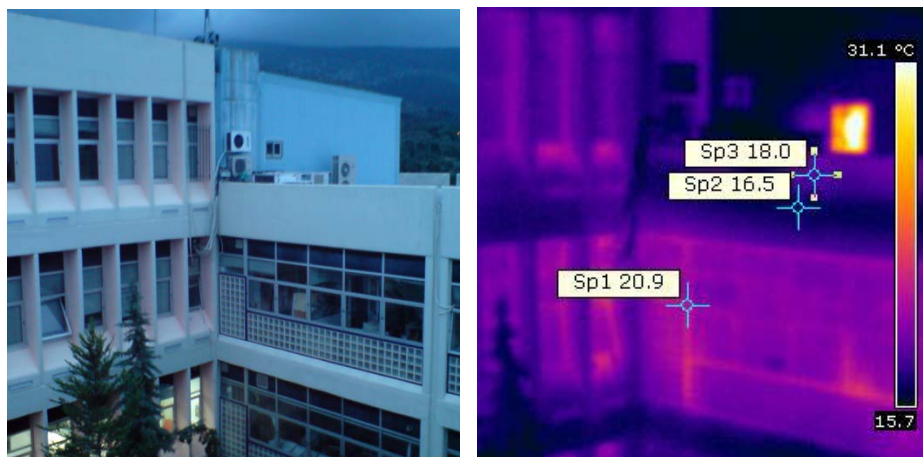


**Εικόνα 3.5:** Πρόσοψη του κτιρίου



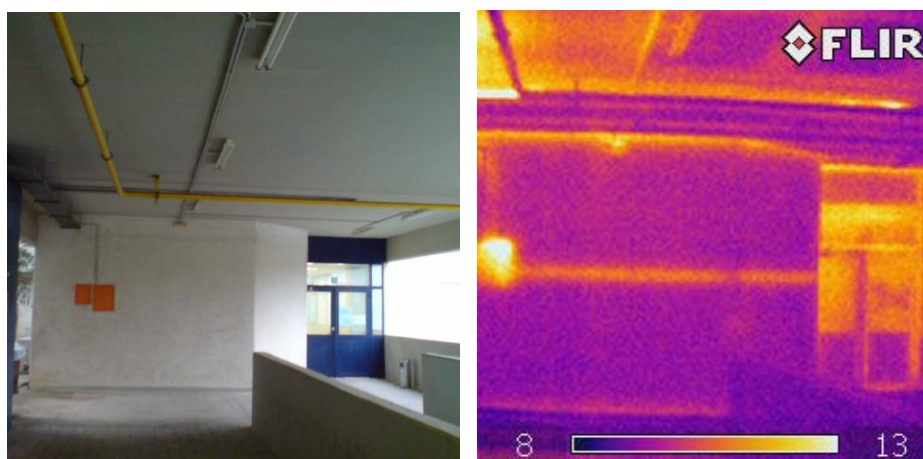
**Εικόνα 3.6:** Όψη αιθρίου, εσωτερικά του κτιρίου

Διάφορες αισθητές θερμοκρασιακές διαφορές που παρατηρούνται, οφείλονται στα διαφορετικά υλικά κατασκευής. Για παράδειγμα στις εικόνες 3.4 και 3.5 παρατηρούνται διαφορετικοί χρωματισμοί σε κάποιους τοίχους, στις υπέρυθρες φωτογραφίες, διότι όπως φαίνεται έχουν χρησιμοποιηθεί διαφορετικά υλικά κατασκευής. Οι μικρότερες διαφορές θερμοκρασίας που παρατηρούνται σε σημεία του κτιρίου κατασκευασμένα από το ίδιο υλικό, οφείλονται στη διαφορετική εκπομπή της θερμότητας που έχει απορροφηθεί κατά τη διάρκεια της μέρας από το κτίριο, δεδομένης της διαφορετικής έκθεσης του κάθε σημείου στον ήλιο. Περιοχές που είναι εντελώς εκτεθειμένες στον ήλιο εκπέμπουν περισσότερη θερμότητα από τις περιοχές οι οποίες βρίσκονται υπό σκιά κατά τη διάρκεια της ημέρας. Για τον παραπάνω λόγο παρουσιάζεται με έντονο κίτρινο χρώμα το πάνω μέρος του κτιρίου στην Εικόνα 3.4.



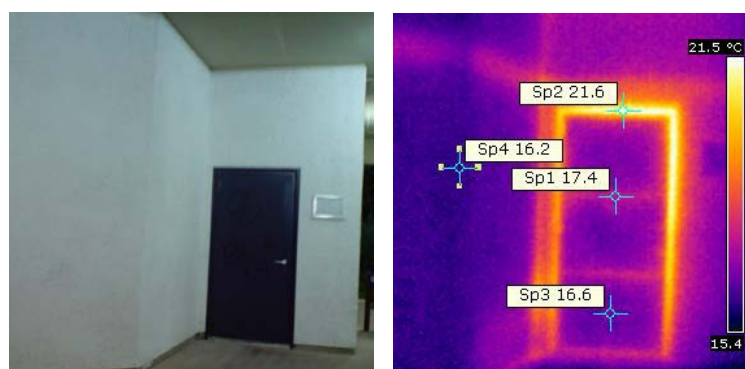
**Εικόνα 3.7:** Τμήμα του κτιρίου που βλέπει στο αίθριο

Στην παραπάνω φωτογραφία παρατηρούνται οι μεγάλες θερμοκρασιακές απώλειες των μονών υαλοπινάκων του κτιρίου.



**Εικόνα 3.8:** Τοίχος στον 1ο όροφο

Στην εικόνα 3.8 φαίνονται με διαφορετικό χρώμα τα υλικά κατασκευής του κτιρίου.

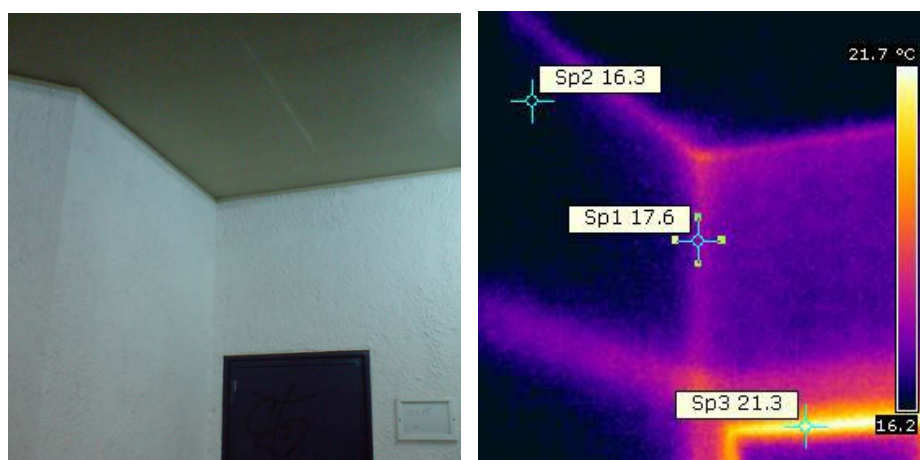


**Εικόνα 3.9:** Πόρτα εργαστηρίου ισογείου



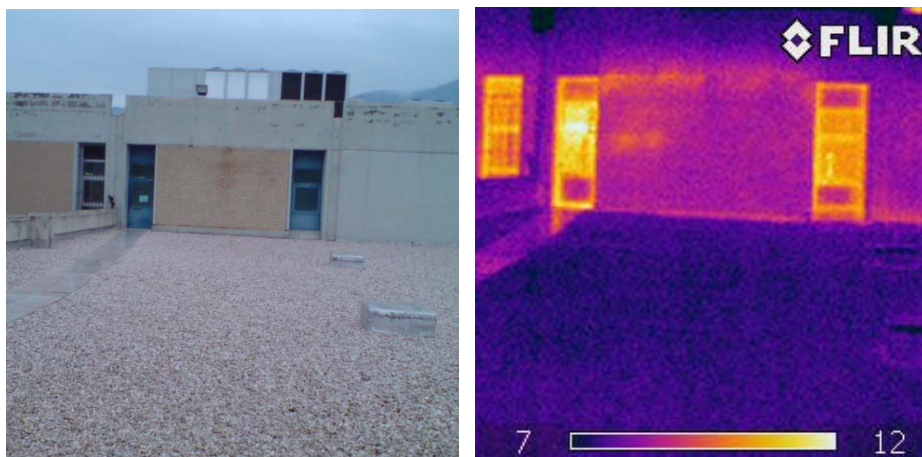
**Εικόνα 3.10:** Πόρτα εργαστηρίου

Στα παραπάνω θερμογραφήματα παρατηρούνται σημεία διαφυγής θερμού αέρα γύρω από τα κουφώματα των παραθύρων και γύρω από τις πόρτες. Αυτό φαίνεται από τις έντονες κίτρινες αποχρώσεις, όπου έχουν επισημανθεί διαφορετικές θερμοκρασίες. Ειδικότερα στις μεταλλικές πόρτες όπως φαίνεται και στις εικόνες 3.9 και 3.10 σημειώνεται διαφυγή θερμότητας και από την ίδια την επιφάνεια τους.



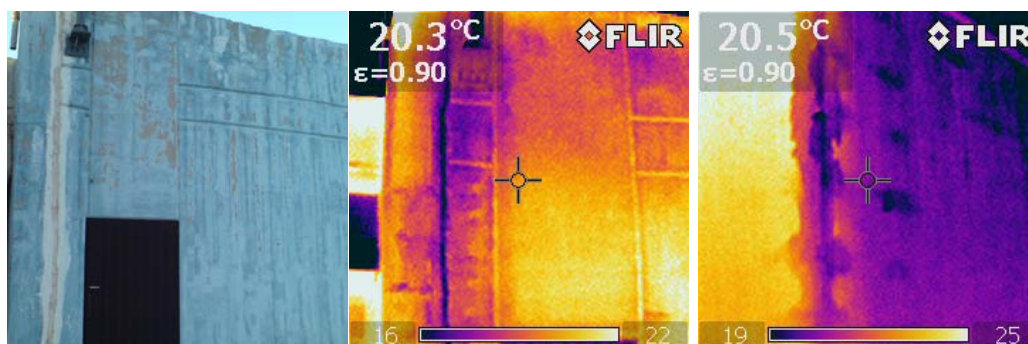
**Εικόνα 3.11:** Διαφυγή θερμότητας στο ισόγειο του κτιρίου

Διαφυγή θερμότητας στους αρμούς των τοίχων λόγω θερμογεφυρών, παρατηρείται σε διάφορα σημεία του κτιρίου, ενδεικτικά παρατείνεται η Εικόνα 3.11. Ωστόσο η διαφυγή αυτή κρίνεται αμελητέα, σε σύγκριση με τις απώλειες περιμετρικά των κουφωμάτων.



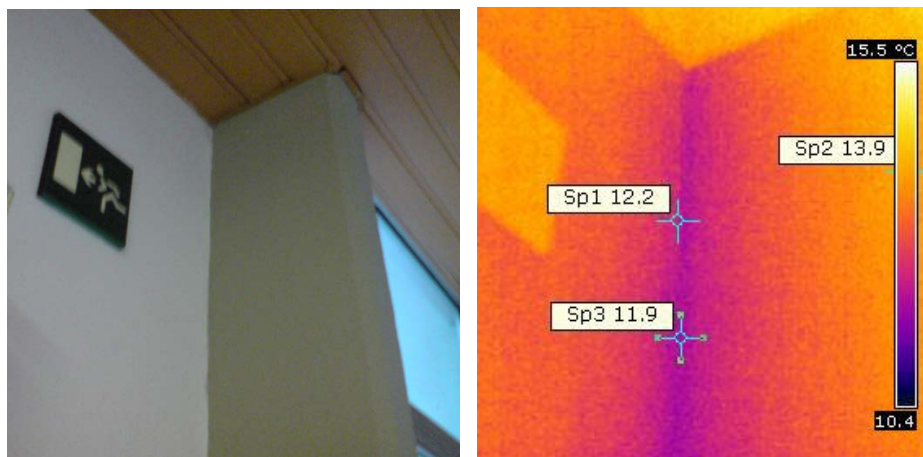
**Εικόνα 3.12:** Ταράτσα του κτιρίου

Στην ταράτσα του κτιρίου η μόνωση φαίνεται ικανοποιητική αφού δεν παρατηρούνται ιδιαίτεροι χρωματισμοί στην Εικόνα 3.12. Ωστόσο στα διάφορα δώματα που υπάρχουν εκεί, οι τοίχοι είναι αρκετά φθαρμένοι, με σκασμένο σε πολλά σημεία το εξωτερικό επίχρισμα, γεγονός που εξηγεί και τις χρωματικές διαφορές που παρατηρούνται στον τοίχο του παραπάνω κτίσματος. Γενικά παρατηρήθηκε εμφάνιση υγρασίας και ύπαρξης νερού σε διάφορα σημεία του τελευταίου ορόφου, όπως φαίνεται και στις επόμενες εικόνες, σε ένα τμήμα της οροφής, Εικόνα 3.13.

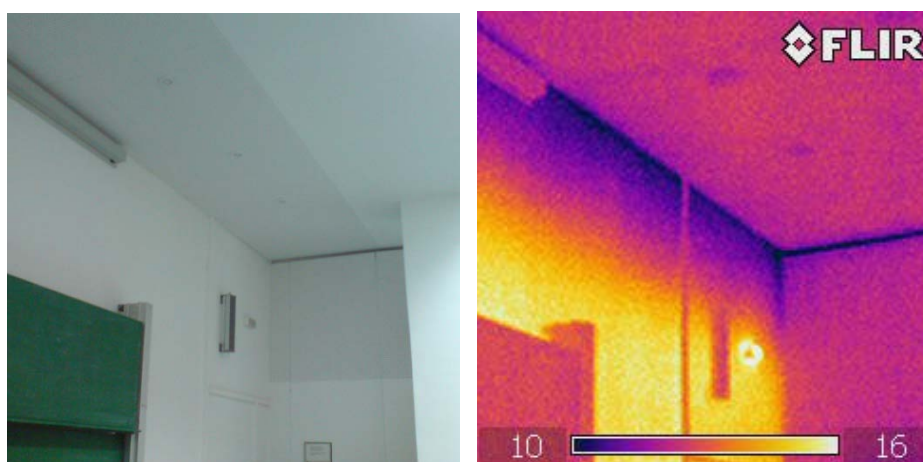


**Εικόνα 3.13:** Ταράτσα του κτιρίου – Πλαϊνή όψη

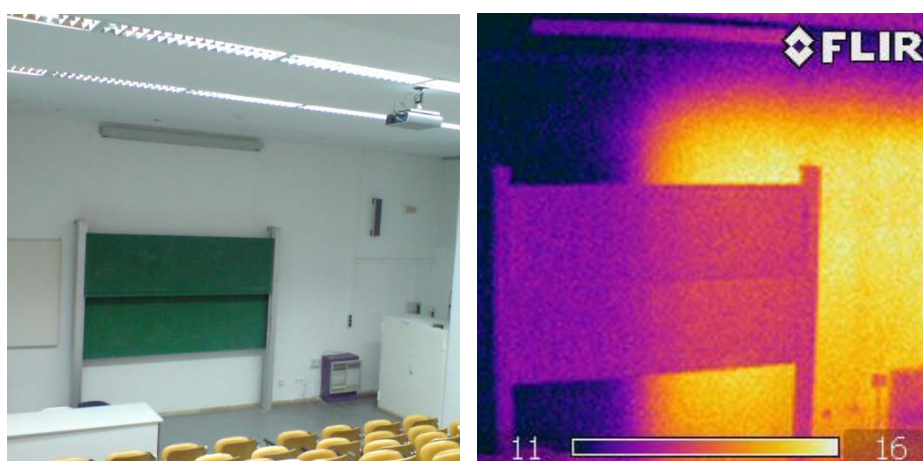
Στη συνέχεια φαίνεται η ύπαρξη θερμογέφυρας σε μια γωνία σε ακάλυπτο τοίχο του κτιρίου και μιας άλλης στο αμφιθέατρο ηλεκτρολόγων.



**Εικόνα 3.14:** Θερμογέφυρα στο εσωτερικό του κτιρίου



**Εικόνα 3.15:** Θερμογέφυρα στο αμφιθέατρο ηλεκτρολόγων

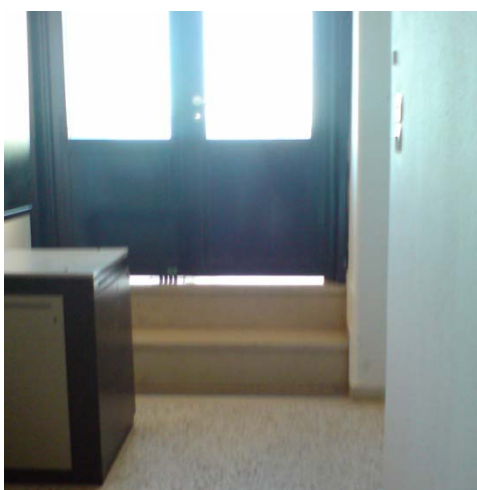


**Εικόνα 3.16:** Έλλειψη μόνωσης στο αμφιθέατρο ηλεκτρολόγων

Ακόμα στο αμφιθέατρο των ηλεκτρολόγων παρατηρείται στην θερμοφωτογραφία 3.14 μεγάλη χρωματική διαφορά στον τοίχο. Αυτό συμβαίνει γιατί ο τοίχος αυτός δεν

είναι μονωμένος. Έτσι στην αριστερή πλευρά που ο τοίχος είναι ακάλυπτος βλέπουμε έντονο μπλε χρώμα, που σημαίνει πως εισχωρεί εύκολα η χαμηλή θερμοκρασία του εξωτερικού περιβάλλοντος. Η δεξιά πλευρά που στη θερμοφωτογραφία έχει κίτρινο χρώμα, συνορεύει με άλλο τοίχο του κτιρίου.

Γενικά δεν ήταν εφικτός ο εντοπισμός πολλών προβλημάτων με τη χρήση της θερμοκάμερας στο συγκεκριμένο κτίριο, κυρίως λόγω της δυσκολίας προσέγγισης πολλών σημείων με τέτοιο τρόπο ώστε οι θερμοαπεικονήσεις να είναι ενδεικτικές της κατάστασης. Ωστόσο έγινε αντιληπτό, ότι ιδιαίτερα στον τρίτο όροφο του κτιρίου υπάρχουν έντονες θερμικές απώλειες, οι τοίχοι δεν είναι μονωμένοι, ενώ σε διάφορα σημεία του κτιρίου υπάρχουν πόρτες που επιτρέπουν τη διαφυγή θερμότητας στο κάτω μέρος, όπως φαίνεται στη εικόνα 3.17.



**Εικόνα 3.17:** Θύρα 3<sup>ου</sup> ορόφου

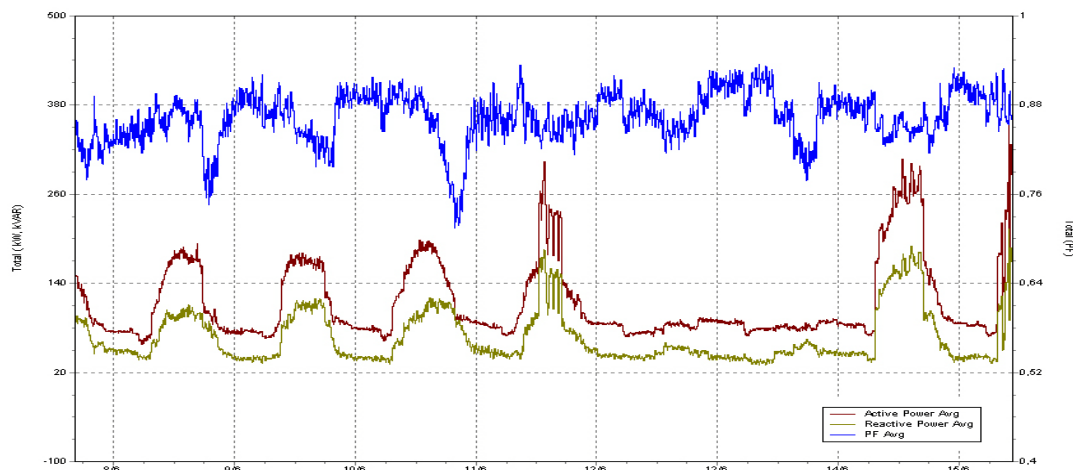
Ακόμα έλλειψη επαρκούς μόνωσης των τοίχων εντοπίστηκε και στους υπόλοιπους ορόφους του κτιρίου, συγκεκριμένα στο ισόγειο και τον 1<sup>ο</sup> όροφο, κατά τη δύση του ηλίου, τοίχοι που δεν είχαν θερμανθεί από τον ήλιο κατά τη διάρκεια της ημέρας, εμφάνιζαν πολύ υψηλές θερμοκρασίες.

### **3.5.2 Μετρήσεις με τον αναλυτή ηλεκτρικής ενέργειας**

Στο κτίριο των ηλεκτρολόγων ο ενεργειακός αναλυτής συνδέθηκε στον κεντρικό πίνακα διανομής ηλεκτρικού ρεύματος για μια εβδομάδα μέσα στον Ιούνιο του 2010 και άλλη μια εβδομάδα τον Ιούλιο του ίδιου έτους, ενώ τοποθετήθηκε ξανά για δυο εβδομάδες το Μάιο του 2011.

## Απορρόφηση ισχύος και συντελεστής ισχύος

Στο διάγραμμα που ακολουθεί φαίνεται η μέση τιμή της συνολικής ισχύος που απορροφάται και της συνολικής ισχύος που καταναλώνεται για την εβδομάδα του Ιουνίου 2010, καθώς και η διακύμανση του συντελεστή ισχύος.



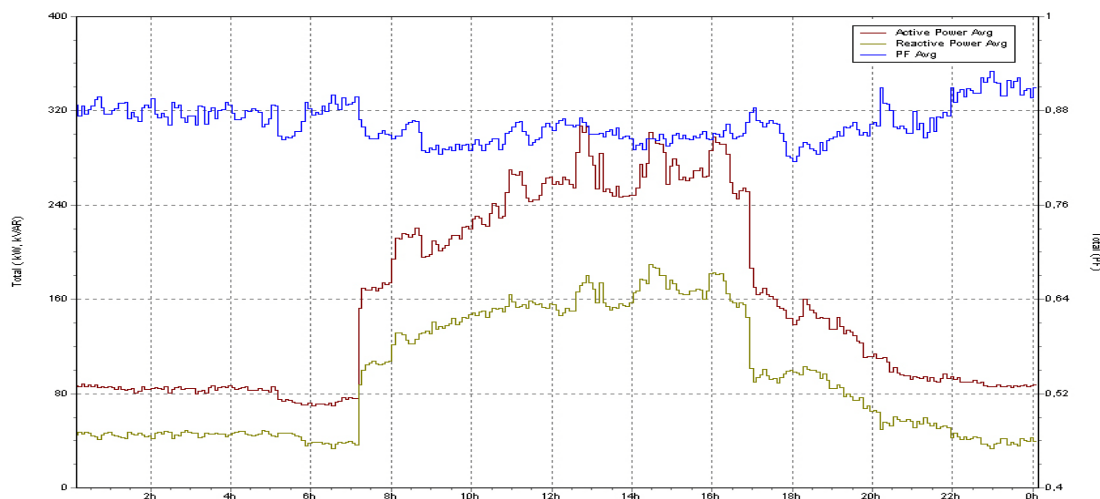
**Γράφημα 3.11:** Διάγραμμα μέσης απορρόφησης ισχύος στο κτίριο την εβδομάδα του Ιουνίου 2010

### Παρατηρήσεις

- Η ισχύς παρουσιάζει τις περισσότερες αιχμές της στις 11/6, καθώς και στο τέλος της εβδομάδας (14/6 – 15/6), όπου είχαν σημειωθεί αρκετά υψηλές θερμοκρασίες, σύμφωνα με το μετεωρολογικό ιστορικό για την Αθήνα, οπότε η αύξηση της ζήτησης οφείλεται στην αυξημένη χρήση κλιματιστικών μονάδων τις ημέρες αυτές, τα οποία μάλιστα προκαλούν επιπλέον αύξηση της άεργου ισχύος.
- Από το διάγραμμα του συντελεστή ισχύος παρατηρείται πως ο συντελεστής μεταβάλλεται σύμφωνα με τις διακυμάνσεις της ενεργού ισχύος, λαμβάνοντας αρκετά χαμηλές τιμές μεταξύ 0,72-0,91. Μάλιστα κατά τις βραδινές ώρες παρατηρείται καθημερινά έντονη πτώση του, γεγονός που δικαιολογείται από τη μείωση της απαιτούμενης ενεργού ισχύος τις ώρες αυτές, ενώ παράλληλα λειτουργούν τα επαγωγικά φορτία του νυχτερινού φωτισμού του κτιρίου.
- Το Σαββατοκύριακο (12/6-14/6) που το κτίριο υπολειτουργεί, φαίνεται εύκολα και από το σχήμα πως η κατανάλωση είναι μειωμένη. Το φορτίο βάσης μπορεί να προσεγγιστεί από την κατανάλωση ισχύος το Σαββατοκύριακο, η οποία κυμαίνεται περίπου στα 70KW-90 KW.

Για να δοθεί μια καλύτερη εικόνα σχετικά με τις μεταβολές των μεγεθών παρατίθεται διάγραμμα συντελεστή ισχύος και απορρόφησης ισχύος μια τυχαία καθημερινή του Ιουνίου (Μέσες τιμές). Επιλέχθηκε μέρα με υψηλές θερμοκρασίες για να παρατηρηθούν καλύτερα οι αιχμές στη ζήτηση.





**Γράφημα 3.12:** Διάγραμμα συντελεστή ισχύος και απορρόφησης ισχύος 14/6

Από το παραπάνω διάγραμμα παρατηρούνται τα εξής:

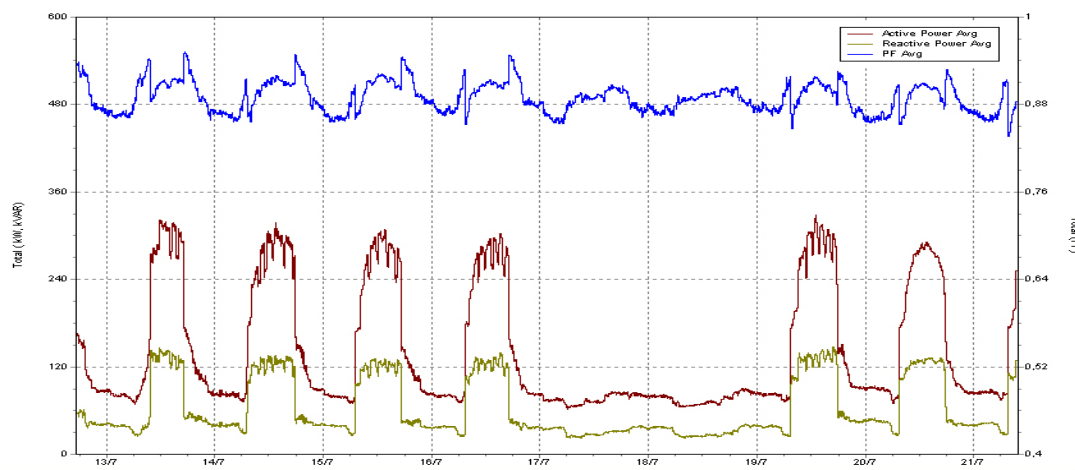
- Η ζήτηση ισχύος είναι μεγάλη καθημερινά από τις 7πμ έως τις 5μμ, δηλαδή τις ώρες που λειτουργούν τα περισσότερα γραφεία και εργαστήρια.
- Κατακόρυφη αύξηση της ζήτησης παρατηρείται τις πρωινές ώρες, λόγω της εκκίνησης λειτουργίας των ψυκτικών μονάδων του κτιρίου, με την ενεργό ισχύ να ξεπερνάει τα 190 KW ήδη από νωρίς το πρωί, με την πρώτη παρουσία ανθρώπων στο κτίριο. Ιδιαίτερα το μεσημέρι η ζήτηση κορυφώνεται, κυμαίνεται γύρω στα 300 KW, πιθανόν λόγω της λειτουργίας ανεξάρτητων κλιματιστικών μονάδων στα διάφορα γραφεία και εργαστήρια.
- Από τις 5 μμ έως περίπου τις 8 μμ η ζήτηση ισχύος μειώνεται σταδιακά. Αυτό είναι λογικό, αφού οι περισσότεροι χώροι σταματούν να χρησιμοποιούνται κατά τις απογευματινές ώρες και γενικότερα το κτίριο υπολειτουργεί. Ύστερα ενεργοποιείται ο εξωτερικός νυχτερινός φωτισμός του κτιρίου, ο οποίος απενεργοποιείται νωρίς το πρωί δικαιολογώντας τη μικρή πτώση της ζήτησης ισχύος που παρατηρείται 5-7 πμ.
- Η άεργος ισχύς παρουσιάζει τις αιχμές της κατά τις μεσημεριανές ώρες, όταν δηλαδή λειτουργούν τα κλιματιστικά μηχανήματα, τα οποία έχουν έντονη επαγωγική συμπεριφορά και υψηλές απαιτήσεις άεργου ισχύος.

### **Ταύτιση υπολογιζόμενης ενεργού ισχύος από καταγραφή και από ενεργειακό αναλυτή**

Η εικόνα της ενεργού ισχύος που φαίνεται στο παραπάνω διάγραμμα είναι πολύ κοντινή της εικόνας που είχε διαμορφωθεί προηγουμένως από την καταγραφή των καταναλώσεων του κτιρίου. Πιο συγκεκριμένα υπολογίζεται πως μια τυπική ημέρα λειτουργίας του κτιρίου απαιτούνται 60 KW για το φωτισμό, περίπου 50 KW για

τους ηλεκτρονικούς υπολογιστές, 25 KW για το ups και τους servers, σύνολο 135 KW και ύστερα τα υπόλοιπα KW απαιτούνται για τη λειτουργία των αντλιών θέρμανσης του κτιρίου και των ανεξάρτητων κλιματιστικών μηχανημάτων. Τα μηχανήματα αυτά δεν έχουν βέβαια σταθερό φορτίο, αλλά η απαιτούμενη ισχύς των αντλιών θέρμανσης βρίσκεται στα ύψη των 100 KW, όταν δεν εμφανίζονται πολύ ακραίες αιχμές (Γράφημα 3.3), που προσθετικά στα 135 KW, δίνει την προσέγγιση της ζήτησης με βάση την καταγραφή, στα 235 KW νωρίς το πρωί. Σε αυτά προστίθεται και η ζήτηση ισχύος από τα fan coils περί τα 1,3 KW, ενώ αργότερα καθώς τίθενται σε λειτουργία επιπλέον κλιματιστικές μονάδες συνολικής εγκατεστημένης ισχύος 75,7 KW, η ζήτηση ενεργού ισχύος φτάνει τα 312 KW η οποία μπορεί να κυμαίνεται και σε ακόμα υψηλότερα επίπεδα άλλες ημέρες ή και σε χαμηλότερα φυσικά επίπεδα, ανάλογα με τη χρήση των κλιματιστικών μονάδων.

Παρακάτω παρατίθενται τα αντίστοιχα διαγράμματα για την εβδομάδα του Ιουλίου 2010.



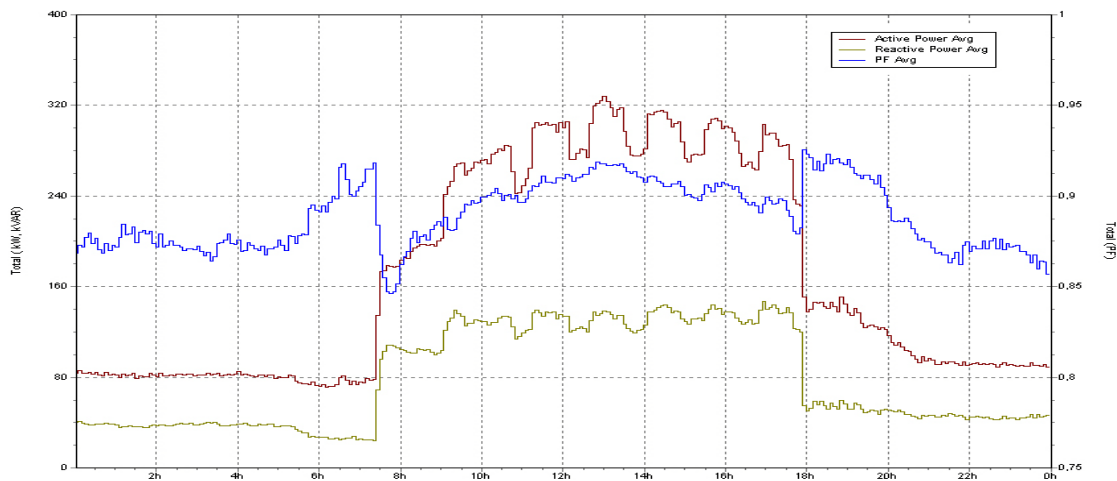
**Γράφημα 3.13:** Διάγραμμα μέσης απορρόφησης ισχύος στο κτίριο την εβδομάδα του Ιουλίου

### Παρατηρήσεις

- Συγκρίνοντας με τα αντίστοιχα διαγράμματα για τον μήνα Ιούνιο, παρατηρείται αισθητή αύξηση στην ζήτηση για ισχύ καθώς και πιο έντονες διακυμάνσεις στο συντελεστή ισχύος. Αυτό ήταν αναμενόμενο, αφού οι θερμοκρασίες που σημειώθηκαν την εβδομάδα του Ιουλίου ήταν υψηλότερες από αυτές του Ιουνίου, (μέση θερμοκρασία Ιουλίου 29,2 oC > μέση θερμοκρασία Ιουνίου 26,5 oC).
- Ο συντελεστής ισχύος παρουσιάζει πιο πολλές διακυμάνσεις, κυρίως λόγω της αυξημένης χρήσης κλιματιστικών μονάδων, οπότε και αυξημένης απαίτησης άεργου ισχύος. Η μέση τιμή του κυμαίνεται από 0,83 έως 0,95.
- Το φορτίο βάσης και εδώ κυμαίνεται στα 70-90 KW, όπως φαίνεται από τη ζήτηση που καταγράφεται το Σαββατοκύριακο.

Το φορτίο βάσης, δηλαδή οι μόνιμες καταναλώσεις του κτιρίου, σύμφωνα με την καταγραφή περιλαμβάνει φορτία φωτισμού και φορτία διαφόρων ηλεκτρικών συσκευών. Τα εναπομείναντα ανοιχτά φώτα το Σαββατοκύριακο δεν ξεπερνούν τα 2,8 KW, συνυπολογίζοντας το νυχτερινό φωτισμό. Με βάση τις απαντήσεις των χρηστών ένας αριθμός υπολογιστών μένουν πάντα ενεργοποιημένοι, σύνολο 12 KW, ενώ επιπλέον και κάποιες ηλεκτρικές συσκευές μένουν πάντοτε ενεργοποιημένες (κυρίως μικρά ψυγεία) σύνολο 2 KW. Τέλος προστίθενται τα 25,2 KW των servers και του ups, οπότε συνολικά σύμφωνα με την καταγραφή, το φορτίο βάσης φτάνει συντηρητικά υπολογισμένο, τα 43 KW. Ωστόσο αν συνυπολογιστούν τα φορτία που παραμένουν λόγω αμέλειας, το φορτίο βάσης που θα έπρεπε κανονικά να έχει πολύ χαμηλότερη τιμή, αυξάνεται σημαντικά. Τέτοια φορτία μπορεί να είναι κάποιοι επιπλέον υπολογιστές που παραμένουν ενεργοποιημένοι, κάποια φώτα γραφείων που δεν απενεργοποιήθηκαν, ακόμα και κάποιες αυτόνομες κλιματιστικές μονάδες που έχει παρατηρηθεί πως μένουν ενεργοποιημένες κάποιες νύχτες σε περιόδους με υψηλές θερμοκρασίες.

Ακολουθεί το διάγραμμα ζήτησης ισχύος για μια τυχαία καθημερινή του Ιουλίου.



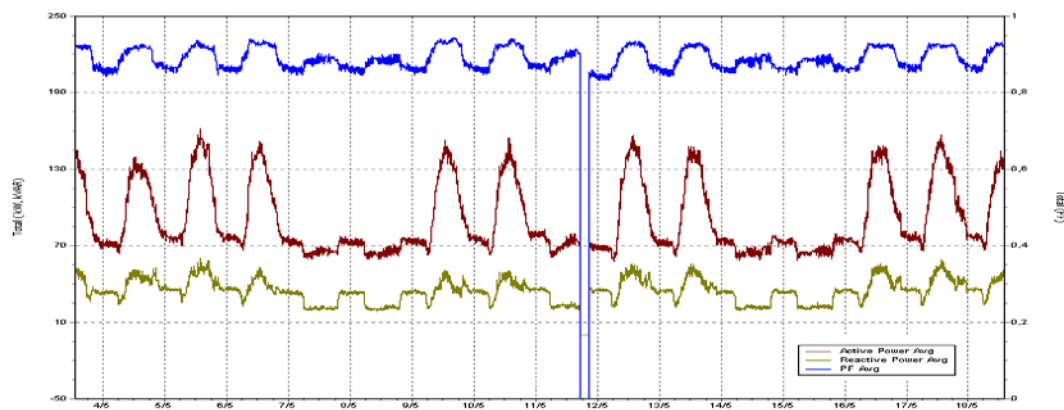
**Γράφημα 3.14:** Διάγραμμα συντελεστή ισχύος και απορρόφησης ισχύος 19/7

Παρατηρήσεις από το Γράφημα 3.14:

- Οι αυξημένες απαιτήσεις σε ενεργό και άεργο ισχύ εμφανίζονται και εδώ από τις 7πμ έως τις 6μμ και στο ίδιο διάστημα ο συντελεστής ισχύος μειώνεται σημαντικά, λόγω της λειτουργίας των κλιματιστικών μονάδων.
- Το φορτίο που καταναλώνεται παίρνει την ελάχιστη τιμή του κατά τις νυχτερινές ώρες. Ωστόσο δεν είναι μηδενικό, αφού καθ' όλη τη διάρκεια της νύχτας φωτίζονται οι ημιωπαίθριοι και εξωτερικοί χώροι, καθώς και οι διάδρομοι του κτιρίου. Επιπλέον μεγάλος αριθμός των υπολογιστών του κτιρίου παραμένει ενεργοποιημένος και κατά τη διάρκεια της νύχτας.

Στο σημείο αυτό πρέπει να προστεθεί πως σύμφωνα με τον υπεύθυνο της πολυδύναμης μονάδας της σχολής, κάποιες νύχτες τους θερινούς μήνες οι ψυκτικές μονάδες παραμένουν ενεργοποιημένες τις βραδινές ώρες, μιας και ήδη η απόδοσή τους δεν είναι ικανοποιητική για τους χρήστες του κτιρίου, οπότε με αυτόν τον τρόπο προσπαθεί να επιτευχθεί όσο το δυνατόν περισσότερο χαμηλή θερμοκρασία.

Τέλος αντίστοιχα διαγράμματα καταστρώθηκαν και για το Μάιο 2011, όπου ο αναλυτής τοποθετήθηκε στο κτίριο για δυο εβδομάδες.

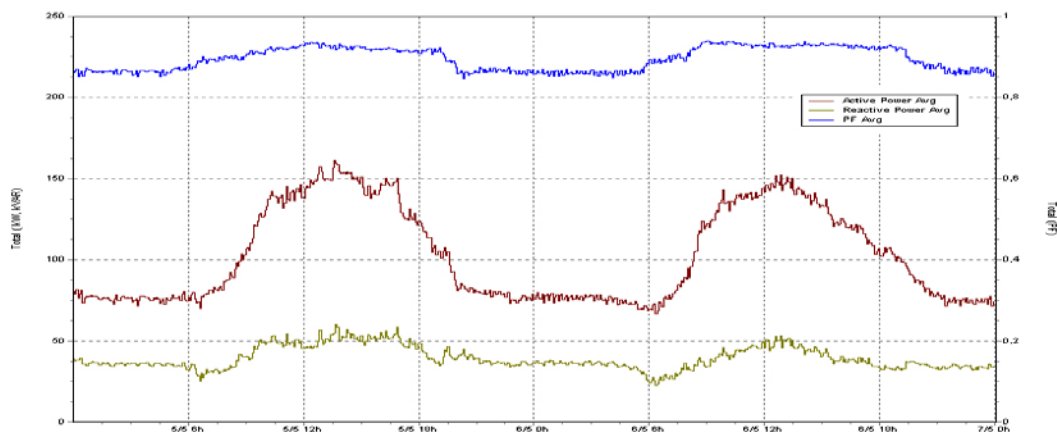


**Γράφημα 3.15:** Διάγραμμα μέσης απορρόφησης ισχύος στο κτίριο για τις δυο εβδομάδες του Μαΐου

#### Παρατηρήσεις

- Η ζήτηση ισχύος το Μάιο είναι μικρότερη συγκριτικά με τους καλοκαιρινούς μήνες, αφού οι ημερήσιες θερμοκρασίες είναι χαμηλότερες και επομένως έγινε περιορισμένη χρήση των κλιματιστικών μηχανημάτων.
- Η μέση τιμή του συντελεστή ισχύος κυμαίνεται από 0,83 έως 0,937.
- Στις 11/5 παρατηρείται παρ' όλο που ήταν καθημερινή, χαμηλή ζήτηση ισχύος. Αυτό δικαιολογείται από το γεγονός ότι το κτίριο παρέμεινε κλειστό εκείνη τη μέρα, λόγω γενικής απεργίας.

Στο διάγραμμα που ακολουθεί έχει αποτυπωθεί η μέση απορρόφηση ισχύος και ο συντελεστής ισχύος για δυο τυχαίες μέρες του Μαΐου (5/6 και 6/6).

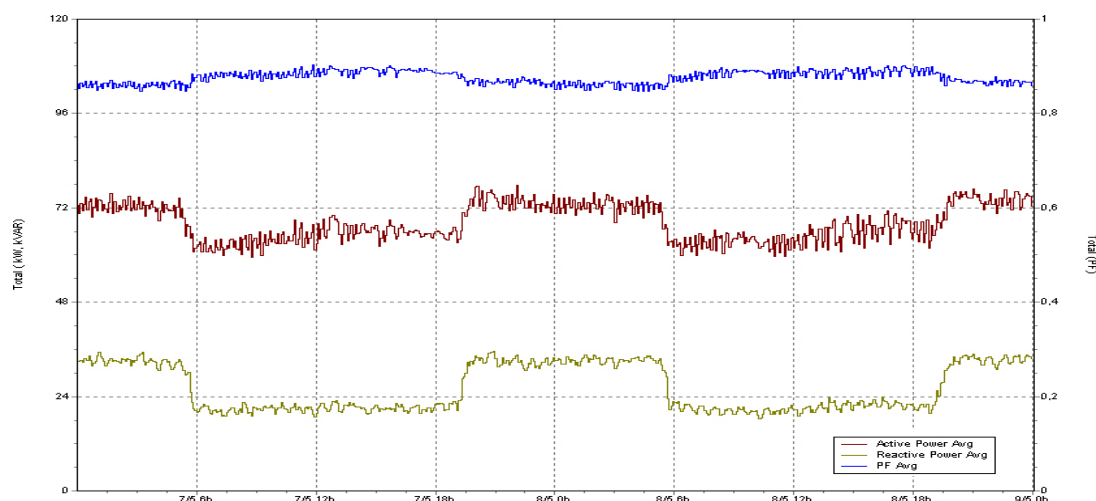


**Γράφημα 3.16:** Διάγραμμα συντελεστή ισχύος και απορρόφησης ισχύος για δυο καθημερινές του Μαΐου

#### Παρατηρήσεις

- Ο συντελεστής ισχύος παίρνει τις χαμηλότερες τιμές του από τις 8μμ που τίθενται σε λειτουργία οι λαμπτήρες φθορισμού του εξωτερικού φωτισμού του κτιρίου έως τις 6πμ, οπότε και απενεργοποιείται ο εξωτερικός φωτισμός του κτιρίου.
- Συγκριτικά με τους θερινούς μήνες δεν παρατηρείται εδώ μεγάλη αύξηση της κατανάλωσης ενεργού ισχύος κατά τις μεσημεριανές ώρες, που σημαίνει πως γίνεται πιο περιορισμένη χρήση μηχανημάτων που εμφανίζουν έντονη επαγωγική συμπεριφορά, όπως τα κλιματιστικά μηχανήματα.

Στο επόμενο Γράφημα 3.17 αποτυπώνεται η απορρόφηση ισχύος το Σαββατοκύριακο (7/5-8/5), από όπου παρατηρείται το φορτίο βάσης να κυμαίνεται στα 60KW με 77KW.

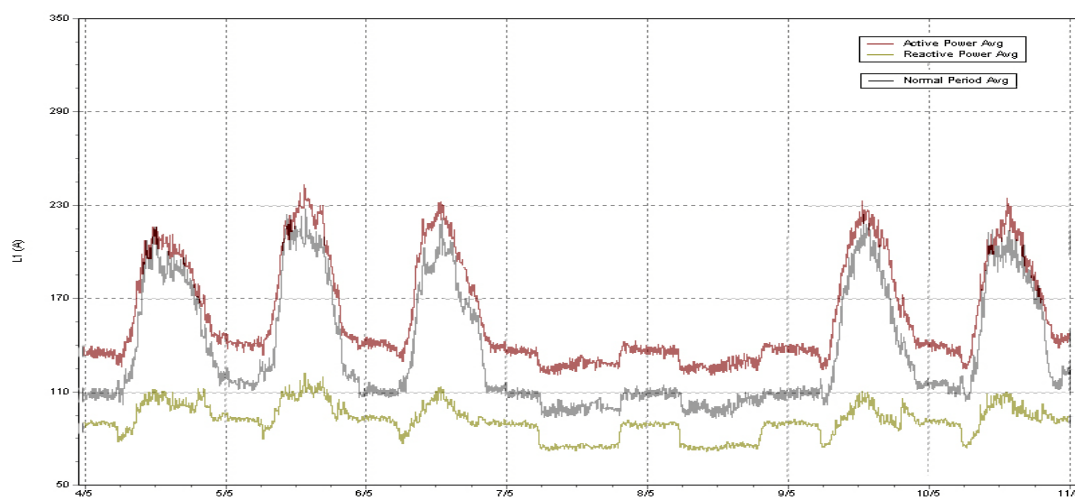


**Γράφημα 3.17:** Διάγραμμα συντελεστή ισχύος και απορρόφησης ισχύος για ένα Σαββατοκύριακο του Μαΐου

Παρατηρούμε πως και τους τρεις παραπάνω μήνες το φορτίο «βάσης» διατηρείται και τα Σάββατα και τις Κυριακές σε υψηλά επίπεδα. Όπως φάνηκε και από τα στοιχεία της καταγραφής, οι εργαστηριακοί χώροι, που κατέχουν το μεγαλύτερο ποσοστό στην κατανάλωση ισχύος, λόγω του εξοπλισμού που διαθέτουν και ενώ υπολειπουργούν ή παραμένουν κλειστοί το Σαββατοκύριακο, επιβαρύνουν κατά κύριο λόγο την κατανάλωση ισχύος εκείνες τις ημέρες.

