



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

Ενεργειακή Επιθεώρηση στο Κτίριο Α και στο Συγκρότημα Γενικών Εδρών του Ε. Μ. Π.

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Κέφης Γεώργιος

Επιβλέπων: Ιωάννης Ψαρράς

Καθηγητής Ε. Μ. Π.

Αθήνα, Ιανουάριος 2012



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

**Ενεργειακή Επιθεώρηση στο Κτίριο ΣΕΜΦΕ του Ε. Μ. Π.
Κτίριο Α και Συγκρότημα Γενικών Εδρών**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Κέφης Γεώργιος

Επιβλέπων: Ιωάννης Ψαρράς

Καθηγητής Ε. Μ. Π.

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την2012

.....

Ιωάννης Ψαρράς

Καθηγητής Ε.Μ.Π.

.....

Δημήτριος Ασκούνης

Αν. Καθηγητής Ε.Μ.Π

.....

Βασίλειος Ασημακόπουλος

Καθηγητής Ε.Μ.Π

Αθήνα, Ιανουάριος 2012

Κέφης Γεώργιος

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

Copyright@ Κέφης Γεώργιος, 2012

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved

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

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

Πρόλογος

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

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον καθηγητή μου Ιωάννη Ψαρρά για την ανάθεση αυτής της διπλωματικής εργασίας, δίνοντας μου έτσι τη δυνατότητα να ασχοληθώ με ένα τόσο ενδιαφέρον θέμα.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τους επιβλέποντες της διπλωματικής Αλεξάνδρα Παπαδοπούλου διδάκτορας ΕΜΠ και Βαγγέλη Μαρινάκη υποψήφιο διδάκτορα ΕΜΠ που χωρίς την καθοδήγησή τους δεν θα είχε ολοκληρωθεί αυτή η εργασία.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες οφείλω στην Τεχνική Υπηρεσία του ΕΜΠ για την άψογη συνεργασία που υπήρχε καθώς μου παρείχαν όποτε το χρειαζόμουν οποιαδήποτε πληροφορία. Συγκεκριμένα τον κύριο Β. Ζησόπουλο και τον κύριο Π. Ανδρουλιδάκη για τη βοήθεια που μου παρείχαν κατά τη διεξαγωγή των μετρήσεων και τις πολύτιμες πληροφορίες σχετικά με την λειτουργία των κτιρίων.

Επίσης θέλω να ευχαριστήσω θερμά τους Ηλία Παπασταματίου, συνεργάτη του εργαστηρίου Συστημάτων Αποφάσεων και Μιχάλη Σταμούλη για την πολύτιμη βοήθεια τους.

Η εργασία μου αφιερώνεται στην οικογένεια μου και ιδιαίτερα στους γονείς μου Ηλία και Δήμητρα που χωρίς τη στήριξη τους όλα αυτά τα χρόνια δεν θα μπορούσα να φτάσω στο σημείο αυτό. Επίσης θέλω να ευχαριστήσω ξεχωριστά τον πατέρα μου Ηλία, με τον οποίο είμαστε πλέον συνάδελφοι, για την βοήθεια που μου παρείχε σε διάφορες δυσκολίες που προέκυψαν κατά την εκπόνηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

Περίληψη

Η ανάγκη για εξοικονόμηση ενέργειας έχει γίνει αντιληπτή σε παγκόσμια κλίμακα. Οι ενέργειες προς αυτήν την κατεύθυνση έχουν οδηγήσει στην εύρεση μεθόδων και την εφαρμογή τεχνολογιών για την επίτευξη αυτού του στόχου. Η προσπάθεια αυτή συντονίζεται στην Ευρώπη από ένα συμπαγές και πρόσφατα αναθεωρημένο νομοθετικό πλαίσιο (EPBD), το οποίο αποβλέπει στο να καθοριστούν σταθερές συνεννόησης μεταξύ των κρατών και να επιβληθούν κοινές μεθοδολογίες.

Επίκεντρο των νομοθετικών διατάξεων αποτελεί ο κτιριακός τομέας, ο οποίος ευθύνεται σε μεγάλο βαθμό για τη σπατάλη ενέργειας, ενώ επίσης παρουσιάζει πολύ μεγάλα περιθώρια βελτίωσης σχετικά με την ενεργειακή του απόδοση. Απώτερος στόχος των νομοθετικών διατάξεων είναι η επίτευξη κτιρίων μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης (ZEB). Τα κτίρια αυτά αναμένεται να διαδραματίσουν πρωταγωνιστικό ρόλο στην προσπάθεια εξοικονόμηση ενέργειας. Στην Ελλάδα ο Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων (Φ. Ε. Κ. 407/9. 4. 2010) αποτέλεσε την πρώτη οργανωμένη κίνηση.

Στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εργασίας αναλύθηκαν εκτενώς όλες εκείνες οι τεχνολογίες οι οποίες εφαρμόζονται στα κτίρια μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης. Ταυτόχρονα εξετάστηκαν οι οικονομικές δυσκολίες οι οποίες συναντώνται στην εφαρμογή των τεχνολογιών αυτών στις νέες κατασκευές και τέλος εκτιμήθηκε η οικονομική επιβάρυνση του κόστους κατασκευής των κτιρίων χαμηλής και μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης έναντι του κόστους των συμβατικών κτιρίων.

Στο κτίριο Α όσο και στα αμφιθέατρα των γενικών εδρών διεξήχθησαν πεδία εφαρμογών της ενεργειακής επιθεώρησης. Στα πεδία αυτά, συμπεριλαμβάνεται η καταγραφή του φωτισμού, όλων των ηλεκτρονικών υπολογιστών των ηλεκτρικών συσκευών και του εξοπλισμού που χρησιμοποιείται στα γραφεία καθώς και η καταγραφή του συστήματος θέρμανσης και ψύξης. Σκοπός της καταγραφής ήταν η συλλογή όλων των απαραίτητων πληροφοριών που απαιτούνταν ώστε να εξαχθεί ένα ασφαλές συμπέρασμα σχετικά με την κατανάλωση ενέργειας του κτιρίου.

Στη συνέχεια ακολούθησε μελέτη θερμομόνωσης των κτιρίων με σκοπό τον προσδιορισμό των θερμικών χαρακτηριστικών του κτιριακού κελύφους των αντίστοιχων κτιρίων. Η μελέτη συνεχίστηκε με τη χρήση ειδικού καταγραφικού εξοπλισμού ο οποίος χρησιμοποιήθηκε με σκοπό την πιστότερη απόδοση του ενεργειακού προφίλ του κτιρίου.

Η ενεργειακή μελέτη των κτιρίων ολοκληρώθηκε με την πρόταση συγκεκριμένων δράσεων με σκοπό την βελτίωση της ενεργειακής τους απόδοσης.

Λέξεις Κλειδιά: Εξοικονόμηση Ενέργειας, Κτίρια Μηδενικής Ενεργειακής Κατανάλωσης, Δράσεις βελτίωσης ενεργειακής συμπεριφοράς, θερμοκάμερα, Αναλυτής Ηλεκτρικής Ενέργειας.

Abstract

The need for energy saving has been seen worldwide. The steps in this direction have led to finding methods and the application of technologies to achieve this goal. This effort is coordinated in Europe by a compact and recently revised legislative framework (EPBD) which aims to establish stable communication between the E. U members and to impose common methodologies.

The focus of the legislative provisions is the building sector, which is largely responsible for the waste of energy and also has a very large space for improvement on energy efficiency. The ultimate goal of the legislation is to achieve zero energy buildings (ZEB). These buildings are expected to play a leading role in saving energy. In Greece, the Energy Performance Regulation of Buildings was the first organized movement.

As parts of this thesis there were analyzed in detail all of those technologies that apply to zero-energy buildings. Simultaneously there were examined all the economic difficulties which are encountered in implementing these technologies in new constructions and finally was estimated the economic burden of the construction cost of low and zero energy buildings compared to the cost of conventional buildings.

In Building A and in the auditoriums of the general seats were held areas of application of the energy audit. In those areas, are included the recording of lighting systems, all computers' consumption in electric appliances and equipment used in offices and recording of the HVAC systems. The purpose of the inventory was to collect all necessary information needed to extract a firm conclusion on the energy consumption of these buildings.

Then followed a study on thermal insulation of buildings to determine the thermal characteristics of building envelope of the respective buildings. The study was continued using special recorder equipment which was used for the faithful performance of the energy profile of the building.

The energy design of buildings completed by recommending concrete actions to improve their energy efficiency.

Keywords: Energy savings, Zero Energy Buildings, Measures to improve energy performance, Thermal Camera, Electronic Power Analyzer.

Πίνακας περιεχομένων:

Πρόλογος	5
Περίληψη	7
Abstract	8
Κεφάλαιο 1^ο Εισαγωγή	13
1.1 Αντικείμενο-Σκοπός	15
1.2 Φάσεις Υλοποίησης	16
1.3 Οργάνωση Τόμου	18
Κεφάλαιο 2^ο Τεχνολογίες σε Κτίρια Μηδενικής Ενεργειακής Κατανάλωσης	19
2.1 Εισαγωγή	21
2.2 Οικονομικές δυσκολίες για την κατασκευή ενός κτιρίου μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης	22
2.3 Τεχνολογίες που εφαρμόζονται σε Κτίρια Μηδενικής Ενεργειακής Κατανάλωσης	24
2.3.1 Βιοκλιματική αρχιτεκτονική	24
2.3.2 Συστήματα εκμετάλλευσης της ηλιακής ενέργειας για θέρμανση των χώρων	36
2.3.3 Συστήματα φυσικού αερισμού και παθητικού δροσισμού	46
2.3.4 Θέρμανση και ψύξη με χρήση της γεωθερμίας και συνδυασμός γεωθερμίας και ηλιακής ακτινοβολίας	52
2.3.5 Φυσικός Φωτισμός	57
2.3.6 Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας	59
2.4 Σύγκριση του κόστους των τεχνολογιών που εφαρμόζονται σε ένα ZEB σε σχέση με ένα συμβατικό κτίριο	62
2.5 Παραδείγματα Κτιρίων μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης στην Ελλάδα και στο εξωτερικό	64
Κεφάλαιο 3^ο Ενεργειακή επιθεώρηση Κτιρίου Α και των αμφιθεάτρων του συγκροτήματος Γενικών Εδρών	69
3.1 Περιγραφή και ενεργειακό προφίλ του Κτιρίου Α και του συγκροτήματος των Γενικών Εδρών	71
3.2 Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας συγκροτήματος Γενικών Εδρών	76
3.2.1 Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για φωτισμό	76

3.2.2 Κατανάλωση Ηλεκτρικής Ενέργειας για ψύξη-θέρμανση	84
3.2.3 Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για ηλεκτρονικούς υπολογιστές περιφερειακά και servers	91
3.2.4 Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για τη λειτουργία των ανελκυστήρων	93
3.2.5 Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας από ηλεκτρικές συσκευές	93
3.2.6 Συνολική ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας	95
3.3 Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας κτιρίου.....	99
3.3.1 Μεθοδολογία υπολογισμού συντελεστή θερμοπερατότητας	99
3.3.2 Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας Κτιρίου Α	104
3.3.3 Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας Αμφιθεάτρων.....	138
Κεφάλαιο 4^ο Αποτελέσματα μετρήσεων με καταγραφικό εξοπλισμό.	
.....	157
4.1 Εισαγωγή.....	159
4.2 Υγρασιόμετρο	159
4.2.1 Χρήση του υγρασιόμετρου	159
4.3 Υπέρυθρη θερμοκάμερα.....	160
4.3.1 Θερμοκάμερα	160
4.3.2 Διεξαγωγή των μετρήσεων	161
4.3.3 Παρουσίαση και σχολιασμός θερμογραφημάτων	162
4.5 Αναλυτής ηλεκτρικής ενέργειας	176
4.5.1 Παρουσίαση και διεξαγωγή των μετρήσεων	177
4.5.2 Σχολιασμός των μετρήσεων και παρατηρήσεις.....	177
Κεφάλαιο 5^ο Δράσεις εξοικονόμησης ενέργειας.	191
5.1 Εισαγωγή.....	193
5.2 Δείκτες οικονομικής αξιολόγησης επενδύσεων-δράσεων.	193
5.2.1 Καθαρή Παρούσα Αξία (ΚΠΑ).....	193
5.2.2 Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (EBA)	194
5.2.3 Έντοκη περίοδος αποπληρωμής (E. Π. Α)	195
5.2.4 Χρήσιμα οικονομικά δεδομένα	195
5.3 Δράσεις εξοικονόμησης ενέργειας.....	195
5.3.1 Δράσεις βελτίωσης της θερμομόνωσης των κτιρίων.....	196
5.3.2 Δράσεις βελτίωσης των Η/Μ εγκαταστάσεων.	204
5.4 Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας : Διασυνδεδεμένα φωτοβολταϊκά συστήματα σε στέγες	214

5.5 Δράσεις εξοικονόμησης ενέργειας στο κτίριο Α.....	216
5.5.1 Δράσεις στη θερμομόνωση του κτιρίου.	216
5.5.2 Δράσεις επέμβασης στις Ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις του Κτιρίου Α.....	227
5.5.3 : Επεμβάσεις στη θέρμανση και ψύξη του κτιρίου Α.....	232
5.5.4 : Εγκατάσταση Φωτοβολταϊκών Γεννητριών στην οροφή του κτιρίου.	234
5.5.5 Συνολική αποτίμηση δράσεων στο κτίριο Α.	238
5. 6 : Δράσεις εξοικονόμησης στα Αμφιθέατρα.....	239
5.6.1 : Δράσεις στη θερμομόνωση των κτιρίων.	239
5.6.2 : Δράσεις επέμβασης στις Ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις των αμφιθεάτρων.....	248
5.6.3 Επεμβάσεις στην θέρμανση και την ψύξη των αμφιθεάτρων	257
5.6.4 Αποτίμηση των δράσεων εξοικονόμησης ενέργειας στα αμφιθέατρα.	259
5.7 Επιπρόσθετες Προτεινόμενες Δράσεις.....	261
5.7.1 Αναβάθμιση κεντρικής ψύξης των αμφιθεάτρων και πρόταση για κεντρική ψύξη του κτιρίου Α.....	262
5.7.2 Αναβάθμιση του κεντρικού συστήματος θέρμανσης.	263
5.7.3 Χρήση Κεντρικού συστήματος διαχείρισης ενέργειας.....	265
Κεφάλαιο 6^ο Συμπεράσματα και Προοπτικές	267
6.1 Συμπεράσματα.....	269
6.2 Προοπτικές.....	270
Βιβλιογραφία	273
Παράρτημα Πινάκων	275

Κεφάλαιο 1^ο Εισαγωγή.

1. 1 Αντικείμενο-Σκοπός

Η συνεχώς αυξανόμενη ζήτηση ενέργειας στην Ευρώπη τις τελευταίες δεκαετίες, έχει προκαλέσει σημαντικά προβλήματα στην ισορροπία του περιβάλλοντος. Τα διογκούμενα επιστημονικά στοιχεία για την κλιματική αλλαγή, οι υψηλές τιμές της ενέργειας, η αυξανόμενη εξάρτηση από εισαγόμενη ενέργεια και οι πιθανές γεωπολιτικές επιπτώσεις από την εξάρτηση αυτή, οδήγησαν την Ευρωπαϊκή Ένωση να υιοθετήσει δραστικά μέτρα. Συγκεκριμένα η ΕΕ καλύπτει τις ενεργειακές της ανάγκες σε ποσοστό 50% από τα εισαγόμενα προϊόντα και αν δεν είχαν καταβληθεί σχετικές ενέργειες, το ποσοστό μέχρι το 2020 θα έφτανε το 70%. Ένα άλλο σημαντικό στοιχείο είναι ότι οι ενεργειακές εισαγωγές αντιπροσωπεύουν το 6% των συνολικών εισαγωγών και αναλογούν σε ποσοστό 45% εισαγωγής πετρελαίου από την Μέση Ανατολή και σε ποσοστό 40% εισαγωγής φυσικού αερίου από την Ρωσία.

Για αυτό τον λόγο η ΕΕ επικεντρώθηκε στην μείωση της καταναλισκόμενης ενέργειας, στην αύξηση της παραγωγής ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ), καθώς και στην μείωση των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου.

Ένας από τους σημαντικότερους καταναλωτές ενέργειας είναι τα κτίρια. Σύμφωνα με έρευνες που έχουν γίνει τα κτίρια καταναλώνουν το 40% της παγκόσμιας ενέργειας. Γι αυτό τον λόγο η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει στραφεί σε πολιτικές με σκοπό την ενεργειακή αναβάθμιση των κτιρίων. Ένα από τα αρχικά μέτρα αυτής της πολιτικής είναι η ενεργειακή επιθεώρηση των κτιρίων. Με αυτό τον τρόπο γίνεται επιθεώρηση του κτιρίου καταγραφή των καταναλώσεων του και τέλος το κτίριο κατατάσσεται ανάλογα με την ενεργειακή κλάση στην οποία ανήκει.

Η ενεργειακή επιθεώρηση πλέον είναι υποχρεωτική τόσο για τα νέα κτίρια όσο και για τα παλιά. Αρχικά γίνεται ενεργειακή μελέτη των θερμικών χαρακτηριστικών του κτιριακού κελύφους και στη συνέχεια γίνεται αναλυτική καταγραφή των καταναλώσεων του. Αφού ολοκληρωθούν οι παραπάνω διαδικασίες προτείνονται δράσεις οι οποίες έχουν κύριο σκοπό την ενεργειακή αναβάθμιση του κτιρίου.

Σκοπός της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας είναι η Ενεργειακή Επιθεώρηση του κτιρίου Α και των αμφιθεάτρων του συγκροτήματος των γενικών εδρών. Η επιλογή των συγκεκριμένων κτιρίων εντάσσεται στο πρόγραμμα ενεργειακής επιθεώρησης των κτιρίων της πολυτεχνειούπολης του Εθνικού Μετσόβιου.

1. 2Φάσεις Υλοποίησης

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε στο διάστημα Δεκέμβριος 2011 – Ιανουάριος 2012. Οι φάσεις οι οποίες ακολουθήθηκαν είναι οι ακόλουθες και συνοψίζονται στις παρακάτω :

- Φάση 1: Αναλυτική μελέτη των τεχνολογιών που εφαρμόζονται σε κτίρια μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης.

Κατά τη διάρκεια της πρώτης φάσης μελετώνται αναλυτικά όλες εκείνες οι τεχνολογίες οι οποίες εφαρμόζονται στα κτίρια μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης καθώς και στα κτίρια χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης. Αναφέρονται οι οικονομικές δυσκολίες οι οποίες συναντώνται στην κατασκευή ενός τέτοιου κτιρίου. Στη συνέχεια παρουσιάζονται αναλυτικά οι τεχνολογίες που εφαρμόζονται και έπειτα γίνεται σύγκριση του κόστους κατασκευής αυτών των κτιρίων με το αντίστοιχο κόστος κατασκευής των συμβατικών κτιρίων. Τέλος παρουσιάζονται μερικά παραδείγματα κατασκευής κτιρίων μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης στην Ευρώπη αλλά και στην Ελλάδα

- Φάση 2^η : Ενεργειακή επιθεώρηση των κτιρίων. Στην φάση αυτή γίνεται καταγραφή του ηλεκτρολογικού εξοπλισμού, συλλογή στοιχείων και κατανομή των καταναλώσεων ανά χρήση και χώρο του εκάστοτε κτιρίου

Στη φάση αυτή γίνεται επίσκεψη στα κτίρια με σκοπό την καταγραφή του ηλεκτρολογικού εξοπλισμού με σκοπό τον προσεγγιστικό υπολογισμό της ενεργειακής κατανάλωσης των κτιρίων. Στη συνέχεια με χρήση των αρχιτεκτονικών σχεδίων των κτιρίων (κατόψεις και πλαϊνές όψεις) υπολογίζεται ο μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας των κτιρίων

- Φάση 3^η : Επιθεώρηση των κτιρίων με χρήση ειδικού εξοπλισμού που περιλαμβάνει ηλεκτρονικό αναλυτή ενέργειας, θερμοκάμερα και αναλυτή καυσαερίων.

Στη φάση αυτή χρησιμοποιείται ειδικός εξοπλισμός με σκοπό την ποιοτικότερη ανάλυση των συμπερασμάτων της καταγραφής και του εντοπισμού πιθανόν προβλημάτων. Αρχικά έγινε θερμογράφιση του κτιρίου με χρήση της υπέρυθρης θερμοκάμερας με σκοπό την εντόπιση αδύνατων σημείων του κτιριακού κελύφους. Στη συνέχεια έγινε τοποθέτηση του ηλεκτρονικού αναλυτή ενέργειας σε έναν εκ των δύο μετασχηματιστών που υπάρχουν στις ηλεκτρικές εγκαταστάσεις των κτιρίων. Τέλος, έγινε προσπάθεια να γίνει χρήση του αναλυτή καυσαερίων στους κεντρικούς λέβητες των κτιρίων. Δυστυχώς για τεχνικούς λόγους οι λέβητες δεν ήταν σε λειτουργία με αποτέλεσμα να μην μπορούν να γίνουν μετρήσεις.

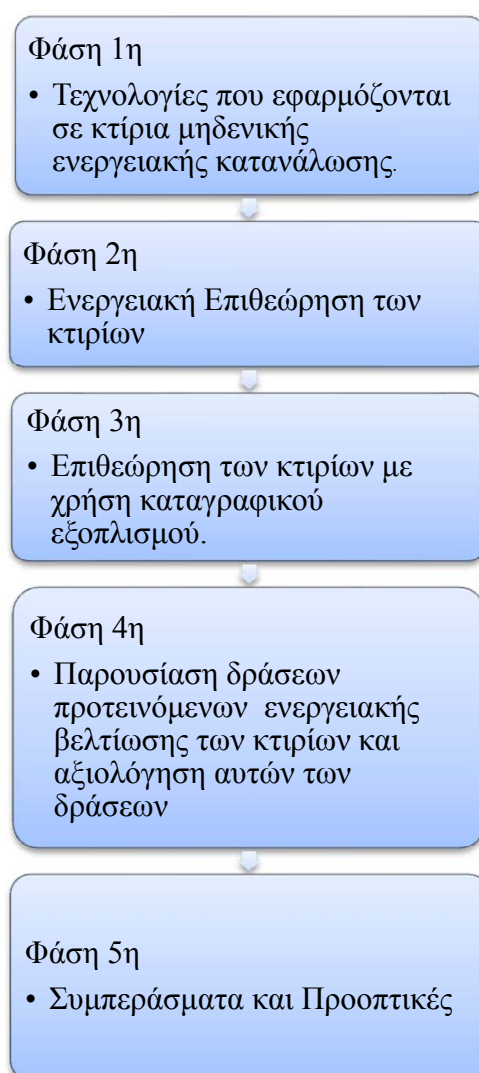
- Φάση 4^η : Παρουσίαση προτεινόμενων δράσεων ενεργειακής βελτίωσης των κτιρίων και αξιολόγηση αυτών των δράσεων.

Κατά τη διάρκεια της τέταρτης φάσης εξετάζονται διάφορες δράσεις για τη βελτίωση του ενεργειακού προφίλ όλων των κτιρίων και στη συνέχεια αξιολογούνται όλες αυτές οι δράσεις.

- Φάση 5^η : Συμπεράσματα και Προοπτικές.

Στην τελευταία αυτή φάση γίνεται αναφορά των συμπερασμάτων τα οποία προέκυψαν από τις δράσεις οι οποίες προτάθηκαν και εξετάζονται διάφορες προοπτικές οι οποίες προκύπτουν.

Όλες οι παραπάνω φάσεις παρουσιάζονται στο ακόλουθο Σχήμα 1. 1.



Σχήμα 1. 1 : Διάγραμμα ροής των φάσεων υλοποίησης της διπλωματικής εργασίας.

1.3 Οργάνωση Τόμου

Το πρώτο κεφάλαιο αποτελεί την εισαγωγή της διπλωματικής εργασίας στο οποίο καθορίζεται ο σκοπός της εργασίας.

Το 2^ο κεφάλαιο αποτελεί το θεωρητικό κεφάλαιο της παρούσας διπλωματικής. Αρχικά παρουσιάζονται κάποια εμπόδια και διάφορες οικονομικές δυσκολίες που υπάρχουν για την εφαρμογή τεχνολογιών που αναβαθμίζουν ενεργειακά ένα κτίριο. Στη συνέχεια γίνεται αναλυτική αναφορά των τεχνολογιών που χρησιμοποιούνται και εφαρμόζονται σε κτίρια μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης και γίνονται συγκρίσεις του κόστους κτιρίων μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης και συμβατικών κτιρίων. Το κεφάλαιο ολοκληρώνεται με διάφορα κτίρια μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης ανά την Ευρώπη και την Ελλάδα.

Το 3^ο κεφάλαιο αποτελεί ένα από το σημαντικότερο κεφάλαιο αυτής της διπλωματικής. Γίνεται καταγραφή του ηλεκτρολογικού εξοπλισμού και γενικότερα όλων των καταναλώσεων του κτιρίου. Στη συνέχεια γίνεται ενεργειακή μελέτη των θερμικών χαρακτηριστικών των κτιρίων και υπολογίζεται ο μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας και τέλος υπολογίζεται ο δείκτης ηλεκτρικής κατανάλωσης του κάθε κτιρίου.

Το 4^ο κεφάλαιο περιλαμβάνει όλα τα αποτελέσματα που προέκυψαν από τις μετρήσεις που προέκυψαν με τη χρήση του καταγραφικού εξοπλισμού. Αρχικά έγινε θερμογράφιση του κτιρίου με σκοπό την εντόπιση τυχόν προβλημάτων στα κελύφη των κτιρίων. Στη συνέχεια έγινε καταγραφή των αποτελεσμάτων του ηλεκτρονικού αναλυτή ενέργειας η οποία συνοδεύτηκε με αιτιολόγηση αυτών των αποτελεσμάτων.

Στο 5^ο κεφάλαιο παρουσιάζεται μια σειρά λύσεων και από αυτές επιλέγονται οι πλέον κατάλληλες. Αφού επιλεχθούν οι ενδεδειγμένες λύσεις σε κάθε κτίριο αξιολογούνται βάση κριτηρίων αξιολόγησης επενδύσεων. Αυτά είναι το κριτήριο της Καθαρής Παρούσης Αξίας ΚΠΑ το κριτήριο του Εσωτερικού Βαθμού Απόδοσης (EBA) και το κριτήριο της Έντοκης Περιόδου Αποπληρωμής (EΠΑ).

Το 6^ο κεφάλαιο είναι το τελευταίο τμήμα της παρούσης διπλωματικής εργασίας περιλαμβάνει και περιλαμβάνει όλα τα συμπεράσματα εκείνα που προκύπτουν από την μελέτη που έγινε στα κτίρια.

Κεφάλαιο 2^ο Τεχνολογίες σε Κτίρια Μηδενικής Ενεργειακής Κατανάλωσης.

2. 1 Εισαγωγή.

Τα κτίρια είναι υπεύθυνα για το 40% της συνολικής καταναλισκόμενης ενέργειας στην Ευρωπαϊκή Ένωση, με τα περισσότερα από τα μισά κτίρια να ανήκουν στον οικιακό τομέα. Πρέπει να γίνει αντιληπτό ότι το μεγαλύτερο μέρος που πρέπει να γίνει εξοικονόμηση ενέργειας είναι τα ήδη υπάρχοντα κτίρια και όχι τόσο τα νέα τα οποία ούτως ή άλλως, είναι υποχρεωτικό να πληρούν τους κανόνες που ισχύουν για να βρίσκονται εντός των επιτρεπτών ορίων.

Η ανάγκη για την βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων είναι επιτακτική και αποτελεί μια μοναδική ευκαιρία για να φανούν όλες οι προκλήσεις σε επίπεδο ενεργειακής ασφάλειας, κλιματικής αλλαγής και οικονομικής ανάπτυξης. Σε Ευρωπαϊκό επίπεδο μια αύξηση του δείκτη ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων θα οδηγούσε σε συμμόρφωση της Ευρώπης με τους όρους του πρωτοκόλλου του Κιότο. Με αυτό τον τρόπο θα ενισχυθεί η αξιοπιστία της Ευρώπης απέναντι στις μακροπρόθεσμες δεσμεύσεις της για τη διατήρηση της παγκόσμιας αύξησης της θερμοκρασίας κάτω από τους 2 C° και σε όλες εκείνες τις προσπάθειες που είναι απαραίτητες ώστε να επιτευχθεί ο στόχος 20/20/20 μέχρι το 2020.

Αρχικά σε ευρωπαϊκό επίπεδο έγινε μια προσπάθεια για την απόδοση ενεργειακής πιστοποίησης των κτιρίων. Δηλαδή κατόπιν μελέτης εντοπίζεται το ενεργειακό προφίλ του κτιρίου και γίνεται μια κατάταξη ανάλογα με την κλάση του κτιρίου. Συνολικά υπάρχουν 7 κλάσεις, οι κλάσεις από A έως και G. Κτίρια που έχουν κλάση G είναι της χαμηλότερης ενεργειακής απόδοσης, ενώ αντίθετα όσο καλύτερη είναι η κλάση των κτιρίων τόσο αυτός ο δείκτης βελτιώνεται. Ένα τυπικό κτίριο 30 ετίας έχει δείκτη ενεργειακής απόδοσης D και είναι ο δείκτης τον οποίο έχουν τα περισσότερα κτίρια αυτή τη στιγμή. Σε πολλά κράτη μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης η πιστοποίηση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων λαμβάνει μέρος χρόνια, ενώ αντίθετα στην Ελλάδα μόλις το 2009 συντάχθηκε τεχνική οδηγία για την ενεργειακή απόδοση και πιστοποίηση της ενεργειακής ταυτότητας των κτιρίων, γεγονός που δείχνει πόσο πίσω είναι η χώρα μας στον τομέα αυτό.

Ωστόσο τα προηγούμενα ισχύουν για κτίρια τα οποία ήδη υπάρχουν, ενώ αντίστοιχα τα κτίρια που προορίζονται να κατασκευαστούν στο μέλλον πρέπει να συμμορφώνονται στους ισχύοντες κανονισμούς. Τις τρεις τελευταίες δεκαετίες υπήρξαν προσπάθειες κατασκευής κτιρίων μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης. Οι προσπάθειες αυτές, εντοπίζονται κυρίως στην Ευρώπη καθώς στην Ελλάδα οι πρώτες απτές προσπάθειες σημειώνονται το 1995 όπου στη Θέρμη Θεσσαλονίκης ολοκληρώθηκε το πρώτο κτίριο μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης.

Τα κτίρια μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης, είναι κτίρια στα οποία έχουν εφαρμοστεί τεχνολογίες τόσο στο κέλυφος του κτιρίου όσο και στις ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις τους, με σκοπό αφενός την μείωση των θερμικών απωλειών και ταυτόχρονα την μείωση της καταναλισκόμενης ενέργειας

κατά το δυνατό περισσότερο. Ωστόσο ένας βασικός παράγοντας, ίσως και ο σημαντικότερος, είναι η αρχιτεκτονική του κτιρίου η οποία παίζει βασικό ρόλο. Τέλος, τα κτίρια αυτά έχουν εγκατεστημένα συστήματα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας όπως φωτοβολταϊκά στέγης ή μικρές ανεμογεννήτριες με σκοπό την επίτευξη ενεργειακής αυτονομίας σε βαθμό τέτοιο που να μην είναι απαραίτητο να είναι διασυνδεδεμένα στο ηλεκτρικό δίκτυο.

Στο κεφάλαιο αυτό εξετάζονται οι οικονομικές δυσκολίες οι οποίες παρουσιάζονται στην κατασκευή και στην εφαρμογή των τεχνολογιών σε ένα τέτοιο κτίριο. Έπειτα γίνεται λόγος για τις τεχνολογίες οι οποίες εφαρμόζονται στα κτίρια μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης ενώ παράλληλα, εξετάζεται το κόστος αυτών των τεχνολογιών και συγκρίνεται με το αντίστοιχο κόστος μιας συμβατικής κατοικίας. Τέλος αναφέρεται η μελλοντική τάση σε κάποιες από τις τεχνολογίες οι οποίες εφαρμόζονται σήμερα.

2. 2 Οικονομικές δυσκολίες για την κατασκευή ενός κτιρίου μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης.

Όπως προαναφέρθηκε, υπάρχουν σημαντικές δυσκολίες και εμπόδια για την κατασκευή ενός κτιρίου μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης. Τα εμπόδια είναι πολλά και δυστυχώς δεν υπάρχει ακόμη κάποιος δυνατός οικονομικός σχεδιασμός που να περιλαμβάνει οικονομικά προγράμματα που η εφαρμογή τους να βοηθάει κάποιον πολίτη να στραφεί στη δημιουργία ενός τέτοιου κτιρίου. Μερικά από αυτά τα εμπόδια είναι τα ακόλουθα :

- **Αρχικό κεφάλαιο.**

Το αρχικό κόστος μιας τέτοιας επένδυσης, ίσως αποτρέπει την επένδυση σε αυτό, είτε επειδή ένας επενδυτής δεν έχει πρόσβαση σε τέτοιο κεφάλαιο είτε επειδή τον ενδιαφέρουν επενδύσεις του ίδιου μεγέθους αλλά υψηλότερης προτεραιότητας. Συνήθως οι επενδύσεις που σχετίζονται με την μέγιστη ενεργειακή απόδοση των κτιρίων τείνουν να είναι ακριβότερες από άλλες πολύ χαμηλότερης ενεργειακής απόδοσης. Υπάρχουν μελέτες που καταδεικνύουν την στάση των καταναλωτών σε τέτοιες επενδύσεις, στις οποίες και φαίνεται ξεκάθαρα ότι οι καταναλωτές στρέφονται σε επενδύσεις ενέργειας οι οποίες είναι σχετικά οικονομικές και μικρής ενεργειακής απόδοσης εξαιτίας του χαμηλού αρχικού κόστους.

- **Υψηλό ρίσκο**

Η αναλογία του ρίσκου μια τέτοιας επένδυσης σε σχέση με το χρόνο αποπληρωμής της αποτελεί σημαντικό οικονομικό δείκτη για την αξιοπιστία της επένδυσης, από την πλευρά του επενδυτή. Είναι συνηθισμένο οι επενδύσεις στον ενεργειακό τομέα να μην παρουσιάζουν οικονομικούς δείκτες μια τυπικής επένδυσης. Άλλωστε οι χρηματιστές συνήθως επιλέγουν επενδύσεις οι οποίες είναι χαμηλού ρίσκου και οι

οποίες αποσβένουν το αρχικό κόστος του σε σχετικά μικρό διάστημα. Δυστυχώς, οι επενδύσεις στην ενεργειακή αποδοτικότητα των κτιρίων δεν αντιμετωπίζονται όπως θα έπρεπε και έτσι οι χρηματιστές τις θεωρούν εξαιρετικά αβέβαιες, με αποτέλεσμα να είναι απρόσιτες με ότι αντίκτυπο μπορεί αυτό να έχει στο πώς προωθούνται στους επενδυτές.

- **Προεξοφλητικό επιτόκιο**

Το προεξοφλητικό επιτόκιο συνήθως αιτιολογείται ανάλογα με το ρίσκο της επένδυσης. Ανάλογα με το πώς κανείς προσεγγίζει το ρίσκο μιας τέτοιας επένδυσης η επένδυση μπορεί να θεωρηθεί είτε επένδυση υψηλού ρίσκου είτε επένδυση πολύ χαμηλού ρίσκου. Οι επενδύσεις στην ενεργειακή αποδοτικότητα των κτιρίων κρίνονται ως ασφαλή επιλογή όταν μειώνουν την έκθεση της επένδυσης στην αστάθεια των τιμών των καυσίμων, που είναι με διαφορά το μεγαλύτερο ρίσκο σε μια τέτοια επένδυση. Η επικρατούσα πάντως άποψη είναι πως οι επενδύσεις στην ενεργειακή αποδοτικότητα των κτιρίων είναι επενδύσεις υψηλού ρίσκου με αποτέλεσμα το προεξοφλητικό επιτόκιο να είναι πολύ υψηλό.

- **Χρόνος Αποπληρωμής**

Είναι πολύ συνηθισμένο για τους οικονομολόγους και τους επενδυτές να θεωρούν την περίοδο αποπληρωμής έναν από τους σημαντικότερους οικονομικούς δείκτες σε μια επένδυση. Οι επενδύσεις για την βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων έχουν την τάση να παρουσιάζουν περίοδο αποπληρωμής μεγαλύτερη από αυτή άλλων συνηθισμένων επενδύσεων με αποτέλεσμα να θεωρούνται επενδύσεις χαμηλής προτεραιότητας. Προφανώς ο συγκεκριμένος οικονομικός δείκτης είναι ακατάλληλος για τέτοιου είδους επενδύσεις καθώς ο χρόνος ζωής ενός κτιρίου συνήθως αγγίζει και ξεπερνάει τα 30 χρόνια ζωής. Έτσι δεν λαμβάνονται υπόψη σημαντικά οφέλη που συνεχίζουν να υφίστανται και μετά την περίοδο αποπληρωμής όπως βελτίωση της ποιότητας διαβίωσης και της υγείας των ανθρώπων που ζουν και εργάζονται εντός των κτιρίων, με ότι αυτό συνεπάγεται. Ωστόσο παρά την ακαταλληλότητα αυτού του οικονομικού δείκτη, εφαρμόζεται ακόμη και αποτελεί σημαντικό εμπόδιο στις επενδύσεις που σχετίζονται με την ενεργειακή αναβάθμιση στα κτίρια.

- **Θεσμικά Εμπόδια**

Οι υπάρχοντες νόμοι και πρακτικές εμποδίζουν τις βελτιώσεις στην ενεργειακή αναβάθμιση των κτιρίων. Αυτό είναι αποτέλεσμα της κακής κρίσης των ανθρώπων που άδικα θεωρούν ότι πρέπει η ανθρωπότητα να στραφεί σε νέες μορφές ενέργειας που να μην βλάπτουν τα ήδη υπάρχοντα ενεργειακά αποθέματα παρά να στραφούν στη βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας των κτιρίων. Δυστυχώς ακόμη και σήμερα οι κυβερνήσεις αντιμετωπίζουν την ενεργειακή αναβάθμιση με την ίδια προσέγγιση και δύσκολα επενδύουν σε μέτρα προς την σωστή κατεύθυνση.

- **Έλλειψη Γνώσεων**

Πολλοί καταναλωτές δεν γνωρίζουν πώς να επενδύσουν σε δράσεις που σχετίζονται με την ενεργειακή αναβάθμιση των κτιρίων ή δεν κατανοούν τα οφέλη μιας τέτοιας επένδυσης. Μάλιστα η έλλειψη γνώσης σχετικά με τα οφέλη μιας τέτοιας δράσης τόσο οικολογικά όσο και οικονομικά δυσχεραίνει την αλλαγή των συνηθειών των καταναλωτών προς το χειρότερο. Μελέτες έχουν δείξει ότι χρειάζονται πάνω από 10 χρόνια να αλλάξουν ουσιαστικά οι συνήθειες των καταναλωτών ενώ απαιτούνται 3 με 4 χρόνια να γίνουν κατανοητές νέες τεχνολογίες.

- **Έλλειψη τεχνικά εξειδικευμένου προσωπικού**

Η πλειοψηφία των ανθρώπων που σχετίζονται με τον κτιριακό τομέα δεν έχουν επαρκή γνώση και εκπαίδευση σχετικά με τις νέες τεχνολογίες που σχετίζονται με την εξοικονόμηση ενέργειας των κτιρίων. Οι προμηθευτές, οι κατασκευαστές, οι διαφημιστές και οι οικονομολόγοι έχουν ανεπαρκείς γνώσεις σχετικά με τις νέες τεχνολογίες που σχετίζονται με την βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων, με αποτέλεσμα να μην προωθούνται όπως θα έπρεπε αυτές οι τεχνολογίες.

Από τα παραπάνω, προκύπτει εύλογα ότι δυστυχώς δεν υπάρχει μια συντονισμένη δράση τόσο σε Ευρωπαϊκό όσο και σε εθνικό επίπεδο για την βελτίωση της απόδοσης των κτιρίων, είτε νέων κτιρίων που να είναι εντός των κανονισμών, είτε νέων κτιρίων που να έχουν ακόμη μεγαλύτερη απόδοση όπως τα κτίρια μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης.

2.3 Τεχνολογίες που εφαρμόζονται σε Κτίρια Μηδενικής Ενεργειακής Κατανάλωσης.

Οι τεχνολογίες που εφαρμόζονται στα κτίρια μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης διαχωρίζονται σε τεχνολογίες που σχετίζονται με την αρχιτεκτονική του κτιρίου (βιοκλιματική αρχιτεκτονική) και σε τεχνολογίες που σχετίζονται με τις ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις του κτιρίου δηλαδή εξοπλισμό υψηλής ενεργειακής απόδοσης. Στην ενότητα αυτή μελετώνται τεχνικές που εφαρμόζονται τόσο στην αρχιτεκτονική του κτιρίου όσο και στις ηλεκτρομηχανολογικές του εγκαταστάσεις.

2.3.1 Βιοκλιματική αρχιτεκτονική

Ένας από τους βασικότερους παράγοντες που επηρεάζουν το ενεργειακό προφίλ ενός κτιρίου είναι η αρχιτεκτονική του. Μπορεί σε ένα κτίριο να εφαρμοστούν τεχνολογίες οι οποίες να βελτιώνουν την ενεργειακή κατανάλωση του κτιρίου, όμως αυτές από μόνες τους δεν είναι ικανές να βελτιστοποιήσουν την ενεργειακή απόδοση του κτιρίου. Θα πρέπει να έχει γίνει ο κατάλληλος αρχικός σχεδιασμός του κτιρίου ώστε να ελαχιστοποιούνται οι απώλειες ενέργειας για την ψύξη και τη θέρμανση του

κτιρίου καθώς και τον αερισμό και τον φωτισμό του. Για να γίνει ο σωστός σχεδιασμός θα πρέπει να ληφθούν υπόψη μια σειρά παραμέτρων οι οποίες και θα αναφερθούν στη συνέχεια.

Αρχικά παρουσιάζονται οι παράγοντες εκείνοι οι οποίοι πρέπει να μελετηθούν σοβαρά πριν την κατασκευή του κτιρίου και στη συνέχεια παρουσιάζονται όλες εκείνες οι τεχνικές που εφαρμόζονται για την επίτευξη φυσικού φωτισμού, φυσικού δροσισμού ψύξης και θέρμανσης του κτιρίου.

2. 3. 1. 1 Βασικές αρχές βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζονται μερικές βασικές αρχές που πρέπει να εφαρμοστούν σε ένα κτίριο πριν κατασκευαστεί ώστε το κτίριο να ευνοηθεί κατά το δυνατό περισσότερο από το χώρο στον οποίο βρίσκεται καθώς και να μεγιστοποιηθούν οι απολαβές που μπορούν να προκύψουν στον φυσικό φωτισμό τον φυσικό δροσισμό, την φυσική θέρμανση και τον φυσικό αερισμό του κτιρίου.

- **Μικροκλίμα**

Πολύ σημαντικό ρόλο παίζει ο χώρος στον οποίο βρίσκεται το κτίριο καθώς το κλίμα που μπορεί να υπάρχει στον χώρο παίζει σημαντικό ρόλο. Συνολικά υπάρχουν 6 τύποι μικροκλίματος και αυτοί είναι :

- 1) Παραθαλάσσιο
- 2) Ηπειρωτικό –Πεδινό
- 3) Δάσος
- 4) Κοιλάδα
- 5) Ορεινό
- 6) Αστικό

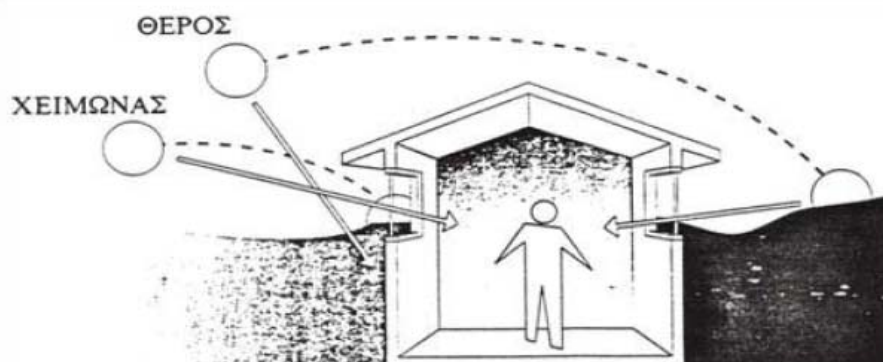
Κάθε τύπος μικροκλίματος είναι διαφορετικός και ο μελετητής θα πρέπει να λάβει σοβαρά υπόψη το μικροκλίμα το οποίο επικρατεί στο χώρο που πρόκειται να κατασκευαστεί το κτίριο. Επίσης ο παράγοντας αυτός είναι πολύ σημαντικός καθώς κάθε τύπος μικροκλίματος απαιτεί ξεχωριστή αντιμετώπιση από τον αρχιτέκτονα.

- **Ηλιοφάνεια και ηλιακά κέρδη**

Για τη χάραξη βιοκλιματικής στρατηγικής πρέπει να διαπιστωθεί πως γίνεται η πρόσβαση των ηλιακών ακτινών στο οικόπεδο και μάλιστα σε συνάρτηση με τη γωνία πρόσπτωσης και τη χρονική διάρκεια.

Με βάση τους ηλιακούς χάρτες, όπου φαίνεται η γωνία πρόσπτωσης των ηλιακών ακτινών σε κάθε τόπο, για κάθε εποχή και την κάθε ώρα της ημέρας, καθορίζεται ο προσανατολισμός και το Σχήμα του υπό κατασκευή κτιρίου. Σκοπός αυτής της μελέτης είναι το κτίριο να συλλέγει τη μέγιστη ηλιακή ακτινοβολία το χειμώνα που τη χρειάζεται και να την αποφεύγει όταν αυτή είναι ανεπιθύμητη δηλαδή το

καλοκαίρι. Στο ακόλουθο Σχήμα 2.1 φαίνεται ποιος είναι ο σκοπός της μελέτης της πορείας του ήλιου.



Σχήμα 2. 1 : Πορεία του ήλιου το χειμώνα και το καλοκαίρι.

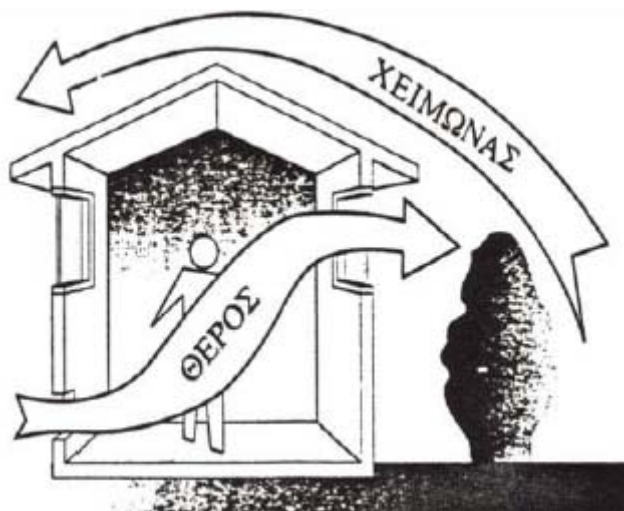
Η τεχνική λοιπόν που εφαρμόζεται βασίζεται στην πορεία του ήλιου όλο το χρόνο και η γενική στρατηγική είναι το κτίριο να είναι «ανοιχτό» προς το Νότο και προστατευμένο από τον Βορρά χρησιμοποιώντας παθητικά με τον καλύτερο δυνατό τρόπο την ηλιακή ενέργεια κατά τους χειμερινούς μήνες. Αντίστοιχα το καλοκαίρι με τις νότιες προεξοχές της στέγης, την κατακόρυφη προστατευτική σκίαση στην Ανατολή και κυρίως στη Δύση με πετάσματα ή βλάστηση επιτυγχάνεται αποτελεσματικά η προστασία από τον ήλιο.

- **Έλεγχος των ανέμων**

Σκοπός της μελέτης των ανέμων σε ένα κτίριο είναι να εντοπιστούν οι άνεμοι οι οποίοι μπορούν να είναι ευεργετικοί για το κτίριο και να περιοριστούν οι άνεμοι εκείνοι οι οποίοι επιδρούν αρνητικά στο κτίριο.

Οι άνεμοι μπορούν να επιδράσουν ευεργετικά σε ένα κτίριο και αυτό μπορεί να γίνει όταν η αρχιτεκτονική του κτιρίου τους εκμεταλλεύεται για τον φυσικό αερισμό του κτιρίου καθώς και τον δροσισμό του κατά τους θερινούς μήνες. Αντίστοιχα το χειμώνα υπάρχουν άνεμοι οι οποίοι επιβαρύνουν το κτίριο καθώς ενισχύουν τις θερμικές του απώλειες.

Είναι σημαντικό ένα κτίριο να αερίζεται με φυσικό τρόπο καθώς τα μέτρα που θα ληφθούν θα ευνοούν την κατάσταση του κτιρίου κάτω από χειμερινές όσο και κάτω από καλοκαιρινές συνθήκες. Η γενική αρχή που εφαρμόζεται είναι να εξασφαλίζεται μια επαρκής ροή αέρα από σημεία εισόδου του οικοπέδου τα οποία υποδεικνύονται από τον αρχιτέκτονα. Τα σημεία εξόδου του αέρα πρέπει να είναι σε φυσιολογικά πλαίσια υψηλότερα ώστε να μην αποτελούν πρόβλημα. Έτσι επιτυγχάνεται ο δροσισμός του κτιρίου φυσικά, καθώς και η απομάκρυνση των μολυσματικών στοιχείων από το οικόπεδο. Στο ακόλουθο Σχήμα 2.2 παρουσιάζεται η επιθυμητή επίδραση του ανέμου σε ένα κτίριο τόσο το καλοκαίρι όσο και το χειμώνα.



Σχήμα 2. 2 : Επιθυμητή επίδραση των ανέμων σε ένα κτίριο το χειμώνα και το καλοκαίρι.

- **Προσανατολισμός του κτιρίου**

Το πρόβλημα του προσανατολισμού είναι περίπλοκο αφού εξαρτάται από όλους τους προαναφερθέντες παράγοντες καθώς και άλλους παράγοντες όπως η ανάγκη για θέα, την ανάγκη για ιδιωτικότητα και άλλα.

Όσον αφορά τις κλιματικές παραμέτρους, για την εύκρατη ζώνη ο καλύτερος προσανατολισμός είναι ο νότιος, γιατί η προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία είναι σχεδόν τριπλάσια, σε σχέση με την ανατολή και τη δύση, που δέχονται ίσα ποσά ακτινοβολίας, για την περίοδο του χειμώνα. Η απευθείας ηλιακή ακτινοβολία που δέχεται η νότια πρόσοψη των κτιρίων συμβάλλει στην αδάπανη θέρμανση το χειμώνα, ενώ η ηλιοπροστασία των ανοιγμάτων το καλοκαίρι, κατά τη διάρκεια του οποίου υπάρχει κίνδυνος υπερθέρμανσης, είναι πιο αποτελεσματική σε αυτόν τον προσανατολισμό.

Επιπροσθέτως, η βορινή πλευρά καλό είναι να κολλάει σε κάποιο άλλο κτίριο ή να προστατεύεται από κλειστούς χώρους στάθμευσης ή αποθήκες ώστε να αποφεύγεται η απευθείας επαφή με τους ψυχρούς βόρειους ανέμους.

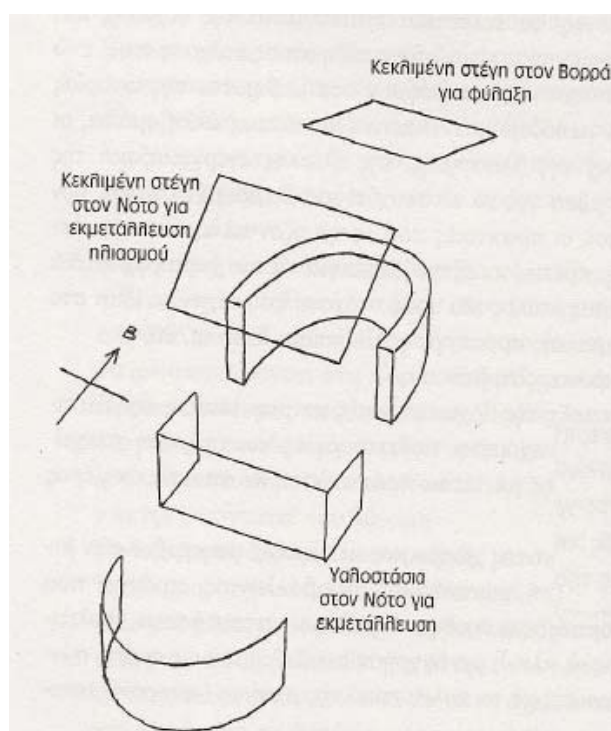
Τελικά, όπου είναι δυνατή η επιλογή του οικοπέδου καλό είναι να επιλέγεται οικόπεδο με θέα προς το νότο και κύριο άξονα κατά τη φορά ανατολής-δύσης. Έτσι το κτίριο θα καλύπτεται από τους βορινούς ανέμους ενώ παράλληλα γίνεται δυνατή η εκμετάλλευση της θερμικής ηλιακής ενέργειας.

- **Σχήμα του κτιρίου**

Το Σχήμα του κτιρίου εξαρτάται από τις ανάγκες του για θέρμανση και το γεωγραφικό πλάτος της περιοχής. Ένα κτίριο επίμηκες, κατά τον άξονα ανατολής-δύσης, προσφέρει μεγαλύτερη επιφάνεια προς το νότο, για τη συλλογή ηλιακής θερμότητας το χειμώνα. Επίσης, καθιστά δυνατή τη διάταξη του μέγιστου δυνατού

αριθμού χώρου διαβίωσης στις νότιες επιφάνειες, που δέχονται τρεις φορές περισσότερη ενέργεια από τις δυτικές ή τις ανατολικές. Ακόμα, η δυτική όψη, που είναι ιδιαίτερα ελαττωματική, περιορίζεται στο ελάχιστο, ενώ μπορούν να διαταχθούν εκεί χώροι ανάσχεσης της ηλιακής ενέργειας με σκοπό την προστασία του υπόλοιπου οικοδομήματος από την υπερθέρμανση.

Όσον αφορά τις βόρειες όψεις, που είναι συνήθως οι ψυχρότερες μπορεί να δοθεί στο κτίριο ένα Σχήμα τέτοιο ώστε η κλίση της στέγης να είναι από το νότο προς το βορρά. Με τον τρόπο αυτό μειώνεται το ύψος του τοίχου που «βλέπει» στον βορρά και δημιουργείται αεροδυναμικό φαινόμενο που ελαχιστοποιεί τους στροβιλισμούς και τις διεισδύσεις του ανέμου. Στο ακόλουθο Σχήμα 2.3 παρουσιάζεται το επιθυμητό Σχήμα του κτιρίου στον αντίστοιχο προσανατολισμό.



Σχήμα 2. 3 :Σχήμα κτιρίου με σωστό προσανατολισμό

- **Προσανατολισμός και μέγεθος των ανοιγμάτων**

Η μελέτη των ανοιγμάτων του κτιρίου αποτελεί την προϋπόθεση για το σωστό προσανατολισμό και μέγεθος αυτών, τα οποία με τη σειρά τους θα δώσουν μια ισορροπία στο κτίριο σχετικά με τη θέρμανση, την ψύξη και τον φυσικό φωτισμό.

Ο στόχος που ορίζεται κατά τη βιοκλιματική μελέτη είναι η μεγιστοποίηση των ηλιακών κερδών κατά την περίοδο του χειμώνα, ενώ το καλοκαίρι η αποφυγή της υπερθέρμανσης με τη χρήση κατάλληλης ηλιοπροστασίας.

Γενικά κατά το σχεδιασμό των ανοιγμάτων το ζητούμενο είναι η κατασκευή μεγάλων νότιων ανοιγμάτων για την εκμετάλλευση του ήλιου κατά το χειμώνα, αλλά και επειδή παρουσιάζουν μια σειρά πλεονεκτημάτων όπως :

- 1) Την καλύτερη κατανομή των ηλιακών κερδών στο κτίριο σε σχέση με άλλους προσανατολισμούς.
- 2) Την επίτευξη σημαντικής εξοικονόμησης για θέρμανση
- 3) Την ελαχιστοποίηση του κινδύνου υπερθέρμανσης το καλοκαίρι σε σχέση με αυτόν που συνεπάγεται η ύπαρξη ανατολικών και δυτικών ανοιγμάτων
- 4) Την αποτελεσματική εφαρμογή ηλιοπροστασίας με την εφαρμογή απλών οριζόντιων σκιάστρων.

Τα ανατολικά και δυτικά ανοίγματα δεν προσφέρουν σημαντικά πλεονεκτήματα σε ένα κτίριο, γι' αυτό κατασκευή τους πρέπει να γίνεται μόνο σε περιπτώσεις που υπάρχει ανάγκη για βελτίωση του φωτισμού ή της θέας. Επιπροσθέτως ευθύνονται πολλές φορές για την υπερθέρμανση του χώρου, με αποτέλεσμα να αυξάνονται οι απαιτήσεις για ψυκτικά φορτία κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού. Στις περιπτώσεις ύπαρξης τέτοιων ανοιγμάτων συνίσταται η χρήση σκιάστρων για την ηλιοπροστασία του κτιρίου. Αντίθετα τα βόρεια παράθυρα, επειδή επηρεάζονται λιγότερο από τις εποχιακές διακυμάνσεις, χρησιμοποιούνται κυρίως για το φωτισμό, καθώς επιτρέπουν μόνο το διάχυτο φως να μπει στο κτίριο και όχι το άμεσο που προκαλεί θάμβωση. Το δε μέγεθος τους, δεν πρέπει να είναι μεγάλο για να αποφεύγονται οι μεγάλες απώλειες θερμότητας κατά την περίοδο του χειμώνα. Το γυαλί είναι υλικό με μικρή θερμομονωτική ικανότητα και οι θερμικές του απώλειες είναι πολύ μεγάλες.

Οι μεγάλες απώλειες του γυαλιού δεν εξηγούνται μόνο από τη θερμική αντίσταση των υαλοπινάκων αλλά και από τη διείσδυση του αέρα. Η διείσδυση προκαλεί το μεγαλύτερο μέρος των απωλειών το χειμώνα και τα ανεπιθύμητα κέρδη το καλοκαίρι. Οι απώλειες από αγωγιμότητα μπορούν να ελαχιστοποιηθούν αυξάνοντας τον αριθμό των υαλοπινάκων (διπλά ή τριπλά τζάμια).

Ωστόσο, η γυάλινη επιφάνεια δεν αποτελεί μόνο πηγή θερμικών απωλειών αλλά και πηγή θερμικών κερδών από την ηλιακή ακτινοβολία, αρκεί να έχει τον κατάλληλο προσανατολισμό. Η πιο πρόσφατη άποψη άλλωστε, είναι ότι η γυάλινη επιφάνεια είναι ο πιο οικονομικός και αποδοτικός ηλιακός συλλέκτης αρκεί να είναι προσανατολισμένη στο νότο.

Η γενική αρχή είναι να υπάρχουν μεγάλα ανοίγματα προς το νότο, με μονό ή διπλό τζάμι, ανατολικά και δυτικά ανοίγματα μέτριων διαστάσεων και μικρά ανοίγματα στη βορεινή πλευρά του κτιρίου με διπλά τζάμια. Επιπρόσθετα, προκειμένου να λειτουργήσει το άνοιγμα ως ηλιακός συλλέκτης θα πρέπει να έχει διπλό τζάμι, μονωτικά παντζούρια και καλή συναρμογή κουφωμάτων.

Τέλος, για να διασφαλίζεται ο ηλιασμός όλου του εσωτερικού χώρου από τα ανοίγματα της νότιας πρόσοψης, θα πρέπει το βάθος του κτιρίου να μην είναι μεγαλύτερο από 2, 5 φορές το ύψος του παραθύρου με αφετηρία το δάπεδο. Ο εμπειρικός αυτός κανόνας εξασφαλίζει ταυτόχρονα και επαρκή φωτισμό στον εσωτερικό χώρο.

- **Δημιουργία φυσικού αερισμού με τον κατάλληλο προσανατολισμό και μέγεθος των ανοιγμάτων.**

Ο προσανατολισμός και το μέγεθος των ανοιγμάτων αποτελούν σημαντικό κριτήριο και για τη δημιουργία των συνθηκών επαρκούς φυσικού αερισμού.

Η συνήθης πρακτική είναι να τοποθετούνται τα ανοίγματα εισόδου προσανατολισμένα στο νότο, όπου και μπορούν να επωφεληθούν στον μέγιστο βαθμό τον αερισμό, μιας και οι πιο δροσεροί άνεμοι προέρχονται από νοτιοδυτική ή νοτιοανατολική διεύθυνση προσπίπτοντας πλάγια στα ανοίγματα εισόδου. Μάλιστα όταν η διεύθυνση του ανέμου παρουσιάζει απόκλιση περίπου 45° ως προς τη διεύθυνση των ανοιγμάτων προκύπτουν τα καλύτερα αποτελέσματα αερισμού. Αυτό συμβαίνει επειδή το ρεύμα του αέρα αλλάζει διεύθυνση μέσα στο χώρο, κινείται με κυκλική τροχιά όπως φαίνεται στο ακόλουθο Σχήμα και προκαλείται με αυτό τον τρόπο μια ομοιόμορφη διανομή της ροής και της ταχύτητας του.



Σχήμα 2. 4 : Επιθυμητή ροή του ανέμου μέσα σε ένα κτίριο

Έχει αποδειχθεί πως ένας χώρος αερίζεται αποτελεσματικά όταν η κίνηση του αέρα είναι ανεμπόδιστα διαμπερής ανάμεσα σε δύο ανοίγματα τοποθετημένα αντιδιαμετρικά και σε διαφορετική υψομετρική στάθμη. Σε περίπτωση που τα ανοίγματα έχουν διαφορετικά μεγέθη, η ταχύτητα του ανέμου θα είναι μεγαλύτερη κοντά στο άνοιγμα (εισόδου ή εξόδου) με το μικρότερο εμβαδόν.

Για την μεγιστοποίηση του διαμπερή αερισμού του κτιρίου θα πρέπει τα μεγέθη των δύο ανοιγμάτων να είναι ίσα.

- **Το χρώμα των εξωτερικών επιφανειών του κτιρίου**

Το χρώμα των εξωτερικών συμπαγών δομικών στοιχείων, επηρεάζει την ποσότητα της θερμότητας που μπαίνει μέσα στο κτίριο κατά τη διάρκεια της ημέρας, μιας και τα σκούρα χρώματα απορροφούν περισσότερη ηλιακή θερμότητα από ότι τα ανοιχτά χρώματα. Επιπροσθέτως, καθορίζουν και τη θερμότητα που χάνεται με ακτινοβολία στη διάρκεια της νύχτας.

Σύμφωνα με μελέτες έχει αποδειχθεί ότι υπάρχει επίδραση του χρώματος του συμπαγούς δομικού στοιχείου σε σχέση με τον προσανατολισμό του κτιρίου. Ειδικότερα, διαπιστώθηκε ότι σε επιφάνειες βαμμένες με γκρί χρώμα η διαφορά θερμοκρασίας στους διάφορους προσανατολισμούς φτάνει μέχρι 23°C , ενώ αντίστοιχα στην περίπτωση ασπροβαμμένης τοιχοποιίας οι αποκλίσεις της θερμοκρασίας δεν ξεπερνούν τους 3°C .

Για κλίματα ζεστά, οι εξωτερικές επιφάνειες των κτιρίων, που αντιμετωπίζουν την έντονη ηλιακή ακτινοβολία, πρέπει να βάφονται σε χρώματα ανοιχτά. Στην περίπτωση των ψυχρών κλιμάτων ενδείκνυται οι επιφάνειες να βάφονται σε σκούρες αποχρώσεις γιατί έτσι απορροφούν μεγαλύτερα ποσά ηλιακής θερμικής ακτινοβολίας.

- **Κατασκευή κτιρίου –θερμική προστασία των εξωτερικών δομικών στοιχείων**

Ένας σημαντικός παράγοντας για τη λειτουργία του κτιρίου σύμφωνα με τις αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού είναι η αποθήκευση της θερμότητας που προέρχεται από τη δεσμευμένη ηλιακή ενέργεια. Όταν το κτίριο λειτουργεί ως φυσικός ηλιακός συλλέκτης σύμφωνα με όσα αναπτύχθηκαν παραπάνω, πρέπει να είναι «ικανό» να συγκρατεί τη θερμότητα που ανακτά κατά τη διάρκεια της ημέρας και να την επαναποδίδει κατά τη διάρκεια της νύχτας.

Ο πιο αποτελεσματικός «αποθηκευτής» θερμότητας είναι η ίδια η κτιριακή κατασκευή δηλαδή οι τοιχοποιίες, εσωτερικές και εξωτερικές, τα δάπεδα και οι οροφές.

Όλα τα δομικά υλικά απορροφούν και αποθηκεύουν θερμότητα, καθώς θερμαίνονται, το καθένα όμως σε διαφορετικό βαθμό και ποσότητα ανάλογα με την πυκνότητα μάζας του και την ειδική θερμότητα. Γενικά, τα βαριά υλικά έχουν μεγαλύτερη πυκνότητα και κατά συνέπεια μεγαλύτερη ικανότητα για θερμική αποθήκευση.

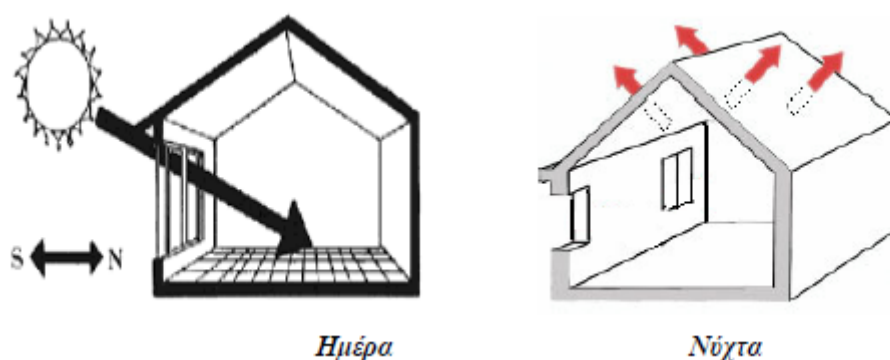
Η ηλιακή ακτινοβολία την ημέρα περνά μέσα από τα ανοίγματα στους εσωτερικούς χώρους, όπου παγιδεύεται, μετατρέπεται σε θερμική ενέργεια και απορροφάται από τα υλικά της κατασκευής μέχρι η αποθηκευτική ικανότητα τους να κορεστεί. Η διαδικασία της αποθήκευσης της θερμικής ενέργειας πραγματοποιείται με τον αέρα, που θερμαίνεται γρηγορότερα και με την κίνηση του μεταδίδει τη θερμότητα στα συμπαγή υλικά.

Η ηλιακή ακτινοβολία όταν προσπίπτει στη γυάλινη επιφάνεια του ανοίγματος το υ κτίριο ανακλάται κατά ένα ποσοστό, ενώ το υπόλοιπο απορροφάται από το γυαλί και αποδίδεται προς το εσωτερικό του κτιρίου. Η ηλιακή ενέργεια που εισχωρεί στο εσωτερικό μετατρέπεται σε θερμότητα. Ένα μέρος της θερμότητας ανακλάται από το δάπεδο ενώ το μεγαλύτερο απορροφάται και αποθηκεύεται. Η αποθηκευμένη θερμότητα του δαπέδου σταδιακά αποδίδεται στο χώρο που τον θερμαίνει, ενώ ένα μέρος αυτής χάνεται μέσα από τις γυάλινες επιφάνειες των ανοιγμάτων του κτιρίου

με την μορφή θερμικών απωλειών. Η θερμότητα που παραμένει στον εσωτερικό χώρο αποτελεί το «χρήσιμο» ηλιακό κέρδος.

Όσο μεγαλύτερη είναι η ικανότητα θερμικής αποθήκευσης των υλικών της κατασκευής, τόσο η θερμοκρασία του αέρα στον εσωτερικό χώρο παραμένει σε συνθήκες θερμικής άνεσης για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα, με αποτέλεσμα να μειώνεται η ζήτηση για έξτρα θέρμανση από ενεργοβόρες πηγές. Βασική σημασία για την αποτελεσματική λειτουργία του κτιρίου ως αποθήκη θερμότητας έχουν η αυξημένη θερμοχωρητική ικανότητα των υλικών κατασκευής και η σωστή, ποσοτικά διανομή των υλικών αυτών στο σύνολο της κατασκευής.

Η διαδικασία αποθήκευσης και επαναπόδοσης της θερμότητας οφείλεται σε θερμοδυναμικά φαινόμενα, δηλαδή τη ροή θερμότητας από το θερμότερο στο ψυχρότερο περιβάλλον. Η ροή θερμότητας από το περιβάλλον προς το κτίριο πραγματοποιείται κατά τη διάρκεια της ημέρας ενώ η κατεύθυνση της ροής αντιστρέφεται από το κτίριο προς το περιβάλλον στη διάρκεια της νύχτας. Ο επαναλαμβανόμενος αυτός κύκλος, με διαφορετική ένταση στη διάρκεια των εποχών του έτους, χαρακτηρίζεται ως «περιοδική ροή θερμότητας». Στο ακόλουθο Σχήμα 2.5 παρουσιάζεται το φαινόμενο της περιοδικής ροής θερμότητας.



Σχήμα 2. 5 : Φαινόμενο Περιοδικής ροής θερμότητας.

Χαρακτηριστικοί παράμετροι της περιοδικής ροής θερμότητας στο κτίριο είναι η χρονική καθυστέρηση και ο συντελεστής μείωσης της θερμοκρασίας. Η χρονική καθυστέρηση προσδιορίζει τη χρονική διάρκεια που μεσολαβεί από τη στιγμή που εμφανίζεται η μέγιστη εξωτερική θερμοκρασία, μέχρι τη στιγμή που εμφανίζεται η μέγιστη τιμή της εσωτερικής επιφανειακής θερμοκρασίας και υπολογίζεται σε ώρες. Εξαρτάται από τη θερμοχωρητική ικανότητα των υλών κατασκευής του κτιρίου και τη θερμική αδράνεια του κτιρίου, γιατί όσο μεγαλύτερος είναι ο συντελεστής θερμοχωρητικότητας των υλικών, τόσο αργότερα προχωρεί το εξωτερικό θερμικό φορτίο προς τις εσωτερικές επιφάνειες της τοιχοποιίας και από εκεί στο χώρο. Ο συντελεστής μείωσης ορίζεται ως η διαφορά διακύμανσης της εσωτερικής θερμοκρασίας σε σχέση με την αντίστοιχη εξωτερική.

Η χρονική καθυστέρηση και ο συντελεστής μείωσης αποτελούν βασικούς παράγοντες για τον προσδιορισμό της μάζας των υλικών και το συνδυασμό τους σε δομικά στοιχεία της κτιριακής δομής, γιατί ρυθμίζουν την ποσότητα της θερμικής αντίστασης και κατά συνέπεια του θερμικού κέρδους μέσα από συμπαγή στοιχεία καθώς και το επίπεδο της θερμικής άνεσης στον εσωτερικό χώρο.

Η θερμοχωρητικότητα των υλικών εξαρτάται από την πυκνότητα του υλικού και από την ειδική του θερμότητα. Η χρονική καθυστέρηση εξαρτάται κυρίως από δύο παράγοντες :

- Τη θερμική αγωγιμότητα του υλικού που αν είναι υψηλή, τότε η θερμική μεταβίβαση είναι ταχύτερη και από
- Τη θερμοχωρητικότητα του υλικού. Αν κάποιο υλικό έχει υψηλή ειδική θερμότητα, η μετάδοση της θερμότητας θα είναι βραδύτερη, μιας και κάθε μόριο απορροφάει μεγάλη ποσότητα θερμότητας πριν να μεταβιβάσει την επιπλέον θερμότητα στο διπλανό μόριο και τελικά στον παρακείμενο χώρο.

Υλικά που διαθέτουν μεγάλη θερμοχωρητικότητα είναι το μπετόν, η πέτρα και το χόμα. Μάλιστα θα πρέπει να επισημανθεί ότι για περιοχές με σημαντικές διακυμάνσεις στην εξωτερική θερμοκρασία και για περιόδους ξηρές και ζεστές το χόμα πετυχαίνει πολύ καλύτερα θερμικά αποτελέσματα από το μπετόν χάρις στη μεγάλη θερμοχωρητική του ικανότητα.

Γενικά οι μελέτες και οι έρευνες έχουν δείξει ότι η διακύμανση της εξωτερικής θερμοκρασίας επηρεάζει λιγότερο τις βαριές κατασκευές. Οι βαριές κατασκευές με τη μεγάλη θερμοχωρητικότητα τους έχουν χαρακτηριστικό την μικρή αυξομείωση της εσωτερικής θερμοκρασίας που παρουσιάζει χρονική καθυστέρηση ως προς την εξωτερική, έχουν δηλαδή μεγάλη θερμική αδράνεια.

Αντίθετα οι ελαφριές κατασκευές, λόγω της μικρής τους θερμοχωρητικότητας έχουν σαν χαρακτηριστικό την μεγάλη αυξομείωση της εσωτερικής θερμοκρασίας τους καθώς παρακολουθούν τις μεταβολές της εξωτερικής θερμοκρασίας με μικρή χρονική καθυστέρηση, δηλαδή παρουσιάζουν μικρή θερμική αδράνεια.

Η ανάγκη της μεγάλης θερμικής μάζας ερμηνεύεται από μια αρχιτεκτονική με βαριά εξωτερική τοιχοποιία. Ωστόσο, παρά την επιβαρυνόμενη, οικονομικά αρχική επένδυση, η εσωτερική αδράνεια της βαριάς κατασκευής ενεργειακά είναι πολύ αποδοτική. Θα μπορούσε να χαρακτηριστεί και επικερδής αν ληφθεί υπόψη η διαρκώς αυξανόμενη αξία της ενέργειας.

Για κτίρια με συνεχή χρήση, όπως οι κατοικίες τα σχολεία, τα γραφεία και άλλοι χώροι εργασίας, η θερμική αδράνεια της κατασκευής αποτελεί βασικό παράγοντα προσαρμογής στα κλιματικά δεδομένα της περιοχής.

- **Θερμική αντίσταση του κτιρίου**

Σύμφωνα με όσα έχουν προαναφερθεί η θερμική αγωγιμότητα αποτελεί έναν από τους τρόπους μετάδοσης της θερμότητας. Το κέλυφος των κτιρίων αποτελείται από υλικά μέσω των οποίων υπάρχει ροή θερμότητας από την περιοχή υψηλότερης θερμοκρασίας προς την περιοχή χαμηλότερης. Η ταχύτητα αυτής της ροής εξαρτάται από τη διαφορά θερμοκρασίας στις επιφάνειες του κελύφους (εξωτερική και εσωτερική) και επιβραδύνεται ανάλογα με την θερμική αντίσταση των υλικών που το απαρτίζουν.

Αυτή η επιβράδυνση αποτελεί τη θερμομονωτική ικανότητα ή θερμική αντίσταση του κελύφους. Τα συνήθη υλικά της κατασκευής των κτιρίων δεν διαθέτουν την επιθυμητή θερμομονωτική ικανότητα γι' αυτό συνοδεύονται από υλικά με διαφορετικές ιδιότητες και μεγαλύτερο συντελεστή θερμομόνωσης. Η ιδιότητα αυτών των υλικών να συγκρατούν τον ξηρό αέρα σε θύλακες στη μάζα τους τα κάνει τόσο επιτυχημένα θερμομονωτικά απέναντι στα συμβατικά υλικά. Ο ξηρός αέρας αποτελεί το καλύτερο μονωτικό υλικό, όταν παραμένει ακινητοποιημένος. Τα συνήθη θερμομονωτικά υλικά είναι πορώδη, ώστε να συγκρατούν στους πόρους τους ακινητοποιημένο τον αέρα, ωστόσο αν οι πόροι τους γεμίσουν νερό χάνουν αυτόματα τη θερμομονωτική τους ικανότητα.

Η τοποθέτηση των θερμομονωτικών υλικών γίνεται σε στρώσεις. Η θέση τους στο κέλυφος του κτιρίου μπορεί να είναι είτε εσωτερική είτε εξωτερική. Στην ακόλουθη εικόνα παρουσιάζεται μια τυπική τομή των στρώσεων του θερμομονωτικού υλικού που χρησιμοποιείται.



Σχήμα 2.6 : Τομή στρώσεων θερμομονωτικού υλικού

Ο άλλος τρόπος θερμομόνωσης που χρησιμοποιείται είναι ο παραδοσιακός τρόπος με την μέθοδο τύπου σάντουιτς και φαίνεται στο παρακάτω Σχήμα 2.7.



Σχήμα 2. 7 : Τομή θερμομόνωσης τύπου σάντουιτς

Η τοποθέτηση του θερμομονωτικού υλικού μπορεί να γίνει εσωτερικά αλλά και εξωτερικά. Αν γίνει εσωτερικά δημιουργείται ο κίνδυνος υγραποίησης υδρατμών στη μάζα του, με αποτέλεσμα να μειωθεί δραματικά η θερμική αντίσταση του.

Η τοποθέτηση εξωτερικά περιορίζει τις θερμογέφυρες και αυξάνει τη θερμική αδράνεια του τοίχου, γιατί αυξάνει τη θερμοχωρητικότητα του. Επίσης προσφέρει μεγαλύτερη προστασία στα δομικά στοιχεία του κτιρίου από την υγρασία και τις διάφορες περιβαλλοντικές επιδράσεις. Το μοναδικό πλεονέκτημα αυτής της μεθόδου είναι το αυξημένο κόστος της.

Η ισχυροποίηση της θερμικής προστασίας των συμπαγών δομικών στοιχείων του κελύφους πέραν της συμβατικής, αποτελεί ένα από τα πλέον σημαντικά μέτρα για τον περιορισμό των θερμικών απωλειών τη χειμερινή περίοδο και την διατήρηση των πιθανών θερμικών κερδών για μεγάλο χρονικό διάστημα στους εσωτερικούς χώρους. Μάλιστα η αποθηκευμένη στη θερμική μάζα του κτιρίου ηλιακή ενέργεια απελευθερώνεται στο εσωτερικό του κτιρίου αργά το απόγευμα ή το βράδυ, οπότε δηλαδή χρειάζεται περισσότερη θερμότητα. Με τον τρόπο αυτό καλύπτεται ένα μέρος των θερμικών αναγκών του κτιρίου.

Η μεγάλη θερμική μάζα συμβάλει θετικά και στις θερμές περιόδους. Η αυξημένη ηλιακή θερμότητα στη διάρκεια της ημέρας αποθηκεύεται στην μάζα του κελύφους του κτιρίου και απελευθερώνεται με χρονική καθυστέρηση στο εσωτερικό του, τις ώρες που στο εξωτερικό περιβάλλον οι θερμοκρασίες είναι χαμηλότερες.

Το γεγονός αυτό είναι πολύ σημαντικό καθώς μειώνει τη μέγιστη θερμοκρασία κατά τη διάρκεια της ημέρας και επομένως τις ανάγκες για δροσισμό ενώ ταυτόχρονα καθυστερεί το χρονικό σημείο παρουσίασης της μέγιστης θερμοκρασίας. Έτσι το μέγιστο ψυκτικό φορτίο δεν συμπίπτει χρονικά με την μέγιστη ζήτηση ενέργειας, που είναι περίπου κοντά στο μεσημέρι και επομένως αποφεύγονται τυχόν προβλήματα από την υπερφόρτωση του ηλεκτρικού δικτύου.

Συμπερασματικά με τη σωστή θερμομόνωση των κτιρίων επιτυγχάνεται :

- Η εξασφάλιση ενός άνετου και υγιούς περιβάλλοντος διαμονής, λόγω της διατήρησης του βέλτιστου θερμικού φορτίου σε χειμερινές και θερινές περιόδους.
- Μείωση στην κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση και κλιματισμό, λόγω των μειωμένων απωλειών θερμότητας το χειμώνα και θερμικών προσόδων το καλοκαίρι.
- Μειωμένο αντίκτυπο στο περιβάλλον εξαιτίας της μικρότερης κατανάλωσης καυσίμων και των λιγότερων εκπομπών καυσαερίων.

2. 3. 2 Συστήματα εκμετάλλευσης της ηλιακής ενέργειας για θέρμανση των χώρων.

Το πρόβλημα της θέρμανσης των κτιρίων είναι ένα από τα μεγαλύτερα προβλήματα του οικιακού τομέα καθώς το κόστος για την ενέργεια που καταναλώνεται για θέρμανση είναι τεράστιο και αν ληφθεί υπόψη η ολοένα και μεγαλύτερη αύξηση της τιμής των καυσίμων το κόστος αναμένεται να γίνει ακόμη μεγαλύτερο. Ωστόσο, σήμερα υπάρχουν τεχνολογίες οι οποίες εκμεταλλεύονται την ηλιακή ενέργεια σε βαθμό τέτοιο που η τεχνητή θέρμανση του κτιρίου σε κάποιες περιπτώσεις κρίνεται αχρείαστη. Τα συστήματα θέρμανσης που εκμεταλλεύονται την ηλιακή ενέργεια είναι τα ακόλουθα :

- τα παθητικά συστήματα εκμετάλλευσης της ηλιακής ενέργειας
- τα ενεργητικά συστήματα εκμετάλλευσης της ηλιακής ενέργειας
- τα υβριδικά συστήματα εκμετάλλευσης της ηλιακής ενέργειας

2. 3. 2. 1 Παθητικά συστήματα εκμετάλλευσης της ηλιακής ενέργειας για φυσική θέρμανση.

Η αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας και των περιβαλλοντικών πηγών γενικότερα μέσω των παθητικών ηλιακών συστημάτων επιτυγχάνεται στα πλαίσια της συνολικής θερμικής λειτουργίας του κτιρίου και της σχέσης κτιρίου-περιβάλλοντος. Η δε θερμική λειτουργία του κτιρίου είναι μια ευμετάβλητη κατάσταση που :

- εξαρτάται από τις τοπικές κλιματικές και περιβαλλοντικές παράγοντες (την ηλιοφάνεια, τη θερμοκρασία του εξωτερικού αέρα, τη σχετική υγρασία, τον άνεμο, τον άνεμο, τη βλάστηση, το σκιασμό από άλλα κτίρια), αλλά και τις συνθήκες χρήσης του κτιρίου (κατοικία, χώρος εργασίας, κ. λ. π.) και

- βασίζεται στην αντίστοιχη ενεργειακή συμπεριφορά των δομικών του στοιχείων και κατ' επέκταση των ενσωματωμένων παθητικών ηλιακών συστημάτων, αλλά και το ενεργειακό προφίλ που προκύπτει από τη λειτουργία του κτιρίου.

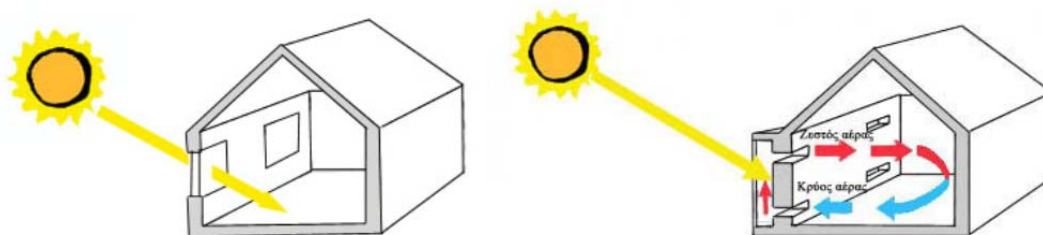
Τα παθητικά συστήματα ανάλογα με τον τρόπο λειτουργίας τους από θερμική σκοπιά μπορούν να ταξινομηθούν σε 3 κατηγορίες οι οποίες είναι οι ακόλουθες :

A) Σε συστήματα με άμεσο ή απευθείας ηλιακό κέρδος

B) Σε συστήματα με έμμεσο ηλιακό κέρδος προσαρτημένα στο κτιριακό κέλυφος και υποκατηγοριοποιούνται σε :

- Συστήματα που χρησιμοποιούν τους τοίχους συλλογής ή θερμικής αποθήκευσης
- Συστήματα που χρησιμοποιούν τα θερμοκήπια, τα προσαρτημένα συνήθως στη νότια πλευρά του τοίχου

Στο παρακάτω Σχήμα 2.8 παρουσιάζονται σε εικόνες κτίρια που θερμαίνονται με φυσικά με άμεσο και έμμεσο κέρδος αντίστοιχα.



Σχήμα 2. 8 : Κτίρια που θερμαίνονται με άμεσο και έμμεσο κέρδος αντίστοιχα.

Γ) Σε συστήματα απομονωμένου ηλιακού κέρδους, η συλλέκτρια επιφάνεια της ηλιακής ενέργειας διαχωρίζεται από τον χώρο της θερμικής αποθήκευσης. Για την μεταφορά της θερμότητας στο εσωτερικό του κτιρίου χρησιμοποιούνται μηχανικά μέσα όπως ανεμιστήρες. Τα μικτά αυτά συστήματα λέγονται και υβριδικά και βασίζονται στην φυσική ροή κάποιου υγρού, αέρα ή νερού.

Άμεσα παθητικά συστήματα : Νότιο Υαλοστάσιο

Το συνηθέστερο παθητικό ηλιακό σύστημα είναι το σύστημα άμεσου ηλιακού κέρδους, το οποίο αξιοποιεί την ηλιακή ενέργεια για θέρμανση, με άμεσο τρόπο μέσω ανοιγμάτων νοτίου προσανατολισμού. Ένα μέρος της ηλιακής ακτινοβολίας που προσπίπτει στο διαφανές στοιχείο του κελύφους ανακλάται και απορροφάται, ενώ το υπόλοιπο εισέρχεται στον εσωτερικό χώρο.

Η εισερχόμενη ακτινοβολία απορροφάται από τους τοίχους, τα δάπεδα, τα έπιπλα και τα άλλα εσωτερικά στοιχεία του χώρου και μετατρέπεται σε θερμότητα, που είτε αποθηκεύεται στην μάζα των στοιχείων, είτε επανεκπέμπεται. Το υαλοστάσιο

αδιαπέραστο από την επανεκπεμπόμενη θερμική ακτινοβολία την παγιδεύει στον εσωτερικό χώρο, δημιουργώντας το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Ηλιακό κέρδος από αυτήν την τεχνική είναι όλο το ποσοστό της ακτινοβολίας που έχει περάσει από τα διάφανα στοιχεία του κελύφους.

Οι παράγοντες που καθορίζουν την λειτουργία του συστήματος με άμεσο ηλιακό κέρδος είναι:

- Οι μεγάλες γυάλινες επιφάνειες στην νότια πρόσοψη.
- Η λειτουργική διάρθρωση των εσωτερικών χώρων του κτιρίου με κύρια οργάνωση προς τον νότο.
- Η μεγάλη θερμική μάζα στο εσωτερικό του κτιρίου, ώστε να απορροφάται οποιαδήποτε απότομη μεταβολή της θερμοκρασίας.
- Η θερμική προστασία στην εξωτερική πλευρά του κελύφους.
- Η μείωση των θερμικών ανταλλαγών μέσα από τα ανοίγματα, με την χρήση κινητών μονωτικών παντζουριών.

Η αποτελεσματικότητα αυτού του συστήματος εξαρτάται από πολλούς παράγοντες μερικοί από τους οποίους είναι οι ακόλουθοι :

- τον προσανατολισμό των ανοιγμάτων. Το 90 % της ηλιακής ακτινοβολίας δεσμεύεται, εφόσον τα ανοίγματα προσανατολίζονται προς τον νότο με ανοχή 25 μοίρες περίπου ανατολικότερα ή δυτικότερα του νότου. Έτσι διασφαλίζεται και η εύκολη ηλιοπροστασία του ανοίγματος το καλοκαίρι και η αποφυγή της υπερθέρμανσης του χώρου.
- την κλίση του ανοίγματος (κυρίως η κατακόρυφη), καθώς έχει τον περισσότερο ηλιασμό τον χειμώνα και ελάχιστο το καλοκαίρι
- την ανεμπόδιστη είσοδο της ηλιακής ακτινοβολίας στους βιώσιμους χώρους
- την ενεργοποίηση των ρυθμίσεων που αποσκοπούν στη μείωση των θερμικών απωλειών κατά τη διάρκεια της νύχτας.

Οι απαιτήσεις αυτές μπορούν να ικανοποιηθούν με επιτυχία σε κτίρια που προορίζονται για κατοικίες. Η άμεση είσοδος της ηλιακής ακτινοβολίας είναι λιγότερο ανεκτή σε σχολικές τάξεις, γραφειακούς ή εμπορικούς χώρους, ιδιαίτερα όταν προσπίπτει σε θέσεις όπου εργάζονται άτομα. Η εφαρμογή του άμεσου οφέλους σε τέτοιες περιπτώσεις προϋποθέτει ότι η ηλιακή ακτινοβολία θα κατευθυνθεί σε θέσεις που δεν ενοχλεί, οι θερμικές πρόσοδοι θα διανεμηθούν ανεμπόδιστα όπου χρειάζεται και θα βρεθεί τρόπος να περιορίζονται συστηματικά οι απώλειες τη νύχτα.

Συστήματα με έμμεσο ηλιακό κέρδος

Τα συστήματα έμμεσου ηλιακού κέρδους βασίζονται στην αλληλουχία :

Ήλιος → συλλογή (από τη γυάλινη επιφάνεια) → αποθήκευση (στη θερμική μάζα)
→ Θέρμανση (στον εσωτερικό χώρο)

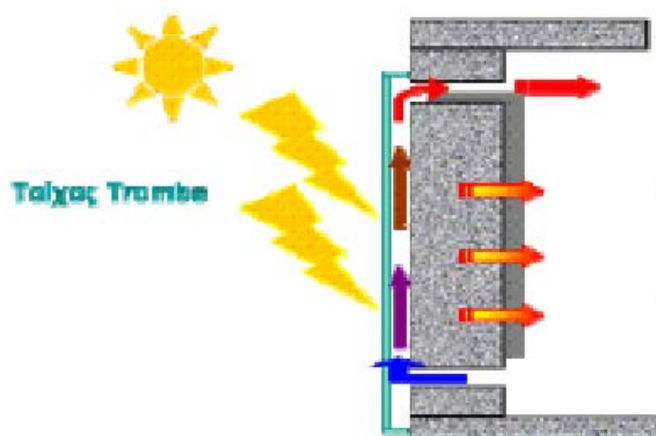
Τα συστήματα με τα οποία επιτυγχάνεται έμμεσο ηλιακό κέρδος διακρίνονται στα παρακάτω είδη :

Ηλιακοί τοίχοι:

Οι ηλιακοί τοίχοι λειτουργούν ως συλλέκτες της ακτινοβολίας του ήλιου. Στην εξωτερική τους επιφάνεια διαθέτουν τζάμι (υαλοπίνακα) σε μικρή απόσταση από την τοιχοποιία. Οι τοίχοι αυτοί που ονομάζονται αλλιώς και τοίχοι θερμικής αποθήκευσης μεταφέρουν ηλιακή ενέργεια είτε μέσω του τοίχου είτε μέσω θυρίδων (θερμοσιφωνικό πάνελ) η οποία εγκλωβίζεται στο χώρο ανάμεσα στο γυαλί και τον τοίχο, μετατρέπεται σε θερμότητα και τέλος απορροφάται από την μάζα της τοιχοποιίας. Ο συνδυασμός των δύο παραπάνω λειτουργιών είναι ο τοίχος Trombe.

Το σύστημα αυτό αποτελείται από έναν τοίχο με μπετόν, πάχους 30-40 εκ., βαμμένο στην εξωτερική του επιφάνεια με σκούρο χρώμα. Αποτελείται επίσης από γυάλινη επιφάνεια σε απόσταση 3 εκ. περίπου. Οι θυρίδες που διευκολύνουν την κίνηση του αέρα βρίσκονται στο πάνω και κάτω μέρος του τοίχου σε όλο του το μήκος.

Κατά τη διάρκεια της ημέρας ο ήλιος προσπίπτει στο γυαλί, θερμαίνεται ο αέρας ανάμεσα στο γυαλί και στον τοίχο και αυτός ο θερμός αέρας μέσω των θυρίδων μπαίνει στον εσωτερικό χώρο. Ο ψυχρός αέρας του δωματίου με τη σειρά του αντικαθιστά το κενό που δημιουργήθηκε στις θυρίδες. Κατά τη διάρκεια της νύχτας η λειτουργία αντιστρέφεται. Οι θυρίδες κλείνουν, η θερμότητα που έχει αποθηκευτεί στον τοίχο εκπέμπεται στο εσωτερικό και έτσι επιτυγχάνεται η θέρμανση του χώρου. Στο ακόλουθο Σχήμα παρουσιάζεται ο τρόπος λειτουργίας ενός τοίχου Trombe.



Σχήμα 2.9 : Λειτουργία Τοίχου Trombe.

Ο τοίχος Tomble έχει πολλά πλεονεκτήματα, όπως το χαμηλό κόστος κατασκευής, την υψηλή ενεργειακή του απόδοση καθώς και την εύκολη κατασκευή του. Επιπλέον, μπορεί να εφαρμοστεί εύκολα σε ήδη υπάρχοντα κτίρια. Το μοναδικό του μειονέκτημα εντοπίζεται στην πιθανή δημιουργία υπερθέρμανσης στο χώρο κυρίως εάν η επιφάνεια του είναι πολύ μεγάλη. Αυτό θα μπορούσε να αντιμετωπιστεί βέβαια τοποθετώντας εξωτερικά σκίαστρα στο τζάμι, ώστε να εμποδιστεί η προσπίπτουσα ακτινοβολία. Φυσικά με αυτό τον τρόπο ανεβαίνει και το κόστος κατασκευής.

Ηλιακοί χώροι (θερμοκήπια):

Τα θερμοκήπια είναι κυρίως γνωστά από την εφαρμογή τους στον τομέα της γεωργίας με σκοπό την βελτίωση των συνθηκών καλλιέργειας. Σήμερα, η βιοκλιματική αρχιτεκτονική εισάγει τα θερμοκήπια για να δημιουργήσει χώρους συλλογής της ηλιακής ενέργειας. Αυτά είναι κλειστοί χώροι που προσαρμόζονται στη νότια πλευρά του κτιρίου και περιβάλλονται από υαλοστάσια. Η ηλιακή θερμότητα από το θερμοκήπιο μεταφέρεται στους κυρίως χώρους, συνήθως, μίας κατοικίας μέσω ανοιγμάτων ή διαπερνώντας τον τοίχο. Ο προσανατολισμός του, το μέγεθος του, η κλίση του υαλοστασίου και τα υλικά κατασκευής τους επηρεάζουν την απόδοση του συστήματος. Για να αποφεύγονται υψηλές θερμοκρασίες κατά την διάρκεια του καλοκαιριού πρέπει να προβλέπονται ανοίγματα στην οροφή του θερμοκηπίου, καλός αερισμός και ηλιοπροστασία του χώρου με κινητά ή σταθερά στόρια. Το θερμοκήπιο έχει το πλεονέκτημα ότι μπορεί να εφαρμοστεί και σε συγκροτήματα κατοικιών και όχι μόνο σε μεμονωμένες κατοικίες. Στο παρακάτω Σχήμα 2.10 παρουσιάζεται το προσαρτημένο θερμοκήπιο όπως αυτό έχει κατασκευαστεί σε κτίριο.

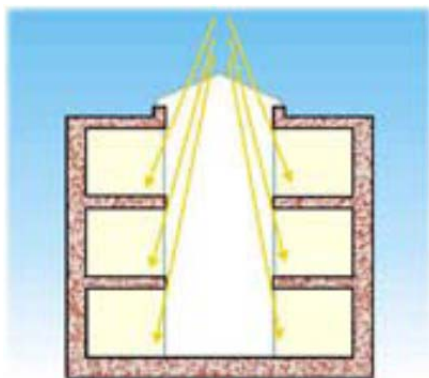


Σχήμα 2. 10 : Προσαρτημένο Θερμοκήπιο

Ηλιακά αίθρια:

Το θερμοκήπιο μπορεί να εφαρμοστεί και σε συγκρότημα κατοικιών ως εσωτερικό ηλιακό αίθριο καλυμμένο με γυάλινη οροφή. Η θερμική του λειτουργία είναι όμοια με εκείνη του θερμοκηπίου. Η ηλιακή ενέργεια συλλέγεται από το γυάλινο στοιχείο της οροφής, συσσωρεύεται στον εσωτερικό χώρο του αίθριου και μέρος της μεταφέρεται στους παρακείμενους εσωτερικούς χώρους του κτιρίου ή των κτιρίων μέσω των ανοιγμάτων τους, ενώ μέρος αποθηκεύεται στα δομικά στοιχεία. Κατά τη χειμερινή περίοδο το ηλιακό αίθριο λειτουργεί και ως χώρος θερμικής ανάσχεσης. Κατά τη θερινή περίοδο όμως, για την αποφυγή υπερθέρμανσης, απαιτείται αερισμός του αίθριου με το άνοιγμα της γυάλινης οροφής.

Τα αίθρια στο εσωτερικό των κτιριακών συγκροτημάτων συμβάλλουν στην εξοικονόμηση της ενέργειας από τις παρακείμενες κατοικίες, μειώνοντας τις θερμικές τους απώλειες και αυξάνοντας τα ηλιακά κέρδη. Επίσης, συνεισφέρουν στη βελτίωση των συνθηκών φυσικού φωτισμού, ιδιαίτερα σε κτίρια μεγάλης επιφάνειας, καθώς παρέχουν διάχυτο φως-από τις επάλληλες ανακλάσεις στο εσωτερικό τους-συντελώντας στην ομοιόμορφη κατανομή του. Στο ακόλουθο Σχήμα 2.11 παρουσιάζεται η αρχή λειτουργίας του ηλιακού αίθριου σε ένα κτίριο.

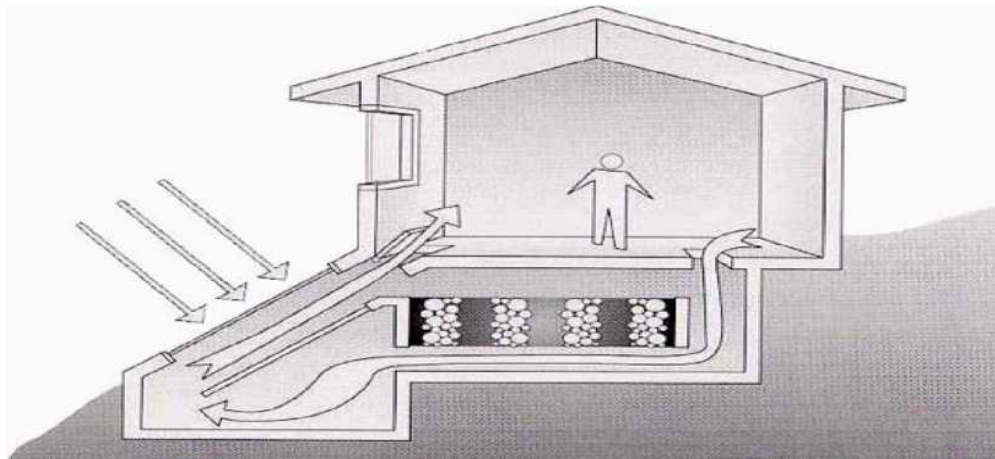


Σχήμα 2. 11 : Αρχή λειτουργίας του ηλιακού αίθριου

Συστήματα απομονωμένου ηλιακού κέρδους

Στα συστήματα απομονωμένου ηλιακού κέρδους, η συλλέτρια επιφάνεια της ηλιακής ενέργειας διαχωρίζεται από τον χώρο θερμικής αποθήκευσης. Για την μεταφορά της θερμότητας χρησιμοποιούνται απλά μέσα όπως για παράδειγμα οι ανεμιστήρες. Τα συστήματα αυτά ονομάζονται και υβριδικά και βασίζονται κυρίως στην φυσική ροή ενός υγρού (νερό) ή αέρα. Το απομονωμένο θερμοσιφωνικό πάνελ λειτουργεί όπως και αυτό που είναι προσαρτημένο στη όψη του κτιρίου, με τη διαφορά ότι βρίσκεται εκτός του κτιριακού περιβλήματος. Αποτελείται από υαλοπίνακα, διάκενο αέρα και μεταλλική σκουρόχρωμη επιφάνεια, που φέρει μόνωση εξωτερικά. Τοποθετείται εν γένει χαμηλότερα από τους κύριους χώρους του κτιρίου με κλίση 40° περίπου. Η θερμότητα που συλλέγεται στο διάκενο αέρα,

μεταφέρεται μέσω αγωγών με θερμοσιφωνική ροή είτε απ' ευθείας στους χώρους του κτιρίου, είτε σε αποθήκη θερμότητας απ' όπου αποδίδεται σταδιακά στους εσωτερικούς χώρους. Στο ακόλουθο Σχήμα 2.12 παρουσιάζεται η αρχή λειτουργίας ενός συστήματος απομονωμένου ηλιακού κέρδους.



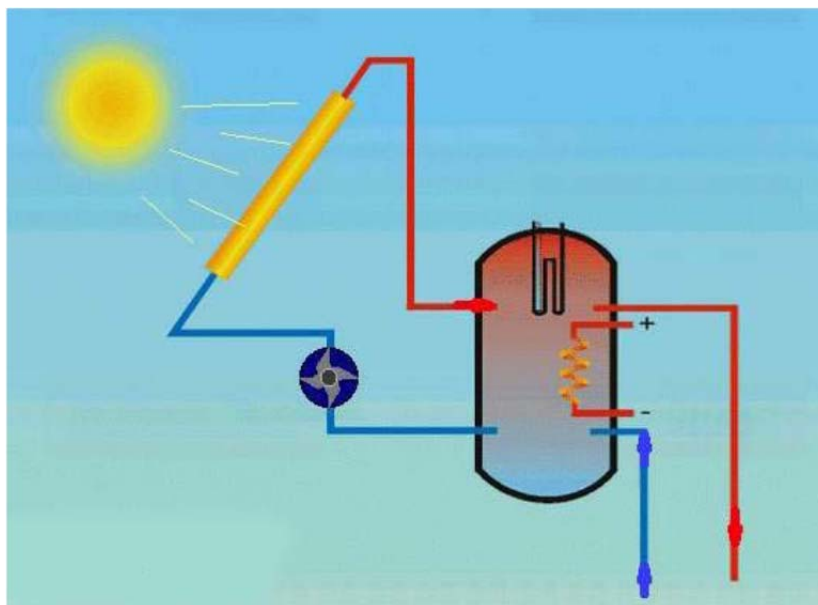
Σχήμα 2. 12 : Αρχή λειτουργίας Συστήματος απομονωμένου κέρδους.

Όλα τα Παθητικά Ηλιακά Συστήματα πρέπει να συνδυάζονται με την απαιτούμενη θερμική προστασία (θερμομόνωση) και την απαιτούμενη θερμική μάζα του κτιρίου, η οποία αποθηκεύει και αποδίδει τη θερμότητα στο χώρο με χρονική υστέρηση, ομαλοποιώντας έτσι την κατανομή της θερμοκρασίας μέσα στο εικοσιτετράωρο.

Στην Ελλάδα, παθητικά ηλιακά συστήματα έχουν εφαρμοστεί κυρίως σε νέες κατοικίες, αλλά και σε διάφορα άλλα ανακαινισμένα κτίρια. Μία από τις μεγαλύτερες εφαρμογές παθητικών ηλιακών συστημάτων είναι το Ηλιακό Χωριό στην Πεύκη Αττικής. Τέλος, ο σχεδιασμός με τη βοήθεια του ήλιου και η χρήση των συστημάτων που αναλύθηκαν μειώνει την επιβάρυνση του περιβάλλοντος, συμβάλει στην βιωσιμότητα και γενικότερα στην διατήρηση της ισορροπίας του οικοσυστήματος.

2. 3. 2. 2 Ενεργητικά ηλιακά συστήματα

Τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα ή αλλιώς θερμικά ηλιακά συστήματα μετατρέπουν την ηλιακή ενέργεια σε θερμότητα χρησιμοποιώντας μηχανικά μέσα. Η τεχνολογία των συγκεκριμένων συστημάτων είναι αρκετά απλή, καθώς χρησιμοποιούν απλούς συλλέκτες και μια δεξαμενή αποθήκευσης, ενώ η μεταφορά της ενέργειας γίνεται με τη βοήθεια κάποιας αντλίας. Τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα συλλέγουν την ηλιακή ακτινοβολία, την αποθηκεύουν και στη συνέχεια τη διανέμουν με τη μορφή θερμότητας χρησιμοποιώντας νερό ή αέρα ως ρευστό μεταφοράς. Τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη θέρμανση νερού οικιακής χρήσης, τη θέρμανση και ψύξη χώρων και για διάφορες βιομηχανικές διεργασίες. Η αρχή λειτουργίας αυτών των συστημάτων παρουσιάζεται στο ακόλουθο Σχήμα 2.13 :



Σχήμα 2. 13 : Αρχή λειτουργίας ενεργητικών ηλιακών συστημάτων.

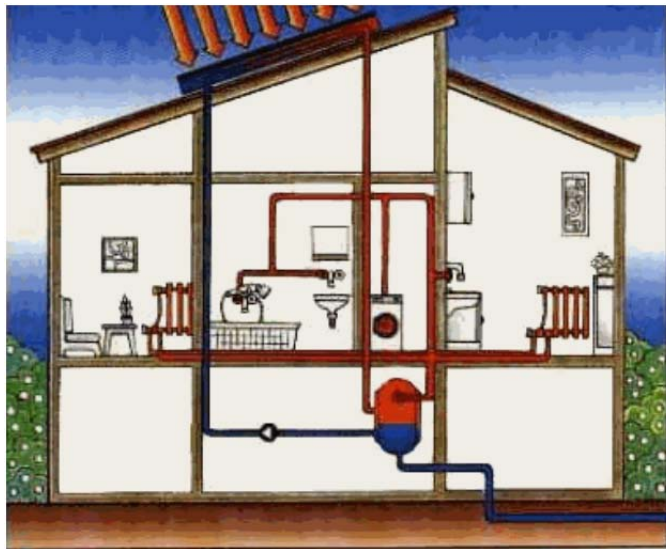
Η ενεργητική ηλιακή και συμβατικές μεθόδους θέρμανσης αφορά συνθήκες χειμώνα που δεν είναι δυνατόν να καλυφθούν από τα παθητικά συστήματα που απαιτούν συμβατικά συστήματα θέρμανσης, ενδεχομένως επικουρούμενα από συστήματα ενεργητικά ηλιακής θέρμανσης, νερού ή αέρος, εφόσον υπάρχει ηλιοφάνεια.