Στο Γράφημα 3.18 απεικονίζονται στο ίδιο σχήμα η μέση τιμή του μονοφασικού ρεύματος για την εβδομάδα 4/5 έως 11/5 και η απορρόφηση ενεργού και άεργου ισχύος τις ίδιες μέρες. Στον κάθετο άξονα καταμετρούνται μόνο οι τιμές του ρεύματος.

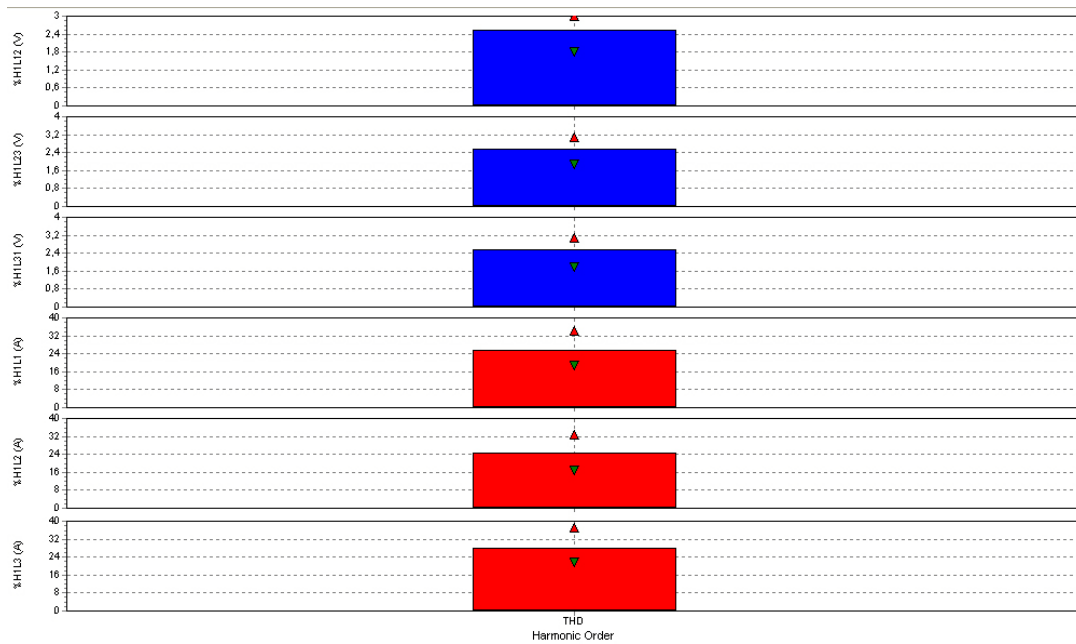
Όπως φαίνεται οι διακυμάνσεις του ρεύματος ακολουθούν τις διακυμάνσεις της ισχύος και εμφανίζουν τις μέγιστες τιμές τους όταν η ζήτηση σε ισχύ είναι μέγιστη.



**Γράφημα 3.18:** Διάγραμμα διακύμανσης της μέσης rms τιμής ρεύματος και απορρόφησης ισχύος για το Σ/Κ του Μαΐου

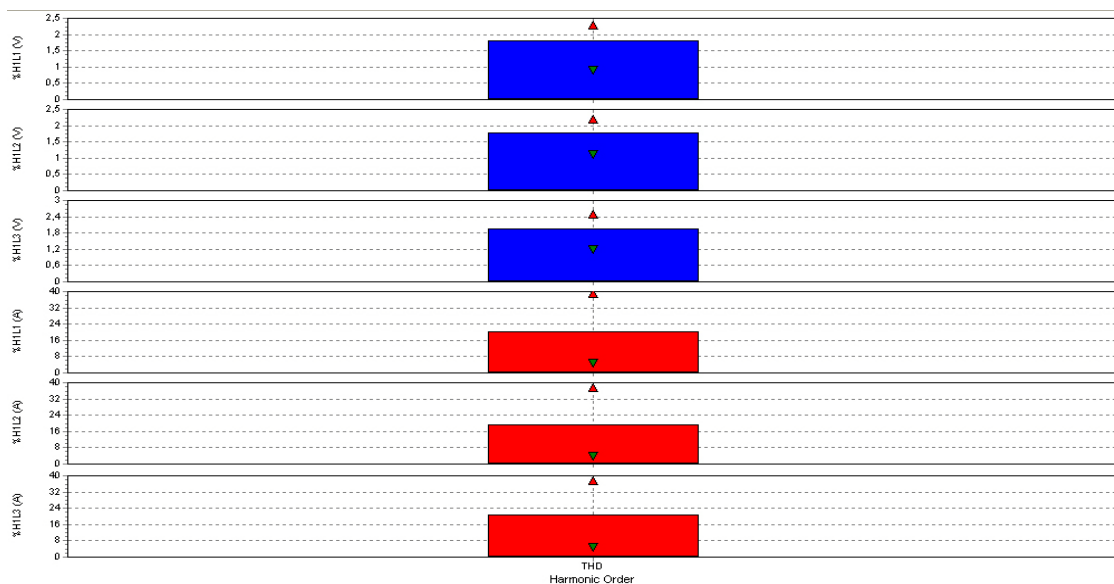
### Αρμονικές ρεύματος και τάσης

Σύμφωνα με τις διεθνείς προδιαγραφές (πρότυπο ΕΛΟΤ EN 50160) τα όρια που ορίζονται για τις αρμονικές THD ρεύματος και τάσης είναι:  $THD (A) \leq 8\%$  και  $THD (V) \leq 2\%$ , όπου THD είναι ένας δείκτης που καθορίζει τη συνολική διαταραχή λόγω αρμονικών της τάσης ή του ρεύματος. Ο δείκτης αυτός προσδιορίστηκε από το πρόγραμμα επεξεργασίας των μετρήσεων του αναλυτή και απεικονίζεται γραφικά στα διαγράμματα που ακολουθούν.



**Γράφημα 3.19:** Αρμονικές Τάσης THD για L12,L23,L31 και ρεύματος THD για L1,L2,L3 για τον Ιούνιο

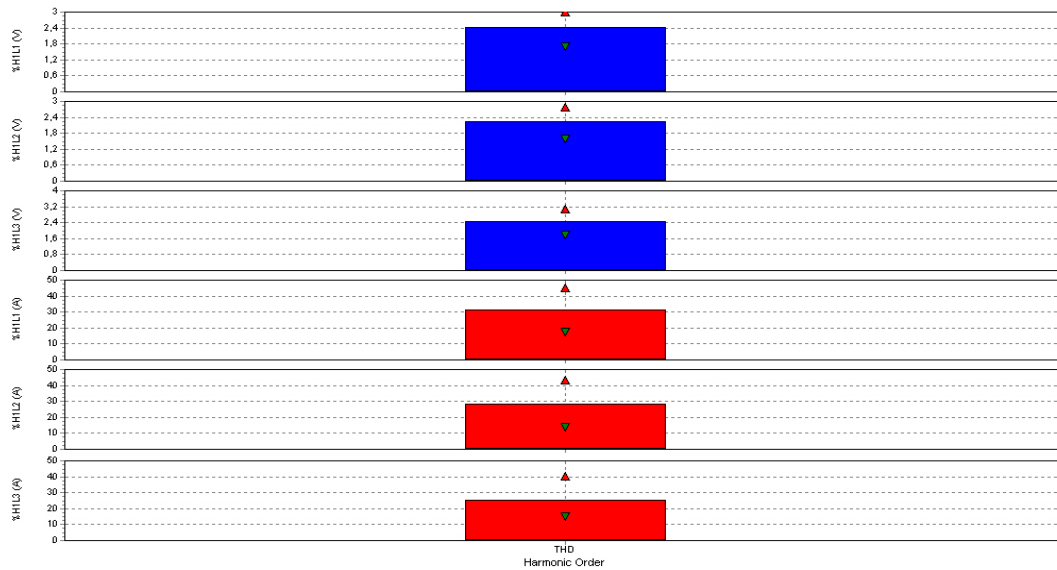
Από το παραπάνω διάγραμμα παρατηρείται πως οι αρμονικές THD για την τάση και την ένταση του ρεύματος για την εβδομάδα του Ιουνίου δεν πληρούν τις προδιαγραφές ( $THD (V) \leq 2\%$  και  $THD (A) \leq 8\%$ ). Ιδιαίτερα οι αρμονικές για την ένταση του ρεύματος υπερβαίνουν το επιτρεπτό όριο σε μεγάλο βαθμό.



**Γράφημα 3.20:** Αρμονικές Τάσης THD για L12,L23,L31 και ρεύματος THD για L1,L2,L3 για τον Ιούλιο

Τον Ιούλιο ωστόσο η συνολική διαταραχή της τάσης φαίνεται να βρίσκεται μέσα στα επιτρεπτά όρια, ενώ για το ρεύμα  $THD (A) > 8\%$ . Η δημιουργία αρμονικών πέραν των επιτρεπόμενων ορίων στο δίκτυο, σημαίνει πως δεν γίνεται αποτελεσματική

χρήση της ηλεκτρικής ενέργειας και οφείλεται συνήθως στην ύπαρξη μη γραμμικών φορτίων, ανορθωτών τάσης, inverters κ.α.



**Γράφημα 3.21:** Αρμονικές Τάσης THD για L12,L23,L31 και ρεύματος THD για L1,L2,L3 για το Μάιο

Τέλος για το Μάιο, τόσο οι αρμονικές της τάσης, όσο και οι αρμονικές της έντασης του ρεύματος δεν πληρούν τις προδιαγραφές ( $THD (V) \leq 2\%$  και  $THD (A) \leq 8\%$ ).

Το θέμα των αρμονικών, καθώς και των σημαντικών αιχμών που παρουσιάζει η κατανάλωση ισχύος στο κτίριο θα πρέπει να εξεταστεί σοβαρά και να μελετηθεί εκτενώς, αφού πέρα από τις αυξημένες απώλειες ενέργειας, οι αρμονικές δύνανται να προκαλέσουν και άλλα σημαντικά προβλήματα στο δίκτυο και να επηρεάσουν και τμήματα του εξοπλισμού, πχ. θέρμανση κινητήρων, καλωδίων και μετασχηματιστών ή παρεμβολές σε ηλεκτρονικό εξοπλισμό και ευαίσθητες ηλεκτρονικές διατάξεις.

### 3.5.3 Μετρήσεις του αναλυτή καυσαερίων στο λέβητα του κτιρίου

Στο κτίριο Ηλεκτρολόγων υπάρχει ένας λέβητας σε λειτουργία τύπου 0692, χρονολογίας 1999 και ισχύος 1600Mcal/h, και ένας καυστήρας C120 CUENDO. Ακολουθούν οι μετρήσεις που λήφθηκαν με τον αναλυτή καυσαερίων για τα τελευταία δύο χρόνια, ενώ παραθέτονται και οι μετρήσεις του 2007-έτος ρύθμισης του λέβητα.

**Πίνακας 3.35:** Μετρήσεις με αναλυτή καυσαερίων

<b>ΚΤΙΡΙΟ</b>	<b>ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ &amp; ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ</b>
<b>ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗ ΙΣΧΥΣ ΛΕΒΗΤΑ</b>	1,860 kW
<b>ΕΙΔΟΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ</b>	ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ



ΕΤΟΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ	2007 (έτος ρύθμισης)	2010	2011
<b>ΔΙΑΦΟΡΑ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ</b>	175,8 °C	206 °C	195 °C
<b>ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΚΑΥΣΑΕΡΙΩΝ</b>	198 °C	232 °C	214 °C
<b>ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΧΩΡΟΥ</b>	22,2 °C	25,8 °C	21,2 °C
<b>ΟΞΥΓΟΝΟ - O<sub>2</sub></b>	3,8 %	9,2 %	8,6 %
<b>ΔΙΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ - CO<sub>2</sub></b>	9,7 %	6,7 %	7,0 %
<b>SMOKE (Brigon smoke scale 0-9)</b>	-	0	-
<b>ΜΟΝΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ - CO</b>	17 ppm	13 ppm	25 ppm
<b>ΜΟΝΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΑΖΩΤΟΥ - NO</b>	-	26 ppm	28 ppm
<b>ΟΞΕΙΔΙΑ ΤΟΥ ΑΖΩΤΟΥ - NO<sub>x</sub></b>	-	27 ppm	29 ppm
<b>ΠΕΡΙΣΣΕΙΑ ΑΕΡΑ - λ</b>	22,2 %	77,1 %	69,9 %
<b>ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΚΑΥΣΑΕΡΙΩΝ</b>	7,8 %	12,0 %	10,9 %
<b>ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΣ ΒΑΘΜΟΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ - EFF (N)*</b>	92,2 %	88,0 %	89,1 %

Σύμφωνα με την TOTEE 20701-4/2010 και τα όσα αναφέρθηκαν στην ενότητα 2.4.3 παρατηρούνται τα εξής:

- Η απόδοση καύσης του λέβητα κρίνεται ικανοποιητική.
- Η περίσσεια αέρα στο παρόν έτος ( $\lambda=1,7$ ) είναι αρκετά υψηλή με αποτέλεσμα να θερμαίνεται άσκοπα ποσότητα αέρα.
- Η ποσότητα οξυγόνου είναι επίσης υψηλή, λόγω της περισσειας αέρα.
- Η ποσότητα του CO<sub>2</sub> είναι πιο κάτω από το κατώτατο όριο που είναι 9,5%
- Η ποσότητα CO είναι μέσα στα επιτρεπόμενα όρια, που σημαίνει ότι η ανάμιξη του καυσίμου με τον αέρα είναι καλή.
- Η θερμοκρασία των καυσαερίων βρίσκεται μέσα στα επιτρεπτά όρια.

Στη συγκεκριμένη περίπτωση θα μπορούσε να γίνει ρύθμιση του καυστήρα, ώστε να υπάρχει σωστή αναλογία αέρα-καυσίμου και να μειωθεί η περίσσεια αέρα, με σκοπό τη μείωση και των άλλων στοιχείων και τη βελτίωση της απόδοσης καύσης, η οποία τώρα κρίνεται καλή-επαρκής.



## ***Κεφάλαιο 4: Ενεργειακή επιθεώρηση στο κτίριο Λαμπαδάριο***

---



## 4.1 Περιγραφή της κτιριακής εγκατάστασης

Το κτίριο Λαμπαδάριο βρίσκεται στο συγκρότημα της Πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου και αποτελεί το κύριο κτίριο της Σχολής Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών. Κατασκευάστηκε το 1968 από την εταιρία ΕΔΟΚ – ΕΤΕΡ και είναι από τα παλαιότερα της Πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου. Αποτελείται από 4 ορόφους, το υπόγειο, το ισόγειο, άλλους δυο ορόφους, ενώ στον 3ο όροφο βρίσκεται η ταράτσα του κτιρίου και ένα μικρής έκτασης δώμα. Η συνολική επιφάνεια του κτιρίου είναι 4.695 τετραγωνικά μέτρα ( $m^2$ ), χωρίς να περιλαμβάνεται η οροφή ενώ περιλαμβάνεται και η ανακαινιζόμενη πτέρυγα στο νότιο τμήμα του ισογείου.

Το Λαμπαδάριο βρίσκεται σε υψόμετρο 198 μέτρων (m) πάνω από την επιφάνεια της θάλασσας με βορειοανατολικό προσανατολισμό:

**Γεωγραφικό πλάτος ( $\phi$ ):** 37ο 58' 30,34" (Βόρεια)

**Γεωγραφικό μήκος ( $\lambda$ ):** 23ο 46' 49,43" (Ανατολικά)



**Εικόνα 4.1:** Φωτογραφία κτιρίου από Google Earth

Στην Εικόνα 4.1 φαίνεται το κτίριο Λαμπαδάριο σε δορυφορική φωτογραφία. Το Λαμπαδάριο είναι το κτίριο με τη γκρι οροφή, το οποίο επικοινωνεί εσωτερικά με το κτίριο Βέη ( άσπρο κτίριο κάτω και δεξιά) και με το κτίριο Α' ( άσπρο κτίριο πάνω αριστερά). Το μικρότερο κτίριο με γκρι επίσης οροφή, δεξιά από το κτίριο Α' είναι η προαναφερθείσα ανακαινιζόμενη πτέρυγα του κτιρίου. Περιμετρικά του Λαμπαδαρίου υπάρχουν υπαίθριοι χώροι στάθμευσης, ενώ υπάρχει αραιή βλάστηση και μια συστοιχία ψηλών δέντρων που προσφέρει σκιά στο κτίριο κατά μήκος όλης της βόρειας και ανατολικής πλευράς του.

Οι ενεργειακές ανάγκες του κτιρίου καλύπτονται μέσω ηλεκτροδότησης, πλην της θέρμανσης για την οποία χρησιμοποιείται το φυσικό αέριο, που τροφοδοτεί το κεντρικό σύστημα θέρμανσης του κτιρίου.

Κατά διαστήματα διάφορες εργασίες ανακαίνισης- ανακατασκευής λαμβάνουν χώρα στο κτίριο, όπως η θερμομόνωση της οροφής με τοποθέτηση ασφαλτόπανου, η σταδιακή αντικατάσταση παλαιών μονών υαλοπινάκων με διπλούς, ενώ συχνά αλλάζει και η διάταξη των χώρων, με τη προσθήκη χωρισμάτων και γυψοσανίδων χωρίς όμως ταυτόχρονα να ενημερώνονται τα αρχιτεκτονικά σχέδια του κτιρίου για αυτές τις αλλαγές, κάτι που καθιστά τη διαδικασία επιθεώρησης ιδιαίτερα δύσκολη.



Εικόνα 4.2: Πρόσοψη Λαμπαδαρίου κτιρίου – Βορειοανατολική όψη

## 4.2 Κατανομή χώρων του κτιρίου

Οι χώροι του Λαμπαδαρίου λειτουργούν στην πλειοψηφία τους σαν γραφεία, για τα μέλη της κοινότητας της σχολής δηλαδή καθηγητές, ομότιμοι καθηγητές, λέκτορες και λοιπό προσωπικό. Δεν υπάρχει ωράριο λειτουργίας αφού οι χώροι χρησιμοποιούνται ανάλογα με τις ανάγκες των χρηστών τους, ωστόσο η μεγαλύτερη κινητικότητα στο κτίριο παρατηρείται καθημερινά από τις 8.00πμ έως τις 16.00.

Σύμφωνα με την καταγραφή το κτίριο διαθέτει 50 γραφεία, 6 εργαστήρια, 2 αμφιθέατρα, 1 αίθουσα διδασκαλίας, μία βιβλιοθήκη, μία αίθουσα ΗΥ, ένα λεβητοστάσιο, μια αίθουσα συνεδριάσεων, ενώ υπάρχουν και κάποιοι άλλοι λειτουργικοί χώροι, όπως κουζίνες και wc. Τα αμφιθέατρα στην ανακαινιζόμενη πτέρυγα έχουν πολλαπλές χρήσεις, δεν χρησιμοποιούνται τόσο για τη διδασκαλία προπτυχιακών μαθημάτων, αλλά για κάποια μεταπτυχιακά και για εκδηλώσεις της σχολής.

Το υπόγειο, έχει έκταση 1.200 τμ και αποτελείται από γραφεία, δύο μεγάλους εργαστηριακούς χώρους, εκ των οποίων, ο πρώτος έχει στατικό μη ηλεκτρικό εξοπλισμό και ο δεύτερος (εργαστήριο δομικής μηχανικής/ μηχανουργείο) έχει αρκετά ενεργοβόρο εξοπλισμό (κορδέλα, τροχός μετάλλων, μπετονιέρα, τόννος

παρασκευής δοκιμίων) που χρησιμοποιείται σε μεταπτυχιακές και διδακτορικές εργασίες, φέτος ωστόσο δεν έλαβαν χώρα τέτοιου είδους εργασίες. Επιπλέον στο υπόγειο κατά μήκος του διαδρόμου υπάρχουν πολλές μεταλλικές ντουλάπες αποθήκευσης του εργαστηριακού εξοπλισμού υπαίθριων ασκήσεων. Κανένας χώρος του υπογείου δε διαθέτει κλιματισμό σε λειτουργία. Επομένως η συνολική ενέργεια που καταναλώνεται για το υπόγειο χρησιμοποιείται για το φωτισμό του χώρου.

Το ισόγειο, εκτάσεως 1.030 τμ, έχει εργαστηριακούς χώρους, μια αίθουσα διδασκαλίας και ως επί το πλείστον γραφεία.

Ο 1<sup>ος</sup> και ο 2<sup>ος</sup> όροφος εκτάσεως 1.150 τμ έκαστος, αποτελούνται κυρίως από γραφεία και συγκεντρώνουν το μεγαλύτερο αριθμό ηλεκτρονικών υπολογιστών και άλλων ηλεκτρικών συσκευών.

Η ανακαινιζόμενη πτέρυγα εκτάσεως 720 τμ περιλαμβάνει εκτός από ένα μεγάλο διάδρομο, δυο αμφιθέατρα, (μεγάλο και ένα μικρό αμφιθέατρο), ελάχιστα γραφεία και εργαστηριακούς χώρους για μεταπτυχιακούς φοιτητές. Κάποιοι χώροι υπολειτουργούν αφού δεν έχουν ολοκληρωθεί ακόμα οι εργασίες ανακαίνισης. Καταγραφή πραγματοποιήθηκε για το διάδρομο και τα δυο αμφιθέατρα.

### **4.3 Ενεργειακή κατανάλωση κτιρίου**

Η ηλεκτρική ενέργεια παρέχεται στο κτίριο από τη ΔΕΗ από τριφασική παροχή μέσω μετασχηματιστή και σύμφωνα με τα στοιχεία που προέκυψαν ύστερα από την καταγραφή κατά το έτος 2010-2011, χρησιμοποιείται:

- A) για τον φωτισμό του κτιρίου
- B) για τον κλιματισμό των χώρων (ψύξη και θέρμανση)
- Γ) για την τροφοδότηση μιας πληθώρας ηλεκτρικών φορτίων

Το Πολυτεχνείο είναι καταναλωτής μέσης τάσης και ανήκει στο Γενικό Εμπορικό τιμολόγιο Μέσης τάσης της ΔΕΗ, κατ' επέκταση και το κτίριο Λαμπαδάριο, αφού οι χρεώσεις γίνονται συλλογικά για όλη την Πολυτεχνειούπολη.

#### **4.3.1. Φορτία φωτισμού**

Σύμφωνα με την καταγραφή που πραγματοποιήθηκε, ο φωτισμός αποτελείται κυρίως από λαμπτήρες φθορίου, ενώ υπάρχουν και κάποιοι λαμπτήρες πυράκτωσης, οι οποίοι συναντώνται στα αμφιθέατρα της ανακαινιζόμενης πτέρυγας του κτιρίου. Οι χώροι φωτίζονται κυρίως από 3 τύπους φωτιστικών: ένα τετράγωνο πλαίσιο που περιέχει 4 λαμπτήρες των 18 W, ένα ορθογώνιο πλαίσιο με δυο λαμπτήρες των 36 W και τέλος άλλο ένα μακρόστενο ορθογώνιο πλαίσιο με έναν λαμπτήρα των 36 W. Άλλοι τύποι λαμπτήρων που καταγράφηκαν είναι: στρογγυλοί λαμπτήρες των 18 W

(εξωτερικός φωτισμού ισογείου), προβολείς ισχύος 500 W (οροφή), λαμπτήρες φθορισμού των 24 W.

Η συνολική εγκατεστημένη ισχύς φωτισμού είναι 54,5 KW σύμφωνα με την καταγραφή, όπου στην καταναλισκόμενη ισχύ των λαμπτήρων φθορισμού έχει προστεθεί 25% της ισχύος, ώστε να συμπεριληφθεί η κατανάλωση των μαγνητικών πηνίων (ballast).

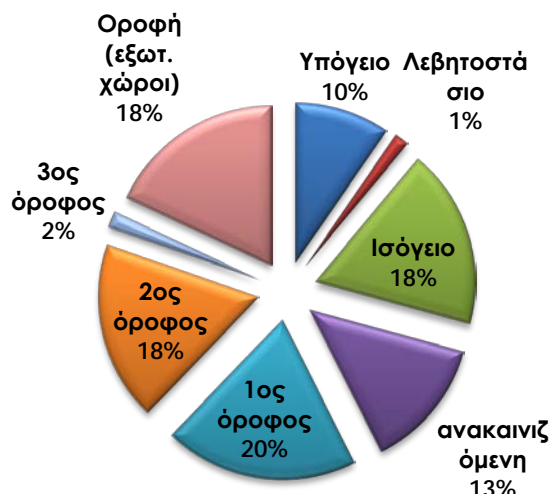
**Πίνακας 4.1:** Φωτιστικά σώματα κτιρίου

Τύπος Λαμπτήρα	Αριθμός φωτιστικών σωμάτων	Αριθμός λαμπτήρων	Εγκατεστημένη Ισχύς (KW)
Απλός λαμπτήρας φθορισμού (36W)	108	108	4,86
Διπλός λαμπτήρας φθορισμού με ή χωρίς ανακλαστήρα(2*36W)	302	604	27,2
Τετραπλοί λαμπτήρες φθορισμού με ανάκλαση(4*18W)	156	624	14,0
Απλός λαμπτήρας φθορισμού (18W)	21	21	0,5
Λάμπες πυρακτώσεως (150W)	31	31	4,7
προβολείς οροφής (500W)	5	5	3,1
Απλός λαμπτήρας φθορισμού (24W)	6	6	0,2
<b>Σύνολο</b>		1399	54,5

Σύμφωνα με τα στοιχεία που κατεγράφησαν για τη διάρκεια λειτουργίας των λαμπτήρων, η ετήσια κατανάλωσή τους προκύπτει **77.780 kWh**. Από τα 54,5 kW περίπου τα 15 kW λειτουργούν όλο το χρόνο για το φωτισμό κυρίως κοινόχρηστων χώρων, όπως διάδρομοι, σκάλες,θυρωρία κτλ.

Στο Γράφημα 4.1 κατανέμεται η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για το φωτισμό στους διαφορετικούς ορόφους και χώρους του κτιρίου, σύμφωνα με την καταγραφή της εγκατεστημένης ισχύος και τις ώρες λειτουργίας κάθε λαμπτήρα. Αναλυτικά οι λαμπτήρες κάθε χώρου, η ισχύς και οι ώρες λειτουργίας τους φαίνονται στους πίνακες στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ.





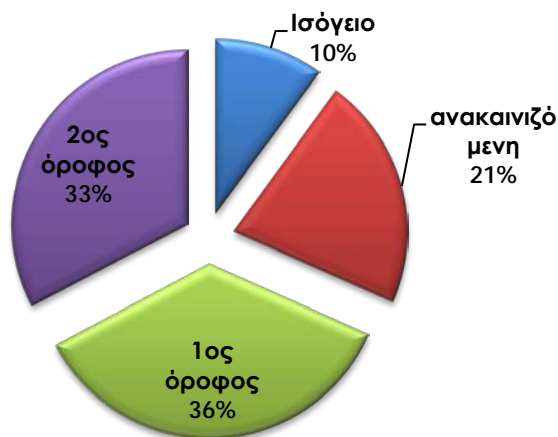
**Γράφημα 4.1:** Εκτιμώμενη ενέργεια για το Φωτισμό όλου του κτιρίου

#### 4.3.2 Φορτία ψύξης και θέρμανσης των χώρων

##### 4.3.2.1 Φορτία ψύξης των χώρων με ηλεκτρική ενέργεια

Η ψύξη των χώρων παρέχεται μέσω αυτόνομων κλιματιστικών μονάδων, τοποθετημένων σε κάθε γραφείο και μέσω μιας αντλίας θερμότητας 112,8KW και μιας μεγάλης κλιματιστικής μονάδας 38,4 KW που ψύχει μόνο την ανακαινιζόμενη πτέρυγα νοτιοδυτικά του κτιρίου. Καταμετρήθηκαν 51 κλιματιστικά, συνολικής εγκατεστημένης ισχύος 68kW, τα οποία με βάση την καταγραφή που έγινε έχουν συνολική ετήσια ενεργειακή κατανάλωση ίση με 19.764 KWh. Αναλυτικά ο τύπος και η ισχύς των μηχανημάτων αυτών ανά χώρο και όροφο, σύμφωνα με την καταγραφή, καθώς και η διάρκεια χρήσης τους, φαίνεται στους πίνακες του Παρατήματος Ε.

Επίσης η μεγάλη κλιματιστική μονάδα που ψύχει τα αμφιθέατρα της ανακαινιζόμενης πτέρυγας εκτιμάται ότι καταναλώνει 5.443 kWh ετησίως, αφού σύμφωνα με τα στοιχεία που έδωσαν οι υπεύθυνοι, η μονάδα τίθεται σε λειτουργία το πολύ 2 φορές την εβδομάδα, για 4 ώρες, μόνο δηλαδή όταν χρησιμοποιείται το ένα εκ των δυο αμφιθεάτρων, αφού σπάνια χρησιμοποιούνται και τα δύο. Η μονάδα ψύχει και τα δυο αμφιθέατρα και τους διαδρόμους της πτέρυγας, αφού δεν υπάρχει τρόπος περιορισμού της ψύξης σε ένα χώρο, ωστόσο λειτουργεί υπό χαμηλό φορτίο, οπότε εξοικονομείται ενέργεια, ενώ παράλληλα επιδιώκεται περιορισμένη χρήση της. Χρησιμοποιείται μόνο ημέρες με πραγματικά υψηλές θερμοκρασίες). Έτσι συνολικά για την ψύξη εκτιμήθηκε ετήσια κατανάλωση 25,2 MWh.



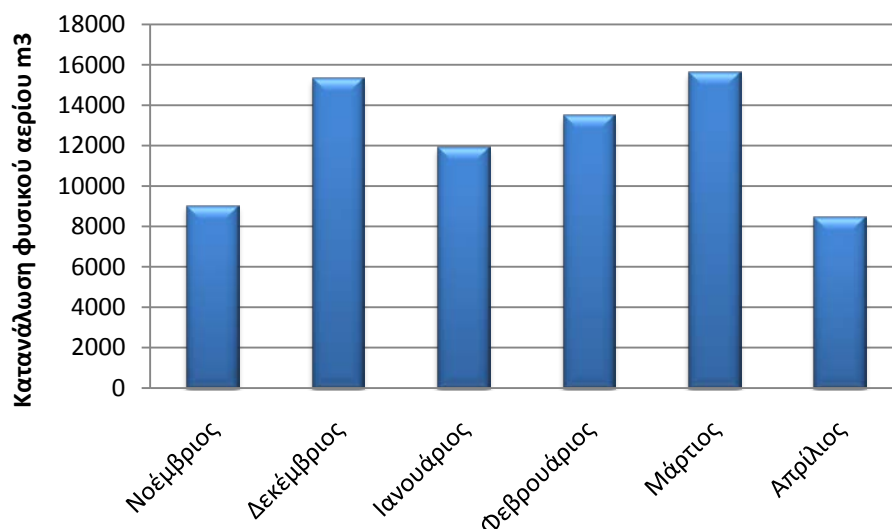
**Γράφημα 4.2:** Κατανομή της ενέργειας για ψύξη

Όπως φαίνεται και στο Γράφημα 4.2 της εκτιμώμενης ενέργειας για ψύξη, μεγαλύτερες καταναλώσεις εμφανίζουν οι όροφοι 1 και 2, οι οποίοι αποτελούνται κυρίως από μικρά γραφεία, το καθένα από τα οποία διαθέτει τη δική του κλιματιστική μονάδα. Για την κατανάλωση ενέργειας για ψύξη της ανακαινιζόμενης πτέρυγας εκτιμάται πως η κλιματιστική μονάδα λειτουργεί στο μισό φορτίο, το ίδιο και η αντλία θερμότητας, καθώς δεν υπάρχουν μετρήσεις της κατανάλωσης αυτής, οπότε και υπολογίστηκε σύμφωνα με τις εκτιμήσεις των υπευθύνων του κτιρίου. Ωστόσο το ποσοστό 21% για ψύξη της ανακαινιζόμενης πτέρυγας είναι πολύ υψηλό συγκριτικά με τους υπόλοιπους χώρους του κτιρίου οι οποίοι έχουν μεγαλύτερη θερμαινόμενη επιφάνεια και ψύχονται περισσότερες ώρες καθημερινά.

#### 4.3.2.2 Φορτία θέρμανσης των χώρων με φυσικό αέριο

Όσον αφορά στη θέρμανση του κτιρίου, το κεντρικό σύστημα θέρμανσης αποτελείται από ένα λέβητα 1.100W, που λειτουργεί από το Νοέμβριο μήνα ως το Απρίλιο κάθε ακαδημαϊκού έτους για δέκα ώρες ημερησίως (από τις 7πμ ως τις 5 μμ), τις πέντε εργάσιμες μέρες της εβδομάδας και κυκλοφορεί ζεστό νερό σε περίπου 220 θερμαντικά σώματα του κτιρίου, ενώ υπάρχει ένας ακόμα λέβητας ισχύος 700 Mcal/h, ο οποίος βρίσκεται εκτός λειτουργίας τα τελευταία δυο χρόνια.

Η κατανάλωση φυσικού αερίου για το ακαδημαϊκό έτος 2010-2011 φαίνεται στο γράφημα που ακολουθεί, όπου αναγράφεται ο όγκος του αερίου που καταναλώθηκε σε κυβικά μέτρα.



**Γράφημα 4.3:** Κατανάλωση φυσικού αερίου 2010-2011

Συνολικά καταναλώθηκαν 73.834 m<sup>3</sup> φυσικού αερίου στη διάρκεια των έξι αυτών μηνών. Ο καταμερισμός της κατανάλωσης στους ορόφους του κτιρίου έγινε πολλαπλασιάζοντας με το λόγο επιφάνεια κάθε ορόφου προς την συνολική θερμαινόμενη επιφάνεια του κτιρίου και φαίνεται στον διπλανό πίνακα. Για τη μετατροπή των κυβικών μέτρων του αερίου σε kWh χρησιμοποιήθηκε θερμογόνο δύναμη 9.000 Kcal/Nm<sup>3</sup> και στη συνέχεια έγινε μετατροπή των Kcal σε kWh. Μεγαλύτερες καταναλώσεις παρουσιάζονται το Δεκέμβριο και το Μάρτιο, μήνες στους οποίους εμφανίστηκαν πολύ χαμηλές θερμοκρασίες και επομένως οι ανάγκες για θέρμανση ήταν πιο αυξημένες.

**Πίνακας 4.2:** Κατανάλωση αερίου ανά όροφο

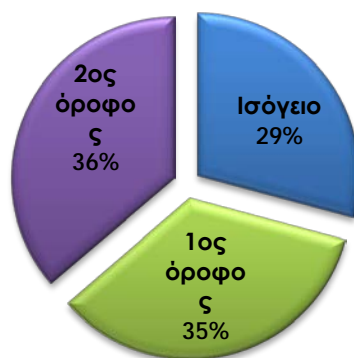
	Επιφάνεια θερμαινόμενου χώρου (m <sup>2</sup> )	Κατανάλωση αερίου σε KWh
υπόγειο	1.200	191.581
ισόγειο	1.030	164.440
1 <sup>ος</sup> όροφος	1.150	183.598
2 <sup>ος</sup> όροφος	1.150	183.598
3 <sup>ος</sup> όροφος	165	26.342
<b>Σύνολο</b>	<b>4.695</b>	<b>749.560</b>

#### 4.3.3. Διάφορα ηλεκτρικά φορτία

Τα ηλεκτρικά φορτία που συναντώνται στο κτίριο χωρίζονται σε δυο κατηγορίες:

- α) Ηλεκτρονικοί υπολογιστές μαζί με τις τυχόν περιφερειακές μονάδες, όπως εκτυπωτές και σαρωτές
- β) Άλλες ηλεκτρικές συσκευές κοινής χρήσης.

α) Καταμετρήθηκαν 114 Η/Υ συνολικά εγκατεστημένης ισχύος περί τα 22,8 kW και ετήσιας συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης εκτιμώμενης στα 46.413kWh, μαζί με την κατανάλωση των περιφερειακών τους μονάδων. Η κατανάλωση αυτή ανάλογα με τον όροφο φαίνεται στο Γράφημα 4.4, ενώ αναλυτικά οι υπολογισμοί βρίσκονται στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ζ.



Γράφημα 4.4: Εκτιμώμενη ενέργεια για Η/Υ

β) Οι άλλες ηλεκτρικές συσκευές κοινής χρήσης που καταμετρήθηκαν είναι 13 ψυγεία, 6 φωτοτυπικά μηχανήματα, μερικά πλότερ και προτζέκτορες, και εργαστηριακός εξοπλισμός μεγάλης ισχύος, ο οποίος σπάνια χρησιμοποιείται, συνολικής εγκατεστημένης ισχύος 16,8kW. Η ετήσια ενεργειακή τους κατανάλωση υπολογίστηκε **46.383kWh** με βάση την καταγραφή. Οι συσκευές αυτές βρίσκονται κατά το μεγαλύτερο μέρος τους στο 2ο όροφο και οι υπόλοιπες στο ισόγειο και τον 1ο όροφο του κτιρίου. Αναλυτικά οι υπολογισμοί γίνονται στους πίνακες του ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΟΣ Ζ. Για τις περιφερειακές συσκευές δεν γίνεται υπολογισμός των ηλεκτρικών τους καταναλώσεων σε κατάσταση εκτός λειτουργίας καθότι πρόκειται για πολύ μικρές, σχεδόν αμελητέες καταναλώσεις συγκριτικά με όλες τις υπόλοιπες του κτιρίου.

Τέλος, το κτίριο διαθέτει δυο μηχανικούς ανελκυστήρες, των οποίων το φορτίο είναι αδύνατο να εκτιμηθεί πλήρως. Έτσι με βάση μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν με ηλεκτρικό αναλυτή ενέργειας, σε έναν ανελκυστήρα 3 ορόφων ενός κτιρίου εντός της πολυτεχνειούπολης, θα προσεγγιστεί στη συνέχεια η ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για τους ανελκυστήρες στο κτίριο Λαμπαδάριο. Ο αναλυτής συνδέθηκε στο κτίριο για μια εβδομάδα. Αν εξεταστεί η κατανάλωση ενέργειας μια τυπική εβδομάδα λειτουργίας του κτιρίου και με την παραδοχή ότι περίπου τα ίδια ποσά ενέργειας καταναλώνονται και το υπόλοιπο έτος, μπορεί να γίνει προσέγγιση των kWh/έτος.

Στο διάστημα 27/4 έως 3/5 του 2010 ο αναλυτής ηλεκτρικής ενέργειας κατέγραψε κατανάλωση περίπου 16kWh για έναν μηχανικό ανελκυστήρα. Έτσι για το Λαμπαδάριο κτίριο, το οποίο διαθέτει δυο μηχανικούς ανελκυστήρες η ετήσια κατανάλωση ενέργειας, αν κάνουμε την παραδοχή πως οι ανελκυστήρες χρησιμοποιούνται περίπου 44 εβδομάδες, είναι  $2*16kWh*44εβδομάδες= 1,408 MWh/έτος$ .

#### 4.3.4 Συνολική κατανάλωση ενέργειας

Τέλος, στον παρακάτω πίνακα βρίσκονται συγκεντρωμένες όλες οι καταναλώσεις σε KWh. Η ετήσια κατανάλωση ενέργειας του κτιρίου, σύμφωνα με την καταγραφή που πραγματοποιήθηκε, εκτιμάται σε **946,8 MWh**. Το νούμερο αυτό δεν αποτελεί την πραγματική κατανάλωση του κτιρίου, αλλά προέκυψε ύστερα από υπολογισμούς των ηλεκτρικών καταναλώσεων με βάση την καταγραφή που έχει γίνει, συνυπολογίζοντας και την καταναλισκόμενη ενέργεια φυσικού αερίου, όπως αυτή υπολογίστηκε ύστερα από επεξεργασία των μηνιαίων μετρήσεων φυσικού αερίου.

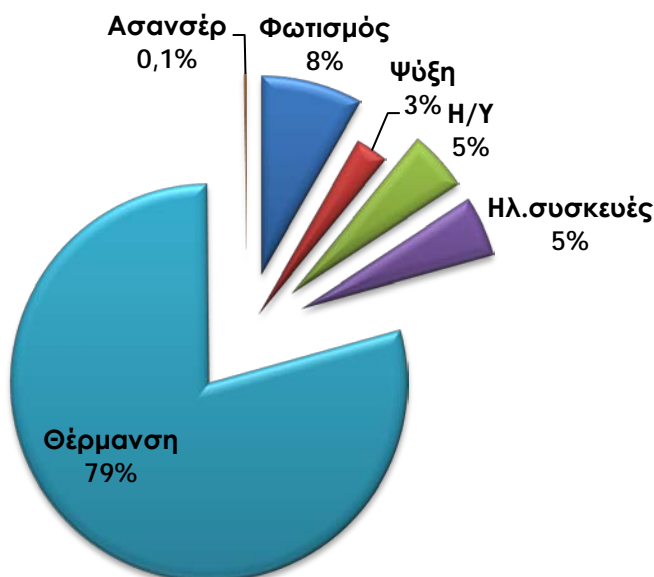
**Πίνακας 4.3:** Συγκεντρωτικός πίνακας καταναλώσεων κτιρίου σε KWh/έτος

Καταναλισκόμενη ενέργεια σε Kwh/έτος	Φωτισμός	Ψύξη	Η/Υ	Ηλ.συσκευές	Θέρμανση	Ασανσέρ	Επιμέρους Σύνολο
Υπόγειο	7.461						7.461
Λεβητοστάσιο	1.134						1.134
Ισόγειο	14.157	2.524	13.543	6.919	220.900		258.044
ανακαινιζόμενη	10.368	5.443	0		0		15.811
1 <sup>ος</sup> όροφος	15.246	8.996	16.017	28.469	246.636		315.363
2 <sup>ος</sup> όροφος	14.114	8.244	16.853	10.995	246.636		296.842
3 <sup>ος</sup> όροφος	1.296				35.387		36.683
Οροφή (εξωτ. χώροι)	14.004						14.004
Σύνολο ανά χρήση	77.780	25.207	46.413	46.383	749.560	1.408	946.751

Ακολουθεί ύστερα και σχηματική απεικόνιση της ενέργειας που καταναλώνεται συνολικά στο κτίριο ανά χρήση. Όπως ήταν αναμενόμενο η περισσότερη ενέργεια καταναλώνεται για τη θέρμανση του κτιρίου, ενώ από τις ηλεκτρικές καταναλώσεις

μεγαλύτερη είναι αυτή της ψύξης. Συνολικά δηλαδή περίπου το 82% της ενέργειας που καταναλώνεται στο κτίριο αφορά στις ανάγκες για κλιματισμό των χώρων.

Ωστόσο η παραπάνω καταναλώσεις ενδέχεται να απέχουν λίγο από την πραγματικότητα, αφού εκτός από αυτήν του φυσικού αερίου, οι υπόλοιπες υπολογίστηκαν με βάση τις εκτιμήσεις των χρηστών του κτιρίου.



**Γράφημα 4.5:** Κατανομή ενέργειας σε όλο το κτίριο ανάλογα με τη χρήση

#### 4.4 Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας

Σε αυτό το κεφάλαιο μελετάται η θερμομόνωση του κτιρίου, σύμφωνα με την Τεχνική οδηγία του ΤΕΕ 2010 «Θερμοφυσικές ιδιότητες δομικών υλικών και έλεγχος της θερμομονωτικής επάρκειας των κτηρίων» και σύμφωνα με τα όσα αναφέρθηκαν στο Κεφάλαιο 2. Αναλυτικά η μεθοδολογία και διάφοροι βασικοί ορισμοί εννοιών για τη συγκεκριμένη μελέτη, βρίσκονται στο Κεφάλαιο 2.2.

##### 4.4.1 Υπολογισμός θερμομόνωσης των διαφόρων δομικών στοιχείων

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας στο κτίριο Λαμπαδάριο, υπολογίζονται σε πρώτη φάση οι συντελεστές θερμοπερατότητας  $U$  για κάθε δομικό στοιχείο του κτιρίου.

*Κατακόρυφοι τοίχοι*

Οι κατακόρυφοι τοίχοι έχουν πάχος 20εκ. και είναι χτισμένοι από οπτόπλινθο, εκτός από το βορειοδυτικό τοίχο που είναι αποκλειστικά οπλισμένο σκυρόδεμα. Οι παρακάτω πίνακες παρουσιάζουν αναλυτικά τις διάφορες στρώσεις δομικών στοιχείων και τους υπολογισμούς των αντιστάσεων και του συντελεστή θερμοπερατότητας.

**Πίνακας 4.4:** Υπολογισμός αντίστασης θερμοδιαφυγής για τους εξωτερικούς τοίχους κατασκευασμένους από σκυρόδεμα

Στρώσεις δομικού στοιχείου	Πάχος στρώσεως d (m)	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας λ (W/mK)	Θερμική αντίσταση d/λ (m <sup>2</sup> K/W)
Επίχρισμα εσωτερικό-ασβεστοκονίαμα	0,02	0,87	0,023
Σκυρόδεμα με συλλεκτά ή θραυστά αδρανή κλειστής δομής B160	0,2	2,03	0,099
Επίχρισμα εξωτερικό - ασβεστοκονίαμα	0,02	0,87	0,023
<b>Σd=</b>	<b>0,22</b>	<b>R<sub>Λ</sub>=</b>	<b>0,122</b>

Στον Πίνακα 4.5 υπολογίζεται για τους εξωτερικούς τοίχους κατασκευασμένους από σκυρόδεμα, η αντίσταση θερμοπερατότητας ως άθροισμα των θερμικών αντιστάσεων μετάβασης και της αντίστασης θερμοδιαφυγής που υπολογίστηκε 0,122 m<sup>2</sup>K/W. Υπολογίζεται και ο συντελεστής θερμοπερατότητας U, ο οποίος είναι μεγαλύτερος από το επιτρεπόμενο όριο.