Οι τύποι των ενεργητικών συστημάτων είναι δύο: τα συστήματα φυσικής κυκλοφορίας και τα συστήματα εξαναγκασμένης κυκλοφορίας. Στα συστήματα φυσικής κυκλοφορίας το ρευστό θερμαίνεται στον ηλιακό συλλέκτη, γίνεται ελαφρότερο και ανέρχεται με φυσικό τρόπο προς τη δεξαμενή αποθήκευσης, ενώ το ψυχρότερο ρευστό της δεξαμενής κινείται προς το κατώτερο σημείο του συλλέκτη δημιουργώντας μια φυσική ροή κυκλοφορίας. Στα συστήματα εξαναγκασμένης κυκλοφορίας υπάρχουν ηλεκτρικές αντλίες που διέπονται από συστήματα ελέγχου και χρησιμοποιούνται για τη δημιουργία κίνησης του ρευστού από τους συλλέκτες προς τη δεξαμενή και αντίστροφα. Τα συστήματα φυσικής κυκλοφορίας είναι γενικά πιο αξιόπιστα, ευκολότερα στη συντήρηση και με μεγαλύτερη διάρκεια ζωής από τα συστήματα εξαναγκασμένης κυκλοφορίας.

2. 3. 2. 3 Παραγωγή ζεστού νερού οικιακής χρήσης

Η πλέον διαδεδομένη εφαρμογή των θερμικών ηλιακών συστημάτων είναι η παραγωγή ζεστού νερού οικιακής χρήσης, οι γνωστοί σε όλους, ηλιακοί θερμοσίφωνες. Ένα τυπικό σύστημα παραγωγής ζεστού νερού αποτελείται από επίπεδους ηλιακούς συλλέκτες, ένα δοχείο αποθήκευσης της θερμότητας και σωληνώσεις. Η ηλιακή ακτινοβολία απορροφάται από το συλλέκτη και η συλλεγόμενη θερμότητα μεταφέρεται στο δοχείο αποθήκευσης. Οι επίπεδοι ηλιακοί

συλλέκτες τοποθετούνται συνήθως στην οροφή του κτιρίου, με νότιο προσανατολισμό και κλίση 30° - 60° ως προς τον ορίζοντα, ώστε να μεγιστοποιηθεί το ποσό της ακτινοβολίας που συλλέγεται ετησίως. Στο παρακάτω Σχήμα 2.14 παρουσιάζεται η αρχή λειτουργίας του θερμοσίφωνα.



Σχήμα 2. 14 : Αρχή λειτουργίας του θερμοσίφωνα

Οι ηλιακοί θερμαντήρες νερού μπορούν να καλύψουν ένα μεγάλο μέρος των νοικοκυριών σε ζεστό νερό, μειώνοντας έτσι τις οικιακές δαπάνες σε ενέργεια.

Ο προσδιορισμός του μεγέθους του συστήματος δηλαδή της ολικής συλλέτριας επιφάνειας και του όγκου της δεξαμενής αποθήκευσης νερού που απαιτείται για τη κάλυψη του 100% των οικιακών αναγκών ζεστού νερού υπολογίζεται λαμβάνοντας υπόψη, την ηλιοφάνεια της περιοχής και την ανά άτομο κατανάλωση.

2. 3. 2. 4 Θέρμανση των χώρων με τη χρήση ενεργητικών ηλιακών συστημάτων

Πέρα από την θέρμανση νερού οικιακής χρήσης, η οποία είναι και η πιο διαδεδομένη σήμερα, τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε διάφορες εφαρμογές που απαιτείται θερμότητα υψηλής ή χαμηλής θερμοκρασιακής στάθμης. Έτσι, η χρήση της ηλιακής ενέργειας για την παραγωγή θέρμανσης και ψύξης εμφανίζεται ως μία από τις πολλά υποσχόμενες προοπτικές.

Η τεχνολογία που χρησιμοποιείται στην περίπτωση της παραγωγής θέρμανσης είναι ίδια με αυτής της θέρμανσης νερού για οικιακή χρήση. Χρησιμοποιούν αέρα ή ένα υγρό που θερμαίνεται στους ηλιακούς συλλέκτες και, στη συνέχεια, μεταφέρεται από ανεμιστήρες ή αντλίες με μικρή κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας. Τα ηλιακά συστήματα αέρος αποτελούνται από συλλέκτες, ανεμιστήρες, αεραγωγούς και συστήματα ελέγχου, και μπορούν να θερμάνουν τον αέρα ενός σπιτιού χωρίς εναλλάκτες θερμότητας ή θερμική αποθήκευση. Στα μεγάλα συστήματα αέρος χρησιμοποιείται συνήθως θερμική αποθήκευση, για παράδειγμα σε κλίνη χαλικιών

με χαλίκια ή μικρές πέτρες, από όπου διέρχεται όλη η ποσότητα του κυκλοφορούντος στους ηλιακούς συλλέκτες θερμικού μέσου (υγρού ή αερίου). Τα ηλιακά συστήματα θέρμανσης υγρών περιλαμβάνουν τους ηλιακούς συλλέκτες, τις δεξαμενές αποθήκευσης, τις αντλίες, τις σωληνώσεις, τους εναλλάκτες θερμότητας και τα συστήματα ελέγχου.

Στα συστήματα αυτά απαραίτητη είναι και η ύπαρξη μιας συμβατικής πηγής ενέργειας που θα αναπληρώνει την ηλιακή τις ώρες που δεν θα υπάρχει ηλιοφάνεια.

Επιπροσθέτως, είναι χρήσιμο να σχεδιάζονται αυτά τα συστήματα για να έχουν τέσσερις βασικούς τρόπους λειτουργίας, εξαρτώμενους από τις συνθήκες που υπάρχουν στο σύστημα σε κάθε συγκεκριμένη στιγμή.

- Εάν υπάρχει διαθέσιμη ηλιακή ενέργεια και δεν χρειάζεται θέρμανση μέσα στο σπίτι, αυτή να προστίθεται από τον συλλέκτη στην αποθήκη.
- Εάν υπάρχει διαθέσιμη ηλιακή ενέργεια και χρειάζεται θέρμανση στο σπίτι, η ενέργεια από τον συλλέκτη να χρησιμοποιείται απευθείας στην κάλυψη των αναγκών του σπιτιού.
- Εάν δεν υπάρχει διαθέσιμη ηλιακή ενέργεια και χρειάζεται θέρμανση το σπίτι και υπάρχει αποθηκευμένη ενέργεια στην αποθήκη, αυτή η αποθηκευμένη ενέργεια να χρησιμοποιείται για να καλύψει τις ανάγκες του σπιτιού.
- Εάν δεν υπάρχει διαθέσιμη ηλιακή ενέργεια και χρειάζεται θέρμανση το σπίτι και η αποθηκευτική μονάδα είναι εξαντλημένη να χρησιμοποιείται η βοηθητική πηγή ενέργειας για να καλύψει τις ανάγκες του σπιτιού.

Η παραγωγή ψύξης από ενεργητικά ηλιακά συστήματα είναι μια εξίσου υποσχόμενη μέθοδος κλιματισμού και αυτό λόγω της αυξημένης ηλιακής ακτινοβολίας ακριβώς την εποχή που απαιτούνται τα ψυκτικά φορτία. Εξαιτίας της σύμπτωσης στη ζήτηση του δροσισμού με την μέγιστη διαθέσιμη ηλιακή ακτινοβολία, ο ηλιακός δροσισμός είναι δυνατόν να δημιουργήσει μια τάση για οικονομικό και φιλικό στο περιβάλλον κλιματισμό. Η ψύξη κύκλου απορρόφησης είναι η πρώτη και παλιότερη από τις τεχνολογίες κλιματισμού. Ένα κλιματιστικό κύκλου απορρόφησης δεν χρησιμοποιεί ηλεκτρικό συμπιεστή για να διατηρήσει μηχανικά υπό πίεση το ψυκτικό μέσο. Αντί γι' αυτό χρησιμοποιείται μια πηγή θερμότητας όπως ένας μεγάλος ηλιακός συλλέκτης για να εξατμιστεί το ήδη βρισκόμενο υπό πίεση ψυκτικό ρευστό από ένα μίγμα απορροφητή/ψυκτικού μέσου.

Ο ηλιακός κλιματισμός και κατ' επέκταση η ηλιακή ενέργεια, μπορεί σήμερα να είναι μια οικονομική λύση λειτουργίας κλιματιστικών εγκαταστάσεων μόνο σε περιοχές, όπου οι κλιματολογικές συνθήκες αυτών προσφέρονται για την ψύξη και τη θέρμανσή τους, αρκεί να σχεδιασθεί η λειτουργία τους τόσο πάνω στη χρήση της ηλιακής ενέργειας, όσο και στη χρήση μιας συμβατικής μορφής ενέργειας (υγραέριο, ηλεκτρισμός κλπ.) Η συνεχής λειτουργία της εγκατάστασης (πότε με την ηλιακή ενέργεια πότε με τη συμβατική ενέργεια και πότε και με τις δύο μορφές

ενέργειας), αυξάνει το συντελεστή χρήσης αυτής και κατ' επέκταση την αξιοπιστία της, ενώ παράλληλα δίνει και οικονομικό κόστος λειτουργίας.

Για τη τοποθέτηση ηλιακών συλλεκτών και γενικότερα ηλιακών συστημάτων σε κτιριακές εγκαταστάσεις πρέπει να εξασφαλίζεται η ανεμπόδιση πρόσβαση της ηλιακής ακτινοβολίας προς τα συστήματα αυτά. Σε περίπτωση που τα συστήματα αυτά βρίσκονται στο έδαφος, όπως μεγάλες δεξαμενές αποθήκευσης συνδυασμένες με συλλογή ή κεντρικά ηλιακά συστήματα για την εξυπηρέτηση μεγαλύτερων κτιριακών εγκαταστάσεων, απαιτούνται μεγάλες εκτάσεις ακάλυπτων χώρων ώστε να μην υπάρχει κίνδυνος σκιασμού. Αυτό όμως δημιουργεί μεγάλες απαιτήσεις σε επιφάνεια γης που άλλοτε μπορεί εύκολα να εντάσσονται στο γενικότερο οικιστικό σχεδιασμό, άλλοτε όμως να αποτελούν σημαντική απώλεια ωφέλιμης γης υψηλού κόστους που πρέπει να αποφευχθούν. Για τη πιο συνηθισμένη περίπτωση που η έκταση γης θέτει περιορισμούς, ο απλούστερος τρόπος για την αποφυγή του προβλήματος του σκιασμού είναι η τοποθέτηση των ηλιακών συλλεκτών στην οροφή των κτιρίων τα οποία όλα έχουν ένα ορισμένο ομοιόμορφο ύψος.

2. 3. 3 Συστήματα φυσικού αερισμού και παθητικού δροσισμού

Ο φυσικός δροσισμός αποτελεί την εναλλακτική πρακτική για την εξασφάλιση συνθηκών θερμικής άνεσης στα κτίρια το καλοκαίρι, σε μια εποχή όπου η αύξηση της εγκατάστασης και χρήσης κλιματιστικών μονάδων και συστημάτων είναι ραγδαία και επιφέρει σημαντικά ενεργειακά, περιβαλλοντικά και οικονομικά προβλήματα καθώς τα κλιματιστικά συστήματα καταναλώνουν πολύ μεγάλες ποσότητες ηλεκτρικής ενέργειας, αυξάνουν σημαντικά το ηλεκτρικό φορτίο αιχμής, αλλά και θερμαίνουν με τη λειτουργία τους το εξωτερικό περιβάλλον.

Τα συμβατικά συστήματα κλιματισμού κατηγορούνται εκτός για τη μεγάλη ενεργειακή τους κατανάλωση και για την υποβάθμιση του αέρα των εσωτερικών χώρων και τις σημαντικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις, όπως είναι η έκλυση χλωροφθοροανθράκων (CFCs) και υδροχλωροφθοροανθράκων (HCFCs), επικίνδυνων ουσιών για τη στοιβάδα του όζοντος και το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Οι συγκεκριμένες συσκευές κλιματισμού θα πρέπει να αποφεύγονται, εφόσον είναι δυνατή η κάλυψη του ψυκτικού φορτίου με φυσικές και παθητικές μεθόδους.

Η μελέτη δροσισμού κτιρίων πραγματεύεται το σχεδιασμό και τις δράσεις που αποσκοπούν στην επίτευξη δροσισμού και γενικά στη διατήρηση της εσωτερικής τους θερμοκρασίας μέσα στα όρια της ζώνης θερμικής άνεσης, χωρίς τη χρήση ενεργοβόρων συσκευών, παρά μόνο με τεχνικές αξιοποίησης του μικροκλίματος και του κελύφους του κτιρίου. Τεχνικές φυσικού δροσισμού μπορούν να εφαρμοστούν τόσο σε κατοικίες, όσο και σε άλλα κτίρια.

Ανάλογα με τους τρόπους που επιτυγχάνεται το αποτέλεσμα διακρίνονται δύο κατηγορίες δροσισμού:

- Ο παθητικός δροσισμός (passive cooling), η λειτουργία του οποίου στηρίζεται στη διοχέτευση της πλεονάζουσας θερμότητας του κτιρίου με φυσικούς τρόπους σε περιβαλλοντικούς απαγωγείς θερμότητας
- Ο φυσικός αερισμός (natural cooling), ο οποίος βασίζεται στον έλεγχο ή/και στην εκμετάλλευση των φυσικών φαινομένων που δρουν στο περιβάλλον του κτιρίου με σκοπό τη μείωση της θερμοκρασίας των εσωτερικών του χώρων.

2. 3. 3. 1 Παθητικά συστήματα δροσισμού

Οι εναλλακτικές τεχνικές παθητικού δροσισμού των κτιρίων βασίζονται στην αυξημένη θερμική προστασία του κελύφους και στην αφαίρεση της πλεονάζουσας θερμότητας που αναπτύσσεται στους εσωτερικούς χώρους.

Τέσσερις είναι οι βασικοί άξονες του σχεδιασμού των συστημάτων παθητικού δροσισμού:

- 1) η ηλιοπροστασία που αποσκοπεί στη προστασία του κτιρίου από τη πρόσπτωση και την είσοδο των ηλιακών-θερμικών κερδών
- 2) η μείωση των εξωτερικών θερμικών κερδών από το κέλυφος και τα υαλοστάσια του κτιρίου
- 3) η μείωση των εσωτερικών θερμικών κερδών από τις δραστηριότητες των ενοίκων και τη χρήση του μηχανολογικού εξοπλισμού του κτιρίου
- 4) η χρήση της θερμικής μάζας για την απόσβεση και απορρόφηση των εξωτερικών θερμικών φορτίων

Προστασία του κτιρίου από θερμικά ηλιακά κέρδη

Οι τεχνικές προστασίας του κτιρίου εμπεριέχουν παρεμβάσεις όπως η διαμόρφωση του μικροκλίματος, και ο σκιασμός των αδιαφανών και διαφανών επιφανειών του κτιρίου. Το μικροκλίμα μιας περιοχής μπορεί να τροποποιηθεί με τη χρήση της βλάστησης.

Η βλάστηση συμβάλλει στη μείωση των θερμοκρασιών του αέρα και των επιφανειών απορροφώντας θερμότητα από την ατμόσφαιρα και αποδίδοντας υγρασία. Όταν η βλάστηση χρησιμοποιείται στις δυτικές και ανατολικές πλευρές των κτιρίων για ηλιοπροστασία, μπορεί να μειωθεί το ψυκτικό φορτίο του κτιρίου, απορροφώντας την ηλιακή ακτινοβολία και δημιουργώντας έναν προστατευτικό μανδύα που περιορίζει τις υψηλές θερμοκρασίες των θερμών περιόδων. Επίσης, τα αναρριχώμενα φυτά πάνω στους τοίχους των κτιρίων μπορούν να παίξουν παρόμοιο

ρόλο, εμποδίζοντας την ηλιακή ακτινοβολία να φτάσει στην επιφάνεια του τοίχου ή του δώματος. Με αυτό τον τρόπο, επιτυγχάνεται η μείωση της εξωτερικής θερμοκρασίας του κελύφους και επομένως το ποσό της θερμότητας που ρέει στο εσωτερικό. Για παράδειγμα, με την κάλυψη ενός τοίχου με κισσό μεταβιβάζεται μόνο το μισό της προσπίπτουσας ηλιακής ενέργειας με αποτέλεσμα τη μείωση κατά 50% των ηλιακών κερδών της επιφάνειας. Στο ακόλουθο Σχήμα 2.15 παρουσιάζεται ένα κτίριο στο οποίο υπάρχει βλάστηση από τη μια του όψη.



Σχήμα 2. 15 : Βλάστηση σε μια όψη του κτιρίου

Το φυτεμένο δώμα, ή αλλιώς πράσινη στέγη ως ιδιαίτερη κατηγορία αυτής της περίπτωσης είναι μια τεχνική για την ηλιοπροστασίας της οροφής και έχει σημαντικές θερμομονωτικές ιδιότητες για το καλοκαίρι. Η συγκεκριμένη κατασκευή αποτελεί φράγμα για την ηλιακή ακτινοβολία που φτάνει στο δώμα αντανακλώνοντας το 20% έως και 30% και απορροφώντας το υπόλοιπο στο επίπεδο των φύλλων. Παράλληλα, εξαιτίας της ενεργειακής απορρόφησης με την παραπάνω διαδικασία και τη δημιουργία υδρατμών μειώνεται κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού η θερμοκρασία στην περιοχή της φύτευσης. Η διαρκής ηλιακή ακτινοβολία και η αύξηση της μέσης θερμοκρασίας περιβάλλοντος, είναι οι κύριες αιτίες της μεγάλης ζήτησης για ψυκτικά

φορτία κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, αφού παρουσιάζεται έντονη διείσδυση από την οροφή των κτιρίων. Αντιθέτως, η δημιουργία πράσινων οροφών επηρεάζει σημαντικά την μείωση των φορτίων αυτών και κυρίως τις ώρες αιχμής, με αποτέλεσμα να επιτυγχάνεται σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας. Το γεγονός αυτό οδηγεί στην παραδοχή της αναγκαιότητας για την χρήση τέτοιου είδους εγκαταστάσεων κυρίως στις μεγάλες πόλεις, αφού προσφέρουν αξιόλογα ενεργειακά και περιβαλλοντικά οφέλη, όπως για παράδειγμα τη καταπολέμηση του φαινομένου της θερμικής νησίδας, αξιοποιώντας μάλιστα αχρησιμοποίητους χώρους όπως οι ταράτσες. Στο παρακάτω Σχήμα 2.16 παρουσιάζεται η μια πράσινη στέγη.



Σχήμα 2. 16 : Πράσινη στέγη

Μείωση των ανεπιθύμητων εξωτερικών κερδών

Μετά τα μέτρα ηλιοπροστασίας του κτιρίου, προτείνονται μέτρα ώστε να περιοριστεί η θερμική ροή μέσα από το κέλυφος και τα υαλοστάσια στο εσωτερικό του κτιρίου.

Οι κυριότερες μέθοδοι με τους οποίους μπορούμε να επιτύχουμε το παραπάνω στόχο είναι:

- Η μείωση της εξωτερικής επιφάνειας του κτιρίου που είναι εκτεθειμένη στην ηλιακή ακτινοβολία
- Η χρήση ανακλαστικών επιφανειών (ανοιχτόχρωμες επιφάνειες, φύλλα αλουμινίου) στο εξωτερικό περίβλημα του κτιρίου και ανακλαστικών υαλοπινάκων στα ανοίγματα του κελύφους
- Περιορισμός του μεγέθους των ανοιγμάτων και εξασφάλιση της θερμικής τους προστασίας, με τη χρήση διπλών θερμομονωτικών υαλοπινάκων
- Θερμομόνωση του κελύφους για το περιορισμό της θερμικής εισόδου

Μείωση των εσωτερικών θερμικών κερδών

Ο περιορισμός των εσωτερικών θερμικών προσόδων συμβάλλει θετικά στην αποτροπή υπερθέρμανσης ενός χώρου. Τα μέτρα που μπορούν να ληφθούν προς αυτή την κατεύθυνση εξαρτώνται από τις εσωτερικές πηγές θερμότητας. Έτσι, όσον αφορά τη θερμότητα που παράγουν οι χρήστες του χώρου, αυτή μπορεί να περιοριστεί με τη μείωση του αριθμού των ατόμων που χρησιμοποιούν το χώρο και τη μείωση ή τη μεταφορά δραστηριοτήτων σε υπαίθριο χώρο. Η μεγάλη διάρκεια της ημέρας κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού περιορίζει θεωρητικά την ανάγκη χρήσης τεχνητού φωτισμού. Ο ένοικος μπορεί να ελαττώσει την ενεργειακή επιβάρυνση του κτιρίου και συνεπώς τη θέρμανσή του επιλέγοντας τη φωταγωγή του χώρου του με το φυσικό φως του ήλιου.

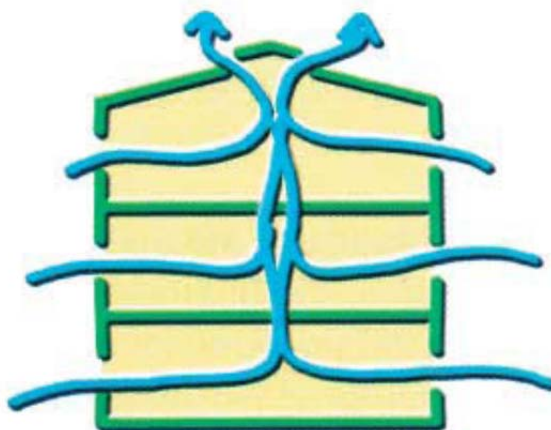
Απόσβεση των εξωτερικών θερμικών φορτίων

Οι τεχνικές που επιτυγχάνουν την απόσβεση και απορρόφηση των εξωτερικών θερμικών κερδών, σχετίζονται με τη θερμική αδράνεια του κτιρίου δηλαδή την ικανότητα του να αποθηκεύει τη θερμότητα που εισέρχεται από το εξωτερικό θερμό περιβάλλον. Η ύπαρξη σημαντικής θερμικής μάζας επιτρέπει την απόσβεση των μέγιστων εσωτερικών θερμοκρασιών και τη μείωση του ψυκτικού φορτίου. Πρακτικά, η θερμική αδράνεια της κατασκευής επιβραδύνει τη μεταφορά της θερμότητας στον εσωτερικό χώρο για αρκετές ώρες, μέχρις ότου η εξωτερική θερμοκρασία να αρχίσει να μειώνεται. Τότε το κτίριο μπορεί να αποβάλλει τη πλεονάζουσα θερμότητα με φυσικό αερισμό και ακτινοβολία προς το εξωτερικό περιβάλλον.

2. 3. 3. 2 Φυσικός Αερισμός

Η κίνηση του αέρα μέσα στο κτίριο απάγει τη θερμότητα του εσωτερικού αέρα και του κελύφους και την απορρίπτει στο εξωτερικό περιβάλλον. Γενικά ο αερισμός των εσωτερικών χώρων είναι αναγκαίος, όχι μόνο για τη μείωση της θερμοκρασίας, αλλά και για λόγους υγιεινής, για τη βελτίωση της ποιότητας του εσωτερικού αέρα με την απομάκρυνση εσωτερικών ρυπαντών και την ανανέωσή του. Όταν οι εξωτερικές κλιματολογικές συνθήκες το επιτρέπουν, η χρήση του φυσικού αερισμού μπορεί μειώσει κατά 35% το φορτίο ψύξης στις θερμές και υγρές ζώνες της Μεσογείου και 90% στις ξηρές και ηπειρωτικές. Κίνηση αέρα σε ένα εσωτερικό χώρο μπορεί να δημιουργηθεί από την εκμετάλλευσης διαφοράς θερμοκρασίας των στρωμάτων αέρα. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η τεχνική της καμινάδας, όπου ένα άνοιγμα στη κορυφή του κτιρίου (καμινάδα) ενισχύει τη κίνηση του αέρα στο εσωτερικό

του, εκμεταλλευομένη τη διαφορά της θερμοκρασίας των στρωμάτων αέρα. Ο θερμός αέρας του εσωτερικού ανυψώνεται προς τη κορυφή του κτιρίου, ενώ ο δροσερός αέρας του εξωτερικού εισέρχεται από ανοίγματα στη βάση του κτιρίου. Στο ακόλουθο Σχήμα 2.17 παρουσιάζεται ο τρόπος λειτουργίας του φυσικού αερισμού.

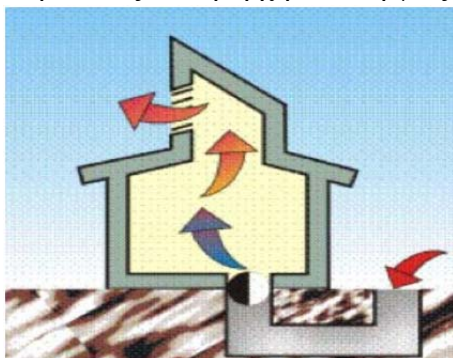


Σχήμα 2. 17 : Αρχή λειτουργίας του φυσικού αερισμού.

2. 3. 3. 3 Φυσικός δροσισμός

Ο φυσικός δροσισμός, σαν συμπλήρωμα του φυσικού αερισμού, έχει ως στόχο τη μείωση της θερμοκρασίας του εισερχόμενου αέρα. Ο δροσισμός με φυσικές μεθόδους μπορεί να επιτευχθεί με :

- τη διέλευση του εισερχόμενου αέρα πάνω από υδάτινες επιφάνειες, όπως για παράδειγμα σιντριβάνια, όπου λόγω της εξάτμισης που προκαλείται, επιτυγχάνεται η ψύξη του
- τη διέλευση του αέρα μέσα από υπεδάφιο δίκτυο σωληνώσεων κάτω από το κτίριο. Η συγκεκριμένη εφαρμογή χρησιμοποιεί ένα σύστημα μεταλλικών αγωγών (ήPVC) που τοποθετούνται σε βάθος 1-3 μέτρων του οποίου η θερμοκρασία είναι χαμηλότερη και σταθερή από αυτής της επιφάνειας του εδάφους. Ο αέρας εισάγεται στο εσωτερικό του κτιρίου, κυκλοφορεί στο δίκτυο αγωγών με τη βοήθεια φυσητήρων και εισέρχεται στο κτίριο ψυχρότερος. Στο ακόλουθο Σχήμα 2.18 παρουσιάζεται η αρχή λειτουργίας αυτής της μεθόδου



Σχήμα 2. 18 : Αρχή λειτουργίας Φυσικού δροσισμού με υπεδάφιο δίκτυο σωληνώσεων

- νυχτερινό αερισμό, όπου η αποθηκευμένη στη θερμική μάζα θερμότητα του κελύφους και εσωτερικού αέρα απάγεται και απορρίπτεται στο εξωτερικό περιβάλλον.

Στο ακόλουθο Σχήμα παρουσιάζεται η αρχή λειτουργίας του

Η χρήση φυσικών και παθητικών τεχνικών δροσισμού πλεονεκτεί έναντι των συμβατικών μεθόδων καθώς δεν απαιτεί ενεργειακή υποστήριξη και αποφεύγει τη χρήση προβληματικών ουσιών όπως τα CFCs. Η ανεξαρτησία τους από την ενέργεια των συμβατικών καυσίμων συνδράμει στην εξοικονόμηση ενέργειας και χρημάτων, αλλά και στη μείωση των αρνητικών επιδράσεων στο περιβάλλον. Τέλος, συμβάλλουν στη βελτίωση της ποιότητας του εσωτερικού αέρα και στη ποιότητα διαβίωσης.

2. 3. 4 Θέρμανση και ψύξη με χρήση της γεωθερμίας και συνδυασμός γεωθερμίας και ηλιακής ακτινοβολίας

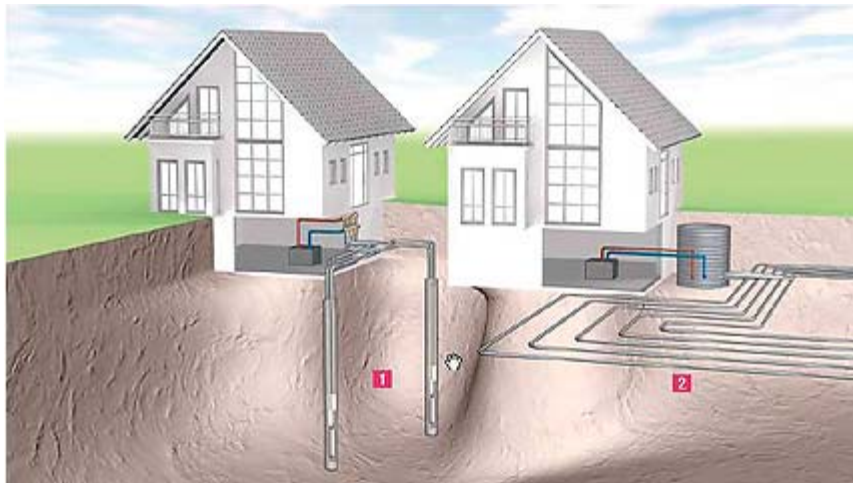
Σύμφωνα με όσα έχουν προαναφερθεί η θέρμανση των κτιρίων επιτυγχάνεται κατά βάση με πλήρη εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας. Ένα κτίριο στο οποίο έχουν εφαρμοστεί όλες αυτές οι τεχνολογίες από τον αρχικό του σχεδιασμό αναμένεται να έχει αν όχι μηδενικές, ελάχιστες θερμικές απώλειες. Αυτό το γεγονός είναι πολύ σημαντικό καθώς καθιστά τη συμβατική θέρμανση, που εκμεταλλεύεται καύσιμα όπως φυσικό αέριο ή ακόμη χειρότερα πετρέλαιο αχρείαστη. Ωστόσο υπάρχουν ελάχιστες περιπτώσεις όπου η θέρμανση με εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας δεν είναι αρκετή καθώς η έλλειψη ηλιοφάνειας κάποιες περιόδους οδηγεί σε μεγαλύτερες απαιτήσεις. Σε αυτή την περίπτωση θα πρέπει να χρησιμοποιούνται συστήματα θέρμανσης πολύ υψηλής απόδοσης τα οποία δεν σχετίζονται με την ηλιακή ακτινοβολία. Σε αυτές τις περιπτώσεις γίνεται εκμετάλλευση της θερμότητας του εδάφους ή αλλιώς της γεωθερμίας.

Με τον όρο γεωθερμική ενέργεια εννοούμε την ενέργεια που περιέχεται στο εσωτερικό της γης και είναι τόσο μεγάλη, ώστε μπορεί να θεωρηθεί πρακτικά ανεξάντλητη για τα ανθρώπινα μέτρα.

Η αρχή της γεωθερμικής ενέργειας είναι εξαιρετικά απλή και βασίζεται στο γεγονός ότι λίγα μέτρα κάτω από την επιφάνεια της γης η θερμοκρασία του εδάφους είναι σταθερή στους 14-20°C καθ όλη την διάρκεια του χρόνου. Αν συνεπώς εκμεταλλευτεί η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ υπεδάφους και επιφάνειας, είναι εφικτή η θέρμανση χώρων το χειμώνα και η ψύξη τους αντίστοιχα το καλοκαίρι.

Αυτό γίνεται με τη χρήση μιας γεωθερμικής αντλίας θερμότητας, ενώ η θερμότητα μεταδίδεται μέσω ενός δικτύου σωληνώσεων με νερό, που είτε βρίσκονται σε οριζόντια διάταξη και χαμηλό βάθος, είτε σε κατακόρυφη διάταξη εκμεταλλευόμενοι

μία ή περισσότερες γεωτρήσεις που γίνονται γι' αυτό το λόγο. Ο τύπος των σωληνώσεων που τοποθετούνται μέσα στο έδαφος είναι οριζόντια ή κάθετα. Στο παρακάτω Σχήμα 2.19 φαίνεται η αρχή λειτουργίας του συστήματος αυτού.



Σχήμα 2. 19 : Κατακόρυφες και οριζόντιες σωληνώσεις εκμεταλλευόμενες τη γεωθερμία του εδάφους.

Υπάρχουν δύο τύποι συστημάτων με αντλίες θερμότητας εδάφους. Τα συστήματα ανοιχτού και τα συστήματα κλειστού κυκλώματος. Και στις δύο περιπτώσεις οι σταθερά δροσερές θερμοκρασίες του υπεδάφους μπορούν να αντισταθμίσουν τις διακυμάνσεις της θερμοκρασίας του αέρα, χρησιμεύοντας ως δεξαμενές άντλησης θερμότητας το χειμώνα και απόρριψης θερμότητας το καλοκαίρι.

Κατά τη μελέτη εγκατάστασης και σχεδιασμού συστημάτων GSHP απαραίτητη είναι η εξέταση των παρακάτω κριτηρίων:

- Διαθέσιμη επιφάνεια εδάφους για εγκατάσταση του συστήματος.
- Ο τύπος του εδάφους στην περιοχή εγκατάστασης. Αυτός ο παράγοντας επηρεάζει ιδιαίτερα το μέγεθος του εναλλάκτη του συστήματος.
- Τα απαιτούμενα φορτία θέρμανσης και ψύξης που καλείται να καλύψει το σύστημα.
- Όσον αφορά την ισχύ των συστημάτων, αυτή διαφέρει ανάλογα με τον τύπο σωληνώσεων που χρησιμοποιούνται στους εναλλάκτες. Δηλαδή, η ισχύς υπολογίζεται στα 50-100 W/(m σωλήνα) για κατακόρυφους εναλλάκτες και στα 25-50 W/(m σωλήνα) για οριζόντιες σωληνώσεις.

Τα συστήματα GSHP είναι ιδιαίτερα σημαντικά στον τομέα των ZEB και είναι ιδιαίτερα σύνηθες να προτιμούνται για την κάλυψη των φορτίων θέρμανσης και ψύξης. Ιδιαίτερα, από τη στιγμή που τα μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας ελαχιστοποιούν τις απαιτήσεις θέρμανσης και ψύξης είναι δεδομένο ότι οι αντλίες θερμότητας εδάφους θα καλύψουν αξιόπιστα τα απαιτούμενα φορτία.

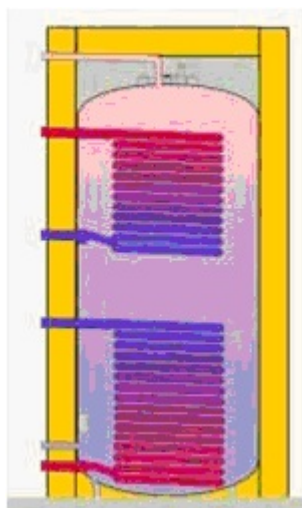
Τα συστήματα GSHP έχουν τεθεί σε λειτουργία τόσο ως αυτόνομες εγκαταστάσεις όσο και σε υβριδικά συστήματα όπου συνεργάζονται με τα συμβατικά συστήματα είτε για τη θέρμανση είτε για την ψύξη. Ειδικότερα τα συστήματα αυτά μπορούν να συνεργαστούν με το κύκλωμα των ηλιακών συλλεκτών.

Γενικά τα συστήματα αυτά αποτελούνται από το κύκλωμα των ηλιακών συλλεκτών (παραγωγή θερμικής ενέργειας), το θερμοδοχείο (αποθήκευση ενέργειας), ένα σύστημα κύριας θερμικής ενέργειας, γεωθερμική αντλία θερμότητας, ένα σύστημα θέρμανσης ενδοδαπέδια, fan coils, και ένα σύστημα ελέγχου.

Η αρχή λειτουργίας του συστήματος είναι ίδια με αυτή ενός κεντρικού συστήματος ηλιακών για θέρμανση ζεστού νερού χρήσης.

Η ενέργεια των ηλιακών συλλεκτών μεταφέρεται σε ένα καλά μονωμένο θερμοδοχείο και θερμαίνει αρχικά το νερό της κεντρικής θέρμανσης και στη συνέχεια το ζεστό νερό χρήσης. Εάν η ηλιακή ενέργεια δεν επαρκεί, τότε τίθεται σε λειτουργία η αντλία θερμότητας και συμπληρώνει την απαιτούμενη ενέργεια. Με τη μέθοδο αυτή επιτυγχάνεται μεγάλη εξοικονόμηση καυσίμων και η θέρμανση των χώρων και του νερού χρήσης επιτυγχάνεται με τρόπο φιλικό προς το περιβάλλον.

Ένα από τα βασικά στοιχεία ενός σωστού συστήματος γεωθερμικής -ηλιακής θέρμανσης είναι το θερμοδοχείο, το οποίο αποτελεί την "καρδιά" του συστήματος και πρέπει να είναι ειδικά μελετημένο και κατασκευασμένο για τον σκοπό αυτό. Το θερμοδοχείο θα πρέπει να είναι καλά μονωμένο και κυρίως να βοηθά στην διαστρωμάτωση της θερμοκρασίας του νερού στο εσωτερικό του. Στο ακόλουθο Σχήμα 2.20 παρουσιάζεται το θερμοδοχείο και φαίνονται αναλυτικά οι διαστρωματώσεις του.



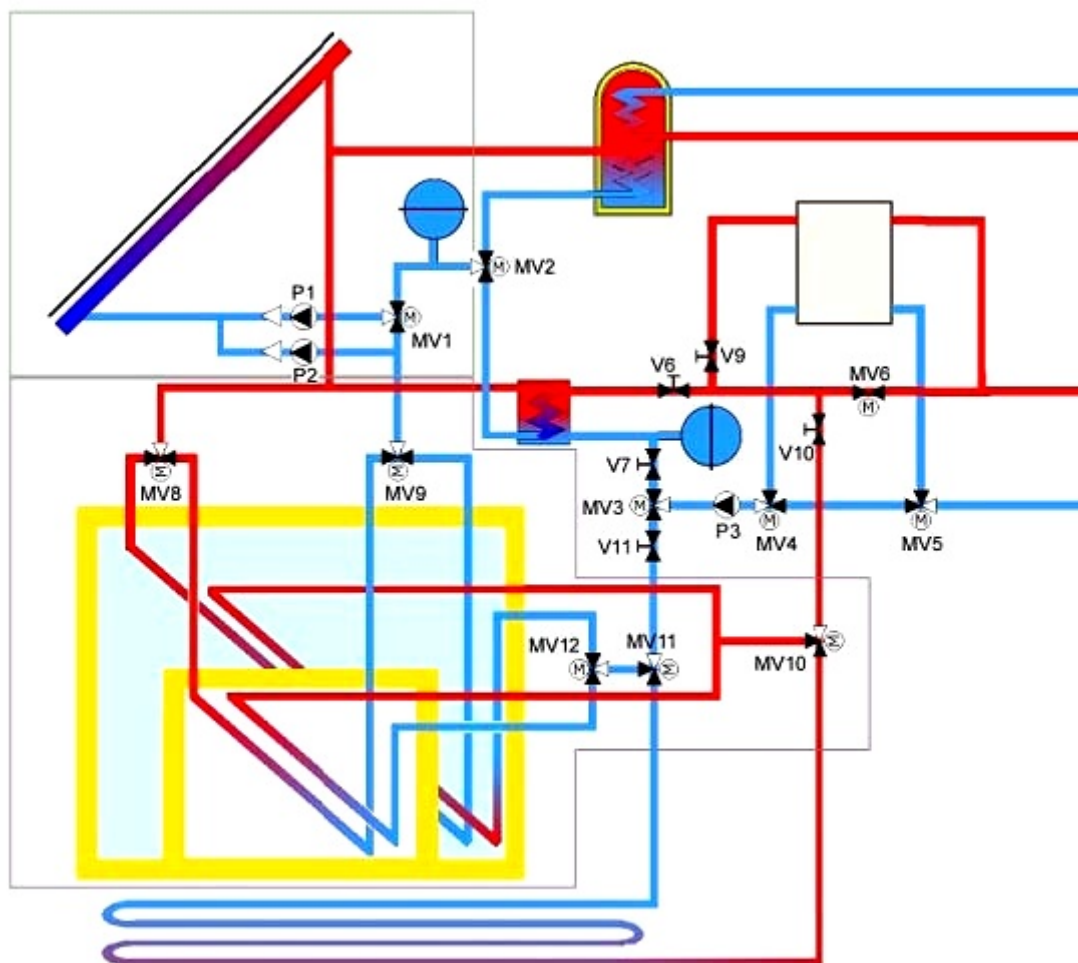
Σχήμα 2. 20 : Θερμοδοχείο μονάδας θέρμανσης ψύξης που εκμεταλλεύεται τη γεωθερμία.

Η διαστρωμάτωση του δοχείου έχει ως αποτέλεσμα την μέγιστη απόδοση του συστήματος, τον περιορισμό των θερμικών απωλειών και την μέγιστη συλλογή ενέργειας από τους ηλιακούς συλλέκτες.

Ο τρόπος λειτουργίας του συστήματος έχει ως εξής: Το μπόϊλερ/ θερμοδοχείο περιέχει νερό το οποίο θερμαίνεται από τους ηλιακούς συλλέκτες. Το νερό αυτό δεν είναι υπό πίεση και δεν ανανεώνεται όπως στα κλασσικά μπόϊλερ αλλά είναι στατικό και παίζει το ρόλο του μεταφορέα θερμότητας προς δύο εναλλάκτες - έναν πλαστικό που είναι συνδεδεμένο με το δίκτυο της ύδρευσης και ένα μεταλλικό που είναι συνδεδεμένο με το δίκτυο θέρμανσης.

Έτσι όταν υπάρχει ζήτηση σε ζεστό νερό χρήσης, κρύο νερό από το δίκτυο ύδρευσης περνάει διαμέσου του πλαστικού εναλλάκτη του μπόϊλερ και στην έξοδο του έχει την θερμοκρασία του στατικού νερού.

Παρόμοια το νερό της κεντρικής θέρμανσης πριν εισέλθει στην αντλία θα περάσει από τον μεταλλικό εναλλάκτη του μπόϊλερ αποκτώντας τη θερμοκρασία του στατικού νερού. Όταν λοιπόν η ηλιακή ενέργεια επαρκεί για να θερμάνει το στατικό νερό μέχρι τους 70°C τότε η γεωθερμική δεν θα λειτουργήσει καθόλου καθώς η θερμοκρασία του νερού που θα επιστρέφει σε αυτήν, θα είναι ήδη μεγαλύτερη από την αναγκαία (αφού η ενδοδαπέδια θέρμανση χρειάζεται νερό θερμοκρασίας μέχρι 45°C). Έτσι η κεντρική θέρμανση θα εκμεταλλεύεται ένα ποσό από την αποθηκευμένη ενέργεια του στατικού νερού ενώ η υπόλοιπη θα χρησιμοποιείται για τη θέρμανση του ζεστού νερού χρήσης. Δηλαδή προκύπτει ένα μοναδικό σύστημα δωρεάν παραγωγής ενέργειας από τον ήλιο για θέρμανση και παραγωγή ζεστού νερού. Όταν το στατικό νερό έχει θερμανθεί στη μέγιστη θερμοκρασία και δεν χρειάζεται άλλο η ηλιακή ενέργεια, τότε το νερό που κυκλοφορεί στους ηλιακούς συλλέκτες επιστρέφει στο μπόϊλερ και έτσι προστατεύονται οι συλλέκτες από την υπερθέρμανση το καλοκαίρι και αντίστοιχα από τον παγετό τον χειμώνα. Στο ακόλουθο Σχήμα 2.21 παρουσιάζεται η αρχή λειτουργίας αυτού του συστήματος.



Σχήμα 2. 21 : Μονάδα θέρμανσης ψύξης με αντλίες θερμότητας εδάφους σε συνεργασία με ηλιακούς συλλέκτες.

Σαφώς τα πλεονεκτήματα από τη χρήση της γεωθερμίας και της ηλιακής ακτινοβολίας είναι πάρα πολλά και διακρίνονται στα ακόλουθα :

- είναι διαθέσιμη όλο το 24ώρο, καθ'όλη τη διάρκεια του χρόνου και υπό οποιεσδήποτε καιρικές συνθήκες καθώς όταν δεν υπάρχει ηλιοφάνεια χρησιμοποιείται μόνο η θερμότητα του εδάφους. (Δεν εξαρτάται π. χ από την ηλιοφάνεια κτλ).
- είναι διαρκώς ανανεώσιμη, καθώς προέρχεται από το εσωτερικό της γης και την ακτινοβολία του ηλίου.
- μπορεί να αξιοποιηθεί με δοκιμασμένες τεχνολογίες ψύξης – θέρμανσης, όπως για παράδειγμα ενδοδαπέδια θέρμανση ή κλιματισμό με fan coils, καθώς επίσης και σε υβριδικά συστήματα, όπως π. χ από κοινού με ηλιοθερμικά πεδία.
- Εξασφαλίζει θέρμανση και ψύξη των χώρων καθώς και παραγωγή ζεστού νερού χρήσης με την ίδια εγκατάσταση χωρίς επιπλέον κόστος.
- Αποδεδειγμένα πλήρως από το πετρέλαιο.

- Εξοικονομεί χώρους, αφού δεν υπάρχει ανάγκη για δεξαμενή πετρελαίου και καμινάδα

Ωστόσο παρά τα πολλά πλεονεκτήματα που παρουσιάζονται κατά την μελέτη αυτής της εγκατάστασης θα πρέπει να ληφθούν πολύ σοβαρά υπόψη οι ακόλουθοι παράγοντες :

- Διαθέσιμη επιφάνεια εδάφους για εγκατάσταση του συστήματος.
- Ο τύπος του εδάφους στην περιοχή εγκατάστασης. Αυτός ο παράγοντας επηρεάζει ιδιαίτερα το μέγεθος του εναλλάκτη του συστήματος.
- Τα απαιτούμενα φορτία θέρμανσης και ψύξης που καλείται να καλύψει το σύστημα.
- Το πώς θα τοποθετηθούν οι σωληνώσεις δηλαδή οριζόντια ή κάθετα καθώς η τοποθέτηση των σωληνώσεων κάθετα αν και αποδοτικότερη εκτοξεύει το κόστος λόγω των γεωτρήσεων που θα πρέπει να γίνουν.

2.3.5 Φυσικός Φωτισμός

Για την μείωση της κατανάλωσης για φωτισμό κατά το δυνατό περισσότερο μια πολύ καλή μέθοδος εκτός από χρήση λαμπτήρων εξοικονόμησης ενέργειας είναι η εκμετάλλευση του φυσικού φωτισμού. Ο φυσικός φωτισμός δεν θα μπορούσε να λείπει από ένα κτίριο μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης.

Οι διάφορες τεχνικές φυσικού φωτισμού μπορούν να ομαδοποιηθούν στις εξής βασικές κατηγορίες :

- Ανοίγματα στη κατακόρυφη τοιχοποιία (παράθυρα)
- Ανοίγματα οροφής
- Αίθρια
- Φωταγωγοί

Ανοίγματα στην κατακόρυφη τοιχοποιία

Οι πιο συνήθης εφαρμογές φωτισμού των κτιρίων είναι τα κατακόρυφα ανοίγματα (παράθυρα). Για τη δημιουργία συνθηκών οπτικής άνεσης τα παράθυρα θα πρέπει να τοποθετούνται σε σημεία όπου η ροή του φωτός να είναι μέγιστη αλλά και ελεγχόμενη.

Πολύ σημαντικό ρόλο στο φυσικό φωτισμό ενός κτιρίου παίζει ο προσανατολισμός του κτιρίου. Ο ηλιασμός των κτιρίων και μάλιστα από τη θέση του επιθυμητού προσανατολισμού, είναι συχνά δυσχερής έως αδύνατος, ιδιαίτερα σε πυκνοδομημένες περιοχές. Υπάρχουν όμως πολλές λύσεις για να μπει φυσικό φως στο χώρο, ή για τη βελτίωση της ομοιομορφίας του φωτισμού σε δυσμενείς προσανατολισμούς και με ελάχιστη πρόσβαση στο άμεσο ηλιακό φως. Η χρήση

αντανεκλαστικών επιφανειών όπως οριζόντιων περσίδων, ή πρισματικών τζαμιών ενδείκνυται για τέτοιες περιπτώσεις.

Ανοίγματα οροφής

Τα ανοίγματα οροφής μπορούν να προσφέρουν σημαντικές ποσότητες φωτισμού ανεξάρτητα των μετεωρολογικών συνθηκών. Όταν ο ουρανός καλύπτεται σύννεφα, τα ανοίγματα παρέχουν ομοιογενή φωτισμό. Όταν ο ουρανός είναι αίθριος η κατανομή εξαρτάται από το προσανατολισμό των ανοιγμάτων. Τα βόρεια προσανατολισμένα ανοίγματα παρέχουν μια ομαλή κατανομή φυσικού φωτός, ενώ τα νότια επιτρέπουν την άμεση ηλιακή ακτινοβολία στο εσωτερικό του κτιρίου.

Αίθρια

Τα αίθρια, είτε ανοιχτά, είτε με κάλυψη, συνεισφέρουν στη βελτίωση των συνθηκών

φυσικού φωτισμού, ιδιαίτερα σε κτίρια μεγάλης επιφάνειας καθώς:

- Επιτρέπουν την είσοδο φωτεινής ακτινοβολίας στις κεντρικές ζώνες του κτιρίου.
- Βοηθούν στην αύξηση της στάθμης του φωτισμού των χώρων (και στην ομοιογενή κατανομή του, εφόσον αυτοί φωτίζονται και από κατακόρυφα ανοίγματα).
- Παρέχουν διάχυτο φως (από τον ουρανό και από τις επάλληλες ανακλάσεις στο εσωτερικό τους), συντελώντας στην ομοιόμορφη κατανομή του (χωρίς θάμβωση).

Φωταγωγοί

Οι φωταγωγοί εισάγουν το φυσικό φως σε χώρους όπου είναι δύσκολη η διείσδυση φυσικού φωτός χρησιμοποιώντας ανακλαστικές επιφάνειες. Στο ακόλουθο Σχήμα 2.22 παρουσιάζεται η αρχή λειτουργίας των φωταγωγών.



Σχήμα 2. 22 : Αρχή λειτουργίας των φωταγωγών

2.3.6 Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.

Ο βασικότερος παράγοντας στα κτίρια μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης είναι η αυτονομία τους. Ένα κτίριο ZEB απαιτεί «καθαρή» ηλεκτρική ενέργεια η οποία πρέπει να παράγεται από την εκμετάλλευση της ηλιακής ή της αιολικής ενέργειας κλπ.

2.3.6.1 Φωτοβολταϊκά συστήματα

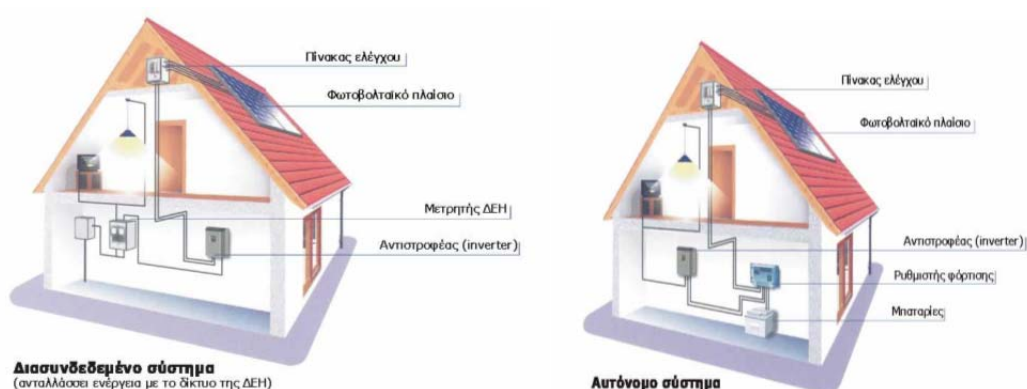
Για να καλυφθούν οι όλο και αυξανόμενες ανάγκες μας για ενέργεια, τα τελευταία χρόνια έχει γίνει στροφή προς την ηλιακή ενέργεια. Η στροφή αυτή προς στις καθαρές πηγές ενέργειας, όπως η ηλιακή, αποτελεί τη μόνη διέξοδο για την αποτροπή των κλιματικών αλλαγών που απειλούν σήμερα τον πλανήτη. Επιπλέον, η χρήση της ηλιακής ενέργειας συνεπάγεται λιγότερες εκπομπές άλλων επικίνδυνων ρύπων (όπως τα καρκινογόνα μικροσωματίδια, τα οξείδια του αζώτου, οι ενώσεις του θείου κ. λ. π). Η ηλιακή ενέργεια είναι καθαρή, ανεξάντλητη, ήπια και ανανεώσιμη. Η ηλιακή ακτινοβολία δεν ελέγχεται από κανέναν και αποτελεί ένα ανεξάντλητο εγχώριο ενεργειακό πόρο, που παρέχει ανεξαρτησία, προβλεψιμότητα και ασφάλεια στην ενεργειακή τροφοδοσία.

Το φωτοβολταϊκό φαινόμενο ανακαλύφθηκε το 1839 και χρησιμοποιήθηκε για πρακτικούς σκοπούς στα τέλη της δεκαετίας του '50 σε διαστημικές εφαρμογές. Τα φωτοβολταϊκά (Φ/Β) συστήματα έχουν τη δυνατότητα μετατροπής της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική. Ένα τυπικό Φ/Β σύστημα αποτελείται από το Φ/Β πλαίσιο ή ηλιακή γεννήτρια ρεύματος και τα ηλεκτρονικά συστήματα που διαχειρίζονται την ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από τη Φ/Β συστοιχία. Για αυτόνομα συστήματα υπάρχει επίσης το σύστημα αποθήκευσης ενέργειας σε μπαταρίες. Μία τυπική Φ/Β συστοιχία αποτελείται από ένα ή περισσότερα Φ/Β πλαίσια ηλεκτρικά συνδεδεμένα μεταξύ τους. Όταν τα Φ/Β πλαίσια εκτεθούν στην ηλιακή ακτινοβολία, μετατρέπουν ποσοστό 14% περίπου της προσπίπτουσας ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική. Όταν τα φωτοβολταϊκά εκτεθούν στην ηλιακή ακτινοβολία μετατρέπουν ένα 5~17% της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική (με τη σημερινή τεχνολογία, η οποία συνεχώς βελτιώνεται). Το πόσο ακριβώς είναι αυτό το ποσοστό εξαρτάται από την τεχνολογία που χρησιμοποιείται στην εκάστοτε εγκατάσταση. Υπάρχουν π. χ. τα λεγόμενα μονοκρυσταλλικά φωτοβολταϊκά, τα πολυκρυσταλλικά φωτοβολταϊκά, και τα άμορφα. Τα τελευταία έχουν χαμηλότερη απόδοση είναι όμως φθηνότερα. Η επιλογή του είδους των φωτοβολταϊκών είναι συνάρτηση των αναγκών, του διαθέσιμου χώρου ή ακόμα και της οικονομικής ευχέρειας του χρήστη. Τα φωτοβολταϊκά παρέχουν τον απόλυτο έλεγχο στον καταναλωτή και άμεση πρόσβαση στα στοιχεία που αφορούν την παραγόμενη και καταναλισκόμενη ενέργεια. Τον καθιστούν έτσι πιο προσεκτικό στον τρόπο που καταναλώνει την ενέργεια και συμβάλλουν μ' αυτό τον τρόπο στην ορθολογική χρήση και εξοικονόμηση της

ενέργειας. Δεδομένου ότι η παραγωγή και κατανάλωση του ηλιακού ηλεκτρισμού γίνονται τοπικά, αποφεύγονται οι σημαντικές απώλειες της μεταφοράς και διανομής του ηλεκτρισμού και κατ' αυτό τον τρόπο επιτυγχάνεται εξοικονόμηση ενέργειας της τάξης του 10% σε σχέση με τη συμβατική παροχή ηλεκτρικής ενέργειας μέσω του δικτύου.

Τα φωτοβολταϊκά μπορούν να τοποθετηθούν σε οικόπεδα, στέγες (επίπεδες και κεκλιμένες) ή και σε προσόψεις κτιρίων. Υπάρχουν δύο τρόποι να τα χρησιμοποιήσει κανείς. Ανεξάρτητα από το δίκτυο της ΔΕΗ ή σε συνεργασία μ' αυτό.

Μια φωτοβολταϊκή εγκατάσταση μπορεί να αποτελεί λοιπόν ένα **αυτόνομο σύστημα** που να καλύπτει το σύνολο των ενεργειακών αναγκών ενός κτιρίου ή μιας επαγγελματικής χρήσης. Για τη συνεχή εξυπηρέτηση του καταναλωτή, η εγκατάσταση θα πρέπει να περιλαμβάνει και μια μονάδα αποθήκευσης (μπαταρίες) και διαχείρισης της ενέργειας. Εναλλακτικά, ένα σύστημα παραγωγής ηλεκτρισμού με φωτοβολταϊκά μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε συνδυασμό με το δίκτυο της ΔΕΗ (**διασυνδεδεμένο σύστημα**). Στην περίπτωση αυτή, καταναλώνει κανείς ρεύμα από το δίκτυο όταν το φωτοβολταϊκό σύστημα δεν επαρκεί (π. χ. όταν έχει συννεφιά ή κατά τη διάρκεια της νύχτας) και δίνει ενέργεια στο δίκτυο όταν η παραγωγή υπερκαλύπτει τις ανάγκες του, π. χ. τις ηλιόλουστες ημέρες ή όταν λείπει κανείς. Σε ορισμένες περιπτώσεις, τα φωτοβολταϊκά χρησιμοποιούνται για παροχή ηλεκτρικής ενέργειας εφεδρείας (δηλαδή ως συστήματα αδιάλειπτης παροχής – UPS). Στην περίπτωση αυτή, το σύστημα είναι μεν διασυνδεδεμένο με τη ΔΕΗ, αλλά διαθέτει και μπαταρίες (συν όλα τα απαραίτητα ηλεκτρονικά) για να αναλαμβάνει την κάλυψη των αναγκών σε περίπτωση διακοπής του ρεύματος και για όσο διαρκεί αυτή. Στο ακόλουθο Σχήμα 2.23 παρουσιάζονται τα δύο είδη τρόπων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν τα φωτοβολταϊκά σε ένα κτίριο.



Σχήμα 2. 23 : Διασυνδεδεμένο και αυτόνομο δίκτυο αντίστοιχα.

Τα πλεονεκτήματα των φωτοβολταϊκών είναι αδιαμφισβήτητα πολλά και μερικά από αυτά είναι τα ακόλουθα :

- μηδενική ρύπανση

- αθόρυβη λειτουργία
- αξιοπιστία και μεγάλη διάρκεια ζωής (που φθάνει τα 30 χρόνια)
- απεξάρτηση από την τροφοδοσία καυσίμων για τις απομακρυσμένες περιοχές
- δυνατότητα επέκτασης ανάλογα με τις ανάγκες
- ελάχιστη συντήρηση

Σκοπός σε ένα κτίριο μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης είναι να υπάρχει αυτονομία ώστε το κτίριο να είναι ανεξάρτητο από το ηλεκτρικό δίκτυο.

2. 3. 6. 2 Αιολική Ενέργεια

Η αιολική ενέργεια θεωρείται σήμερα η πιο ώριμη τεχνολογικά και εμπορικά ανανεώσιμη πηγή ενέργειας. Η χρήση της στο ενεργειακό ισοζύγιο των κατοικιών αποτελεί μια ελκυστική λύση στο πρόβλημα της ολοένα και δαπανηρότερης ενεργειακής ζήτησης. Το «καύσιμο» είναι άφθονο, αποκεντρωμένο και φυσικά δωρεάν.

Τα συστήματα εκμετάλλευσης της αιολικής ενέργειας αφορούν κυρίως μηχανές που μετατρέπουν την ενέργεια του ανέμου σε ηλεκτρική ενέργεια και ονομάζονται ανεμογεννήτριες. Υπάρχουν πολλών ειδών ανεμογεννήτριες οι οποίες κατατάσσονται σε δύο βασικές κατηγορίες :

- Οριζοντίου άξονα, των οποίων ο δρομέας είναι τύπου έλικα και βρίσκεται συνεχώς παράλληλος με την κατεύθυνση του ανέμου και του εδάφους, όπως φαίνεται στο ακόλουθο Σχήμα 2.24.



Σχήμα 2. 24 : Ανεμογεννήτρια οριζοντίου άξονα

- Κατακόρυφου άξονα, ο οποίος παραμένει σταθερός και είναι κάθετος προς την επιφάνεια του εδάφους όπως φαίνεται στο ακόλουθο Σχήμα 2.25.



Σχήμα 2. 25 : Ανεμογεννήτρια κάθετου άξονα

Η απόδοση μιας ανεμογεννήτριας εξαρτάται από το μέγεθος της και την ταχύτητα του ανέμου. Το μέγεθος είναι συνάρτηση των αναγκών που καλείται να εξυπηρετήσει, για παράδειγμα ποικίλει από μερικές εκατοντάδες Watt για τη τροφοδότηση μιας κατοικίας μέχρι μερικά εκατομμύρια για τη τροφοδότηση ολόκληρων οικισμών. Μικρές ανεμογεννήτριες, από 5 - 20 KW, μπορούν να τοποθετηθούν σε σπίτια, κυρίως της υπαίθρου, όπου ο άνεμος κινείται ελεύθερα καθώς δεν συναντά εμπόδια και να συμβάλλουν στην παραγωγή ρεύματος, το οποίο θα μπορούσε, είτε να πωλείται στο δίκτυο, είτε να αξιοποιείται στην οικία, για να καλύπτει μέρος της απαιτούμενης ενέργειας. Για παράδειγμα η τοποθέτηση μιας πολύ μικρής ανεμογεννήτριας, με διάμετρο ακτίνας - ρότορα 2, 7 μέτρα, μπορεί να παρέχει (με ταχύτητες ανέμου 5, 3 m/sec) 3, 5 KWh την ημέρα, ηλεκτρικό ρεύμα που μπορεί να καλύψει τις ανάγκες του ψυγείου και όλου του φωτισμού. Πολλές φορές οι ανεμογεννήτριες εγκαθίσταται μαζί με φωτοβολταϊκά σε ανεξάρτητα συστήματα, έτσι ώστε να καλύπτονται οι ανάγκες σε περιόδους χωρίς ηλιοφάνεια.

Η τοποθέτηση αυτόνομης ανεμογεννήτριας συμφέρει και σε περιπτώσεις που ένα σπίτι βρίσκεται σε περιοχή που δεν υπάρχει δίκτυο της ΔΕΗ και το κόστος μεταφοράς ρεύματος είναι πολύ μεγάλο.

2. 4 Σύγκριση του κόστους των τεχνολογιών που εφαρμόζονται σε ένα ZEB σε σχέση με ένα συμβατικό κτίριο

Το κόστος που απαιτείται για τις τεχνολογίες ενός κτιρίου μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης είναι γενικά υψηλότερο, καθώς χρειάζονται επιπλέον κόστη για την κτιριακή μόνωση όπως τα κουφώματα. Ένας σημαντικός ακόμη λόγος είναι ότι οι επιχειρηματίες και γενικά το κοινό αυτής της αγοράς δεν είναι συνηθισμένο στις νέες τεχνολογίες με αποτέλεσμα να σπαταλιέται πολύς χρόνος και να επενδύονται χρήματα στην ενημέρωση του κοινού, την εκπαίδευση καθώς και την εξασφάλιση της ποιότητας αυτών των τεχνολογιών πράγμα που σημαίνει επιπλέον οικονομική

επιβάρυνση. Τα προηγούμενα ενισχύουν την κοινή αντίληψη ότι τα κτίρια μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης είναι οικονομικά απρόσιτα. Ακριβής πληροφορίες σχετικά με τα κόστη είναι δύσκολο να βρεθούν σε χώρες με όχι τόσο αναπτυγμένη την αγορά εξοικονόμησης ενέργειας στα κτίρια. Ωστόσο ήταν εφικτό να συγκεντρωθούν στοιχεία ερευνών που διεξήχθησαν σε διάφορες χώρες ώστε να εξαχθεί ένα ασφαλές συμπέρασμα σχετικά με το κόστος των κτιρίων αυτών.

Πράγματι σε πολλές χώρες όπως η Γερμανία η Αυστρία η Σουηδία και η Ελβετία προέκυψε ότι το κόστος για την κατασκευή κτιρίων μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης δεν είναι τόσο υψηλό σε σχέση με αυτά των συμβατικών. Αυτό οφείλεται στον μεγάλο ανταγωνισμό μεταξύ των κατασκευαστών εξοπλισμού των κτιρίων. Για τις προαναφερθείσες χώρες το κόστος για την κατασκευή ενός κτιρίου χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης (LEB) κυμαίνεται μεταξύ 4-6% σε σχέση με το κόστος κατασκευής ενός συμβατικού. Στην Ελβετία το ποσοστό αυτό μπορεί να πάρει τιμές έως και 10% ανάλογα με το σχεδιασμό και γενικότερα την αυστηρότητα των κανονισμών που ισχύουν σε κάθε κράτος. Αντίστοιχα, στη Γερμανία το κόστος αυτό έχει υπολογιστεί ότι δύσκολα ξεπερνά το 14% επί του αρχικού κόστους για ένα συμβατικό κτίριο. Μάλιστα στην ίδια χώρα υπολογίστηκε ότι μια τέτοιου είδους επένδυση, αποσβένει σε περίπου 10 επιπλέον έτη την επιβάρυνση αυτή, επί του αρχικού κόστους.

Συνολικά σε μελέτη που έγινε σε 5 χώρες την Μεγάλη Βρετανία, την Γαλλία, την Πορτογαλία, την Ισπανία και την Ιταλία παρουσιάζεται μια επιβάρυνση της τάξης του 10% επί του αρχικού κόστους ώστε ένα κτίριο να είναι σχεδόν μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης. Αντίστοιχα η διαφορά μεταξύ ενός κτιρίου χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης και ενός κτιρίου μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης αντιστοιχεί σε 8% επί του αρχικού κόστους ή ισοδύναμα σε 15. 000 euro.

Παρά το υψηλότερο κόστος κατασκευής των κτιρίων αυτών σε σχέση με ένα συμβατικό κτίριο τα οφέλη είναι πολύ μεγαλύτερα αν σκεφτεί κανείς ότι επιτυγχάνεται μια μείωση 15kWh/m² του κτιρίου και ταυτόχρονα δεν απαιτείται συμβατική θέρμανση και ψύξη. Σε κτίρια τόσο υψηλής ενεργειακής απόδοσης τα κέρδη από την εξοικονόμηση ενέργειας είναι πολύ υψηλά.

Ωστόσο τα αποτελέσματα αυτά δεν θα πρέπει να θεωρηθεί ότι ισχύουν κατ' αντιστοιχία και σε άλλες χώρες καθώς διαφέρουν σημαντικά οι τιμές της ενέργειας, το κόστος κατασκευής και η τεχνογνωσία από χώρα σε χώρα. Για παράδειγμα δεν πρέπει να γίνει ταύτιση των προηγούμενων αποτελεσμάτων, που ισχύουν για χώρες που έχουν εξελιχθεί σημαντικά και συνεχίζουν να εξελίσσονται ταχέως, όπως η Γερμανία ή η Αυστρία με χώρες που έχουν μείνει πίσω στον τομέα αυτό. Τέτοιες χώρες, είναι χώρες της Νότιας και Ανατολικής Ευρώπης που μόλις πριν λίγα χρόνια άρχισαν να μελετούν τα κτίρια χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης.

Γενικότερα λοιπόν, θα πρέπει να θεωρηθεί ότι η επιπλέον επιβάρυνση για ένα κτίριο μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης αγγίζει τα 100euro/m² και ίσως και περισσότερο αν χρησιμοποιούνται τεχνολογίες που είναι ακριβότερες και η περίοδος αποπληρωμής μιας τέτοιας επένδυσης ανέρχεται σε λιγότερο από 20 έτη. Ωστόσο το ποσό επιβάρυνσης που προαναφέρθηκε θα έχει μειωθεί κατά 20% έως το 2030 λόγω των πιο εξελιγμένων τεχνολογιών. Σε αυτή την κατεύθυνση θα μπορούσε να βοηθήσει η προώθηση του ποσοστού εξοικονόμησης ενέργειας που επιτυγχάνεται σε σχέση με ένα συμβατικό κτίριο, στο ευρύ κοινό το οποίο και αποτελεί το μεγαλύτερο τμήμα αυτής της αγοράς.

Συμπερασματικά, σύμφωνα με τα όσα έχουν προαναφερθεί η οικονομική επιβάρυνση που έχει ένα κτίριο χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης ανέρχεται σε 10% σε σχέση με το κόστος κατασκευής ενός αντίστοιχου συμβατικού. Ακριβής προσέγγιση δεν είναι εφικτή, καθώς η αξιολόγηση του κόστους εξαρτάται από ειδικές συνθήκες οι οποίες είναι διαφορετικές ανά περίπτωση. Ωστόσο αυτό που παρατηρείται κατά γενική ομολογία είναι ότι υπάρχει έντονα πτωτική τάση στο προαναφερθέν ποσοστό.

2.5 Παραδείγματα Κτιρίων μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης στην Ελλάδα και στο εξωτερικό.

Αν και όπως προαναφέρθηκε στην προηγούμενη ενότητα το κόστος κατασκευής ενός κτιρίου μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης είναι υψηλότερο κατά περίπου 20% σε σχέση με το αντίστοιχο κόστος ενός συμβατικού έχουν γίνει προσπάθειες που εντοπίζονται κυρίως στο εξωτερικό αλλά και στη χώρα μας.

1) REC Conference Center (Σεντέντρε, Ουγγαρία)



Σχήμα 2. 26 : Κτίριο μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης REC.

Το κτίριο αυτό αποτελείται από γραφεία καθώς και αίθουσες διαλέξεων. Πρόκειται για ένα on-grid κτίριο με σκοπό την κατανάλωση ενέργειας από ΑΠΕ. Τα μέτρα ανακαίνισης που έχουν εφαρμοστεί περιέχονται παρακάτω :

- Φωτοβολταϊκά Πάνελ: Στην οροφή του κτιρίου έχουν τοποθετηθεί 140 φωτοβολταϊκά πάνελ με σκοπό την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Η μέγιστη ισχύς τους είναι 29 kW. Σε περιόδους νύχτας ή συννεφιασμένου καιρού, το κτίριο παίρνει ηλεκτρική ενέργεια από το δίκτυο, ενώ σε μέρες με καθαρό ουρανό το κτίριο παράγει πλεονάζουσα ηλεκτρική ενέργεια που διοχετεύει στο δίκτυο.
- Αντλίες Θερμότητας: Στο κτίριο είναι εγκατεστημένες 2 αντλίες θερμότητας οι οποίες καλύπτουν τις ανάγκες θέρμανσης και ψύξης του κτιρίου.
- Μόνωση κελύφους και οροφής: Το κτίριο μονώνεται με περιβαλλοντικά φιλικό υλικό και έτσι συντελείται μείωση των ενεργειακών απαιτήσεων για θέρμανση και ψύξη.
- Τεχνητός φωτισμός: Χρησιμοποιήθηκαν ενεργειακά αποδοτικοί λαμπτήρες μαζί με ballast καθώς και ανιχνευτές κίνησης για την αποτελεσματική εξοικονόμηση ενέργειας.
- Φυσικός φωτισμός: Η χρήση φυσικού φωτισμού εκμεταλλεύτηκε στο μέγιστο δυνατό στο κτίριο με σκοπό να μειωθεί η ανάγκη για χρήση του τεχνητού φωτισμού. Έτσι χρησιμοποιήθηκε ένα πλαίσιο από τζάμια στο πάνω μέρος των τοίχων.

2) Κεντρικά Γραφεία της εταιρίας Abalone(Ναντ, Γαλλία)



Σχήμα 2. 27 : Κτίριο Γραφείων της εταιρίας Abalon

Το κτίριο αυτό είναι πολύ κοντά στο επιτύχει πλήρης τον στόχο ενός ZEB ενώ στο μέλλον με κάποιες αλλαγές, θα μπορεί να εξάγει και 18.3 kWh/m^2 . Τα μέτρα που έχουν ληφθεί είναι τα εξής :

- Εγκατάσταση 3 ανεμογεννητριών δίπλα στο κτίριο (ύψος = 15 m και $P=10\text{kW}$ η καθεμιά). Η ετήσια παραγωγή ενέργειας φτάνει τις 45 MWh.
- Εγκατάσταση 3 ανεμογεννητριών στην οροφή του κτιρίου με ύψος 3 m η καθεμιά και συνολικά παραγωγή ενέργειας 15 MWh τον χρόνο.
- Εγκατάσταση φωτοβολταϊκών πάνελ στην οροφή σε επιφάνεια 80 m². Η ετήσια παραγωγή ενέργειας ανέρχεται στις 2 MWh τον χρόνο.
- Εγκατάσταση ηλιακών συλλεκτών που χρησιμεύουν στην θέρμανση και στην παροχή Ζεστού Νερού Χρήσης (ZNX).
- Σύστημα ψύξης του αέρα με εναλλάκτες γη-αέρα.

- Σύστημα εξαερισμού με δυνατότητα εκμετάλλευσης του θερμού αέρα.

3) Ευώνυμος Οικολογική Βιβλιοθήκη



Σχήμα 2. 28 : Ευώνυμος Βιβλιοθήκη

Το κτίριο αυτό βρίσκεται στην Αθήνα. Οι εργασίες ανακαίνισης ξεκίνησαν το 2006. Τα μέτρα που έχουν ληφθεί φαίνονται παρακάτω :

- Μόνωση κελύφους: Εξωτερική θερμομόνωση του κελύφους με 4 cm πάχος
- Αντικατάσταση Κουφωμάτων με διπλά τζάμια χαμηλής εκπομπής
- Αεροστεγάνωση με σκοπό την μη διαρροή αέρα προς τα έξω και προς τα μέσα
- Συστήματα σκίασης ανάλογα με τον προσανατολισμό του κτιρίου
- Εγκατάσταση φωτοβολταϊκών πάνελ
- Ηλιακοί Συλλέκτες για την ανάγκη του Ζεστού νερού χρήσης
- Σύστημα θέρμανσης ενεργειακά αποδοτικό με φυσικό αέριο
- Εξαερισμός υβριδικός εγκατεστημένος στην οροφή του κτιρίου
- Φυσικό σύστημα ψύξης μέσω του συστήματος εξαερισμού
- Βοηθητικό σύστημα ψύξης (1. 5 kW)
- Τεχνητός φωτισμός με T5 λαμπτήρες φιλικού προς το περιβάλλον
- Εγκατάσταση BEMS. Το σύστημα αυτό ελέγχει το σύστημα θέρμανσης, ψύξης και εξαερισμού, την λειτουργία των ΑΠΕ καθώς και μετράει το ποσό της καταναλισκόμενης ενέργειας.

4) Εργατικές κατοικίες στην Αγία Βαρβάρα.

Στο Δήμο Αγίας Βαρβάρας έχουν ξεκινήσει οι διαδικασίες της ενεργειακής αναβάθμισης τεσσάρων εργατικών πολυκατοικιών σε κτίρια μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης. Ταυτόχρονα γίνεται και προσπάθεια βελτίωσης του μικροκλίματος της περιοχής.

Το έργο έχει προϋπολογισμό 7 εκατ. ευρώ, επιχορηγείται από το ΕΣΠΑ και σχεδιάστηκε από το Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών και Εξοικονόμησης Ενέργειας (ΚΑΠΕ).

Οι παρεμβάσεις που θα πραγματοποιηθούν περιλαμβάνουν τα εξής :

Τοποθέτηση εξωτερικής θερμομόνωσης στους τοίχους των κτιρίων για μείωση των απωλειών θερμότητας.

- Τοποθέτηση εξωτερικής θερμομόνωσης στο δώμα των κτηρίων.
- Αντικατάσταση των κουφωμάτων με νέα, θερμοδιακοπτόμενα και αντικατάσταση των υαλοστασίων με ενεργειακά διπλά υαλοστάσια.
- Τοποθέτηση ψυχρών επιχρισμάτων σε δώμα και κατακόρυφα δομικά στοιχεία.
- Αντικατάσταση των συστημάτων θέρμανσης και δροσισμού με σύστημα κλιματισμού γεωθερμικών αντλιών θερμότητας.
- Έξυπνα δίκτυα στα κτήρια που θα δίνουν τη δυνατότητα στον οποιοδήποτε κάτοικο να ενημερώνεται για το ενεργειακό κόστος του νοικοκυριού του.
- Τοποθέτηση πράσινων οροφών.
- Επεμβάσεις στον περιβάλλοντα χώρο που θα βασίζονται στη χρήση σύγχρονης τεχνολογίας υλικών και στην αύξηση του πρασίνου ώστε να βελτιωθεί το θερμικό ισοζύγιο της περιοχής.
- Εγκατάσταση συστημάτων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, όπως φωτοβολταϊκά και ηλιακοί συλλέκτες.

Οι εργασίες υπολογίζεται ότι θα ολοκληρωθούν στα τέλη του 2012, ενώ σημαντική είναι η συμμετοχή και συνεισφορά ενός μεγάλου αριθμού ελληνικών βιομηχανιών και εμπορικών εταιρειών, οι οποίες στο πλαίσιο εθελοντικών συμφωνιών που έχουν υπογραφεί χορηγούν πλήρως τμήματα του έργου.

5) Κτίριο απόλυτης ενεργειακής αυτονομίας στο Λαύριο.



Σχήμα 2. 29 : Κτίριο ενεργειακής αυτονομίας στο Τεχνολογικό πάρκο του Λαυρίου.

Το συγκεκριμένο κτίριο είναι ένα συγκρότημα γραφείων το οποίο αρχικά ήταν ένα εγκαταλειμμένο εργοστάσιο ζυμαρικών. Το πρόγραμμα αυτό υλοποιήθηκε υπό την επίβλεψη ομάδας του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου με συντονιστή και επιβλέπων τον καθηγητή του ΕΜΠ Ιωάννη Πασπαλιάρη.

Στο κτίριο αυτό έχουν εφαρμοστεί τεχνολογίες

- Εκμετάλλευσης της ηλιακής ενέργειας με χρήση φωτοβολταϊκών πάνελ
- Εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας με χρήση συνολικά 6 ανεμογεννητριών
- Ηλεκτρόλυσης δηλαδή μια τεχνολογία η οποία αποθηκεύει την παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια όχι σε μπαταρίες αλλά σε καθαρή μορφή υδρογόνου.

Το κόστος αυτής της εγκατάστασης ανήλθε στα 10. 000. 000 ευρο και αυτό οφείλεται στο ότι δεν αποθηκεύει την μορφή σε μπαταρίες αλλά σε μορφή καθαρού υδρογόνου σε κυψέλες υδρογόνου. Παράλληλα υπάρχει δυνατότητα αυτονομίας του κτιρίου για 5 ημέρες.

Κεφάλαιο 3^ο Ενεργειακή επιθεώρηση Κτιρίου Α και των αμφιθεάτρων του συγκροτήματος Γενικών Εδρών.

3.1 Περιγραφή και ενεργειακό προφίλ του Κτιρίου Α και του συγκροτήματος των Γενικών Εδρών

Στην παρούσα διπλωματική εργασία εξετάζεται το κτίριο Α, την πυλωτή και τα αμφιθέατρα των Γενικών Εδρών που μαζί με τα κτίρια Β και Ε αποτελούν το συγκρότημα των γενικών εδρών. Το συγκρότημα των γενικών εδρών βρίσκεται εντός της πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου. Η τοποθεσία του στον χάρτη φαίνεται στο ακόλουθο Σχήμα 3.1:



Σχήμα 3.1 : Συγκρότημα Γενικών Εδρών στον χάρτη της πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου.

Το έτος κατασκευής των κτιρίων είναι το 1978 (πριν τον κανονισμό θερμομόνωσης κτιρίων). Τα κτίρια δεν είναι ανεξάρτητα αλλά υπάρχει μεταξύ τους επαφή. Πιο συγκεκριμένα το κτίριο Α συνδέεται με την πυλωτή των γενικών Εδρών και αυτή με τη σειρά της με τα αμφιθέατρα 1, 2, 3 και 4. Στον περιβάλλοντα χώρο υπάρχουν δέντρα τα οποία όμως δεν προκαλούν πρόβλημα σκιασμού στο κτίριο, καθώς δεν συνορεύουν με τους υαλοπίνακες αυτού. Το συγκρότημα των αμφιθεάτρων και του

κτιρίου Α είναι προσβάσιμο από δύο κεντρικές εισόδους που βρίσκονται στην πυλωτή και μια που βρίσκεται στο ισόγειο του κτιρίου Α. Η πρώτη είσοδος του συγκροτήματος φαίνεται στην παρακάτω εικόνα και έχει προσανατολισμό ανατολικά ενώ η δεύτερη είσοδος είναι προσανατολισμένη δυτικά. Οι δύο εισοδοι φαίνονται στις παρακάτω φωτογραφίες.



Σχήμα 3. 2 : Οι 2 κεντρικές εισοδοι στο συγκρότημα γενικών εδρών.

Το συγκεκριμένο συγκρότημα στεγάζει 4 αμφιθέατρα διδασκαλίας και πιο συγκεκριμένα 2 αμφιθέατρα χωρητικότητα 230 θέσεων(τα αμφιθέατρα 2 και 3) και 2 αμφιθέατρα 270 και 390 θέσεων (αμφιθέατρο 1 και 4 αντίστοιχα). Τα αμφιθέατρα φαίνονται στις ακόλουθες εικόνες του Σχήματος 3.3.



Αμφιθέατρο 1



Αμφιθέατρο 2



Αμφιθέατρο 3



Αμφιθέατρο 4

Σχήμα 3.3 : Στις παραπάνω εικόνες παρουσιάζονται τα αμφιθέατρα όπως φαίνονται από την πυλωτή.

Το κτίριο Α στεγάζει το κυλικείο και το στέκι των φοιτητών που βρίσκεται στο ισόγειο, την γραμματεία της σχολής Ε. Μ. Φ. Ε του Ε. Μ. Π, χώρους φοιτητικών παρατάξεων και μια αίθουσα διδασκαλίας στον πρώτο όροφο. Στον δεύτερο όροφο του κτιρίου στεγάζεται εργαστήριο Ηλεκτρονικών Υπολογιστών της σχολής Η. Μ. Μ. Υ καθώς και δύο αίθουσες διδασκαλίας και στον τρίτο όροφο αποκλειστικά 4 αίθουσες διδασκαλίας. Το κτίριο Α φαίνεται στην ακόλουθη φωτογραφία του Σχήματος 3.4.



Σχήμα 3.4 : Εξωτερική Όψη Κτιρίου Α

Σύμφωνα με τα στοιχεία από τις κατόψεις του κτιρίου, το εμβαδό του κάθε ορόφου είναι :

$$E_{\text{υπογ}}=681,4 \text{ m}^2$$

$$E_{\text{ισογ}}=536,82 \text{ m}^2$$

$$E_{\alpha, \text{ορ}}=739,12 \text{ m}^2$$

$$E_{\beta, \text{ορ}}=728,55 \text{ m}^2$$

$$E_{\gamma, \text{ορ}}=737,87 \text{ m}^2$$

$$E_{\text{οροφής}}=749,39 \text{ m}^2$$

Τα αμφιθέατρα χρησιμοποιούνται ως χώροι διδασκαλίας για τη σχολή Ε. Μ. Φ. Ε και μόνο. Σύμφωνα με τα στοιχεία από τις κατόψεις των σχεδίων που υπάρχουν τα εμβαδά των αμφιθεάτρων είναι αντίστοιχα :

$$E_{\text{ΑΜΦ},1}=301,11 \text{ m}^2$$

$$E_{\text{ΑΜΦ},2}=209,79 \text{ m}^2$$

$$E_{\text{ΑΜΦ},3}=209,24 \text{ m}^2$$

$$E_{\text{ΑΜΦ},4}=427,42 \text{ m}^2$$

Όλοι οι παραπάνω χώροι είναι προσβάσιμοι μέσω της πυλωτής η οποία όταν είχε αρχικά κατασκευαστεί στα τέλη της δεκαετίας του 70 δεν υπήρχε υαλοπίνακας. Η επένδυση του χώρου με υαλοπίνακα έγινε σχετικά πρόσφατα και συγκεκριμένα το 1997. Την πλευρική επένδυση της πυλωτής με υαλοπίνακα ακολούθησε η

τοποθέτηση θερμαντικών συσκευών το 2000. Οι συσκευές αυτές συνδέονται με τον κεντρικό κυκλοφορητή του συστήματος θέρμανσης του κτιρίου Α και των αμφιθεάτρων και χρησιμοποιούνται μόνο για την θέρμανση του χώρου πολύ σπάνια. Όλα τα παραπάνω οδήγησαν στο να θεωρηθεί ο χώρος της πυλωτής ως μη θερμαινόμενος χώρος στην μελέτη θερμομόνωσης.

Οι μορφές ενέργειας που χρησιμοποιεί το συγκρότημα είναι φυσικό αέριο και ηλεκτρισμός. Το φυσικό αέριο χρησιμοποιείται για την θέρμανση των χώρων μέσω των θερμαντικών συσκευών που υπάρχουν στο εκάστοτε κτίριο (fancoil) καθώς και στην οροφή της πυλωτής. Το σύστημα λέβητα-καυστήρα ενεργοποιείται μέσω χρονοδιακόπτη ο οποίος είναι ρυθμισμένος ώστε το σύστημα να παρέχει ζεστό νερό από τις 7 π. μ έως και τις 8 μ. μ δηλαδή τις ώρες εκείνες που το κτίρια είναι ανοιχτά. Οι μετρήσεις σχετικά με την κατανάλωση του συγκροτήματος σε φυσικό αέριο δεν ήταν δυνατόν να γίνουν κι αυτό γιατί ο θερμοδομετρητής που ήταν εγκατεστημένος στο σύστημα κυκλοφορίας ήταν εκτός λειτουργίας και δεν κατέστη δυνατόν να ενεργοποιηθεί. Επομένως στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εργασίας δεν λαμβάνεται υπόψη η κατανάλωση φυσικού αερίου, λόγω έλλειψης βασικών πληροφοριών.

Το ίδιο συμβαίνει και με το σύστημα ψύξης για τον πρώτο όροφο του κτιρίου Α, καθώς και το σύστημα ψύξης των αμφιθεάτρων. Για τεχνικούς λόγους, δεν ήταν δυνατή η τοποθέτηση του ηλεκτρικού αναλυτή ενέργειας στις συσκευές του συστήματος ψύξης και γι' αυτό η μελέτη της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας των μονάδων ψύξης, περιορίζεται μόνο σε αναφορά των κεντρικών συσκευών που απαρτίζουν το σύστημα ψύξης.

Η ηλεκτρική ενέργεια χρησιμοποιείται για φωτισμό, τροφοδότηση των ηλεκτρικών συσκευών και των ηλεκτρονικών υπολογιστών των γραφείων και γενικότερα του εξοπλισμού του εργαστηρίου και των αιθουσών διδασκαλίας και αμφιθεάτρων καθώς και της γραμματείας της σχολής Ε. Μ. Φ. Ε, λειτουργία ανελκυστήρων και για την θέρμανση και ψύξη όπου υπάρχουν κλιματιστικά σώματα (fan coil & air-condition).

Το υπόγειο του κτιρίου Α δεν κλιματίζεται, ενώ όσον αφορά τον κλιματισμό των υπολοίπων ορόφων υπάρχει σχετική ομοιομορφία.

Για την εύρεση του ενεργειακού προφίλ των εξεταζόμενων κτιρίων καθώς και της πυλωτής πραγματοποιήθηκε καταγραφή του ηλεκτρολογικού εξοπλισμού κατά την περίοδο Ιανουάριος-Φεβρουάριος 2011. Στην καταγραφή αυτή περιλαμβάνονται πληροφορίες από τους υπεύθυνους και τους χρήστες των εκάστοτε χώρων για το είδος του ηλεκτρολογικού εξοπλισμού, την ονομαστική ισχύ και τις ώρες λειτουργίας του. Σε ελάχιστες περιπτώσεις λόγω έλλειψης δεδομένων χρειάστηκε να γίνουν κάποιες ασφαλείς παραδοχές σχετικά με τα απαιτούμενα δεδομένα.

Με τα δεδομένα που ανακτήθηκαν κατά τη διάρκεια της καταγραφής του εξοπλισμού, υπολογίζονται στο επόμενο υποκεφάλαιο προσεγγίζονται στο επόμενο υποκεφάλαιο

προσεγγιστικά η κατανομή ηλεκτρικής ενέργειας των αντίστοιχων χώρων, καθώς και η ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας αυτών.

Ακόμη έγινε ακριβής καταγραφή των διαστάσεων και του πλήθους των εξωτερικών κουφωμάτων (θύρες και υαλοπίνακες) των υπό μελέτη κτιρίων για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας του κάθε κτιρίου χωριστά.

3. 2 Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας συγκροτήματος Γενικών Εδρών

Στο συγκεκριμένο υποκεφάλαιο αναλύονται οι ενεργειακές καταναλώσεις του εκάστοτε κτιρίου που εξετάζεται καθώς και οι χρόνοι λειτουργίας των αντίστοιχων συσκευών και γενικότερα όλου του εξοπλισμού.

Από τις 52 εβδομάδες του έτους, 4 εβδομάδες την περίοδο των διακοπών του Πάσχα και των Χριστουγέννων και τέσσερις εβδομάδες στις διακοπές του Αυγούστου όλοι οι χώροι το συγκροτήματος παραμένουν κλειστοί. Επίσης θα πρέπει να ληφθεί υπόψη και ο χρόνος που το συγκρότημα παραμένει κλειστό λόγω καταλήψεων και αργιών που εκτιμάται περίπου στις 2 εβδομάδες συνολικά ετησίως. Με βάση λοιπόν τα παραπάνω στοιχεία το κτίριο παραμένει ανοιχτό 42 εβδομάδες το χρόνο. Ακόμη θα πρέπει να αναφερθεί ότι κάθε μήνα το συγκρότημα είναι ανοιχτό 22 εργάσιμες μέρες. Με βάση λοιπόν τις παραπάνω παραδοχές γίνεται ο υπολογισμός της ετήσιας κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας.

Αναφέρεται ότι το κτίριο Α, θεωρείται ότι αποτελείται από 4 θερμαινόμενους ορόφους ισόγειο, πρώτος, δεύτερος και τρίτος. Επίσης πρέπει να επισημανθεί ότι για το κτίριο Α θεωρήθηκαν κοινόχρηστοι χώροι, το κλιμακοστάσιο και η απόληξη τους στο δώμα καθώς και οι ανελκυστήρες και οι οποίοι θεωρήθηκαν και θερμαινόμενοι χώροι. Αντίθετα το υπόγειο είναι μη θερμαινόμενος χώρος και γι' αυτό δεν εξετάζεται καθόλου. Ο χώρος της πωλοτής είναι κοινόχρηστος και αυτός, επειδή όμως είναι κλειστός περιμετρικά από υαλοπίνακες και θερμαίνεται ελάχιστα έως και καθόλου θεωρείται ότι είναι μη θερμαινόμενος χώρος και δεν γίνεται μελέτη θερμομόνωσης του.

3. 2. 1 Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για φωτισμό

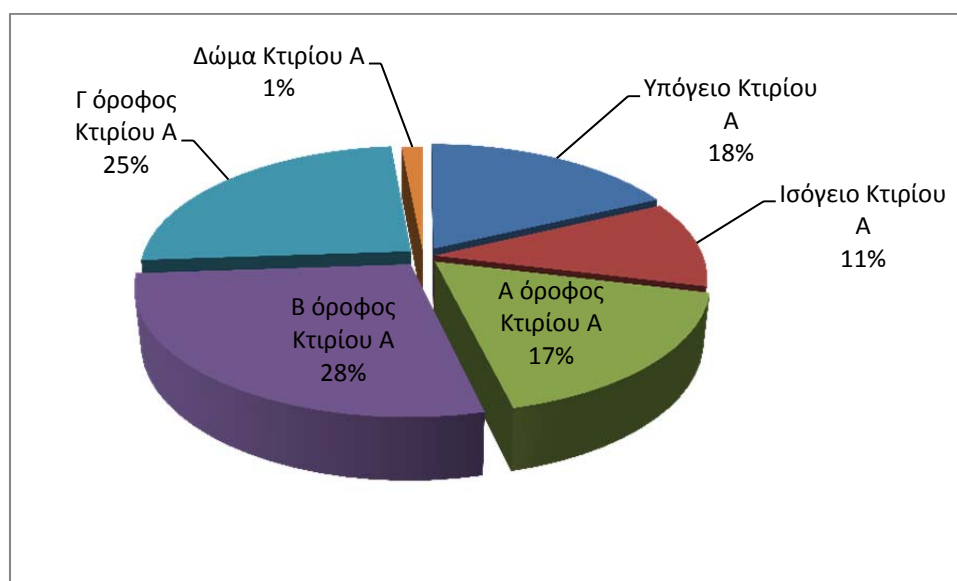
Η κατανάλωση της ηλεκτρικής ενέργειας για φωτισμό προκύπτει από την καταγραφή του πλήθους των φωτιστικών σωμάτων καθώς και της αντίστοιχης ισχύος τους. Στην παρακάτω ενότητα παρουσιάζεται αναλυτικά η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για φωτισμό στον κάθε χώρο χωριστά.

3. 2. 1. 1 Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για φωτισμό στο Κτίριο Α

Στο κτίριο Α οι λαμπτήρες που χρησιμοποιούνται είναι λαμπτήρες αλογόνου και στην πλειοψηφία λαμπτήρες φθορισμού των 18 W και 36 W μαζί με τα ηλεκτρομαγνητικά ballast που διαθέτουν. Ο συγκεκριμένος τύπος των ballast που χρησιμοποιούνται στα φωτιστικά σώματα ενισχύει την κατανάλωση της ηλεκτρικής ενέργειας κατά ένα σημαντικό ποσοστό της τάξης του 25%. Με βάση λοιπόν την προσαύξηση που προαναφέρθηκε θα πρέπει η κατανάλωση ενέργειας των ballast να ληφθεί υπόψη για την εκτίμηση της εγκατεστημένης ισχύος και κατ' επέκταση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας για τον φωτισμό του κτιρίου.

Στο παράρτημα της παρούσας διπλωματικής υπάρχουν αναλυτικοί πίνακες που περιέχουν τις πληροφορίες που συλλέχτηκαν για το πλήθος των φωτιστικών σωμάτων και των αριθμό των λαμπτήρων ανά φωτιστικό σώμα καθώς και τις ώρες ετήσιας λειτουργίας. Από τους πίνακες αυτούς προκύπτει ότι η συνολική εγκατεστημένη ισχύς για φωτισμό λαμβάνοντας υπόψη και την ισχύ των ballast είναι : 23, 32 kW και με βάση τον χρόνο λειτουργίας των φωτιστικών σωμάτων η συνολική κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για φωτισμό είναι : 46. 770, 2 kWh.

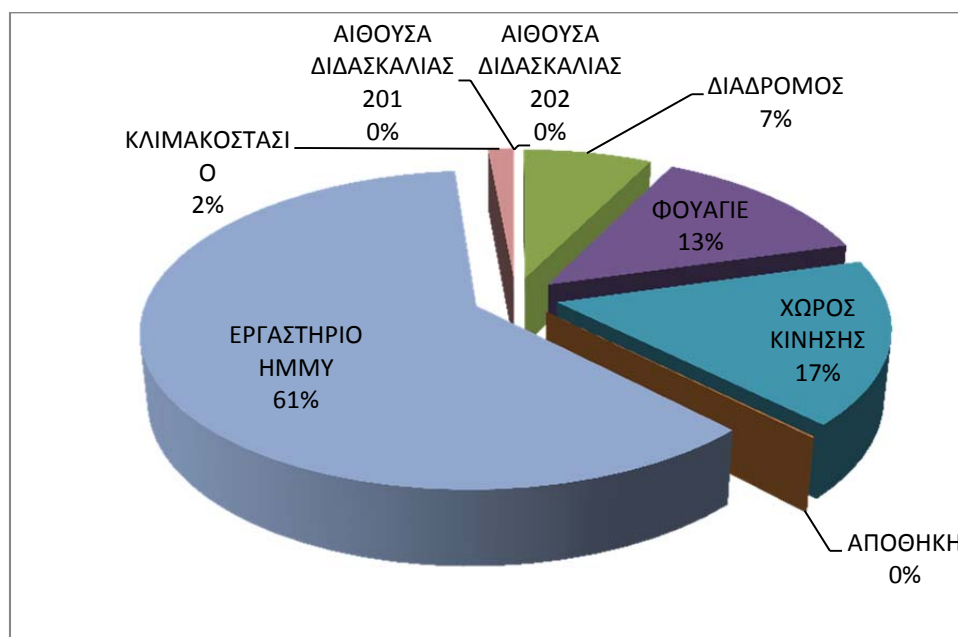
Η κατανομή της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας για φωτισμό ανά χώρο είναι η παρακάτω όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.5.



Σχήμα 3. 5 : Εκτίμηση της κατανομής της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας για τον φωτισμό του κτιρίου Α.

Από το παραπάνω γράφημα παρατηρείται ότι οι καταναλώσεις ηλεκτρικής ενέργειας για φωτισμό δεν είναι ομοιόμορφα κατανομημένες. Πιο συγκεκριμένα η μεγαλύτερη κατανάλωση εμφανίζεται κυρίως στον Β και Γ όροφο του κτιρίου. Το παραπάνω συμπέρασμα είναι αναμενόμενο επειδή στον Β όροφο υπάρχει το εργαστήριο της σχολής Η. Μ. Μ. Υ το οποίο είναι σε λειτουργία περίπου 10-11 ώρες καθημερινά και

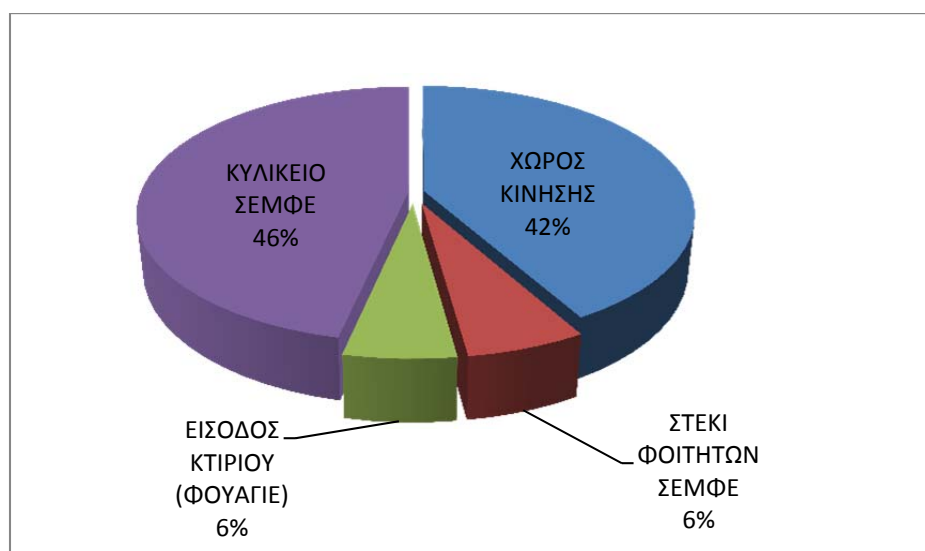
καταναλώνει το μεγαλύτερο μέρος της ηλεκτρικής ενέργειας κάτι που φαίνεται στο παρακάτω γράφημα του Σχήματος 3.6.



Σχήμα 3. 6 : Εκτίμηση κατανομής καταναλώσεων ηλεκτρικής ενέργειας για φωτισμό στον Β όροφο του Κτιρίου Α.

Από το παραπάνω γράφημα είναι προφανές ότι η κατανάλωση του εργαστηρίου αντιστοιχεί στο 61% της συνολικής κατανάλωσης του 2^{ου} ορόφου.

Αντίστοιχα και στον Γ όροφο του κτιρίου υπάρχουν εξίσου σημαντικές καταναλώσεις και αυτό δικαιολογείται από το γεγονός ότι ο τρίτος όροφος του Κτιρίου Α χρησιμοποιείται κατά μέσο όρο 7 ώρες καθημερινά για διδασκαλία. Όσο για το ισόγειο το κομμάτι που φαίνεται αντιστοιχεί επί το πλείστον στην κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας του κυλικείου. Μάλιστα μια εκτίμηση της κατανομής των καταναλώσεων για το ισόγειο του κτιρίου Α φαίνεται στο παρακάτω γράφημα του Σχήματος 3.7.



Σχήμα 3. 7 : Εκτίμηση κατανομής κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας για φωτισμό στο ισόγειο του Κτιρίου Α.

Από το παραπάνω γράφημα φαίνεται ότι το κυλικείο καταναλώνει σχεδόν το 50% της συνολικής ενέργειας που καταναλώνει ο όροφος. Αξίζει να σημειωθεί ότι το εμβαδόν του κυλικείου είναι πολύ μικρότερο σε σχέση με το εμβαδόν ολόκληρου του ισόγειου του Κτιρίου Α.

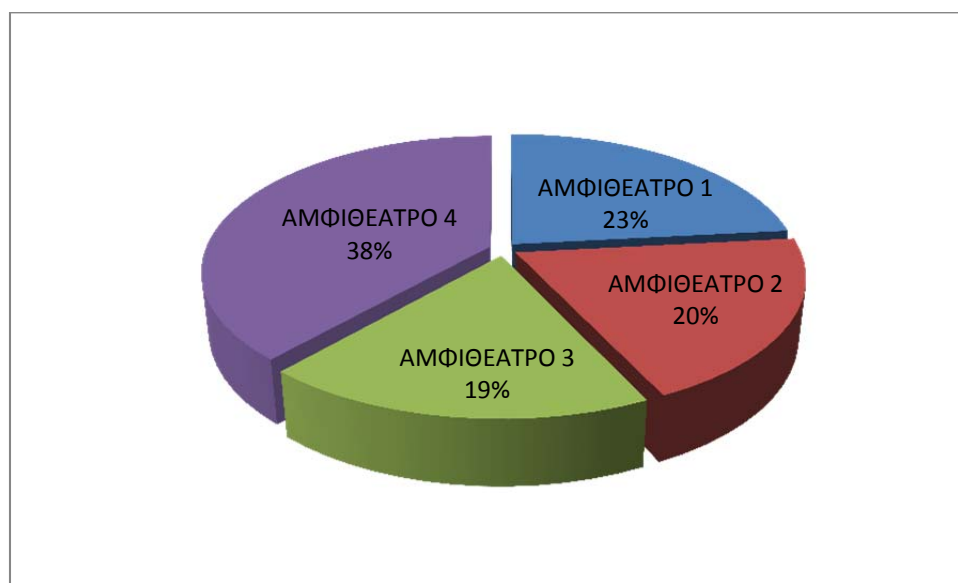
3. 2. 1. 2 Κατανάλωση Ηλεκτρικής Ενέργειας για φωτισμό στα Αμφιθέατρα

Στο αμφιθέατρο 1 όπως και σε όλα τα αμφιθέατρα υπάρχουν αποκλειστικά λάμπες φθορισμού των 36 W και 18 W αντίστοιχα και λάμπες εξοικονόμησης ενέργειας των 18 W. Επίσης πρέπει να ληφθεί υπόψη η κατανάλωση των ballast η οποία όπως και προηγουμένως υπολογίζεται με προσαύξηση κατά 25 % επί της καταναλισκόμενης ισχύος ανά φωτιστικό σώμα. Στους υπολογισμούς για την εύρεση της καταναλισκόμενης ισχύος των αμφιθεάτρων για όλο το έτος θεωρήθηκε ότι τα αμφιθέατρα λειτουργούν από τις 7 το πρωί μέχρι και τις 9 το βράδυ όπου και κλειδώνονται από τους υπεύθυνους, άσχετα από το αν γίνονται μαθήματα ή όχι. Η εγκατεστημένη ισχύς καθώς και η συνολική κατανάλωση ανά έτος για το κάθε αμφιθέατρο παρουσιάζονται στον ακόλουθο συγκεντρωτικό Πίνακα 3.1.

Πίνακας 3. 1 : Εγκατεστημένη ισχύς και εκτίμηση ετήσιας κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας για φωτισμό στα αμφιθέατρα.

Χώρος	Εγκατεστημένη Ισχύς (W)	Συνολική Ετήσια Κατανάλωση (kWh)
Αμφιθέατρο 1	5. 827, 7	18. 975, 83
Αμφιθέατρο 2	4. 545	16. 022, 65
Αμφιθέατρο 3	4. 342, 5	15. 123, 25
Αμφιθέατρο 4	8. 820	31. 327, 55
Σύνολο	25. 535, 2	81. 449, 28

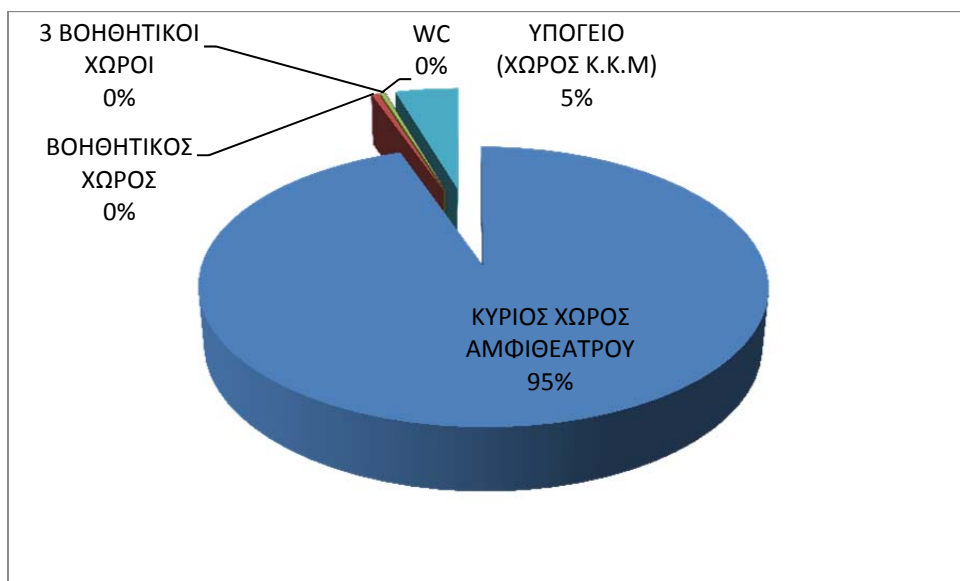
Από τον προηγούμενο Πίνακα εξάγεται το ακόλουθο διάγραμμα εκτίμησης κατανομής ηλεκτρικής ενέργειας για φωτισμό ανά αμφιθέατρο Σχήμα 3.8.