**Πίνακας 4.5:** Υπολογισμός αντίστασης θερμοπερατότητας και συντελεστή θερμοπερατότητας U για τους εξωτερικούς τοίχους κατασκευασμένους από σκυρόδεμα

Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εσωτερικά)	R <sub>i</sub>	m <sup>2</sup> K/W	0,13
Αντίσταση θερμοδιαφυγής	R <sub>Λ</sub>	m <sup>2</sup> K/W	0,122
Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εξωτερικά)	R <sub>a</sub>	m <sup>2</sup> K/W	0,04

Αντίσταση θερμοπερατότητας	$R_{ολ}$	$m^2K/W$	0,292
Συντελεστής θερμοπερατότητας	U	$W/m^2K$	3,430
Μέγιστος επιτρεπτός συντελεστής θερμοπερατότητας	$U_{max}$	$W/m^2K$	0,5

Για τους κατακόρυφους τοίχους που είναι χτισμένοι από οπτόπλινθο γίνονται υπολογισμοί στον Πίνακα 4.6

**Πίνακας 4.6:** Υπολογισμός αντίστασης θερμοδιαφυγής για τους εξωτερικούς τοίχους κατασκευασμένους από τούβλα

Στρώσεις δομικού στοιχείου	Πάχος στρώσεως d (m)	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας λ (W/mK)	Θερμική αντίσταση d/λ ( $m^2K/W$ )
Επίχρισμα εσωτερικό-ασβεστοκονίαμα	0,02	0,87	0,023
Τοιχοποιία από διάτρητους οπτόλιθους	0,2	0,45	0,444
Επίχρισμα εξωτερικό - ασβεστοκονίαμα	0,02	0,87	0,023
<b><math>\Sigma d =</math></b>	<b>0,22</b>	<b><math>R_{\Lambda} =</math></b>	<b>0,467</b>

Στον Πίνακα 4.7 υπολογίζεται για τους εξωτερικούς τοίχους κατασκευασμένους από οπτόπλινθο, η αντίσταση θερμοπερατότητας ως άθροισμα των θερμικών αντιστάσεων μετάβασης και της αντίστασης θερμοδιαφυγής που υπολογίστηκε 0,467  $m^2K/W$ . Υπολογίζεται και ο συντελεστής θερμοπερατότητας U, ο οποίος είναι μεγαλύτερος από το επιτρεπόμενο όριο.

**Πίνακας 4.7:** Υπολογισμός αντίστασης θερμοπερατότητας και συντελεστή θερμοπερατότητας U για τους εξωτερικούς τοίχους κατασκευασμένους από τούβλα

Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εσωτερικά)	$R_i$	$m^2K/W$	0,13
Αντίσταση θερμοδιαφυγής	$R_{\Lambda}$	$m^2K/W$	0,467



Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εξωτερικά)	$R_a$	$m^2K/W$	0,04
Αντίσταση θερμοπερατότητας	$R_{ολ}$	$m^2K/W$	0,637
Συντελεστής θερμοπερατότητας	$U$	$W/m^2K$	1,569
Μέγιστος επιτρεπτός συντελεστής θερμοπερατότητας	$U_{max}$	$W/m^2K$	0,5

#### Οριζόντιες επιφάνειες

Οι επιφάνειες των δαπέδων χωρίζονται σε δυο κατηγορίες:

α) δάπεδο σε επαφή με το έδαφος (υπόγειο) και β) δάπεδο σε επαφή με θερμαινόμενο χώρο. Ωστόσο στην περίπτωση επαφής με θερμαινόμενο χώρο δεν χρειάζεται υπολογισμός αφού η ροή θερμότητας-ανταλλαγή είναι ελάχιστη έως μηδενική.

Επομένως γίνεται υπολογισμός για το δάπεδο του υπογείου, που αποτελείται από 15 εκ. οπλισμένο σκυρόδεμα με κισηρομπετόν (παλαιά ονομασία B160), πάνω από το οποίο υπάρχει στρώση κεραμικού υλικού με βάση το τσιμέντο και συγκεκριμένα μωσαϊκό πάχους 8 εκ.

**Πίνακας 4.8:** Υπολογισμός αντίστασης θερμοδιαφυγής για το δάπεδο του υπογείου

Στρώσεις δομικού στοιχείου	Πάχος στρώσεως $d$ (m)	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας $\lambda$ (W/mK)	Θερμική αντίσταση $d/\lambda$ ( $m^2K/W$ )
Οπλισμένο σκυρόδεμα	0,15	2,03	0,074
Κεραμικά υλικά και υλικά με βάση το τσιμέντο (Μωσαϊκό)	0,08	1,2	0,067
<b><math>\Sigma d =</math></b>	<b>0,23</b>	<b><math>R_{\Lambda} =</math></b>	<b>0,141</b>

Στον Πίνακα 4.9 υπολογίζεται για το δάπεδο του υπογείου η αντίσταση θερμοπερατότητας ως άθροισμα των θερμικών αντιστάσεων μετάβασης και της αντίστασης θερμοδιαφυγής που υπολογίστηκε 0,141  $m^2K/W$ . Υπολογίζεται και ο συντελεστής θερμοπερατότητας  $U$ , ο οποίος είναι μεγαλύτερος από το επιτρεπόμενο όριο.

**Πίνακας 4.9:** Υπολογισμός αντίστασης θερμοπερατότητας και συντελεστή θερμοπερατότητας U για το δάπεδο του υπογείου

Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εσωτερικά)	$R_i$	$m^2K/W$	0,17
Αντίσταση θερμοδιαφυγής	$R_{\Lambda}$	$m^2K/W$	0,141
Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εξωτερικά)	$R_a$	$m^2K/W$	0
Αντίσταση θερμοπερατότητας	$R_{ολ}$	$m^2K/W$	0,311
Συντελεστής θερμοπερατότητας	U	$W/m^2K$	3,220
Μέγιστος επιτρεπτός συντελεστής θερμοπερατότητας	$U_{max}$	$W/m^2K$	0,9

Η οροφή, πέραν της πλάκας που είναι κατασκευασμένη από οπλισμένο σκυρόδεμα, όπως και οι άλλες οροφές των χαμηλότερων ορόφων, διαθέτει επίστρωση με ασφαλτικά φύλλα (ασφαλτόπανο). Στον Πίνακα 4.10 υπολογίζεται η αντίσταση θερμοδιαφυγής της οροφής.

**Πίνακας 4.10:** Υπολογισμός αντίστασης θερμοδιαφυγής για την οροφή

Στρώσεις δομικού στοιχείου	Πάχος στρώσεως d (m)	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας λ (W/mK)	Θερμική αντίσταση d/λ ( $m^2K/W$ )
Γυψοσανίδες	0,04	0,21	0,190
Ελαφροσκυρόδεμα	0,08	0,2	0,400
Οπλισμένο σκυρόδεμα	0,15	2,03	0,074
Ασφαλτόπανο	0,006	0,19	0,032
<b><math>\Sigma d =</math></b>	<b>0,276</b>	<b><math>R_{\Lambda} =</math></b>	<b>0,696</b>

Στον Πίνακα 4.11 υπολογίζεται για την οροφή η αντίσταση θερμοπερατότητας ως άθροισμα των θερμικών αντιστάσεων μετάβασης και της αντίστασης θερμοδιαφυγής που υπολογίστηκε 0,696  $m^2K/W$ . Υπολογίζεται και ο συντελεστής θερμοπερατότητας U, ο οποίος είναι μεγαλύτερος από το επιτρεπόμενο όριο.

**Πίνακας 4.11:** Υπολογισμός αντίστασης θερμοπερατότητας και συντελεστή θερμοπερατότητας U για την οροφή του κτιρίου

Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εσωτερικά)	$R_i$	$m^2K/W$	0,1
Αντίσταση θερμοδιαφυγής	$R_{\Lambda}$	$m^2K/W$	0,696
Αντίσταση θερμικής μετάβασης (εξωτερικά)	$R_a$	$m^2K/W$	0,04
Αντίσταση θερμοπερατότητας	$R_{ολ}$	$m^2K/W$	0,836
Συντελεστής θερμοπερατότητας	$U$	$W/m^2K$	1,196
Μέγιστος επιτρεπτός συντελεστής θερμοπερατότητας	$U_{max}$	$W/m^2K$	0,45

#### 4.4.2 Υπολογισμός θερμομόνωσης περιβλήματος

Η μελέτη κάθε ορόφου λόγω του ότι όλοι οι χώροι είναι θερμαινόμενοι, απλοποιεί τη διαδικασία και την περιορίζει στον υπολογισμό του συντελεστή θερμομόνωσης για το κέλυφος του κτιρίου. Μένει μόνο να προστεθούν σε κάθε δομικό στοιχείο οι συντελεστές θερμοπερατότητας θυρών και παραθύρων, σύμφωνα με τον Πίνακα 2.3, Κεφάλαιο 2.

**Πίνακας 4.12:** Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας κτιρίου

Συντελεστής θερμοπερατότητας κτιρίου				
α/α	Δομικό στοιχείο	Επιφάνεια A ( $m^2$ )	Συντελεστής θερμοπερατότητας U ( $W/m^2K$ )	U*A
1	Εξωτερική τοιχοποιία Οπτοπλινθοδομές	1342,6	1,514	2.032,696
2	Εξωτερική τοιχοποιία - σκυρόδεμα	242	3,18	769,560
3	Δάπεδο πάνω από έδαφος	1200	3,22	3.864,000
4	Οροφή	1150	1,196	1.375,400
5	Κούφωμα αλουμινίου - μονό	388	6	2.328,000
6	Κούφωμα αλουμινίου - διπλό	372	3,7	1.376,400
ΣΥΝΟΛΟ		4694,6		11.746,056

Συντελεστής θερμοπερατότητας ισογείου	W/m <sup>2</sup> K	2,502
---	--------------------	-------

Ο συνολικός περιεχόμενος όγκος του κτιρίου είναι:

$$(1200*3,5) + (1030*3,5) + (2* 1150 *3,6) \text{ τμ.} + (36*13,1*4)=17971,4 \text{ m}^3.$$

Η συνολική επιφάνεια υπολογίστηκε παραπάνω ίση με 4694,6 m<sup>2</sup>. Από το πηλίκο A/V που προκύπτει, προσδιορίζεται ο επιτρεπόμενος μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας βάση του Πίνακα 3 του κεφαλαίου θεωρίας. Για τα δεδομένα του συγκεκριμένου κτιρίου προκύπτει:  $\frac{A}{V} = \frac{4694,6}{17971,4} = 0,261\text{m}^{-1}$  που μέσω γραμμικής παρεμβολής, η τιμή αυτή αντιστοιχεί σε μέγιστο επιτρεπόμενο συντελεστή θερμοπερατότητας  $U_{m,max}=1,137 \text{ W/ m}^2\text{K}$ .

Ωστόσο παραπάνω υπολογίστηκε ο συντελεστής θερμοπερατότητας ίσος με 2,502 W/ m<sup>2</sup>K, που ξεπερνάει κατά πολύ το  $U_{m,max}=1,137 \text{ W/ m}^2\text{K}$ , δηλαδή το κτίριο κρίνεται θερμομονωτικά ενεργοβόρο.

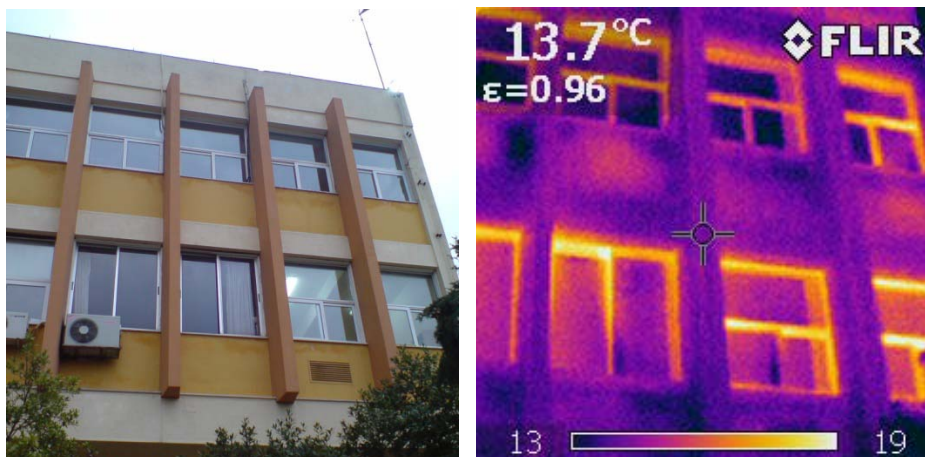
## 4.5 Μετρήσεις με χρήση καταγραφικού εξοπλισμού

Στην παρούσα ενότητα παρουσιάζονται και αξιολογούνται, στο πλαίσιο της ενεργειακής επιθεώρησης του κτιρίου, τα αποτελέσματα που προέκυψαν από μετρήσεις που έγιναν με ειδικά όργανα καταγραφής. Συγκεκριμένα χρησιμοποιήθηκε θερμοκάμερα, για την εποπτεία και τον τυχόν εντοπισμό προβληματικών σημείων του κτιρίου, αναλυτής ηλεκτρικής ενέργειας για πιστότερη μελέτη της ηλεκτρικής κατανάλωσης και αναλυτής καυσαερίων, για τη μέτρηση της απόδοσης καύσης του λέβητα.

### 4.5.1. Μετρήσεις απωλειών θερμότητας με χρήση της θερμοκάμερας

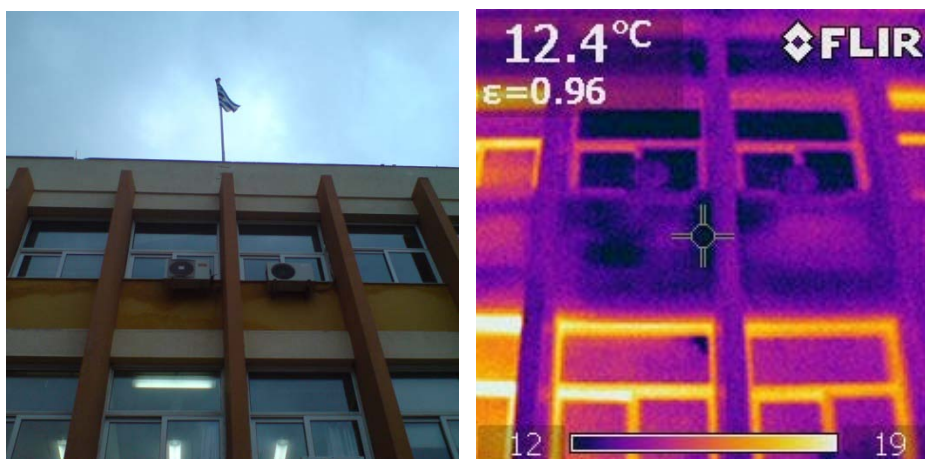
Η θερμογραφική μελέτη πραγματοποιήθηκε στο Κτίριο Λαμπαδάριο στις 28 Ιανουαρίου 2011 και στις 7 Φεβρουαρίου 2011 κατά τη δύση του ηλίου. Τις μέρες αυτές η εξωτερική θερμοκρασία κυμάνθηκε στους 9,4-11,4°C και στους 3,8-19,4°C αντίστοιχα.

Στην πρόσοψη του κτιρίου, στα τοιχία των παραθύρων παρατηρούνται σημεία με υγρασία. Τα ίχνη της ανερχόμενης υγρασίας είναι εμφανή τόσο στην ψηφιακή φωτογραφία όσο και στη φωτογραφία από θερμοκάμερα. Μάλιστα σε κάποια από τα τοιχία αυτά η υγρασία είναι ορατή και στην εσωτερική πλευρά του κτιρίου.



**Εικόνα 4.3:** Πρόσοψη Λαμπαδαρίου

Το ίδιο φαίνεται και στην Εικόνα 4.4, σε άλλο σημείο της πρόσοψης του κτιρίου, αφού το πρόβλημα είναι γενικό και εντοπίζεται σε όλο το μπροστινό μέρος του κτιρίου.



**Εικόνα 4.4:** Πρόσοψη Λαμπαδαρίου

Εμφάνιση υγρασίας παρατηρείται επίσης και στην νότια πλευρά του κτιρίου ανάμεσα στους δυο ορόφους, όπως φαίνεται στις θερμοφωτογραφίες της εικόνας 4.5 με κίτρινες γραμμές. Στα σημεία με υγρασία, η ειδική θερμοχωρητικότητα του νερού βοηθά ώστε να γίνονται πιο αργά οι μεταβολές της θερμοκρασίας σε σχέση με τα υπόλοιπα υλικά. Έτσι κατά το σούρουπο, οπότε και πάρθηκε η φωτογραφία, το νερό διατηρεί υψηλή θερμοκρασία ακόμα, ενώ η τοιχοποιία έχει αρχίσει ήδη να αποβάλλει τη θερμότητα που απορρόφησε από τον ήλιο όλη μέρα.



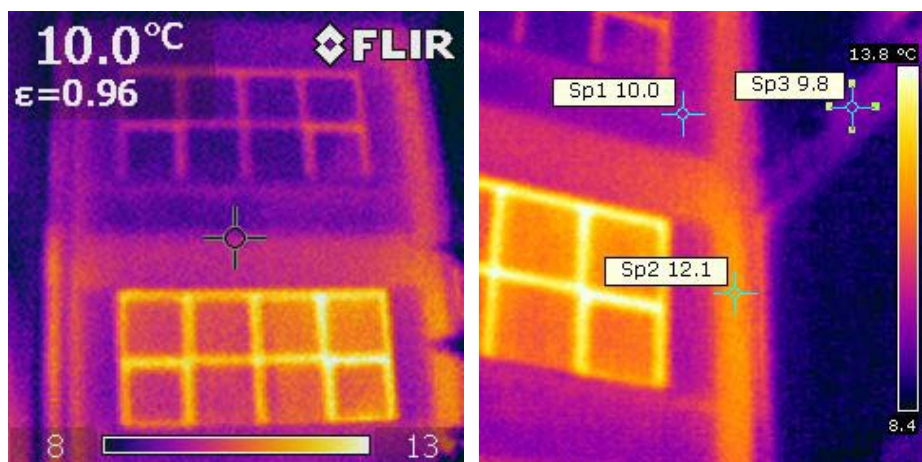
**Εικόνα 4.5:** Εμφάνιση υγρασίας ανάμεσα σε 2 ορόφους

Στην Εικόνα 4.6 φαίνεται η ένωση του Λαμπαδαρίου με την ανακαινιζόμενη πτέρυγα στα Νοτιοανατολικά του συγκροτήματος. Στο σημείο της ένωσης δημιουργήθηκε θερμογέφυρα, που σημαίνει πως στην ένωση των δυο τοίχων έχουμε μειωμένη θερμική αντίσταση και άρα θερμικές απώλειες για το κτίριο.



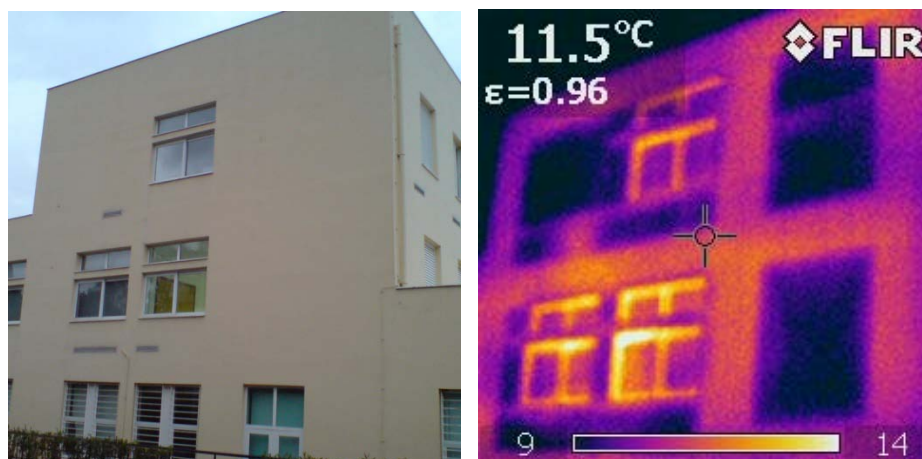
**Εικόνα 4.6:** Ένωση Λαμπαδαρίου με την ανακαινιζόμενη πτέρυγα

Η θερμογέφυρα φαίνεται στις θερμοφωτογραφίες 4.7, όπου το τμήμα του τοίχου ακριβώς στην ένωση των δύο χώρων είναι όπως φαίνεται αρκετά θερμότερο από τα υπόλοιπα σημεία που έχουν επισημανθεί οι θερμοκρασίες τους.



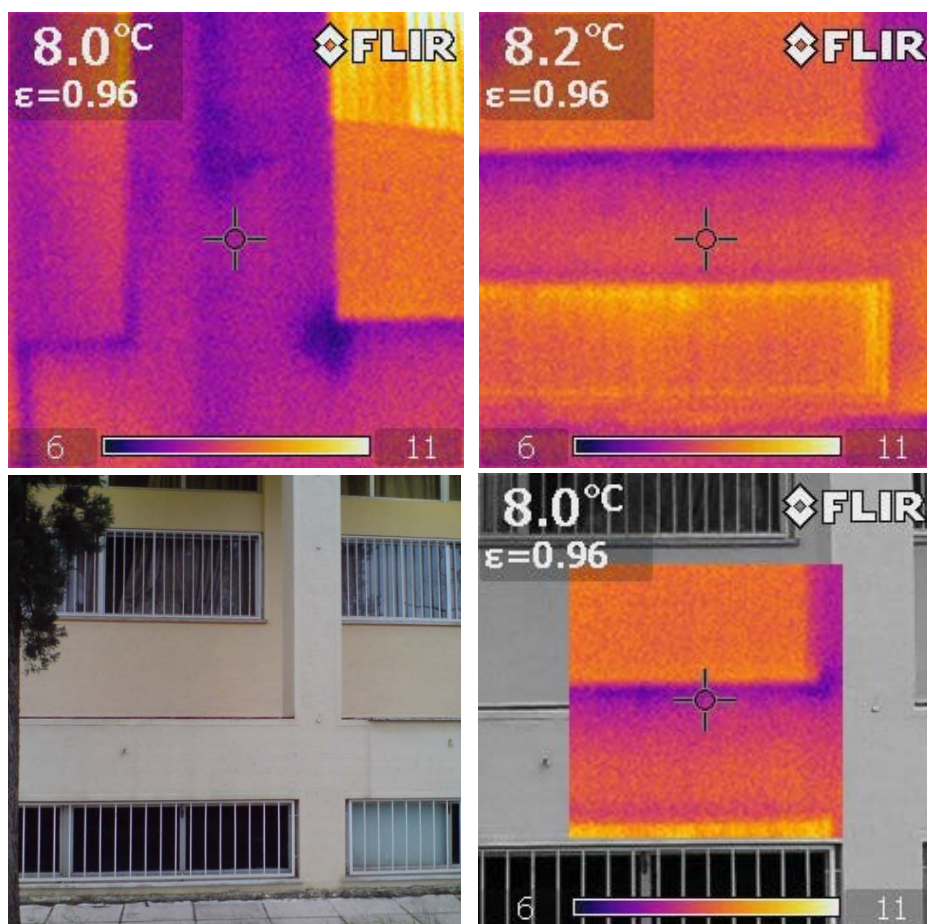
**Εικόνα 4.7:** Θερμογέφυρα στην ένωση λαμπαδαρίου με την πτέρυγα

Στην Εικόνα 4.8 απεικονίζεται ο Νότιος τοίχος του κτιρίου, όπου προφανώς παλιά υπήρχαν κουφώματα, τα οποία έχουν χτιστεί. Αυτό που παρατηρείται είναι πως το νέο υλικό που τοποθετήθηκε προσφέρει υψηλότερη θερμομόνωση σε αντίθεση με την υπόλοιπη τοιχοποιία, από την οποία φαίνεται να υπάρχουν μεγάλες απώλειες θερμότητας, λόγω της έλλειψης μόνωσης.



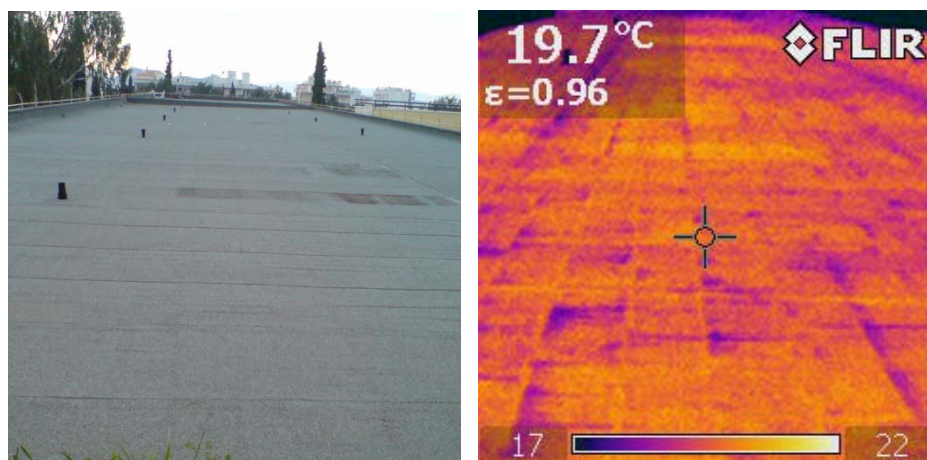
**Εικόνα 4.8:** Χτισμένα κουφώματα στη Νότια πλευρά του κτιρίου

Στην Εικόνα 4.9 φαίνεται το μπροστινό τοίχιο του κτιρίου, το οποίο αποτελεί ουσιαστικά τμήμα του ημιυπόγειου ορόφου του Λαμπαδαρίου, να εμφανίζει υγρασία σε διάφορα σημεία του.



**Εικόνα 4.9:** Εμφάνιση υγρασίας στο μικρό τοίχειο του ισογείου

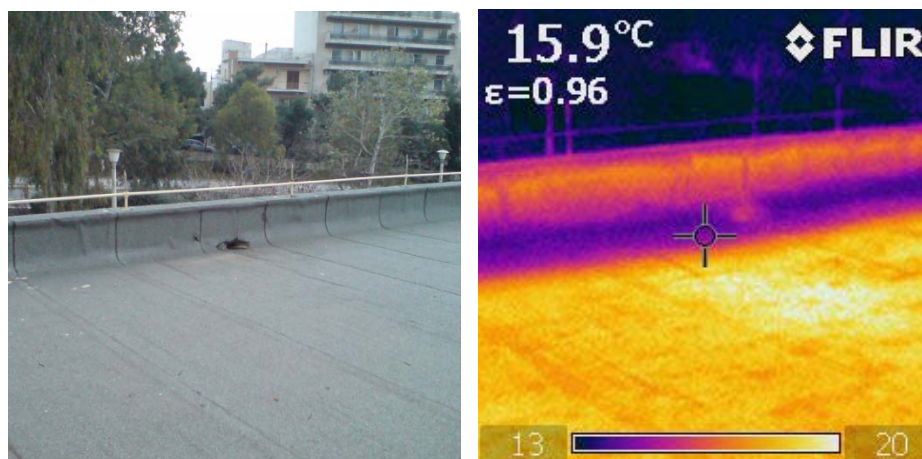
Στη μονωμένη με ασφαλτόπανο οροφή, Εικόνα 4.10, δεν παρατηρούνται αξιόλογα προβλήματα με τη θερμογράφιση, σχετικά με την ποιότητα των ενώσεων και τη σωστή τοποθέτηση του μονωτικού υλικού σε όλο το μήκος και πλάτος της στέγης. Οι χρωματικές διαφορές που παρατηρούνται πιθανόν οφείλονται στις ενώσεις των διαφορετικών τμημάτων του ασφαλτόπανου.



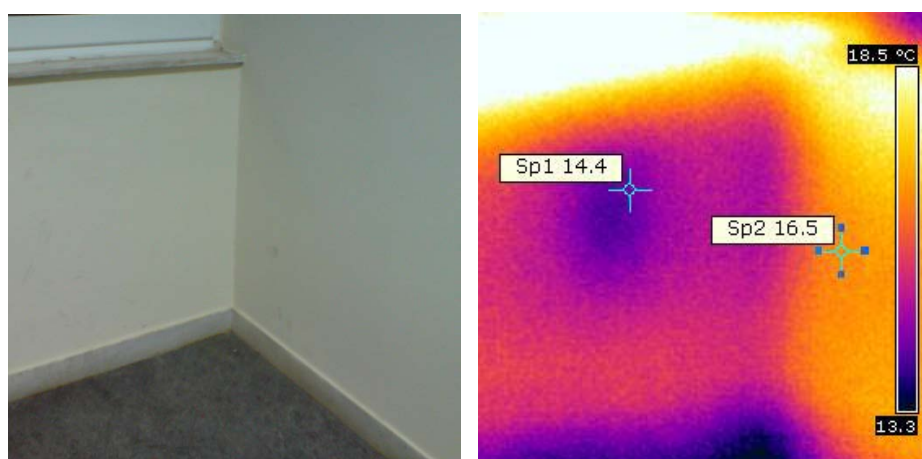
**Εικόνα 4.10:** Μονωμένη με ασφαλτόπανο οροφή



Ωστόσο περιμετρικά όλου του κτιρίου είναι εμφανής η προβληματική θερμογέφυρα (Εικόνα 4.11). Διακρίνεται δηλαδή σοβαρό πρόβλημα στις ενώσεις της οροφής με τα κατακόρυφα τοιχεία, όπου ενδεχομένως δεν έχει γίνει σωστή συγκόλληση του ασφαλτόπανου με την επιφάνεια κάτω από αυτό.

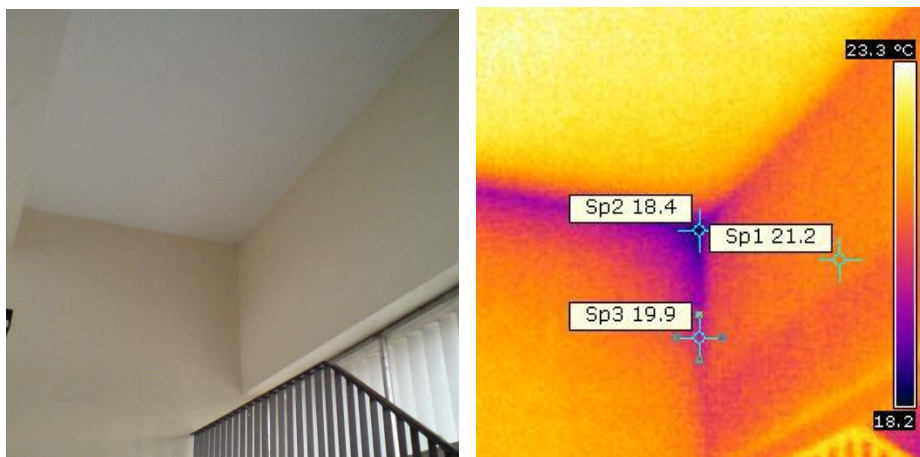


**Εικόνα 4.11:** Θερμογέφυρα ασφαλτόπανου με τοιχίο στην οροφή



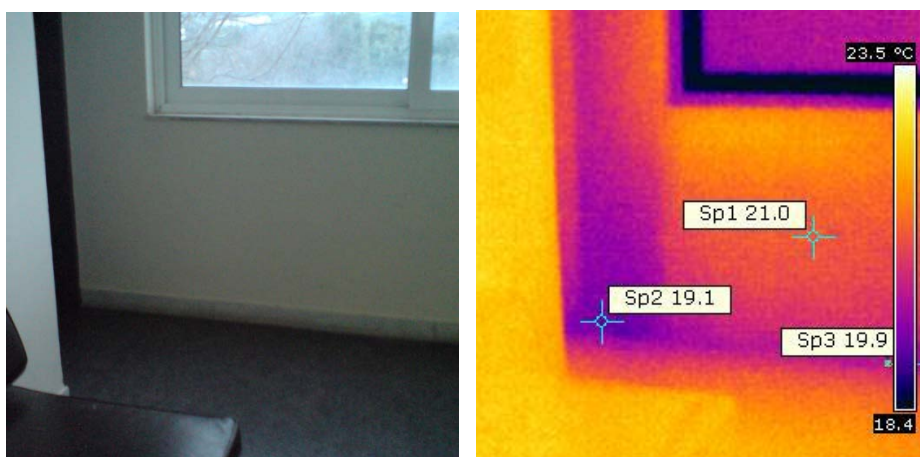
**Εικόνα 4.12:** Θερμογέφυρα στο δάμα της οροφής

Η παραπάνω θερμοφωτογραφία (Εικόνα 4.12) καταδεικνύει μια θερμογέφυρα στο κλιμακοστάσιο του τελευταίου ορόφου. Στο ίδιο σημείο αλλά στον προηγούμενο όροφο, παρατηρείται επίσης θερμογέφυρα στην εσωτερική πλευρά του κτιρίου. (Εικόνα 4.13)

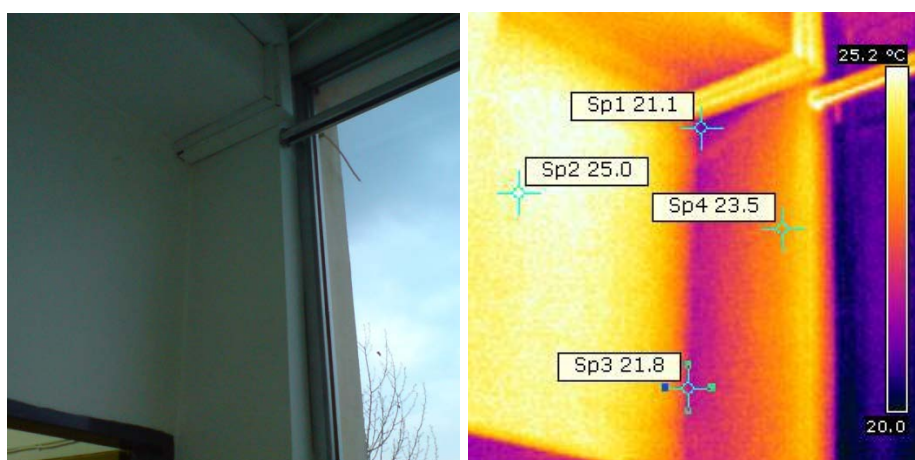


**Εικόνα 4.13:** Θερμογέφυρα στον 2ο όροφο

Στις εικόνες 4.14 και 4.15 διακρίνονται επίσης κάποια προβλήματα σε χώρους γραφείων.

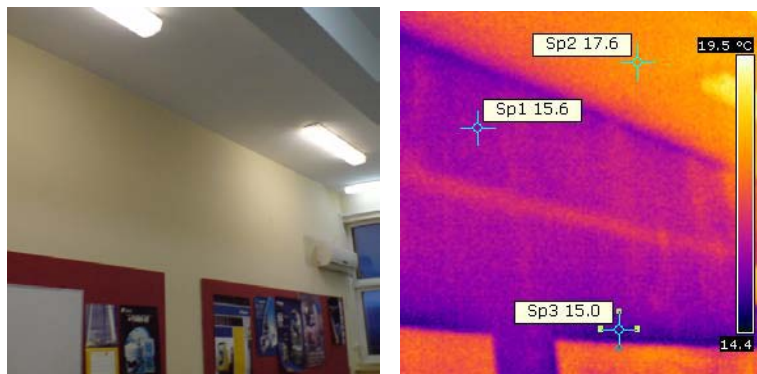


**Εικόνα 4.14:** Υγρασία σε χώρο γραφείου 1ου ορόφου



**Εικόνα 4.15:** Θερμογέφυρα σε χώρο γραφείου 1ου ορόφου

Στην Εικόνα 4.16 διακρίνεται η έλλειψη θερμομόνωσης στους τοίχους του κτιρίου. Ο τοίχος αυτός που δεν συνορεύει με άλλο θερμαινόμενο χώρο του κτιρίου, έχει αρκετά χαμηλότερη θερμοκρασία σε σχέση με την οροφή ή τον τοίχο που βρίσκεται απέναντί του.



**Εικόνα 4.16:** Τοίχος χωρίς μόνωση στο Νότιο τμήμα του κτιρίου

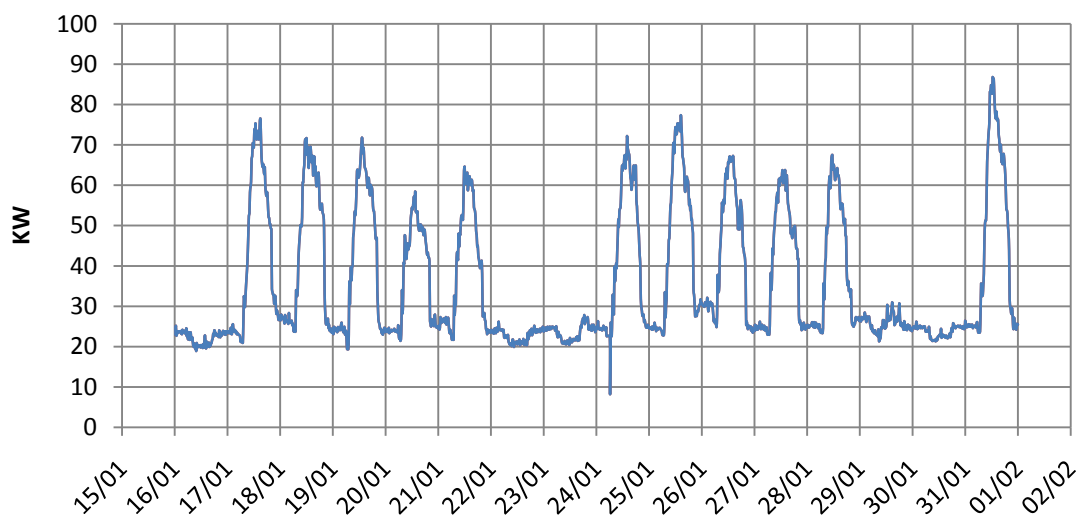
#### 4.5.2. Μετρήσεις με χρήση του αναλυτή ενέργειας

Στο Λαμπαδάριο κτίριο έχει τοποθετηθεί μόνιμα από τους υπεύθυνους μηχανικούς του κτιρίου ο ενεργειακός αναλυτής Landis & Gyr που παρουσιάστηκε στο Κεφάλαιο 2.5.2, με στόχο την τακτική παρατήρηση και παρακολούθηση του συστήματος. Ύστερα από συνεννόηση με την τεχνική ομάδα, έγινε λήψη των δεδομένων του αναλυτή για την ηλεκτρική κατανάλωση του κτιρίου, από το Δεκέμβριο του 2009 έως τον Απρίλιο του 2011. Όλα τα δεδομένα που καταγράφει ο αναλυτής βρίσκονται αποθηκευμένα σε φύλλα εργασίας Microsoft Excel, σε διαφορετικές καρτέλες ανά δεκαπενθήμερο. Υπάρχουν καταγεγραμμένες τιμές ρεύματος, τάσης, ισχύος και ενέργειας για όλες τις ώρες και ημέρες, ανά τέταρτο περίπου της ώρας.

Επειδή ο όγκος των δεδομένων που υπάρχουν είναι μεγάλος, είναι εφικτό να βγει μια αντιπροσωπευτική εικόνα των ενεργειακών αναγκών του κτιρίου η οποία θα μπορεί στη συνέχεια να συγκριθεί με τις ηλεκτρικές ανάγκες που φάνηκαν από την καταγραφή που προηγήθηκε και να γίνει μια προσπάθεια ταύτισης των αποτελεσμάτων. Ωστόσο αυτή η ταύτιση δεν είναι εύκολη, ούτε μπορεί να γίνει ακριβώς, αφού τα στοιχεία που υπάρχουν από την καταγραφή στηρίζονται στις απαντήσεις που έδωσε ο κάθε καταναλωτής σχετικά με το χρόνο λειτουργίας κάθε συσκευής και επομένως ενδεχομένως συνολικά να απέχουν από την πραγματικότητα.

Προκειμένου να δοθεί μια ετήσια εικόνα της ηλεκτρικής κατανάλωσης του κτιρίου, παρουσιάζονται καμπύλες στις οποίες φαίνεται η ενεργός ισχύς που καταναλώθηκε στο κτίριο για 15 ημέρες, μια καμπύλη ανά εποχή του χρόνου, οι οποίες δημιουργήθηκαν στο excel από τις τιμές ενεργού ισχύος που κατέγραψε ο αναλυτής.

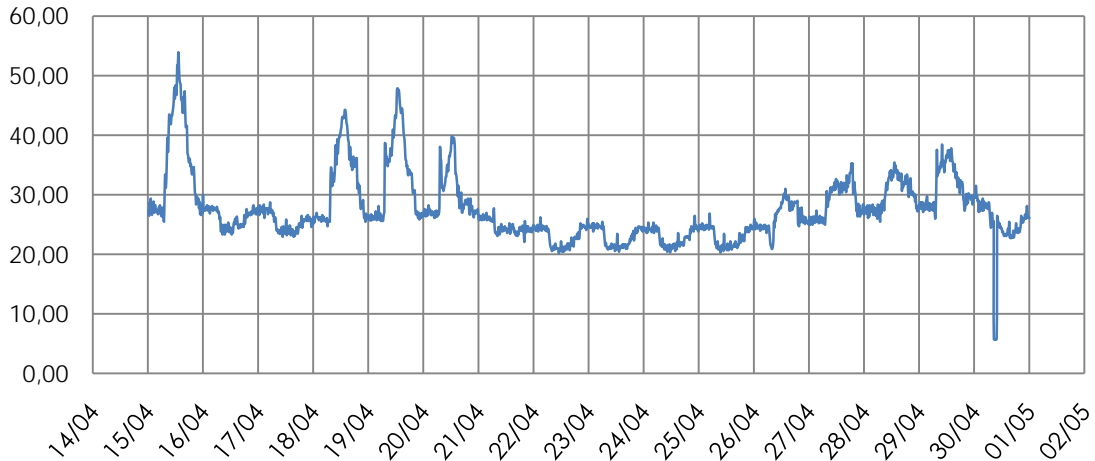
#### ΚΑΜΠΥΛΗ ΦΟΡΤΙΟΥ ΑΠΟ 16-1-11 ΕΩΣ 31-1-11



**Γράφημα 4.6:** Κατανάλωση ηλεκτρικής ισχύος για 15 μέρες του Ιανουαρίου

Το διάστημα 16-31 Ιανουαρίου που απεικονίζεται στο Γράφημα 4.6, είναι μια περίοδος με έντονη κινητικότητα στις σχολές, είναι περίοδος πριν την εξεταστική, οπότε γενικά λειτουργούν τα περισσότερα γραφεία, εργαστήρια, αμφιθέατρα, ενώ παράλληλα τις μέρες εκείνες παρατηρήθηκαν αρκετά χαμηλές θερμοκρασίες. Η ηλεκτρική κατανάλωση σύμφωνα με τον αναλυτή κυμαίνεται στα 60KW-85KW . Από αυτά υπολογίζεται πως τα 1,5KW περίπου απαιτούνται στο λεβητοστάσιο για τον εξαερισμό του, τη λειτουργία του λέβητα και της αντλίας θέρμανσης. Ύστερα, οι περισσότεροι υπολογιστές του κτιρίου, σύμφωνα με την καταγραφή χρησιμοποιούνται το λιγότερο όλες τις εργάσιμες μέρες και ώρες, επομένως από τα συνολικά 22,8KW εγκατεστημένων υπολογιστών, θεωρείται κατά μέσο όρο ότι απαιτούνται 20KW. Σε αυτά προστίθενται και τα 6,8KW των ηλεκτρικών συσκευών που λειτουργούν μόνιμα και 29KW περίπου για το φωτισμό (φώτα που λειτουργούν πάνω από 10 μήνες το χρόνο). Επομένως αθροίζοντας υπολογίζονται περί τα 60 KW με βάση τις καταγραφές, που όπως φαίνεται είναι μια καλή εκτίμηση των αναγκών του κτιρίου σε ηλεκτρική ενέργεια. Επιπλέον σε αυτές τις καταναλώσεις θα πρέπει να προστεθούν και οι μικρές ηλεκτρικές καταναλώσεις άλλων συσκευών που παραμένοντας σε κατάσταση αναμονής καταναλώνουν ενέργεια, οι οποίες είναι δύσκολο να εκτιμηθούν.

### ΚΑΜΠΥΛΗ ΦΟΡΤΙΟΥ 14/4/2011 ΕΩΣ 1/5/2011

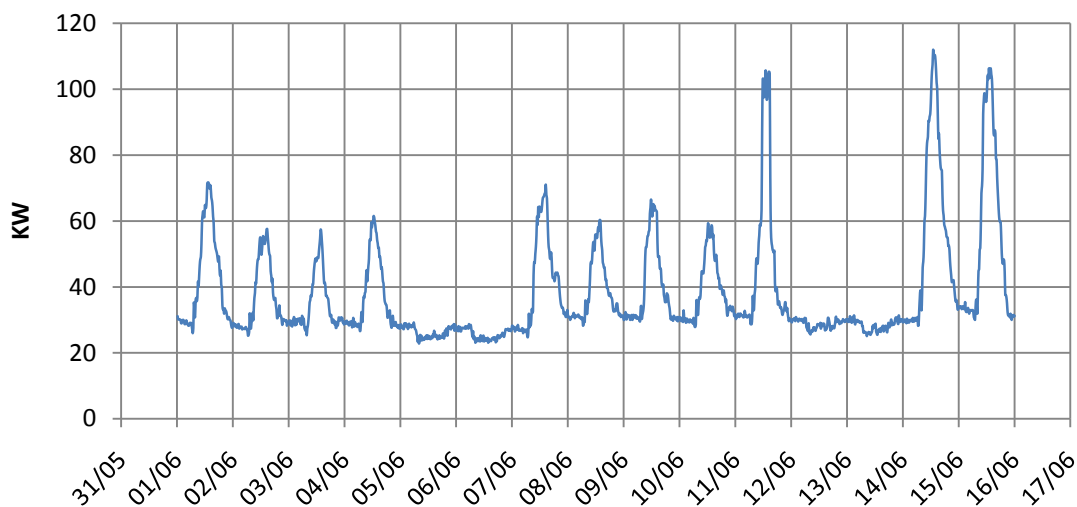


**Γράφημα 4.7:** Κατανάλωση ισχύος τις διακοπές του Πάσχα

Στο διάγραμμα κατανάλωσης ισχύος για το δεύτερο δεκαπενθήμερο του Απρίλη, παρατηρείται χαμηλή κατανάλωση, αφού από τις 18 Απριλίου έως τις 29 Απριλίου σύμφωνα με το Ακαδημαϊκό ημερολόγιο δεν λειτουργούν οι σχολές, λόγω διακοπών του Πάσχα. Η κατανάλωση αυτή κυμαίνεται στα 20-25KW, παρουσιάζοντας αιχμές τις βραδινές ώρες, οπότε και ενεργοποιείται ο νυχτερινός φωτισμός του κτιρίου.

Η εικόνα αυτή της ηλεκτρικής κατανάλωσης του κτιρίου, πρόκειται ουσιαστικά για το φορτίο βάσης του κτιρίου, συμπίπτει με τους υπολογισμούς που έγιναν με βάση την καταγραφή των καταναλώσεων. Συγκεκριμένα σύμφωνα με την καταγραφή, η ηλεκτρική κατανάλωση για το φωτισμό κοινόχρηστων χώρων του κτιρίου όπως εξωτερικός φωτισμός, διάδρομοι, σκάλες κ.α., ο οποίος λειτουργεί όλο το χρόνο καθημερινά, εκτιμάται στα 15KW περίπου. Επιπλέον εκτιμάται εγκατεστημένη ισχύς άλλων συσκευών που λειτουργούν μόνιμα, δηλαδή κάποιοι υπολογιστές στα 2,8KW και ψυγεία στα 6,8KW, οπότε το φορτίο βάσης εκτιμάται στα 24,6KW. Σε αυτό έχουν συναθροιστεί και τα νυχτερινά φορτία του κτιρίου.

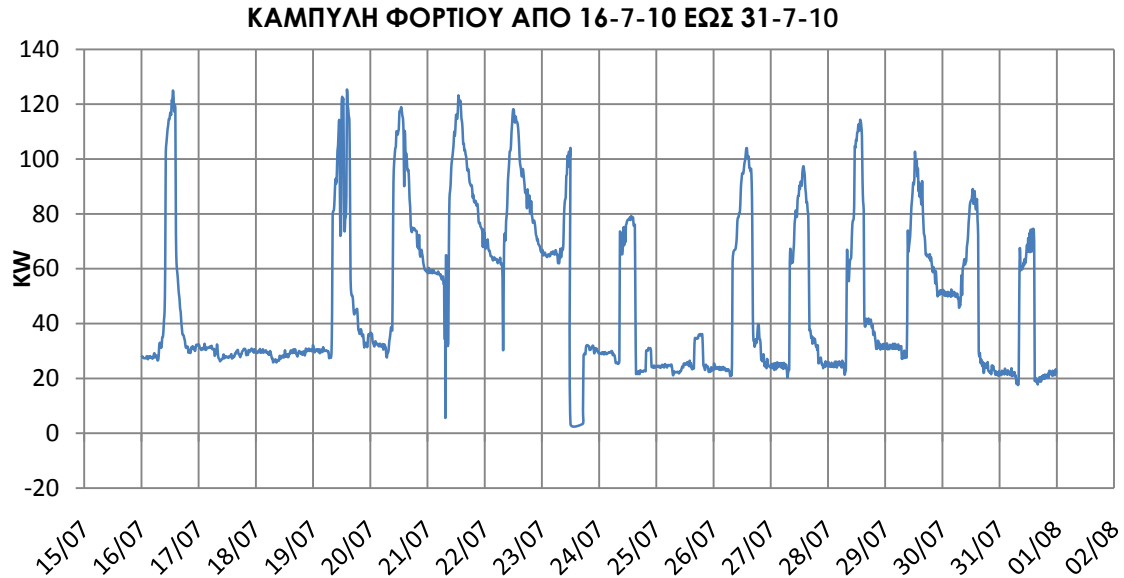
### ΚΑΜΠΥΛΗ ΦΟΡΤΙΟΥ ΑΠΟ 1-6-10 ΕΩΣ 15-6-10



**Γράφημα 4.8:** Κατανάλωση ηλεκτρικής ισχύος για το 1ο δεκαπενθήμερο του Ιουνίου

Το Γράφημα 4.11 απεικονίζει την ισχύ που κατέγραψε ο αναλυτής το πρώτο δεκαπενθήμερο του Ιουνίου 2010, η οποία κυμαίνεται στα 55KW-112KW. Η αυξομειώσεις που παρατηρούνται οφείλονται αφενός στο ότι οι μέρες, 5, 6, 12 και 13 Ιούνη είναι Σαββατοκύριακα και η κατανάλωση είναι όπως αναμενόταν χαμηλή, ενώ για τις ημερομηνίες 11,14,15 Ιουνίου η αύξηση οφείλεται στην άνοδο της θερμοκρασίας. Στις 11 Ιουνίου η θερμοκρασία έφτασε τους 33 °C ενώ στις 14 και 15 ήταν σταθερά πάνω από τους 32° οπότε σίγουρα έγινε αρκετή χρήση των κλιματιστικών μηχανημάτων. Ταυτόχρονα τις μέρες εκείνες ολοκληρώθηκε το κύριο μέρος των εργασιών ανακαίνισης στην πτέρυγα με τα δύο αμφιθέατρα, οπότε και τέθηκε σε λειτουργία ο κλιματισμός της πτέρυγας απευθείας από τη μεγάλη κλιματιστική μονάδα στο υπόγειο του λεβητοστασίου ανεβάζοντας την ηλεκτρική κατανάλωση και δικαιολογώντας την άνοδο που παρουσιάζεται στην καμπύλη από τα 60 kW περίπου στα 110 kW.

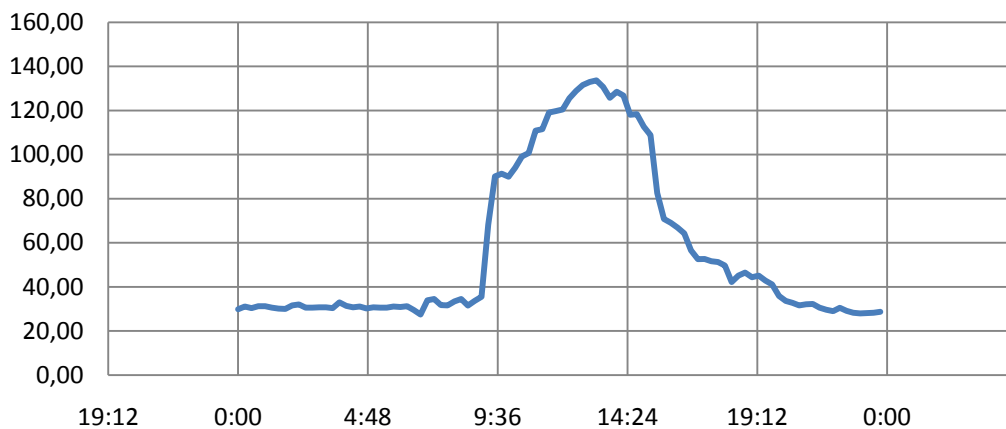
Για τους καλοκαιρινούς μήνες αξίζει να αποτυπωθεί και ένα διάγραμμα για τον Ιούλιο όπου οι θερμοκρασίες είναι υψηλότερες και αναμένεται αύξηση της χρήσης των κλιματιστικών μονάδων και κατ' επέκταση αύξηση της απαιτούμενης ισχύος. Σύμφωνα με τα δεδομένα της καταγραφής για τους θερινούς μήνες η απαιτούμενη ηλεκτρική ισχύς, εκτός των καταναλώσεων των κλιματιστικών υπολογίζεται ως εξής: 25KW περίπου για το φωτισμό των χώρων, 20KW περίπου για τους υπολογιστές του κτιρίου, 6,8KW για τις ηλεκτρικές συσκευές που είναι μόνιμα σε λειτουργία και ύστερα κάποια KW για την ΚΚΜ της ανακαινιζόμενης πτέρυγας, τα οποία δεν μπορούν να προσδιοριστούν ακριβώς γιατί εξαρτάται από τη χρήση που γίνεται.



**Γράφημα 4.9:** Κατανάλωση ηλεκτρικής ισχύος για το 2ο δεκαπενθήμερο του Ιουλίου

Όπως φαίνεται στο Γράφημα 4.12 εκτός από τιο Σαββατοκύριακο 17-18/7, που το φορτίο κυμαίνεται στην τιμή βάσης των 25KW, τις υπόλοιπες ημέρες η ζήτηση ισχύος είναι αυξημένη. Η ζήτηση αυτή φαίνεται να ακολουθεί την αύξηση της θερμοκρασίας, αφού την εβδομάδα 19-24/7 που η θερμοκρασία κυμαινόταν στους 35-37°C καθημερινά, η ζήτηση παρουσίασε τις μεγαλύτερες τιμές του καλοκαιριού, έφτασε τα 125KW. Επιπλέον εδώ παρατηρείται πως η ισχύς τα δύο τελευταία Σάββατα του μήνα (24 και 31/7) δεν βρίσκεται στα συνηθισμένα επίπεδα των 25 KW-φορτίο βάσης, αλλά φαίνεται να υπήρχε μεγαλύτερη δραστηριότητα στο κτίριο, ενώ παράλληλα λειτουργούσαν και αρκετά κλιματιστικά μηχανήματα.

**ΚΑΜΠΥΛΗ ΦΟΡΤΙΟΥ 7/7/2010**



**Γράφημα 4.10:** Διάγραμμα κατανάλωσης ισχύος μια μέρα με υψηλή θερμοκρασία

Στο Γράφημα 4.10 φαίνεται η καμπύλη φορτίου για μια καθημερινή του Ιουλίου, που η θερμοκρασία κυμάνθηκε από 22-35°C. Η αύξηση της ισχύος συντελείται από τις 9.00πμ έως τις 16.00, αύξηση που πέρα από τις καταναλώσεις για φωτισμό, υπολογιστές και άλλες συσκευές, οφείλεται κατά το μεγαλύτερο ποσοστό στη χρήση των κλιματιστικών μηχανημάτων, που κορυφώνεται τις μεσημεριανές ώρες.

#### 4.5.3 Μετρήσεις του αναλυτή καυσαερίων στο λέβητα του κτιρίου

Στο Λαμπαδάριο υπάρχουν δύο λέβητες, ωστόσο μόνο ο ένας από τους δυο λειτουργεί. Τα τεχνικά χαρακτηριστικά του είναι τα εξής: Τύπος 0687, ισχύς 650Mcal/h, έτος 2002 και ο καυστήρας είναι Lamborghini 90PM/M-E 98001350.

Αφού ο λέβητας είχε λειτουργήσει αρκετή ώρα ώστε να έχει φθάσει σε κανονική θερμοκρασία λειτουργίας, λάβαμε τις παρακάτω μετρήσεις.

**Πίνακας 4.13:** Μετρήσεις του αναλυτή καυσαερίων

ΚΤΙΡΙΟ	ΛΑΜΠΑΔΑΡΙΟ		
ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗ ΙΣΧΥΣ ΛΕΒΗΤΑ	760 kW (ΔΕΞΙΟΣ ΛΕΒΗΤΑΣ)		
ΕΙΔΟΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ	ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ		
ΕΤΟΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ	2006 (έτος ρύθμισης)	2010	2011
ΔΙΑΦΟΡΑ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ	213 °C	177 °C	213 °C
ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΚΑΥΣΑΕΡΙΩΝ	236 °C	204 °C	234 °C
ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΧΩΡΟΥ	23 °C	26,6 °C	22,2 °C
ΟΞΥΓΟΝΟ - O <sub>2</sub>	3,8 %	10,3 %	6,7 %
ΔΙΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ - CO <sub>2</sub>	9,7 %	6,0 %	8,1 %
SMOKE ( <i>Brigon smoke scale 0-9</i> )	-	1	-
ΜΟΝΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ - CO	66 ppm	16 ppm	5 ppm
ΜΟΝΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΑΖΩΤΟΥ - NO	65 ppm	27 ppm	42 ppm
ΟΞΕΙΔΙΑ ΤΟΥ ΑΖΩΤΟΥ - NO <sub>x</sub>	69 ppm	28 ppm	43 ppm
ΠΕΡΙΣΣΕΙΑ ΑΕΡΑ - λ	22,2 %	97,1 %	47,1 %
ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΚΑΥΣΑΕΡΙΩΝ	8,5 %	11,5 %	10,2 %
ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΣ ΒΑΘΜΟΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ - EFF (N)*	91,5 %	88,5 %	89,8 %

Σύμφωνα με την TOTEE 20701-4/2010 και τα όσα αναφέρθηκαν στην ενότητα 2.4.3 παρατηρούνται τα εξής:



- Η απόδοση καύσης του λέβητα κρίνεται ικανοποιητική. (Σύμφωνα με την ΤΟΤΕΕ 20701-4/2010 λέβητας με απόδοση 87-90% κρίνεται ότι λειτουργεί ικανοποιητικά.)
- Η περίσσεια αέρα στο παρόν έτος ( $\lambda=1,5$ ) είναι ικανοποιητική, σε αντίθεση με το 2010, όπου η περίσσεια ήταν πολύ υψηλή με αποτέλεσμα να θερμαίνεται άσκοπα ποσότητα αέρα.
- Η ποσότητα οξυγόνου επίσης είναι ικανοποιητική, αναμενόμενο αφού δεν υπάρχει μεγάλη περίσσεια αέρα.
- Η ποσότητα του CO<sub>2</sub> είναι λίγο πιο κάτω από το κατώτατο όριο που είναι 9,5%
- Η ποσότητα CO είναι πολύ μικρή, που σημαίνει ότι η ανάμιξη του καυσίμου με τον αέρα είναι πολύ καλή.
- Τα οξείδια του αζώτου βρίσκονται κάτω από τα ανεπιθύμητα όρια.
- Η θερμοκρασία των καυσαερίων βρίσκεται μέσα στα επιτρεπτά όρια

Γενικά, εφόσον υπάρχει ευκολία πρόσβασης στο λεβητοστάσιο για εποπτεία και συντήρηση, οι κυκλοφορητές έχουν επαρκή ικανότητα απόδοσης θερμικής ισχύος στο δίκτυο διανομής και οι περισσότερες τιμές βρίσκονται εντός των επιθυμητών ορίων, η συνολική εγκατάσταση κρίνεται καλή-επαρκής για τις ανάγκες του κτιρίου.



## ***Κεφάλαιο 5: Δράσεις εξοικονόμησης ενέργειας σε κτίρια***

---



## 5.1 Εξοικονόμηση ενέργειας στην ψύξη

Τα κλιματιστικά αποτελούν τα τελευταία χρόνια την κύρια πηγή ψύξης σε οικιακούς και εργασιακούς χώρους, αναπόφευκτα επομένως έχουν επιπτώσεις περιβαλλοντικές και κοινωνικοοικονομικές.

Σε περιβαλλοντικό επίπεδο, επιβαρύνουν σημαντικά το κλίμα του πλανήτη, καθώς διαθέτουν ψυκτικά μέσα, τα οποία είναι ισχυρότατα αέρια του θερμοκηπίου. Επίσης, όσο αυξάνεται η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας τόσο αυξάνονται και οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα από ρυπογόνες μονάδες ηλεκτροπαραγωγής που λειτουργούν με λιγνίτη. Σε κοινωνικοοικονομικό επίπεδο, η χρήση κλιματιστικών προκαλεί εξαιρετική αύξηση των λογαριασμών ηλεκτρικού ρεύματος. Επίσης, η μαζική και υπερβολική χρήση κλιματιστικών κατά τις πιο ζεστές μέρες του καλοκαιριού ενισχύει την πιθανότητα να βρεθεί το σύστημα εκτός λειτουργίας με καταστροφικές οικονομικές και κοινωνικές συνέπειες.

Τα air condition λειτουργούν με μια αντλία θερμότητας, η οποία ανταλλάσσει θερμοκρασία μεταξύ δύο κυκλωμάτων αέρα ή νερού. Υπάρχουν, λοιπόν, δύο εξαρτήματα (ένα εξωτερικό και ένα εσωτερικό) τα οποία τραβούν αέρα, τον στέλνουν στην αντλία στην οποία ανταλλάσσουν τη θερμοκρασία τους και τον επιστρέφουν πάλι πίσω.

Ανάλογα με την ενέργεια που καταναλώνουν τα κλιματιστικά ταξινομούνται σε κατηγορίες ενεργειακής κλάσης. Η κοινοτική νομοθεσία επιβάλλει όλα τα νέα να έχουν μια ετικέτα με την «ενεργειακή σήμανση» της συσκευής, την επονομαζόμενη και ενεργειακή ετικέτα.

Η ταξινόμηση γίνεται σε επτά διαφορετικές κατηγορίες, A έως G, με την A να δηλώνει την πιο αποδοτική μονάδα και την G τη λιγότερη αποδοτική, που θα πρέπει σε κάθε περίπτωση να αποφεύγουμε να χρησιμοποιούμε. Τα πλέον οικονομικά κλιματιστικά είναι αυτά που διαθέτουν τεχνολογία Inverter και ανήκουν στην ενεργειακή κλάση A και A+.

### 5.1.1 Λειτουργία αυτόνομων κλιματιστικών μηχανημάτων

#### *Λειτουργία συμβατικών κλιματιστικών μηχανημάτων*

Τα κύρια προβλήματα της λειτουργίας των συμβατικών κλιματιστικών μηχανημάτων είναι οι συχνές εκκινήσεις και η αδυναμία προσαρμογής του κινητήρα στην καμπύλη του φορτίου κατά τη λειτουργία του.

Δηλαδή τα κύρια προβλήματα είναι:

α) Σημαντικός αριθμός εκκινήσεων στη διάρκεια των οποίων το ρεύμα εκκίνησης είναι πολλαπλάσιο του αντίστοιχου κανονικής λειτουργίας και προκαλεί τοπική πτώση τάσης στο δίκτυο.

β) Κατά την εκκίνηση (αρχικά στις χαμηλές στροφές περιστροφής κινητήρα) η τιμή του Συντελεστή Ισχύος (cosφ) είναι ιδιαίτερα χαμηλή.

γ) Κατά τη διάρκεια της λειτουργίας του μηχανήματος, χωρίς δυνατότητα προσαρμογής των στροφών του κινητήρα στην καμπύλη του φορτίου, πετυχαίνεται χαμηλός συντελεστής ισχύος για φόρτιση μικρότερη του 100% (ιδανική συνθήκη)

Σε ένα συμβατικό κλιματιστικό όταν ρυθμίζεται για παράδειγμα η θερμοκρασία του στους 22 βαθμούς, τότε αυτό αρχίζει να λειτουργεί και όταν φτάσει η θερμοκρασία του χώρου στους 22 βαθμούς τότε σταματάει τη λειτουργία του αυτόματα. Μόλις η θερμοκρασία στον χώρο μεταβληθεί, τότε το κλιματιστικό επαναλειτουργεί με αποτέλεσμα να έχει μεγάλη κατανάλωση ενέργειας λόγω των συνεχών μεταβολών της θερμοκρασίας. Παράλληλα ο θόρυβος του κλιματιστικού είναι έντονος πέραν του γεγονότος ότι η λειτουργία του αυξομειώνεται συνεχώς.

#### ***Λειτουργία κλιματιστικών μηχανημάτων με σύστημα inverter***

Το σύστημα Inverter επιλέγει την κατάλληλη συχνότητα λειτουργίας του κλιματιστικού μηχανήματος σύμφωνα με τη θερμοκρασία του χώρου, δηλ. μεταβάλλει την ψυκτική/θερμική απόδοση του κλιματιστικού μηχανήματος ανάλογα με τα φορτία του χώρου. Η μονάδα λειτουργεί σε υψηλές συχνότητες όταν υπάρχει μεγάλη διαφορά μεταξύ θερμοκρασίας χώρου και επιθυμητής, και σε χαμηλές συχνότητες όταν αυτή η διαφορά θερμοκρασίας είναι μικρή. Το INVERTER επιλέγει την κατάλληλη συχνότητα με βάση την παραπάνω διαφορά θερμοκρασίας και εκτελεί την ανάλογη αλλαγή στροφών στο συμπιεστή.

Η τεχνολογία Inverter στα κλιματιστικά εξασφαλίζει γρηγορότερη επίτευξη της επιθυμητής θερμοκρασίας και μείωση του χρόνου έναρξης λειτουργίας κατά 1/3. Εξασφαλίζει περίπου 30% κατά μέσο όρο χαμηλότερη κατανάλωση και σταθερή θερμοκρασία χωρίς μεταβολές. Είναι γεγονός ότι τα κλιματιστικά που διαθέτουν τεχνολογία Inverter έχουν μεγαλύτερο κόστος αγοράς περίπου κατά 30% σε σχέση με τα συμβατικά. Το κόστος αγοράς, όμως, αποσβένεται σύντομα από ένα νοικοκυριό λόγω της εξοικονόμησης ενέργειας που επιτυγχάνεται, άρα της σημαντικής μείωσης που πραγματοποιείται στον λογαριασμό της ΔΕΗ.

Τα κλιματιστικά Inverter στην αρχή αποδίδουν τα μέγιστα και μετά ρίχνουν τους ρυθμούς ίσα ίσα για τη συντήρηση της θερμοκρασίας. Αυτή η μέθοδος έχει αποδειχτεί πως είναι πολύ πιο οικονομική από την απότομη εκκίνηση του κινητήρα ανά τακτικά χρονικά διαστήματα.

### **5.1.2 Σύστημα κλιματισμού μεταβλητού όγκου ψυκτικού μέσου VRV (Variable Refrigerant Volume)**

Το σύστημα VRV λειτουργεί με το μηχανισμό λειτουργίας του συμπιεστή Inverter. Το αισθητήριο που είναι ενσωματωμένο στην εσωτερική μονάδα του συστήματος ανιχνεύει τη θερμοκρασία του δωματίου και την ελέγχει δίνοντας οδηγίες στο σύστημα Inverter με την επιλογή κατάλληλης συχνότητας.

Το σύστημα αυτό επιλέγει την κατάλληλη συχνότητα λειτουργίας του κλιματιστικού μηχανήματος σύμφωνα με τη θερμοκρασία του χώρου, δηλ. μεταβάλλει την ψυκτική/θερμική απόδοση του κλιματιστικού μηχανήματος ανάλογα με τα φορτία του χώρου. Η μονάδα λειτουργεί σε υψηλές συχνότητες όταν υπάρχει μεγάλη διαφορά μεταξύ θερμοκρασίας χώρου και επιθυμητής, και σε χαμηλές συχνότητες όταν αυτή η διαφορά θερμοκρασίας είναι μικρή. Το inverter επιλέγει την κατάλληλη συχνότητα με βάση την παραπάνω διαφορά θερμοκρασίας και εκτελεί την ανάλογη αλλαγή στροφών στο συμπιεστή.

Αποτελείται από:

- αντλία θερμότητας με συμπιεστή τεχνολογίας inverter
- εσωτερικές μονάδες χώρων
- δίκτυο σωληνώσεων χαλκού για την κυκλοφορία του ψυκτικού μέσου freon
- δίκτυο απορροής των συμπυκνωμάτων των εσωτερικών μηχανημάτων

Το σύστημα VRV είναι σημαντικά βελτιωμένο σε ότι αφορά τη θερμική απόδοση σε σχέση με τις συμβατικές αντλίες θερμότητας. Μια σημαντική διαφορά ανάμεσα στο inverter και ένα συμβατικό κλιματιστικό είναι επίσης η ισχύς εκκίνησης. Ακόμα, ο χαμηλής θερμοκρασίας αέρας θερμαίνεται ταχύτατα μέχρι την επιθυμητή θερμοκρασία. Ο χρόνος που απαιτείται για την άνοδο της θερμοκρασίας στο επιθυμητό επίπεδο είναι συνήθως μικρότερος από το μισό χρόνο που χρειάζεται ένα συμβατικό κλιματιστικό. Όταν η επιθυμητή θερμοκρασία επιτευχθεί, το inverter ελαττώνει σταδιακά την ισχύ του. Μια χαμηλής ισχύος λειτουργία του κλιματιστικού στα 30 Hz, διατηρεί άνετη θερμοκρασία, αντίθετα με τις συμβατικές μονάδες που ξοδεύουν πρόσθετη ισχύ με τη επαναλαμβανόμενη ON-OFF λειτουργία τους στα 50Hz.



**Εικόνα 5.1:** Εγκατάσταση συστήματος VRV σε κτίριο

Τα πιο εξελιγμένα συστήματα VRV έχουν τη δυνατότητα σύνδεσης έως και δεκαέξι εσωτερικών μονάδων σε μία εξωτερική μονάδα, γραμμικό έλεγχο απόδοσης μέσω συμπιεστών inverter 10 -100 % και δυνατότητα ανάπτυξης του κεντρικού δικτύου σωληνώσεων μέχρι και 100 μέτρα ανά εσωτερική μονάδα, με μέγιστη υψομετρική διαφορά εξωτερικής-εσωτερικής μονάδας 50 μέτρα.

Υπολογίζεται ότι για λειτουργία του συστήματος στο 50% του φορτίου, επιτυγχάνεται με το σύστημα VRV εξοικονόμηση ενέργειας της τάξεως του 40 % έναντι του συμβατικού συστήματος.

## 5.2 Εξοικονόμηση ενέργειας στον φωτισμό

Ο φωτισμός έχει ουσιαστική επίδραση στην ενεργειακή κατανάλωση των κτιρίων του τριτογενή τομέα, αντιστοιχώντας σε περισσότερο από το 1/3 της συνολικής χρήσης ηλεκτρικής ενέργειας σε ορισμένες κατηγορίες χρήσης κτιρίων, π.χ. κτίρια γραφείων. Με την βοήθεια της σύγχρονης τεχνολογίας, μπορεί να επιτευχθεί πολύ σημαντική ενεργειακή εξοικονόμηση. Επιπλέον, οι επενδύσεις στα συστήματα φωτισμού, δεν είναι μόνο πολύ επικερδείς αλλά μπορούν να βελτιώσουν και την ποιότητα φωτισμού του εργασιακού χώρου της επιχείρησης, το οποίο σε ένα χώρο εργασίας οδηγεί στη βελτίωση της παραγωγικότητας.

Η ενεργειακή απόδοση των συστημάτων φωτισμού μπορεί να βελτιωθεί και να επιφέρει ενεργειακή εξοικονόμηση με διάφορους τρόπους:

- Επιλογή ενεργειακά αποδοτικών λαμπτήρων



- Επιλογή ενεργειακά αποδοτικών στραγγαλιστικών διατάξεων (π.χ. ηλεκτρονικά ballast)
- Βελτίωση των φωτιστικών σωμάτων
- Συστήματα ελέγχου φωτισμού για μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης
- Ένταξη / βελτίωση διαδικασιών συντήρησης
- Παρεμβάσεις στο σχεδιασμό του συστήματος

Ενεργειακή εξοικονόμηση προκύπτει είτε με εφαρμογή κάποιας εκ των παραπάνω προτάσεων ή ακόμα καλύτερα με συνδυασμό δυο ή περισσότερων μέτρων.

Εκτός από τον τεχνητό φωτισμό και ο φυσικός φωτισμός έχει μεγάλη επίδραση στην εμφάνιση του χώρου και μπορεί να οδηγήσει σε μεγάλη ενεργειακή εξοικονόμηση. Άνθρωποι που εργάζονται σε γραφεία και κλειστούς χώρους, συνήθως προτιμούν ένα χώρο καλά φωτιζόμενο από φυσικό φως, εφόσον έχουν εξασφαλισθεί άλλες ανέσεις, πχ. αποφυγή υπερθέρμανσης ή θάμβωσης από τον ήλιο. Για να αξιοποιηθούν πλήρως τα οφέλη του φυσικού φωτός στο εσωτερικό των κτιρίων, είναι απαραίτητο να εξασφαλιστεί ότι ο τεχνητός φωτισμός ρυθμίζεται ή σβήνει όταν επαρκεί ο φυσικός φωτισμός. Αυτό επιτυγχάνεται με την χρήση κατάλληλων συστημάτων ελέγχου, που μπορούν να συμπεριλαμβάνουν κάποιο βαθμό αυτοματοποίησης. Με τα συστήματα αυτά εξασφαλίζεται εξοικονόμηση ενέργειας, ενώ επιπλέον μειώνοντας την ηλεκτρική κατανάλωση για φωτισμό, μειώνεται ταυτόχρονα και το θερμικό φορτίο (προκαλείται από τον τεχνητό φωτισμό, ιδιαίτερα από παλιές μη αποδοτικές λάμπες). Έτσι στα κτίρια με κλιματισμό, μειώνεται η κατανάλωση ισχύος για ψύξη.

### 5.2.1 Επιλογή ενεργειακά αποδοτικών στραγγαλιστικών διατάξεων

Το ballast είναι μια αντίσταση που ρυθμίζει το ρεύμα και συνδέει έναν ή περισσότερους λαμπτήρες φθορισμού με την παρεχόμενη ισχύ. Περιορίζει το ρεύμα στην απαιτούμενη τιμή και μετατρέπει την ηλεκτρική τάση, παρέχοντας τις απαιτούμενες συνθήκες για την έναυση των λαμπτήρων

Η αντίσταση ρύθμισης ρεύματος (ballast) είναι εξάρτημα σύνδεσης μεταξύ της παροχής ισχύος και ενός ή περισσότερων λαμπτήρων φθορισμού ή άλλου τύπου λαμπτήρων εκκένωσης. 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. Τα ballast μπορούν αλλά είναι προτιμότερο να μην ενσωματώνονται στο φωτιστικό.

Υπάρχουν δύο κύριοι τύποι ballast, τα μαγνητικά και τα ηλεκτρονικά. Τα ηλεκτρονικά είναι πολύ πιο αποδοτικά από τα μαγνητικά και έχουν τα εξής πλεονεκτήματα:

- Έχουν σχετικά χαμηλές απώλειες.
- Αντικαθιστώντας τα μαγνητικά ballast με ηλεκτρονικά, η εξοικονόμηση ενέργειας ανέρχεται σε 25%.
- Οι λαμπτήρες φθορισμού έχουν υψηλότερη απόδοση όταν λειτουργούν με ηλεκτρονικά ballast, παρέχοντας 10-20% περισσότερο φως.
- Τα ηλεκτρονικά ballast απαιτούν ηπιότερες συνθήκες έναυσης του λαμπτήρα και έτσι επιμηκύνεται ο χρόνος ζωής του.
- Στα ηλεκτρονικά ballast μπορούν να συνδεθούν έως 4 λαμπτήρες, ενώ στα αντίστοιχα μαγνητικά μόνον ένας ή δύο λαμπτήρες.
- Οι λαμπτήρες φθορισμού με μαγνητικό ballast ‘τρεμοσβήνουν’ 100 φορές/sec, ενώ οι λαμπτήρες με ηλεκτρονικό ballast περισσότερο από 40.000 φορές/sec, οπότε το φαινόμενο δεν είναι αντιληπτό από το ανθρώπινο μάτι.



**Εικόνα 5.2:** Ηλεκτρονικά ballast

### 5.2.2 Εγκατάσταση διαφόρων αυτοματισμών

Τα κατάλληλα συστήματα ελέγχου του φωτισμού μπορούν να επιτύχουν αποδοτική ενεργειακή εξοικονόμηση, μειώνοντας την κατανάλωση ισχύος για τον φωτισμό στους χώρους των γραφείων από 30% έως 50%.

Τα συστήματα ελέγχου του φωτισμού είναι συσκευές που ρυθμίζουν την λειτουργία του συστήματος φωτισμού σε σύνδεση με ένα εξωτερικό σήμα ( χειροκίνητη επαφή, παρουσία, ρολόι, στάθμη φωτισμού). Τα ενεργειακά αποδοτικά συστήματα ελέγχου περιλαμβάνουν:

- Τοπικούς χειροκίνητους διακόπτες
- Αισθητήρες ελέγχου παρουσίας
- Χρονοδιακόπτες
- Αισθητήρες φυσικού φωτισμού

Η επιβάρυνση από τη τοποθέτηση ενός συστήματος αυτοματισμού είναι μικρή συγκριτικά με την ενεργειακή εξοικονόμηση που θα επιφέρει, ενώ επιπρόσθετα οι εργασίες εγκατάστασης μπορούν να διεξαχθούν χωρίς σοβαρή διατάραξη των δραστηριοτήτων του κτιρίου.

Η τοποθέτηση αυτοματισμών σε ένα κτίριο πρέπει να συνδυάζεται και με άλλες στρατηγικές εξοικονόμησης ενέργειας, όπως για παράδειγμα την επιλογή ενός συστήματος φωτισμού με υψηλής ποιότητας ηλεκτρονικά ballast. Οι αισθητήρες παρουσίας που τοποθετούνται σε κάθε φωτιστικό ή σε μια ομάδα φωτιστικών μπορούν επίσης να περιλαμβάνουν και αισθητήρες φυσικού φωτισμού.

Η εκμετάλλευση του φυσικού φωτισμού αποφέρει σημαντικά ενεργειακά οφέλη στην ενεργειακή κατανάλωση των κτιρίων. Σε αυτό το πλαίσιο μπορούν να γίνουν πολλές παρεμβάσεις σε ένα κτίριο, όπως είναι η κατάλληλη αρχιτεκτονική σχεδίαση και η μελέτη της διαρρύθμισης των χώρων με στόχο την μεγαλύτερη δυνατή αξιοποίηση του ηλιακού φωτός ή η ενσωμάτωση συστημάτων προσαγωγής του φωτός στους εσωτερικούς χώρους (οπτικοί σωλήνες, κάτοπτρα κ.λπ.). Ο πιο απλός τρόπος αξιοποίησης του φυσικού φωτισμού είναι η τοποθέτηση αισθητήρα φωτός στους εργασιακούς χώρους, ο οποίος ρυθμίζει την ένταση του τεχνητού φωτισμού στο επιθυμητό επίπεδο μέσω ρυθμιστή φωτός (dimmer). Το σύστημα αυτό είναι τοπικού χαρακτήρα και δεν συνδυάζεται ούτε επικοινωνεί με αντίστοιχα συστήματα εγκατεστημένα σε άλλους χώρους.

Απαραίτητη προϋπόθεση είναι τα υφιστάμενα φωτιστικά να λειτουργούν με ηλεκτρονικά ballast και αυτό γιατί τα κυκλώματα που ρυθμίζουν τη φωτεινότητα των λαμπτήρων λειτουργούν σε υψηλές συχνότητες οι οποίες εκτείνονται στην περιοχή συχνοτήτων των ηλεκτρονικών ballast.

Η ρύθμιση της φωτεινότητας (dimming) των λαμπτήρων επιτυγχάνεται είτε με το συνδυασμό απλού ηλεκτρονικού ballast και ρυθμιστή (dimmer), είτε με ηλεκτρονικό ballast που ενσωματώνει τον ρυθμιστή (HF regulator). Απαραίτητος φυσικά είναι ο αισθητήρας φωτισμού ο οποίος ρυθμίζεται ανάλογα με τις ανάγκες του χώρου και το επιθυμητό επίπεδο φωτισμού.

### 5.3 Εξοικονόμηση ενέργειας με τοποθέτηση BEMS (Building Energy Management Systems)

Τα BEMS (Building Energy Management Systems) ή αλλιώς BMS (Building Management Systems) αποτελούν συστήματα ενεργειακής διαχείρισης που επιτηρούν και ελέγχουν τις ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις ενός κτιρίου, πετυχαίνοντας έτσι εξοικονόμηση ενέργειας, μέσω του ακριβούς ελέγχου των επιτηρούμενων εγκαταστάσεων. Γενικότερα, τα BMS αναφέρονται σε συστήματα που επιτηρούν και ελέγχουν τις υποδομές ενός κτιρίου, με στόχο την αποδοτική και ασφαλή λειτουργία του συστήματος. Όλα δηλ. τα υπό έλεγχο μηχανήματα εκτελούν την λειτουργία τους μέσα στο χρονοπρόγραμμα τους, εντός των προβλεπόμενων ορίων τους και σύμφωνα με τις συνθήκες - εντολές ελέγχου που έχουν σχεδιαστεί από την μελέτη. Επιπλέον, μέσω των BMS μπορεί να καταγράφεται η καταναλισκόμενη ενέργεια ενός κτιρίου, η εξοικονόμηση ενέργειας και γίνεται δυνατή η τήρηση αρχείου.

Τα σημαντικότερα συστήματα που μπορεί να παρακολουθεί και να ελέγχει ένα σύστημα ενεργειακής διαχείρισης σε ένα κτίριο είναι τα εξής:

- Συστήματα κλιματισμού-θέρμανσης
- Παθητικά συστήματα
- Ανοίγματα, σκίαστρα
- Εγκατάσταση φωτισμού
- Συστήματα δροσισμού
- Ηλεκτρικές καταναλώσεις
- Ποιότητα αέρα
- Εγκαταστάσεις ασφαλείας

Το σύστημα ελέγχου του κτιρίου αποτελείται από την Κεντρική Μονάδα Ελέγχου [ΚΜΕ], τις Τοπικές Μονάδες Ελέγχου [ΤΜΕ], το Δίκτυο Επικοινωνίας και τα Προγράμματα Ελέγχου. Η Κεντρική Μονάδα Ελέγχου αποτελείται από ένα ηλεκτρονικό υπολογιστή με τη βάση δεδομένων και μία θέση ελέγχου και χειρισμών με ηλεκτρολόγιο και οθόνη αναγνώσεως. Στους χώρους που υπάρχουν μηχανήματα ή συσκευές στις οποίες υπάρχει κατανάλωση ενεργειακών πόρων και ελέγχονται από το σύστημα εξοικονόμησης, εγκαθίστανται οι Τοπικές Μονάδες Ελέγχου [ΤΜΕ].

Όλες οι πληροφορίες διακινούνται μεταξύ των ΤΜΕ των διαφόρων μονάδων του συστήματος και καταλήγουν στην ΚΜΕ όπου γίνεται η επεξεργασία τους βάσει κατάλληλων αλγορίθμων ανά λειτουργία, και εκτελούνται αυτόματα οι απαιτούμενοι χειρισμοί με σκοπό να επιτυγχάνεται η ορθολογικότερη διαχείριση των ενεργειακών

πόρων του κτιρίου. Οι αλγόριθμοι αυτοί είναι σχεδιασμένοι έτσι ώστε να επιτυγχάνεται η μέγιστη δυνατή εξοικονόμηση ενέργειας.

### **Αναμενόμενα οφέλη**

Εφαρμόζοντας στα κτίρια συστήματα BEMS, μπορεί να επιτευχθεί μείωση της κατανάλωσης ενέργειας από 10-50%, με ταυτόχρονη μείωση των ατμοσφαιρικών ρύπων. Τα οφέλη της εφαρμογής συστημάτων ενεργειακής διαχείρισης γενικότερα, είναι πολλαπλά. Αναμένεται εξοικονόμηση ενέργειας στην ψύξη-θέρμανση περί το 20%, στον φωτισμό μέχρι και 25%, ενώ παράλληλα λόγω της σωστής διαχείρισης των εγκαταστάσεων επιτυγχάνεται θερμική και οπτική άνεση των χώρων. Τα οικονομικά οφέλη είναι πολλαπλά αφού μειώνεται η κατανάλωση καυσίμων και η κατανάλωση των λοιπών ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων (θέρμανσης-ψύξης-αερισμού-φωτισμού). Τέλος πολύ σημαντικά είναι τα περιβαλλοντικά οφέλη, αφού συντελείται μείωση των ρύπων και περιορισμός του φαινομένου του θερμοκηπίου.

## **5.4 Επεμβάσεις στα ηλεκτρικά συστήματα**

### *Άεργος ισχύς και συντελεστής ισχύος (cosφ)*

Τα ηλεκτρικά φορτία διακρίνονται σε στατικά (λαμπτήρες πυρακτώσεως, ηλεκτρικές αντιστάσεις κλπ.) και επαγωγικά (λαμπτήρες φθορισμού, ηλεκτρικοί κινητήρες, μετασχηματιστές). Στα στατικά φορτία η ισχύς  $P$  που απορροφάται από το δίκτυο είναι όλη ωφέλιμη. Στα επαγωγικά φορτία η ωφέλιμη ισχύς  $P$  είναι μικρότερη από την ισχύ που απορροφάται από το ηλεκτρικό φορτίο. Το πηλίκο της ωφέλιμης ισχύς προς την ισχύ που απορροφάται από το δίκτυο ονομάζεται συντελεστής ισχύος ( $\cos\phi$ ). Ο συντελεστής ισχύος είναι μικρότερος της μονάδας. Η πρόσθετη ισχύς που απαιτείται για την κάλυψη των επαγωγικών φορτίων ονομάζεται άεργος ισχύς  $Q$  (VAr).

Η άεργος ισχύς είναι μη παραγωγική ισχύς, η οποία είναι αναγκαία αφενός για τη λειτουργία ορισμένων ευρέως διαδεδομένων φορτίων, και αφετέρου για τη λειτουργία των δικτύων μεταφοράς και διανομής ηλεκτρικής ενέργειας.

Η άεργος ισχύς είναι αναγκαία για τη λειτουργία των φορτίων που περιλαμβάνουν κινητήρες, πηνία, και γενικά εξοπλισμό η λειτουργία του οποίου απαιτεί τη δημιουργία μαγνητικών πεδίων, για παράδειγμα ανελκυστήρες, κυλιόμενες σκάλες, ασύγχρονοι κινητήρες παραγωγικών διαδικασιών βιομηχανιών και βιοτεχνιών, ενώ τα πλέον ευρέως διαδεδομένα φορτία της κατηγορίας αυτής είναι τα κλιματιστικά μηχανήματα, τα ψυγεία, τα πλυντήρια και στεγνωτήρια ρούχων κλπ. Ο βαθμός κατανάλωσης άεργου ισχύος από τα φορτία εκφράζεται με τον συντελεστή ισχύος  $\cos\phi$ . Ένα «καλό» φορτίο παρουσιάζει τιμές του Συντελεστή Ισχύος ( $\cos\phi$ ) κοντά

στη μονάδα (π.χ. 0,95 – 0,99) ενώ ένα «κακό» φορτίο παρουσιάζει χαμηλότερες τιμές του Συντελεστή Ισχύος ( $\cos\phi$ ).

Συνίσταται διόρθωση σε τιμές  $\cos\phi > 0,85$ . Αρκεί ωστόσο ένα  $\cos\phi = 0,90-0,95$ , καθώς περαιτέρω διόρθωση επιβαρύνει υπερβολικά το κόστος σε πυκνωτές. Άλλωστε δεν επιτρέπεται υπεραντιστάθμιση, δηλαδή το χωρητικό συνημίτονο.

Η διόρθωση του συντελεστή ισχύος γίνεται:

- τοπικά, δηλ. σε κάθε συσκευή, π.χ. κινητήρα, αν η συσκευή λειτουργεί συνεχώς με σταθερό φορτίο, έτσι μειώνονται τα ρεύματα και οι διατομές των καλωδίων.
- ομαδικά, δηλ. σε ομάδες συσκευών, αν αυτές έχουν σταθερή λειτουργία, π.χ. λαμπτήρες.
- κεντρικά ή γενικά αν η φόρτιση των διαφόρων συσκευών είναι κυμαινόμενη.

Τοπική ή ομαδική αντιστάθμιση συμφέρει μόνο σε περίπου σταθερά (συνεχή) φορτία, γιατί μειώνει την ισχύ της κεντρικής ρυθμιζόμενης αντιστάθμισης.

Η βελτίωση του Συντελεστή Ισχύος μιας εγκατάστασης, παρουσιάζει αρκετά τεχνικά και οικονομικά πλεονεκτήματα, που είναι αξιολογώσιμα για τη μείωση των λογαριασμών του ηλεκτρικού ρεύματος. Ακόμα, επιτρέπει τη χρήση μικρότερων Μετασχηματιστών, διακοπτικού υλικού, καλωδίων κλπ., καθώς επίσης ελαττώνει τις απώλειες ισχύος και την πτώση τάσης μιας εγκατάστασης.

### ***Πίνακας Αντιστάθμισης Άεργου Ισχύος – Διόρθωση $\cos\phi$***

Η βελτίωση του Συντελεστή Ισχύος μιας εγκατάστασης απαιτεί μια «Συστοιχία Πυκνωτών», η οποία δρα σαν πηγή άεργης ενέργειας. Η διάταξη αυτή παρέχει αντιστάθμιση άεργου ισχύος. Υπάρχουν τέτοιες τυποποιημένες διατάξεις, όπως οι πίνακες αντιστάθμισης ισχύος, Εικόνα 5.3.



Εικόνα 5.3: Πίνακας αντιστάθμισης έργου ισχύος

## 5.5 Εξοικονόμηση ενέργειας με θερμική προστασία του κτιριακού κελύφους

Η θερμική προστασία των κτιρίων τόσο το χειμώνα, όσο και το καλοκαίρι εξασφαλίζεται με τη χρήση κατάλληλων τεχνικών που εφαρμόζονται στο εξωτερικό κέλυφος των κτιρίων, με πιο σημαντικές τη θερμομόνωση και αεροστεγάνωση του κτιρίου και των ανοιγμάτων του.

Αν εξεταστεί σε ένα σπίτι η θερμοδιαρροή των διάφορων δομικών στοιχείων που το αποτελούν, φαίνεται όπως στην εικόνα πως οι μεγαλύτερες θερμικές απώλειες οφείλονται στα παράθυρα και ύστερα στην τοιχοποιία. Αυτά βέβαια τα ποσοστά μεταβάλλονται ανάλογα με τη μόνωση και τη διαρρύθμιση του κάθε κτιρίου. Αδιαμφισβήτητα ωστόσο οι απώλειες από τα παράθυρα είναι σημαντικές σε κάθε είδους κτίριο και στο πλαίσιο της ενεργειακής εξοικονόμησης, τα παράθυρα είναι το πρώτο στοιχείο που θα πρέπει να εξετάζεται η αποδοτικότητα του.



Εικόνα 5.4: Θερμικές απώλειες κτιριακού κελύφους

Στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας αναφέρονται και περιγράφονται κάποιες τέτοιες τεχνικές, οι οποίες στα Κεφάλαια 6 και 7 εφαρμόζονται στα κτίρια.

### 5.5.1 Εξοικονόμηση ενέργειας από την αντικατάσταση απλών υαλοπινάκων με ενεργειακά αποδοτικούς 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 πριν το 1979, η αντικατάσταση των μονών υαλοπινάκων με διπλούς, με πιθανή αντικατάσταση και των κουφωμάτων, αποτελεί μια σημαντική τεχνική εξοικονόμησης ενέργειας. Η αντικατάσταση των παλιών παραθύρων με νέα, ενεργειακά αποδοτικά με διπλά τζάμια, 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.