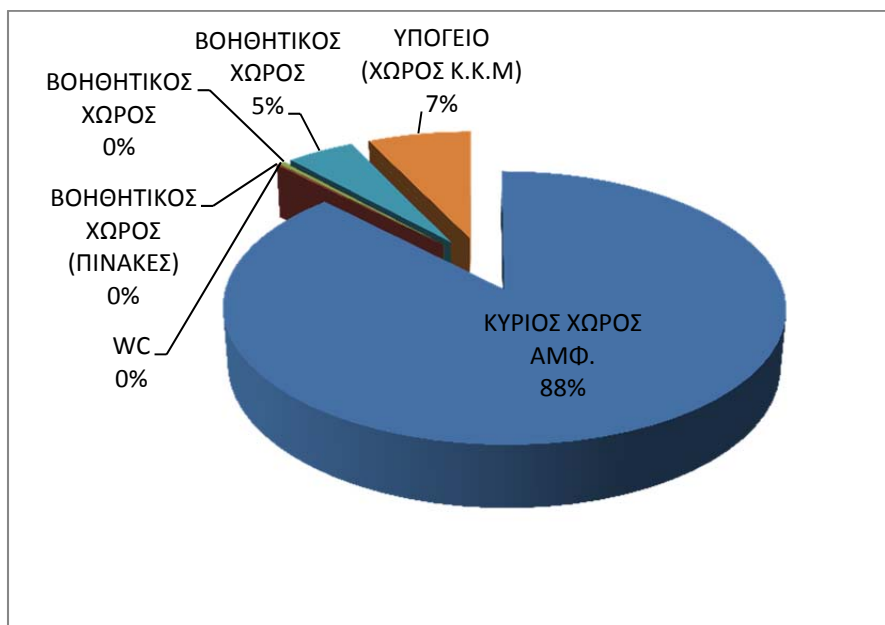
Σχήμα 3. 8 : Εκτίμηση κατανομής ηλεκτρικής ενέργειας για φωτισμό στα Αμφιθέατρα.

Από το παραπάνω διάγραμμα και λαμβάνοντας υπόψη τους λειτουργικούς χρόνους λειτουργίας του κάθε αμφιθεάτρου εύκολα διαπιστώνεται ότι γίνεται μεγάλη κατανάλωση άσκοπης ενέργειας από τα αμφιθέατρα αφού υπάρχουν ώρες που δεν γίνεται μάθημα στον εκάστοτε χώρο αλλά ο φωτισμός λειτουργεί. Για να γίνει αντιληπτή η άσκοπη κατανάλωση ισχύος το αμφιθέατρο 4 που έχει λειτουργικό χρόνο λειτουργίας μόλις 3 ώρες καθημερινά καταναλώνει το 38% επί της συνολικής ενέργειας που απαιτείται για τον φωτισμό των αμφιθεάτρων ενώ το αμφιθέατρο 1 που έχει λειτουργικό χρόνο λειτουργίας 7 ώρες, δηλαδή τον υπερδιπλάσιο καταναλώνει μόλις 23%

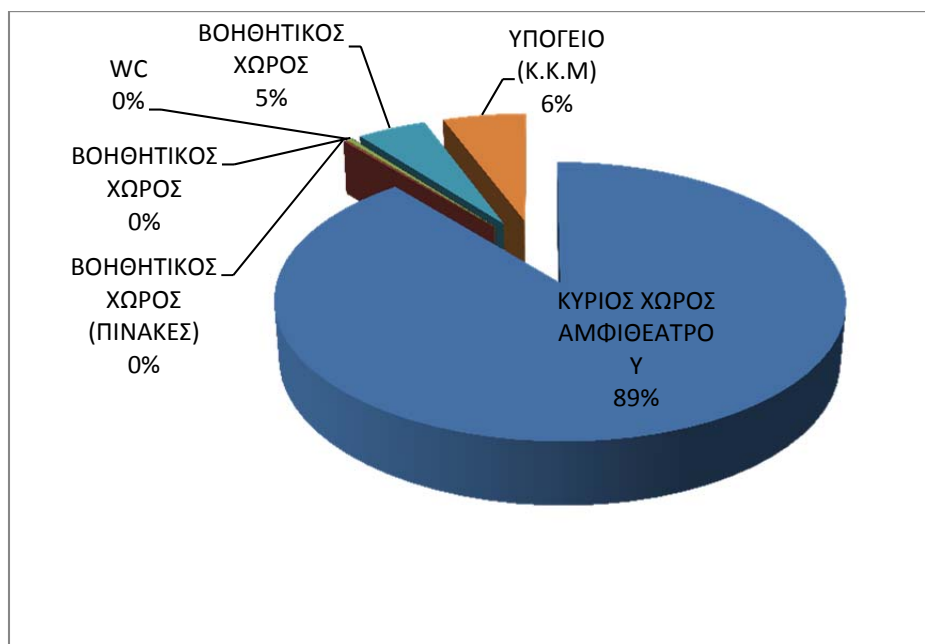
Στα παρακάτω Σχήματα 3.9 έως 3.12 παρουσιάζονται οι εκτιμήσεις των καταναλώσεων ανά χώρο στα αντίστοιχα αμφιθέατρα. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι οι βοηθητικοί χώροι δεν χρησιμοποιούνται πρακτικά ποτέ όλο το έτος, ωστόσο επειδή το διάγραμμα δείχνει την κατανομή της ενέργειας σε όλους τους χώρους απεικονίζονται και τα μηδενικά ποσοστά κατανάλωσης τους.



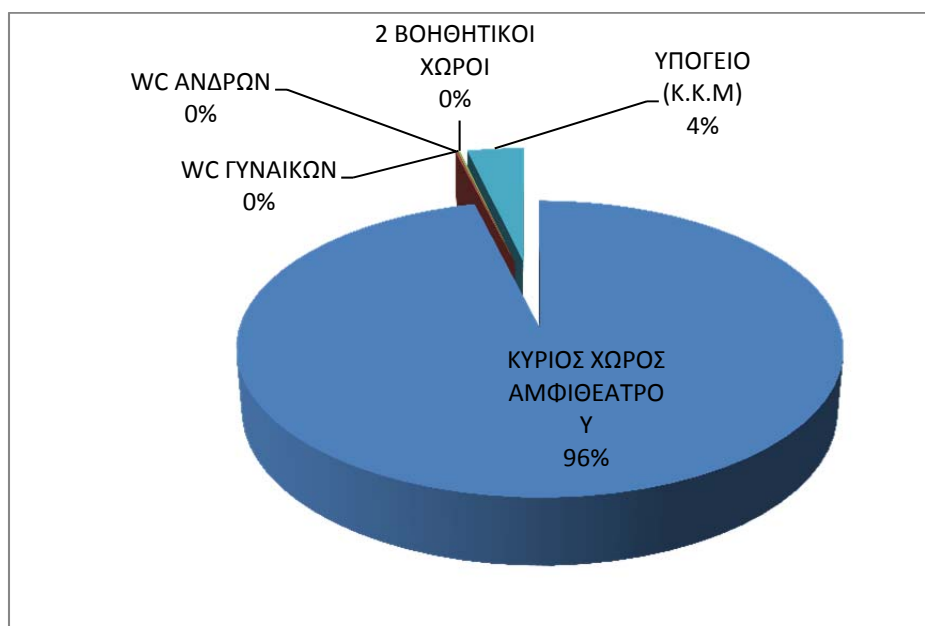
Σχήμα 3. 9 : Εκτίμηση κατανομής ηλεκτρικής ενέργειας για φωτισμό στο Αμφιθέατρο 1



Σχήμα 3. 10 : Εκτίμηση κατανομής ηλεκτρικής ενέργειας για φωτισμό στο Αμφιθέατρο 2



Σχήμα 3. 11 : Εκτίμηση κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας για φωτισμό στο Αμφιθέατρο 3.

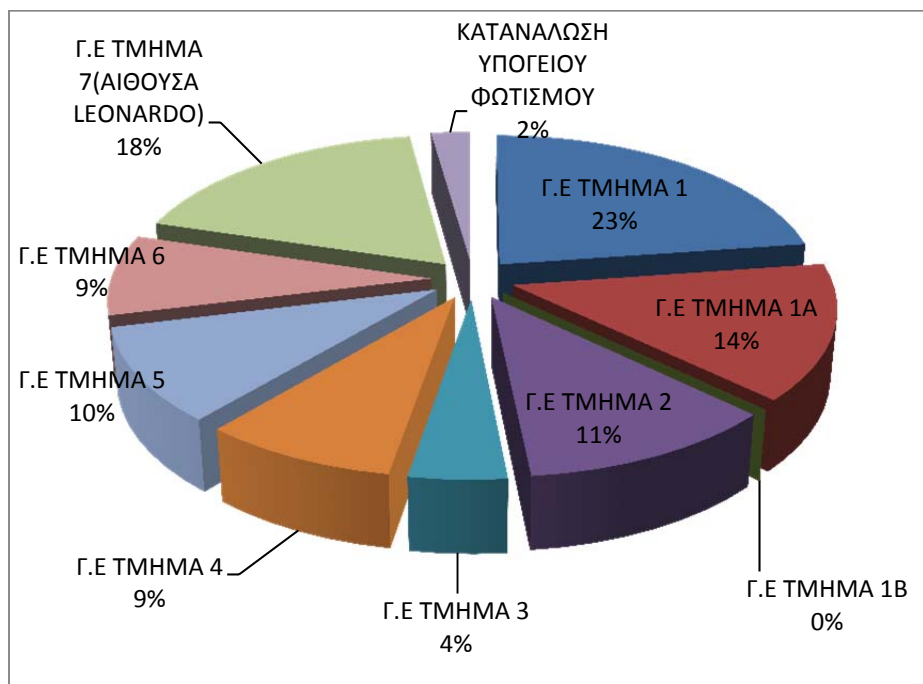


Σχήμα 3. 12 : Εκτίμηση κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας για φωτισμό στο Αμφιθέατρο 4

Από τα παραπάνω γραφήματα είναι προφανές ότι σχεδόν όλο το ποσοστό της κατανάλωσης ενέργειας για φωτισμό των αμφιθεάτρων καταναλώνεται στον κεντρικό χώρο. Αξίζει να σημειωθεί ότι η εγκατεστημένη ισχύς στο υπόγειο είναι αμελητέα σε σχέση με αυτή του ισογείου των αμφιθεάτρων όμως το γεγονός ότι οι λαμπτήρες στο υπόγειο δουλεύουν όλο το 24ωρο καθιστά την κατανάλωση τους άξια προσοχής τόσο για το αμφιθέατρο 1 όσο και για τα υπόλοιπα αμφιθέατρα που συμβαίνει το ίδιο.

3. 2. 1. 3 Κατανάλωση Ηλεκτρικής Ενέργειας για φωτισμό της Πυλωτής.

Στην πυλωτή υπάρχει φωτισμός συνολικής εγκατεστημένης ισχύος 11. 040 W και αποτελείται αποκλειστικά από λαμπτήρες φθορισμού 4X18 W στο ισόγειο και 36 W στο υπόγειο, ενώ η συνολική κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας είναι 25. 357, 63kWh. Ο χρόνος λειτουργίας των φωτιστικών σωμάτων σύμφωνα πάντα με τους υπεύθυνους του προσωπικού είναι τη χειμερινή περίοδο 14 ώρες δηλαδή κατά τη διάρκεια που τα κτίρια είναι ανοιχτά (7 το πρωί με 9 το βράδυ) και το καλοκαίρι μόλις 3. Ακολουθεί το διάγραμμα του Σχήματος 3.13 εκτίμησης της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας για τον φωτισμό της πυλωτής.



Σχήμα 3. 13: Εκτίμηση κατανομής ηλεκτρικής ενέργειας για τον φωτισμό στην πυλωτή

3. 2. 2 Κατανάλωση Ηλεκτρικής Ενέργειας για ψύξη-θέρμανση

Στην συγκεκριμένη ενότητα γίνεται εκτίμηση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας για την ψύξη και θέρμανση του κάθε χώρου αντίστοιχα υπολογίζοντας αναλυτικά το πλήθος και την κατανάλωση των αντίστοιχων σωμάτων θέρμανσης που υπάρχουν στον κάθε χώρο. Για τη θέρμανση των χώρων χρησιμοποιούνται 2 μορφές ενέργειας η ηλεκτρική και το φυσικό αέριο. Το φυσικό αέριο καταναλώνεται ως καύσιμο στους 2 λέβητες που είναι υπεύθυνοι για τη θέρμανση του νερού και ηλεκτρική ενέργεια καταναλώνουν οι κυκλοφορητές που είναι ηλεκτρικοί κινητήρες καθώς και τα fancoil που χρησιμοποιούνται για να μεταδίδουν την θερμότητα (ή τον ψυχρό αέρα στην ψύξη). Ο λέβητες βρίσκονται στο υπόγειο του κτιρίου Β και είναι υπεύθυνοι για την θέρμανση όλων των αμφιθεάτρων, της πυλωτής καθώς και των κτιρίων Α (εκτός της γραμματείας της Σ. Ε. Μ. Φ. Ε και των αιθουσών των παρατάξεων στον 1^ο όροφο), Β, και της Παλαιάς βιβλιοθήκης. Οι λέβητες είναι της εταιρίας Global μοντέλο 1200/2002 και όπως προαναφέρθηκε καταναλώνουν φυσικό αέριο με παροχή καυσίμου 122, 35 kg/h στον καυστήρα και είναι ικανοί να παράγει ο καθένας 1395, 6 kW θερμική ισχύς ή ισοδύναμα 1. 200. 000 kcal/h. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι οι λέβητες χρησιμοποιούνται από τα μέσα Νοέμβρη μέχρι και τα μέσα Μαρτίου, ενεργοποιούνται από τις 7 το πρωί και βρίσκονται σε συνεχή λειτουργία για 12 ώρες. Αντίστοιχα για τις τρεις αίθουσες του κτιρίου της παλαιάς βιβλιοθήκης, καθώς και τα αμφιθέατρα υπάρχει ψύκτης νερού. Πιο συγκεκριμένα ο ψύκτης είναι της εταιρίας Daikin Europe NV μοντέλο EUW 100 EDYE, ονομαστικής ισχύος 78, 3 kW και ικανότητας παροχής 311, 684 kW ψυκτικής ισχύος. Ο ψύκτης χρησιμοποιείται από τα μέσα Μαΐου έως και τα τέλη Ιουλίου και ξανά πάλι από τα τέλη Αυγούστου, ενεργοποιείται από τις 7 το πρωί και βρίσκεται σε λειτουργία για περίπου 10 ώρες ενώ σε περιόδους εξεταστικής δουλεύει ακόμη και 12 ώρες.

3. 2. 2. 1 Κατανάλωση Ηλεκτρικής Ενέργειας για ψύξη-θέρμανση στο Κτίριο Α

Για το κτίριο Α υπεύθυνοι για τη θέρμανση είναι οι 2 λέβητες οι οποίοι υπάρχουν στο υπόγειο του κτιρίου Β. Οι λέβητες αυτοί σύμφωνα πάντα με τους υπεύθυνους συντήρησης τους είναι υπερδιαστασιοποιημένοι για το φορτίο θέρμανσης που καλούνται να εξυπηρετήσουν σε βαθμό τέτοιο που και μόνο ένας από αυτούς σε λειτουργία όχι 100% να μπορεί να καλύψει τις ανάγκες όλων των χώρων. Σύμφωνα λοιπόν με αυτές τις εκτιμήσεις των υπευθύνων θα ήταν καλό να γίνει μία καταγραφή της κατανάλωσης σε φυσικό αέριο από τους λέβητες για μια συγκεκριμένη χρονική περίοδο. Για την συγκεκριμένη μέτρηση απαιτείται θερμιδομετρητής δηλαδή μια συσκευή που μετράει την κατανάλωση του λέβητα σε φυσικό αέριο. Στις εγκαταστάσεις του συγκεκριμένου λέβητα υπήρχε εγκατεστημένος θερμιδομετρητής

αλλά επειδή δεν γινόταν να τεθεί σε λειτουργία εξαιτίας τεχνικών λόγων η μέτρηση της κατανάλωσης σε φυσικό αέριο δεν ήταν εφικτή, επομένως η περαιτέρω μελέτη για τις καταναλώσεις των λέβητων σε φυσικό αέριο σταματούν εδώ.

Παρόλα αυτά έγινε καταγραφή των σωμάτων θέρμανσης που χρησιμοποιούνται στο κτίριο Α. Το κτίριο Α έχει εγκατεστημένα στους χώρους του fan coil τα οποία είναι της εταιρίας Interklima και είναι διαφόρων τύπων, δηλαδή η κατανάλωση ηλεκτρικής ισχύος ανά τύπο διαφέρει. Στο Παράρτημα Α της παρούσας διπλωματικής φαίνεται αναλυτικά ο τύπος και η κατανάλωση των αντίστοιχων fan-coil για κάθε χώρο του κτιρίου. Ωστόσο στις καταναλώσεις αυτές συμπεριλαμβάνεται και ενέργεια που καταναλώνουν οι κυκλοφορητές του κτιρίου που λειτουργούν συνεχόμενα όσες ώρες θερμαίνονται οι χώροι, για να κυκλοφορούν το ζεστό νερό στο δίκτυο θέρμανσης. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι ο χρόνος λειτουργίας των fan coil έγινε με βάση το πόση ώρα χρησιμοποιούνται λειτουργικά οι αίθουσες και οι υπόλοιποι χώροι του κτιρίου, πράγμα το οποίο φαίνεται αναλυτικά στους πίνακες του παραρτήματος. Ο λόγος που έγινε αυτή η παραδοχή είναι ότι στον ηλεκτρικό Πίνακα όλων των αιθουσών του κτιρίου υπάρχει χρονοδιακόπτης που είναι ρυθμισμένος για να παρέχει τάση για μια ώρα σε κάθε αίθουσα. Ο χρονοδιακόπτης ενεργοποιείται χειροκίνητα και από τη στιγμή που θα ενεργοποιηθεί υπάρχει τάση σε όλη την αίθουσα τόσο για φωτισμό όσο και για την λειτουργία των fan coil. Παρακάτω φαίνεται ο συγκεντρωτικός Πίνακας 3.2 με τον τύπο και το πλήθος των fan coil που βρίσκονται ανά όροφο του κτιρίου και είναι αντιπροσωπευτικός της ετήσιας κατανάλωσης ενέργειας των fan coil του κτιρίου επειδή χρήση των fan coil για ψύξη του κτιρίου Α δεν υφίσταται μιας και το κτίριο εκτός από κάποιους χώρους του ισογείου δεν έχει σύστημα ψύξης. Το τμήμα του ισογείου που έχει και συστήματα ψύξης θα εξετασθεί στη συνέχεια σε ξεχωριστή ενότητα.

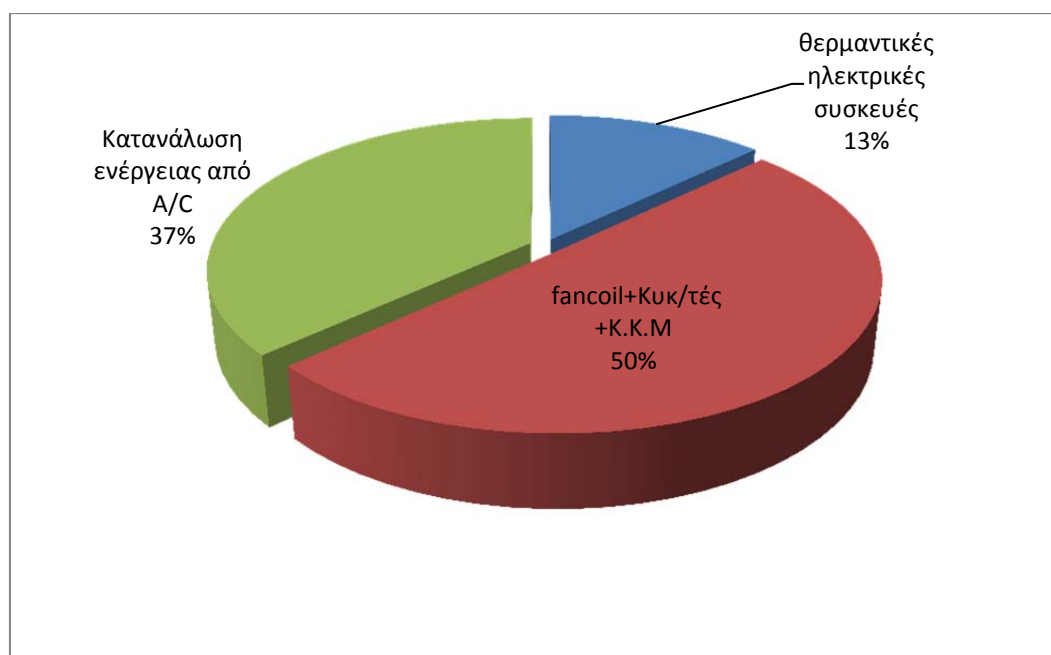
Πίνακας 3.2 : Πλήθος των μονάδων fan coil και αντίστοιχος τύπος ανά όροφο.

Χώρος	Τύπος Fan-Coil	Πλήθος Fan-coil
Υπόγειο	200	2
Ισόγειο	200	1
Όροφος Α	300	5
	600	2
Όροφος Β	200	6
	300	6
	600	4
	800	2
Όροφος Γ	300	16
	400	8
	600	6
	800	2

Τα στοιχεία του κάθε τύπου fan coil υπάρχουν στους πίνακες του παραρτήματος Α, καθώς και οι ώρες λειτουργίας τους και οι καταναλώσεις τους ετησίως αναλυτικά. Η συνολική κατανάλωση των fan coil του κτιρίου Α σύμφωνα με τα αποτελέσματα που προέκυψαν από τα δεδομένα της καταγραφής ανέρχεται στις 2. 568, 76 kWh ετησίως. Αν συμπεριληφθεί και η κατανάλωση των κυκλοφορητών και της κεντρικής κλιματιστικής μονάδας του κτιρίου, η οποία ισούται με 7. 609, 2 kWh τότε η συνολική κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για τη θέρμανση από fan coil των χώρων του κτιρίου Α που μελετώνται σε αυτή την ενότητα, ισούται με 10. 177, 96 kWh ετησίως.

Παράλληλα υπάρχουν εγκατεστημένα a/c της εταιρίας DAIKIN στον δεύτερο όροφο του κτιρίου και μάλιστα στο εργαστήριο της Σ. Η. Μ. Μ. Υ. Συνολικά υπάρχουν 4 τέτοιες συσκευές εγκατεστημένες στο εργαστήριο των οποίων η ισχύς και η ετήσια κατανάλωση ενέργειας έχει καταγραφεί και υπάρχει στον σχετικό Πίνακα στο παράρτημα. Αξίζει να σημειωθεί ότι στον χώρο που βρίσκεται ο server του εργαστηρίου απαιτούνται συγκεκριμένες κλιματικές συνθήκες λόγω της μεγάλης ισχύος του με αποτέλεσμα να πρέπει να υπάρχει κλιματισμός σε 24ωρη βάση από την μια εκ των τεσσάρων μονάδων. Με βάση λοιπόν τα στοιχεία του Πίνακα η ετήσια κατανάλωση των κλιματιστικών του εργαστηρίου είναι 7. 430, 04 kWh. Ωστόσο επειδή η θέρμανση στον Α και Β όροφο του κτιρίου Α δεν είναι ικανοποιητική, χρησιμοποιούνται και ηλεκτρικές θερμαντικές συσκευές. Η κατανάλωση αυτών των συσκευών ανέρχεται σε 2. 604 kWh ετησίως.

Στο ακόλουθο Σχήμα 3.14 παρουσιάζεται η κατανομή της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας για ψύξη και θέρμανση του κτιρίου Α.



Σχήμα 3. 14 : Κατανομή κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας για ψύξη – θέρμανση στο κτίριο Α.

Από το παραπάνω διάγραμμα είναι προφανές, ότι η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας των fan-coil και γενικά του συστήματος θέρμανσης είναι η μεγαλύτερη σε σύγκριση με την κατανάλωση των A/C και των θερμαντικών ηλεκτρικών συσκευών. Το συμπέρασμα είναι αναμενόμενο καθώς A/C υπάρχουν μόνο στο χώρο του εργαστηρίου της σχολής Η. Μ. Μ. Υ και είναι μόλις τέσσερα, ενώ αντίθετα τα fan-coil είναι πολύ περισσότερα και καλύπτουν τις ανάγκες σχεδόν ολόκληρου του υπόλοιπου κτιρίου, εκτός από τον χώρο της γραμματείας της σχολής Ε. Μ. Φ. Ε, που βρίσκεται στον 1^ο όροφο του κτιρίου.

3. 2. 2. 2 Κατανάλωση Ηλεκτρικής Ενέργειας για ψύξη σε τμήμα του 1ου ορόφου του κτιρίου Α.

Όπως προαναφέρθηκε προηγουμένως στο κτίριο Α υπάρχουν χώροι οι οποίοι χρησιμοποιούν κι άλλους τρόπου θέρμανσης και διαθέτουν και συστήματα ψύξης. Πιο συγκεκριμένα περιμετρικά του 1^{ου} ορόφου του κτιρίου Α υπάρχουν εγκατεστημένες 3 κλιματιστικές μονάδες που χρησιμοποιούνται για ψύξη. Οι μονάδες αυτές είναι όμοιες μεταξύ τους και είναι της εταιρίας National μοντέλο CV-10DHV4 με ονομαστική ισχύ λειτουργίας 7, 5 kW. Επίσης για την ψύξη των μονάδων χρησιμοποιούνται 2 ανεμιστήρες που είναι προσαρτημένοι στην ίδια μονάδα με συνολική ισχύ 2X0, 4 kW.

Οι μονάδες αυτές είναι κατανεμημένες ως εξής : η μονάδα Α χρησιμοποιείται για τη ψύξη της γραμματείας της Σ. Ε. Μ. Φ. Ε όπου και βρίσκονται τα γραφεία του

προσωπικού. Η μονάδα Β χρησιμοποιείται για την ψύξη του γκισέ της γραμματείας και του κλειστού χώρου της που χρησιμοποιείται για την αποθήκευση αρχείων και άλλου υλικού καθώς και χώρων που χρησιμοποιούνται από φοιτητικές παρατάξεις. Η μονάδα Γ που είναι και η τελευταία χρησιμοποιείται για ψύξη 3 μικρών αιθουσών που χρησιμοποιούνται αποκλειστικά από φοιτητικές παρατάξεις καθώς και της αίθουσας διδασκαλίας 101. Οι μονάδες αυτές χρησιμοποιούν αντί για fan coil από μια πολύ μικρή κεντρική κλιματιστική μονάδα (Κ. Κ. Μ) η οποία παρέχει τον ψυχρό αέρα σε κεντρικούς αεραγωγούς οι οποίοι με τη σειρά τους τον παρέχουν στους αντίστοιχους χώρους.

Ωστόσο επειδή δεν υπήρχε η δυνατότητα τοποθέτησης ηλεκτρονικού αναλυτή ενέργειας για την μέτρηση της κατανάλωσης της ηλεκτρικής ενέργειας των μονάδων ψύξης, η μελέτη περιορίζεται σε επίπεδο αναφοράς των συσκευών που απαρτίζουν το σύστημα ψύξης. Η εκτίμηση θα μπορούσε να γίνει και θεωρητικά αλλά δεν ήταν εφικτό, επειδή οι καμπύλες λειτουργίας της μονάδας δεν ήταν διαθέσιμες.

3. 2. 2. 3 Κατανάλωση Ηλεκτρικής ενέργειας για ψύξη-θέρμανση στα αμφιθέατρα.

Για τη θέρμανση των αμφιθεάτρων χρησιμοποιείται φυσικό αέριο ως καύσιμο στους λέβητες οι οποίοι θερμαίνουν το νερό και αυτό μέσω των κυκλοφορητών κυκλοφορεί συνεχώς στους αγωγούς του δικτύου θέρμανσης.

Σε κάθε αμφιθέατρο υπάρχει ένας μικρός υπόγειος χώρος στον οποίο στεγάζεται η Κ. Κ. Μ και ένας κυκλοφορητής. Στην Κ. Κ. Μ υπάρχει ένας ηλεκτρικός κινητήρας τα στοιχεία του οποίου, είναι καταγεγραμμένα στους σχετικούς πίνακες στο παράρτημα της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Ο ηλεκτρικός κινητήρας της Κ. Κ. Μ λειτουργεί όσες ώρες ψύχεται ή θερμαίνεται το κάθε αμφιθέατρο, ενώ ο κυκλοφορητής λειτουργεί για όση ώρα είναι ενεργοποιημένο το σύστημα ψύξης το καλοκαίρι και το σύστημα θέρμανσης το χειμώνα αντίστοιχα. Για τεχνικούς λόγους δεν μπόρεσε να γίνει η τοποθέτηση θερμοδομετρητή στους λέβητες και γι' αυτό δεν μπορεί να γίνει μελέτη για την κατανάλωση σε φυσικό αέριο, επομένως η μελέτη για τις ηλεκτρικές καταναλώσεις για τη θέρμανση περιορίζεται στις ηλεκτρικές καταναλώσεις της Κ. Κ. Μ και του κυκλοφορητή του κάθε αμφιθεάτρου. Αντίστοιχα και για τον ψύκτη δεν υπήρχε η δυνατότητα τοποθέτησης ηλεκτρονικού αναλυτή ενέργειας, ωστόσο γίνεται μια ικανοποιητικά προσεγγιστική εκτίμηση για την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας του ψύκτη ετησίως.

Από τα στοιχεία των σχετικών πινάκων στο παράρτημα της παρούσας διπλωματικής εργασίας προκύπτει ότι η συνολική ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για θέρμανση στα αμφιθέατρα είναι ίση με 4. 000 kWh περίπου για κάθε αμφιθέατρο αντίστοιχα ή 15. 576 kWh συνολικά.

Αντίστοιχα για τα σύστημα ψύξης, η συνολική ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας των κυκλοφορητών και της Κ. Κ. Μ ανά αμφιθέατρο ισούται με 3. 500 kWh ή 13. 838 kWh συνολικά.

Στον υπολογισμό της ετήσιας κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας για ψύξη και θέρμανση, θα πρέπει να συνυπολογιστεί και η κατανάλωση του υδρόψυκτου ψύκτη νερού. Όπως προαναφέρθηκε και προηγουμένως, ο ψύκτης νερού χρησιμοποιείται για να καλύπτει τις ανάγκες ψύξης τριών αιθουσών που βρίσκονται στο κτίριο της παλιάς βιβλιοθήκης καθώς και όλων των αμφιθεάτρων. Κάθε χώρος απαιτεί συγκεκριμένο ψυκτικό φορτίο το οποίο μεταβάλλεται ανάλογα με την ώρα της ημέρας, την ηλιοφάνεια και άλλους παράγοντες. Αν λοιπόν υπολογιστεί το ψυκτικό φορτίο που απαιτεί ο κάθε χώρος για τις ώρες λειτουργίας του για μια ημέρα και αθροιστούν όλα τα ψυκτικά φορτία των χώρων, τότε προκύπτει η συνολική απαίτηση ψυκτικού φορτίου σε kW όλων των χώρων που εξυπηρετεί ο ψύκτης νερού.

Για να υπολογιστεί ο συνολικός χρόνος που λειτουργεί ο ψύκτης υπολογίζεται η αποδιδόμενη ψυκτική ισχύς της μονάδας, και έπειτα συγκρίνεται με το ψυκτικό φορτίο που καλείται να εξυπηρετήσει. Τα ψυκτικά φορτία του κάθε χώρου υπολογίστηκαν με την μέθοδο Carrier που φαίνεται αναλυτικότερα στο παράρτημα αυτής της εργασίας όπως και τα συγκεντρωτικά διαγράμματα των ψυκτικών φορτίων του κάθε χώρου. Από τους σχετικούς πίνακες προέκυψε το ακόλουθο διάγραμμα με τα συγκεντρωτικά φορτία κάθε χώρου από τις 7 το πρωί έως και τις 7 το απόγευμα.

Η αποδιδόμενη ψυκτική ισχύς του ψύκτη νερού υπολογίζεται από το data book της κατασκευάστριας εταιρίας, για συγκεκριμένες συνθήκες. Πιο συγκεκριμένα η εταιρία δίνει πίνακες από τους οποίους προκύπτουν δεδομένα ψυκτικής αποδιδόμενης ισχύος και αντίστοιχης ηλεκτρικής κατανάλωσης ανάλογα με την θερμοκρασία συμπύκνωσης του ψυκτικού μέσου και τη θερμοκρασία του νερού που κυκλοφορεί στους αγωγούς του δικτύου ψύξης. Σύμφωνα με τους υπεύθυνους του τμήματος συντήρησης της πολυδύναμης μονάδας, το νερό ψύχεται στους 7 °C και πρέπει κυκλοφορεί στο δίκτυο ψύξης σε αυτή τη θερμοκρασία σταθερά. Από τον σχετικό Πίνακα του data book του ψύκτη, που υπάρχει στο παράρτημα προκύπτει ότι για μια τυπική καλοκαιρινή μέρα, με θερμοκρασία συμπύκνωσης ψυκτικού υγρού (Freon R22) στους 35 °C και νερό που ψύχεται στους 7 °C, η ψυκτική ισχύς του ψύκτη ανέρχεται σε 268. 000 kcal/h ή ισοδύναμα 311, 684 kW (1kcal/h=1, 163W) και η ονομαστική του κατανάλωση στα 78, 3 kW.

Σε κάθε περίπτωση διαιρείται το συγκεντρωτικό ψυκτικό φορτίο όλων των χώρων ανά ώρα με την αποδιδόμενη ψυκτική ισχύ του ψύκτη και το ποσοστό που προκύπτει δείχνει σε τι ποσοστό δουλεύει ο ψύκτης. Για παράδειγμα αν το ποσοστό αυτό είναι 50% για μια ώρα, αυτό σημαίνει ότι ο ψύκτης θα καταναλώνει 50% επί της ονομαστικής ισχύος κατανάλωσης σε διάστημα μιας ώρας, δηλαδή 50%*78, 3kW ή ισοδύναμα 34, 15 kW και επειδή πρόκειται για χρονικό διάστημα μιας ώρας, κατανάλωσε 34, 15 kWh. Για να γίνει πιο αντιληπτή η προσέγγιση, στους υπολογισμούς εισάγεται ο συντελεστής λί ο οποίος εκφράζει το ποσοστό της

αποδιδόμενη ψυκτικής ισχύος της μονάδας ψύξης που απαιτεί ο κάθε χώρος για την αντίστοιχη ώρα.

$$\lambda_i = \frac{\text{Συνολικό Ψυκτικό Φορτίο}_i}{\text{Αποδιδόμενη Ψυκτική Ισχύς}} * 100\% = \frac{Q_i(\text{kW})}{311,684(\text{kW})} * 100\%$$

Αν πολλαπλασιαστεί ο συντελεστής λ_i με την ονομαστική κατανάλωση της μονάδας ψύξης για τη συγκεκριμένη ώρα, προκύπτει η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας που αντιστοιχεί για τον συγκεκριμένο χώρο την αντίστοιχη ώρα. Δηλαδή η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας της μονάδας ψύξης που αντιστοιχεί στον κάθε χώρο ανά ώρα i δίνεται από τη σχέση :

$$\text{Κατανάλωση}_i = \lambda_i * 78,3\text{kW} * 1\text{h} \quad (\text{kWh})$$

Εάν προστεθούν όλες οι καταναλώσεις για τις ώρες λειτουργίας i τότε προκύπτει η συνολική ημερήσια κατανάλωση ανά χώρο.

Με βάση τις παραπάνω παραδοχές προκύπτουν πίνακες, στους οποίους φαίνεται αναλυτικά η κατανάλωση της μονάδας ψύξης που αντιστοιχεί σε κάθε κτίριο μια τυπική καλοκαιρινή εβδομάδα και μια τυπική καλοκαιρινή εβδομάδα στην οποία διεξάγονται εξετάσεις. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι οι εξετάσεις διαρκούν συνολικά 8 εβδομάδες δηλαδή τους μήνες Ιούλιο και Σεπτέμβριο ενώ ο ψύκτης δουλεύει συνολικά για 15 εβδομάδες. Επίσης στις εβδομάδες εξετάσεων θεωρήθηκε ότι τα αμφιθέατρα λειτουργούν από τις 8 το πρωί έως τις 8 το βράδυ συνεχώς, ενώ για τις τυπικές εβδομάδες οι ώρες λειτουργίας ανά αμφιθέατρο προέκυψαν με βάση το πρόγραμμα.

Τελικά οι ετήσιες καταναλώσεις ηλεκτρικής ενέργειας για την ψύξη και τη θέρμανση για το κάθε αμφιθέατρο φαίνονται αναλυτικά στον παρακάτω Πίνακα 3.3.

Πίνακας 3. 3 : Ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για ψύξη –θέρμανση στα αμφιθέατρα.

Συσκευή	Κατανάλωση ανά χώρο (kWh)							
	Αμφιθέατρο 1		Αμφιθέατρο 2		Αμφιθέατρο 3		Αμφιθέατρο 4	
	Θέρμ/ση	Ψύξη	Θέρμ/ση	Ψύξη	Θέρμ/ση	Ψύξη	Θέρμ/ση	Ψύξη
Μονάδα ψύξης		8. 280, 04		7. 566, 71		7. 192, 84		6. 947, 42
Κ. Κ. Μ	1. 749	1. 518	1. 749	1. 518	1. 650	1. 518	1. 452	1. 672
Κυκλοφορητές	2. 244	1. 672	2. 244	1. 980	2. 244	1. 980	2. 244	1. 980
Σύνολο	3. 993	11. 470, 04	3. 993	11. 064, 71	3. 894	10. 690, 84	3. 696	10. 599, 2

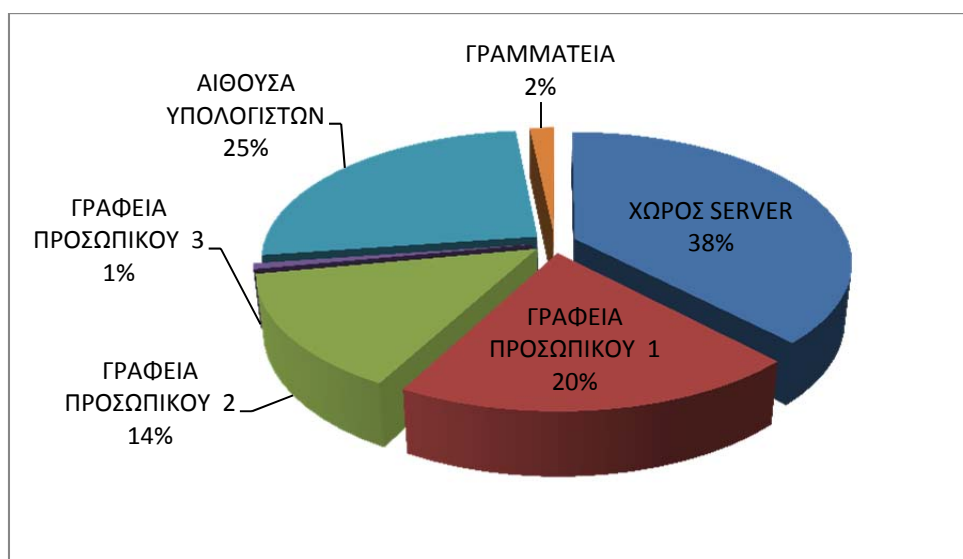
3. 2. 3 Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για ηλεκτρονικούς υπολογιστές περιφερειακά και servers

Γενικά Η/Υ χρησιμοποιούνται μόνο στο κτίριο Α και πουθενά αλλού στο συγκρότημα των Γενικών Εδρών που μελετάται στην παρούσα διπλωματική εργασία, επομένως η μελέτη γίνεται μόνο για το κτίριο αυτό. Όπως προαναφέρθηκε στη γραμματεία της Σ. Ε. Μ. Φ. Ε καθώς και στο εργαστήριο της Σ. Η. Μ. Μ. Υ στον Α και Β όροφο αντίστοιχα υπάρχουν ηλεκτρονικοί υπολογιστές με διάφορες περιφερειακές συσκευές όπως εκτυπωτές και scanners, UPS καθώς και servers. Η καταγραφή των συσκευών έγινε τουλάχιστον για τους υπολογιστές προσεγγιστικά θεωρώντας ότι οι υπολογιστές καταναλώνουν περίπου 400 W και τα laptop αντίστοιχα 50 W. Όσο για τα στοιχεία των server και των UPS τα στοιχεία είναι ακριβή και παρουσιάζονται αναλυτικά στους πίνακες του παραρτήματος. Ωστόσο μια σημαντική λεπτομέρεια είναι ότι τα UPS δουλεύουν όλο το 24ωρο και έχουν μια κατανάλωση η οποία χρησιμοποιείται για τη συνεχόμενη φόρτιση των μπαταριών ώστε να είναι άμεσα διαθέσιμα όταν υπάρξει διακοπή ρεύματος. Αυτή η ισχύς αντιστοιχεί σύμφωνα με διεθνή βιβλιογραφία στο 3% επί της συνολικής ισχύος του κάθε UPS.

Σύμφωνα με τα στοιχεία της καταγραφής στη γραμματεία όλοι οι υπολογιστές δουλεύουν 8 ώρες συνεχώς καθημερινά ενώ αντίστοιχα οι περιφερειακές συσκευές όπως οι εκτυπωτές δουλεύουν κάποιες ώρες σε λειτουργία stand-by, ωστόσο η κατανάλωση τους ανάλογα με το είδος της λειτουργίας τους έχει καταγραφεί αναλυτικά αφού τα απαραίτητα στοιχεία υπάρχουν στους πίνακες του παραρτήματος. Αντίστοιχα οι server που υπάρχουν εκεί είναι πολύ μικρής ισχύος γενικά αλλά δουλεύουν αναγκαστικά όλο το 24ωρο.

Στο εργαστήριο της Σ. Η. Μ. Μ. Υ ο χρόνος λειτουργίας κάποιων υπολογιστών είναι 24 ώρες καθημερινά πράγμα που ισχύει και για τους αντίστοιχους servers του εργαστηρίου ενώ γενικά οι υπόλοιποι υπολογιστές που είναι κυρίως για το προσωπικό χρησιμοποιούνται από άλλους 8 ώρες και από άλλους έως και 11 ώρες. Σταθερή είναι η κατανάλωση του Η/Υ στο χώρο της γραμματείας που είναι σε συνεχή λειτουργία καθημερινά από τις 9 το πρωί έως και τις 3 το μεσημέρι.

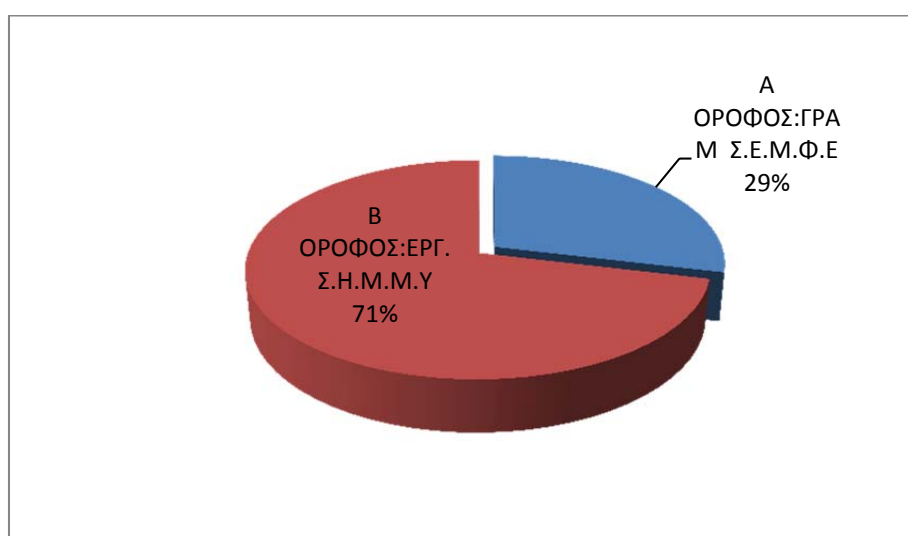
Η κατανομή της ηλεκτρικής ενέργειας που καταναλώνεται ανά χώρο στο εργαστήριο της Σ. Η. Μ. Μ. Υ φαίνεται στο ακόλουθο γράφημα του Σχήματος 3.15 και είναι η εξής :



Σχήμα 3. 15: Εκτίμηση κατανομής ηλεκτρικής ενέργειας H/Y ανά χώρο στο εργαστήριο Η. Μ. Μ. Υ

Από το παραπάνω διάγραμμα είναι προφανές ότι οι servers του εργαστηρίου καταναλώνουν την περισσότερη ενέργεια και αυτό οφείλεται τόσο στο ότι δουλεύουν όλο το 24ωρο ανελλιπώς όσο και στο ότι είναι σχετικά μεγάλης ισχύος συνολικά 2, 4 kW.

Η κατανάλωση των Η/Υ και των περιφερειακών τους στην γραμματεία είναι συγκεκριμένη και εκτιμάται στα 18. 477, 75 kWh ενώ του εργαστηρίου της Σ. Η. Μ. Μ. Υ είναι 47. 563, 99 kWh. Παρακάτω ακολουθεί μια εκτίμηση της κατανάλωσης ενέργειας ανά χώρο στο Σχήμα 3.16 και ουσιαστικά αποτελεί την εκτίμηση κατανάλωσης Η/Υ και περιφερειακών συσκευών ανά όροφο του κτιρίου Α αφού πέρα από τους 2 αυτούς χώρους δεν υπάρχουν αλλού υπολογιστές.



Σχήμα 3. 16 : Εκτίμηση κατανομής ηλεκτρικής ενέργειας για Η/Υ και περιφερειακά ανά όροφο του κτιρίου Α

Από το προηγούμενο διάγραμμα προκύπτει ότι το εργαστήριο της Σ. Η. Μ. Μ. Υ καταναλώνει πολύ περισσότερη ενέργεια σε σχέση με αυτή της γραμματείας της Σ. Ε. Μ. Φ. Ε. Το συμπέρασμα αυτό ήταν αναμενόμενο επειδή το εργαστήριο έχει πολύ περισσότερους ηλεκτρονικούς υπολογιστές όπως και server πολύ μεγαλύτερης ισχύος που δουλεύουν για περισσότερο χρονικό διάστημα.

3. 2. 4 Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για τη λειτουργία των ανελκυστήρων.

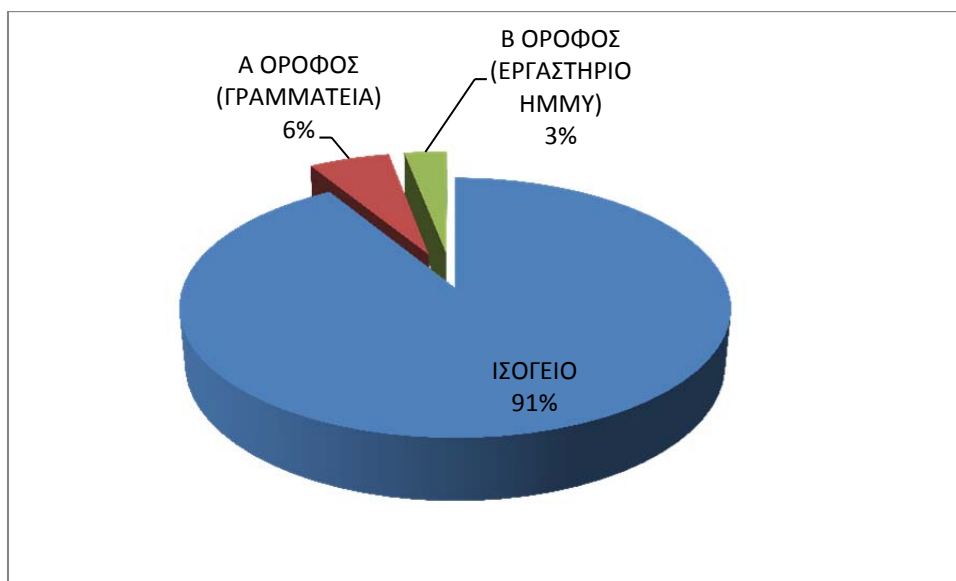
Στο κτίριο Α υπάρχουν 2 ηλεκτρικοί μηχανικοί ανελκυστήρες οι οποίοι εξυπηρετούν τις ανάγκες του κτιρίου. Για την εύρεση της ετήσιας κατανάλωσης τους χρησιμοποιήθηκαν αποτελέσματα από τον αναλυτή ηλεκτρικής ενέργειας. Πιο συγκεκριμένα ο αναλυτής ενέργειας τοποθετήθηκε για μια εβδομάδα σε μηχανικό ανελκυστήρα ο οποίος χρησιμοποιείται σε κτίριο 3 ορόφων. Η συσκευή αυτή κατέγραψε και αποθήκευσε όλα τα απαραίτητα δεδομένα για διάστημα μιας εβδομάδας επομένως εύκολα μπορούν να υπολογισθούν οι ζητούμενες καταναλώσεις των 2 ανελκυστήρων σε ετήσια βάση. Από τα διαγράμματα του ηλεκτρικού αναλυτή ενέργειας προκύπτει ότι η εβδομαδιαία κατανάλωση του πρότυπου ανελκυστήρα είναι 16, 7 kWh επομένως για 2 ανελκυστήρες θα είναι 33, 4 kWh. Επομένως αν πολλαπλασιαστεί η εβδομαδιαία κατανάλωση με 42 εβδομάδες, που αποτελεί το σύνολο εβδομάδων που το κτίριο λειτουργεί ετησίως, τότε προκύπτει ότι η ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας των ανελκυστήρων είναι 1. 402, 8 kWh.

3. 2. 5 Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας από ηλεκτρικές συσκευές

Στην συγκεκριμένη ενότητα γίνεται υπολογισμός της κατανάλωσης των διάφορων ηλεκτρικών συσκευών οι οποίες υπάρχουν σε κάθε χώρο του κτιρίου Α. Στο σύνολο αυτών των συσκευών υπάγονται κυρίως οικιακές συσκευές όπως ψυγεία, καφετιέρες, ηλεκτρικά μάτια, όλες οι συσκευές που υπάρχουν στο κυλικείο που βρίσκεται στο κτίριο αλλά και μεγάλα φωτοτυπικά μηχανήματα. Μάλιστα επειδή τα φωτοτυπικά, που βρίσκονται στον χώρο της γραμματείας, έχουν 3 περιόδους λειτουργίας έπρεπε να ληφθεί υπόψη ο χρόνος λειτουργίας που αντιστοιχούσε σε κάθε μια από αυτές. Στους πίνακες του παραρτήματος φαίνεται αναλυτικά ο χρόνος που αντιστοιχεί σε κάθε περίοδο λειτουργίας των φωτοτυπικών η ισχύς καθώς και οι συνολικές καταναλώσεις αυτών και όλων των υπόλοιπων συσκευών.

Θα πρέπει να αναφερθεί ότι ηλεκτρικές συσκευές υπάρχουν μόνο στο ισόγειο, τον 1^ο και 2^ο όροφο του κτιρίου Α και μόνον εκεί και πουθενά αλλού στους υπόλοιπους χώρους του συγκροτήματος που είναι υπό μελέτη.

Ακολουθεί το διάγραμμα κατανομής της ενέργειας ανά όροφο του κτιρίου Α στο Σχήμα 3.17.



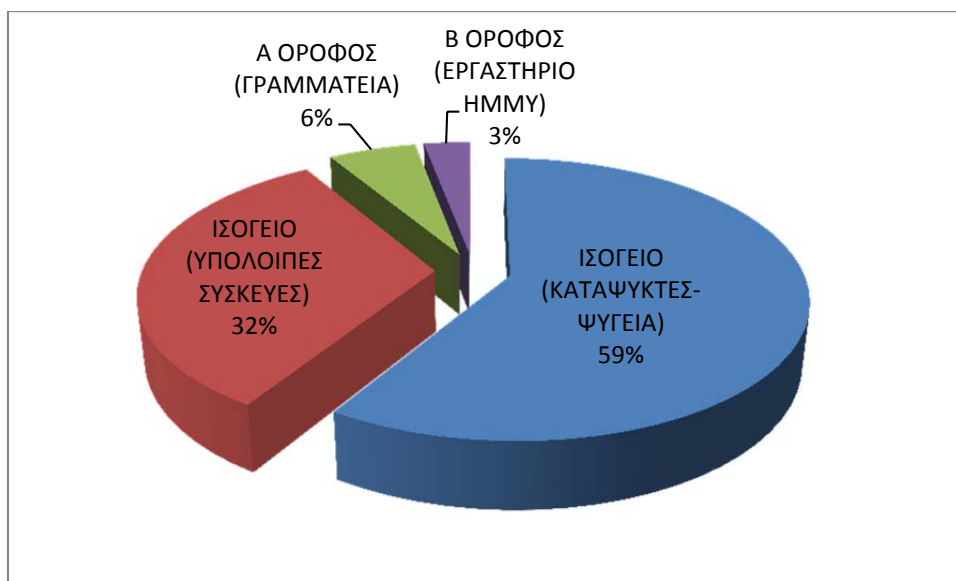
Σχήμα 3. 17: Εκτίμηση κατανομής κατανάλωσης ενέργειας ανά όροφο-χώρο του κτιρίου Α.

Από το προηγούμενο γράφημα είναι προφανές ότι το μεγαλύτερο ποσοστό ενέργειας που καταναλώνεται στο κτίριο Α προέρχεται από το ισόγειο του κτιρίου όπου υπάρχει το κυλικείο. Το συμπέρασμα αυτό είναι λογικό αφού υπάρχουν συσκευές πολύ μεγάλης ισχύος και οι οποίες δουλεύουν όλο το 24ωρο. Ενδεικτικά παρατίθεται ένας Πίνακας 3.4 με μερικές από τις συσκευές και τις αντίστοιχες ετήσιες καταναλώσεις τους.

Πίνακας 3. 4 : Εκτίμηση ετήσιας ηλεκτρικής κατανάλωσης από συσκευές

Συσκευές	Κατανάλωση Συσκευών kWh
Καταψύκτες	20. 755, 56
Ψυγεία	12. 395, 04
Βιτρίνες	8. 119, 65
Φούρνος (Στόφα)	4. 242
Καφετιέρες	5. 239

Από τον παραπάνω Πίνακα φαίνεται ξεκάθαρα ότι η ενέργεια που απαιτείται για τα ψυγεία και τους καταψύκτες αποτελεί το μεγαλύτερο ποσοστό της ενέργειας που καταναλώνει το ισόγειο του κτιρίου και αυτό οφείλεται στο ότι τα ψυγεία και οι καταψύκτες εκτός του ότι είναι μεγάλης ισχύος δουλεύουν όλο το 24ωρο αδιάκοπα. Ακολουθεί διάγραμμα κατανομής κατανάλωσης ενέργειας στο Σχήμα 3.18 στο οποίο φαίνεται η κατανάλωση των ψυγείων –καταψυκτών επί της συνολικής κατανάλωσης του κτιρίου.



Σχήμα 3. 18 : Εκτίμηση κατανάλωσης των ψυγείων-καταψυκτών επί συνολικής του κτιρίου.

Από το παραπάνω διάγραμμα φαίνεται ότι το συγκεκριμένο φορτίο καταναλώνει το 56% επί της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας ολόκληρου του κτιρίου. Το παραπάνω συμπέρασμα εξηγείται από το γεγονός ότι το φορτίο αυτό αποτελείται από μεγάλο πλήθος συσκευών μεγάλης ισχύος η καθεμία και λειτουργεί όλο το 24ωρο σε αντίθεση με όλες τις υπόλοιπες συσκευές που χρησιμοποιούνται στο κτίριο λειτουργούν πολύ λιγότερο και είναι αντίστοιχα πολύ μικρότερης ισχύος.

3. 2. 6 Συνολική ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας

Στην ενότητα αυτή παρατίθενται αναλυτικά όλες οι ετήσιες καταναλώσεις ηλεκτρικής ενέργειας για κάθε χρήση ανά εξεταζόμενο κτίριο. Επίσης όπου είναι εφικτό γίνεται και κατανομή της ηλεκτρικής ενέργειας ανά χώρο, πράγμα που μπορεί να βοηθήσει στην καλύτερη αξιολόγηση των προτάσεων εξοικονόμησης ενέργειας και να γίνει και αποδοτικότερος έλεγχος των ενεργειακών σπαταλών.

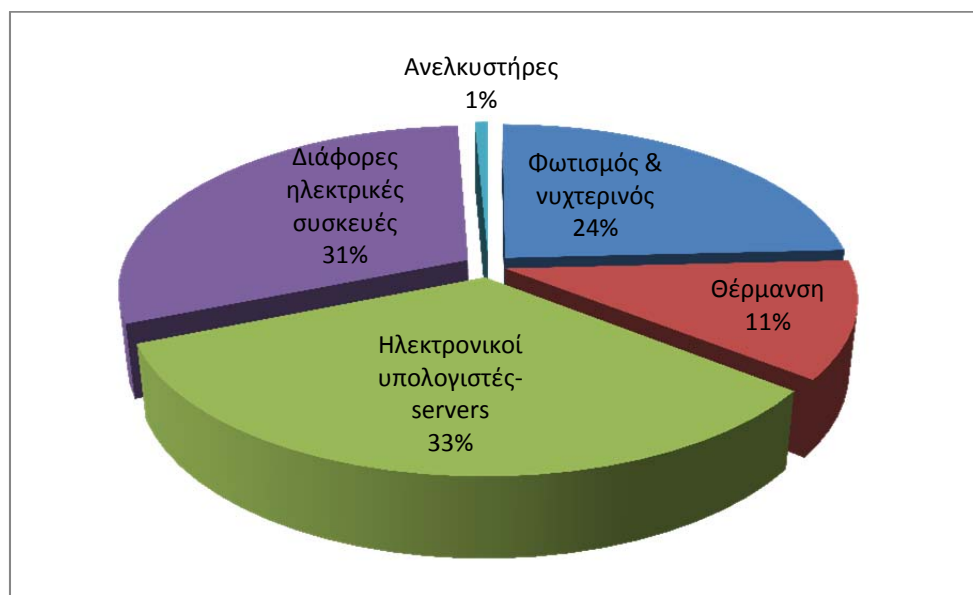
3. 2. 6. 1 Συνολική ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για το κτίριο Α

Στον ακόλουθο Πίνακα 3.5 παρουσιάζονται αναλυτικά οι ετήσιες καταναλώσεις ηλεκτρικής ενέργειας για κάθε χρήση για το κτίριο Α :

Πίνακας 3. 5 : Εκτίμηση ετήσιας κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας ανά χρήση

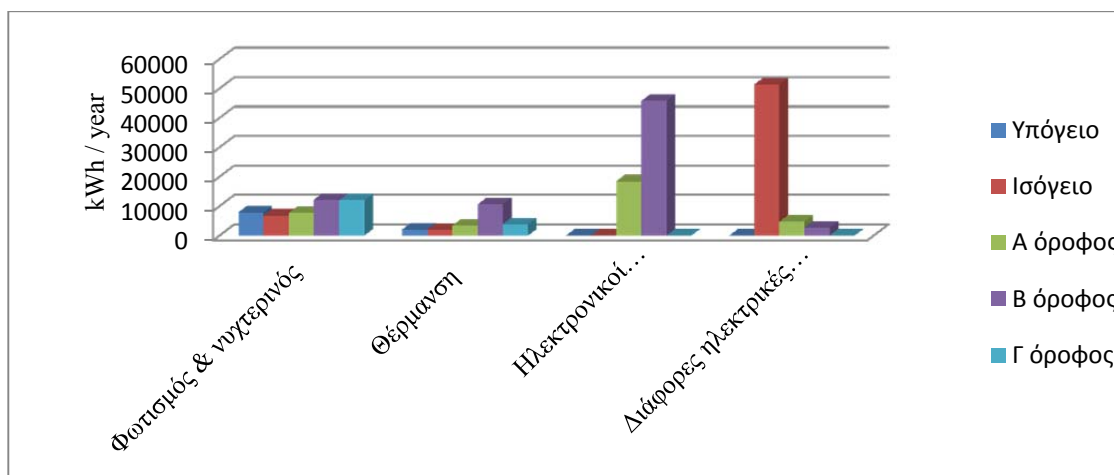
Χρήση	kWh/έτος
Φωτισμός & νυχτερινός	46. 770, 2
Θέρμανση	22. 114, 66
Ηλεκτρονικοί υπολογιστές-servers	64. 241, 74
Ανελκυστήρες	1. 402, 8
Διάφορες ηλεκτρικές συσκευές	58. 884, 19
Σύνολο	193. 413, 59

Από τον παραπάνω Πίνακα προκύπτει το αντίστοιχο διάγραμμα της κατανομής ηλεκτρικής ενέργειας ανά χρήση στο κτίριο Α στο Σχήμα 3.19.



Σχήμα 3. 19 : Κατανομή κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας ανά χρήση στο κτίριο Α.

Μια πιο αναλυτική προσέγγιση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας παρουσιάζεται στο επόμενο διάγραμμα, στο οποίο παρουσιάζεται η κατανομή της αντίστοιχης κατανάλωσης ανά χρήση σε κάθε όροφο του εξεταζόμενου κτιρίου όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.20.



Σχήμα 3. 20 : Κατανομή κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας ανά όροφο και χρήση για το κτίριο Α.

Από το παραπάνω διάγραμμα φαίνεται ότι η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για τον φωτισμό του κτιρίου είναι κατανομημένη σχετικά ομοιόμορφα σε όλο το κτίριο, με τη διαφορά ότι στον δεύτερο και τρίτο όροφο οι καταναλώσεις είναι λίγο ανεβασμένες κάτι που είναι αναμενόμενο. Η κατανάλωση για τη θέρμανση παρουσιάζει μεγαλύτερα επίπεδα στον δεύτερο όροφο του κτιρίου και είναι λογικό, επειδή εκεί βρίσκεται ένα από τα εργαστήρια ηλεκτρονικών υπολογιστών της σχολής Η. Μ. Μ. Υ και στο οποίο είναι εγκατεστημένες οι τέσσερις μονάδες A/C οι οποίες παρουσιάζουν μεγάλες καταναλώσεις. Μάλιστα θα πρέπει να αναφερθεί ότι μια μονάδα λειτουργεί όλο το 24ωρο καθώς είναι τοποθετημένη στην αίθουσα που βρίσκεται ο server. Το ίδιο συμβαίνει και με την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για τους ηλεκτρονικούς υπολογιστές-servers, στο ίδιο εργαστήριο και αυτό επειδή πολλοί υπολογιστές ανάμεσα σ' αυτούς και ο server, λειτουργούν όλο το 24ωρο καθημερινά. Τέλος οι ηλεκτρικές καταναλώσεις από διάφορες ηλεκτρικές συσκευές παρουσιάζονται στο ισόγειο καθώς εκεί βρίσκεται το κυλικείο της σχολής Ε. Μ. Φ. Ε το οποίο χρησιμοποιεί ψυγεία και καταψύκτες μεγάλης ισχύος αλλά και όλο το 24ωρο.

3. 2. 6. 2 Συνολική ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας στα αμφιθέατρα.

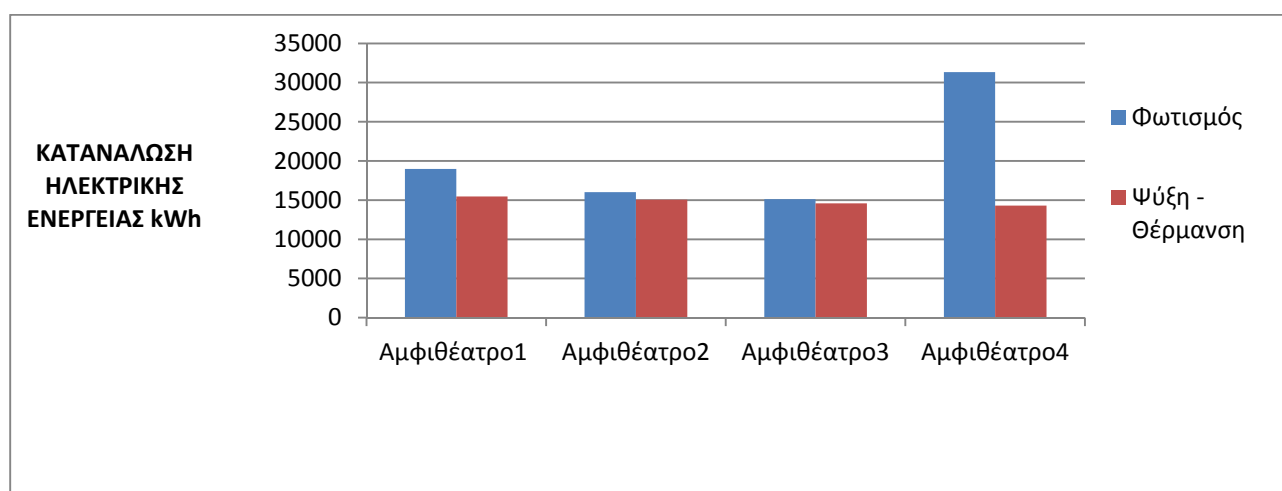
Όπως και για το κτίριο Α, έτσι και για τα αμφιθέατρα παρουσιάζεται η ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας ανά χρήση. Οι καταναλώσεις αφορούν μόνο ηλεκτρική ενέργεια για φωτισμό και ηλεκτρική ενέργεια για θέρμανση και ψύξη.

Στον παρακάτω Πίνακα 3.7 παρουσιάζονται αναλυτικά οι καταναλώσεις ηλεκτρικής ενέργειας ανά χρήση σε κάθε αμφιθέατρο.

Πίνακας 3. 7 : Κατανομή κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας των αμφιθεάτρων ανά χρήση.

Χώρος :	Αμφιθέατρο1	Αμφιθέατρο2	Αμφιθέατρο3	Αμφιθέατρο4
Χρήση	kWh/έτος	kWh/έτος	kWh/έτος	kWh/έτος
Φωτισμός	18. 975, 83	16. 022, 65	15. 123, 25	31. 327, 55
Ψύξη Θέρμανση	15. 463, 04	15. 057, 71	14. 584, 84	14. 295, 42
Σύνολο	34. 438, 87	31. 080, 36	29. 708, 09	45. 622, 97

Από τον παραπάνω Πίνακα προκύπτει το ακόλουθο διάγραμμα κατανομής της ηλεκτρικής ενέργειας ανά χρήση για το κάθε αμφιθέατρο Σχήμα 3.21.



Σχήμα 3. 21 : Κατανομή κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας ανά χρήση για το κάθε αμφιθέατρο.

Από το παραπάνω διάγραμμα και από παρατήρηση των στοιχείων του Πίνακα, φαίνεται ότι η κατανομή της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας ανά χρήση για το κάθε αμφιθέατρο είναι περίπου η ίδια με εξαίρεση το αμφιθέατρο 4. Το αμφιθέατρο 4 έχει τις μεγαλύτερες διαστάσεις και κατά συνέπεια η εγκατεστημένη ισχύς για φωτισμό είναι πολύ μεγαλύτερη σε σχέση με των άλλων αμφιθεάτρων με ότι αυτό συνεπάγεται για την κατανάλωση σε ηλεκτρική ενέργεια για φωτισμό. Ωστόσο η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για ψύξη θέρμανση είναι μικρότερη σε σχέση με αυτή για τον φωτισμό και η μικρότερη σε σχέση με τα υπόλοιπα αμφιθέατρα. Σύμφωνα τα σχέδια της κάτοψης του αμφιθεάτρου 4, μόνο μια όψη του είναι εκτεθειμένη στον εξωτερικό αέρα ενώ οι άλλες βλέπουν στον χώρο της πυλωτής. Με αυτό το δεδομένο προκύπτει ότι το ψυκτικό και αντίστοιχα θερμικό φορτίο, είναι μικρότερο σε σχέση με των υπολοίπων αμφιθεάτρων, των οποίων δύο όψεις είναι εκτεθειμένες στον εξωτερικό αέρα.

3.3 Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας κτιρίου

Στην ενότητα αυτή αναλύεται η μεθοδολογία που θα χρησιμοποιηθεί για τον έλεγχο της θερμικής επάρκειας του κελύφους των χώρων που μελετώνται στην παρούσα διπλωματική εργασία. Η μέθοδος αυτή εξετάζει όλα τα διαφανή και αδιαφανή στοιχεία των κτιρίων και το σύνολο τους. Επιπρόσθετα στην τεχνική οδηγία του τεχνικού επιμελητηρίου με τίτλο : «Θερμοφυσικές ιδιότητες υλικών και έλεγχος της θερμομονωτικής επάρκειας των κτιρίων» στην ενότητα που αναφέρεται σε επιφάνειες που έρχονται σε επαφή με μη θερμαινόμενους χώρους τονίζεται η χρήση του μειωτικού συντελεστή b που ισούται με 0, 5 σε αυτού του είδους τα δομικά στοιχεία. Ουσιαστικά γίνεται μελέτη θερμομόνωσης για τα 4 αμφιθέατρα και ολόκληρο το κτίριο Α. Η πυλωτή έχει θεωρηθεί ως μη θερμαινόμενος χώρος και αυτό επειδή υπάρχουν fan coil μόνο για θέρμανση εγκατεστημένα στην οροφή της τα οποία πρακτικά δεν δουλεύουν ποτέ.

Ο έλεγχος της θερμομονωτικής προστασίας γίνεται σε δύο στάδια :

- Κατά το πρώτο στάδιο ελέγχεται η θερμική επάρκεια του κάθε δομικού στοιχείου του κτηρίου. Για να ικανοποιεί ένα δομικό στοιχείο τις απαιτήσεις θερμομονωτικής προστασίας του κανονισμού, θα πρέπει η τιμή του συντελεστή θερμοπερατότητας του εξεταζόμενου δομικού στοιχείου να μην υπερβαίνει την μέγιστη επιτρεπτή τιμή του συντελεστή θερμοπερατότητας που ορίζει ο κανονισμός ανά κλιματική ζώνη για κάθε κατηγορία δομικών στοιχείων.
- Κατά το δεύτερο στάδιο ελέγχεται η θερμική επάρκεια του συνόλου του κτιρίου. Για να ικανοποιούνται οι απαιτήσεις του κανονισμού πρέπει η μέση τιμή θερμοπερατότητας του εξεταζόμενου κτιρίου U_m να μην υπερβαίνει τα όρια που θέτει ο κανονισμός για κάθε κτίριο $U_{m, \max}$ ανά κλιματική ζώνη. Η μέγιστη αυτή τιμή υπολογίζεται λαμβανομένου υπόψη του λόγου F/V όπου F είναι η εξωτερική επιφάνεια του κτιρίου και V είναι ο όγκος του. Θα πρέπει λοιπόν να ισχύει $U_m \leq U_{m, \max}$.

3.3.1 Μεθοδολογία υπολογισμού συντελεστή θερμοπερατότητας

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

$$R=d/\lambda \text{ [m}^2\cdot\text{K/W]} \quad (1)$$

Όπου $R \text{ [m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}]$ η αντίσταση που προβάλλει στη ροή θερμότητας η συγκεκριμένη στρώση.

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

$d \text{ [m]}$ το πάχος της στρώσης.

Σε ένα πολυστρωματικό δομικό στοιχείο, το οποίο αποτελείται από ομογενείς στρώσεις υλικών, ορίζεται η αντίσταση θερμοδιαφυγής η οποία προκύπτει από το άθροισμα των επιμέρους αντιστάσεων της κάθε στρώσης σύμφωνα με την ακόλουθη σχέση :

$$R_{ss} = \sum_{j=1}^n \frac{d_j}{\lambda_j} = \sum_j R_{j-} \quad (2)$$

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

$$R_T = R_i + R_1 + R_2 + \dots R_n + R_a \quad (3)$$

Όπου

$R_T [m^2 \cdot K / W]$ η συνολική αντίσταση που προβάλλει στη ροή θερμότητας το δομικό στοιχείο

η το πλήθος των στρώσεων του δομικού στοιχείου

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

$R_a [m^2 \cdot K / W]$ 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 R_i και R_a παίρνουν διάφορες τιμές οι οποίες βρίσκονται συγκεντρωτικά στον παρακάτω Πίνακα 3.8 :

Πίνακας 3.8 : Τιμές συντελεστών και αντιστάσεων θερμικών μεταβάσεων.

Α/Α	Δομικό στοιχείο	Συντελεστές θερμικής μεταβάσης		Αντιστάσεις θερμικής μεταβάσης	
		1/R _i	1/R _a	R _i	R _a
		W/(m ² K)	W/(m ² K)	(m ² K)/W	(m ² 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 (πυλωτή) (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

Οι θερμικές απώλειες μέσω ενός δομικού στοιχείου ορίζονται από το συντελεστή θερμοπερατότητας (U), που δίνει την ποσότητα θερμότητας στη μονάδα του χρόνου σε σταθερό θερμοκρασιακό πεδίο μέσω της μοναδιαίας επιφάνειας ενός δομικού στοιχείου, όταν η διαφορά θερμοκρασίας του αέρα στις 2 όψεις του δομικού στοιχείου ισούται με την μονάδα.

Ο συντελεστής θερμοπερατότητας ενός δομικού στοιχείου ορίζεται από τη σχέση :

$$U = \frac{1}{R_T} \quad \text{ή ισοδύναμα από τη σχέση} \quad U = \frac{1}{R_i + \sum_{j=1}^n \frac{d_j}{\lambda_j} + R_a} \quad [W / m^2 \cdot K] \quad (4)$$

Ο συντελεστής θερμοπερατότητας του δομικού στοιχείου που εξετάζεται κάθε φορά θα πρέπει να είναι μικρότερος ή ίσος από την μέγιστη επιτρεπτή τιμή που ορίζεται από τον ΚΕΝΑΚ για το αντίστοιχο δομικό στοιχείο και για την κλιματική ζώνη που ανήκει το αντίστοιχο κτίριο.

Ωστόσο θα πρέπει να αναφερθεί μια πάρα πολύ σημαντική λεπτομέρεια. Σύμφωνα με τον κανονισμό υπολογίζεται για κάθε δομικό στοιχείο οριζόντιο και κατακόρυφο, διαφανές και αδιαφανές ο συντελεστής θερμοπερατότητας σύμφωνα με τη γενική σχέση (4). Σε αυτό τον υπολογισμό όμως δεν υπολογίζεται η επιβάρυνση που προκαλούν οι θερμογέφυρες στον συντελεστή θερμοπερατότητας. Γι' αυτό μετά από τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας για το εκάστοτε δομικό στοιχείο προστίθεται η τιμή 0, 1 όπως ορίζει η τεχνική οδηγία του επιμελητηρίου και με αυτό τον τρόπο συνυπολογίζονται και οι θερμογέφυρες.

Όπως έχει προαναφερθεί τα κτίρια που μελετώνται στην παρούσα διπλωματική εργασία σχεδιάστηκαν το 1972 και κατασκευάστηκαν το 1978, με διορθωτικές επεμβάσεις στη θερμομόνωση τους μεταγενέστερα. Ο Κενάκ έχει διαχωρίσει τα

κτίρια σε κατηγορίες με κριτήριο την περίοδο έκδοσης οικοδομικής άδειας. Έτσι, υπάρχουν 3 γενικές κατηγορίες κτιρίων.

- Η 1^η κατηγορία περιλαμβάνει τα κτίρια εκείνα, των οποίων η οικοδομική άδεια έχει εκδοθεί πριν από την εφαρμογή του κανονισμού Θερμομόνωσης Κτιρίων (Ιούλιος 1979), χρονική περίοδο κατά την οποία δεν υπήρχε απαίτηση για θερμομονωτική προστασία των κτιρίων.
- Η 2^η κατηγορία περιλαμβάνει τα κτίρια εκείνα, των οποίων η οικοδομική άδεια εκδόθηκε την περίοδο 1980-2010. Σε αυτό το διάστημα τα κτίρια όφειλαν να πληρούν τις απαιτήσεις του Κανονισμού Θερμομόνωσης Κτιρίων.
- Η 3^η κατηγορία περιλαμβάνει τα κτίρια εκείνα, των οποίων η οικοδομική άδεια εκδόθηκε μετά την εφαρμογή του ΚΕΝΑΚ (2010) και τα οποία έχουν την υποχρέωση συμμόρφωσης προς τις απαιτήσεις του νέου κανονισμού.

Με βάση λοιπόν την κατηγοριοποίηση των κτιρίων κατά τον Κενάκ, την χρονολογία οικοδομικών αδειών των υπό μελέτη κτιρίων και των ενεργειών για βελτίωση της θερμομόνωσης τα κτίρια κατατάσσονται στην 2^η κατηγορία. Μάλιστα τα κτίρια ανήκουν στην κλιματική ζώνη Β.

Οι μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας διαφόρων δομικών στοιχείων ανά κλιματική ζώνη παρουσιάζονται συγκεντρωτικά στον παρακάτω Πίνακα 3.9 :

Πίνακας 3. 9: Μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας διαφόρων δομικών στοιχείων ανά κλιματική ζώνη.

Λόγος A/V [m ⁻¹]	Μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας U _m [W/(m ² ·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

Κατά την εξέταση ενός δομικού στοιχείου, εάν ο αντίστοιχος συντελεστής θερμοπερατότητας προκύπτει μεγαλύτερος από την μέγιστη επιτρεπτή που ορίζεται στον παραπάνω Πίνακα, τότε θα πρέπει ο έλεγχος να επαναληφθεί αφού βελτιωθούν τα θερμοτεχνικά χαρακτηριστικά του δομικού στοιχείου.

Στη συνέχεια καταγράφονται τα οριζόντια και κατακόρυφα στοιχεία του κελύφους του κτιρίου. Για κάθε αδιαφανές δομικό στοιχείο υπολογίζεται ο συντελεστής θερμοπερατότητας και αυτός πολλαπλασιάζεται με την αντίστοιχη επιφάνεια που καταλαμβάνει το δομικό στοιχείο στο κτιριακό κέλυφος. Ομοίως για τα διάφανα δομικά στοιχεία με τη διαφορά ότι οι συντελεστές θερμοπερατότητας των κουφωμάτων λαμβάνονται για λόγους ευκολίας από τον ακόλουθο Πίνακα 3.10:

Πίνακας 3. 10 : Τυπικές τιμές συντελεστών θερμοπερατότητας κουφωμάτων U_w .

Υάλωση			U_g [W/(m ² K)] για διαφορετικούς τύπους αερίων στο διάκενο των υαλοπινάκων			
Τύπος υάλωσης	Υαλοπίνακας	Συντελεστής εκπομπής	Διαστάσεις	Αέρας	Αργό	Κρύπτο
Διπλή	Χωρίς επίστρωση χαμηλής εκπομπής	0,89	4-6-4	3,3	3,0	2,8
			4-8-4	3,1	2,9	2,7
			4-12-4	2,8	2,7	2,6
			4-16-4	2,7	2,6	2,6
			4-20-4	2,7	2,6	2,6
	Με επίστρωση χαμηλής εκπομπής ενός φύλλου	≤0,1	4-6-4	2,6	2,2	1,7
			4-8-4	2,2	1,9	1,4
			4-12-4	1,8	1,5	1,3
			4-16-4	1,6	1,4	1,3
			4-20-4	1,6	1,4	1,4
	Με επίστρωση χαμηλής εκπομπής ενός φύλλου	≤0,05	4-6-4	2,5	2,1	1,5
			4-8-4	2,1	1,7	1,3
			4-12-4	1,7	1,3	1,1
			4-16-4	1,4	1,2	1,2
			4-20-4	1,5	1,2	1,2

Αφού λοιπόν υπολογιστούν οι συντελεστές θερμοπερατότητας των αντίστοιχων αδιαφανών και διαφανών δομικών στοιχείων και πολλαπλασιαστούν με την αντίστοιχη επιφάνεια που καταλαμβάνουν επί της συνολικής επιφάνειας του κτιριακού κελύφους, τότε τα γινόμενα αυτά αθροίζονται και το άθροισμα που προκύπτει διαιρείται με την συνολική επιφάνεια του κτιριακού κελύφους δηλαδή :

$$U_m = \frac{\sum_{j=1}^n U_j \cdot A_j}{\sum_{j=1}^n A_j} \quad [W / m^2 \cdot K] \quad (5)$$

Όπου U_m ο συντελεστής θερμοπερατότητας του κτιρίου.

Στη συνέχεια ο συντελεστής θερμοπερατότητας του κτιρίου συγκρίνεται με την μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή που μπορεί να πάρει, η οποία προκύπτει από τον λόγο A/V όπου A η επιφάνεια του κτιριακού κελύφους και V αντίστοιχος όγκος αυτού. Η τιμή του U_m , \max προκύπτει με τη βοήθεια του Πίνακα 3.9 και κρίνει αν το κτίριο είναι θερμομονωτικά επαρκές. Στον Πίνακα 3.11 παρουσιάζονται οι τιμές των συντελεστών θερμικής μετάβασης ανάλογα με την κατεύθυνση της ροής.

Πίνακας 3. 11 : Τιμές συντελεστών θερμικής μετάβασης ανάλογα με την κατεύθυνση της ροής (ISO 6946).

Α/Α	Κατεύθυνση θερμικής ροής	Συντελεστές θερμικής μετάβασης		Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης	
		1/R _i	1/R _a	R _i	R _a
		W/(m ² K)	W/(m ² K)	(m ² K)/W	(m ² K)/W
1	Οριζόντια θερμική ροή	7,70	25,00	0,13	0,04
2	Κατακόρυφη θερμική ροή προς τα άνω	10,00	25,00	0,10	0,04
3	Κατακόρυφη θερμική ροή προς τα κάτω	5,88	25,00	0,17	0,04

3. 3. 2 Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας Κτιρίου Α

Το κτίριο Α ανήκει στην 2^η κατηγορία κτιρίων αφού έχουν γίνει κάποιες επεμβάσεις για την διόρθωση της θερμομόνωσης του κτιρίου. Επίσης πρέπει να γίνει διαχωρισμός των χώρων του κτιρίου καθώς δεν είναι όλοι οι χώροι θερμαινόμενοι. Το υπόγειο έχει θεωρηθεί μη θερμαινόμενος και γι' αυτό δεν συμπεριλαμβάνεται στην μελέτη θερμομόνωσης. Όλοι οι υπόλοιποι χώροι θεωρούνται θερμαινόμενοι.

- Οριζόντια δομικά στοιχεία

Η οροφή του κτιρίου δεν είναι ένα απλό δομικό στοιχείο και κατά συνέπεια ο συντελεστής θερμοπερατότητας αυτού του δομικού στοιχείου δεν υπολογίζεται με την μέθοδο η οποία αναλύθηκε στην προηγούμενη ενότητα. Η οροφή είναι πλάκα σκυροδέματος με διαδοκιδώσεις ή αλλιώς τσιμεντόπλακα Zollner. Σύμφωνα με την τεχνική οδηγία του τεχνικού επιμελητηρίου «Θερμοφυσικές ιδιότητες δομικών υλικών και έλεγχος της θερμομονωτικής επάρκειας των κτιρίων» τα σύνθετα δομικά στοιχεία μπορούν να υπεισέλθουν στους υπολογισμούς και να ελεγχθούν ως προς την ικανοποίηση των απαιτήσεων του κανονισμού με την χρήση ενός ενιαίου συντελεστή θερμοπερατότητας. Ο συντελεστής θερμοπερατότητας προκύπτει από τους συντελεστές των επιμέρους διατομών κατά την αναλογία εμβαδού που αυτοί καταλαμβάνουν στο συνολικό εμβαδό του δομικού στοιχείου σύμφωνα με τον τύπο :

$$U = \frac{\sum_{j=1}^n U_j \cdot A_j}{\sum_{j=1}^v A_j} \quad [W / m^2 \cdot K] \quad (6)$$

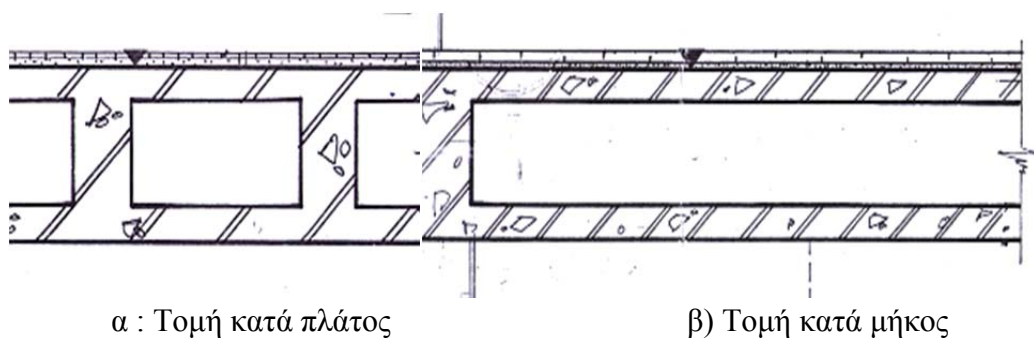
Όπου :

U [W / m² · K] ο ενιαίος συντελεστής θερμοπερατότητας του σύνθετου δομικού στοιχείου,

η το πλήθος των διαφορετικών διατομών του σύνθετου δομικού στοιχείου,
 U_j [$W / m^2 \cdot K$] ο συντελεστής θερμοπερατότητας της κάθε επί μέρους διαφορετικής διατομής του κάθε δομικού στοιχείου,
 A_j [m^2] η επιφάνεια που καταλαμβάνει η κάθε επιμέρους διαφορετική διατομή στη συνολική επιφάνεια του σύνθετου δομικού στοιχείου.

Οι τιμές όλων των επιμέρους διαφορετικών διατομών U_j υπολογίζονται σύμφωνα με τη σχέση (5) λαμβάνοντας τις κατάλληλες τιμές των Ri και Ra από τον Πίνακα 4.

Στο παρακάτω Σχήμα 3.22 φαίνεται μια τομή της τσιμεντόπλακας Zollner :



α : Τομή κατά πλάτος β) Τομή κατά μήκος
Σχήμα 3. 22 : Τομή τσιμεντόπλακας Zollner.

Στους παρακάτω πίνακες φαίνονται αναλυτικά τα πάχη των στρώσεων καθώς και οι αντίστοιχοι συντελεστές θερμικής αγωγιμότητας του υλικού επίστρωσης. Στους υπολογισμούς έγινε ο διαχωρισμός σε τρεις επί μέρους διατομές που όλες μαζί απαρτίζουν την οροφή. Συνολικά υπάρχουν η διατομή της οροφής που υπάρχει διογκωμένη πολυστερίνη, η διατομή της οροφής που έχει συμπαγές οπλισμένο σκυρόδεμα και τέλος ένα κομμάτι της οροφής που έχει θερμομόνωση όπως και τα υπόλοιπα αλλά αποτελεί την βάση για την τοποθέτηση των τοιχοπετασμάτων στις 2 όψεις του κτιρίου.

Στον Πίνακα 3. 12 υπολογίζεται ο συντελεστής θερμοπερατότητας της διατομής διογκωμένης πολυστερίνης

Αντίσταση Θερμοδιαφυγής : $R_A = 13,83 \text{ m}^2 \text{ k/W}$

$$\text{Συνολική Αντίσταση : } U = \frac{1}{R_T} + 0,1 = \frac{1}{R_T + R_\Lambda + R_a} + 0,1 = 0,225 \text{ W/ m}^2 \cdot \text{K}$$

Πίνακας 3. 12: Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας για διατομή διογκωμένης πολυστερίνης.

Τύπος Κατασκευής :		Τμήμα Οροφής : διατομή διογκωμένης πολυστερίνης			
A/A	Ονομασία Υλικού	Διατομή Πολυστερίνης Πάχος Υλικού d (m)	Θερμική αγωγιμότητα υλικού λ (W/mK)	Διατομή Πολυστερίνης :Θερμική Αντίσταση Υλικού d/λ	Τυπική σχεδιαστική λεπτομέρεια
1	Ελαφρόπετρα	0,12	0,02	6	
2	Ασφαλτόπανο	0,003	0,23	0,013	
3	Γαρμπιλόδεμα	0,05	0,6	0,083	
4	Ασφαλτομόνωση	0,003	0,23	0,013	
5	Ελαφροσκυρόδεμα	0,19	0,2	0,95	
6	Διπλή επίστρωση θερμής ασφάλτου	0,001	0,9	0,001	
7	Οπλισμένο σκυρόδεμα	0,1	2,5	0,04	
8	Διογκωμένη πολυστερίνη	0,3	0,045	6,667	
9	Οπλισμένο σκυρόδεμα	0,1	2,5	0,04	
10	Ασβεστοτσιμεντοκονίαμα	0,02	0,87	0,023	
Αντίσταση Θερμοδιαφυγής R_A:				13,83	
Ροή Θερμότητας:		Ri (m² k/W)	Ra (m² k/W)	Συντελεστής Θερμοπερατότητας U_1 (W/m² k)	
Κατακόρυφη προς τα άνω		0,100	0,040	0,125 = 0,125	
Σημείωση:		Ικανοποιείται η απαίτηση για $U \leq 0,45 \text{ W}/(\text{m}^2\text{k})$			

Στον Πίνακα 3. 13 υπολογίζεται ο συντελεστής θερμοπερατότητας της διατομής του συμπαγούς σκυροδέματος της οροφής.

Αντίσταση Θερμοδιαφυγής : $R_A = 7,283 \text{ m}^2 \text{ k/W}$

$$\text{Συνολική Αντίσταση : } U = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_i + R_A + R_a} = 0,135 \text{ W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$$

Πίνακας 3. 13 : Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας για διατομή συμπαγούς οπλισμένου σκυροδέματος


Τύπος Κατασκευής :		Τμήμα Οροφής : διατομή συμπαγούς			
A/A	Ονομασία Υλικού	Διατομή Πολυστερίνης Πάχος Υλικού d (m)	Θερμική αγωγιμότητα υλικού λ (W/mK)	Διατομή Πολυστερίνης :Θερμική Αντίσταση Υλικού d/λ	Τυπική σχεδιαστική λεπτομέρεια
1	Ελαφρόπετρα	0,12	0,02	6	
2	Ασφαλτόπανο	0,003	0,23	0,013	
3	Γαρμπιλόδεμα	0,05	0,6	0,083	
4	Ασφαλτομόνωση	0,003	0,23	0,013	
5	Ελαφροσκυρόδεμα	0,19	0,2	0,95	
6	Διπλή επίστρωση θερμής ασφάλτου	0,001	0,9	0,001	
7	Οπλισμένο σκυρόδεμα	0,5	2,5	0,04	
8	Ασβεστοτσιμεντοκονίαμα	0,02	0,87	0,023	
Αντίσταση Θερμοδιαφυγής R_A:				7,283	
Ροή Θερμότητας:		R_i (m² k/W)	R_a (m² k/W)	Συντελεστής Θερμοπερατότητας U₂ (W/m² k)	
Κατακόρυφη προς τα άνω		0,100	0,040	0,135	
Σημείωση:		Ικανοποιείται η απαίτηση για $U \leq 0,45 \text{ W}/(\text{m}^2\text{k})$			

Στον Πίνακα 3. 14 υπολογίζεται ο συντελεστής θερμοπερατότητας του τμήματος της οροφής, η διατομή του οποίου είναι περιμετρικό συμπαγές σκυρόδεμα πολύ μικρότερου πάχους σε σχέση με αυτού του συμπαγούς σκυροδέματος.

Αντίσταση Θερμοδιαφυγής : $R_A = 7,06 \text{ m}^2 \text{ k/W}$

$$\text{Συνολική Αντίσταση : } U = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_i + R_A + R_a} = 0,138 \text{ W/ m}^2 \cdot \text{K}$$

Πίνακας 3. 14 : Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας για διατομή περιμετρικού σκυροδέματος.

Τύπος Κατασκευής :		Τμήμα Οροφής : διατομή περιμετρικού			
A/A	Ονομασία Υλικού	Διατομή Πολυστερίνης Πάχος Υλικού d (m)	Θερμική αγωγιμότητα υλικού λ (W/mK)	Διατομή Πολυστερίνης :Θερμική Αντίσταση Υλικού d/λ	Τυπική σχεδιαστική λεπτομέρεια
1	Ελαφρόπετρα	0, 12	0, 02	6	
2	Ασφαλτόπανο	0, 003	0, 23	0, 013	
3	Γαρμπιλόδεμα	0, 05	0, 6	0, 083	
4	Ασφαλτομόνωση	0, 003	0, 23	0, 013	
5	Ελαφροσκυρόδεμα	0, 19	0, 2	0, 95	
6	Διπλή επίστρωση θερμής ασφάλτου	0, 001	0, 9	0, 001	
7	Οπλισμένο σκυρόδεμα	0, 1	2, 5	0, 04	
8	Ασβεστοτσιμεντοκονίαμα	0, 02	0, 87	0, 023	
Αντίσταση Θερμοδιαφυγής R_L:				7, 06	
Ροή Θερμότητας:		Ri (m² k/W)	Ra (m² k/W)	Συντελεστής Θερμοπερατότητας U₃ (W/m² k)	
Κατακόρυφη προς τα άνω		0, 100	0, 040	0, 138	
Σημείωση:		Ικανοποιείται η απαίτηση για $U \leq 0, 45 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ k})$			

Στον Πίνακα 3. 15 έχει υπολογιστεί ο συντελεστής θερμοπερατότητας της τσιμεντόπλακας Zollner εισάγοντας τα αποτελέσματα των 3 τελευταίων πινάκων στις μεταβλητές της σχέσης (6).

Συντελεστής θερμοπερατότητας τσιμεντόπλακας Zollner :

$$U = \frac{\sum_{j=1}^n U_j \cdot A_j}{\sum_{j=1}^v A_j} \quad [W / m^2 \cdot K] \quad (6)$$

$$U_{ZOLLNER} = \frac{A1 \cdot U1 + A2 \cdot U2 + A3 \cdot U3}{A1 + A2 + A3} \Rightarrow U_{ZOLLNER} = 0,131 W / m^2 \cdot K$$

Στον συντελεστή θερμοπερατότητας του παραπάνω δομικού στοιχείου δεν έχουν συμπεριληφθεί οι θερμογέφυρες, οπότε πρέπει να γίνει μια προσαύξηση κατά 0, 1.

Τελικά $U_{ZOLLNERοροφής} = U_{ZOLLNER} + 0,1 W / m^2 \cdot K = 0,231 W / m^2 \cdot K$

Πίνακας 3. 15: Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας τσιμεντόπλακας Zollner της οροφής του κτιρίου Α

Τύπος Κατασκευής :		Τμήμα Οροφής : Τσιμεντόπλακα Zollner	
A/A	Είδος διατομής επί της επιφάνειας της οροφής.	Συντελεστής θερμοπερατότητας διατομής U_i ($W / m^2 \cdot K$)	Επιφάνεια διατομής επί της οροφής A_i (m^2)
1	Διογκωμένη πολυστερίνη	0, 225	354, 682
2	Συμπαγές Σκυρόδεμα	0, 238	277, 198
3	Περιμετρική	0, 238	100, 185
Συντελεστής θερμοπερατότητας $U_{ZOLLNERοροφής}$		0, 231	
Σημείωση:		Ικανοποιείται η απαίτηση για $U \leq 0,45 W / (m^2 k)$	

Από τον παραπάνω Πίνακα προκύπτει ότι η τσιμεντόπλακα Zollner είναι εντός των ορίων που ορίζει ο ΚΕΝΑΚ και κατά συνέπεια η θερμομόνωση της κρίνεται ικανοποιητική.


Οροφή του κουβουκλίου του δώματος.

Το κουβούκλιο του δώματος στην παρούσα μελέτη έχει θεωρηθεί θερμαινόμενος χώρος και επομένως η οροφή του, η οποία είναι και αυτή θερμομονωμένη, πρέπει να μελετηθεί ξεχωριστά. Στον Πίνακα 3. 16 φαίνονται συγκεντρωμένα όλα τα απαραίτητα στοιχεία καθώς και ο συντελεστής θερμοπερατότητας της οροφής του κουβουκλίου του δώματος.

Αντίσταση Θερμοδιαφυγής : $R_A = 1, 131 m^2 k/W$

Συνολική Αντίσταση : $U = \frac{1}{R_T} + 0,1 = \frac{1}{R_i + R_A + R_a} + 0,1 = 0, 787 W / m^2 \cdot K$

Πίνακας 3. 16 : Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας οροφής κουβουκλίου του δώματος

Τύπος Κατασκευής :		Οροφή : Οροφή δώματος			
A/A	Ονομασία Υλικού	Διατομή Πολυστερίνης Πάχος Υλικού d (m)	Θερμική αγωγιμότητα υλικού λ (W/mK)	Διατομή Πολυστερίνης :Θερμική Αντίσταση Υλικού d/λ	Τυπική σχεδιαστική λεπτομέρεια
1	Ασφαλτόπανο	0,003	0,23	0,013	
2	Γαρμπιλόδεμα	0,05	0,6	0,083	
3	Ασφαλτομόνωση	0,003	0,23	0,013	
4	Ελαφροσκυρόδεμα	0,19	0,2	0,95	
5	Διπλή επίστρωση θερμής ασφάλτου	0,001	0,9	0,001	
6	Οπλισμένο σκυρόδεμα	0,12	2,5	0,048	
7	Ασβεστοτσιμεντοκονίαμα	0,02	0,87	0,023	
Αντίσταση Θερμοδιαφυγής R_A:				1,131	
Ροή Θερμότητας:		Ri (m² k/W)	Ra (m² k/W)	Συντελεστής Θερμοπερατότητας U_{δώμ} (W/m² k)	
Κατακόρυφη προς τα άνω		0,100	0,040	0,787+0,1= 0,787	
Σημείωση:		Δεν ικανοποιείται η απαίτηση για $U \leq 0,45 W/(m^2k)$			

Από τον παραπάνω Πίνακα προκύπτει ότι η θερμομόνωση της οροφής του κουβουκλίου είναι εκτός επιτρεπτών ορίων πράγμα που σημαίνει ότι θα πρέπει να γίνει επέμβαση για την βελτίωση της θερμομόνωσης.

- Κατακόρυφα δομικά στοιχεία

Το κτίριο Α αποτελείται από το δώμα, 3 ορόφους και το ισόγειο. Το ισόγειο και το δώμα παρουσιάζουν διαφορές σε σχέση με τους υπόλοιπους ορόφους και γι' αυτό θα μελετηθούν ξεχωριστά. Επίσης οι 3 όροφοι του κτιρίου είναι πανομοιότυποι και γι'

αυτό θα γίνει μελέτη για έναν μόνο τυπικό όροφο, χρησιμοποιώντας στη συνέχεια των υπολογισμών για το μέσο συντελεστή θερμοπερατότητας όλου το κτίριο, τα δεδομένα που έχουν προκύψει από αυτόν.

a) Πλευρική τοιχοποιία Δώματος

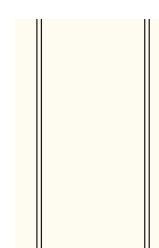
Στους παρακάτω πίνακες 3.17-3.19 παρουσιάζεται ο υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας της πλευρικής τοιχοποιίας του δώματος, ανάλογα με το είδος της τοιχοποιίας που εντοπίζεται .

- Επιχρισμένος Τοίχος

Αντίσταση Θερμοδιαφυγής : $R_A = 0,206 \text{ m}^2 \text{ k/W}$

$$\text{Συνολική Αντίσταση : } U = \frac{1}{R_T} + 0,1 = \frac{1}{R_i + R_A + R_a} + 0,1 = 2,76 \text{ W/ m}^2 \cdot \text{K}$$

Πίνακας 3. 17 :Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας πλευρικής τοιχοποιίας του κουβουκλίου του δώματος


Τύπος Κατασκευής :		Εξωτερικοί τοίχοι: Διπλά Επιχρισμένο Οπλισμένο σκυρόδεμα (0,44m)			
A/A	Ονομασία Υλικού	Διατομή Πολυστερίνης Πάχος Υλικού d (m)	Θερμική αγωγιμότητα υλικού λ (W/mK)	Διατομή Συμπαγούς :Θερμική Αντίσταση Υλικού d/λ	Τυπική σχεδιαστική λεπτομέρεια
1	Οπλισμένο σκυρόδεμα	0,4	2,5	0,16	
2	Ασβεστοτσιμεντοκονίαμα	0,04	0,046	0,046	
Αντίσταση Θερμοδιαφυγής R_A:				0,206	
Ροή Θερμότητας:		Ri (m² k/W)	Ra (m² k/W)	Συντελεστής Θερμοπερατότητας U (W/m² k)	
Οριζόντια θερμική ροή		0,13	0,04	2,66+0,1= 2,76	
Σημείωση:		Δεν ικανοποιείται η απαίτηση για $U \leq 0,5 \text{ W/(m}^2 \text{ k)}$			

- Ανεπίχριστος τοίχος

Αντίσταση Θερμοδιαφυγής : $R_A = 0, 16 \text{ m}^2 \text{ k/W}$

$$\text{Συνολική Αντίσταση : } U = \frac{1}{R_T} + 0,1 = \frac{1}{R_i + R_A + R_a} + 0,1 = 3, 671 \text{ W/ m}^2 \cdot \text{K}$$

Πίνακας 3. 18 : Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας ανεπίχριστης τοιχοποιίας του κουβουκλίου του δώματος

Τύπος Κατασκευής :		Εξωτερικοί τοίχοι: Ανεπίχριστο οπλισμένο σκυρόδεμα (0, 4m)			
A/A	Ονομασία Υλικού	Πάχος Υλικού d (m)	Θερμική αγωγιμότητα υλικού λ (W/mK)	Θερμική Αντίσταση Υλικού d/λ	Τυπική Σχεδιαστική Λεπτομέρεια
1	Οπλισμένο σκυρόδεμα	0, 4	2, 5	0, 16	
Αντίσταση Θερμοδιαφυγής R_A:				0, 16	
Ροή Θερμότητας:		Ri (m² k/W)	Ra (m² k/W)	Συντελεστής Θερμοπερατότητας U (W/m² k)	
Οριζόντια θερμική ροή		0, 13	0, 04	3, 571+0, 1= 3, 671	
Σημείωση:		Δεν ικανοποιείται η απαίτηση για $U \leq 0, 5 \text{ W/(m}^2 \text{ k)}$			

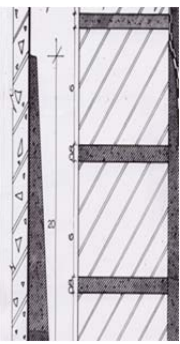
- Θερμομονωμένος τοίχος

Στον Πίνακα 3. 19 παρουσιάζεται ο υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας της όψης του δώματος της οποίας η τοιχοποιία είναι θερμομονωμένη.

Αντίσταση Θερμοδιαφυγής : $R_A = 0, 422 \text{ m}^2 \text{ k/W}$

$$\text{Συνολική Αντίσταση : } U = \frac{1}{R_T} + 0,1 = \frac{1}{R_i + R_A + R_a} + 0,1 = 1, 789 \text{ W/ m}^2 \cdot \text{K}$$

Πίνακας 3. 19 :Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας θερμομονωμένης τοιχοποιίας του κουβουκλίου του δώματος

Τύπος Κατασκευής :		Εξωτερικοί τοίχοι: Θερμομονωμένη Τοιχοποιία Δώματος			
A/A	Ονομασία Υλικού	Πάχος Υλικού d (m)	Θερμική αγωγιμότητα υλικού λ (W/mK)	Θερμική Αντίσταση Υλικού d/λ	Τυπική σχεδιαστική λεπτομέρεια
1	Οπλισμένο σκυρόδεμα	0, 4	2, 5	0, 16	
2	Ακίνητος αέρας	0, 05	0, 18	0, 278	
3	Οπτοπλινθοδομή	0, 09	1	0, 09	
4	Τσιμεντοκονίαμα	0, 02	1, 4	0, 014	
Αντίσταση Θερμοδιαφυγής R_A:				0, 422	
Ροή Θερμότητας:		Ri (m² k/W)	Ra (m² k/W)	Συντελεστής Θερμοπερατότητας U2 (W/m² k)	
Οριζόντια θερμική ροή		0, 13	0, 04	1, 689+0, 1= 1, 789	
Σημείωση:		Δεν ικανοποιείται η απαίτηση για $U \leq 0, 5 W/(m^2k)$			

Οι συντελεστές θερμοπερατότητας του κάθε δομικού στοιχείου της πλευρικής τοιχοποιίας του κουβουκλίου του δώματος είναι εκτός των επιτρεπτών ορίων, πράγμα που σημαίνει ότι πρέπει να γίνει επέμβαση για την βελτίωση της θερμομόνωσης τους.

Στον παρακάτω Πίνακα 3.20 γίνεται υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας του κουβουκλίου του δώματος.

$$U \text{ δώματος} = \frac{(U \cdot A)}{A} = \frac{365,631}{187,22} = 1,953 \text{ (W/m}^2 \cdot K)$$

Πίνακας 3. 20 : Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας του κουβουκλίου του δώματος

Συντελεστής Θερμοπερατότητας Κουβουκλίου Δώματος				
A/A	Δομικό στοιχείο	Επιφάνεια A(m ²)	Συντελεστής Θερμοπερατότητας U (W/m ² · K)	U · A
1	Ανεπίχριστο Οπλισμένο σκυρόδεμα (0, 4m)	34, 8	3, 671	127, 751
2	Διπλά Επίχρισμένο Οπλισμένο σκυρόδεμα (0, 44m)	50, 4	2, 76	139, 104
3	Θερμομονωμένη τοίχοποιία	6, 8	1, 789	12, 165
4	Οροφή	91, 8	0, 887	81, 427
5	Μεταλλικό κούφωμα	3, 42	6, 99	23, 906
Σύνολο		187, 22		384, 353
Συντελεστής Θερμοπερατότητας <i>U</i> δώματος (W/m ² k)		2, 053		

b) Τυπικός όροφος

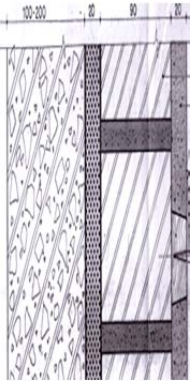
Για λόγους ευκολίας, οι τέσσερις όψεις του κτιρίου συμβολίζονται με Α, Β, Γ και Δ αντίστοιχα. Κάθε όροφος έχει 2 όψεις τοιχοποιίας (όψεις Γ και Δ), η οποία είναι και για τις δύο όψεις πανομοιότυπη και 2 όψεις (Α και Β) που αποτελούνται κυρίως από τοιχοπετάσματα. Στον Πίνακα 3. 21 παρουσιάζεται ο υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας της τοιχοποιίας των όψεων Γ και Δ ενός τυπικού ορόφου του κτιρίου Α.