Οι διπλοί υαλοπίνακες όταν εμφανίστηκαν βελτίωσαν τη θερμομόνωση κατά 80% (Συντελεστής Θερμοπερατότητας  $U= 3,2 \text{ w/m}^2\text{K}$ ). Ωστόσο, η σύγχρονη ανάγκη βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων οδήγησε την παγκόσμια βιομηχανία παραγωγής υαλοπινάκων στην κατασκευή των **σύγχρονων διπλών ενεργειακών υαλοπινάκων ελέγχου ηλιακής ακτινοβολίας (Low-e Solar Control)**. Οι υαλοπίνακες αυτοί κατόρθωσαν να βελτιώσουν τη θερμομόνωση σε σχέση με τους απλούς διπλούς κατά 200% περίπου (Συντελεστής θερμοπερατότητας  $U= 1,0 \text{ w/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$ ) και κατά 400% περίπου σε σχέση με τους απλούς μονούς.



Εικόνα 5.5: Δομή ενεργειακού υαλοπίνακα



Οι ενεργειακοί υαλοπίνακες διαθέτουν ενεργειακό γυαλί νέας γενιάς (Low-e), το οποίο είναι ένα διάφανο γυαλί με επίστρωση μικροσκοπικών μεταλλικών οξειδίων στη μία του πλευρά. Αυτή η επίστρωση δεν επιτρέπει τη μεταφορά θερμότητας από τον εσωτερικό χώρο του κτιρίου στον εξωτερικό περιβάλλοντα χώρο ή και αντίστροφα.

Το καλοκαίρι, το ενεργειακό γυαλί έχει την ιδιότητα να αντανακλά το υπέρυθρο φως του ήλιου (θερμότητα) και να επιτρέπει τη διέλευση μόνο στο ορατό φως. Έτσι με τη χρήση τέτοιων υαλοπινάκων η έμμεση θερμότητα που μεταφέρουν τα σώματα, όταν θερμανθούν από την ηλιακή ακτινοβολία, παρεμποδίζεται και ο χώρος διατηρείται πιο δροσερός, επομένως το κόστος ψύξης είναι μειωμένο.

Το χειμώνα, το ενεργειακό γυαλί μεγιστοποιεί την ευεργετική ενέργεια του ήλιου. Η ενέργεια από το φως του ηλίου απορροφάται από τα αντικείμενα στο εσωτερικό του χώρου, και ουσιαστικά μετατρέπεται σε θερμότητα. Το ενεργειακό γυαλί δρα σαν ασπίδα σε αυτή τη θερμότητα και δεν της επιτρέπει να διαφύγει από τα παράθυρα, διατηρώντας το χώρο ζεστό, με συνέπεια το κόστος θέρμανσης να είναι μειωμένο.

Σύμφωνα με μελέτες, η διαφορά του κόστους κτήσης, μεταξύ αυτών των υαλοπινάκων και των απλών διπλών, αποσβένεται σε ένα περίπου έτος. Αυτό σημαίνει ότι από το δεύτερο έτος και μετά και για όλο το χρόνο ζωής του κτιρίου, οι ενεργειακοί υαλοπίνακες πρακτικά συνεισφέρουν στον ενεργειακό προϋπολογισμό. Τέλος, για τους ενεργειακούς υαλοπίνακες τελευταίας γενιάς, πρακτικά δεν υπάρχει όριο ζωής, ενώ δεν απαιτούν απολύτως καμία ειδική συντήρηση πέρα του τυπικού καθαρισμού, όπως και όλοι οι απλοί υαλοπίνακες.

### **5.5.2 Εμφύτευση δώματος – οροφής**

Το φυτεμένο δώμα αποτελεί μέσο θερμικής μόνωσης και προστασίας του κτιρίου τόσο το χειμώνα, όσο και το καλοκαίρι, δημιουργώντας εν γένει ήπιες συνθήκες θερμοκρασίας στους χώρους πάνω από τους οποίους τοποθετείται. Ωστόσο υπάρχουν ακόμα πολλά πλεονεκτήματα από μια τέτοιου είδους επένδυση.

Ένα φυτεμένο δώμα βοηθάει στην εξοικονόμηση ενέργειας στο κτήριο, ενώ επιπλέον συγκρατεί το βρόχινο νερό, με αποτέλεσμα την αποφόρτιση του αστικού δικτύου απορροής υδάτων, ειδικά σε ραγδαίες καταιγίδες. Επίσης, λειτουργεί ως φίλτρο απομόνωσης του ήχου και συγκράτησης πολλών επιβλαβών συστατικών του αέρα. Τα πλεονεκτήματα είναι και κοινωνικά, αφού τα φυτά, με τις συνθήκες που δημιουργούν στην επιφάνεια ενός δώματος, αποτρέπουν την ανάπτυξη υψηλών θερμοκρασιών στο αστικό περιβάλλον και εμπλουτίζουν την ατμόσφαιρα με οξυγόνο, βελτιώνοντας την ποιότητα της. Τέλος με την κατασκευή κήπων στα δώματα δημιουργείται φυσικό καταφύγιο για την τοπική χλωρίδα και πανίδα, ενώ αυξάνεται παράλληλα η εμπορική αξία του ακινήτου.

Ανάλογα με τη χρήση του κήπου, την ικανότητα της φέρουσας κατασκευής να δεχθεί τα πρόσθετα φορτία, τις κλιματολογικές συνθήκες της περιοχής, τη θέση του κήπου και τις απαιτήσεις του σε νερό και συντήρηση, διακρίνονται τρεις βασικοί τύποι φύτευσης:

- **Εκτατικός τύπος**

Ο εκτατικός τύπος οργανώνεται σε πολυεπίπεδη διαστρωμάτωση με ελαφρύ υπόστρωμα ανάπτυξης φυτών ύψους 10 έως 15εκ. το οποίο μαζί με το φυτικό υλικό δημιουργεί ένα μόνιμο οικοσύστημα για τη συντήρηση του οποίου απαιτείται ελάχιστη φροντίδα. Τοποθετούνται χλόες και φυτά εδαφοκάλυψης, τα οποία έρχονται πάνω στην επιφάνεια και δεν μεγαλώνουν.

- **Ημιεντατικός τύπος**

Αποτελείται από σύστημα υποδομής και ελαφρύ υπόστρωμα ανάπτυξης φυτών ύψους 10 έως 25εκ., με κορεσμένο φορτίο 120-250 kg/ m<sup>2</sup>. Σε αυτόν τον τύπο φύτευσης μπορούν να φυτευτούν θάμνοι και φυτά που φτάνουν το μισό μέτρο.

- **Εντατικός τύπος**

Συνίσταται στη δημιουργία ενός κήπου, με σύστημα υποδομής και υπόστρωμα ανάπτυξης ύψους 15 έως 150εκ. και κορεσμένο φορτίο τουλάχιστον 250 kg/ m<sup>2</sup>. Σε αυτόν τον τύπο, μπορούν να τοποθετηθούν μεγάλα φυτά, αρκεί να είναι τοποθετημένα και δεμένα καλά, ώστε να μην απειλούνται από τον άνεμο. Απαραίτητη προϋπόθεση για την εγκατάσταση εντατικού τύπου είναι η εκπόνηση στατικής μελέτης



**Εικόνα 5.6:** Σύστημα Εκτατικού τύπου

Οι φυτεμένες οροφές δεν έχουν ημερομηνία λήξης, χρειάζεται όμως μία φορά το χρόνο να ελέγχεται η αποστράγγιση και η σωστή λειτουργία της, ενώ τα φυτά έχουν ανάγκη από κλάδεμα, λίπανση και φροντίδα.

Όσον αφορά στην εξοικονόμηση ενέργειας, εκτιμάται πως η εξοικονόμηση σε ενέργεια κλιματιστικού ενός κτιρίου με φυτεμένη οροφή, μπορεί να φτάσει μέχρι και 25% κατά τη διάρκεια του έτους, ενώ το καλοκαίρι μπορεί να φτάσει και 50%. Ακόμα, ενώ η θερμοκρασία στην οροφή ενός κτιρίου κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού μπορεί να φτάσει και τους 70 C, αν διαθέτει φυτεμένη οροφή, δεν θα ξεπερνά τους 30. Στον τελε υταίο μάλιστα όροφο ενός κτιρίου εκτιμάται πως η θερμοκρασία θα είναι τουλάχιστον 4 βαθμούς χαμηλότερη από ένα αντίστοιχο όροφο που η ταράτσα αποτελείται μόνο από μπετόν.

### **Στάδια κατασκευής:**

- Καθαρίζεται επαρκώς η επιφάνεια του χώρου και καλύπτεται με αδιάβροχη μεμβράνη.
- Τοποθετείται ειδικό μονωτικό υπόστρωμα το οποίο κόβεται και διαμορφώνεται σε κάθε μέγεθος και σχήμα καλύπτοντας πλήρως όλες τις επιφάνειες.
- Προστίθεται μίγμα φυλλοχώματος το οποίο και απλώνεται σε όλη την επιφάνεια.
- Σπείρεται το μίγμα από ποικιλίες σπόρων ανθόφυτων ή χλοοτάπητα σε όλη την επιφάνεια. Επίσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν αρωματικά φυτά όπως λεβάντα, θυμάρι, μαντζουράνα κ.α. τα οποία φυτεύονται ανά συστάδες δημιουργώντας ένα λιβάδι στην ταράτσα.
- Αφού τακτοποιηθούν οι λεπτομέρειες (κόψιμο περιττού πλαστικού και καθάρισμα χώρου) ποτίζεται μέχρι να φυτρώσουν οι σπόροι. Στον παρατσοκήπο μπορεί να προσαρμοστεί και υπόγειο σύστημα αυτόματης άρδευσης. Επίσης το πάχος των μονωτικών υλικών, της μεμβράνης μαζί με το υπόστρωμα είναι μόλις 10 – 15 cm οπότε μπορεί να εφαρμοστεί σε οποιαδήποτε ταράτσα.

Ιδιαίτερη σημασία θα πρέπει να δοθεί στις προδιαγραφές ενός φυτεμένου δώματος. Πιο συγκεκριμένα, το υπόστρωμα προστασίας θα πρέπει να είναι κατασκευασμένο από υλικά που καθορίζονται στα διεθνή πρότυπα (π.χ. FLL 2008, Water retention). Συνήθη υλικά κατασκευής είναι οι πολυεστερικές συνθετικές και ανακυκλωμένες ίνες. Το υπόστρωμα θα πρέπει να έχει πάχος από 3 ως 15 mm, και να συγκρατεί νερό από 3 l/ m<sup>2</sup> ως 10 l/m<sup>2</sup> ώστε να προσφέρει επιπλέον προστασία στην υποκείμενη αντιριζική μεμβράνη καθώς και στα συστήματα στεγανοποίησης από πλήγματα και να επιτρέπει μόνο την περίσσεια νερού να οδηγείται στο αποστραγγιστικό σύστημα. Πρέπει να επιτρέπει τον αερισμό του ριζικού συστήματος των φυτών ακόμα και όταν είναι κορεσμένο με νερό. Πρέπει σε βάθος χρόνου να μην συμπιέζεται. Η επιλογή του αποστραγγιστικού συστήματος θα πρέπει να βασίζεται επίσης στα διεθνή πρότυπα και να τεκμηριώνεται η συμβατότητα της επιλογής τόσο με τον τύπο της βλάστησης, και του υποστρώματος καθώς επίσης και με τις κλιματικές συνθήκες και τις απαιτήσεις ικανότητας αποστράγγισης, όγκου πλήρωσης και αποθήκευσης νερού.

## 5.6 Διασυνδεδεμένα φωτοβολταϊκά συστήματα στις στέγες

Λόγω της μεγάλης επιβάρυνσης της ατμόσφαιρας από τους ρύπους που παράγονται με την κατανάλωση συμβατικών πηγών ενέργειας, δημιουργήθηκε η ανάγκη εκμετάλλευσης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (Α.Π.Ε.) με πρώτη την ηλιακή. Ο ήλιος αποτελεί μία ανεξάντλητη πηγή ενέργειας η οποία δύναται να χρησιμοποιηθεί εναλλακτικά ή παράλληλα με άλλες πηγές ενέργειας και μπορεί να μειώσει τα περιβαλλοντικά προβλήματα, αφού έτσι γίνεται μικρότερη παραγωγή ρύπων από την χρησιμοποίηση ρυπογόνων καυσίμων (λιγνίτης, πετρέλαιο κ.λ.π.)

Οι επενδύσεις σε διασυνδεδεμένα φωτοβολταϊκά συστήματα γνωστά και ως φωτοβολταϊκά πάρκα έχουν τραβήξει την προσοχή χιλιάδων επενδυτών. Οι επενδύσεις αυτές είναι επιλέξιμες από τον Αναπτυξιακό Νόμο ενώ επίσης η ΔΕΗ είναι υποχρεωμένη να αγοράζει την ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από τέτοιου είδους εγκαταστάσεις σε ιδιαίτερα ελκυστική τιμή σύμφωνα με τον νόμο 3486/2006.

Ένα διασυνδεδεμένο σύστημα είναι σε μόνιμη σύνδεση με το δίκτυο της ΔΕΗ με σκοπό να διοχετεύει την ενέργεια που παράγει στο σύστημα. Δεν υπάρχουν αποθηκευτικοί μηχανισμοί και μια τέτοια εγκατάσταση πρέπει να σχεδιάζεται με τρόπο που να αποδίδει την μέγιστη ετήσια ηλεκτρική ενέργεια.

Ιδιαίτερα καθοριστικό ρόλο για την αποδοτικότητα μιας εγκατάστασης διαδραματίζει η θέση του αγροτεμάχιου. Η επιλογή του χώρου θα πρέπει να γίνεται πολύ προσεκτικά, αφού τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του χώρου θα επηρεάζουν την απόδοση για 20 και πλέον χρόνια.

Τα φωτοβολταϊκά θεωρούνται ιδανικά συστήματα ενεργειακής μετατροπής καθώς συνεπάγονται σημαντικά οφέλη για το περιβάλλον και την κοινωνία. Οφέλη για τον καταναλωτή, για τις αγορές ενέργειας και για τη βιώσιμη ανάπτυξη. Στα κυριότερα πλεονεκτήματά τους συγκαταλέγονται:

- αθόρυβη λειτουργία
- αξιοπιστία και μεγάλη διάρκεια ζωής (που φθάνει τα 25-30 χρόνια)
- απεξάρτηση από την τροφοδοσία καυσίμων για τις απομακρυσμένες περιοχές
- δυνατότητα επέκτασης της μονάδας παραγωγής ανάλογα με τις ανάγκες
- ελάχιστη συντήρηση
- καθαρή, ανεξάντλητη, ήπια και ανανεώσιμη πηγή ενέργειας. Η ηλιακή ακτινοβολία δεν ελέγχεται από κανέναν και αποτελεί ένα ανεξάντλητο εγχώριο ενεργειακό πόρο, που παρέχει ανεξαρτησία, προβλεψιμότητα και ασφάλεια στην ενεργειακή τροφοδοσία.
- χρησιμοποιούν την πλέον διαθέσιμη πηγή ενέργειας στον πλανήτη

- παράγουν ηλεκτρισμό, που αποτελεί την πιο χρήσιμη μορφή ενέργειας
- η παραγωγή και κατανάλωση του ηλιακού ηλεκτρισμού μπορεί να γίνονται τοπικά και να αποφεύγονται οι σημαντικές απώλειες της μεταφοράς και διανομής του ηλεκτρισμού και με αυτό τον τρόπο επιτυγχάνεται εξοικονόμηση ενέργειας της τάξης του 10% σε σχέση με τη συμβατική παροχή ηλεκτρικής ενέργειας μέσω του δικτύου
- είναι φιλικά προς το περιβάλλον, επιτυγχάνουν αποφυγή έκλυσης διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα και λιγότερες εκπομπές άλλων επικίνδυνων ρύπων (όπως τα αιωρούμενα μικροσωματίδια, τα οξείδια του αζώτου, οι ενώσεις του θείου, κ.λ.π.)
- μπορούν να περιορίσουν την ανάγκη επενδύσεων σε νέες γραμμές μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας.
- αποτελούν ιδανική λύση για τη μελλοντική παροχή ηλεκτρικής ενέργειας στις περιπτώσεις όπου αμφισβητείται η ασφάλεια της παροχής. Η μέγιστη παραγωγή ηλιακού ηλεκτρισμού συμπίπτει χρονικά με τις ημερήσιες αιχμές της ζήτησης (ιδίως τους καλοκαιρινούς μήνες), βοηθώντας έτσι στην εξομάλυνση των αιχμών φορτίου, στην αποφυγή black-out και στη μείωση του συνολικού κόστους της ηλεκτροπαραγωγής, δεδομένου ότι η κάλυψη αυτών των αιχμών είναι ιδιαίτερα δαπανηρή.

### ***Συμβάσεις Πώλησης με ΔΕΗ – ΔΕΣΜΗΕ***

Ο Επενδυτής υπογράφει 20ετή σύμβαση με τον ΔΕΣΜΗΕ και με την ΔΕΗ για την σύνδεση της εγκατάστασης με το δίκτυο της χώρας. Η ανανέωση των συμβάσεων γίνεται 3 μήνες πριν τη λήξη της πρώτης δεκαετίας με δήλωση που κάνει ο ιδιοκτήτης του έργου. Η ΔΕΗ ή ΔΕΣΜΗΕ είναι υποχρεωμένες να αποδεχθούν την ανανέωση βάση του νόμου Ν.3468/2006 άρθ.12. Για υβριδικούς σταθμούς, δηλαδή σταθμούς που αποθηκεύουν ηλεκτρική ενέργεια και χρησιμοποιούν τουλάχιστον μια ΑΠΕ για την παραγωγή αυτής η σύμβαση πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας με την ΔΕΗ ορίζεται για δύο εικοσαετίες (40 έτη).



## ***Κεφάλαιο 6: Δράσεις εξοικονόμησης ενέργειας στο κτίριο HMMY***

---





## 6.1 Προτάσεις για εξοικονόμηση ενέργειας στον φωτισμό

### 6.1.1 Πρόταση αντικατάστασης των μαγνητικών ballast των λαμπτήρων με νέα ηλεκτρονικά

Ύστερα από την ενεργειακή επιθεώρηση στο κτίριο των Ηλεκτρολόγων, διαπιστώνεται πως οι περισσότεροι λαμπτήρες είναι φθορισμού και διαθέτουν ηλεκτρομαγνητικό ballast, που χρήζει αντικατάστασης σύμφωνα με τα μειονεκτήματα του έναντι του ηλεκτρικού, όπως αναλύθηκε στο κεφάλαιο 5.2.

Με βάση τα πλεονεκτήματα των ηλεκτρονικών ballast έναντι των μαγνητικών, εξετάζεται η επένδυση αυτή για το κτίριο. Οι λαμπτήρες που καταγράφηκαν για τους οποίους εξετάζεται η αντικατάσταση των ballast τους φαίνονται στον Πίνακα 6.1 και είναι συνολικής εγκατεστημένης ισχύος 86,7KW.

**Πίνακας 6.1:** Λαμπτήρες με μαγνητικά ballast

Τύπος Λαμπτήρα	Αριθμός φωτιστικών σωμάτων	Αριθμός λαμπτήρων	Εγκατεστημένη Ισχύς (KW)
Απλός λαμπτήρας φθορισμού (36W)	195	195	8,775
Διπλός λαμπτήρας φθορισμού με ή χωρίς ανακλαστήρα(2*36W)	346	692	31,1
Τετραπλοί λαμπτήρες φθορισμού με ανάκλαση(4*18W)	343	1372	30,9
Διπλός λαμπτήρας φθορισμού (2*58W)	110	220	16,0
<b>Σύνολο</b>		2479	86,7

Οι νέες ηλεκτρονικές διατάξεις προσφέρουν εξοικονόμηση ενέργειας μέχρι 25%. Στον πίνακα 6.2 υπολογίζεται η εξοικονόμηση αυτή σε μονάδες ενέργειας και σε χρηματικές μονάδες, ενώ ακόμα φαίνεται ο απαιτούμενος αριθμός των ballast για κάθε τύπο λαμπτήρων, καθώς και η τιμή του κάθε ballast. Τα προϊόντα αυτά προσφέρονται σε αυτή την τιμή στο [www.largeshop.gr](http://www.largeshop.gr), όπου υπάρχει η δυνατότητα καλύτερης τιμής εάν η αγορά γίνει με μετρητά. Ωστόσο δεν βρέθηκαν ηλεκτρονικά ballast για 4 λαμπτήρες, οπότε στα πλαίσια 4 λαμπτήρων θα τοποθετηθούν 2 ηλεκτρονικές διατάξεις ανά πλαίσιο.

**Πίνακας 6.2:** Κόστη και εξοικονόμηση από αντικατάσταση ballast

	<b>πλαίσια (4*18W)</b>	<b>φθορισμού (2*36KW)</b>	<b>φθορισμού (2*58KW)</b>	<b>φθορισμού (1*36KW)</b>
<b>αριθμός ballasts</b>	686	346	110	195
<b>κόστος μονάδας</b>	10,06	11,49	11,89	8,13
<b>κόστος συνόλου €</b>	6901,16	3975,54	1307,9	1585,35

Το συνολικό απαιτούμενο κεφάλαιο για αυτή την επένδυση είναι 13.770€, το οποίο μαζί με το εργατικό κόστος ανέρχεται στα 16.444€. Η ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας από την αντικατάσταση των ballasts αναμένεται να είναι 29.653KWh, που για χρέωση ηλεκτρικού ρεύματος από τη ΔΕΗ ίση με 0,07698€/KWh, αντιστοιχεί σε χρηματική εξοικονόμηση 1.944€ ετησίως.

Για διάρκεια ζωής της επένδυσης ίση με 10 χρόνια και επιτόκιο αναγωγής σε παρούσα αξία 5% υπολογίζονται οι οικονομικοί δείκτες αξιολόγησης της επένδυσης:

- Καθαρή Παρούσα Αξία: ΚΠΑ= -1.443€
- Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης: IRR= 3,2%
- Έντοκη Περίοδος Αποπληρωμής: ΕΠΑ= 11,3 έτη

Η ΚΠΑ υπολογίστηκε αρνητική και η απόδοση του επενδυμένου κεφαλαίου είναι μικρότερη από το επιτόκιο αναγωγής (5%). Η αποπληρωμή της επένδυσης και των τόκων που θα μπορούσαν να ληφθούν από μια άλλη τοποθέτηση του κεφαλαίου, αναμένεται να ολοκληρωθεί σε 11,3 έτη. Επομένως η επένδυση δεν θεωρείται οικονομικά βιώσιμη και συμφέρουσα σε βάθος δεκαετίας, ωστόσο αν διαφοροποιηθούν λίγο οι τιμές των ballast, το οποίο είναι εφικτό για μια τόσο μεγάλη παραγγελία, θα μειωθεί το αρχικό κόστος και η επένδυση θα είναι πιο αποδοτική.

### **6.1.2 Πρόταση ενσωμάτωσης αυτοματισμών στο κτίριο**

Όπως αναλύθηκε στην ενότητα 5.2.2 η πιο απλή και οικονομική δράση ελέγχου της φωτεινότητας των λαμπτήρων, είναι η τοποθέτηση ενός αισθητήρα φωτός και ενός συστήματος ρύθμισης της φωτεινής ροής (dimming) σε κάθε φωτιστικό που κρίνεται πως θα λειτουργεί αποδοτικότερα με μια τέτοια παρέμβαση. Στο κτίριο των Ηλεκτρολόγων έχει παρατηρηθεί πως σε κοινόχρηστους χώρους γίνεται άσκοπη κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος για λαμπτήρες οι οποίοι παραμένουν ενεργοποιημένοι χωρίς ουσιαστικό λόγο(τουαλέτες, διάδρομοι). Επίσης με την ενσωμάτωση αυτοματισμών και σε μη κοινόχρηστους χώρους, όπως γραφεία και

εργαστήρια αναμένεται μείωση της κατανάλωσης, αφού και εκεί γίνεται αλόγιστη σπατάλη ηλεκτρικού ρεύματος, είτε λόγω αμέλειας, είτε λόγω μη σωστής διαχείρισης των δυνατοτήτων του φωτισμού. Για παράδειγμα ενώ ο φυσικός φωτισμός επαρκεί τα φώτα παραμένουν ενεργοποιημένα όλη μέρα, αφού δεν υπάρχει κάποιος υπεύθυνος για να μεριμνήσει γι αυτά.

Το ολικό κόστος ανά φωτιστικό είναι:

Κανά φωτιστικό = Κόστος αισθητήρα + Κόστος dimmable φωτιστικού + Κόστος για εργατικά =  $(20 + 40 + 10)€ = 70€$ .

Επομένως το συνολικό κόστος για τα 1.012 φωτιστικά σώματα του κτιρίου ανέρχεται σε **70.840€**. Με την εφαρμογή της επένδυσης αυτής αναμένεται εξοικονόμηση 40% στην κατανάλωση για φωτισμό, οπότε η συνολική ενεργειακή εξοικονόμηση σε ένα έτος υπολογίζεται στις 54.116KWh, δηλαδή **4.166€** (Για χρέωση ηλεκτρικού ρεύματος από τη ΔΕΗ ίση με 0,07698€/KWh).

Για διάρκεια ζωής της επένδυσης ίση με 10 χρόνια και επιτόκιο αναγωγής σε παρούσα αξία 5% υπολογίζονται οι οικονομικοί δείκτες αξιολόγησης της επένδυσης:

- Καθαρή Παρούσα Αξία: ΚΠΑ= -38.671€
- Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης: IRR= - 8.6 %
- Έντοκη Περίοδος Αποπληρωμής: ΕΠΑ > 25 έτη

Η καθαρή παρούσα αξία της επένδυσης υπολογίζεται αρνητική και ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης είναι αρνητικός, οπότε η επένδυση δεν είναι συμφέρουσα από οικονομικής άποψης.

## **6.2 Εξοικονόμηση ενέργειας με θερμική προστασία του κτιριακού κελύφους**

### **6.2.1 Πρόταση εμφύτευσης της οροφής του κτιρίου**

Η ελεύθερη επιφάνεια της οροφής του κτιρίου η οποία δύναται να φυτευτεί υπολογίζεται ίση με 2234 m<sup>2</sup>. Σύμφωνα με τα όσα αναφέρθηκαν στο κεφάλαιο 5.5.2 σχετικά με τα οφέλη από τη φύτευση οροφών των κτιρίων, εξετάζεται εδώ η οικονομική απόδοση μιας τέτοιας επένδυσης. Συγκεκριμένα προτείνεται η φύτευση της οροφής με εκτατικό τύπο φύτευσης, για τη συντήρηση του οποίου απαιτείται ελάχιστη φροντίδα, ενώ παράλληλα για την κατασκευή του δεν απαιτείται η εκπόνηση στατικής μελέτης του κτιρίου.

Για την φύτευση εκτατικού τύπου μια μέση τιμή της αγοράς είναι 80€ ανά τετραγωνικό μέτρο, τιμή στην οποία είναι συνυπολογισμένα η εργασία και τα λοιπά έξοδα των μονωτικών υλικών. Επομένως το συνολικό αρχικό κεφάλαιο που απαιτείται είναι **178.720€**

Σύμφωνα με έρευνες που έχουν γίνει εκτιμάται ότι τους καλοκαιρινούς μήνες μια τέτοια επένδυση μπορεί να αποφέρει εξοικονόμηση έως 50% και τους χειμερινούς έως 25%

Προτείνεται να φυτευτεί τόσο η οροφή του 3ου ορόφου, όσο και το υπόλοιπο τμήμα της ταράτσας το οποίο αποτελεί την οροφή του 2ου ορόφου του κτιρίου. Έτσι για τους 2 αυτούς ορόφους αναμένεται εξοικονόμηση της ενέργειας για ψύξη 50% και για θέρμανση 25%, η οποία αντιστοιχεί σε 25.748KWh εξοικονομούμενες από την ψύξη, 233.644 KWh εξοικονομούμενες από τη θέρμανση των χώρων με φυσικό αέριο και 1.459 KWh εξοικονομούμενες από τη θέρμανση των χώρων μέσω των αντλιών θερμότητας. Για χρέωση ηλεκτρικού ρεύματος από τη ΔΕΗ ίση με 0,07698€ και για μέση τιμή χρέωσης φυσικού αερίου 52.5€/MWh (σύμφωνα με το τιμολόγιο θέρμανσης Μεγάλου Εμπορικού του 2011), η ετήσια εξοικονόμηση για τον 3ο και 2ο όροφο, σε χρηματικές μονάδες υπολογίζεται ίση με 14.361€.

Ωστόσο εξοικονόμηση ενέργειας καταναλισκόμενης για ψύξη και θέρμανση πετυχαίνεται και για τους υπόλοιπους ορόφους του κτιρίου με ποσοστά 40% για την ψύξη και 20% για τη θέρμανση. Έτσι για το ισόγειο και τον 1ο όροφο του κτιρίου υπολογίζεται ετήσια εξοικονόμηση ηλεκτρικού ρεύματος 16.127 KWh και φυσικού αερίου 168.583 KWh. Ύστερα από υπολογισμούς προκύπτει εξοικονόμηση σε χρηματικές μονάδες ίση με 10.092€ ετησίως.

Επομένως συνολικά με την παραπάνω επένδυση αναμένεται ετήσιο όφελος **24.453 €**. Η εμφύτευση της οροφής δεν απαιτεί ιδιαίτερη συντήρηση αφού δεν αποτελεί χώρο που θα επισκέπτονται συχνά άνθρωποι, ωστόσο κάθε 4 μήνες θα πρέπει να την επισκέπτεται ένας κηπουρός που θα φροντίζει για το λίπασμα και το κλάδεμα των φυτών (το πότισμα θα γίνεται μέσω αυτοματισμών), επομένως τα συνολικά έξοδα συντήρησης ετησίως υπολογίζονται 200€.

Για διάρκεια ζωής της επένδυσης ίση με 20 χρόνια και επιτόκιο αναγωγής σε παρούσα αξία 5% υπολογίζονται οι οικονομικοί δείκτες αξιολόγησης της επένδυσης:

**Πίνακας 6.3:** Υπολογισμός ΚΠΑ για φύτευση οροφής

Χρόνος	Ετήσια Εξοικονόμηση	Αρχικό Κόστος	Λειτουργικό Κόστος	Καθαρή Χρηματοροή ( $A_n$ )	Ανηγγεμένη Χρηματοροή $A_n \cdot 1 / (1+I)^n$
0		178.720	0	178.720	-80.000
1	24.453	0	200	24.253	23.098
2	24.453	0	200	24.253	21.998
3	24.453	0	200	24.253	20.951
4	24.453	0	200	24.253	19.953
5	24.453	0	200	24.253	19.003
6	24.453	0	200	24.253	18.098
7	24.453	0	200	24.253	17.236
8	24.453	0	200	24.253	16.415
9	24.453	0	200	24.253	15.634
10	24.453	0	200	24.253	14.889
11	24.453	0	200	24.253	14.180
12	24.453	0	200	24.253	13.505
13	24.453	0	200	24.253	12.862
14	24.453	0	200	24.253	12.249
15	24.453	0	200	24.253	11.666
16	24.453	0	200	24.253	11.111
17	24.453	0	200	24.253	10.582
18	24.453	0	200	24.253	10.078
19	24.453	0	200	24.253	9.598
20	24.453	0	200	24.253	9.141

- Αρχικό κόστος Επένδυσης A: 178.720 €
- Καθαρή Παρούσα Αξία: ΚΠΑ = 123.526 €.
- Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης: IRR = 12 %
- Έντοκη Περίοδος Αποπληρωμής: ΕΠΑ = 9,4 έτη

Η ΚΠΑ υπολογίστηκε θετική και η απόδοση του επενδυμένου κεφαλαίου είναι μεγαλύτερη από το επιτόκιο αναγωγής (5%). Η αποπληρωμή της επένδυσης και των τόκων που θα μπορούσαν να ληφθούν από μια άλλη τοποθέτηση του κεφαλαίου, αναμένεται να ολοκληρωθεί σε 9,4 έτη. Με βάση τα παραπάνω τρία κριτήρια η επένδυση θεωρείται οικονομικά βιώσιμη. Η έντοκη περίοδος αποπληρωμής είναι μεγάλη αλλά μικρότερη από τα 10 έτη στα οποία μελετάται η επένδυση.

Η οικονομική αξιολόγηση των παραπάνω επενδύσεων έγινε με αρκετές παραδοχές όπως αναφέρθηκε, λόγω της δυσκολίας να εκτιμηθούν ακριβώς τα εξοικονομούμενα κέρδη μιας τέτοιας επένδυσης. Ωστόσο η θετική τιμή της ΚΠΑ και το ότι ο IRR είναι μεγαλύτερος από το επιτόκιο αναγωγής, καθιστούν την επένδυση αποδεκτή και συμφέρουσα.

### 6.2.2 Πρόταση αντικατάστασης των παλαιών μονών κουφωμάτων του κτιρίου

Τα κουφώματα του κτιρίου είναι κατά το μεγαλύτερο μέρος τους μεταλλικά με μονό υαλοπίνακα, γεγονός που επιφέρει σημαντικές θερμικές απώλειες στο κτίριο. Σύμφωνα με τον κανονισμό θερμομόνωσης του 1979 η χρήση διπλών υαλοπινάκων στα κτίρια είναι υποχρεωτική, ενώ για παλιά κτίρια τα οποία διαθέτουν μονούς υαλοπίνακες, συνίσταται η αντικατάστασή τους, ώστε να πληρούν τις θερμοθετημένες ενεργειακές απαιτήσεις.

Σύμφωνα με τα όσα αναφέρθηκαν στο Κεφάλαιο 5.5.1 προτείνεται αντικατάσταση των εναπομενόντων μονών κουφωμάτων:

- A) Με νέα αλουμινίου διπλού γυαλιού, με πάχος κάθε τζαμιού 5mm και διάκενο αέρος 12mm. Τα νέα κουφώματα έχουν βελτιωμένο συντελεστή θερμοπερατότητας ίσο με  $2,9 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$  και διαθέτουν σύστημα θερμοδιακοπής.
- B) Με διπλά ενεργειακά τζάμια χαμηλής εκπομπής (low-e) στα οποία, το εσωτερικό υαλοπέτασμα είναι ένα συμβατικό μονό γυαλί, ενώ στην εσωτερική επιφάνεια του εξωτερικού γυαλιού έχει τοποθετηθεί μια επίστρωση χαμηλής εκπεμπιμότητας η οποία εμφανίζει υψηλή ανακλαστικότητα στο υπέρυθρο τμήμα της ακτινοβολίας. Το πάχος κάθε τζαμιού είναι 5mm και το διάκενο αέρος 12mm, διαθέτουν σύστημα θερμοδιακοπής και συντελεστή θερμοπερατότητας ίσο με  $1,7 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ .

Κατά τη μερική αντικατάσταση των κουφωμάτων, τα νέα κουφώματα τοποθετούνται επάνω στις ήδη υπάρχουσες κάσες. Οι εταιρείες παραγωγής συστημάτων διαθέτουν ειδικά προφίλ, ώστε η παλιά κάσα να καλύπτεται από την καινούρια. Αυτός ο τρόπος αντικατάστασης, συναντάται πιο συχνά γιατί έτσι η διάρκεια της εργασίας είναι μικρότερη συγκριτικά με την ολική αντικατάσταση κουφωμάτων και το κόστος είναι επίσης χαμηλότερο αφού αποφεύγονται εργασίες βαφής και σοβατίσματος.

Τα παλιά κουφώματα με βάση τον πίνακα του KENAK που παρατίθεται αυτούσιος στην ενότητα 2.2, Πίνακας 2.3, έχουν συντελεστή θερμοπερατότητας  $6 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ .

Για τον υπολογισμό της εξοικονομούμενης ενέργειας από την αντικατάσταση των κουφωμάτων, υπολογίζονται οι θερμικές απώλειες μέσω των κουφωμάτων, για τους μήνες θέρμανσης και ψύξης των χώρων. Οι θερμικές απώλειες υπολογίζονται με βάση τον τύπο  $Q = |K \times F \times \Delta t|$ , όπου:

K: ο συντελεστής θερμοπερατότητας του υαλοπίνακα σε  $\text{W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$

F: η επιφάνεια του υαλοπίνακα

Δt: η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ εσωτερικού και εξωτερικού περιβάλλοντα χώρου

Υστερα υπολογίζεται η εξοικονομούμενη ενέργεια ως αποτέλεσμα της πράξης Qμονών κουφωμάτων-Qδιπλών κουφωμάτων, η οποία μετατρέπεται σε € ανάλογα με την τιμή αγοράς του καυσίμου.

Έτσι για τους θερινούς μήνες οι εξοικονομούμενες KWh πολλαπλασιάζονται με την τιμή του ηλεκτρικού ρεύματος 0,07698€/KWh, αφού οι χώροι ψύχονται με κατανάλωση ηλεκτρισμού. Για τους χειμερινούς μήνες, που οι χώροι θερμαίνονται καταναλώνοντας φυσικό αέριο, οι απώλειες θερμότητας που υπολογίζονται με τον παραπάνω τύπο, διαιρούνται με 0,8, που είναι ο προσεγγιστικός μέσος συντελεστής απωλειών του συστήματος και έτσι προκύπτει η κατανάλωση του φυσικού αερίου σε KWh. Έτσι υπολογίζονται οι συνολικές απώλειες θέρμανσης του συστήματος και πολλαπλασιάζονται με την τιμή χρέωσης του αερίου 52,6€/MWh. Σύμφωνα με υπολογισμούς οι οποίοι φαίνονται αναλυτικά στο Παράρτημα Η, στον Πίνακα 6.4 φαίνεται η εξοικονόμηση που επιτυγχάνεται με τις επενδύσεις Α και Β.

**Πίνακας 6.4:** Ετήσιες απώλειες θερμότητας κουφωμάτων του κτιρίου

	Ετήσιες απώλειες θέρμανσης (KWh)	Ετήσιες απώλειες ψύξης (KWh)	Εξοικονομούμενη ενέργεια θέρμανσης (KWh)	Εξοικονομούμενη ενέργεια ψύξης (KWh)	Συνολική εξοικονόμηση σε €
Μονά τζάμια	88.060	13.272			
Διπλά τζάμια	42.562	6.415	56.872	6.857	3.514
Διπλά ενεργειακά τζάμια	24.950	3.760	78.887	9.511	4.874

Σύμφωνα με έρευνα αγοράς που πραγματοποιήθηκε το συνολικό κόστος για την εγκατάσταση των κουφωμάτων και την αγορά τους (συνυπολογίζοντας τα αλουμίνια και τα τζάμια) εκτιμάται στα 185 €/ m<sup>2</sup> για τα διπλά τζάμια και στα 215€/ m<sup>2</sup> για τα διπλά ενεργειακά τζάμια.

Επομένως το συνολικό κόστος της επένδυσης Α υπολογίζεται ίσο με 255.148€ και της επένδυσης Β ίσο με 296.523 €

Για διάρκεια ζωής της επένδυσης ίση με 10 χρόνια και επιτόκιο αναγωγής σε παρούσα αξία 5% υπολογίζονται οι οικονομικοί δείκτες αξιολόγησης των επενδύσεων Α και Β:

#### Επένδυση Α – Τοποθέτηση διπλών τζαμιών

- Καθαρή Παρούσα Αξία: ΚΠΑ= -211.256 €
- Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης: IRR < 0
- Έντοκη Περίοδος Αποπληρωμής: ΕΠΑ > 25 έτη

#### Επένδυση Β – Τοποθέτηση διπλών ενεργειακών τζαμιών

- Καθαρή Παρούσα Αξία: ΚΠΑ= -235.782 €
- Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης: IRR < 0
- Έντοκη Περίοδος Αποπληρωμής: ΕΠΑ > 25 έτη

Και για τις δύο επενδύσεις η ΚΠΑ είναι αρνητική και ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης παίρνει αρνητικές, μη αποδεκτές τιμές. Φαίνεται δηλαδή πως από οικονομικής άποψης δεν συμφέρει η αντικατάσταση των κουφωμάτων. Ωστόσο στην παραπάνω οικονομική αξιολόγηση ο υπολογισμός των απωλειών θερμότητας δεν μπορεί να είναι ακριβής, αφού έχουν γίνει πολλές παραδοχές και κάποια στοιχεία είναι δύσκολο να προσδιοριστούν λεπτομερώς. (ποσά ψύξης και θέρμανσης κάθε χώρου, συντελεστές θερμοπερατότητας κουφωμάτων). Επίσης το κόστος της επένδυσης το οποίο είναι πολύ μεγάλο θα μπορούσε να μικρύνει αν γίνει μια διακήρυξη πλειοδοτικού διαγωνισμού, για τη μαζική αντικατάσταση των υαλοπινάκων ολόκληρου του κτιρίου.

### **6.3 Εγκατάσταση φωτοβολταϊκού συστήματος στην οροφή του κτιρίου**

Η οροφή του κτιρίου ΗΜΜΥ έκτασης 2234 τ.μ. θα μπορούσε να αξιοποιηθεί για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από φωτοβολταϊκά συστήματα και την πώληση αυτής στη ΔΕΗ, αποφέροντας έτσι οικονομικά και περιβαλλοντικά οφέλη.

Προτείνεται λοιπόν η εγκατάσταση φωτοβολταϊκού συστήματος στην οροφή του κτιρίου και η σύνδεσή του με το δίκτυο της ΔΕΗ, μέσω ξεχωριστής γραμμής σύνδεσης με την πλησιέστερη γραμμή χαμηλής τάσης, αφού το πολυτεχνείο είναι καταναλωτής μέσης τάσης.

Κατά την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων σε στέγες απαιτείται ελάχιστη απόσταση ασφαλείας 0,5 μέτρων από την περίμετρο του κτιρίου και απόσταση από τα διάφορα εμπόδια, διπλάσια από ότι το ύψος τους οπότε η συνολική εκμεταλλεύσιμη επιφάνεια της οροφής υπολογίζεται 834,24 τ.μ.



Προτείνεται να εγκατασταθούν 730 σταθερά πλαίσια μονοκρυσταλλικού πυριτίου (υψηλότερη απόδοση ανά μονάδα επιφάνειας) 120Wp/12v το καθένα, συνολικού κόστους 211.700 €, συνολικής εγκατεστημένης ισχύος 87,6 KW. Σε αυτά προστίθεται το κόστος καλωδίωσης, αντιστροφών και στήριξης των πλαισίων 75.000 € και το κόστος εγκατάστασης και μεταφοράς περί τις 95.000 €. Επομένως το συνολικό κόστος της επένδυσης εκτιμάται 381.700 €. Η ετήσια παραγόμενη ενέργεια υπολογίζεται 123,6 MWh/έτος όπου έχουν συμπεριληφθεί απώλειες λόγω των αντιστροφών και των καλωδίων και απώλειες λόγω μεταβολών θερμοκρασίας και λόγω σκόνης, προσεγγιστικά 12%. Το ετήσιο κόστος συντήρησης εκτιμάται στα 100 €

Κατά τον σχεδιασμό της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στη σκίαση που αναμένεται κατά τους χειμερινούς μήνες, αυτός είναι και ο λόγος που υπολογίστηκε πως μόνο αυτό το ποσοστό της οροφής μπορεί να αξιοποιηθεί. Για την Αθήνα η κλίση των πλαισίων πρέπει να ρυθμίζεται στις 30, ενώ ύστερα από υπολογισμούς της σκίασης για τους χειμερινούς μήνες και με βάση τον προσανατολισμό του κτιρίου το αζιμούθιο τοποθετείται στις -15°.

Υποθέτοντας πως η σύμβαση για την εγκατάσταση θα υπογραφεί κατά την περίοδο Φεβρουάριος 2012 – Αύγουστος 2012 και με τη δέσμευση ολοκλήρωσης της εγκατάστασης σε 18 μήνες από την ημέρα της υπογραφής, η εγκατάσταση μπορεί να τεθεί σε λειτουργία μέχρι τον Αύγουστο του 2013, οπότε και η τιμή πώλησης της KWh ανέρχεται σε 0,376€/KWh για εγκατάσταση έως 100KW. Η τιμή εξαρτάται από την ημερομηνία υπογραφής της σύμβασης με τον ΔΕΣΜΗΕ και πέφτει κάθε 1η Αυγούστου και 1η Φεβρουαρίου. Από τη στιγμή που έχει υπογραφεί η σύμβαση η τιμή πώλησης της KWh στη ΔΕΗ δεν μπορεί να αλλάξει, αναπροσαρμόζεται όμως ετησίως κατά 25% του εκάστοτε πληθωρισμού. Η διάρκεια ζωής της επένδυσης εκτιμάται στα 20 χρόνια. Στην παρούσα μελέτη εξετάζεται το σενάριο ο πληθωρισμός να παραμένει σταθερός 3%. Στον πίνακα που ακολουθεί η τιμή πώλησης της KWh αναπροσαρμόζεται ετησίως κατά 25% του πληθωρισμού, υπολογίζονται έτσι οι ετήσιες καθαρές χρηματικές ροές, αφαιρώντας τα ετήσια έξοδα συντήρησης και τέλος οι ΚΤΡ ανάγονται σύμφωνα με επιτόκιο αναγωγής 5%, για τον υπολογισμό των οικονομικών δεικτών.