Όψη Γ, Δ τυπικού ορόφου

Αντίσταση Θερμοδιαφυγής : $R_A = 0, 68 \text{ m}^2 \text{ k/W}$

$$\text{Συνολική Αντίσταση : } U = \frac{1}{R_T} + 0,1 = \frac{1}{R_i + R_A + R_a} + 0,1 = 1, 276 \text{ W/ m}^2 \cdot \text{K}$$

Πίνακας 3. 21 : Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας της εξωτερικής τοιχοποιίας των 2 όψεων του κτιρίου Α.

Τύπος Κατασκευής :		Εξωτερικοί τοίχοι :Θερμομονωμένη Τοιχοποιία όψεων Γ, Δ			
A/A	Ονομασία Υλικού	Διατομή Πολυστερίνης Πάχος Υλικού d (m)	Θερμική αγωγιμότητα υλικού λ (W/mK)	Διατομή Συμπαγούς :Θερμική Αντίσταση Υλικού d/λ	Τυπική σχεδιαστική λεπτομέρεια
1	Οπλισμένο σκυρόδεμα	0, 1	2, 5	0, 04	
2	Διογκωμένη πολυστερίνη	0, 02	0, 045	0, 444	
3	Οπτοπλινθοδομή	0, 09	0, 52	0, 173	
4	Ασβεστοτσιμεντο κονίαμα	0, 02	0, 87	0, 023	
Αντίσταση Θερμοδιαφυγής R_A:				0, 68	
Ροη Θερμότητας:		Ri (m² k/W)	Ra (m² k/W)	Συντελεστής Θερμοπερατότητας U (W/m² k)	
Οριζόντια θερμική ροή		0, 13	0, 04	1, 176+0, 1= 1, 276	
Σημείωση:		Δεν ικανοποιείται η απαίτηση για $U \leq 0, 5 W/(m^2k)$			

Από τον παραπάνω Πίνακα προκύπτει και πάλι ότι ο συντελεστής θερμοπερατότητας του εξεταζόμενου δομικού στοιχείου είναι εκτός ορίων και επομένως θα πρέπει να ληφθούν μέτρα για την βελτίωση της θερμομόνωσης του.

Όψη Α

Οι όψεις Α και Β αποτελούνται κυρίως από τοιχοπετάσματα καθώς καταλαμβάνουν το μεγαλύτερο τμήμα της επιφάνειάς τους, μάλιστα το είδος των τοιχοπετασμάτων σε κάθε όψη του κτιρίου που μελετάται είναι διαφορετικό, με αποτέλεσμα να υπάρχουν συνολικά 4 διαφορετικά είδη τοιχοπετασμάτων, δύο ανά όψη. Ωστόσο υπάρχουν και μικρές επιφάνειες οι οποίες αποτελούνται από τοιχοποιία, μία σε κάθε όψη και ένα μικρό τμήμα που καλύπτεται από κουφώματα, ένα σε κάθε όψη.

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι ο υπολογισμός των τοιχοπετασμάτων γίνεται σύμφωνα με την μεθοδολογία που ορίζει ο ΚΕΝΑΚ και η οποία καλύπτει τοιχοπετάσματα – υαλοπετάσματα στα οποία στη συγκεκριμένη περίπτωση το στοιχείο πλήρωσης των διακένων των πλαισίων είναι υαλοπίνακας και μελαμίνη.

Το πλαίσιο αποτελείται από δύο ορθοστάτες, τα κατακόρυφα τμήματα του πλαισίου και από τέσσερις τραβέρσες που είναι τα οριζόντια τμήματα του πλαισίου.

Ειδικότερα ορίζονται :

- Ως **ορθοστάτης** τα κατακόρυφα τμήματα του πλαισίου στήριξης του τοιχοπετάσματος.
- Ως **τραβέρσα** τα οριζόντια τμήματα του πλαισίου στήριξης του τοιχοπετάσματος.
- Ως **υαλοπίνακας κουφώματος**, ο υαλοπίνακας, ο οποίος βρίσκεται σε κούφωμα, το οποίο προσαρτάται στο πλαίσιο του τοιχοπετάσματος.
- Ως **πέτασμα**, στην συγκεκριμένη περίπτωση μελαμίνη, κάθε αδιαφανές στοιχείο πλήρωσης του τοιχοπετάσματος.

Ο υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας ενός τοιχοπετάσματος γίνεται σε ένα αντιπροσωπευτικό τμήμα του τοιχοπετάσματος. Ως αντιπροσωπευτικό ορίζεται το τμήμα το οποίο επαναλαμβάνεται περισσότερες της μιας φορές στην όψη. Εάν σε ένα τοιχοπέτασμα εμφανίζονται περισσότερα του ενός αντιπροσωπευτικά τοιχοπετάσματα, τότε υπολογίζεται ο συντελεστής κάθε διαφορετικού αντιπροσωπευτικού τοιχοπετάσματος και ο μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας δίνεται από την ακόλουθη σχέση :

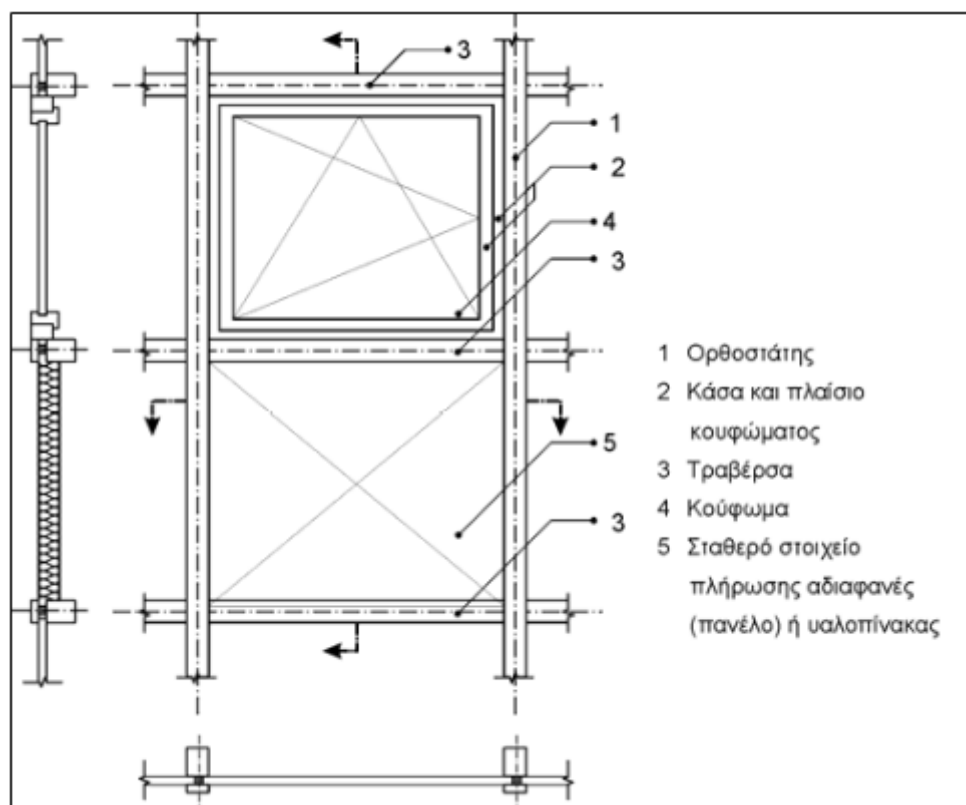
$$U_{cw} = \frac{\sum_{j=1}^n (U_{cw,j} \cdot A_j)}{\sum_{j=1}^n A_j} \quad [W / (m^2 \cdot K)] \quad (7)$$

Όπου : U_{cw} $[W / (m^2 \cdot K)]$ ο μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας του τοιχοπετάσματος,

$U_{cw, j}$ $[W / (m^2 \cdot K)]$ ο συντελεστής θερμοπερατότητας του τοιχοπετάσματος j ,

A_j $[m^2]$ το εμβαδό του αντιπροσωπευτικού τμήματος.

Στο παρακάτω Σχήμα 3.23 φαίνονται αναλυτικά η όψη και η τομή ενός τυπικού τοιχοπετάσματος.



Σχήμα 3. 23 : Επιφάνειες τοιχοπετάσματος με διαφορετικές θερμοφυσικές ιδιότητες.

Ο μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας του τοιχοπετάσματος υπολογίζεται από τους αντίστοιχους συντελεστές των επιμέρους στοιχείων πολλαπλασιασμένους με την αντίστοιχη επιφάνεια που καταλαμβάνουν στο υπό μελέτη στοιχείο και δίνεται από την παρακάτω σχέση :

$$U_{cw} = \frac{\sum A_g \cdot U_g + \sum A_p \cdot U_p + \sum A_f \cdot U_f + \sum A_{dp} \cdot U_{dp} + \sum A_{tr} \cdot U_{tr}}{A_{cw}} \quad [W / (m^2 \cdot K)] \quad (8)$$

Όπου U_{cw} $[W / (m^2 \cdot K)]$ ο μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας του τοιχοπετάσματος,

U_g $[W / (m^2 \cdot K)]$ ο συντελεστής θερμικής διαπερατότητας του υαλοπίνακα,

U_p $[W / (m^2 \cdot K)]$ ο συντελεστής θερμικής διαπερατότητας του πετάσματος, που στην συγκεκριμένη περίπτωση είναι η μελαμίνη.

U_f $[W / (m^2 \cdot K)]$ ο συντελεστής θερμικής διαπερατότητας των πλαισίων,

U_{dp} $[W / (m^2 \cdot K)]$ ο συντελεστής θερμικής διαπερατότητας των ορθοστατών,

U_{tr} $[W / (m^2 \cdot K)]$ ο συντελεστής θερμικής διαπερατότητας των τραβερσών,

A_g $[m^2]$ το εμβαδό του υαλοπίνακα πλήρωσης του τοιχοπετάσματος,

A_p $[m^2]$ το εμβαδό του πετάσματος πλήρωσης του τοιχοπετάσματος,

A_{dp} $[m^2]$ το εμβαδό ορθοστάτη του πλαισίου του τοιχοπετάσματος,

A_{tr} $[m^2]$ το εμβαδό της τραβέρσας του πλαισίου του τοιχοπετάσματος,

A_f $[m^2]$ το εμβαδό του πλαισίου

Η επιφάνεια του τοιχοπετάσματος υπολογίζεται σύμφωνα με τη σχέση :

$$A_{cw} = A_g + A_p + A_{dp} + A_{tr} + A_f \quad [m^2] \quad (9)$$

Στον Πίνακα 3. 22 παρουσιάζεται ο υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας για τα 2 επί μέρους τοιχοπετάσματα της όψης Α του κτιρίου.

Πίνακας 3. 22 : Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας των επί μέρους τοιχοπετασμάτων της όψης Α του κτιρίου.

Τύπος Κατασκευής :		Τοιχοπετάσματα :Τοιχοπέτασμα όψης Α		
Στοιχείο		Τοιχοπέτασμα 1		
A/A	Ονομασία Στοιχείου	Εμβαδό στοιχείου m^2	Συντελεστής Θερμοπερατότητας στοιχείου ($W/m^2 \cdot K$)	Πλήθος : n1
1	Τραβέρσα	Atr	Utr	2
		0, 863	3, 8	
2	Ορθοστάτης	Adp	Udp	
		0, 449	3, 8	
3	Υαλοπίνακας	Ag	Ug	
		4, 606	5, 71	
4	Μελαμίνη	Ap	Up	
		1, 372	0, 72	
5	Πλαίσιο	Af	Uf	
		0, 127	7	
Ροή Θερμότητας:		Ri ($m^2 k/W$)	Ra ($m^2 k/W$)	Συντελεστής Θερμοπερατότητας U ($W/m^2 k$)
Οριζόντια θερμική ροή		0, 13	0, 04	4, 471+0, 1=4, 571
Σημείωση:		Δεν ικανοποιείται η απαίτηση για $U \leq 3 W/(m^2 k)$		
Στοιχείο		Τοιχοπέτασμα 2		
A/A	Ονομασία Στοιχείου	Εμβαδό στοιχείου m^2	Συντελεστής Θερμοπερατότητας στοιχείου ($W/m^2 \cdot K$)	Πλήθος : n2
1	Τραβέρσα	Atr	Utr	26
		0, 1	2, 5	
2	Ορθοστάτης	Adp	Udp	
		0, 02	0, 045	

3	Υαλοπίνακας	Ag	Ug	
		0, 09	0, 52	
4	Μελαμίνη	Ap	Up	
		0, 02	0, 87	
5	Πλαίσιο	Af	Uf	
Ροή Θερμότητας:		Ri (m² k/W)	Ra (m² k/W)	Συντελεστής Θερμοπερατότητας U (W/m² k)
Οριζόντια θερμική ροή		0, 13	0, 04	4, 336+0, 1= 4, 436
Σημείωση:		Δεν ικανοποιείται η απαίτηση για $U \leq 3 W/(m^2 k)$		

Στον Πίνακα 3. 23 παρουσιάζεται ο υπολογισμός του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας του τοιχοπετάσματος το οποίο αποτελείται από τα 2 επί μέρους τοιχοπετάσματα. Εισάγοντας τους συντελεστές θερμοπερατότητας των 2 τοιχοπετασμάτων όπως έχουν υπολογιστεί από τον παραπάνω Πίνακα στην σχέση 7 προκύπτει :

$$U_{cw} = \frac{\sum_{j=1}^n (U_{cw,j} \cdot A_j)}{\sum_{j=1}^n A_j} \quad [W / (m^2 \cdot K)] \quad (7)$$

$$U_{cw} = \frac{n_1 \cdot U_{cw,1} \cdot A_1 + n_2 \cdot U_{cw,2} \cdot A_2}{n_1 \cdot A_1 + n_2 \cdot A_2} \Rightarrow U_{cw} = 4, 449 [W / (m^2 \cdot K)]$$

Πίνακας 3. 23 : Υπολογισμός μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας όλου του τοιχοπετάσματος της όψης Α ενός τυπικού ορόφου του κτιρίου Α.

Στοιχείο		Τοιχοπέτασμα Όψης Α			
A/A	Δομικό Στοιχείο	Εμβαδό στοιχείου Ai (m ²)	Συντελεστής Θερμοπερατότητας στοιχείου Ui (W/m ² ·K)	Πλήθος : ni	U _i · A _i · n _i
1	Τοιχοπέτασμα 1	7, 417	4, 571	2	66, 323
2	Τοιχοπέτασμα 2	5, 512	4, 436	26	621, 401
Ροή Θερμότητας:		Ri (m² k/W)	Ra (m² k/W)	Συντελεστής Θερμοπερατότητας U_{cw} (W/m² k)	
Οριζόντια θερμική ροή		0, 13	0, 04	4, 449	
Σημείωση:		Δεν ικανοποιείται η απαίτηση για $U \leq 3 W/(m^2 k)$			

Από τον παραπάνω Πίνακα 3.23 φαίνεται ότι ο μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας των τοιχοπετασμάτων της όψης Α του κτιρίου Α δεν είναι εντός των επιτρεπτών ορίων, που σημαίνει ότι θα πρέπει να γίνει επέμβαση για την βελτίωση της θερμομόνωσης των τοιχοπετασμάτων, αν όχι αντικατάστασή τους.

Στον Πίνακα 3. 24 παρουσιάζεται ο υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας της τοιχοποιίας της όψης Α του κτιρίου Α.

Αντίσταση Θερμοδιαφυγής : $R_A = 0,055 \text{ m}^2 \text{ k/W}$

$$\text{Συνολική Αντίσταση : } U = \frac{1}{R_T} + 0,1 = \frac{1}{R_i + R_A + R_a} + 0,1 = 4,544 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

Πίνακας 3. 24 : Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας εξωτερικής τοιχοποιίας της όψης Α ενός τυπικού ορόφου του κτιρίου Α.

Τύπος Κατασκευής :		Εξωτερικοί τοίχοι :Επιχρισμένο Σκυρόδεμα(0, 1m) Α			
A/A	Ονομασία Υλικού	Διατομή Πολυστερίνης Πάχος Υλικού d (m)	Θερμική αγωγιμότητα υλικού λ (W/mK)	Διατομή Συμπαγούς :Θερμική Αντίσταση Υλικού d/λ	Τυπική σχεδιαστική λεπτομέρεια
1	Οπλισμένο σκυρόδεμα	0,08	2,5	0,04	
2	Ασβεστοτσιμεντο κονίαμα	0,02	0,87	0,023	
Αντίσταση Θερμοδιαφυγής R_A:				0,055	
Ροή Θερμότητας:		Ri (m² k/W)	Ra (m² k/W)	Συντελεστής Θερμοπερατότητας U (W/m² k)	
Οριζόντια θερμική ροή		0,13	0,04	4,444+0,1= 4,544	
Σημείωση:		Δεν ικανοποιείται η απαίτηση για $U \leq 0,5 \text{ W/(m}^2 \text{ k)}$			

Από τον συντελεστή θερμοπερατότητας που προέκυψε από τον παραπάνω Πίνακα, είναι προφανές ότι πρέπει να γίνει επέμβαση για την βελτίωση της θερμομόνωσης στο εξεταζόμενο δομικό στοιχείο.

Όψη Β

Όπως έχει προαναφερθεί οι όψεις Α και Β έχουν και οι δύο από δύο διαφορετικά τοιχοπετάσματα. Στον Πίνακα 3. 25 παρουσιάζεται ο υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας των δύο τοιχοπετασμάτων της όψης Β

Πίνακας 3. 25 : Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας των 2 τοιχοπετασμάτων της όψης Β του κτιρίου Α για έναν τυπικό όροφο.

Τύπος Κατασκευής :		Τοιχοπετάσματα :Τοιχοπέτασμα όψης Β		
Στοιχείο		Τοιχοπέτασμα 1		
A/A	Ονομασία Στοιχείου	Εμβαδό στοιχείου m^2	Συντελεστής Θερμοπερατότητας στοιχείου ($W/m^2 \cdot K$)	Πλήθος : n1
1	Τραβέρσα	Atr	Utr	2
		0, 863	3, 8	
2	Ορθοστάτης	Adp	Udp	
		0, 449	3, 8	
3	Υαλοπίνακας	Ag	Ug	
		4, 606	5, 71	
4	Μελαμίνη	Ap	Up	
		1, 372	0, 72	
5	Πλαίσιο	Af	Uf	
		0, 095	7	
Ροή Θερμότητας:		Ri ($m^2 k/W$)	Ra ($m^2 k/W$)	Συντελεστής Θερμοπερατότητας U ($W/m^2 k$)
Οριζόντια θερμική ροή		0, 13	0, 04	4, 471+0, 1= 4, 571
Σημείωση:		Δεν ικανοποιείται η απαίτηση για $U \leq 3 W/(m^2 k)$		
Στοιχείο		Τοιχοπέτασμα 2		
A/A	Ονομασία Στοιχείου	Εμβαδό στοιχείου m^2	Συντελεστής Θερμοπερατότητας στοιχείου ($W/m^2 \cdot K$)	Πλήθος : n2
1	Τραβέρσα	Atr	Utr	10
		1, 782	3, 8	
2	Ορθοστάτης	Adp	Udp	
		0, 68	3, 8	
3	Υαλοπίνακας	Ag	Ug	
		2, 35	5, 71	
4	Μελαμίνη	Ap	Up	

		0,7	0,72	
5	Πλαίσιο	Af	Uf	
		0,089	7	
Ροή Θερμότητας:		Ri (m² k/W)	Ra (m² k/W)	Συντελεστής Θερμοπερατότητας U (W/m² k)
Οριζόντια θερμική ροή		0,13	0,04	4,779+0,1= 4,879
Σημείωση:		Δεν ικανοποιείται η απαίτηση για $U \leq 3 \text{ W}/(\text{m}^2\text{k})$		

Στον Πίνακα 3.26 παρουσιάζεται ο υπολογισμός του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας του τοιχοπετάσματος το οποίο αποτελείται από τα 2 επί μέρους τοιχοπετάσματα. Εισάγοντας τους συντελεστές θερμοπερατότητας των 2 τοιχοπετασμάτων όπως έχουν υπολογιστεί από τον παραπάνω Πίνακα στην σχέση 7 προκύπτει :

$$U_{cw} = \frac{\sum_{j=1}^n (U_{cw,j} \cdot A_j)}{\sum_{j=1}^n A_j} \quad [W / (m^2 \cdot K)] \quad (7)$$

$$U_{cw} = \frac{n_1 \cdot U_{cw,1} \cdot A_1 + n_2 \cdot U_{cw,2} \cdot A_2}{n_1 \cdot A_1 + n_2 \cdot A_2} \Rightarrow U_{cw} = 4,932 [W / (m^2 \cdot K)]$$

Πίνακας 3. 26 : Υπολογισμός μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας όλου του τοιχοπετάσματος της όψης Β ενός τυπικού ορόφου του κτιρίου Α.

Στοιχείο		Τοιχοπέτασμα Όψης Β			
A/A	Δομικό Στοιχείο	Εμβαδό στοιχείου Ai (m ²)	Συντελεστής Θερμοπερατότητας στοιχείου Ui (W/m ² ·K)	Πλήθος : ni	U _i · A _i · n _i
1	Τοιχοπέτασμα 1	7,385	5,135	2	74,367
2	Τοιχοπέτασμα 2	5,601	4,879	10	267,672
Ροή Θερμότητας:		Ri (m² k/W)	Ra (m² k/W)	Συντελεστής Θερμοπερατότητας U_{cw} (W/m² k)	
Οριζόντια θερμική ροή		0,13	0,04	4,932	
Σημείωση:		Δεν ικανοποιείται η απαίτηση για $U \leq 3 \text{ W}/(\text{m}^2\text{k})$			

Από τον παραπάνω Πίνακα προκύπτει όπως και ήταν αναμενόμενο ότι ο συντελεστής θερμοπερατότητας του τοιχοπετάσματος της όψης Β του κτιρίου, είναι και αυτός εκτός των επιτρεπτών ορίων που ορίζει ο κανονισμός, επομένως είναι απαραίτητο να αντικατασταθούν τα τοιχοπετάσματα της όψης του κτιρίου ή να γίνει κάποια επέμβαση με σκοπό την βελτίωση της θερμομόνωσης τους.

Στον Πίνακα 3. 27 παρουσιάζεται ο υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας της τοιχοποιίας της όψης Β ενός τυπικού ορόφου του κτιρίου Α.

Αντίσταση Θερμοδιαφυγής : $R_A = 0,191 \text{ m}^2 \text{ k/W}$

$$\text{Συνολική Αντίσταση : } U = \frac{1}{R_T} + 0,1 = \frac{1}{R_i + R_A + R_a} + 0,1 = 2,87 \text{ W/ m}^2 \cdot \text{K}$$

Πίνακας 3. 27 : Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας εξωτερικής τοιχοποιίας της όψης Β ενός τυπικού ορόφου του κτιρίου Α.

Τύπος Κατασκευής :		Εξωτερικοί τοίχοι : Διπλά επιχρισμένη Οπτοπλινθοδομή (0, 12m)			
A/A	Ονομασία Υλικού	Πάχος Υλικού d (m)	Θερμική αγωγιμότητα υλικού λ (W/mK)	Θερμική Αντίσταση Υλικού d/λ	Τυπική σχεδιαστική λεπτομέρεια
1	Τσιμεντοκονίαμα	0,02	1,4	0,014	
2	Οπτοπλινθοδομή	0,08	0,52	0,154	
3	Ασβεστοτσιμεντοκονίαμα	0,02	0,87	0,023	
Αντίσταση Θερμοδιαφυγής R_A:				0,191	Πλήθος
Ροή Θερμότητας:		R_i ($\text{m}^2 \text{ k/W}$)	R_a ($\text{m}^2 \text{ k/W}$)	Συντελεστής Θερμοπερατότητας U ($\text{W/m}^2 \text{ k}$)	7
Οριζόντια θερμική ροή		0,13	0,04	$2,77+0,1=2,87$	
Σημείωση:		Δεν ικανοποιείται η απαίτηση για $U \leq 0,5 \text{ W/(m}^2 \text{ k)}$			

Από τον παραπάνω Πίνακα 3.27 προκύπτει ότι ο συντελεστής θερμοπερατότητας του δομικού στοιχείου που υπολογίστηκε, είναι εκτός των επιτρεπτών ορίων.

Στον ακόλουθο Πίνακα 3.28 παρουσιάζεται ο υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας ενός τυπικού ορόφου του κτιρίου Α.

$$U \text{ τυπικού ορόφου} = \frac{(U \cdot A)}{A} = \frac{1605,69}{446,172} = 3,599 \text{ (W/m}^2 \cdot \text{K)}$$

Πίνακας 3. 28 : Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας ενός τυπικού ορόφου.

Συντελεστής θερμοπερατότητας τυπικού ορόφου					
Όψη	A/A	Δομικό στοιχείο	Επιφάνεια A(m ²)	Συντελεστής Θερμοπερατότητας U (W/m ² · K)	U · A
Όψη Α	1	Τοιχοπέτασμα	158, 146	4, 449	703, 592
	2	Επιχρισμένο Σκυρόδεμα(0, 1m)	19, 6	4, 544	89, 062
	3	Υαλοπίνακας	5, 328	4, 837	25, 772
Όψη Β	4	Τοιχοπέτασμα	70, 78	4, 932	349, 087
	5	Διπλά επιχρισμένη Οπτοπλινθοδομή(0, 12m)	63, 7	2, 87	182, 819
	6	Υαλοπίνακας	22, 918	5, 265	120, 663
Όψη Γ	7	Θερμομονωμένη Τοιχοποιία	52, 85	1, 276	67, 437
Όψη Δ	8	Θερμομονωμένη Τοιχοποιία	52, 85	1, 276	67, 437
Σύνολο			446, 172		1. 605, 869

c) Ισόγειο

Το ισόγειο μελετάται ξεχωριστά και αυτό επειδή δεν παρουσιάζει ομοιότητες με τους ορόφους του κτιρίου και επομένως δεν μπορεί να μελετηθεί με βάση τα στοιχεία του τυπικού ορόφου. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι τα τοιχοπετάσματα που εμφανίζονται στις 2 όψεις του ισογείου είναι όμοια με το τοιχοπέτασμα 2 της όψης Α.

Όψη Α

Η επιφάνεια της όψης Α του ισογείου αποτελείται αποκλειστικά από τοιχοπέτασμα, όμοιο με το τοιχοπέτασμα 2 της όψης Α του τυπικού ορόφου του κτιρίου και από επιχρισμένη τοιχοποιία σε δύο διαφορετικά πάχη. Τα θερμικά χαρακτηριστικά τους υπάρχουν στους Πίνακες 3. 18 και 3. 25 αντίστοιχα.

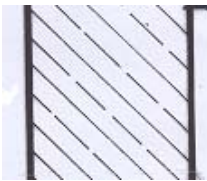
Όψη Β

Η επιφάνεια της όψης Β του ισογείου αποτελείται και αυτή από τοιχοπέτασμα όμοιο με αυτό της όψης Α του ισογείου και από τοιχοποιία της οποίας ο συντελεστής θερμοπερατότητας παρουσιάζεται παρακάτω.

Αντίσταση Θερμοδιαφυγής : $R_A = 0,06 \text{ m}^2 \text{ k/W}$

$$\text{Συνολική Αντίσταση : } U = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_i + R_A + R_a} + 0,1 = 3,225 \text{ W/ m}^2 \cdot \text{K}$$

Πίνακας 3.29 : Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας εξωτερικής τοιχοποιίας της όψης Β ενός τυπικού ορόφου του κτιρίου Α.

Τύπος Κατασκευής :		Εξωτερικοί τοίχοι :Οπλισμένο σκυρόδεμα (0. 15m)			
A/A	Ονομασία Υλικού	Πάχος Υλικού d (m)	Θερμική αγωγιμότητα υλικού λ (W/mK)	Θερμική Αντίσταση Υλικού d/λ	Τυπική σχεδιαστική λεπτομέρεια
1	Οπλισμένο σκυρόδεμα	0, 15	2, 5	0, 06	
Αντίσταση Θερμοδιαφυγής R_A:				0, 06	
Ροή Θερμότητας:		Ri (m² k/W)	Ra (m² k/W)	Συντελεστής Θερμοπερατότητας U (W/m² k)	
Οριζόντια θερμική ροή		0, 13	0, 13	3, 125+0, 1= 3, 225	
Σημείωση:		Δεν ικανοποιείται η απαίτηση για $U \leq 0,5 \text{ W/(m}^2\text{k)}$			

Από τον παραπάνω Πίνακα προκύπτει ότι ο συντελεστής θερμοπερατότητας του εξεταζόμενου δομικού στοιχείου είναι εκτός των επιτρεπτών ορίων που ορίζει ο ΚΕΝΑΚ και επομένως θα πρέπει να γίνει επέμβαση για την βελτίωση της θερμομόνωσης του. Ωστόσο θα πρέπει να σημειωθεί ότι το συγκεκριμένο δομικό στοιχείο έρχεται σε επαφή με μη θερμαινόμενο χώρο και γι' αυτό στον υπολογισμό του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας του κτιρίου θα πρέπει να γίνει εισαγωγή του μειωτικού συντελεστή b στους υπολογισμούς, που ισούται με 0, 5.

Όψη Γ

Ένα τμήμα της όψης Γ του ισογείου αποτελείται από τοιχοπέτασμα, όμοιο με αυτό των προηγούμενων όψεων του ισογείου και από τοιχοποιία της οποίας τα θερμικά χαρακτηριστικά δίνονται από τον Πίνακα 3. 27.

Όψη Δ

Η όψη Δ του ισογείου του κτιρίου αποτελείται στο μεγαλύτερο τμήμα της επιφάνειας της από τοιχοποιία και σε ένα μικρό κομμάτι από υαλοπίνακα. Η τοιχοποιία της όψης που μελετάται αποτελείται από δομικά στοιχεία που κατά περιπτώσεις διαφέρουν μεταξύ τους. Γι' αυτό υπάρχουν τμήματα των οποίων η τοιχοποιία αποτελείται από οπλισμένο σκυρόδεμα και ασβεστοτσιμεντοκονίαμα και τμήματα των οποίων η τοιχοποιία αποτελείται από οπτοπλινθοδομή και ασβεστοτσιμεντοκονίαμα. Στον Πίνακα 3. 30 παρουσιάζονται συγκεντρωτικά οι συντελεστές θερμοπερατότητας όλων των διαφορετικών ειδών τοιχοποιίας που συναντώνται στην όψη Δ του κτιρίου.

Πίνακας 3. 30 : Υπολογισμός συντελεστών θερμοπερατότητας δομικών στοιχείων της τοιχοποιίας της όψης Δ του ισογείου του κτιρίου Α.

Τύπος Κατασκευής :		Εξωτερικοί τοίχοι :Τοιχοποιίες όψης Δ ισογείου Α) επιχρισμένο σκυρόδεμα (0, 37m) Β)Διπλά επιχρισμένη οπτοπλινθοδομή (0, 12m)			
Ροή Θερμότητας:		Ri (m ² k/W)		Ra (m ² k/W)	
Οριζόντια θερμική ροή		0, 13		0, 13	
A/A	Ονομασία Υλικού	Πάχος Υλικού d (m)	Θερμική αγωγιμότητα υλικού λ (W/mK)	Θερμική Αντίσταση Υλικού d/λ	Τυπική σχεδιαστική λεπτομέρεια
1	Οπλισμένο σκυρόδεμα	0, 35	2, 5	0, 14	
2	Ασβεστοτσιμεντοκονίαμα	0, 02	0, 87	0, 023	
Αντίσταση Θερμοδιαφυγής R_A:		0, 163	Συντελεστής Θερμοπερατότητας U (W/m² k) :		2, 364+0, 1=2, 464
A/A	Ονομασία Υλικού	Πάχος Υλικού d (m)	Θερμική αγωγιμότητα υλικού λ (W/mK)	Θερμική Αντίσταση Υλικού d/λ	Τυπική σχεδιαστική λεπτομέρεια
1	Ασβεστοτσιμεντοκονίαμα	0, 02	0, 87	0, 023	
2	Οπτοπλινθοδομή	0, 08	0, 52	0, 154	
3	Ασβεστοτσιμεντοκονίαμα	0, 02	0, 87	0, 023	
Αντίσταση Θερμοδιαφυγής R_A:		0, 2	Συντελεστής Θερμοπερατότητας		2, 174+0, 1= 2, 274

		$U \text{ (W/m}^2 \text{ k) :}$	
Σημείωση:	Δεν ικανοποιείται η απαίτηση για $U \leq 0,5 \text{ W/(m}^2 \text{ k)}$		

Από τον παραπάνω Πίνακα προκύπτει ότι κανένα τμήμα της επιφάνειας της όψης Δ του ισογείου δεν έχει συντελεστή θερμοπερατότητας που να είναι εντός των ορίων που ορίζει ο Κενάκ, πράγμα που σημαίνει ότι θα πρέπει να γίνει επέμβαση για την θερμομονωτική συμπεριφορά των δομικών στοιχείων.

Στον Πίνακα 3. 31 παρουσιάζεται ο υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας του ισογείου.

$$U \text{ ισογείου} = \frac{(U \cdot A)}{A} = \frac{877,946}{241,622} = 3,634 \text{ (W/m}^2 \cdot \text{K)}$$

Πίνακας 3. 31 : Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας του ισογείου του κτιρίου Α.

Συντελεστής θερμοπερατότητας ισογείου						
Όψη	A/A	Δομικό στοιχείο	Επιφάνεια A(m ²)	Συντελεστής Θερμοπερατότητας U (W/m ² · K)	U·A·b	Μειωτικός συντελεστής b
Όψη Α	1	Τοιχοπέτασμα	57, 575	4, 571	263, 175	1
	2	Επιχρισμένο οπλισμένο σκυρόδεμα (0, 1m)	9, 8	4, 544	44, 531	1
	3	Επιχρισμένο Οπλισμένο Σκυρόδεμα (0, 4m)	3, 278	2, 76	9, 047	1
Όψη Β	4	Τοιχοπέτασμα	30, 705	4, 571	140, 353	1
	5	Οπλισμένο σκυρόδεμα (0, 15m)	12, 765	4, 448	56, 779	1
	6	Οπλισμένο σκυρόδεμα (0, 15m)	10, 695	3, 225	17, 246	0, 5
Όψη Γ	7	Τοιχοπέτασμα	38, 123	4, 571	174, 26	1
	8	Διπλά Επιχρισμένη οπτοπλινθοδομή (0, 12m)	33, 12	2, 87	95, 054	1
Όψη Δ	9	Υαλοπίνακας	12, 075	6, 1	36, 829	0, 5
	10	Επιχρισμένο Οπλισμένο σκυρόδεμα(0, 35m)	13, 283	2, 464	16, 365	0, 5
	11	Επιχρισμένη Οπτοπλινθοδομή	16, 905	2, 274	19, 221	0, 5

	12	Τοιχοποιία	3, 278	3, 103	5, 086	0, 5
Σύνολο			241, 622		877, 946	

- Δάπεδο

Το κτίριο Α έχει υπόγειο το οποίο είναι μη θερμαινόμενος χώρος και επομένως δεν λαμβάνεται υπόψη στην μελέτη θερμομόνωσης. Άρα ως δάπεδο του κτιρίου έχει θεωρηθεί μια επιφάνεια η οποία αποτελείται από επί μέρους επιφάνειες πάνω από διαφορετικούς χώρους. Πιο συγκεκριμένα το δάπεδο του ισόγειου του κτιρίου Α αποτελείται από επιφάνεια πάνω από το υπόγειο του κτιρίου. Οι άλλες δύο επιφάνειες ανήκουν στο δάπεδο του 1^{ου} ορόφου του κτιρίου και έρχονται σε επαφή με την πυλωτή, που είναι μη θερμαινόμενος χώρος και με το εξωτερικό περιβάλλον αντίστοιχα. Επίσης θα πρέπει να αναφερθεί ότι η τσιμεντόπλακα και των τριών επιφανειών που απαρτίζουν την επιφάνεια του δαπέδου που μελετάται, είναι σύνθετο δομικό στοιχείο και ειδικότερα πρόκειται για τσιμεντόπλακα με διαδοκιδώσεις όπως ακριβώς και της οροφής του κτιρίου. Το μόνο που αλλάζει στην περίπτωση της τσιμεντόπλακας του δαπέδου είναι ότι δεν υπάρχουν υλικά θερμομόνωσης και ότι στους υπολογισμούς των αντίστοιχων συντελεστών θερμοπερατότητας ανά διατομή του δομικού στοιχείου αλλάζουν οι τιμές των R_i και R_a .

Στον Πίνακα 3. 32 παρουσιάζεται ο υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας του δαπέδου του ισόγειου του κτιρίου Α.

Αντίσταση Θερμοδιαφυγής : $R_A = 7, 744 \text{ m}^2 \text{ k/W}$

$$\text{Συνολική Αντίσταση : } U = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_i + R_A + R_a} = 0, 124 \text{ W/ m}^2 \cdot \text{K}$$

Πίνακας 3. 32 : Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας της επιφάνειας του δαπέδου που βρίσκεται στο ισόγειο του κτιρίου Α

Τύπος Κατασκευής :		Δάπεδο : Διατομή Πολυστερίνης			
A/A	Ονομασία Υλικού	Διατομή Πολυστερίνης Πάχος Υλικού d (m)	Θερμική αγωγιμότητα υλικού λ (W/mK)	Διατομή Πολυστερίνης :Θερμική Αντίσταση Υλικού d/λ	Τυπική σχεδιαστική λεπτομέρεια
1	Μάρμαρο	0, 03	3, 5	0, 009	
2	Τσιμεντοκονίαμα	0, 02	1, 4	0, 014	
4	Ελαφροσκυρόδεμα	0, 19	0, 2	0, 95	
5	Διπλή επίστρωση θερμής ασφάλτου	0, 001	0, 9	0, 001	

6	Οπλισμένο σκυρόδεμα	0, 1	2, 5	0, 04	
7	Διογκωμένη πολυστερίνη	0, 3	0, 045	6, 667	
8	Οπλισμένο σκυρόδεμα	0, 1	2, 5	0, 04	
9	Ασβεστοτσιμεντοκονίαμα	0, 02	0, 87	0, 023	
Αντίσταση Θερμοδιαφυγής R_A:				7, 744	
Ροή Θερμότητας:		R_i ($m^2 k/W$)	R_a ($m^2 k/W$)	Συντελεστής Θερμοπερατότητας U_1 ($W/m^2 k$)	
Κατακόρυφη προς τα κάτω		0, 170	0, 170	0, 124	

Στον Πίνακα 3. 33 παρουσιάζεται ο υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας για τη διατομή συμπαγούς, του δαπέδου του κτιρίου Α που βρίσκεται στο ισόγειο.

Αντίσταση Θερμοδιαφυγής : $R_A = 1, 197 m^2 k/W$

$$\text{Συνολική Αντίσταση : } U = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_i + R_A + R_a} = 0, 651 W/ m^2 \cdot K$$

Πίνακας 3. 33 : Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας διατομής συμπαγούς του δαπέδου του ισογείου του κτιρίου Α

Τύπος Κατασκευής :		Δάπεδο : Διατομή Συμπαγούς			
A/A	Ονομασία Υλικού	Διατομή Πολυστερίνης Πάχος Υλικού d (m)	Θερμική αγωγιμότητα υλικού λ (W/mK)	Διατομή Συμπαγούς : Θερμική Αντίσταση Υλικού d/λ	Τυπική σχεδιαστική λεπτομέρεια
1	Μάρμαρο	0, 03	3, 5	0, 009	
2	Τσιμεντοκονίαμα	0, 02	1, 4	0, 014	
4	Ελαφροσκυρόδεμα	0, 19	0, 2	0, 95	
5	Διπλή επίστρωση θερμής ασφάλτου	0, 001	0, 9	0, 001	
6	Οπλισμένο σκυρόδεμα	0, 5	2, 5	0, 02	
7	Ασβεστοτσιμεντοκονίαμα	0, 02	0, 87	0, 023	

Αντίσταση Θερμοδιαφυγής R_A:			1, 197
Ροή Θερμότητας:	Ri (m² k/W)	Ra (m² k/W)	Συντελεστής Θερμοπερατότητας U_2 (W/m² k)
Κατακόρυφη προς τα άνω	0, 170	0, 170	0, 651

Στον Πίνακα 3. 34 υπολογίζεται ο συντελεστής θερμοπερατότητας της τσιμεντόπλακας Zollner του δαπέδου του ισογείου εισάγοντας τα αποτελέσματα των 2 τελευταίων πινάκων στις μεταβλητές της σχέσης (6).

Συντελεστής θερμοπερατότητας τσιμεντόπλακας Zollner :

$$U = \frac{\sum_{j=1}^n U_j \cdot A_j}{\sum_{j=1}^v A_j} \quad [W / m^2 \cdot K] \quad (6)$$

$$U_{ZOLLNER} = \frac{A1 \cdot U1 + A2 \cdot U2}{A1 + A2} \Rightarrow U_{ZOLLNER} = 0,355W / m^2 \cdot K$$

Συνυπολογίζοντας και τις θερμογέφυρες προκύπτει $U_{ZOLLNER,ισογείου} = 0,355 + 0,1 = 0,455W / m^2 \cdot K$

Πίνακας 3. 34: Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας τσιμεντόπλακας Zollner του δαπέδου του ισογείου του κτιρίου Α

Τύπος Κατασκευής :		Τμήμα Οροφής : Τσιμεντόπλακα Zollner	
A/A	Είδος διατομής επί της επιφάνειας του δαπέδου.	Συντελεστής θερμοπερατότητας διατομής U_i (W / m ² · K)	Ποσοστό διατομής επί της συνολικής επιφάνειας της οροφής A_i (m ²)
1	Διογκωμένη πολυστερίνη	0, 124	56, 13%
2	Συμπαγές Σκυρόδεμα	0, 651	43, 87%
Συντελεστής θερμοπερατότητας $U_{ZOLLNER,ισογείου}$		0, 355+0, 1=0, 455	
Σημείωση:		Δεν ικανοποιείται η απαίτηση για $U \leq 0, 45 W / (m^2 k)$	

Από τον παραπάνω Πίνακα προκύπτει ότι ο συντελεστής θερμοπερατότητας του δαπέδου του ισόγειου βρίσκεται οριακά εκτός των ορίων που ορίζει ο ΚΕΝΑΚ κι επομένως δεν κρίνεται απαραίτητη η επέμβαση για βελτίωση της θερμομόνωσης του δομικού στοιχείου.

Στον Πίνακα 3. 35 παρουσιάζεται ο υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας της επιφάνειας του δαπέδου του Α ορόφου που έρχεται σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα.

Αντίσταση Θερμοδιαφυγής : $R_A = 7,744 \text{ m}^2 \text{ k/W}$

$$\text{Συνολική Αντίσταση : } U = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_i + R_A + R_a} = 0,126 \text{ W/ m}^2 \cdot \text{K}$$

Πίνακας 3. 35 : Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας της διατομής πολυστερίνης της επιφάνειας του δαπέδου που βρίσκεται στο ισόγειο του 1^{ου} ορόφου του κτιρίου Α και έχει επαφή με τον εξωτερικό αέρα.

Τύπος Κατασκευής :		Δάπεδο : Διατομή Πολυστερίνης			
A/A	Ονομασία Υλικού	Διατομή Πολυστερίνης Πάχος Υλικού d (m)	Θερμική αγωγιμότητα υλικού λ (W/mK)	Διατομή Πολυστερίνης :Θερμική Αντίσταση Υλικού d/λ	Τυπική σχεδιαστική λεπτομέρεια
1	Μάρμαρο	0,03	3,5	0,009	
2	Τσιμεντοκονίαμα	0,02	1,4	0,014	
4	Ελαφροσκυρόδεμα	0,19	0,2	0,95	
5	Διπλή επίστρωση θερμής ασφάλτου	0,001	0,9	0,001	
6	Οπλισμένο σκυρόδεμα	0,1	2,5	0,04	
7	Διογκωμένη πολυστερίνη	0,3	0,045	6,667	
8	Οπλισμένο σκυρόδεμα	0,1	2,5	0,04	
9	Ασβαστοτσιμεντοκονίαμα	0,02	0,87	0,023	
Αντίσταση Θερμοδιαφυγής R_A:				7,744	
Ροή Θερμότητας:	R_i (m² k/W)	R_a (m² k/W)	Συντελεστής Θερμοπερατότητας U_1 (W/m² k)		

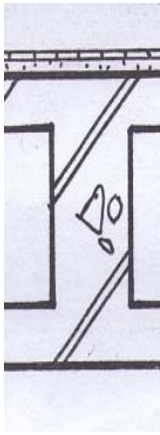
Κατακόρυφη προς τα κάτω	0, 17	0, 04	0, 126	

Στον Πίνακα 3. 36 παρουσιάζεται ο υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας της διατομής συμπαγούς της επιφάνειας του δαπέδου του Α ορόφου που έρχεται σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα

Αντίσταση Θερμοδιαφυγής : $R_A = 1, 197 \text{ m}^2 \text{ k/W}$

$$\text{Συνολική Αντίσταση : } U = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_i + R_A + R_a} = 0, 711 \text{ W/ m}^2 \cdot \text{K}$$

Πίνακας 3. 36 : Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας διατομής συμπαγούς του δαπέδου του Α ορόφου του κτιρίου Α που έρχεται σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα.

Τύπος Κατασκευής :		Δάπεδο : Διατομή Συμπαγούς			
A/A	Ονομασία Υλικού	Διατομή Πολυστερίνης Πάχους Υλικού d (m)	Θερμική αγωγιμότητα υλικού λ (W/mK)	Διατομή Συμπαγούς :Θερμική Αντίσταση Υλικού d/λ	Τυπική σχεδιαστική λεπτομέρεια
1	Μάρμαρο	0, 03	3, 5	0, 009	
2	Τσιμεντοκονίαμα	0, 02	1, 4	0, 014	
4	Ελαφροσκυρόδεμα	0, 19	0, 2	0, 95	
5	Διπλή επίστρωση θερμής ασφάλτου	0, 001	0, 9	0, 001	
6	Οπλισμένο σκυρόδεμα	0, 5	2, 5	0, 02	
7	Ασβεστοτσιμεντοκονίαμα	0, 02	0, 87	0, 023	
Αντίσταση Θερμοδιαφυγής R_A:				1, 197	
Ροή Θερμότητας:		Ri (m² k/W)	Ra (m² k/W)	Συντελεστής Θερμοπερατότητας U_2 (W/m² k)	
Κατακόρυφη προς τα κάτω		0, 170	0, 170	0, 711	

Στον Πίνακα 3. 37 υπολογίζεται ο συντελεστής θερμοπερατότητας της τσιμεντόπλακας Zollner του δαπέδου του κτιρίου Α, που έρχεται σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα, κατά τα γνωστά.

Συντελεστής θερμοπερατότητας τσιμεντόπλακας Zollner :

$$U = \frac{\sum_{j=1}^n U_j \cdot A_j}{\sum_{j=1}^n A_j} \quad [W / m^2 \cdot K] \quad (6)$$

$$U_{ZOLLNER} = \frac{A1 \cdot U1 + A2 \cdot U2}{A1 + A2} \Rightarrow U_{ZOLLNER} = 0,383 W/m^2 \cdot K$$

$$U_{ZOLLNER, \text{Αορ, αέρα}} = 0,383 + 0,1 = 0,483 W/m^2 \cdot K$$

Πίνακας 3. 37 : Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας τσιμεντόπλακας Zollner της οροφής του κτιρίου Α

Τύπος Κατασκευής :		Τμήμα Οροφής : Τσιμεντόπλακα Zollner	
A/A	Είδος διατομής επί της επιφάνειας της οροφής.	Συντελεστής θερμοπερατότητας διατομής U_i ($W / m^2 \cdot K$)	Ποσοστό διατομής επί της συνολικής επιφάνειας της οροφής A_i (m^2)
1	Διογκωμένη πολυστερίνη	0,126	56,13%
2	Συμπαγές Σκυρόδεμα	0,711	43,87%
Συντελεστής θερμοπερατότητας $U_{ZOLLNER, \text{Αορ, αέρα}}$		0,383+0,1=0,483	
Σημείωση:		Δεν ικανοποιείται η απαίτηση για $U \leq 0,45 W/(m^2k)$	


Από τον παραπάνω Πίνακα φαίνεται ότι συντελεστής θερμοπερατότητας του εξεταζόμενου δομικού στοιχείου δεν είναι εντός των ορίων που ορίζει ο ΚΕΝΑΚ, άρα κρίνεται απαραίτητη κάποια επέμβαση για βελτίωση της θερμομόνωσης του δαπέδου.

Στον Πίνακα 3. 38 παρουσιάζεται ο υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας της διατομής πολυστερίνης της επιφάνειας του δαπέδου του Α ορόφου του κτιρίου που έρχεται σε επαφή με την πυλωτή που είναι μη θερμαινόμενος χώρος.

Αντίσταση Θερμοδιαφυγής : $R_A = 7,746 m^2 k/W$

$$\text{Συνολική Αντίσταση : } U = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_i + R_\lambda + R_a} = 0,125 \text{ W/ m}^2 \cdot \text{K}$$

Πίνακας 3. 38 : Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας της διατομής πολυστερίνης της επιφάνειας του δαπέδου που βρίσκεται στο ισόγειο του 1^{ου} ορόφου του κτιρίου Α και έχει επαφή με την πυλωτή.

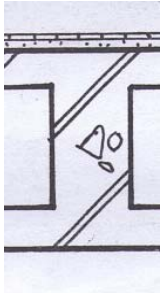
Τύπος Κατασκευής :		Δάπεδο : Διατομή Πολυστερίνης			
A/A	Ονομασία Υλικού	Διατομή Πολυστερίνης Πάχους Υλικού d (m)	Θερμική αγωγιμότητα υλικού λ (W/mK)	Διατομή Πολυστερίνης :Θερμική Αντίσταση Υλικού d/λ	Τυπική σχεδιαστική λεπτομέρεια
1	Πλαστικό δάπεδο	0,005	0,2	0,025	
2	Ελαφροσκυρόδεμα	0,19	0,2	0,95	
3	Διπλή επίστρωση θερμής ασφάλτου	0,001	0,9	0,001	
4	Οπλισμένο σκυρόδεμα	0,1	2,5	0,04	
5	Διογκωμένη πολυστερίνη	0,3	0,045	6,667	
6	Οπλισμένο σκυρόδεμα	0,1	2,5	0,04	
7	Ασβεστοτσιμεντοκονίαμα	0,02	0,87	0,023	
Αντίσταση Θερμοδιαφυγής R_A:				7,746	
Ροή Θερμότητας:		R_i (m² k/W)	R_a (m² k/W)	Συντελεστής Θερμοπερατότητας U₁ (W/m² k)	
Κατακόρυφη προς τα κάτω		0,13	0,13	0,125	

Στον Πίνακα 3. 39 παρουσιάζεται ο υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας της διατομής συμπαγούς της επιφάνειας του δαπέδου του Α ορόφου του κτιρίου που έρχεται σε επαφή με την πυλωτή.

Αντίσταση Θερμοδιαφυγής : R_A = 1,199 m² k/W

$$\text{Συνολική Αντίσταση : } U = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_i + R_\lambda + R_a} = 0,685 \text{ W/ m}^2 \cdot \text{K}$$

Πίνακας 3. 39 : Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας της διατομής συμπαγούς της επιφάνειας του δαπέδου που βρίσκεται στο ισόγειο του 1^{ου} ορόφου του κτιρίου Α και έχει επαφή με μη θερμαινόμενο χώρο.

Τύπος Κατασκευής :		Δάπεδο : Διατομή Συμπαγούς			
A/A	Ονομασία Υλικού	Διατομή Πολυστερίνης Πάχος Υλικού d (m)	Θερμική αγωγιμότητα υλικού λ (W/mK)	Διατομή Συμπαγούς :Θερμική Αντίσταση Υλικού d/λ	Τυπική σχεδιαστική λεπτομέρεια
1	Πλαστικό δάπεδο	0,005	0,2	0,025	
2	Ελαφροσκυρόδεμα	0,19	0,2	0,95	
3	Διπλή επίστρωση θερμής ασφάλτου	0,001	0,9	0,001	
4	Οπλισμένο σκυρόδεμα	0,5	2,5	0,02	
5	Ασβεστοτσιμεντοκονίαμα	0,02	0,87	0,023	
Αντίσταση Θερμοδιαφυγής R_Δ:				1,199	
Ροή Θερμότητας:		Ri (m² k/W)	Ra (m² k/W)	Συντελεστής Θερμοπερατότητας U₂ (W/m² k)	
Κατακόρυφη προς τα άνω		0,170	0,170	0,685	

Στον Πίνακα 3. 40 υπολογίζεται ο συντελεστής θερμοπερατότητας της τσιμεντόπλακας Zollner του δαπέδου του Α ορόφου του κτιρίου που έρχεται σε επαφή με άλλη θερμική ζώνη.