**Πίνακας 6.5:** Υπολογισμός Καθαρών Ταμειακών ροών από την εγκατάσταση Φ/Β για 20 έτη

έτος	τιμή πώλησης KWh(€)	παραγόμενη ενέργεια (KWh)	ετήσια εξοικονόμηση (€)	έξοδα συντήρησης/έτος (€)	ΚΤΡ (€)	ανηγμένη ΚΤΡ (€)
1	0	123.600	41.530	100	41.430	39.457
2	0	122.982	41.529	100	41.429	37.577
3	0	122.367	41.528	100	41.428	35.787

4	0	121.755	41.526	100	41.426	34.082
5	0	121.146	41.525	100	41.425	32.458
6	0	120.541	41.524	100	41.424	30.912
7	0	119.938	41.523	100	41.423	29.439
8	0	119.338	41.522	100	41.422	28.036
9	0	118.742	41.521	100	41.421	26.701
10	0	118.148	41.520	100	41.420	25.428
11	0	117.557	41.519	100	41.419	24.217
12	0	116.969	41.518	100	41.418	23.063
13	0	116.385	41.517	100	41.417	21.964
14	0	115.803	41.516	100	41.416	20.918
15	0	115.224	41.515	100	41.415	19.921
16	0	114.648	41.514	100	41.414	18.972
17	0	114.074	41.513	100	41.413	18.068
18	0	113.504	41.512	100	41.412	17.208
19	0	112.936	41.511	100	41.411	16.388
20	0	112.372	41.510	100	41.410	15.607
21	0	111.810	41.509	100	41.409	14.863
22	0	111.251	41.508	100	41.408	14.155
23	0	110.695	41.507	100	41.407	13.481
24	0	110.141	41.506	100	41.406	12.839
25	0	109.590	41.505	100	41.405	12.227

- Καθαρή Παρούσα Αξία: ΚΠΑ = 202.067 €
- Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης: IRR = 9 %
- Έντοκη Περίοδος Αποπληρωμής: ΕΠΑ = 12,2 έτη

Η ΚΠΑ υπολογίστηκε θετική και η απόδοση του επενδυμένου κεφαλαίου είναι μεγαλύτερη από το επιτόκιο αναγωγής (5%). Η αποπληρωμή της επένδυσης και των τόκων που θα μπορούσαν να ληφθούν από μια άλλη τοποθέτηση του κεφαλαίου, αναμένεται να ολοκληρωθεί σε 12,2 έτη. Με βάση τα παραπάνω τρία κριτήρια η επένδυση θεωρείται οικονομικά βιώσιμη και παρά το μεγάλο απαιτούμενο αρχικό κεφάλαιο, πρόκειται για μια πολύ συμφέρουσα κίνηση.

#### 6.4 Συνολική αποτίμηση των επενδύσεων

Στον Πίνακα 6.6 παρουσιάζονται όλες οι προτεινόμενες δράσεις και οι οικονομικοί δείκτες αξιολόγησης των επενδύσεων, όπως υπολογίστηκαν προηγουμένως.

**Πίνακας 6.6:** Συγκεντρωτικός πίνακας δράσεων εξοικονόμησης ενέργειας

	Δράσεις	Αρχικό Κόστος επένδυσ ης	Διάρ κεια ζωής επένδ υσης	ΚΠΑ (€)	ΕΒΑ( %)	ΕΠΑ(έ τη)
1	Αντικατάσταση των μαγνητικών ballast των λαμπτήρων με νέα ηλεκτρονικά	16.444	10	-1.443	3,2	11,3
2	Τοποθέτηση αισθητήρων φωτισμού	174.790	10	-38.671	-8.6	38,9
3	Εμφύτευση της οροφής του κτιρίου -Εκτατικός τύπος φύτευσης	178.700	20	123.526	12	9,4
4	Αντικατάσταση των παλαιών μονών κουφωμάτων του κτιρίου					
	A)Τοποθέτηση διπλών τζαμιών	255.148	20	- 211.256	-	-
	B) Τοποθέτηση διπλών ενεργειακών τζαμιών	296.523	20	- 235.782	-	-
5	Εγκατάσταση Φ/Β στην οροφή του κτιρίου	381.700	25	202.067	9,0	12,2

Από τις παραπάνω επενδύσεις φαίνεται πως μόνο η εμφύτευση της οροφής του κτιρίου με εκτατικό τύπο φύτευσης και η εγκατάσταση Φ/Β στην οροφή του κτιρίου, είναι συμφέρουσες οικονομικά. Και οι δυο επενδύσεις απαιτούν μεγάλο αρχικό κεφάλαιο, ωστόσο αξίζει η αναζήτησή του μιας και τα οφέλη πρόκειται να είναι πολλά τόσο για το κτίριο, όσο και για το περιβάλλον.

Η αντικατάσταση των ballast των λαμπτήρων θα μπορούσε να είναι πολύ συμφέρουσα πρόταση αν εξεταστεί για μεγαλύτερο κύκλο ζωής, αφού η ζωή των ballast ξεπερνά κατά πολύ τα 10 χρόνια. Μακροπρόθεσμα, δηλαδή ύστερα από 11,3 έτη, τα οφέλη αυτής της επένδυσης θα είναι και χρηματικά, ενώ ως τότε θα έχει επιτευχθεί σημαντική ενεργειακή εξοικονόμηση στο ήδη πολύ επιβαρυσμένο κτίριο. Επίσης αυτή η δράση αν και δεν είναι αποδοτική σε αυτή τη βάση σύγκρισης, είναι πολύ σημαντική και θα πρέπει να πραγματοποιηθεί, διότι τα ηλεκτρονικά ballast αποτελούν απαραίτητες διατάξεις για περαιτέρω εξοικονόμηση ενέργειας στο φωτισμό. Για παράδειγμα η εγκατάσταση συστήματος BMS ή η δυνατότητα ρύθμισης της φωτεινότητας του λαμπτήρα μέσω αισθητήρων και ρυθμιστών φωτισμού, είναι

κάποιες πολύ σημαντικές δράσεις που δεν μπορούν να πραγματοποιηθούν χωρίς ηλεκτρονικό ballast.

Η τοποθέτηση αισθητήρων φωτισμού στους διάφορους χώρους του κτιρίου είναι μια δράση πολύ σημαντική, ειδικά για αυτό το κτίριο, όπου έχει παρατηρηθεί άσκοπη χρήση του φωτισμού σε διάφορους κοινόχρηστους χώρους, ωστόσο το απαιτούμενο αρχικό κόστος είναι πολύ υψηλό και μάλιστα όπως φαίνεται και από τους οικονομικούς δείκτες η επένδυση αυτή δεν αναμένεται να επιφέρει οικονομικά οφέλη ούτε πιο μακροπρόθεσμα.

Ομοίως και η πρόταση για αντικατάσταση των μονών υαλοπινάκων απορρίπτεται με βάση τους υπολογισμένους οικονομικούς δείκτες, γεγονός που οφείλεται κατά κύριο λόγο στο αυξημένο αρχικό κόστος της επένδυσης. Ωστόσο η παρέμβαση αυτή ίσως είναι η πιο σημαντική από όλες τις παραπάνω αφού το εν λόγω κτίριο υπολογίστηκε πως έχει μεγάλες θερμικές απώλειες οι οποίες κατά το μεγαλύτερο ποσοστό τους οφείλονται στους μονούς υαλοπίνακες που διαθέτει.

## ***Κεφάλαιο 7: Δράσεις εξοικονόμησης ενέργειας στο κτίριο Λαμπαδάριο***

---



## 7.1 Προτάσεις για εξοικονόμηση ενέργειας στην ψύξη

Στο κτίριο Λαμπαδάριο η ψύξη εξασφαλίζεται μέσω αυτόνομων κλιματιστικών μονάδων απαρχαιωμένης τεχνολογίας, οι περισσότερες 9.000BTU και 14.000BTU, οι οποίες λόγω της παλαιότητας τους διαθέτουν αρκετά ενεργοβόρα τεχνολογία. Σύμφωνα με τα όσα αναφέρθηκαν στην ενότητα 5.1 κρίνεται σκόπιμη η αντικατάστασή τους για λόγους εξοικονόμησης ενέργειας. Στο πλαίσιο αυτό εξετάζονται δυο πιθανά σενάρια. Το πρώτο είναι η αντικατάστασή των παλαιών μονάδων με νέες αυτόνομες τύπου Inverter και το δεύτερο είναι η εγκατάσταση ενός συστήματος κεντρικού κλιματισμού για το ισόγειο του κτιρίου και τους 2 ορόφους, με μονάδες VRV ψύξης-θέρμανσης.

### 7.1.1 Πρόταση αντικατάστασης κλιματιστικών με νέα αυτόνομα, τύπου inverter

Προτείνεται η αντικατάσταση των παλαιών μονάδων κλιματισμού με νέες τύπου Inverter. Με βάση τη θερμαινόμενη επιφάνεια κάθε χώρου και τις ανάγκες για ψύξη όπως καταγράφηκαν σύμφωνα με τις απαιτήσεις των χρηστών κάθε χώρου, έγινε επιλογή 51 μονάδων ψύξης όπως φαίνονται συνοπτικά στον πίνακα 7.1. Στην τιμή που αναγράφεται συμπεριλαμβάνεται η χρέωση και για τις δύο μονάδες (εσωτερική και εξωτερική) κάθε κλιματιστικού. Επιλέχθηκαν μονάδες τοίχου ενεργειακής κλάσης A με όλα τα σύγχρονα τεχνολογικά χαρακτηριστικά, έξυπνη λειτουργία ECONO που μειώνει την κατανάλωση ρεύματος, με δυνατότητα μεγάλης εξοικονόμησης στην κατάσταση αναμονής (2W), παροχής αέρα 3D που σημαίνει πως πετυχαίνει κυκλοφορία του αέρα ακόμα και στις γωνίες μεγάλων χώρων κ.α. Για τις ανάγκες ψύξης του εργαστηρίου Η/Υ του 2ου ορόφου επιλέχθηκε μια μεγαλύτερη μονάδα οροφής, ενώ μεγαλύτερες μονάδες επιλέχθηκαν και για κάποιους άλλους χώρους μεγαλύτερης θερμαινόμενης επιφάνειας. Αναλυτικοί πίνακες υπολογισμών βρίσκονται στο Παράρτημα Ι.

**Πίνακας 7.1:** Προτεινόμενα κλιματιστικά μηχανήματα

Τύπος μηχανήματος	Πλήθος μηχανημάτων	Τιμή / τεμάχιο €	Απόδοση ψύξη-θέρμανση (KW)
Τοίχου FTXS42/RXS42	21	890	4.2-5.4
Τοίχου FTX25/RX25	22	560	2.5-2.8
Τοίχου FTX35/RX35	1	640	3.2-3.4
Τοίχου FTX50/RX50	5	920	5.0-5.8
Οροφής FHQ100/RZQ100	1	2.130	10.0-11.2
Τοίχου FTX71/RX71	1	1.250	7.1-8.0
<b>Σύνολο</b>	<b>51</b>	<b>39.630</b>	

Το κόστος εγκατάστασης υπολογίζεται στα 70 € ανά μονάδα, επομένως συνολικά απαιτούνται 3.570 € για την εγκατάσταση και μαζί με το κόστος των μηχανημάτων, το συνολικό κόστος της επένδυσης εκτιμάται 43.200 € για αντικατάσταση όλων των μηχανημάτων. Σύμφωνα με τις ώρες λειτουργίας των μηχανημάτων όπως προκύπτουν από την καταγραφή, υπολογίστηκε η ισχύς που αναμένεται να καταναλώνεται σε ετήσια βάση με τα νέα μηχανήματα ίση με 16.383 KWh. Για χρέωση ηλεκτρικού ρεύματος από τη ΔΕΗ ίση με 0,07698€/KWh η ετήσια εξοικονόμηση υπολογίζεται 260.27 € ετησίως.

Για διάρκεια ζωής της επένδυσης ίση με 10 χρόνια και επιτόκιο αναγωγής σε παρούσα αξία 5% υπολογίζονται οι οικονομικοί δείκτες αξιολόγησης της επένδυσης:

- Καθαρή Παρούσα Αξία: ΚΠΑ= -41.190€ < 0
- Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης: IRR=-33% < 0
- Έντοκη Περίοδος Αποπληρωμής: ΕΠΑ >> 20 έτη

Η ΚΠΑ υπολογίστηκε αρνητική και ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης είναι μικρότερος του μηδενός. Επίσης η έντοκη περίοδος αποπληρωμής αναμένεται να είναι πολύ μεγάλη, επομένως η επένδυση κρίνεται μη συμφέρουσα και μολονότι αναμένεται να επιφέρει περιβαλλοντικά οφέλη, δεν θεωρείται οικονομικά βιώσιμη.

### 7.1.2 Πρόταση αντικατάστασης κλιματιστικών με εγκατάσταση ενός συστήματος κεντρικού κλιματισμού

Σύμφωνα με τα όσα αναφέρθηκαν στο κεφάλαιο 5.1.2 προτείνεται η εγκατάσταση ενός συστήματος ψύξης των χώρων με VRV το οποίο αποτελείται από τρεις εξωτερικές μονάδες VRV, 50 εσωτερικές μονάδες τοίχου και μια εσωτερική μονάδα οροφής για τις αυξημένες ανάγκες ψύξης του εργαστηρίου Η/Υ του δευτέρου ορόφου.

**Πίνακας 7.2:** Συνολικός εξοπλισμός κεντρικού συστήματος ψύξης-θέρμανσης

Τύπος μηχανήματος	Πλήθος μηχανημάτων	Τιμή / τεμάχιο €	ΣΥΝΟΛΟ
RXYQ26P8 Heat pump VRV III P COMPACT	1	11400	11400
RXYQ28PA Heat pump VRV III P COMPACT	1	12400	12400
RXYQ8P9 Heat pump VRV III P COMPACT	1	3400	3400
Τοίχου FXAQ25P	23	530	12190
Τοίχου FXAQ40P	22	590	12980



Τοίχου FXAQ50P	5	640	3200
Τοίχου FXAQ63P	1	690	690
σωληνώσεις KHRQ22M20T	13	80	1040
σωληνώσεις KHRQ22M29T9	6	90	540
σωληνώσεις KHRQ22M64T	17	75	1275
σωληνώσεις KHRQ22M75T	13	80	1040
BRC1D528 τηλεκοντρόλ	52	70	3640
σωληνώσεις BHFQ22P1007	2	100	200
			<b>63.995 €</b>

Το συνολικό κόστος αγοράς των μηχανημάτων είναι 63.995€. Επιπλέον το εργατικό κόστος εκτιμάται ίσο με 22.470€ όπως φαίνεται στον πίνακα 7.3. Επομένως το συνολικό κόστος της επένδυσης ανέρχεται στα 86.465€.

**Πίνακας 7.3:** Προϋπολογισμός εργατικού κόστους εγκατάστασης

<b>Εργασία</b>	<b>Τεμάχια</b>	<b>Τιμή/ μονάδα €</b>	<b>ΣΥΝΟΛΟ €</b>
Τοποθέτηση εσωτερικών μονάδων	51	70	3.570
Τοποθέτηση εξωτερικών μονάδων	3	300	900
Τοποθέτηση Σωληνώσεων	900	20	18.000
			<b>22.470</b>

Με την εγκατάσταση του παραπάνω συστήματος αναμένεται εξοικονόμηση ενέργειας 40% έναντι της ενέργειας που καταναλώνεται με το υπάρχον συμβατικό σύστημα ψύξης, που αντιστοιχεί σε 7.905KWh. Για χρέωση ηλεκτρικού ρεύματος από τη ΔΕΗ ίση με 0,07698€/KWh, η ετήσια εξοικονόμηση υπολογίζεται 608,5€.

Για διάρκεια ζωής της επένδυσης ίση με 10 χρόνια και επιτόκιο αναγωγής σε παρούσα αξία 5% υπολογίζονται οι οικονομικοί δείκτες αξιολόγησης της επένδυσης:

- Καθαρή Παρούσα Αξία: ΚΠΑ= -81.766€
- Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης: IRR= - 31,8 %
- Έντοκη Περίοδος Αποπληρωμής: ΕΠΑ >> 20 έτη

Η ΚΠΑ υπολογίστηκε αρνητική και η απόδοση του επενδυμένου κεφαλαίου είναι μικρότερη από το επιτόκιο αναγωγής (5%). Επίσης η έντοκη περίοδος αποπληρωμής αναμένεται να είναι πολύ μεγάλη, επομένως η επένδυση κρίνεται μη συμφέρουσα και δεν θεωρείται οικονομικά βιώσιμη.

## 7.2 Προτάσεις για εξοικονόμηση ενέργειας στον φωτισμό

Ύστερα από την ενεργειακή επιθεώρηση στο κτίριο Λαμπαδάριο, διαπιστώνεται πως το σύνολο των φωτιστικών του είναι παλαιάς τεχνολογίας, με αποτέλεσμα να αυξάνεται η ηλεκτρική κατανάλωση, χωρίς να παρέχεται αντίστοιχα αποδοτικός φωτισμός. Οι περισσότεροι λαμπτήρες είναι φθορισμού T8 και διαθέτουν ηλεκτρομαγνητικό ballast, που χρήζει αντικατάστασης σύμφωνα με τα μειονεκτήματα του έναντι του ηλεκτρικού, όπως αναλύθηκε στο κεφάλαιο 5.2.

Με βάση τα πλεονεκτήματα των ηλεκτρονικών ballast έναντι των μαγνητικών, εξετάζεται η επένδυση αυτή για το κτίριο του Λαμπαδαρίου. Οι λαμπτήρες που καταγράφηκαν για τους οποίους εξετάζεται η αντικατάσταση των ballast τους φαίνονται στον Πίνακα 7.4 και είναι συνολικής εγκατεστημένης ισχύος 46,5KW.

**Πίνακας 7.4:** Λαμπτήρες φθορισμού κτιρίου Λαμπαδαρίου

Τύπος Λαμπτήρα	Αριθμός φωτιστικών σωμάτων	Εγκατεστημένη Ισχύς (KW)
Απλός λαμπτήρας φθορισμού (36W)	108	4,86
Διπλός λαμπτήρας φθορισμού με ή χωρίς ανακλαστήρα(2*36W)	302	27,2
Τετραπλοί λαμπτήρες φθορισμού με ανάκλαση(4*18W)	156	14
Απλός λαμπτήρας φθορισμού (18W)	21	0,5
<b>Σύνολο</b>		<b>46,5</b>

Οι νέες ηλεκτρονικές διατάξεις προσφέρουν εξοικονόμηση ενέργειας μέχρι 25%. Στον πίνακα 7.5 υπολογίζεται η εξοικονόμηση αυτή σε μονάδες ενέργειας και σε

χρηματικές μονάδες, ενώ ακόμα φαίνεται ο απαιτούμενος αριθμός των ballast για κάθε τύπο λαμπτήρων, καθώς και η τιμή του κάθε ballast. Τα προϊόντα αυτά προσφέρονται σε αυτή την τιμή στο [www.largeshop.gr](http://www.largeshop.gr), όπου υπάρχει η δυνατότητα καλύτερης τιμής εάν η αγορά γίνει με μετρητά. Ωστόσο δεν βρέθηκαν ηλεκτρονικά ballast για 4 λαμπτήρες, οπότε στα πλαίσια 4 λαμπτήρων θα τοποθετηθούν 2 ηλεκτρονικές διατάξεις ανά πλαίσιο.

**Πίνακας 7.5:** Κόστη και εξοικονόμηση από αντικατάσταση ballast

	πλαίσια (4*18W)	φθορισμού (2*36W)	φθορισμού (18W)	φθορισμού (1*36W)
αριθμός ballast	282	302	21	108
κόστος μονάδας €	10,06	11,49	7,11	8,13
κόστος συνόλου €	2.836,92	3469,98	149,31	878,04

Έτσι το συνολικό κόστος των λαμπτήρων είναι 7.636,05€ και αν συνυπολογιστεί το κόστος εγκατάστασης, το οποίο υπολογίστηκε κατά προσέγγιση στα 2€/ λαμπτήρα, η επένδυση απαιτεί κεφάλαιο 9.122,05€. Η συνολική καταναλισκόμενη ενέργεια αναμένεται να μειωθεί μετά την αντικατάσταση των ballasts έως 25%, δηλαδή επιτυγχάνεται εξοικονόμηση 16.632KWh ετησίως, που ισοδυναμεί με 1.280,36 € εξοικονομούμενα χρήματα ετησίως.

Για διάρκεια ζωής της επένδυσης ίση με 10 χρόνια και επιτόκιο αναγωγής σε παρούσα αξία 5% υπολογίζονται οι οικονομικοί δείκτες αξιολόγησης της επένδυσης:

- Καθαρή Παρούσα Αξία: ΚΠΑ = 764,6€.
- Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης: IRR = 6,7%
- Έντοκη Περίοδος Αποπληρωμής: ΕΠΑ = 9 έτη

Η ΚΠΑ υπολογίστηκε θετική και η απόδοση του επενδυμένου κεφαλαίου είναι μεγαλύτερη από το επιτόκιο αναγωγής (5%). Η αποπληρωμή της επένδυσης και των τόκων που θα μπορούσαν να ληφθούν από μια άλλη τοποθέτηση του κεφαλαίου, αναμένεται να ολοκληρωθεί σε 9 έτη. Επομένως η επένδυση θεωρείται οικονομικά βιώσιμη και συμφέρουσα.

## 7.3 Εξοικονόμηση ενέργειας με θερμική προστασία του κτιριακού κελύφους

### 7.3.1 Πρόταση εμφύτευσης της οροφής του κτιρίου

Η οροφή του Λαμπαδαρίου έχει έκταση 1000τ.μ. και βρίσκεται όλη στο ίδιο επίπεδο, εκτός από το δώμα της οροφής επιφάνειας 40τ.μ. που δεν συμπεριλαμβάνεται στα υπολογιζόμενα τετραγωνικά μέτρα της οροφής. Σύμφωνα με τα όσα αναφέρθηκαν στο κεφάλαιο 5.5.2 σχετικά με τα οφέλη από τη φύτευση οροφών των κτιρίων, εξετάζεται εδώ η απόδοση μιας τέτοιας επένδυσης.

Τονίζεται εδώ πως για την πραγματοποίηση μιας τέτοιας δράσης θα πρέπει να γίνει πρώτα η απαραίτητη μελέτη της οροφής, ώστε να τηρηθούν οι απαιτούμενες προδιαγραφές μιας τέτοιας κατασκευής. Για την περίπτωση εμφύτευσης οροφής εκτατικού και ημιεντατικού τύπου δεν απαιτείται η εκπόνηση στατικής μελέτης, και είναι δυνατή η κατασκευή τους σε όλους σχεδόν τους τύπους οροφών, ενώ επιπλέον απαιτείται ελάχιστη έως καθόλου συντήρηση.

Για την φύτευση εκτατικού τύπου μια μέση τιμή της αγοράς είναι 80€ ανά τετραγωνικό μέτρο, τιμή στην οποία είναι συνυπολογισμένα η εργασία και τα λοιπά έξοδα των μονωτικών υλικών. Ομοίως για την φύτευση ημιεντατικού τύπου τα έξοδα είναι 90€ / m<sup>2</sup>.

Έτσι για την οροφή του Λαμπαδαρίου απαιτούνται για εκτατικό τύπο φύτευσης 80.000€ και για ημιεντατικό τύπο φύτευσης:90.000€. Θα γίνει οικονομική αξιολόγηση στην περίπτωση φύτευσης εκτατικού τύπου για τον οποίο τόσο το κόστος κατασκευής, όσο και η συντήρηση αναμένονται χαμηλότερα.

Σύμφωνα με έρευνες που έχουν γίνει εκτιμάται ότι τους καλοκαιρινούς μήνες μια τέτοια επένδυση μπορεί να αποφέρει εξοικονόμηση έως 50% και τους χειμερινούς έως 25%

Αν μόνο στον 2ο όροφο του κτιρίου που θα βρίσκεται κάτω από τη φυτεμένη οροφή επιτευχθεί εξοικονόμηση της ενέργειας για ψύξη 50% και για θέρμανση 25%, υπολογίζεται ετήσια εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας 16.414KWh (ψύξη) και φυσικού αερίου 61.659KWh (θέρμανση). Επομένως για χρέωση ηλεκτρικού ρεύματος από τη ΔΕΗ ίση με 0,07698€/KWh η ετήσια εξοικονόμηση ηλεκτρικού ρεύματος υπολογίζεται 1.263€ και αν θεωρηθεί μια μέση τιμή χρέωσης φυσικού αερίου 52.5€/MWh (σύμφωνα με το τιμολόγιο θέρμανσης Μεγάλου Εμπορικού του 2011), η ετήσια εξοικονόμηση φυσικού αερίου σε χρηματικές μονάδες υπολογίζεται ίση με 3.237€. Συνολικά δηλαδή εξοικονομούνται 4.500€ ετησίως από την εξοικονόμηση ενέργειας μόνο του 2ου ορόφου.

Ωστόσο εξοικονόμηση ενέργειας καταναλισκόμενης για ψύξη και θέρμανση πετυχαίνεται και για τους υπόλοιπους ορόφους του κτιρίου με ποσοστά 40% για την ψύξη και 20% για τη θέρμανση που ύστερα από υπολογισμούς προκύπτει ίση με 6.600€ ετησίως.

Επομένως συνολικά με την παραπάνω επένδυση αναμένεται ετήσιο όφελος 11.100€. Η εμφύτευση της οροφής δεν απαιτεί ιδιαίτερη συντήρηση αφού δεν αποτελεί χώρο που θα επισκέπτονται συχνά άνθρωποι, ωστόσο κάθε 4 μήνες θα πρέπει να την επισκέπτεται ένας κηπουρός που θα φροντίζει για το λίπασμα και το κλάδεμα των φυτών (το πότισμα θα γίνεται μέσω αυτοματισμών), επομένως τα συνολικά έξοδα συντήρησης ετησίως υπολογίζονται 200€.

Για διάρκεια ζωής της επένδυσης ίση με 20 χρόνια και επιτόκιο αναγωγής σε παρούσα αξία 5% υπολογίζονται οι οικονομικοί δείκτες αξιολόγησης της επένδυσης:

**Πίνακας 7.6:** Υπολογισμός ΚΠΑ για φύτευση οροφής

Χρόνος	Ετήσια Εξοικονόμηση	Αρχικό Κόστος	Λειτουργικό Κόστος	Καθαρή Χρηματοροή ( $A_n$ )	Ανηγγμένη Χρηματοροή $A_n \cdot 1 / (1 + I)^n$
0		80.000		-80.000	-80.000
1	11.100	0	200	11.300	10.381
2	11.100	0	200	11.300	9.886
3	11.100	0	200	11.300	9.415
4	11.100	0	200	11.300	8.967
5	11.100	0	200	11.300	8.540
6	11.100	0	200	11.300	8.133
7	11.100	0	200	11.300	7.746
8	11.100	0	200	11.300	7.377
9	11.100	0	200	11.300	7.026
10	11.100	0	200	11.300	6.691
11	11.100	0	200	11.300	6.373
12	11.100	0	200	11.300	6.069
13	11.100	0	200	11.300	5.780
14	11.100	0	200	11.300	5.505
15	11.100	0	200	11.300	5.243
16	11.100	0	200	11.300	4.993
17	11.100	0	200	11.300	4.755
18	11.100	0	200	11.300	4.529
19	11.100	0	200	11.300	4.313
20	11.100	0	200	11.300	4.108

- Αρχικό κόστος Επένδυσης A: 80.000€
- Καθαρή Παρούσα Αξία: ΚΠΑ = 178.720 €
- Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης: IRR = 12 %

- Έντοκη Περίοδος Αποπληρωμής: ΕΠΑ = 9,4 έτη

Η ΚΠΑ υπολογίστηκε θετική και η απόδοση του επενδυμένου κεφαλαίου είναι μεγαλύτερη από το επιτόκιο αναγωγής (5%). Η αποπληρωμή της επένδυσης και των τόκων που θα μπορούσαν να ληφθούν από μια άλλη τοποθέτηση του κεφαλαίου, αναμένεται να ολοκληρωθεί σε 9,4 έτη. Με βάση τα παραπάνω τρία κριτήρια η επένδυση θεωρείται οικονομικά βιώσιμη. Η έντοκη περίοδος αποπληρωμής είναι μεγάλη αλλά μικρότερη από τα 10 έτη στα οποία μελετάται η επένδυση.

Η οικονομική αξιολόγηση των παραπάνω επενδύσεων έγινε με αρκετές παραδοχές όπως αναφέρθηκε, λόγω της δυσκολίας να εκτιμηθούν ακριβώς τα εξοικονομούμενα κέρδη μιας τέτοιας επένδυσης. Ωστόσο η θετική τιμή της ΚΠΑ και το ότι ο IRR είναι μεγαλύτερος από το επιτόκιο αναγωγής, καθιστούν την επένδυση αποδεκτή και συμφέρουσα.

### 7.3.2 Πρόταση αντικατάστασης των παλαιών μονών κουφωμάτων του κτιρίου

Στο Λαμπαδάριο τα κουφώματα που έχουν τοποθετηθεί εξ αρχής είναι αλουμινίου, μονού γυαλιού. Ωστόσο πολλά εξ αυτών έχουν αλλαχθεί και αντικατασταθεί στην πάροδο των χρόνων, με κουφώματα διπλού γυαλιού, γεγονός που συμβαίνει ακανόνιστα και εναπόκειται στον ένοικο κάθε γραφείου να το πραγματοποιήσει με δική του βούληση, σε συνεννόηση με την τεχνική υπηρεσία του κτιρίου.

Σύμφωνα με τα όσα αναφέρθηκαν στο Κεφάλαιο 5.5.1 προτείνεται αντικατάσταση των εναπομενόντων μονών κουφωμάτων:

A) Με νέα αλουμινίου διπλού γυαλιού, με πάχος κάθε τζαμιού 5mm και διάκενο αέρος 12mm. Τα νέα κουφώματα έχουν βελτιωμένο συντελεστή θερμοπερατότητας ίσο με  $2,9 \text{ W / m}^2 \cdot \text{K}$  και διαθέτουν σύστημα θερμοδιακοπής.

B) Με διπλά ενεργειακά τζάμια χαμηλής εκπομπής (low-e) στα οποία, το εσωτερικό υαλοπέτασμα είναι ένα συμβατικό μονό γυαλί, ενώ στην εσωτερική επιφάνεια του εξωτερικού γυαλιού έχει τοποθετηθεί μια επίστρωση χαμηλής εκμπεμνιμότητας η οποία εμφανίζει υψηλή ανακλαστικότητα στο υπέρυθρο τμήμα της ακτινοβολίας. Το πάχος κάθε τζαμιού είναι 5mm και το διάκενο αέρος 12mm, διαθέτουν σύστημα θερμοδιακοπής και συντελεστή θερμοπερατότητας ίσο με  $1,7 \text{ W / m}^2 \cdot \text{K}$ .

Κατά τη μερική αντικατάσταση των κουφωμάτων, τα νέα κουφώματα τοποθετούνται επάνω στις ήδη υπάρχουσες κάσες. Οι εταιρείες παραγωγής συστημάτων διαθέτουν ειδικά προφίλ, ώστε η παλιά κάσα να καλύπτεται από την καινούρια. Αυτός ο τρόπος αντικατάστασης, συναντάται πιο συχνά γιατί έτσι η διάρκεια της εργασίας είναι μικρότερη συγκριτικά με την ολική αντικατάσταση κουφωμάτων και το κόστος είναι επίσης χαμηλότερο αφού αποφεύγονται εργασίες βαφής και σοβατίσματος.

Για τον υπολογισμό της εξοικονομούμενης ενέργειας από την αντικατάσταση των κουφωμάτων, υπολογίζονται οι θερμικές απώλειες μέσω των κουφωμάτων, για τους μήνες θέρμανσης και ψύξης των χώρων. Οι θερμικές απώλειες υπολογίζονται με βάση τον τύπο  $Q = |K \times F \times \Delta t|$ , όπου:

K: ο συντελεστής θερμοπερατότητας του υαλοπίνακα σε  $W/m^2 \cdot ^\circ C$

F: η επιφάνεια του υαλοπίνακα

$\Delta t$ : η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ εσωτερικού και εξωτερικού περιβάλλοντα χώρου,  $\Delta t = t_{εσ} - t_{εξ}$

Υστερα υπολογίζεται η εξοικονομούμενη ενέργεια ως αποτέλεσμα της πράξης

$Q_{μονών \text{ κουφωμάτων}} - Q_{διπλών \text{ κουφωμάτων}}$ , η οποία μετατρέπεται σε € ανάλογα με την τιμή αγοράς του καυσίμου.

Έτσι για τους θερινούς μήνες οι εξοικονομούμενες KWh πολλαπλασιάζονται με την τιμή του ηλεκτρικού ρεύματος 0,07698€/KWh, αφού οι χώροι ψύχονται με κατανάλωση ηλεκτρισμού. Για τους χειμερινούς μήνες, που οι χώροι θερμαίνονται καταναλώνοντας φυσικό αέριο, οι απώλειες θερμότητας που υπολογίζονται με τον παραπάνω τύπο, διαιρούνται με 0,8, που είναι ο προσεγγιστικός μέσος συντελεστής απωλειών του συστήματος και έτσι προκύπτει η κατανάλωση του φυσικού αερίου σε KWh. Έτσι υπολογίζονται οι συνολικές απώλειες θέρμανσης του συστήματος και πολλαπλασιάζονται με την τιμή χρέωσης του αερίου 52,6€/MWh. Σύμφωνα με υπολογισμούς οι οποίοι φαίνονται αναλυτικά στο Παράρτημα Θ, στον Πίνακα 7.6 φαίνεται η εξοικονόμηση που επιτυγχάνεται με τις επενδύσεις Α και Β. Σημειώνεται πως υπολογισμοί έγιναν μόνο για τους μήνες θέρμανσης και ψύξης των χώρων, δηλαδή 9 μήνες.

**Πίνακας 7.6: Ετήσιες απώλειες θερμότητας κουφωμάτων του κτιρίου**

	Ετήσιες απώλειες θέρμανσης (KWh)	Ετήσιες απώλειες ψύξης (KWh)	Εξοικονομούμενη ενέργεια θέρμανσης (KWh)	Εξοικονομούμενη ενέργεια ψύξης (KWh)	Συνολική εξοικονόμηση σε €
Μονά τζάμια	27.540	3.736			
A) Διπλά τζάμια	13.311	1.806	17.787	1.930	1.082
B) Διπλά ενεργειακά τζάμια	7.803	1.058	24.672	2.677	1.501

Σύμφωνα με έρευνα αγοράς που πραγματοποιήθηκε το συνολικό κόστος για την εγκατάσταση των κουφωμάτων και την αγορά τους (συνυπολογίζοντας τα αλουμίνια και τα τζάμια) εκτιμάται στα 185€/ m<sup>2</sup> για τα διπλά τζάμια και στα 215€/ m<sup>2</sup> για τα διπλά ενεργειακά τζάμια.

Επομένως το συνολικό κόστος της επένδυσης Α υπολογίζεται ίσο με **71.817€** και της επένδυσης Β ίσο με **83.463€**

Για διάρκεια ζωής της επένδυσης ίση με 10 χρόνια και επιτόκιο αναγωγής σε παρούσα αξία 5% υπολογίζονται οι οικονομικοί δείκτες αξιολόγησης των επενδύσεων Α και Β:

#### Επένδυση Α – Τοποθέτηση διπλών τζαμιών

- Καθαρή Παρούσα Αξία: ΚΠΑ= -58.333 €
- Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης: IRR < 0
- Έντοκη Περίοδος Αποπληρωμής: ΕΠΑ > 25 έτη

#### Επένδυση Β – Τοποθέτηση διπλών ενεργειακών τζαμιών

- Καθαρή Παρούσα Αξία: ΚΠΑ= -64.757 €
- Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης: IRR < 0
- Έντοκη Περίοδος Αποπληρωμής: ΕΠΑ > 25 έτη

Και για τις δύο επενδύσεις η ΚΠΑ είναι αρνητική και ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης παίρνει αρνητικές, μη αποδεκτές τιμές. Φαίνεται δηλαδή πως από οικονομικής άποψης δεν συμφέρει η αντικατάσταση των κουφωμάτων. Ωστόσο στην παραπάνω οικονομική αξιολόγηση ο υπολογισμός των απωλειών θερμότητας δεν μπορεί να είναι ακριβής, αφού έχουν γίνει πολλές παραδοχές και κάποια στοιχεία είναι δύσκολο να προσδιοριστούν λεπτομερώς. (ποσά ψύξης και θέρμανσης κάθε χώρου, συντελεστές θερμοπερατότητας κουφωμάτων).

## **7.4 Εγκατάσταση φωτοβολταϊκού συστήματος στην οροφή του κτιρίου**

Ο ανεκμετάλλετος χώρος της οροφής του κτιρίου θα μπορούσε να επιφέρει σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας αν χρησιμοποιηθεί για την αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας. Προτείνεται η εγκατάσταση φωτοβολταϊκού συστήματος στην οροφή του Λαμπαδαρίου και η σύνδεσή του με το δίκτυο της ΔΕΗ. Επειδή το πολυτεχνείο είναι καταναλωτής μέσης τάσης, αυτό θα πρέπει να γίνει μέσω ξεχωριστής γραμμής σύνδεσης με την πλησιέστερη γραμμή χαμηλής τάσης.



Η οροφή του κτιρίου είναι 1000τ.μ. χωρίς να υπολογίζεται το τμήμα της οροφής της ανακαινιζόμενης πτέρυγας, από τα οποία 120 τ.μ. καλύπτονται από το δώμα, ύψους 5,5 τ.μ. Κατά την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων σε στέγες απαιτείται ελάχιστη απόσταση ασφαλείας 0,5 μέτρων από την περίμετρο του κτιρίου και απόσταση από τα διάφορα εμπόδια, όπως το δώμα, διπλάσια από ότι το ύψος τους οπότε η συνολική εκμεταλλεύσιμη επιφάνεια της οροφής υπολογίζεται 488τ.μ.

Κατά τον σχεδιασμό της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στη σκίαση που αναμένεται κατά τους χειμερινούς μήνες, αυτός είναι και ο λόγος που υπολογίστηκε πως μόνο αυτό το ποσοστό της οροφής μπορεί να αξιοποιηθεί. Για την Αθήνα η κλίση των πλαισίων πρέπει να ρυθμίζεται στις 30°, ενώ ύστερα από υπολογισμούς της σκίασης για τους χειμερινούς μήνες και με βάση τον προσανατολισμό του κτιρίου το αζιμούθιο τοποθετείται στις 24°.

Προτείνεται να εγκατασταθούν 427 σταθερά πλαίσια μονοκρυσταλλικού πυριτίου (υψηλότερη απόδοση ανά μονάδα επιφάνειας) 120Wp/12v το καθένα, συνολικού κόστους 123.830€, συνολικής εγκατεστημένης ισχύος 51,2KW. Σε αυτά προστίθεται το κόστος καλωδίωσης και προσθήκης αντιστροφών περί τις 30.000€ και το κόστος εγκατάστασης και μεταφοράς περί τις 80.000€. Επομένως το συνολικό κόστος της επένδυσης εκτιμάται 233.830€. Η ετήσια παραγόμενη ενέργεια υπολογίζεται 70MWh/έτος όπου έχουν συμπεριληφθεί απώλειες λόγω των αντιστροφών και των καλωδίων και απώλειες λόγω μεταβολών θερμοκρασίας και λόγω σκόνης, προσεγγιστικά 12%. Το ετήσιο κόστος συντήρησης εκτιμάται στα 100€.

Υποθέτοντας πως η σύμβαση για την εγκατάσταση θα υπογραφεί κατά την περίοδο Φεβρουάριος 2012 – Αύγουστος 2012 και με τη δέσμευση ολοκλήρωσης της εγκατάστασης σε 18 μήνες από την ημέρα της υπογραφής, η εγκατάσταση μπορεί να τεθεί σε λειτουργία μέχρι τον Αύγουστο του 2013, οπότε και η τιμή πώλησης της KWh ανέρχεται σε 0,376€/KWh για εγκατάσταση έως 100KW. Η τιμή εξαρτάται από την ημερομηνία υπογραφής της σύμβασης με τον ΔΕΣΜΗΕ και πέφτει κάθε 1η Αυγούστου και 1η Φεβρουαρίου. Από τη στιγμή που έχει υπογραφεί η σύμβαση η τιμή πώλησης της KWh στη ΔΕΗ δεν μπορεί να αλλάξει, αναπροσαρμόζεται όμως ετησίως κατά 25% του εκάστοτε πληθωρισμού. Η διάρκεια ζωής της επένδυσης εκτιμάται στα 25 χρόνια. Στην παρούσα μελέτη εξετάζεται το σενάριο ο πληθωρισμός να παραμένει σταθερός 3%. Στον πίνακα που ακολουθεί η τιμή πώλησης της KWh αναπροσαρμόζεται ετησίως κατά 25% του πληθωρισμού, υπολογίζονται έτσι οι ετήσιες καθαρές χρηματικές ροές, αφαιρώντας τα ετήσια έξοδα συντήρησης και τέλος οι ΚΤΡ ανάγονται σύμφωνα με επιτόκιο αναγωγής 5%, για τον υπολογισμό των οικονομικών δεικτών.

**Πίνακας 7.7:** Υπολογισμός Καθαρών Ταμειακών ροών από την εγκατάσταση Φ/Β για 25 έτη

έτος	τιμή πώλησης KWh(€)	παραγόμενη ενέργεια (KWh)	ετήσια εξοικονόμηση (€)	έξοδα συντήρησης /έτος (€)	KTP (€)	ανηγμένη KTP (€)
1	0,336	70.000	23.520	100	23.420	22.304
2	0,338	69.650	23.519	100	23.537	21.349
3	0,339	69.302	23.519	100	23.655	20.434
4	0,341	68.955	23.518	100	23.774	19.559
5	0,343	68.610	23.518	100	23.893	18.721
6	0,344	68.267	23.517	100	24.013	17.919
7	0,346	67.926	23.516	100	24.134	17.151
8	0,348	67.586	23.516	100	24.255	16.417
9	0,350	67.249	23.515	100	24.377	15.713
10	0,351	66.912	23.515	100	24.499	15.040
11	0,353	66.578	23.514	100	24.622	14.396
12	0,355	66.245	23.514	100	24.746	13.779
13	0,357	65.914	23.513	100	24.870	13.189
14	0,359	65.584	23.512	100	24.995	12.624
15	0,360	65.256	23.512	100	25.120	12.083
16	0,362	64.930	23.511	100	25.247	11.565
17	0,364	64.605	23.511	100	25.373	11.070
18	0,366	64.282	23.510	100	25.501	10.596
19	0,368	63.961	23.509	100	25.629	10.142
20	0,369	63.641	23.509	100	25.757	9.707
21	0,371	63.323	23.508	100	25.757	9.707
22	0,373	63.006	23.508	100	25.757	9.707
23	0,375	62.691	23.507	100	25.757	9.707
24	0,377	62.378	23.506	100	25.757	9.707
25	0,379	62.066	23.506	100	25.757	9.707

- Καθαρή Παρούσα Αξία: ΚΠΑ = 96.171 €.
- Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης: IRR = 8 %
- Έντοκη Περίοδος Αποπληρωμής: ΕΠΑ = 13,6 έτη

Η ΚΠΑ υπολογίστηκε θετική και η απόδοση του επενδυμένου κεφαλαίου είναι μεγαλύτερη από το επιτόκιο αναγωγής (5%). Η αποπληρωμή της επένδυσης και των τόκων που θα μπορούσαν να ληφθούν από μια άλλη τοποθέτηση του κεφαλαίου, αναμένεται να ολοκληρωθεί σε 13,6 έτη. Με βάση τα παραπάνω τρία κριτήρια η επένδυση θεωρείται οικονομικά βιώσιμη και συμφέρουσα.

## 7.5 Συνολική αποτίμηση των επενδύσεων

Στον Πίνακα 7.8 παρουσιάζονται όλες οι προτεινόμενες δράσεις και οι οικονομικοί δείκτες αξιολόγησης των επενδύσεων, όπως υπολογίστηκαν προηγουμένως.

**Πίνακας 7.8:** Συγκεντρωτικός πίνακας δράσεων

	Δράσεις	Αρχικό Κόστος επένδυσης	Διάρκεια ζωής επένδυσης	ΚΠΑ (€)	ΕΒΑ (%)	ΕΠΑ (έτη)
1	Αντικατάσταση κλιματιστικών με νέα αυτόνομα, τύπου inverter	43.200	10	-41.190	-33,0	-
2	Αντικατάσταση κλιματιστικών με εγκατάσταση ενός συστήματος κεντρικού κλιματισμού	86.465	10	-81.766	-31,8	-
3	Αντικατάσταση των μαγνητικών ballast των λαμπτήρων με νέα ηλεκτρονικά	9.122	10	764,6	6,7	9
4	Εμφύτευση της οροφής του κτιρίου -Εκτατικός τύπος φύτευσης	80.000	20	55.838	12	9,4
5	Αντικατάσταση των παλαιών μονών κουφωμάτων του κτιρίου					
	A) Τοποθέτηση διπλών τζαμιών	71.817,0	20	-58.333	-24,9	-
	B) Τοποθέτηση διπλών ενεργειακών τζαμιών	83.463,0	20	-64.757	-23,1	-
6	Εγκατάσταση Φ/Β στην οροφή του κτιρίου	233.830	25	96.171	8,0	13,6

Από αυτές μόνο οι επενδύσεις 3,4 και 6 θεωρούνται οικονομικά βιώσιμες.

Η αντικατάσταση των μαγνητικών ballast των λαμπτήρων με νέα ηλεκτρονικά είναι μια πολύ συμφέρουσα πρόταση, αφού δεν απαιτεί μεγάλο αρχικό κεφάλαιο και αναμένεται να επιφέρει μεγάλη ενεργειακή εξοικονόμηση.

Η εμφύτευση της οροφής του κτιρίου και η εγκατάσταση Φ/Β στην οροφή του, είναι δράσεις που απαιτούν μεγάλο αρχικό κεφάλαιο, αλλά η απόσβεση του κεφαλαίου

αναμένεται να πραγματοποιηθεί σε διάστημα μικρότερο από το χρόνο στον οποίο εξετάζονται οι επενδύσεις. Οι δράσεις αυτές προφανώς δεν μπορούν να συνδυαστούν και ούτε να συγκριθούν, αφού μελετώνται για διαφορετική διάρκεια ζωής, αλλά το ποια θα προτιμηθεί εξαρτάται από το κεφάλαιο που μπορεί να διατεθεί και από τις απαιτήσεις του επενδυτή ως προς την απόδοση του επενδυμένου κεφαλαίου.

Οι επεμβάσεις στα συστήματα ψύξης με συμβατικές λύσεις όπως είναι η αντικατάσταση των παλιών ενεργοβόρων κλιματιστικών μηχανημάτων του κτιρίου με νέας τεχνολογίας μηχανήματα ή με εγκατάσταση κεντρικού κλιματισμού, είναι δράσεις που παρ' όλο που αναμένεται να μειώσουν την ηλεκτρική κατανάλωση για ψύξη σημαντικά και να επιφέρουν περιβαλλοντικά οφέλη, δεν είναι βιώσιμες από οικονομικής άποψης, αφού το κεφάλαιο που απαιτείται είναι αρκετά υψηλό και δεν θα έχει υψηλή απόδοση σύμφωνα με τους παραπάνω οικονομικούς δείκτες. Θα πρέπει ωστόσο σε αυτό το στάδιο να πραγματοποιούνται τουλάχιστον κάποιες μικρού κόστους ενέργειες, όπως είναι ο καθαρισμός και η αλλαγή των φίλτρων και φυσικά η αποφυγή άσκοπης χρήσης του κλιματισμού.

Τέλος η πρόταση αντικατάστασης των μονών κουφωμάτων του κτιρίου είναι επίσης ιδιαίτερα δαπανηρή και δεν εμφανίζει σε καμία περίπτωση οικονομική αποδοτικότητα. Αυτό όμως οφείλεται σε μεγάλο βαθμό όχι μόνο στο υψηλό κόστος της επένδυσης, αλλά και στην εξοικονόμηση που υπολογίστηκε πως θα επιφέρει. Η εξοικονόμηση αυτή υπολογίστηκε για τους μήνες θέρμανσης και ψύξης των χώρων, βάσει τύπων, σύμφωνα με την καταγραφή που έχει γίνει και επομένως δεν μπορεί να υπολογιστεί με ακρίβεια. Επιπλέον η δράση αυτή μελετάται για 10 χρόνια, ενώ στην πραγματικότητα πρόκειται για μόνιμη δράση που δεν έχει ημερομηνία λήξης.

## ***Κεφάλαιο 8: Συμπεράσματα και Προοπτικές***

---



## 8.1 Συμπεράσματα

Σύμφωνα με την ενεργειακή μελέτη που πραγματοποιήθηκε με τον ίδιο τρόπο και στα δύο κτίρια, η ενεργειακή απόδοσή τους κρίνεται χαμηλή, ενώ είναι άμεση η ανάγκη για πραγματοποίηση δράσεων εξοικονόμησης ενέργειας σύμφωνα με τους ισχύοντες κανονισμούς του KENAK για τα κτίρια. Δεν πραγματοποιήθηκε η κατάταξη των κτιρίων σε κάποια ενεργειακή κατηγορία, αφού όπως αναφέρθηκε οι ηλεκτρικές καταναλώσεις τους εκτιμήθηκαν με βάση τις καταγραφές και παρά την ταύτισή τους με τα στοιχεία του αναλυτή ενέργειας θεωρούνται επισφαλείς.

Στο κτίριο HMMY – Α' φάσης ο συντελεστής θερμοπερατότητας του κτιρίου υπολογίστηκε πολύ υψηλότερος από τα επιτρεπόμενα όρια του KENAK και αυτό συντελεί στις μεγάλες θερμικές απώλειες του κτιρίου. Μεγάλες απώλειες παρατηρούνται σύμφωνα με τους υπολογισμούς από τη μεγάλη επιφάνεια των μονών υαλοπινάκων του κτιρίου, από μεγάλα τμήματα των τοίχων που δεν έχουν μόνωση, ενώ ο συντελεστής θερμοπερατότητας των περισσότερων δομικών στοιχείων του κτιρίου υπερβαίνει κατά πολύ τα επιτρεπόμενα όρια. Κατ' επέκταση οι ανάγκες του κτιρίου σε θέρμανση και ψύξη είναι ιδιαίτερα αυξημένες καθιστώντας την κατανάλωση φυσικού αερίου για θέρμανση, τη μεγαλύτερη από όλες τις καταναλώσεις.

Οι ηλεκτρονικοί υπολογιστές αποτελούν ένα σημαντικό και πάγιο φορτίο του κτιρίου, λόγω του μεγάλου αριθμού αυτών, αφού σε κάθε γραφείο υπάρχει τουλάχιστον ένας υπολογιστής. Προς το παρόν δεν υπάρχει κάποια δράση με στόχο τη μείωση αυτού του φορτίου, ωστόσο σημαντική εξοικονόμηση θα μπορούσε να επιτευχθεί με περιορισμό των καταναλώσεων για φωτισμό του κτιρίου, οι οποίες είναι επίσης σημαντικές.

Γενικά αυτό που παρατηρήθηκε στο συγκεκριμένο κτίριο είναι πως το φορτίο βάσης είναι αδικαιολόγητα υψηλό και σε αυτό το πλαίσιο προτείνεται να ακολουθήσει εκτενής έλεγχος και συστηματική παρακολούθηση των καταναλώσεων του κτιρίου, ώστε να εντοπιστούν αυτά τα φορτία τα οποία θα μπορούσαν να ελαχιστοποιηθούν, τουλάχιστον κατά τις ώρες μη λειτουργίας του κτιρίου.

Στο κτίριο του Λαμπαδαρίου το ενεργειακό προφίλ που διαμορφώθηκε με αυτή την εργασία, παρουσιάζει πολλές ομοιότητες με το προαναφερθέν κτίριο. Ο συντελεστής θερμοπερατότητας του κτιρίου υπολογίστηκε πολύ υψηλότερος από τα επιτρεπόμενα όρια του KENAK, ενώ πάνω από τα επιτρεπόμενα όρια βρίσκονται πολλά δομικά στοιχεία του κτιρίου, όπως και η οροφή του, η οποία αν και μονώθηκε πρόσφατα, εμφανίζει ήδη κάποια προβλήματα στη μόνωση (θερμογέφυρα περιμετρικά του κτιρίου).

Η κατανάλωση φυσικού αερίου για θέρμανση αποτελεί και σε αυτό το κτίριο την υψηλότερη κατανάλωση, ωστόσο ο λέβητας λειτουργεί αποδοτικά. Η ψύξη των χώρων γίνεται με απαρχαιωμένο και σημαντικά ενεργοβόρο τρόπο, δηλαδή μέσω αυτόνομων κλιματιστικών μονάδων, οι οποίες μάλιστα είναι αρκετά παλιές. Σε όλα τα σύγχρονα κτίρια η ψύξη παρέχεται μέσω κεντρικού συστήματος, που εξασφαλίζει πολύ μεγαλύτερη εξοικονόμηση, λύση η οποία προτάθηκε και για αυτό το κτίριο αλλά δεν υπολογίστηκε οικονομικά αποδοτική. Ωστόσο γύρω από αυτό το ζήτημα θα πρέπει να γίνει εκτενέστερη μελέτη, παράλληλα με το θέμα της αντικατάστασης των εναπομεινάντων μονών κουφωμάτων του κτιρίου.

Ο φωτισμός και στα δύο κτίρια είναι παλιάς τεχνολογίας με ηλεκτρομαγνητικές στραγγαλιστικές διατάξεις, οι οποίες χρίζουν αντικατάσταση, ενώ παράλληλα προτείνεται σταδιακά να αντικατασταθούν οι παλιοί λαμπτήρες τύπου T8, με νέους T5 που καταναλώνουν λιγότερη ενέργεια και εξασφαλίζουν μεγαλύτερη φωτεινότητα. Στα πλαίσια της εξοικονόμησης ενέργειας στο φωτισμό πολύ σημαντική είναι και η σωστή συντήρηση και καθαρισμός των φωτιστικών σωμάτων. Παρατηρήθηκε και στα δύο κτίρια πως υπάρχουν φωτιστικά που είχαν σκονισμένο ή καθόλου εξωτερικό περίβλημα, γεγονός που μειώνει ακόμα περισσότερο την απόδοσή τους. Μάλιστα στο Λαμπαδάριο τα περιβλήματα είναι πολύ παλιάς τεχνολογίας (ονομάζεται γαλακτερός διαχύτης) και θα πρέπει να αντικατασταθούν από διάφανα σε συνδυασμό με εσωτερικούς ανακλαστήρες.

## 8.2 Προοπτικές

Σε κάθε σύγχρονο κτίριο γραφείων και σημαντικών καταναλώσεων όπως τα δύο αυτά επιθεωρούμενα κτίρια πρέπει να υπάρχει εγκατεστημένος μετρητής για όλες τις καταναλώσεις. Στο κτίριο Λαμπαδάριο υπάρχει μετρητής της ηλεκτρικής κατανάλωσης, ο οποίος θα πρέπει να εγκατασταθεί και στο κτίριο των Ηλεκτρολόγων, ενώ και στα δύο κτίρια εγκαταστάθηκε πρόσφατα μετρητής της κατανάλωσης του φυσικού αερίου. Ωστόσο αυτοί οι μετρητές από μόνοι τους δεν μπορούν να προσφέρουν κάτι. Απαιτείται συνεχής παρακολούθησή τους, ταύτιση των ενδείξεων τους με τις αναμενόμενες καταναλώσεις και προσπάθεια εντοπισμού των προβλημάτων, με στόχο την εξεύρεση λύσεων για εξοικονόμηση ενέργειας.

Ακόμα δεν είναι λογικό να μένει ανεκμετάλλευτος ο χώρος των οροφών των δύο κτιρίων, ο οποίος θα μπορούσε να αξιοποιηθεί για την εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας με εγκατάσταση Φωτοβολταϊκών, όπως προτάθηκε ή κάποια άλλη δράση εκμετάλλευσης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Η εξεύρεση των πόρων θα μπορούσε να γίνει από κάποιο κοινοτικό πρόγραμμα ή την Ευρωπαϊκή ένωση, αφού η ενεργειακή πολιτική που έχει αρχίσει να εφαρμόζεται στοχεύει στην πράσινη ανάπτυξη και την όσο το δυνατόν μεγαλύτερη εκμετάλλευση των ΑΠΕ.



Τέλος μια άλλη προοπτική και για τα δύο κτίρια είναι η χρήση κεντρικού συστήματος διαχείρισης των κτιρίων (BMS). Με ένα τέτοιο σύστημα εξασφαλίζεται εξοικονόμηση ενέργειας αφού θα μπορούν να ελέγχονται και να ρυθμίζονται κεντρικά όλες οι ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις του κτιρίου, με στόχο την εξασφάλιση της αποδοτικής λειτουργίας του συστήματος.



## ***Βιβλιογραφία***

---



- [1]. Διπλωματική εργασία, «Ενεργειακή Επιθεώρηση στο Κτίριο Ηλεκτρολόγων Μηχανικών & Μηχανικών Υπολογιστών – Α΄ Φάσης της Πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου» - Σπυριδάκη Νίκη – Αρτεμης
- [2]. Διπλωματική εργασία, «Ενεργειακή Επιθεώρηση στο Λαμπαδάριο Κτίριο της Πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου» - Χατζής Ιωάννης
- [3]. «Θερμοφυσικές ιδιότητες δομικών υλικών και έλεγχος της θερμομονωτικής επάρκειας των κτηρίων» - Τεχνική οδηγία τεχνικού επιμελητηρίου Ελλάδας
- [4]. Σχέδιο Κανονισμού για την Ενεργειακή αποδοτικότητα των κτιρίων – ΚΕΝΑΚ
- [5]. «Εθνικό Σχέδιο Δράσης για τις ΑΠΕ» - Σύνδεσμος εταιρειών φωτοβολταϊκών
- [6]. Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ)- «Οδηγός Τεχνικών και Οργάνων Ενεργειακών Μετρήσεων»
- [7]. Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ)- Το Ευρωπαϊκό Πρόγραμμα Green Building – Οδηγίες για την ενεργειακή Επιθεώρηση
- [8]. Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ)- Οδηγός Ενεργειακής Επιθεώρησης/ Μέρος Γ – Περιπτώσεις Εφαρμογών.
- [9]. Φωτοβολταϊκά συστήματα - [http://www.1-solar.gr/product\\_6.htm](http://www.1-solar.gr/product_6.htm)
- [10]. Φωτοβολταϊκά συστήματα - <http://www.myplanet.eu/pvgrid.html>
- [11]. Εταιρεία μελετών - [www.adamsnet.gr](http://www.adamsnet.gr)
- [12]. Σύνδεσμος εταιρειών φωτοβολταϊκών - [www.helapco.gr](http://www.helapco.gr)
- [13]. [www.rae.gr](http://www.rae.gr)
- [14]. [www.ypan.gr](http://www.ypan.gr)
- [15]. Εκτίμηση της παραγωγής φ/β συστήματος με εργαλεία του διαδικτύου - <http://www.aenaon.net/>
- [16]. “Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας σε οικιστικά σύνολα”, Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, <http://www.cres.gr>
- [17]. Φ.Β. Τοπαλής - εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας σε εγκαταστάσεις φωτισμού εσωτερικών χώρων - [http://www.technicalreview.gr/index.php?option=com\\_content&task=view&id=42](http://www.technicalreview.gr/index.php?option=com_content&task=view&id=42)
- [18]. [www.buildings.gr](http://www.buildings.gr)

- [19]. Πράσινες στέγες - [www.greenroofs.gr](http://www.greenroofs.gr)
- [20]. [www.cres.gr/kape](http://www.cres.gr/kape)
- [21]. Συστήματα κλιματισμού – [www.daikin.gr](http://www.daikin.gr)
- [22]. [www.desmie.gr](http://www.desmie.gr)
- [23]. Εταιρεία μελετών - [www.ametron.gr](http://www.ametron.gr)
- [24]. Τιμολόγιο ΔΕΗ: Τιμές πώλησεως ηλεκτρικής ενέργειας μέσης & χαμηλής τάσης
- [25]. ‘Ηλεκτρονικός αναλυτής καυσαερίων KANE 900 PLUS’, Εργαστήριο Συστημάτων Αποφάσεων & Διοίκησης, Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών & Μηχανικών Υπολογιστών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, 16 Δεκεμβρίου 2009.
- [26]. ‘KANE900 Plus Hand-held Combustion Analyser’, Kane International Limited, March 2006
- [27]. ‘Οδηγός Ενεργειακής Διαχείρισης στα κτίρια, Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ).
- [28]. ‘Οδηγός τεχνικών και οργάνων ενεργειακών μετρήσεων’, Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, (ΚΑΠΕ).
- [29]. ‘Τεχνολογίες Εξοικονόμησης Ενέργειας σε Κτίρια’, Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας
- [30]. «Σημειώσεις: Διαχείριση Ενέργειας και Περιβαλλοντική Πολιτική», Ιωάννης Ψαρράς, Καθηγητής ΕΜΠ ,Κωνσταντίνος Πατλιτζιάνας, Επ. Συνεργάτης
- [31]. «Οικονομική ανάλυση επιχειρήσεων» του Π.Κάπρου (Καθηγητή ΕΜΠ)
- [32]. <http://www.celma.org>
- [33]. Ενεργειακή διαχείριση - <http://buildinggreen.gr>
- [34]. Energy solutions for better buildings - [www.buildup.eu](http://www.buildup.eu)
- [35]. Τεχνοπρόδος- κτιριακός αυτοματισμός  
[http://www.technoproodos.gr/building\\_solutions.php](http://www.technoproodos.gr/building_solutions.php)
- [36]. Μετεωρολογικό ιστορικό - <http://freemeteo.com>
- [37]. «Θερμοφυσικές ιδιότητες δομικών υλικών και έλεγχος της θερμομονωτικής επάρκειας των κτηρίων» - Τ.Ο.Τ.Ε.Ε.

## *Παραρτήματα*

---





## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α - Καταγραφή στο Κτίριο ΗΜΜΥ

Πίνακας 1: Εγκαταστάσεις φωτισμού – Ισόγειο

Ισόγειο - Κτίριο ΗΜΜΥ – Καταγραφή καταναλώσεων φωτισμού										
Χώρος	Επιφάνεια	Φωτισμός (Τύπος Λαμπτήρα)				Ισχύς (W)	Διάρκεια Φορτίου			Ενέργεια /έτος (KWh)
		πλαίσια (4*18W)	διπλές (2*36W)	μονές (1*36W)	άλλο		ώρες/μέρα	μέρες/μήνα	μήνες/έτος	
<b>Αίθουσες</b>										
0.1.1	42	5				450	5	8	7	117
0.1.10	34	18				1.620	4	12	7	505
0.1.11	10		2			180	2	8	4	12
<b>Γραφεία</b>										
0.1.14 Γραφείο Πολυδύναμης	48		13			1.170	8	20	11	2.060
0.2.16	21	4				360	4	20	11	317
0.2.15	22	4				360	4	20	11	317
0.2.13-0.2.14	58	8				720	4	20	11	634
<b>Εργαστήρια</b>										
0.1.3	120	32				2.880	6	20	12	4.150
0.1.2	120	32				2.880	4	20	12	2.770
0.1.8	122		20			1.800	6	20	11	2.380
0.1.15	108		20			1.800	9	20	11	3.560
<b>Διάδρομοι</b>	360			35		1.575	10	20	11	3.470
<b>W/C</b>										
0.A.1. WC	10		2			180	2	20	11	79
0.A.2. WC	10		2			180	2	20	11	79
<b>Εξωτερικός Φωτισμός</b>	1.229				απλοί μονοί 35*36W	1.260	10	28	12	4.080
			4			360	10	20	12	828
<b>Νυχτερινός φωτισμός</b>	2.431				προβολείς 6*150W	900	10	28	12	3.020

Σύνολο		103	63	35	6	18.675				28.350
--------	--	-----	----	----	---	--------	--	--	--	--------

**Πίνακας 2: Εγκαταστάσεις φωτισμού – 1<sup>ος</sup> όροφος**

1ος όροφος - Κτίριο ΗΜΜΥ – Καταγραφή καταναλώσεων φωτισμού										
Χώρος	Επιφάνεια	Φωτισμός (Τύπος Λαμπτήρα)				Ισχύς (W)	Διάρκεια Φορτίου			Ενέργεια /έτος (KWh)
		πλαίσια (4*18W)	διπλές (2*36W)	μονές (1*36W)	Άλλο		ώρες/μέρα	μέρες/μήνα	μήνες/έτος	
Αίθουσες										
1.1.29	115	14				1.260	6	20	7	983
1.1.1	119	14				1.260	2	4	7	66
Αμφιθέατρο	117		18		5*40W	1.820	2	12	7	284
Γραφεία										
1.1.4	18		4			360	4	20	11	317
1.1.5	18		4			360	4	20	11	317
1.1.6	21		4			360	4	20	11	317
1.1.7	18		4			360	4	20	11	317
1.1.8	21		4			360	4	20	11	317
1.1.9	21		4			360	4	4	11	63
1.1.10	18		4			360	4	20	11	317
1.1.11	18		4			360	4	4	11	63
1.1.13	30		6			540	4	4	11	95
1.1.14	30		6			540	4	4	11	95
1.1.15	26		6			540	4	4	11	95
1.1.16	31		6			540	4	4	11	95
1.1.17	26		6			540	4	4	11	95
1.1.18	30	12				1.080	4	4	11	190
1.1.19	42	12				1.080	4	4	11	190
1.1.20	30	12				1.080	8	20	11	1.900
1.1.21	43	12				1.080	6	20	11	1.425
1.1.30	37		6			540	6	20	11	713
1.1.31	37		6			540	6	20	11	713

Εργαστήρια										
1.1.22	166	43				3.870	10	20	12	9.300
1.1.23 - 1.1.23A - 1.1.23B	149	36	2			3.420	10	20	12	8.200
1.1.25	42	16				1.440	10	20	12	3.500
1.1.26	60	24				2.160	10	20	12	5.200
1.1.27	60	15				1.350	10	20	12	3.200
Διάδρομοι	761			46		2.070	10	20	12	5.000
WC										
1.A.A.WC	16				1*18	23	2	20	11	10
					3*15	56	2	20	11	25
1.A..2.WC	16		2			180	2	20	11	79
Εξωτερικός Φωτισμός	729				20*36	720	10	28	12	2.400
<b>Σύνολο</b>	<b>2,864</b>	<b>210</b>	<b>96</b>	<b>46</b>	<b>29</b>	<b>30.609</b>				<b>45.800</b>

**Πίνακας 3: Εγκαταστάσεις φωτισμού – 2<sup>ος</sup> όροφος**

2ος όροφος - Κτίριο ΗΜΜΥ – Καταγραφή καταναλώσεων φωτισμού											
Χώρος	Επιφάνεια	Φωτισμός (Τύπος Λαμπτήρα)				άλλο	Ισχύς (W)	Διάρκεια Φορτίου			Ενέργεια /έτος (KWh)
		πλαίσια (4*18W)	διπλές (2*36W)	μονές (1*36W)	διπλές (2*58W)			ώρες /μέρα	μέρες /μήνα	μήνες /έτος	
Αίθουσες											
2.1.1	19	2					180	4	8	7	37
2.1.2	19	2					180	4	8	7	37
2.1.3	61		6				540	4	8	7	112
Γραφεία											
2.1.4	20		4				360	4	4	11	63
2.1.5	18		4				360	4	20	11	317
2.1.6	21		4				360	4	20	11	317

2.1.7	18		4			360	4	20	11	317
2.1.8	21		4			360	4	20	11	317
2.1.9	18		4			360	4	4	11	63
2.1.10	21		4			360	4	4	11	63
2.1.11	21		4			360	4	20	11	317
2.1.13	30				6	870	8	4	11	306
2.1.14	30				6	870	8	4	11	306
2.1.15	26				6	870	8	4	11	306
2.1.16	31				6	870	8	20	11	1.531
2.1.17	26	6				540	8	20	11	950
2.1.18	30				3	435	8	20	11	766
2.1.19	29				6	870	8	4	11	306
2.1.20	31				6	870	8	20	11	1.531
2.1.21	26				6	870	8	20	11	1.531
2.1.22	31				6	870	8	4	11	306
2.1.23	26				6	870	8	4	11	306
2.1.24	32				6	870	4	20	11	766
2.1.25	20				4	580	6	20	11	766
2.1.26	18				4	580	8	20	11	1.020
2.1.28	17				4	580	8	20	11	1.020
2.1.29	27		4			360	1	4	11	16
2.1.36	127				4	580	8	20	11	1.020
2.1.37	14				4	580	8	20	11	1.020
2.1.38	13				4	580	8	20	11	1.020
2.1.39	14				4	580	8	20	11	1.020
2.1.40	63		9			810	8	20	11	1.425
2.1.43	13		4			360	8	20	11	634
2.1.44	12		4			360	8	20	11	634

2.1.45	14		4				360	8	20	11	634	
2.1.46	15		4				360	8	20	11	634	
Εργαστήρια												
2.1.12	99		24				2.160	8	20	12	4.147	
2.1.27	19					4	580	8	20	12	1	
2.1.31-2.1.30	117		12				4*60W πυρακτώσεως	1.320	8	20	12	2.534
2.1.32	102	4	20					2.160	8	20	12	4.147
2.1.34	246	16					4*60W πυρακτώσεως	1.680	10	20	12	4.030
2.1.41	127		9					810	8	20	12	1.555
2.1.42	63		9					810	8	20	12	1.555
Διάδρομοι	527				75	15		5.550	10	20	12	12.800
WC												
2.A.1.WC	16		7				1*18W	648	2	20	11	285
2.A.2.WC	16						1*18W	18	2	20	11	8
2.A.3.WC	16							0	2	20	11	0
Σύνολο	2.322	30	148		75	110		10				53.900

**Πίνακας 4: Εγκαταστάσεις φωτισμού – 3<sup>ος</sup> όροφος**

3ος όροφος - Κτίριο ΗΜΜΥ – Καταγραφή καταναλώσεων φωτισμού										
Χώρος	Επιφάνεια	Φωτισμός (Τύπος Λαμπτήρα)				Ισχύς (W)	Διάρκεια Φορτίου			Ενέργεια /έτος (KWh)
		πλαίσια (4*18W)	διπλές (2*36W)	μονές (1*36W)	άλλο		ώρες/μέρα	μέρες/μήνα	μήνες/έτος	
Εργαστήρια										
3.1.2Α,Β,Γ,Δ + 3.1.1	237		17			1.530	3	20	12	1.100
3.1.4 + 3.1.5 + 3.1.6	237		18			1.620	8	20	12	3.110
Διάδρομοι	136				28	1.260	10	20	12	3.000

W/C										
3.A.1.WC	12		2			180	2	20	11	79
3.A.2.WC	12		2			180	2	20	11	79
Σύνολο		0	39	28	0					7.200

**Πίνακας 5: Ανεξάρτητες κλιματιστικές μονάδες (A/C) – Ισόγειο – ψύξη**

Ισόγειο - Κτίριο HMMY – Καταγραφή καταναλώσεων ανεξάρτητων κλιματιστικών μονάδων για ψύξη							
Χώρος	Αριθμός A/C	Ισχύς A/C		Διάρκεια Φορτίου			Ενέργεια /έτος (KWh)
		Απόδοση (BTU/h)	Κατανάλωση για ψύξη (W)	ώρες/μέρα	μέρες/μήνα	μήνες/χρόνο	
Αίθουσες							
0.1.1	1	9.000	1.099	5	20	2	220
Γραφεία							
0.1.14	2	9.000	1.099	5	20	4	769
0.2.16	1	9.000	1.099	5	20	4	385
0.2.15	1	9.000	1.099	5	20	4	385
0.2.13-0.2.14	1	24.000	2.930	2	4	4	82
Εργαστήρια							
0.1.3	2	9.000	1.099	8	20	4	1.231
	2	12.000	1.465			0	0
0.1.2	4	9.000	1.099	6	20	4	1.846
<b>Σύνολο</b>			10.988				4.917

**Πίνακας 6: Ανεξάρτητες κλιματιστικές μονάδες (A/C) – Ισόγειο - θέρμανση**

Ισόγειο - Κτίριο HMMY – Καταγραφή καταναλώσεων κλιματιστικών μονάδων για θέρμανση							
Χώρος	Αριθμός A/C	Ισχύς A/C		Διάρκεια Φορτίου			Ενέργεια /έτος (KWh)
		Απόδοση (BTU/h)	Κατανάλωση για θέρμανση (W)	ώρες/μέρα	μέρες/μήνα	μήνες/χρόνο	
Γραφεία							
0.2.14	2	9.000	1.014	5	8	4	284
0.2.16	1	9.000	1.014	5	8	4	142
<b>Σύνολο</b>							426

**Πίνακας 7: Ανεξάρτητες κλιματιστικές μονάδες (A/C) - 1ος όροφος – ψύξη**

1ος όροφος- Κτίριο ΗΜΜΥ –Καταγραφή καταναλώσεων ανεξάρτητων κλιματιστικών μονάδων για ψύξη							
Χώρος	Αριθμός A/C	Ισχύς A/C		Διάρκεια Φορτίου			Ενέργεια /έτος (KWh)
		Απόδοση (BTU/h)	Κατανάλωση για ψύξη (W)	ώρες/μέρα	μέρες/μήνα	μήνες/χρόνο	
<b>Γραφεία</b>							
1.1.5	1	9.000	1.099	3	8	4	92
1.1.6	1	9.000	1.099	5	20	4	385
1.1.7	1	9.000	1.099	5	20	4	385
1.1.8	1	9.000	1.099	5	20	4	385
1.1.9	1	9.000	1.099	5	4	4	77
1.1.13	1	9.000	1.099	5	4	4	77
1.1.14	1	9.000	1.099	5	4	4	77
1.1.15	1	9.000	1.099	5	4	4	77
1.1.16	1	9.000	1.099	5	4	4	77
1.1.17	1	9.000	1.099	5	4	4	77
1.1.18	1	9.000	1.099	5	4	4	77
1.1.19	1	9.000	1.099	5	4	4	77
1.1.20	1	9.000	1.099	5	4	4	77
1.1.21	1	9.000	1.099	5	20	4	385
1.1.30	2	9.000	1.099	5	20	4	769
<b>Εργαστήρια</b>							
1.1.22	2	9.000	1.099	8	5	4	308
1.1.23 - 1.1.23A - 1.1.23B	1	9.000	1.099	5	5	4	96
1.1.26	2	12.000	1.465	8	5	4	410
1.1.27	1	9.000	1.099	8	5	4	154
<b>Σύνολο</b>							4.060

**Πίνακας 8: Ανεξάρτητες κλιματιστικές μονάδες (A/C) - 1ος όροφος – θέρμανση**

1ος όροφος - Κτίριο ΗΜΜΥ – Καταγραφή καταναλώσεων κλιματιστικών μονάδων για θέρμανση							
Χώρος	Αριθμός A/C	Ισχύς A/C		Διάρκεια Φορτίου			Ενέργεια /έτος (KWh)
		Απόδοση (BTU/h)	Κατανάλωση για Θέρμανση (W)	ώρες/μέρα	μέρες/μήνα	μήνες/χρόνο	
Γραφεία							
1.1.5	1	9.000	1.014	2	12	4	85
1.1.7	1	9.000	1.014	5	20	4	355
1.1.8	1	9.000	1.014	2	12	4	85
1.1.9	1	9.000	1.014	5	4	4	71
1.1.15	1	9.000	1.014	3	4	4	43
1.1.21	1	9.000	1.014	4	8	4	114
1.1.30	2	9.000	1.014	5	12	4	426
Εργαστήρια							
1.1.22	1	9.000	1.014	5	12	4	213
1.1.23 - 1.1.23A - 1.1.23B	1	9.000	1.014	5	12	4	213
1.1.26	2	12.000	1.352	5	12	4	568
<b>Σύνολο</b>							<b>2.172</b>

**Πίνακας 9: Ανεξάρτητες κλιματιστικές μονάδες (A/C) - 2ος όροφος – ψύξη**

2ος όροφος- Κτίριο ΗΜΜΥ – Καταγραφή καταναλώσεων ανεξάρτητων κλιματιστικών μονάδων για ψύξη							
Χώρος	Αριθμός A/C	Ισχύς A/C		Διάρκεια Φορτίου			Ενέργεια /έτος (KWh)
		Απόδοση (BTU/h)	Κατανάλωση για ψύξη (W)	ώρες/μέρα	μέρες/μήνα	μήνες/χρόνο	
Γραφεία							
2.1.6	1	12.000	1.465	1	4	4	21
2.1.7	1	14.000	1.709	5	20	4	598
2.1.8	1	14.000	1.709	2	8	4	96
2.1.10	1	12.000	1.465	5	4	4	103
2.1.13	1	12.000	1.465	5	4	4	103
2.1.14	1	12.000	1.465	5	4	4	103



2.1.15	1	12.000	1.465	5	4	4	103
2.1.18	1	12.000	1.465	5	20	4	513
2.1.19	1	14.000	1.709	5	4	4	120
2.1.24	1	12.000	1.465	5	20	4	513
2.1.25	1	9.000	1.099	5	20	4	385
2.1.26	1	9.000	1.099	5	20	4	385
2.1.27	1	12.000	1.465	5	20	4	513
2.1.28	1	12.000	1.465	5	20	4	513
2.1.36	1	9.000	1.099	5	20	4	385
2.1.37	1	9.000	1.099	5	20	4	385
2.1.38	1	9.000	1.099	5	20	4	385
2.1.42	1	12.000	1.465	5	20	4	513
2.1.45	1	9.000	1.099	8	20	4	615
2.1.46	1	9.000	1.099	5	20	12	1.319
Εγαστήρια							
2.1.34	1	9.000	1.099	8	20	4	615
2.1.41	1	9.000	1.099	6	20	4	461
Σύνολο							8.741

**Πίνακας 10: Ανεξάρτητες κλιματιστικές μονάδες (A/C) - 2ος όροφος - θέρμανση**

2ος όροφος - Κτίριο ΗΜΜΥ – Καταγραφή καταναλώσεων κλιματιστικών μονάδων για θέρμανση							
Χώρος	Αριθμός A/C	Ισχύς A/C		Διάρκεια Φορτίου			Ενέργεια /έτος (KWh)
		Απόδοση (BTU/h)	Κατανάλωση για Θέρμανση (W)	ώρες/μέρα	μέρες/μήνα	μήνες/χρόνο	
Γραφεία							
2.1.6	1	12.000	1.352	1	4	4	19
2.1.7	1	14.000	1.578	2	12	4	133
2.1.18	1	12.000	1.352	4	12	4	227
2.1.24	1	12.000	1.352	3	8	4	114
2.1.28	1	12.000	1.352	5	20	4	473
2.1.36	1	9.000	1.014	4	8	4	114
2.1.37	1	9.000	1.014	3	8	4	85
2.1.38	1	9.000	1.014	2	8	4	57
2.1.42	2	12.000	1.352	1	12	4	114

Εργαστήρια							
2.1.34	10	9.000	1.014	3	20	4	2.130
2.1.41	3	9.000	1.014	1	20	4	213
Σύνολο							3.678

**Πίνακας 11: Ανεξάρτητες κλιματιστικές μονάδες (A/C) - 3ος όροφος – ψύξη**

3ος όροφος- Κτίριο ΗΜΜΥ – Καταγραφή καταναλώσεων ανεξάρτητων κλιματιστικών μονάδων για ψύξη							
Χώρος	Αριθμός A/C	Ισχύς A/C		Διάρκεια Φορτίου			Ενέργεια /έτος (KWh)
		Απόδοση (BTU/h)	Κατανάλωση για ψύξη (W)	ώρες/μέρα	μέρες/μήνα	μήνες/χρόνο	
Εργαστήρια							
3.1.2Α,Β,Γ,Δ + 3.1.1	2	12.000	1.465	5	20	4	1.026
3.1.4 + 3.1.5 + 3.1.6	5	24.000	2.930	8	20	4	8.204
Σύνολο							9.230

**Πίνακας 12: Ανεξάρτητες κλιματιστικές μονάδες (A/C) - 3ος όροφος - θέρμανση**

3ος όροφος - Κτίριο ΗΜΜΥ – Καταγραφή καταναλώσεων κλιματιστικών μονάδων για θέρμανση							
Χώρος	Αριθμός A/C	Ισχύς A/C		Διάρκεια Φορτίου			Ενέργεια /έτος (KWh)
		Απόδοση (BTU/h)	Κατανάλωση για θέρμανση (W)	ώρες/μέρα	μέρες/μήνα	μήνες/χρόνο	
Εργαστήρια							
3.1.2Α,Β,Γ,Δ + 3.1.1	2	12.000	1.352	3	16	4	454
3.1.4 + 3.1.5 + 3.1.6	5	24.000	2.705	3	12	4	1,704
Σύνολο							2,158

**Πίνακας 13: Fan Coils – Ισόγειο – ψύξη**

Ισόγειο - Κτίριο ΗΜΜΥ – Καταγραφή καταναλώσεων fan coils- ψύξη							
Χώρος	Αριθμός A/C	Ισχύς A/C		Διάρκεια Φορτίου			Ενέργεια /έτος (KWh)
		Απόδοση (BTU/h)	Κατανάλωση για ψύξη (W)	ώρες/μέρα	μέρες/μήνα	μήνες/χρόνο	
Αίθουσες							
0.1.10	3	600	30	8	20	2	29
Γραφεία							
0.1.14	4	300	16	8	20	2	20
0.2.13-0.2.14	2	300	16	8	20	2	10
Εργαστήρια							
0.1.3	4	400	22	8	20	3	35
0.1.2	4	400	22	8	20	3	35
<b>Σύνολο</b>			106				130

**Πίνακας 14: Fan Coils – Ισόγειο – θέρμανση**

Ισόγειο - Κτίριο ΗΜΜΥ – Καταγραφή καταναλώσεων fan coils- θέρμανση							
Χώρος	Αριθμός A/C	Ισχύς A/C		Διάρκεια Φορτίου			Ενέργεια /έτος (KWh)
		Απόδοση (BTU/h)	Κατανάλωση για Θέρμανση (W)	ώρες/μέρα	μέρες/μήνα	μήνες/χρόνο	
Αίθουσες							
0.1.10	7	600	30	5	20	6	126
Γραφεία							
0.1.14	4	300	16	8	20	6	61.44
0.2.13-0.2.14	2	300	16	8	20	6	30.72
Εργαστήρια							
0.1.3	4	400	22	5	20	6	52.8
0.1.2	4	400	22	5	20	6	52.8
<b>Σύνολο</b>							323.76

**Πίνακας 15: Fan Coils – 1ος Όροφος – ψύξη**

1ος όροφος - Κτίριο HMMY – Καταγραφή καταναλώσεων fan coils- ψύξη							
Χώρος	Αριθμός A/C	Ισχύς A/C		Διάρκεια Φορτίου			Ενέργεια /έτος (KWh)
		Απόδοση (BTU/h)	Κατανάλωση για ψύξη (W)	ώρες/μέρα	μέρες/μήνα	μήνες/χρόνο	
<b>Αίθουσες</b>							
1.1.1	8	300	16	8	4	2	8
<b>Γραφεία</b>							
1.1.4	2	300	16	8	20	3	13
1.1.5	2	300	16	8	4	3	3
1.1.6	2	300	16	8	20	3	13
1.1.7	2	300	16	8	20	3	13
1.1.8	2	300	16	8	20	3	13
1.1.9	2	300	16	8	4	3	3
1.1.10	2	300	16	8	20	3	13
1.1.13	1	300	16	8	4	3	1
1.1.14	2	300	16	8	8	3	5
1.1.15	2	300	16	8	8	3	5
1.1.16	2	300	16	8	12	3	8
1.1.17	2	300	16	8	12	3	8
1.1.18	1	300	16	8	20	3	6
1.1.19	2	300	16	8	20	3	13
1.1.20	2	300	16	8	20	3	13
1.1.21	2	300	16	8	20	3	13
1.1.30	2	300	16	8	20	3	13
1.1.31	2	300	16	8	16	3	10
<b>Εργαστήρια</b>							
1.1.12 A+B εργαστήριο μικροηλεκτρονικής	4	600	30	8	20	3	48
1.1.22	8	300	16	8	20	3	51
1.1.23 - 1.1.23A - 1.1.23B	4	400	22	8	20	3	35
1.1.25	2	400	22	8	20	3	18
1.1.26	4	300	16	8	20	3	26
1.1.27	2	400	22	8	20	3	18
<b>Σύνολο</b>							<b>367</b>

**Πίνακας 16: Fan Coils – 1ος Όροφος – θέρμανση**

1ος όροφος - Κτίριο ΗΜΜΥ – Καταγραφή καταναλώσεων fan coils- θέρμανση							
Χώρος	Αριθμός A/C	Ισχύς A/C		Διάρκεια Φορτίου			Ενέργεια /έτος (KWh)
		Απόδοση (BTU/h)	Κατανάλωση για Θέρμανση (W)	ώρες/μέρα	μέρες/μήνα	μήνες/χρόνο	
<b>Αίθουσες</b>							
1.1.1	8	300	16	5	4	6	15
<b>Γραφεία</b>							
1.1.4	2	300	16	5	20	6	19
1.1.5	2	300	16	5	20	6	19
1.1.6	2	300	16	5	20	6	19
1.1.7	2	300	16	5	20	6	19
1.1.8	2	300	16	5	20	6	19
1.1.9	2	300	16	5	20	6	19
1.1.10	2	300	16	5	20	6	19
1.1.13	1	300	16	5	20	6	10
1.1.14	2	300	16	5	20	6	19
1.1.15	2	300	16	8	20	6	31
1.1.16	2	300	16	5	20	6	19
1.1.17	2	300	16	5	20	6	19
1.1.18	1	300	16	5	20	6	10
1.1.19	2	300	16	5	20	6	19
1.1.20	2	300	16	5	20	6	19
1.1.21	2	300	16	8	20	6	31
1.1.30	2	300	16	5	20	6	19
1.1.31	2	300	16	5	16	6	15
<b>Εργαστήρια</b>							
1.1.12 A+B εργαστήριο μικροηλεκτρονικής	4	600	30	5	20	6	72
1.1.22	8	300	16	8	20	6	123
1.1.23 - 1.1.23A - 1.1.23B	4	400	22	8	20	6	84
1.1.25	2	400	22	5	20	6	26
1.1.26	4	300	16	5	20	6	38
1.1.27	2	400	22	5	20	6	26
<b>Σύνολο</b>							<b>732</b>

**Πίνακας 17: Fan Coils – 2ος Όροφος – ψύξη**

2ος όροφος - Κτίριο ΗΜΜΥ – Καταγραφή καταναλώσεων fan coils- ψύξη							
Χώρος	Αριθμός A/C	Ισχύς A/C		Διάρκεια Φορτίου			Ενέργεια /έτος (KWh)
		Απόδοση (BTU/h)	Κατανάλωση για ψύξη (W)	ώρες/μέρα	μέρες/μήνα	μήνες/χρόνο	
Αίθουσες							
2.1.3	8	300	16	8	8	2	16.384
Γραφεία							
2.1.4	2	300	16	8	20	2.5	12.8
2.1.5	2	300	16	8	20	2.5	12.8
2.1.6	2	300	16	8	20	2.5	12.8
2.1.7	2	300	16	8	20	2.5	12.8
2.1.8	2	300	16	8	4	2.5	2.56
2.1.9	2	300	16	8	8	2.5	5.12
2.1.10	2	300	16	8	8	2.5	5.12
2.1.11	2	300	16	8	8	2.5	5.12
2.1.13	2	300	16	8	8	2.5	5.12
2.1.14	2	300	16	8	8	2.5	5.12
2.1.15	2	300	16	8	4	2.5	2.56
2.1.16	2	300	16	8	20	2.5	12.8
2.1.17	2	300	16	8	20	2.5	12.8
2.1.18	2	300	16	8	20	2.5	12.8
2.1.19	2	300	16	8	8	2.5	5.12
2.1.20	2	300	16	8	20	2.5	12.8
2.1.21	2	300	16	8	20	2.5	12.8
2.1.22	2	300	16	8	8	2.5	5.12
2.1.23	2	300	16	8	8	2.5	5.12
2.1.24	2	300	16	8	20	2.5	12.8
2.1.25	1	300	16	8	20	2.5	6.4
2.1.26	1	300	16	8	20	2.5	6.4
2.1.27	1	300	16	8	20	2.5	6.4
2.1.28	1	300	16	8	20	2.5	6.4
2.1.29	2	300	16	8	20	2.5	12.8
2.1.36	1	200	12	8	20	2.5	4.8
2.1.37	1	200	12	8	20	2.5	4.8

2.1.38	1	200	12	8	20	2.5	4.8
2.1.39	1	200	12	8	20	2.5	4.8
2.1.40	2	400	22	8	12	2.5	10.56
	2	200	12	8	12	2.5	5.76
2.1.42	2	400	22	8	20	2.5	17.6
	2	200	12	8	20	2.5	9.6
2.1.43	1	200	12	8	20	2.5	4.8
2.1.44	1	200	12	8	20	2.5	4.8
2.1.45	1	200	12	8	20	2.5	4.8
2.1.46	1	200	12	8	20	2.5	4.8
Εγαστήρια							
2.1.12	4	300	16	9	20	2.5	28.8
2.1.31-2.1.30	8	300	16	6	20	2.5	38.4
2.1.32	8	300	16	9	20	2.5	57.6
2.1.34	8	300	16	9	20	2.5	57.6
2.1.41	16	400	16	5	20	2.5	64
	2	200	12	6	20	2.5	7.2
Σύνολο							564.384

**Πίνακας 18: Fan Coils – 2ος Όροφος – θέρμανση**

2ος όροφος - Κτίριο HMMY – Καταγραφή καταναλώσεων fan coils- θέρμανση							
Χώρος	Αριθμός A/C	Ισχύς A/C		Διάρκεια Φορτίου			Ενέργεια /έτος (KWh)
		Απόδοση (BTU/h)	Κατανάλωση για Θέρμανση (W)	ώρες/μέρα	μέρες/μήνα	μήνες/χρόνο	
Αίθουσες							
2.1.3	8	300	16	3	8	6	18.432
Γραφεία							
2.1.4	2	300	16	8	20	6	30.72
2.1.5	2	300	16	8	20	6	30.72
2.1.6	2	300	16	8	20	6	30.72
2.1.7	2	300	16	8	20	6	30.72
2.1.8	2	300	16	8	4	6	6.144
2.1.9	2	300	16	8	4	6	6.144
2.1.10	2	300	16	8	8	6	12.288
2.1.11	2	300	16	8	4	6	6.144
2.1.13	2	300	16	8	4	6	6.144
2.1.14	2	300	16	8	4	6	6.144

2.1.15	2	300	16	8	4	6	6.144
2.1.16	2	300	16	8	20	6	30.72
2.1.17	2	300	16	8	20	6	30.72
2.1.18	2	300	16	8	20	6	30.72
2.1.19	2	300	16	8	4	6	6.144
2.1.20	2	300	16	8	20	6	30.72
2.1.21	2	300	16	8	20	6	30.72
2.1.22	2	300	16	8	8	6	12.288
2.1.23	2	300	16	8	8	6	12.288
2.1.24	2	300	16	8	20	6	30.72
2.1.25	1	300	16	8	20	6	15.36
2.1.26	1	300	16	8	20	6	15.36
2.1.27	1	300	16	8	20	6	15.36
2.1.28	1	300	16	8	20	6	15.36
2.1.29	2	300	16	8	20	6	30.72
2.1.36	1	200	12	8	20	6	11.52
2.1.37	1	200	12	8	20	6	11.52
2.1.38	1	200	12	8	20	6	11.52
2.1.39	1	200	12	8	20	6	11.52
2.1.40	2	400	22	8	12	6	25.344
	2	200	12	8	12	6	13.824
2.1.42	2	400	22	8	20	6	42.24
2.1.43	1	200	12	8	20	6	11.52
2.1.44	1	200	12	8	20	6	11.52
2.1.45	1	200	12	8	20	6	11.52
2.1.46	1	200	12	8	20	6	11.52
Εγκαστήρια							
2.1.12	4	300	16	8	20	6	61.44
2.1.31-2.1.30	8	300	16	8	20	6	122.88
2.1.32	8	300	16	10	20	6	153.6
2.1.34	16	300	16	8	20	6	245.76
2.1.41	2	400	22	8	20	6	42.24
	2	200	12	8	20	6	23.04
Σύνολο							1320.192



**Πίνακας 19: Fan Coils – 3ος Όροφος – ψύξη**

3ος όροφος - Κτίριο HMMY – Καταγραφή καταναλώσεων fan coils- ψύξη							
Χώρος	Αριθμός A/C	Ισχύς A/C		Διάρκεια Φορτίου			Ενέργεια /έτος (KWh)
		Απόδοση (BTU/h)	Κατανάλωση για ψύξη (W)	ώρες/μέρα	μέρες/μήνα	μήνες/χρόνο	
Εργαστήρια							
3.1.2Α,Β,Γ,Δ + 3.1.1	16	300	16	8	20	3	102
3.1.4 + 3.1.5 + 3.1.6	16	300	16	8	20	3	102
Σύνολο							205

**Πίνακας 20: Fan Coils – 3ος Όροφος – θέρμανση**

3ος όροφος - Κτίριο HMMY – Καταγραφή καταναλώσεων fan coils- θέρμανση							
Χώρος	Αριθμός A/C	Ισχύς A/C		Διάρκεια Φορτίου			Ενέργεια /έτος (KWh)
		Απόδοση (BTU/h)	Κατανάλωση για Θέρμανση (W)	ώρες/μέρα	μέρες/μήνα	μήνες/χρόνο	
Εργαστήρια							
3.1.2Α,Β,Γ,Δ + 3.1.1	16	300	16	8	30	6	369
3.1.4 + 3.1.5 + 3.1.6	16	300	16	8	30	6	369
Σύνολο							737

**Πίνακας 21: Ηλεκτρικές Συσκευές – Ισόγειο**

Ισόγειο - Κτίριο HMMY – Καταγραφή διαφόρων ηλεκτρικών συσκευών													
Χώρος	HY	Διάρκεια Φορτίου HY			Ενέργεια /έτος (kWh)	περιφερειακά			Ενέργεια /έτος (0,5% διάρκειας HY)(kWh)	Άλλο είδος	Ισχύς (kW)	Ενέργεια /έτος (kWh/έτος)	Συνολική Ενέργεια σε 1 έτος (kWh)
	πλήθος	ώρες/μέρα	μέρες/μήνα	μήνες/χρόνο		scanners (40W)	εκτυπωτές inkjet (45W)	εκτυπωτές laser (500W)					
Αίθουσες													
0.1.14										projector	0	6	6
Γραφεία													0

0.1.14	4	8	20	11	1.408		1	2	9	φωτοτυπικό * 2	3	407	1,824
									0	ψυγείο	1	4,320	4,320
									0	fax	1	64	64
0.2.16	3	8	20	11	1.056		1		0				1,056
0.2.15	1	8	20	11	352		1		0	ψυγείο	0	778	1,130
0.2.13- 0.2.14	4	5	20	11	880	1		1	3	fax	1	64	947
Εργαστήρια									0				0
0.1.15	2	8	20	11	704	1		1	5	εργαστηριακός εξοπλισμός		289	998
	1	24	30	12	1.728				0				1,728
0.1.3	10	12	20	11	5.280			1	7				5,287
0.1.2	3	5	20	11	660			1	3				663
0.1.8	5	24	30	12	8.640				0	φωτοτυπικό	1	202	8,842
Σύνολο	33				20.708	2	3	6	27			6,131	26,866

**Πίνακας 22: Ηλεκτρικές Συσκευές – 1ος Όροφος**

1ος όροφος - Κτίριο HMMY – Καταγραφή διαφόρων ηλεκτρικών συσκευών													
Χώρος	HY πλήθος	Διάρκεια Φορτίου HY			Ενέργεια/έτος (kWh)	περιφερειακά			Ενέργεια /έτος (0,5% διάρκειας HY)	Άλλο είδος	Ισχύς (kW)	Ενέργεια /έτος (kWh/έτος)	Συνολική Ενέργεια σε 1 έτος (kWh)
		ώρες/μέρα	μέρες/μήνα	μήνες/χρόνο		scanners (40W)	εκτυπωτές inkjet (45W)	εκτυπωτές laser (500W)					
Γραφεία													
1.1.4	1	8	20	11	352				0				352
1.1.5	1	12	20	11	528		1		1	πολυμηχάνημα	1	145	674
									0	ψυγείο	0	778	778
1.1.6	1	8	20	11	352				0				352
1.1.7	1	10	20	11	440			1	6	θερμαντικό σώμα	1	144	590
1.1.8	1	10	20	11	440			1	6				446
1.1.9	1	10	4	11	88				0				88
1.1.10	1	10	20	11	440			1	6				446
1.1.11	1	6	20	11	264			1	3	θερμάστρα	1	58	325

1.1.13	1	8	20	11	352			2	9	ψυγείο	0	778	1,138
									0	πολυμηχάνημα	1	145	145
1.1.14	1	10	4	11	88				0				88
1.1.15	1	9	4	11	79				0				79
1.1.16	1	9	4	11	79				0				79
1.1.17	1	9	4	11	79				0				79
1.1.18	1	9	4	11	79				0				79
1.1.19	1	10	4	11	88				0				88
1.1.20	2	8	4	11	141				0				141
1.1.21	2	24	30	11	3.168			1	20				3,188
1.1.30	9	4	20	11	1.584		1	3	7	ψυγείο	0	778	2,368
									0	φούρνος μικροκυμάτων	0	11	11
Εργαστήρια									0				0
1.1.22	25	10	20	11	11.000	1	1		1	φούρνος μικροκυμάτων	0	11	11,012
									0	ψυγείο	0	778	778
1.1.23A - 1.1.23B	13	12	20	11	6.864	1		3	20	φωτοτυπικό μηχανημα	1	407	7,292
1.1.25	1	24	30	12	1.728			3	65	φωτοτυπικό μηχανημα	1	407	2,200
1.1.26	8	24	30	12	13.824			1	22	ψυγείο	0	778	14,623
1.1.27	5	24	20	12	5.760			1	14	φωτοτυπικό μηχανημα	1	203	5,978
									0	ψυγείο	0	778	778
									0	φούρνος μικροκυμάτων	0	11	11
server room	1	24	20	12	23.040				0				23,040
Σύνολο	81				70.858	2	3	18	178			6,210	77,245

**Πίνακας 23: Ηλεκτρικές Συσκευές – 2ος Όροφος**

2ος όροφος - Κτίριο ΗΜΜΥ – Καταγραφή διαφόρων ηλεκτρικών συσκευών													
Χώρος	ΗΥ	Διάρκεια Φορτίου ΗΥ			Ενέργεια/έτος (kWh)	περιφερειακά			Ενέργεια /έτος (0,5% διάρκειας ΗΥ)	Άλλο είδος	Ισχύς (kW)	Ενέργεια /έτος (kWh/έτος)	Συνολική Ενέργεια σε 1 έτος (kWh)
	πλήθος	ώρες/μέρα	μέρες/μήνα	μήνες/χρόνο		scanners (40W)	εκτυπωτές inkjet (45W)	εκτυπωτές laser (500W)					
Γραφεία													
2.1.4	1	10	20	11	440				0				440
2.1.5	2	5	20	11	440		1		0	ψυγείο	0	778	1,218
									0	θερμάστρα	1	128	128
2.1.6	1	8	5	11	88			1	1				89
2.1.7	1	12	20	11	528			1	7	ψυγείο	0	778	1,312
	1	24	20	11	1.056				0	φούρνος μικροκυμάτων	0	11	1,067
2.1.9	1	10	20	11	440				0				440
2.1.10	1	10	20	11	440				0				440
2.1.11	1	10	20	11	440			1	6				446
2.1.13	2	8	20	11	704				0				704
2.1.14	1	8	20	11	352				0				352
2.1.15	2	8	20	11	704				0				704
2.1.16	1	12	20	11	528			1	7				535
	1	6	20	11	264				0				264
2.1.17	2	10	20	11	880			1	6				886
2.1.18	1	8	20	11	352				0	φωτοτυπικό	1	204	556
2.1.19	1	8	20	11	352				0				352
2.1.20	4	6	20	11	1.056		2	2	7				1,063
2.1.21	1	8	20	11	352		2		1	ψυγείο	0	778	1,130

2.1.22	3	8	20	11	1.056			1	4				1,060
2.1.23	2	8	20	11	704				0				704
2.1.24	2	12	20	11	1.056			2	13				1,069
2.1.25	1	6	20	11	264		1		0				264
2.1.26	6	12	20	11	3.168				0	ψυγείο	0	778	3,946
2.1.27	2	8	20	11	704				0				704
2.1.28	5	7	20	11	1.540				0				1,540
2.1.29									0	φωτοτυπικό	1	611	611
2.1.36	1	10	20	11	440			3	17				457
2.1.37	1	8	20	11	352				0				352
2.1.38	1	10	20	11	440				0				440
2.1.39	3	10	20	11	1.320			1	6				1,326
2.1.40	4	5	20	11	880				0				880
2.1.42	8	3	20	11	1.056	1	1		0	φωτοτυπικό	1	204	1,260
									0	φούρνος μικροκυμάτων	0	11	11
									0	ψυγείο	0	778	778
2.1.43	1	10	20	11	440		1		0	θερμάστρα	1	51	492
2.1.45	2	10	20	11	880				0	φωτοτυπικό	1	407	1,287
2.1.46	4	8	20	11	1.408		1		0				1,408
Εγαστήρια			20	11	0				0				0
2.1.12	9	5	20	11	1.980	1	1		3	ψυγείο	0	778	2,761
									0	θερμάστρα	1	408	408
2.1.31-2.1.30	3	10	20	11	1.320				0	ανεμιστήρας	0	9	1,329
2.1.32	11	12	20	11	5.808			4	26	ψυγείο	0	778	6,612
	3	24	30	12	5.184				0				5,184

2.1.34	30	24	30	12	51.840		4	10	224	ψυγείο	0	778	52,841
2.1.41	2	10	20	11	880				0				880
server room	1	24	30	12	83.520				0				83,520
Σύνολο	130	415	855	465	175.656	2	13	29	328	0	10	8,265	184,249

**Πίνακας 24: Ηλεκτρικές Συσκευές – 3ος Όροφος**

3ος όροφος - Κτίριο ΗΜΜΥ – Καταγραφή διαφόρων ηλεκτρικών συσκευών													
Χώρος	ΗΥ	Διάρκεια Φορτίου ΗΥ			Ενέργεια /έτος (kWh)	περιφερειακά			Ενέργεια /έτος (0,5% διάρκειας ΗΥ)	Άλλο είδος	Ισχύς (kW)	Ενέργεια /έτος (kWh/έτος)	Συνολική Ενέργεια σε 1 έτος (kWh)
	πλήθος	ώρες /μέρα	μέρες /μήνα	μήνες /χρόνο		scanners (40W)	εκτυπωτές inkjet (45W)	εκτυπωτές laser (500W)					
3.1.2Α,Β,Γ,Δ + 3.1.1	5	5	20	11	1.100			2	6	φούρνος μικροκυμάτων	0	11	1,117
	2	24	30	12	3.312				0	ψυγείο	0	778	4,090
3.1.4 + 3.1.5 + 3.1.6	15	8	20	11	5.280			3	13	φούρνος μικροκυμάτων	0	11	5,304
									0	τηλεόραση	0	2	2
	5	24	30	12	8.640				0	ψυγείο	0	778	9,418
Σύνολο	27				18.332	0		5	19		1	1,580	19,931

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β – Καταγραφή στο Λαμπαδάριο Κτίριο

Πίνακας 25: Καταναλώσεις Φωτισμού – Υπόγειο

Υπόγειο - Κτίριο Λαμπαδάριο – Καταγραφή καταναλώσεων φωτισμού									
Χώρος	Φωτισμός (Τύπος Λαμπτήρα)				Ισχύς (W)	Διάρκεια Φορτίου			Ενέργεια /έτος (KWh)
	πλαίσια (4*18W)	διπλές (2*36W)	μονές (1*36W)	άλλο		ώρες/μέρα	μέρες/μήνα	μήνες/έτος	
Υ21	1	7	1		765	5	20	8	612
Υ23 (εργαστήριο)		25	20		3.150	2	8	10	504
Διάδρομοι	15				1.350	10	30	12	4860
WC	1	4			450	2	20	10	180
Υ14 - Υ14.1					0				0
Κλίμακα 1	4				360	10	30	12	1296
Κλίμακα 2			1		45	1	20	10	9
<b>Σύνολο</b>	<b>21</b>	<b>36</b>	<b>22</b>	<b>0</b>	<b>6.120</b>				<b>7461</b>

Πίνακας 26: Καταναλώσεις Φωτισμού – Ισόγειο

Ισόγειο - Κτίριο Λαμπαδάριο – Καταγραφή καταναλώσεων φωτισμού										
Χώρος	Επιφάνεια	Φωτισμός (Τύπος Λαμπτήρα)				Ισχύς (W)	Διάρκεια Φορτίου			Ενέργεια /έτος (KWh)
		πλαίσια (4*18W)	διπλές (2*36W)	μονές (1*36W)	άλλο		ώρες/μέρα	μέρες/μήνα	μήνες/έτος	
αμφ. Λ19	173		40			3.600	4	8	4	460.8
θυρωρείο	44	4				360	20	20	12	1728
διάδρομοι	115	17				1.530	10	30	12	5508
Βεσκούκης	25		2	1		225	6	20	4	108
εργ. Δορυφ. Γεωδ.	69		5	4		630	8	20	10	1008
Κλίμακα 1	152	9				810	10	30	12	2916
Μουσείο	85	6				540	8	30	10	1296
Κορακίτης	22		2	1		225	5	20	4	90
Τζώρτζης	20		3			270	5	20	10	270
Δουκάκης	20		3			270	5	20	4	108
Κλίμακα 2	19				1*18	22,5	2	20	10	9
εργ. Δομικής -μηχανές	87		12			1.080	6	1	1	6.48

εργ.Δομικής ΗΥ	67				6*24	180	6	1	1	1.08
ένωση με πτέρυγα	20		2	2		270	8	30	10	648
<b>Σύνολο</b>	<b>918</b>	<b>36</b>	<b>69</b>	<b>8</b>		<b>10.012,5</b>				<b>14157.36</b>

**Πίνακας 27: Καταναλώσεις Φωτισμού – 1ος Όροφος**

1ος όροφος - Κτίριο Λαμπαδάριο – Καταγραφή καταναλώσεων φωτισμού										
Χώρος	Επιφάνεια	Φωτισμός (Τύπος Λαμπτήρα)				Ισχύς (W)	Διάρκεια Φορτίου			Ενέργεια /έτος (kWh)
		πλαίσια (4*18W)	διπλές (2*36W)	μονές (1*36W)	μονές (1*18W)		ώρες/μέρα	μέρες/μήνα	μήνες/έτος	
διάδρομος 1	82	9				810	10	30	12	2916
διάδρομος 2	72	9				810	10	30	12	2916
Κλίμακα 1	90	7				630	10	30	12	2268
Κλίμακα 2	20				1*18	22,5	2	20	10	9
113	32		2	3		315	6	20	5	189
Ζησόπουλος	32	4				360	4	20	5	144
114	32		6	2		630	4	20	5	252
γραφείο	32		6	2		630	4	20	5	252
γραφείο & κουζίνα	32		6	2		630	4	20	5	252
118	32		4	2		450	10	20	4	360
2 wc	21		4			360	2	20	10	144
107	20		4			360	6	20	10	432
103	32		4	2		450	6	20	11	594
110	55		4	4		540	6	8	5	129.6
101 Καρράς	32		4	2		450	10	20	11	990
113α	32		4	1		405	4	20	4	129.6
106	20		3			270	10	20	10	540
ένωση με πτέρυγα	20		2			180	8	30	10	432
104	32	3				270	3	20	5	81
συνεδριακός χώρος	64	12				1.080	4	8	2	69.12
102 (εργ.)	64		8	4		900	5	20	5	450
108	14		4	2		450	2	20	4	72
101β	32		4	2		450	5	20	4	180
120 ή 123 Μηλάς	19		2	2		270	6	20	10	324
Βέη	17					0	0	0	0	0
122 ή 121	13		4	1		405	6	20	10	486
124	19		4	1		405	5	20	4	162
120	20		4			360	5	20	4	144



117 μισό	32		5	2		540	5	20	5	270
115	32		8			720	1	5	10	36
103α	32		4	2		450	1	5	10	22.5
<b>Σύνολο</b>	1078	44	100	36	1	14.602,5				15245.82

**Πίνακας 28: Καταναλώσεις Φωτισμού – 2ος Όροφος**

2ος όροφος - Κτίριο Λαμπαδάριο – Καταγραφή καταναλώσεων φωτισμού										
Χώρος	Επιφάνεια	Φωτισμός (Τύπος Λαμπτήρα)				Ισχύς (W)	Διάρκεια Φορτίου			Ενέργεια /έτος (Wh)
		πλαίσια (4*18W)	διπλές (2*36W)	μονές (1*36W)	μονές (1*18W)		ώρες/μέρα	μέρες/μήνα	μήνες/έτος	
διάδρομος 1	77	8				720	10	30	12	2592
διάδρομος 2	68	7				630	10	30	12	2268
Κλίμακα 1	88	8				720	10	30	12	2592
Κλίμακα 2	20				1*18	22,5	2	20	10	9
2 wc	21		2	2		270	2	20	10	108
γραφείο	24	1	2	1		315	6	20	5	189
γραφείο	25		3	1		315	5	20	5	157.5
						0				0
219 ή 225	20	4	1			450	4	20	11	396
223	15		3			270	5	20	5	135
221	19	4		1		405	5	20	5	202.5
μικρή αποθήκη	20		2			180	2	20	10	72
215	24					0	5	20	10	0
216α	30		4			360	5	20	10	360
κουζίνα &wc (225)	8			2		90	4	20	10	72
βιβλιοθήκη	50		6	3		675	3	20	5	202.5
;	63		8	2		810	4	20	5	324
Αίθουσα ΗΥ	94		16	2		1.530	4	20	5	612
ένωση με πτέρυγα	20			2		90	8	30	10	216
Βασιλείου	38		8	4		900	6	20	10	1080
Γραμματεία	20		2	2		270	8	20	10	432
Ρόκκος	40		5	3		585	6	20	10	702
202	48		6	2		630	5	20	5	315
214α	32		2	2		270	4	20	5	108
214β	32		2	2		270	4	20	5	108
225 wc	14					0				0
						0	5	20	5	0

<b>Κουζίνα</b>	10			2		90	4	20	10	72
<b>225</b>	33		4	2		450	4	5	10	90
<b>217 (διαφ.)</b>	16		2	1		225	5	1	10	11.25
<b>217α ,β</b>	32		4	2		450	5	1	10	22.5
<b>216</b>	33		4	2		450	6	20	10	540
<b>215β</b>	12		2	1		225	4	4	10	36
<b>;</b>	12		2	1		225	4	20	5	90
<b>Σύνολο</b>	1058	32	90	42	1	12.892,5				14.114,25

**Πίνακας 29: Καταναλώσεις Φωτισμού – 2ος Όροφος**

3ος όροφος - Κτίριο Λαμπαδάριο – Καταγραφή καταναλώσεων φωτισμού									
Χώρος	Φωτισμός (Τύπος Λαμπτήρα)				Ισχύς (W)	Διάρκεια Φορτίου			Ενέργεια /έτος (KWh)
	πλαίσια	διπλές	μονές	άλλο		ώρες/μέρα	μέρες/μήνα	μήνες/έτος	
<b>Κλίμακα</b>	4				360	10	30	12	1.296
<b>Σύνολο</b>					360				1.296

**Πίνακας 30: Καταναλώσεις Φωτισμού – Ανακαινιζόμενη Πτέρυγα**

Ανακαινιζόμενη πτέρυγα - Κτίριο Λαμπαδάριο – Καταγραφή καταναλώσεων φωτισμού									
Χώρος	Φωτισμός (Τύπος Λαμπτήρα)				Ισχύς (W)	Διάρκεια Φορτίου			Ενέργεια /έτος (KWh)
	πλαίσια	διπλές	μονές	άλλο		ώρες/μέρα	μέρες/μήνα	μήνες/έτος	
μικρό αμφιθέατρο				πυρακτώσεως 26*150W	3900	4	20	9	2808
μεγάλο αμφιθέατρο				πυρακτώσεως 25*150W	3750	4	20	9	2700
<b>Διάδρομος</b>	15				1350	10	30	12	4860
<b>Σύνολο</b>	15				9000				10368

**Πίνακας 31: Κατανάλωση Ψύξης – Ισόγειο**

Ισόγειο - Κτίριο Λαμπαδάριο – Καταγραφή καταναλώσεων ψύξης							
Χώρος	Επιφάνεια	Ισχύς A/C		Διάρκεια Φορτίου			Ενέργεια /έτος (KWh)
		Απόδοση ψύξης (BTU/h)	Κατανάλωση για ψύξη (W)	ώρες/μέρα	μέρες/μήνα	μήνες/χρόνο	

<b>Βεσκούκης</b>	25	14000	1465	4	20	3	351.6
<b>Κορακίτης</b>	22	9000	817	4	20	4	261.44
<b>Τζώρτζης</b>	20	9000	817	5	20	3	245.1
<b>Εργ.Δορυφ. Γεωδ.</b>	69	18000	1883.571429	8	20	4	1205.485714
<b>Εργ.Δομικής -μηχανές</b>	87	18000	1883.571429	5	2	1	18.83571429
<b>Θυρωρείο</b>	44	9000	817	9	20	3	441.18
<b>Σύνολο</b>			7683.142857				2523.641429

**Πίνακας 32: Κατανάλωση Ψύξης – 1ος Όροφος**

<b>1ος όροφος - Κτίριο Λαμπαδάριο – Καταγραφή καταναλώσεων ψύξης</b>							
Χώρος	Επιφάνεια	Ισχύς A/C		Διάρκεια Φορτίου			Ενέργεια /έτος (KWh)
		Απόδοση ψύξης (BTU/h)	Κατανάλωση για ψύξη (W)	ώρες/μέρα	μέρες/μήνα	μήνες/χρόνο	
<b>113</b>	32	9000	941.7857143	8	20	3	452.0571429
<b>Ζησόπουλος</b>	32	14000	1465	4	20	3	351.6
<b>114</b>	32	14000	1465	4	20	3	351.6
<b>γραφείο</b>	32	9000	941.7857143	5	20	3	282.5357143
<b>γραφείο &amp; κουζίνα</b>	32	9000	941.7857143	5	20	3	282.5357143
<b>118</b>	32	14000	1465	10	20	5	1465
<b>107</b>	20	9000	941.7857143	6	20	3	339.0428571
<b>103</b>	32	14000	1465	8	26	4	1218.88
<b>110</b>	55	9000	941.7857143	6	8	3	135.6171429
<b>101 Καρράς</b>	32	9000	941.7857143	10	20	3	565.0714286
<b>113α</b>	32	9000	941.7857143	5	20	3	282.5357143
<b>106</b>	20	9000	941.7857143	1	20	3	56.50714286
<b>104</b>	32	9000	941.7857143	2	20	3	113.0142857
<b>συνεδριακός χώρος</b>	64	14000	1465	4	1	1	5.86
<b>102 (εργ.)</b>	64	14000	1465	5	20	3	439.5
<b>108</b>	14	14000	1465	2	20	3	175.8
<b>101β</b>	32	14000	1465	3	20	3	263.7
<b>120 ή 123 Μηλάς</b>	19	14000	1465	6	20	3	527.4
<b>122 ή 121</b>	13	14000	1465	5	20	3	439.5

<b>124</b>	19	9000	941.7857143	6	20	3	339.0428571
<b>120</b>	20	9000	941.7857143	6	20	3	339.0428571
<b>117 μισό</b>	32	14000	1465	6	20	3	527.4
<b>115</b>	32	18000	1883.571429	5	1	3	28.25357143
<b>103α</b>	32	9000	941.7857143	5	1	3	14.12678571
<b>Σύνολο</b>			29300				8995.623214

**Πίνακας 33: Κατανάλωση Ψύξης – 2ος Όροφος**

2ος όροφος - Κτίριο Λαμπαδάριο – Καταγραφή καταναλώσεων ψύξης							
Χώρος	Επιφάνεια	Ισχύς A/C		Διάρκεια Φορτίου			Ενέργεια /έτος (KWh)
		Απόδοση ψύξης (BTU/h)	Κατανάλωση για ψύξη (W)	ώρες/μέρα	μέρες/μήνα	μήνες/χρόνο	
<b>γραφείο</b>	24	9000	941.7857143	6	20	3	339.0428571
<b>γραφείο</b>	25	9000	941.7857143	7	20	3	395.55
<b>219 ή 225</b>	20	14000	1465	3	20	3	263.7
<b>223</b>	15	14000	1465	7	20	3	615.3
<b>221</b>	19	14000	1465	5	20	3	439.5
<b>215</b>	24	9000	941.7857143	6	20	3	339.0428571
<b>216α</b>	30	14000	1465	1	20	3	87.9
<b>βιβλιοθήκη</b>	50	14000	1465	3	20	3	263.7
<b>;</b>	63	18000	1883.571429	4	20	3	452.0571429
<b>Αίθουσα ΗΥ</b>	94	36000	3767.142857	3	20	3	678.0857143
<b>Βασιλείου</b>	38	14000	1465	5	20	3	439.5
<b>Γραμματεία</b>	20	9000	941.7857143	8	20	3	452.0571429
<b>Ρόκκος</b>	40	18000	1883.571429	6	20	3	678.0857143
<b>202</b>	48	27000	2825.357143	3	20	3	508.5642857
<b>214α</b>	32	9000	941.7857143	4	20	3	226.0285714
<b>214β</b>	32	14000	1465	10	20	3	879
<b>225</b>	33	14000	1465	2	1	3	8.79
<b>217α ,β</b>	32	9000	941.7857143	2	1	3	5.650714286
<b>216</b>	33	14000	1465	10	20	3	879
<b>215β</b>	12	9000	941.7857143	4	1	3	11.30142857

;	12	9000	941.7857143	5	20	3	282.5357143
<b>Σύνολο</b>			31078.92857				8244.392143

**Πίνακας 34: Κατανάλωση Ψύξης – Ανακαινιζόμενη Πτέρυγα**

Ανακαινιζόμενη πτέρυγα - Κτίριο Λαμπαδάριο – Καταγραφή καταναλώσεων ψύξης							
Χώρος	Επιφάνεια	Ισχύς A/C		Διάρκεια Φορτίου			Ενέργεια /έτος (KWh)
		BTU/h	W	ώρες/μέρα	μέρες/μήνα	μήνες/χρόνο	
μεγάλο αμφιθέατρο			38400	3	8	3	1382.4
			112800	3	8	3	4060.8
Σύνολο							5443.2

**Πίνακας 35: Ηλεκτρικές Συσκευές – Ισόγειο**

Ισόγειο - Κτίριο Λαμπαδάριο – Καταγραφή διαφόρων ηλεκτρικών συσκευών												
Χώρος	HY	Διάρκεια Φορτίου HY			Ενέργεια/έτος (KWh)	περιφερειακά		Ενέργεια /έτος (0,5% διάρκειας HY)	Άλλο είδος	Ισχύς (W)	Ενέργεια /έτος (kWh/έτος)	Συνολική Ενέργεια σε 1 έτος (kWh)
	πλήθος	ώρες/μέρα	μέρες/μήνα	μήνες/χρόνο		scanners (20W)	printers (80W)					
αμφ. Λ19									προτζέκτορας	150	3	3
Βεσκούκης	2	24	30	12	3456	1	1	4.32				3460.32
εργ. Δορυφ. Γεωδ.	8	12	30	12	6912							6912
Κορακίτης	1	20	30	12	1440		1	2.88	ψυγείο	400	3456	4898.88
Τζώρτζης					0				ψυγείο	400	3456	3456
εργ. Δομικής - μηχανές					0				2 μηχανές θλίψης	1000	4	4
εργ.Δομικής HY	1	24	30	12	1728				δοκιμαστική μηχανή, κλίβανος	3000	0	1728
<b>Σύνολο</b>	12				13536			7.2			6919	20462.2

Πίνακας 36: Ηλεκτρικές Συσκευές –1ος Όροφος

1ος όροφος - Κτίριο Λαμπαδάριο – Καταγραφή διαφόρων ηλεκτρικών συσκευών												
Χώρος	ΗΥ	Διάρκεια Φορτίου ΗΥ			Ενέργεια/έτος (kWh)	περιφερειακά		Ενέργεια /έτος (0,5% διάρκειας ΗΥ)	Άλλο είδος	Ισχύς (kW)	Ενέργεια /έτος (kWh/έτος)	Συνολική Ενέργεια σε 1 έτος (kWh)
	πλήθος	ώρες/μέρα	μέρες/μήνα	μήνες/χρόνο		scanners (20W)	printers (80W)					
113	3	8	20	10	960		2	1.28	φωτοτυπικό	1.5	270	1231.28
Ζησόπουλος	3	6	20	10	720		4	1.92				721.92
114	2	10	20	10	800	1	1	1	κουζίνα, ψυγείο	0.4	3456	4257
γραφείο	2	8	20	10	640		1	0.64	ψυγείο	0.4	3456	4096.64
γραφείο & κουζίνα	2	8	20	10	640			0				640
118	1	7	20	10	280			0				280
107	1	6	20	10	240		1	0.48				240.48
103	1	8	20	10	320		1	0.64				320.64
110	2	6	20	10	480			0	ψυγείο	0.4	3456	3936
101 Καρράς	1	15	20	10	600		3	3.6	φωτοτυπικό	1.5	270	873.6
113α	1	4	16	10	128			0	ψυγείο	0.4	3456	3584
106	1	10	20	9	360		1	0.72				360.72
ένωση με πτέρυγα								0				0
104								0	ψυγείο	0.4	3456	3456
συνεδριακός χώρος								0				0
102 (εργ.)	5	8	20	10	1600		1	0.64	πλώττερ	0.14	280	1880.64
108	2	24	30	12	3456		2	6.912	ψυγείο	0.4	3456	6918.912
101β	1	8	20	10	320	1	2	1.44				321.44
120 ή 123 Μηλάς	2	24	30	10	2880		1	2.88	ψυγείο	0.4	3456	6338.88
122 ή 121	1	5	30	10	300			0				300
124	1	8	20	10	320	1	1	0.8	ups	0.4	0.64	321.44
120	2	8	20	10	640	1	1	0.8				640.8
117 μισό	1	7	20	11	308		2	1.232	ψυγείο	0.4	3456	3765.232
115	1											0

103α	1										0	
<b>Σύνολο</b>	37				15992			24.984			28468.64	44485.624

**Πίνακας 37: Ηλεκτρικές Συσκευές –2ος Όροφος**

2ος όροφος - Κτίριο Λαμπαδάριο – Καταγραφή διαφόρων ηλεκτρικών συσκευών												
Χώρος	ΗΥ	Διάρκεια Φορτίου ΗΥ			Ενέργεια/έτος (kWh)	περιφερειακά		Ενέργεια /έτος (0,5% διάρκειας ΗΥ)	Άλλο είδος	Ισχύς (KW)	Ενέργεια /έτος (kWh)	Συνολική Ενέργεια σε 1 έτος (kWh)
	πλήθος	ώρες/μέρα	μέρες/μήνα	μήνες/χρόνο		scanners (20W)	printers (80W)					
διάδρομος 1												0
διάδρομος 2									ψυγείο	0.4	3456	3456
Γραφείο	3	4	20	10	480		1	0.32				480.32
Γραφείο	3	8	20	10	960		2	1.28				961.28
					0			0				0
219 ή 225	1	10	20	10	400		1	0.8				400.8
223	1	6	20	10	240		1	0.48				240.48
221	1	8	20	10	320			0				320
μικρή αποθήκη					0			0				0
215	1	8	20	10	320		1	0.64				320.64
216α	3	6	20	10	720		3	1.44				721.44
κουζίνα &wc (225)					0			0	ψυγείο	0.4	3456	3456
					0			0				0
					0			0				0
Βιβλιοθήκη	1	5	20	10	200			0	4 φωτοτυπικά, 1πλώττερ	3.14	565.2	765.2
;	7	24	20	10	6720		3	5.76	1 πλώττερ	0.14	25.2	6750.96
Αίθουσα ΗΥ	25	3	20	10	3000	4	7	1.92	1 προτζέκτορας, 1πλώττερ	0.2	36	3037.92
ένωση με πτέρυγα					0			0				0
Βασιλείου	1	10	20	10	400		2	1.6				401.6
Γραμματεία	1	8	20	10	320		2	1.28				321.28

Ρόκκος	1	6	20	10	240		2	0.96				240.96
					0			0				0
202	3	8	20	10	960		4	2.56				962.56
214α	1	8	20	10	320		1	0.64				320.64
214β	2	10	20	10	800			0				800
225	1				0			0	ψυγείο	0.4	3456	3456
224	1				0			0				0
Κουζίνα					0			0				0
225	1	4	5	10	40		2	0.16				40.16
217 (διαφ.)	2	5	1	10	20			0				20
217α ,β	2	5	1	10	20		1	0.02				20.02
216	1	6	20	10	240		1	0.48	ups	0.4	0.48	240.96
215β	1	4	4	10	32		1	0.064				32.064
;	1	4	20	5	80		1	0.16				80.16
Σύνολο	65				16832			20.564			10994.88	27847.444

**Πίνακας 38: Υπολογισμός Θερμικών Απωλιών Κουφωμάτων - ΗΜΜΥ**

	Εξωτερική θερμοκρασία (°C)	Εσωτερική θερμοκρασία (°C)	Επιφάνεια κουφωμάτων (m <sup>2</sup> )	Συντελεστής θερμοπερατότητας κουφωμάτων (W /m <sup>2</sup> ·K)	Θερμική απώλεια ανά μονάδα επιφάνειας (W)	Ωρες λειτουργίας (h)	Μηνιαίες απώλειες (KWh)
Νοέμβριος	15.4	23	1379.18	6	62,890.61	180	11,320.31
Δεκέμβριος	12	23	1379.18	6	91,025.88	162	14,746.19
Ιανουάριος	10.2	23	1379.18	6	105,921.02	162	17,159.21
Φεβρουάριος	10.5	23	1379.18	6	103,438.50	180	18,618.93
Μάρτιος	12.4	23	1379.18	6	87,715.85	180	15,788.85
Απρίλιος	16	23	1379.18	6	57,925.56	180	10,426.60
Ιούνιος	25	23	1379.18	6	16,550.16	198	3,276.93
Ιούλιος	27.8	23	1379.18	6	39,720.38	198	7,864.64
Σεπτέμβριος	24.3	23	1379.18	6	10,757.60	198	2,130.01



**Πίνακας 39: 1η Πρόταση Αντικατάστασης Κουφωμάτων - HMMY**

	Εξωτερική θερμοκρασία (°C)	Εσωτερική θερμοκρασία (°C)	Επιφάνεια κουφωμάτων (m <sup>2</sup> )	Συντελεστής θερμοπερατότητας κουφωμάτων (W /m <sup>2</sup> ·K)	Θερμική απώλεια ανά μονάδα επιφάνειας (W)	Ωρες λειτουργίας (h)	Μηνιαίες απώλειες (KWh)
Νοέμβριος	15.4	23	1379.18	2.9	30,397.13	180	5,471.48
Δεκέμβριος	12	23	1379.18	2.9	43,995.84	162	7,127.33
Ιανουάριος	10.2	23	1379.18	2.9	51,195.16	162	8,293.62
Φεβρουάριος	10.5	23	1379.18	2.9	49,995.28	180	8,999.15
Μάρτιος	12.4	23	1379.18	2.9	42,395.99	180	7,631.28
Απρίλιος	16	23	1379.18	2.9	27,997.35	180	5,039.52
Ιούνιος	25	23	1379.18	2.9	7,999.24	198	1,583.85
Ιούλιος	27.8	23	1379.18	2.9	19,198.19	198	3,801.24
Σεπτέμβριος	24.3	23	1379.18	2.9	5,199.51	198	1,029.50

**Πίνακας 40: 2η Πρόταση Αντικατάστασης Κουφωμάτων - HMMY**

	Εξωτερική θερμοκρασία (°C)	Εσωτερική θερμοκρασία (°C)	Επιφάνεια κουφωμάτων (m <sup>2</sup> )	Συντελεστής θερμοπερατότητας κουφωμάτων (W /m <sup>2</sup> ·K)	Θερμική απώλεια ανά μονάδα επιφάνειας (W)	Ωρες λειτουργίας (h)	Μηνιαίες απώλειες (KWh)
Νοέμβριος	15.4	23	1379.18	1.7	17,819.01	180	3,207.42
Δεκέμβριος	12	23	1379.18	1.7	25,790.67	162	4,178.09
Ιανουάριος	10.2	23	1379.18	1.7	30,010.96	162	4,861.78
Φεβρουάριος	10.5	23	1379.18	1.7	29,307.58	180	5,275.36
Μάρτιος	12.4	23	1379.18	1.7	24,852.82	180	4,473.51
Απρίλιος	16	23	1379.18	1.7	16,412.24	180	2,954.20
Ιούνιος	25	23	1379.18	1.7	4,689.21	198	928.46
Ιούλιος	27.8	23	1379.18	1.7	11,254.11	198	2,228.31
Σεπτέμβριος	24.3	23	1379.18	1.7	3,047.99	198	603.50

**Πίνακας 41: Υπολογισμός Θερμικών Απωλών Κουφωμάτων – Λαμπαδάριο**

	Εξωτερική θερμοκρασία (°C)	Εσωτερική θερμοκρασία (°C)	Επιφάνεια κουφωμάτων (m <sup>2</sup> )	Συντελεστής θερμοπερατότητας κουφωμάτων (W /m <sup>2</sup> ·K)	Θερμική απώλεια ανά μονάδα επιφάνειας (W)	Ωρες λειτουργίας (h)	Μηνιαίες απώλειες (KWh)
Νοέμβριος	15.4	23	388.2	6	17,701.92	200	3,540.38
Δεκέμβριος	12	23	388.2	6	25,621.20	180	4,611.82
Ιανουάριος	10.2	23	388.2	6	29,813.76	180	5,366.48
Φεβρουάριος	10.5	23	388.2	6	29,115.00	200	5,823.00
Μάρτιος	12.4	23	388.2	6	24,689.52	200	4,937.90
Απρίλιος	16	23	388.2	6	16,304.40	200	3,260.88
Ιούνιος	25	23	388.2	6	4,658.40	198	922.36
Ιούλιος	27.8	23	388.2	6	11,180.16	198	2,213.67
Σεπτέμβριος	24.3	23	388.2	6	3,027.96	198	599.54

**Πίνακας 42: 1η Πρόταση Αντικατάστασης Κουφωμάτων - Λαμπαδάριο**

	Εξωτερική θερμοκρασία (°C)	Εσωτερική θερμοκρασία (°C)	Επιφάνεια κουφωμάτων (m <sup>2</sup> )	Συντελεστής θερμοπερατότητας κουφωμάτων (W /m <sup>2</sup> ·K)	Θερμική απώλεια ανά μονάδα επιφάνειας (W)	Ωρες λειτουργίας (h)	Μηνιαίες απώλειες (KWh)
Νοέμβριος	15.4	23	388.2	2.9	8,555.93	200	1,711.19
Δεκέμβριος	12	23	388.2	2.9	12,383.58	180	2,229.04
Ιανουάριος	10.2	23	388.2	2.9	14,409.98	180	2,593.80
Φεβρουάριος	10.5	23	388.2	2.9	14,072.25	200	2,814.45
Μάρτιος	12.4	23	388.2	2.9	11,933.27	200	2,386.65
Απρίλιος	16	23	388.2	2.9	7,880.46	200	1,576.09
Ιούνιος	25	23	388.2	2.9	2,251.56	198	445.81
Ιούλιος	27.8	23	388.2	2.9	5,403.74	198	1,069.94
Σεπτέμβριος	24.3	23	388.2	2.9	1,463.51	198	289.78

**Πίνακας 43: 2η Πρόταση Αντικατάστασης Κουφωμάτων - Λαμπαδάριο**

	Εξωτερική θερμοκρασία (°C)	Εσωτερική θερμοκρασία (°C)	Επιφάνεια κουφωμάτων (m <sup>2</sup> )	Συντελεστής θερμοπερατότητας κουφωμάτων (W /m <sup>2</sup> ·K)	Θερμική απώλεια ανά μονάδα επιφάνειας (W)	Ώρες λειτουργίας (h)	Μηνιαίες απώλειες (KWh)
Νοέμβριος	15.4	23	388.2	1.7	5,015.54	200	1,003.11
Δεκέμβριος	12	23	388.2	1.7	7,259.34	180	1,306.68
Ιανουάριος	10.2	23	388.2	1.7	8,447.23	180	1,520.50
Φεβρουάριος	10.5	23	388.2	1.7	8,249.25	200	1,649.85
Μάρτιος	12.4	23	388.2	1.7	6,995.36	200	1,399.07
Απρίλιος	16	23	388.2	1.7	4,619.58	200	923.92
Ιούνιος	25	23	388.2	1.7	1,319.88	198	261.34
Ιούλιος	27.8	23	388.2	1.7	3,167.71	198	627.21
Σεπτέμβριος	24.3	23	388.2	1.7	857.92	198	169.87

**Πίνακας 44: Πρόταση αντικατάστασης κλιματιστικών με νέου τύπου inverter αυτόνομα – Ισόγειο**

Τύπος μηχανήματος	Απόδοση ψύξη - θέρμ (KW)	Τιμή / τεμ €	Κατανάλωση για ψύξη (KW)	Διάρκεια Φορτίου			Ενέργεια /έτος (KWh)
				ώρες/μέρα	μέρες/μήνα	μήνες/χρόνο	
Τοίχου FTXS42/RXS42	4.2-5.4	890	1.22	4	20	3	293.0232558
Τοίχου FTX25/RX25	2.5-2.8	560	0.74	4	20	4	236.6863905
Τοίχου FTX35/RX35	3.2-3.4	640	1.06	5	20	3	318.9368771
Τοίχου FTX50/RX50	5.0-5.8	920	1.55	8	20	4	990.7120743
Τοίχου FTX50/RX50	5.0-5.8	920	1.55	5	2	1	15.47987616
Τοίχου FTX25/RX25	2.5-2.8	560	0.74	9	20	3	399.408284
<b>Σύνολο</b>		4,490 €	6.86				2254.246758

**Πίνακας 45: Πρόταση αντικατάστασης κλιματιστικών με νέου τύπου inverter αυτόνομα – 1ος Όροφος**

Τύπος μηχανήματος	Απόδοση ψύξη - θέρμ (KW)	Τιμή / τεμ €	Κατανάλωση για ψύξη (KW)	Διάρκεια Φορτίου			Ενέργεια /έτος (KWh)
				ώρες/μέρα	μέρες/μήνα	μήνες/χρόνο	
Τοίχου FTX25/RX25	2.5-2.8	560	0.74	8	20	3	355.0295858

Τοίχου FTXS42/RXS42	4.2-5.4	890	1.22	4	20	3	293.0232558
Τοίχου FTXS42/RXS42	4.2-5.4	890	1.22	4	20	3	293.0232558
Τοίχου FTX25/RX25	2.5-2.8	560	0.74	5	20	3	221.8934911
Τοίχου FTX25/RX25	2.5-2.8	560	0.74	5	20	3	221.8934911
Τοίχου FTXS42/RXS42	4.2-5.4	890	1.22	10	20	5	1220.930233
Τοίχου FTX25/RX25	2.5-2.8	560	0.74	6	20	3	266.2721893
Τοίχου FTXS42/RXS42	4.2-5.4	890	1.22	8	26	4	1015.813953
Τοίχου FTX25/RX25	2.5-2.8	560	0.74	6	8	3	106.5088757
Τοίχου FTX25/RX25	2.5-2.8	560	0.74	10	20	3	443.7869822
Τοίχου FTX25/RX25	2.5-2.8	560	0.74	5	20	3	221.8934911
Τοίχου FTX25/RX25	2.5-2.8	560	0.74	1	20	3	44.37869822
Τοίχου FTX25/RX25	2.5-2.8	560	0.74	2	20	3	88.75739645
Τοίχου FTXS42/RXS42	4.2-5.4	890	1.22	4	1	1	4.88372093
Τοίχου FTXS42/RXS42	4.2-5.4	890	1.22	5	20	3	366.2790698
Τοίχου FTXS42/RXS42	4.2-5.4	890	1.22	2	20	3	146.5116279
Τοίχου FTXS42/RXS42	4.2-5.4	890	1.22	3	20	3	219.7674419
Τοίχου FTXS42/RXS42	4.2-5.4	890	1.22	6	20	3	439.5348837
Τοίχου FTXS42/RXS42	4.2-5.4	890	1.22	5	20	3	366.2790698
Τοίχου FTX25/RX25	2.5-2.8	560	0.74	6	20	3	266.2721893
Τοίχου FTX25/RX25	2.5-2.8	560	0.74	6	20	3	266.2721893
Τοίχου FTXS42/RXS42	4.2-5.4	890	1.22	6	20	3	439.5348837
Τοίχου FTX50/RX50	5.0-5.8	920	1.55	5	1	3	23.21981424
Τοίχου FTX25/RX25	2.5-2.8	560	0.74	5	1	3	11.09467456
<b>Σύνολο</b>		17,430 €	23.85				7342.854464

**Πίνακας 46: Πρόταση αντικατάστασης κλιματιστικών με νέου τύπου inverter αυτόνομα – 2ος Όροφος**

Τύπος μηχανήματος	Απόδοση ψύξη - Θέρμ (KW)	Τιμή / τεμ €	Κατανάλωση για ψύξη (KW)	Διάρκεια Φορτίου			Ενέργεια /έτος (KWh)
				ώρες/μέρα	μέρες/μήνα	μήνες/χρόνο	
Τοίχου FTX25/RX25	2.5-2.8	560	0.74	6	20	3	266.2721893
Τοίχου FTX25/RX25	2.5-2.8	560	0.74	7	20	3	310.6508876
Τοίχου FTXS42/RXS42	4.2-5.4	890	1.22	3	20	3	219.7674419
Τοίχου FTXS42/RXS42	4.2-5.4	890	1.22	7	20	3	512.7906977
Τοίχου FTXS42/RXS42	4.2-5.4	890	1.22	5	20	3	366.2790698
Τοίχου FTX25/RX25	2.5-2.8	560	0.74	6	20	3	266.2721893
Τοίχου FTXS42/RXS42	4.2-5.4	890	1.22	1	20	3	73.25581395
Τοίχου FTXS42/RXS42	4.2-5.4	890	1.22	3	20	3	219.7674419
Τοίχου FTX50/RX50	5.0-5.8	920	1.55	4	20	3	371.5170279
Οροφής FHQ100/RZQ100	10.0-11.2	2,130	3.29	3	20	3	592.1052632
Τοίχου FTXS42/RXS42	4.2-5.4	890	1.22	5	20	3	366.2790698
Τοίχου FTX25/RX25	2.5-2.8	560	0.74	8	20	3	355.0295858
Τοίχου FTX50/RX50	5.0-5.8	920	1.55	6	20	3	557.2755418
Τοίχου FTX71/RX71	7.1-8.0	1250	2.35	3	20	3	423.1788079
Τοίχου FTX25/RX25	2.5-2.8	560	0.74	4	20	3	177.5147929
Τοίχου FTXS42/RXS42	4.2-5.4	890	1.22	10	20	3	732.5581395
Τοίχου FTXS42/RXS42	4.2-5.4	890	1.22	2	1	3	7.325581395
Τοίχου FTX25/RX25	2.5-2.8	560	0.74	2	1	3	4.437869822
Τοίχου FTXS42/RXS42	4.2-5.4	890	1.22	10	20	3	732.5581395
Τοίχου FTX25/RX25	2.5-2.8	560	0.74	4	1	3	8.875739645
Τοίχου FTX25/RX25	2.5-2.8	560	0.74	5	20	3	221.8934911
<b>Σύνολο</b>		<b>17,710 €</b>	<b>25.64</b>				<b>6785.604782</b>