Συντελεστής θερμοπερατότητας τσιμεντόπλακας Zollner :

$$U = \frac{\sum_{j=1}^n U_j \cdot A_j}{\sum_{j=1}^n A_j} \quad [W / m^2 \cdot K] \quad (6)$$

$$U_{\text{ZOLLNER}} = \frac{A1 \cdot U1 + A2 \cdot U2}{A1 + A2} \Rightarrow U_{\text{ZOLLNER}} = 0,371 W / m^2 \cdot K$$

$$U_{\text{ZOLLNER,Αορ,πλωτή}} = 0,371 + 0,1 = 0,471 W / m^2 \cdot K$$

Πίνακας 3. 40: Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας τσιμεντόπλακας Zollner του δαπέδου του Α ορόφου του κτιρίου Α που έρχεται σε επαφή με την πυλωτή.

Τύπος Κατασκευής :		Τμήμα Δαπέδου : Τσιμεντόπλακα Zollner	
A/A	Είδος διατομής επί της επιφάνειας της οροφής.	Συντελεστής θερμοπερατότητας διατομής U_i ($W / m^2 \cdot K$)	Ποσοστό διατομής επί της συνολικής επιφάνειας της οροφής A_i (m^2)
1	Διογκωμένη πολυστερίνη	0, 125	56, 13%
2	Συμπαγές Σκυρόδεμα	0, 685	43, 87%
Συντελεστής θερμοπερατότητας $U_{ZOLLNER,ορ1,πυλωτή}$		0, 371+0, 1=0, 471	
Σημείωση:		Δεν ικανοποιείται η απαίτηση για $U \leq 0, 45 W / (m^2 k)$	

Από τον παραπάνω Πίνακα προκύπτει ότι ο συντελεστής θερμοπερατότητας του συγκεκριμένου δομικού στοιχείο βρίσκεται εκτός των ορίων που ορίζει ο ΚΕΝΑΚ.

Υπολογισμός μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας του κτιρίου Α

Για τον υπολογισμό του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας του κτιρίου, μεταφέρονται όλα τα στοιχεία που υπολογίστηκαν για τα κατακόρυφα εξωτερικά δομικά στοιχεία και προστίθενται σε αυτά τα οριζόντια εξωτερικά δομικά στοιχεία.

Πιο συγκεκριμένα θα χρησιμοποιηθούν τα προηγούμενα αποτελέσματα για την οροφή, το κουβούκλιο του δώματος, τους τυπικούς ορόφους, το ισόγειο και το δάπεδο σε έναν συγκεντρωτικό Πίνακα και από εκεί, με την μέθοδο που ορίζει ο κανονισμός, θα προκύψει ο μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας του κτιρίου.

Στον Πίνακα 3. 41 που ακολουθεί, παρουσιάζεται ο υπολογισμός του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας όλου του κτιρίου

$$U_m = \frac{\sum_{j=1}^9 (U_j \cdot A_j \cdot b_j)}{\sum_{j=1}^9 A_j} = \frac{6.442,247}{3.114,385} = 2,069 \text{ (W/m}^2 \cdot K)$$

Πίνακας 3. 41 : Υπολογισμός μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας U_m του κτιρίου Α.

Υπολογισμός Μέσου Συντελεστή Θερμοπερατότητας του κτιρίου Α					
A/A	Είδος Επιφάνειας	Επιφάνεια A_i (m^2)	Συντελεστής Θερμοπερατότητας U_i ($W/m^2 \cdot K$)	$U_i \cdot A_i \cdot b_i$	b_i
1	Κουβούκλιο Δώματος	187, 22	2, 053	384, 363	1
2	Οροφή	732, 065	0, 231	169, 107	1
3	Γ όροφος	446, 172	3, 599	1605, 773	1
4	Β όροφος	446, 172	3, 599	1605, 773	1
5	Α όροφος	446, 172	3, 599	1605, 773	1
6	Ισόγειο	241, 622	3, 634	878, 054	1
7	Δάπεδο πάνω από υπόγειο	259, 3	0, 455	58, 991	0, 5
8	Δάπεδο σε επαφή με αέρα	204, 662	0, 483	98, 852	1
9	Δάπεδο σε επαφή με πυλωτή	302, 118	0, 471	35, 561	0, 5
Σύνολο :		3. 114, 385		6. 442, 247	

Τελικά προκύπτει ότι $U_m=2, 069$ ($W/m^2 \cdot K$)

Ο συνολικός περιεχόμενος όγκος του κτιρίου είναι :

$$V = V_A \text{ ορόφου} + V_B \text{ ορόφου} + V_\Gamma \text{ ορόφου} + V_{\text{ισογείου}} + V_{\text{δώματος}}$$

Όπου :

$$V_A \text{ ορόφου} = \text{εμβαδό δαπέδου} \cdot H \text{ όπου } H=3, 45 \text{ m και εμβαδό δαπέδου} = 753, 2 \text{ m}^2$$

$$V_A \text{ ορόφου} = 2598, 54 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{ισογείου}} = 259, 411 \text{ m}^2 \cdot 3, 45 \text{ m}$$

$$V_{\text{ισογείου}} = 894, 968 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{δώματος}} = \text{εμβαδό όψης} \cdot \text{Πλάτος} \Rightarrow V_{\text{δώματος}} = 34, 11 \text{ m}^2 \cdot 6, 8 \text{ m} = 231, 948 \text{ m}^3$$

$$\text{Τελικά } V = 3 \cdot 2598, 54 \text{ m}^3 + 894, 968 \text{ m}^3 + 231, 948 \text{ m}^3 \Rightarrow V = 10. 002, 536 \text{ m}^3$$

Η συνολική επιφάνεια του κτιρίου όπως έχει υπολογιστεί και πιο πριν ισούται με 3. 203, 523 m^2

Με βάση τα παραπάνω για τα δεδομένα του εξεταζόμενου κτιρίου προκύπτει ότι ο

$$\text{λόγος } A/V \text{ ισούται με : } \frac{A}{V} = \frac{3. 203, 523}{10. 002, 536} = 0, 320 \text{ που μέσω γραμμικής παρεμβολής, η}$$

τιμή αυτή αντιστοιχεί σε μέγιστο επιτρεπτό μέσο συντελεστή θερμοπερατότητας $U_{m, \max} = 1,126 \text{ (W/ m}^2 \cdot \text{K)}$. Είναι προφανές ότι ο μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας του κτιρίου, $U_m = 2,069 \text{ (W/ m}^2 \cdot \text{K)}$ είναι κατά πολύ μεγαλύτερος από τον μέγιστο επιτρεπτό και κατά συνέπεια το κτίριο κρίνεται θερμομονωτικά ενεργοβόρο.

3.3.3 Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας Αμφιθεάτρων.

Στην ενότητα αυτή μελετώνται τα δομικά στοιχεία των αμφιθεάτρων. Είναι αξιοσημείωτο ότι όλα τα δομικά στοιχεία στα αμφιθέατρα, από την πλευρική τοιχοποιία, την οροφή μέχρι και τα κουφώματα είναι πανομοιότυπα ανά αμφιθέατρο και γι' αυτό όλα τα αμφιθέατρα μελετώνται σε μια ενιαία ενότητα. Ο τρόπος υπολογισμού του συντελεστή θερμοπερατότητας του αμφιθέατρου Ι αλλά και των υπολοίπων, θα γίνει με τον ίδιο τρόπο που έγινε και για το κτίριο Α. Επίσης θα πρέπει να αναφερθεί ότι για λόγους ευκολίας, οι τέσσερις όψεις των αμφιθεάτρων έχουν συμβολιστεί όπως και στο κτίριο Α με τα γράμματα Α, Β, Γ και Δ. Αρχικά υπολογίζονται οι συντελεστές θερμοπερατότητας των οριζόντιων δομικών στοιχείων, στη συνέχεια των κατακόρυφων δομικών στοιχείων και τέλος υπολογίζεται ο μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας του κάθε αμφιθέατρου.

Επισημαίνεται ότι επειδή τα αμφιθέατρα επικοινωνούν με την πυλωτή, κάποιες όψεις των αμφιθεάτρων έρχονται σε επαφή με μη θερμαινόμενο χώρο, πράγμα που σημαίνει ότι στον υπολογισμό του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας εισάγεται ο μειωτικός συντελεστής b που ισούται με 0,5.

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι στα αμφιθέατρα υπάρχουν αποθηκευτικοί χώροι που δεν θερμαίνονται και λειτουργούν πολύ σπάνια, πρακτικά ποτέ και γι' αυτό δεν συμπεριλαμβάνονται στην μελέτη θερμομόνωσης. Λεπτομέρειες για τους θερμαινόμενους και μη θερμαινόμενους χώρους, υπάρχουν στο παράρτημα της παρούσας μελέτης. Εκεί υπάρχουν οι κατόψεις των αμφιθεάτρων καθώς και όψεις αυτών, στις οποίες φαίνεται αναλυτικά ποιές επιφάνειες έρχονται σε επαφή με μη θερμαινόμενους χώρους και ποιές είναι εκτεθειμένες στον εξωτερικό αέρα.

Στο εσωτερικό των αμφιθεάτρων υπάρχει ηχομονωτική επένδυση. Πιο συγκεκριμένα όλο το αμφιθέατρο εσωτερικά έχει επενδυθεί με ένα υλικό, το οποίο είναι ιδανικό για ηχομόνωση. Το υλικό αυτό λέγεται Dewetop και φαίνεται στην παρακάτω εικόνα Σχήμα 3.25.



Σχήμα 3. 25: Το υλικό που χρησιμοποιείται στην εσωτερική ηχομονωτική επένδυση των αμφιθεάτρων.

Η εσωτερική επένδυση με deweton δεν περιορίζεται στις πλευρικές όψεις των αμφιθεάτρων, αντίθετα και οι οροφές είναι επενδυμένες με αυτό το υλικό.

- Οριζόντια Δομικά στοιχεία

Η οροφή των αμφιθεάτρων είναι και αυτή τσιμεντόπλακα Zollner, όπως και στο κτίριο Α με τη διαφορά ότι δεν υπάρχει δεύτερη πλάκα σκυροδέματος στην οποία να ακουμπούν οι διαδοκιδώσεις της πρώτης. Στις οροφές των αμφιθεάτρων έχει γίνει μεταγενέστερη επέμβαση για την βελτίωση της θερμομόνωσης τους και έχει τοποθετηθεί ασφαλτόπανο, το οποίο στη συνέχεια καλύφθηκε με ένα πολύ λεπτό στρώμα από ελαφρόπετρα.

Στον Πίνακα 3. 42 παρουσιάζεται ο υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας της οροφής των αμφιθεάτρων

Αντίσταση Θερμοδιαφυγής : $R_A = 13,211 \text{ m}^2 \text{ k/W}$

$$\text{Συνολική Αντίσταση : } U = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_i + R_A + R_a} = 0,075 \text{ W/ m}^2 \cdot \text{K}$$

Πίνακας 3. 42 : Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας της διατομής πολυστερίνης της οροφής των αμφιθεάτρων.

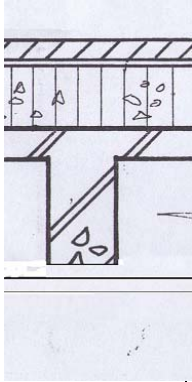
Τύπος Κατασκευής :		Οροφή : Διατομή Πολυστερίνης			
A/A	Ονομασία Υλικού	Διατομή Πολυστερίνης Πάχος Υλικού d (m)	Θερμική αγωγιμότητα υλικού λ (W/mK)	Διατομή Πολυστερίνης :Θερμική Αντίσταση Υλικού d/λ	Τυπική σχεδιαστική λεπτομέρεια
1	Ασφαλτόπανο	0,003	0,23	0,013	
2	Γαρμπιλόδεμα	0,05	0,6	0,083	
3	Ασφαλτομόνωση	0,003	0,23	0,013	
4	Ελαφροσκυρόδεμα	0,19	0,2	0,95	
5	Διπλή επίστρωση θερμής ασφάλτου	0,001	0,9	0,001	
6	Οπλισμένο σκυρόδεμα	0,1	2,5	0,04	
7	Συμπιεσμένος υαλοβάμβακας	0,43	0,036	11,944	
8	Deweton	0,025	0,15	0,167	
Αντίσταση Θερμοδιαφυγής R_A:				13,211	
Ροή Θερμότητας:		R_i ($m^2 k/W$)	R_a ($m^2 k/W$)	Συντελεστής Θερμοπερατότητας U_1 ($W/m^2 k$)	
Κατακόρυφη προς τα πάνω		0,17	0,04	0,075	
Σημείωση:		Ικανοποιείται η απαίτηση για $U \leq 0,45 W/(m^2k)$			

Στον Πίνακα 3. 43 παρουσιάζεται ο υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας της διατομής συμπαγούς της οροφής των αμφιθεάτρων.

Αντίσταση Θερμοδιαφυγής : $R_A = 2,26 m^2 k/W$

$$\text{Συνολική Αντίσταση : } U = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_i + R_A + R_a} = 0,417 W/m^2 \cdot K$$

Πίνακας 3. 43 : Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας της διατομής πολυστερίνης της οροφής των αμφιθεάτρων.

Τύπος Κατασκευής :		Οροφή : Διατομή Πολυστερίνης			
A/A	Ονομασία Υλικού	Διατομή Συμπαγούς Πάχος Υλικού d (m)	Θερμική αγωγιμότητα υλικού λ (W/mK)	Διατομή Συμπαγούς:Θερμική Αντίσταση Υλικού d/λ	Τυπική σχεδιαστική λεπτομέρεια
1	Ασφαλτόπανο	0,003	0,23	0,013	
2	Γαρμπιλόδεμα	0,05	0,6	0,083	
3	Ασφαλτομόνωση	0,003	0,23	0,013	
4	Ελαφροσκυρόδεμα	0,19	0,2	0,95	
5	Διπλή επίστρωση θερμής ασφάλτου	0,001	0,9	0,001	
6	Οπλισμένο σκυρόδεμα	0,5	2,5	0,03	
7	Συμπιεσμένος υαλοβάμβακας	0,03	0,036	0,833	
8	Deweton	0,025	0,15	0,167	
Αντίσταση Θερμοδιαφυγής R_A:				2,26	
Ροή Θερμότητας:		Ri (m² k/W)	Ra (m² k/W)	Συντελεστής Θερμοπερατότητας U_2 (W/m² k)	
Κατακόρυφη προς τα πάνω		0,17	0,04	0,417	
Σημείωση:		Ικανοποιείται η απαίτηση για $U \leq 0,45 W/(m^2k)$			

Στον Πίνακα 3. 44 παρουσιάζεται ο υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας της οροφής των αμφιθεάτρων, εισάγοντας τους συντελεστές U_1 και U_2 των επί μέρους διατομών της στην σχέση (6)

Συντελεστής θερμοπερατότητας οροφής αμφιθεάτρων :

$$U = \frac{\sum_{j=1}^n U_j \cdot A_j}{\sum_{j=1}^v A_j} \quad [W / m^2 \cdot K] \quad (6)$$

$$U_{ZOLLNER} = \frac{A1 \cdot U1 + A2 \cdot U2}{A1 + A2} \Rightarrow U_{ZOLLNER} = 0,134W / m^2 \cdot K$$

$$U_{ZOLLNER,οροφής} = 0,134 + 0,1 = 0,234W / m^2 \cdot K$$

Πίνακας 3. 44: Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας οροφής των αμφιθεάτρων

Τύπος Κατασκευής :		Οροφή : Γσιμεντόπλακα Zollner	
A/A	Είδος διατομής επί της επιφάνειας της οροφής.	Συντελεστής θερμοπερατότητας διατομής U_i ($W / m^2 \cdot K$)	Ποσοστό Επιφάνειας διατομής επί της επιφάνειας της οροφής $A_i (m^2)$
1	Διογκωμένη πολυστερίνη	0, 075	82, 759
2	Συμπαγές Σκυρόδεμα	0, 417	17, 241
Συντελεστής θερμοπερατότητας $U_{ZOLLNER}$		0, 134+0, 1=0, 234	
Σημείωση:		Ικανοποιείται η απαίτηση για $U \leq 0, 45 W/(m^2k)$	

Από τον παραπάνω Πίνακα προκύπτει ότι ο συντελεστής θερμοπερατότητας της οροφής είναι εντός των ορίων που ορίζει ο Κενάκ, πράγμα που σημαίνει ότι δεν είναι απαραίτητο να γίνει επέμβαση για την βελτίωση της θερμομόνωσης της.

- Κατακόρυφα Δομικά στοιχεία

Όπως προαναφέρθηκε και στην αρχή της ενότητας, εσωτερικά οι επιφάνειες των αμφιθεάτρων είναι επενδυμένες με Deweton. Γενικά στην πλευρική τοιχοποιία των αμφιθεάτρων, δηλαδή στην κατηγορία των κατακόρυφων δομικών στοιχείων, συναντώνται τρία διαφορετικά είδη τοιχοποιίας. Οι τύποι της τοιχοποιίας που υπάρχουν διακρίνονται σε τοιχοποιία οπλισμένου σκυροδέματος και εσωτερική επένδυση Deweton, σε επιχρισμένη τοιχοποιία με διάτρητους οπτόπλινθους και επένδυση deweton και σε επιχρισμένη τοιχοποιία με διάτρητους οπτόπλινθους. Οι συντελεστές θερμοπερατότητας των παραπάνω δομικών στοιχείων αλλάζουν ανάλογα με το αν το δομικό στοιχείο έρχεται σε επαφή με μη θερμαινόμενο χώρο ή σε επαφή

με τον εξωτερικό αέρα και γι' αυτό στην μελέτη του εκάστοτε δομικού στοιχείου γίνεται κατηγοριοποίηση ανάλογα με το που έρχεται σε επαφή το δομικό στοιχείο.

Στον Πίνακα 3. 45 παρουσιάζονται οι υπολογισμοί του συντελεστή θερμοπερατότητας της τοιχοποιίας οπλισμένου σκυροδέματος με επένδυση deweton στην περίπτωση που έρχεται σε επαφή με μη θερμαινόμενο χώρο και σε περίπτωση που έρχεται σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα.

Για πάχος Δομικού στοιχείου 0, 25 m

Αντίσταση Θερμοδιαφυγής : $R_A = 1, 1 \text{ m}^2 \text{ k/W}$

$$\text{Συνολική Αντίσταση : } U = \frac{1}{R_T} + 0,1 = \frac{1}{R_i + R_A + R_a} + 0,1 = 0, 887 \text{ W/ m}^2 \cdot \text{K}$$

Για πάχος Δομικού στοιχείου 0, 3 m

Αντίσταση Θερμοδιαφυγής : $R_A = 1, 12 \text{ m}^2 \text{ k/W}$

$$\text{Συνολική Αντίσταση : } U = \frac{1}{R_T} + 0,1 = \frac{1}{R_i + R_A + R_a} + 0,1 = 0, 875 \text{ W/ m}^2 \cdot \text{K}$$

Πίνακας 3. 45 : Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας τοιχοποιίας οπλισμένου σκυροδέματος με επένδυση deweton σε επαφή με εξωτερικό αέρα.

Τύπος Κατασκευής :		Εξωτερικοί τοίχοι : Οπλισμένο σκυρόδεμα με επένδυση Deweton σε επαφή με εξωτερικό αέρα					
A/A	Ονομασία Υλικού	Πάχος Υλικού d (m)		Θερμική αγωγιμότητα υλικού λ (W/mK)	Θερμική Αντίσταση Υλικού d/λ		Τυπική σχεδιαστική λεπτομέρεια
1	Οπλισμένο Σκυρόδεμα	0, 25	0, 3	2, 5	0, 1	0, 12	
2	Συμπιεσμένος Υαλοβάμβακας	0, 03		0, 036	0, 833		
3	Deweton	0, 025		0, 15	0, 167		
Αντίσταση Θερμοδιαφυγής R_A:					1, 1	1, 12	
Ροή Θερμότητας:		Ri (m² k/W)		Ra (m² k/W)	Συντελεστής Θερμοπερατότητας U (W/m² k)		
Οριζόντια Θερμική Ροή		0, 13		0, 04	0, 787+	0, 775+	
					0, 1=0, 887	0, 1=0, 875	
Σημείωση:		Δεν ικανοποιείται η απαίτηση για $U \leq 0, 5 \text{ W/(m}^2 \text{ k)}$					

Από τον παραπάνω Πίνακα φαίνεται ότι το υπό μελέτη δομικό στοιχείο έχει συντελεστή θερμοπερατότητας που βρίσκεται εκτός των επιτρεπτών ορίων που ορίζει ο ΚΕΝΑΚ.

Στον Πίνακα 3. 46 παρουσιάζεται ο υπολογισμός της τοιχοποιίας οπλισμένου σκυροδέματος με επένδυση deweton σε επαφή με μη θερμαινόμενους χώρους.

Για πάχος Δομικού στοιχείου 0, 25 m

Αντίσταση Θερμοδιαφυγής : $R_A = 1, 1 \text{ m}^2 \text{ k/W}$

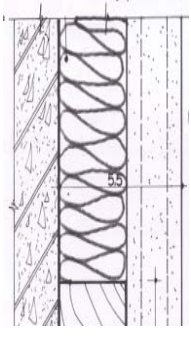
$$\text{Συνολική Αντίσταση : } U = \frac{1}{R_T} + 0,1 = \frac{1}{R_i + R_A + R_a} + 0,1 = 0, 887 \text{ W/ m}^2 \cdot \text{K}$$

Για πάχος Δομικού στοιχείου 0, 3m

Αντίσταση Θερμοδιαφυγής : $R_A = 1, 12 \text{ m}^2 \text{ k/W}$

$$\text{Συνολική Αντίσταση : } U = \frac{1}{R_T} + 0,1 = \frac{1}{R_i + R_A + R_a} + 0,1 = 0, 825 \text{ W/ m}^2 \cdot \text{K}$$

Πίνακας 3. 46 : Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας τοιχοποιίας οπλισμένου σκυροδέματος με επένδυση deweton σε επαφή με μη θερμαινόμενους χώρους.

Τύπος Κατασκευής :		Εξωτερικοί τοίχοι :Οπλισμένο σκυρόδεμα με επένδυση Deweton σε επαφή με μη θερμαινόμενο χώρο					
A/A	Ονομασία Υλικού	Πάχος Υλικού d (m)		Θερμική αγωγιμότητα υλικού λ (W/mK)	Θερμική Αντίσταση Υλικού d/λ		Τυπική σχεδιαστική λεπτομέρεια
1	Οπλισμένο Σκυρόδεμα	0, 25	0, 3	2, 5	0, 1	0, 12	
2	Συμπιεσμένος Υαλοβάμβακας	0, 03		0, 036	0, 833		
3	Deweton	0, 025		0, 15	0, 167		
Αντίσταση Θερμοδιαφυγής R_A:					1, 1	1, 12	
Ροή Θερμότητας:		Ri (m² k/W)		Ra (m² k/W)	Συντελεστής Θερμοπερατότητας U (W/m² k)		
Οριζόντια Θερμική Ροή		0, 13		0, 13	0, 787+	0, 725+	
					0, 1=0, 887	0, 1=0, 825	
Σημείωση:		Ικανοποιείται η απαίτηση για $U \leq 1 \text{ W/(m}^2 \text{k)}$					

Στον Πίνακα 3. 47 παρουσιάζεται ο υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας των ειδών τοιχοποιίας που έρχονται σε επαφή με μη θερμαινόμενους χώρους. Πρόκειται για επιχρισμένη διάτρητη οπτοπλινθοδομή με και χωρίς επένδυση deweton.

Για επιχρισμένη τοιχοποιία με επένδυση deweton :

Αντίσταση Θερμοδιαφυγής : $R_A = 1, 177 \text{ m}^2 \text{ k/W}$

Συνολική Αντίσταση : $U = \frac{1}{R_T} + 0,1 = \frac{1}{R_i + R_A + R_a} + 0,1 = 0, 796 \text{ W/ m}^2 \cdot \text{K}$

Για επιχρισμένη τοιχοποιία χωρίς επένδυση deweton

Αντίσταση Θερμοδιαφυγής : $R_A = 0, 246 \text{ m}^2 \text{ k/W}$

Συνολική Αντίσταση : $U = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_i + R_A + R_a} = 2, 076 \text{ W/ m}^2 \cdot \text{K}$

Πίνακας 3. 47 : Υπολογισμός συντελεστών θερμοπερατότητας τοιχοποιίας επιχρισμένη με διάτρητους οπτόπλινθους με επένδυση deweton και χωρίς επένδυση αντίστοιχα, σε επαφή με μη θερμαινόμενους χώρους.

Τύπος Κατασκευής :		Εσωτερικοί τοίχοι :Επιχρισμένη τοιχοποιία διάτρητης οπτοπλινθοδομής με επένδυση deweton			
Ροή Θερμότητας:		Ri (m ² k/W)		Ra (m ² k/W)	
Οριζόντια Θερμική Ροή		0, 13		0, 13	
A/A	Ονομασία Υλικού	Πάχος Υλικού d (m)	Θερμική αγωγιμότητα υλικού λ (W/mK)	Θερμική Αντίσταση Υλικού d/λ	Τυπική σχεδιαστική λεπτομέρεια
1	Ασβεστοτσιμεντοκονίαμα	0, 02	0, 87	0, 023	
2	Διάτρητη οπτοπλινθοδομή	0, 08	0, 52	0, 154	
4	Συμπιεσμένος Υαλοβάμβακας	0, 03	0, 036	0, 833	
	Deweton	0, 025	0, 15	0, 167	
Αντίσταση Θερμοδιαφυγής R_A:				1, 177	
Συντελεστής Θερμοπερατότητας U (W/m² k)				=0, 696+0, 1= 0, 796	

Σημείωση:		Ικανοποιείται η απαίτηση για $U \leq 1 \text{ W}/(\text{m}^2\text{k})$			
Τύπος Κατασκευής :		Εσωτερικοί τοίχοι : Διπλά επιχρισμένη τοιχοποιία διάτρητης οπτοπλινθοδομής			
A/A	Ονομασία Υλικού	Πάχος Υλικού d (m)	Θερμική αγωγιμότητα υλικού λ (W/mK)	Θερμική Αντίσταση Υλικού d/λ	Τυπική σχεδιαστική λεπτομέρεια
1	Ασβεστοτσιμεντοκονίαμα	0,02	0,87	0,023	
2	Διάτρητη οπτοπλινθοδομή	0,08	0,52	0,154	
3	Ασβεστοτσιμεντοκονίαμα	0,02	0,87	0,046	
Αντίσταση Θερμοδιαφυγής R_A :				0,246	
Συντελεστής Θερμοπερατότητας U ($\text{W}/\text{m}^2 \text{ k}$) :				=1,976+0,1 =2,076	
Σημείωση:		Δεν ικανοποιείται η απαίτηση για $U \leq 1 \text{ W}/(\text{m}^2\text{k})$			

Από τον παραπάνω Πίνακα προκύπτει ότι η επιχρισμένη τοιχοποιία χωρίς επένδυση dewetion είναι εκτός των επιτρεπτών ορίων, που σημαίνει ότι θα πρέπει να γίνει επέμβαση για τη βελτίωση της θερμομονωτικής ικανότητας του δομικού στοιχείου.

Τα κουφώματα των αμφιθεάτρων δηλαδή πόρτες και παράθυρα παρουσιάζουν πάρα πολλές ομοιότητες μεταξύ τους. Τα παράθυρα αποτελούνται από μονό υαλοπίνακα σε ξύλινο πλαίσιο με ποσοστό κάλυψης 20% και σε ελάχιστες περιπτώσεις υπάρχει μεταλλικό πλαίσιο, με το ίδιο ποσοστό κάλυψης και με μονό υαλοπίνακα. Τα θερμικά χαρακτηριστικά των κουφωμάτων έχουν ληφθεί από τον Πίνακα 3. 6 ανάλογα με το πλαίσιο του κουφώματος και το αντίστοιχο ποσοστό κάλυψης.

Η μόνη αξιοσημείωτη διαφορά παρατηρείται στις θύρες των αμφιθεάτρων οι οποίες είναι κατασκευασμένες από συμπίεμένο υαλοβάμβακα και έχουν σε κάθε αμφιθέατρο πανομοιότυπες διαστάσεις.

Στον Πίνακα 3. 48 παρουσιάζεται ο υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας μιας τυπικής θύρας αμφιθεάτρου

Αντίσταση Θερμοδιαφυγής : $R_A = 5,556 \text{ m}^2 \text{ k}/\text{W}$

$$\text{Συνολική Αντίσταση : } U = \frac{1}{R_T} + 0,1 = \frac{1}{R_i + R_A + R_a} + 0,1 = 0,272 \text{ W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$$

Πίνακας 3. 48 : Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας τυπικής θύρας αμφιθεάτρου.

Τύπος Κατασκευής :		Κουφώματα :Θύρες αμφιθεάτρων σε επαφή με μη θερμαινόμενο χώρο		
A/A	Ονομασία Υλικού	Πάχος Υλικού d (m)	Θερμική αγωγιμότητα υλικού λ (W/mK)	Θερμική Αντίσταση Υλικού d/λ
1	Συμπιεσμένος Υαλοβάμβακας	0, 1	0, 036	2, 778
Αντίσταση Θερμοδιαφυγής R_A:				2, 778
Ροή Θερμότητας:		R_i (m² k/W)	R_a (m² k/W)	Συντελεστής Θερμοπερατότητας U (W/m² k)
Οριζόντια Θερμική Ροή		0, 13	0, 13	0, 172+0, 1=0, 272

- Δάπεδα

Τα δάπεδα των θερμαινόμενων χώρων των αμφιθεάτρων, τα οποία και μελετώνται έρχονται στο μεγαλύτερο ποσοστό της επιφάνειας τους σε επαφή με το έδαφος ενώ ένα πολύ μικρό κομμάτι είναι πάνω από μη θερμαινόμενο υπόγειο χώρο, στον οποίο υπάρχει εγκατεστημένη η κεντρική κλιματιστική μονάδα (Κ. Κ. Μ) που υπάρχει σε κάθε αμφιθέατρο. Σε κάθε περίπτωση, στην μελέτη θερμομόνωσης, λαμβάνεται υπόψη και ο χώρος του δαπέδου που βρίσκεται πάνω από αυτό τον υπόγειο χώρο.

Ο συντελεστής θερμοπερατότητας του δομικού στοιχείου υπολογίζεται κανονικά από τη σχέση (4) θεωρώντας ότι Ra = 0, δηλαδή :

$$U_{nom} = \frac{1}{R_i + \sum_{j=1}^n \frac{d_j}{\lambda_j} + R_a} \quad (4) \Rightarrow U_{nom}^{Ra=0} = \frac{1}{R_i + \sum_{j=1}^n \frac{d_j}{\lambda_j}} \Leftrightarrow U_{nom} = \frac{1}{R_i + R_A} \quad [W / (m^2 \cdot K)]$$

Στον Πίνακα 3. 49 παρουσιάζεται ο υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας ενός τυπικού δαπέδου αμφιθεάτρου.

Αντίσταση Θερμοδιαφυγής : R_A= 0, 333 m² k/W

$$\text{Συνολική Αντίσταση : } U_{\delta\alpha\pi, \text{έδαφος}} = \frac{1}{R_T} + 0,1 = \frac{1}{R_i + R_A} + 0,1 = 2, 088 W/ m^2 \cdot K$$

Πίνακας 3. 49 : Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας ενός τυπικού δαπέδου αμφιθεάτρου.

Τύπος Κατασκευής :		Δάπεδο : Τυπικό δάπεδο αμφιθεάτρου			
A/A	Ονομασία Υλικού	Πάχος Υλικού d (m)	Θερμική αγωγιμότητα υλικού λ (W/mK)	Θερμική Αντίσταση Υλικού d/λ	Τυπική σχεδιαστική λεπτομέρεια
1	Πλαστικό Δάπεδο	0,005	0,2	0,025	
2	Γαρμπιλο-μωσαϊκό	0,05	0,64	0,078	
3	Κισηρό-δεμα	0,12	0,8	0,15	
4	Οπλισμένο Σκυρόδεμα	0,2	2,5	0,08	
Αντίσταση Θερμοδιαφυγής R_A:				0,333	
Ροή Θερμότητας:		R_i ($m^2 k/W$)	R_a ($m^2 k/W$)	Συντελεστής Θερμοπερατότητας $U_{δαπέδαφος}$ ($W/m^2 k$)	
-		0,170	0	1,988+0,1=2,088	
Σημείωση:		Δεν ικανοποιείται η απαίτηση για $U \leq 0,9 W/(m^2k)$			

Από την μελέτη του δαπέδου προκύπτει ότι ο συντελεστής θερμοπερατότητας των δαπέδων των αμφιθεάτρων δεν είναι εντός των επιτρεπτών ορίων που ορίζει ο Κενάκ.

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι υπάρχουν επιφάνειες των δαπέδων που είναι πάνω από υπόγειους μη θερμαινόμενους χώρους, που σημαίνει, ότι θα πρέπει να συνυπολογιστούν στον τελικό υπολογισμό του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας.

Στον Πίνακα 3. 50 παρουσιάζεται ο υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας του δαπέδου που είναι πάνω από τους υπόγειους μη θερμαινόμενους χώρους. Στον υπολογισμό του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας του δαπέδου εισάγεται και ο μειωτικός συντελεστής $b=0,5$.

Αντίσταση Θερμοδιαφυγής : $R_A = 0,253 m^2 k/W$

$$\text{Συνολική Αντίσταση : } U_{\text{δαπ,υπογείου}} = \frac{1}{R_T} + 0,1 = \frac{1}{R_i + R_\lambda + R_a} + 0,1 = 1,786 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

Πίνακας 3. 50 : Υπολογισμός ονομαστικού συντελεστή θερμοπερατότητας ενός τυπικού δαπέδου αμφιθεάτρου.

Τύπος Κατασκευής :		Δάπεδο : Τυπικό δάπεδο αμφιθεάτρου πάνω από υπόγειο			
A/A	Ονομασία Υλικού	Πάχος Υλικού d (m)	Θερμική αγωγιμότητα υλικού λ (W/mK)	Θερμική Αντίσταση Υλικού d/λ	Τυπική σχεδιαστική λεπτομέρεια
1	Πλαστικό Δάπεδο	0,005	0,2	0,025	<p>πλαστικό δάπεδο παχ. 0.005 γαρμπιλο-μωσαϊκό παχ. 0.05 κισηρό-δεμα παχ. 0.012</p>
2	Γαρμπιλο-μωσαϊκό	0,05	0,64	0,078	
3	Κισηρό-δεμα	0,12	0,8	0,15	
Αντίσταση Θερμοδιαφυγής R_λ:				0,253	
Ροή Θερμότητας:		R _i (m ² k/W)	R _a (m ² k/W)	Συντελεστής Θερμοπερατότητας U _{δαπ,υπογείου} (W/m ² k)	
-		0,17	0,17	1,686+0,1=1,786	
Σημείωση:		Δεν ικανοποιείται η απαίτηση για $U \leq 0,9 \text{ W/(m}^2 \text{k)}$			

Υπολογισμός μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας των αμφιθεάτρων

Για τον υπολογισμό του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας του κάθε αμφιθεάτρου ξεχωριστά, θα μεταφερθούν όλα τα στοιχεία που υπολογίστηκαν για τα οριζόντια δομικά στοιχεία και σε αυτά θα προστεθούν τα στοιχεία των κατακόρυφων δομικών στοιχείων των αμφιθεάτρων.

Στον Πίνακα 3. 51 παρουσιάζεται ο υπολογισμός του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας του κάθε αμφιθεάτρου.

Ο μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας του αμφιθεάτρου 1 Um δίνεται από τη σχέση:

$$U_m = \frac{\sum_{j=1}^{13} (U_j \cdot A_j \cdot b_j)}{\sum_{j=1}^{12} A_j} = \frac{745,526}{841,656} = 0,886 \text{ (W/m}^2 \cdot \text{K)}$$

Πίνακας 3. 51 : Υπολογισμός μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας U_m του αμφιθεάτρου 1.

Υπολογισμός Μέσου Συντελεστή Θερμοπερατότητας των Αμφιθεάτρων						
Κτίριο :			Αμφιθέατρο 1			
A/A		Είδος Επιφάνειας	Επιφάνεια A_i (m^2)	Συντελεστής Θερμοπερατότητας U_i ($W/m^2 \cdot K$)	$U_i \cdot A_i \cdot b_i$	b_i
1		Οροφή	250, 56	0, 234	58, 631	1
2	Όψη Α	Επιφάνεια deweton (0, 25 m)	74, 064	0, 887	65, 695	1
3		Ξύλινο κούφωμα	1, 725	5	8, 798	1
4	Όψη Β	Επιφάνεια deweton (0, 25m)	29, 232	0, 887	25, 929	1
5		Επιχρισμένη τοιχοποιία με επένδυση deweton	66, 94	0, 796	26, 642	0, 5
6		Μεταλλικό κούφωμα	5, 06	6	15, 433	0, 5
7		Τυπική Θύρα	10, 56	0, 272	1, 436	0, 5
8	Όψη Γ	Επιφάνεια deweton (0, 25 m)	19	0, 887	16, 853	1
9		Επιφάνεια deweton (0, 3 m)	78, 455	0, 835	32, 755	0, 5
10	Όψη Δ	Επιχρισμένη τοιχοποιία με επένδυση deweton	42, 973	0, 796	31, 504	0, 921
11		Ξύλινες	3, 827	2, 146	7, 564	0, 921

		Θύρες				
12		Δάπεδο σε επαφή με έδαφος	183, 652	2, 088	383, 1	1
13		Δάπεδο πάνω από υπόγειο	75, 608	1, 786	67, 518	0, 5
		Σύνολο :	841, 656		745, 526	

Ο συντελεστής θερμοπερατότητας που υπολογίστηκε, δεν περιλαμβάνει τις θερμογέφυρες. Σύμφωνα με τον ΚΕΝΑΚ θα πρέπει να προστεθεί στην τιμή αυτή 0, 1 (W/m² · K) ώστε να εμπεριέχονται στο συνολικό αποτέλεσμα και οι θερμογέφυρες, Τελικά προκύπτει ότι Um=0, 886 (W/m² · K)

Η συνολική επιφάνεια του κτιριακού κελύφους ισούται με 841, 656 m² όπως έχει υπολογιστεί από τον προηγούμενο Πίνακα.

Ο συνολικός περιεχόμενος όγκος του κτιρίου που μελετάται ισούται με V= (Εμβαδό δαπέδου)*(μέσο ύψος) και προκύπτει ότι

$$V = (259, 26 \text{ m}^2) * [(5, 88 + 3, 45) / 2 \text{ m}] = 1. 209, 448 \text{ m}^3$$

Τελικά ο λόγος $\frac{A}{V}$ ισούται με $\frac{A}{V} = \frac{841, 656}{676, 483} = 0, 698 \Rightarrow \frac{A}{V} \cong 0, 7$. Από τον αντίστοιχο

Πίνακα προκύπτει ότι ο λόγος $\frac{A}{V}$ αντιστοιχεί σε Um, max=0, 88 (W/m² · K).

Συγκρίνοντας την τιμή του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας Um με την τιμή Um, max προκύπτει ότι το κτίριο κρίνεται οριακά ενεργοβόρο.

Στον Πίνακα 3. 52 παρουσιάζεται ο υπολογισμός του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας του αμφιθεάτρου 2.

Ο μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας του αμφιθεάτρου 2 ισούται με

$$U_m = \frac{\sum_{j=1}^{17} (U_j \cdot A_j \cdot b_j)}{\sum_{j=1}^{17} A_j} = \frac{657, 225}{667, 891} = 0, 984 \Rightarrow U_m = 0, 984 \text{ (W/m}^2 \cdot \text{K)}$$

Πίνακας 3. 52 : Υπολογισμός μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας αμφιθεάτρου 2.

A/A	Είδος επιφάνειας	Είδος Δομικού Στοιχείου	Επιφάνεια Ai (m ²)	Συντελεστής Θερμοπερατότητας Ui (W/m ² *K)	Ui · Ai · bi	bi
1	Οροφή	οροφή	183, 514	0, 234	42, 942	1

2	ΟΨΗ Α	τοιχοποιία deweton (0, 3)	18, 671	0, 875	16, 337	1
3		τοιχοποιία deweton (0, 3)	32, 093	0, 825	13, 238	0, 5
4		θύρα υαλοβάμβακα	5, 04	0, 272	0, 685	0, 5
5	ΟΨΗ Β	τοιχοποιία deweton (0, 25)	51, 624	0, 887	45, 79	1
6		τοιχοποιία deweton (0, 25)	0, 745	0, 835	0, 311	0, 5
7		ξύλινο κούφωμα 1	2, 88	5	7, 344	0, 5
8		ξύλινο κούφωμα 2	2, 664	5	6, 793	0, 5
9	ΟΨΗ Γ	τοιχοποιία deweton (0, 25)	44, 439	0, 887	39, 417	1
10		ξύλινο κούφωμα	2, 4	5	12, 24	1
11	ΟΨΗ Δ	τοιχοποιία deweton (0, 3)	34, 227	0, 875	29, 949	1
12		τοιχοποιία deweton (0, 3)	11, 362	0, 825	4, 687	0, 5
13		ξύλινο κούφωμα	2, 24	5	11, 424	1
14	Εσωτερική τοιχοποιία	επιχρισμένη τοιχοποιία με deweton	18, 135	0, 807	7, 317	0, 5
15		επιχρισμένη τοιχοποιία	63, 5	2, 274	72, 2	0, 5
16	Δάπεδο	Δάπεδο πάνω από υπόγειο	49, 595	1, 786	44, 288	0, 5
17		Δάπεδο σε επαφή με έδαφος	144, 762	2, 088	302, 263	1
Σύνολο:			667, 891		657, 225	

Η συνολική επιφάνεια του κτιριακού κελύφους ισούται με $A=667, 891 \text{ m}^2$.

Ο συνολικός περιεχόμενος όγκος του κτιρίου ισούται με $V=(\text{εμβαδό δαπέδου}) \cdot (\text{μέσο ύψος κτιρίου}) \Rightarrow V= (194,357 \text{ m}^2) \cdot (5,69 \text{ m}) \Rightarrow V=1.105,891 \text{ m}^3$.

Ο λόγος $\frac{A}{V}$ ισούται με $\frac{A}{V} = \frac{667,891}{1.105,891} = 0,603 \Rightarrow \frac{A}{V} \cong 0,6$ που αντιστοιχεί σε μέγιστο μέσο συντελεστή θερμοπερατότητας $U_{m, \max}=0,93(\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K})$.

Συγκρίνοντας την τιμή του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας του κτιρίου $U_m=0,984(\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K})$ με την μέγιστη επιτρεπτή τιμή του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας $U_{m, \max}=0,93(\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K})$ προκύπτει ότι το κτίριο είναι ενεργοβόρο.

Στον Πίνακα 3.53 παρουσιάζεται ο υπολογισμός του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας του αμφιθεάτρου 3.

$$U_m = \frac{\sum_{j=1}^{14} (U_j \cdot A_j \cdot b_j)}{\sum_{j=1}^{14} A_j} = \frac{629,387}{662,549} = 1,05 \Rightarrow U_m = 1,05(\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

Πίνακας 3.53 :Υπολογισμός μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας αμφιθεάτρου 3.

A/A	Είδος επιφάνειας	Είδος Δομικού Στοιχείου	Επιφάνει α A_i (m ²)	Συντελεστής Θερμοπερατότητας U_i (W/m ² *K)	$U_i \cdot A_i \cdot b_i$	b_i
1		Οροφή	183,51	0,234	24,59	1
2	Όψη Α	Τοιχοποιία deweton (0,3m)	8,226	0,875	6,375	1
3		Τοιχοποιία deweton (0,3m)	44,391	0,825	16,092	0,5
4		Τυπική θύρα	5,04	0,272	0,35	0,5
5	Όψη Β	Τοιχοποιία deweton (0,25m)	55,895	0,835	20,541	0,5
6		Ξύλινα κουφώματα	5,544	5	13,86	0,5
7	Όψη Γ	Τοιχοποιία deweton (0,3m)	45,343	0,875	35,141	1
8		Ξύλινα κουφώματα	2,4	5	12	1

9	Όψη Δ	Τοιχοποιία deweton (0, 3m)	45, 561	0, 875	35, 31	1
10		Ξύλινα κουφώματα	2, 4	5	12	1
11	Εσωτερική τοιχοποιία	Επιχρισμένη τοιχοποιία deweton	18, 135	0, 834	6, 656	0, 5
12		Επιχρισμένη τοιχοποιία	62, 58	2, 275	68, 056	0, 5
13	Δάπεδο	Δάπεδο πάνω από υπόγειο	36, 14	1, 786	30, 466	0, 5
14		Δάπεδο σε επαφή με έδαφος	147, 384	2, 088	292, 999	1
Σύνολο :			662, 549		629, 387	

Η συνολική επιφάνεια του κελύφους του κτιρίου ισούται με $A=662, 549 \text{ m}^2$.

Ο συνολικός περιεχόμενος όγκος του κτιρίου ισούται με $V=(\text{εμβαδό δαπέδου}) \cdot (\text{μέσο ύψος κτιρίου}) \Rightarrow V=(183, 514 \text{ m}^2) \cdot (5, 648 \text{ m}) \Rightarrow V=1036, 47 \text{ m}^3$.

Ο λόγος $\frac{A}{V}$ ισούται με $\frac{A}{V} = \frac{662,549}{1.036,47} = 0,639 \Rightarrow \frac{A}{V} \cong 0,64$ που αντιστοιχεί σε μέγιστο μέσο συντελεστή θερμοπερατότητας $U_{m, \max}=0,91 (\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K})$.

Συγκρίνοντας την τιμή του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας του κτιρίου $U_m=1,05 (\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K})$ με την μέγιστη επιτρεπτή τιμή του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας $U_{m, \max}=0,91 (\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K})$ προκύπτει ότι το κτίριο είναι ενεργοβόρο.

Στον Πίνακα 3. 54 παρουσιάζεται ο υπολογισμός του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας του αμφιθεάτρου 4.

$$U_m = \frac{\sum_{j=1}^{15} (U_j \cdot A_j \cdot b_j)}{\sum_{j=1}^{15} A_j} + 0,1 = \frac{922,591}{1.066,979} = 0,865 \Rightarrow U_m = 0,865 (\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

Πίνακας 3. 54 : Υπολογισμός μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας αμφιθέατρου 4.

A/A	Είδος επιφάνειας	Είδος Δομικού Στοιχείου	Επιφάνεια A_i (m ²)	Συντελεστής Θερμοπερατότητας U_i (W/m ² *K)	$U_i \cdot A_i \cdot b_i$	b_i
1	Οροφή	Οροφή	371, 71	0, 234	86, 98	1
2	Όψη Α	Τοιχοποιία με deweton(0, 3m)	24, 067	0, 875	21, 051	1
3		Ξύλινα κουφώματα	2, 24	5	11, 424	1
4	Όψη Β	Τοιχοποιία με deweton(0, 25m)	15, 847	0, 887	14, 056	1
5		Τοιχοποιία με deweton(0, 25m)	51, 079	0, 835	21, 325	0, 5
6		Θύρες	10, 08	0, 272	1, 371	0, 5
7	Όψη Γ	Τοιχοποιία με deweton(0, 3m)	5, 306	0, 875	4, 643	1
8		Τοιχοποιία με deweton(0, 3m)	19, 448	0, 825	8, 022	0, 5
9		Ξύλινα κουφώματα	2, 7	5	6, 885	0, 5
10	Όψη Δ	Τοιχοποιία με deweton(0, 25m)	11, 77	0, 887	10, 44	1
11		Τοιχοποιία με deweton(0, 25m)	56, 28	0, 835	23, 497	0, 5
12		Θύρες	10, 08	0, 272	1, 371	0, 5
13	Εσωτερική τοιχοποιία	Επιχρισμένη τοιχοποιία με deweton	103, 816	0, 645	33, 481	0, 5
14	Δάπεδο	Δάπεδο σε επαφή με έδαφος	281, 518	2, 088	587, 81	1
15		Δάπεδο πάνω από υπόγειο	101, 038	1, 786	90, 227	0, 5
		Σύνολο	1. 066, 979		922, 591	

Η συνολική επιφάνεια του κελύφους του κτιρίου ισούται με $A=1066,979\text{m}^2$.

Ο συνολικός περιεχόμενος όγκος του κτιρίου ισούται με $V=(\text{εμβαδό δαπέδου}) \cdot (\text{μέσο ύψος κτιρίου}) \Rightarrow V=(183,514\text{m}^2) \cdot (5,648\text{m}) \Rightarrow V=1036,47\text{m}^3$.

Ο λόγος $\frac{A}{V}$ ισούται με $\frac{A}{V} = \frac{1.066,979}{1.036,47} = 0,746 \Rightarrow \frac{A}{V} \cong 0,75$ που αντιστοιχεί σε μέγιστο μέσο συντελεστή θερμοπερατότητας $U_{m, \max}=0,86(\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K})$.

Συγκρίνοντας την τιμή του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας του κτιρίου $U_m=0,865(\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K})$ με την μέγιστη επιτρεπτή τιμή του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας $U_{m, \max}=0,86(\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K})$ προκύπτει ότι το κτίριο είναι οριακά ενεργοβόρο.

Από τα παραπάνω αποτελέσματα προκύπτει ότι τα αμφιθέατρα είναι οριακά ενεργοβόρα κτίρια. Το συμπέρασμα αυτό είναι αναμενόμενο, επειδή σε κάθε αμφιθέατρο, το μεγαλύτερο τμήμα της πλευρικής τοιχοποιίας τους τα διαχωρίζει με μη θερμαινόμενους χώρους. Από την μελέτη των συγκεκριμένων δομικών στοιχείων προκύπτει ότι σχεδόν όλα τα δομικά στοιχεία είναι εντός των μέγιστων επιτρεπτών ορίων που ορίζει ο ΚΕΝΑΚ, σε αντίθεση με τα υπόλοιπα κατακόρυφα δομικά στοιχεία που έρχονται σε απευθείας επαφή με το περιβάλλον. Κατ' επέκταση οι μέσοι συντελεστές θερμοπερατότητας των κτιρίων είναι οριακά εκτός των επιτρεπόμενων ορίων.

Κεφάλαιο 4^ο Αποτελέσματα μετρήσεων με καταγραφικό εξοπλισμό.

4. 1 Εισαγωγή

Για την εύρεση του ενεργειακού προφίλ του κτιρίου Α και των αμφιθεάτρων του συγκροτήματος των γενικών εδρών χρειάστηκε να γίνουν μετρήσεις με την χρήση ειδικού καταγραφικού εξοπλισμού. Τα όργανα που χρησιμοποιήθηκαν για τις μετρήσεις καταγράφονται αναλυτικά παρακάτω και είναι τα εξής :

- υγρασιόμετρο
- υπέρυθρη θερμοκάμερα
- ηλεκτρονικός αναλυτής ενέργειας
- ηλεκτρονικός αναλυτής καυσαερίων

4. 2 Υγρασιόμετρο

Το μοντέλο που χρησιμοποιήθηκε στις μετρήσεις μας είναι το (τύπος μοντέλου). Γενικότερα τα υγρασιόμετρα χρησιμοποιούνται για την καταμέτρηση και την καταγραφή της θερμοκρασίας και της σχετικής υγρασίας του αέρα. Η δυνατότητα μέτρησης είναι -15 έως 65°C για την θερμοκρασία και από 0 έως 100% για την σχετική υγρασία.

4. 2. 1 Χρήση του υγρασιόμετρου

Οι μετρήσεις έγιναν στις 11-4-2011 και στις 13-4-2011 τις πρωινές ώρες καθώς και τις ώρες που άρχιζε να νυχτώνει τόσο στο εξωτερικό του κτιρίου και των αμφιθεάτρων όσο και στο εσωτερικό. Τα αντίστοιχα επίπεδα θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας που κατέγραψε το υγρασιόμετρο είναι για τις πρωινές ώρες 18°C και 19% και για τις βραδινές 11°C και 41% αντίστοιχα.

Ταυτόχρονα με τις μετρήσεις της υγρασίας και της θερμοκρασίας έγινε και η θερμογραφική εξέταση των χώρων και μάλιστα τα στοιχεία που προέκυψαν από το υγρασιόμετρο χρησιμοποιήθηκαν στην επεξεργασία των θερμοφωτογραφιών για την εξαγωγή καλύτερων συμπερασμάτων.

4.3 Υπέρυθρη θερμοκάμερα

4.3.1 Θερμοκάμερα

Το μοντέλο της θερμοκάμερας που χρησιμοποιήθηκε για την εκπόνηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η υπέρυθρη κάμερα FLIR B50 το οποίο και φαίνεται στην παρακάτω εικόνα Σχήμα 4.1 :



Σχήμα 4.1: Θερμοκάμερα

Οι θερμοκάμερες μπορούν να εξάγουν 3 διαφορετικές μορφές εικόνων : υπέρυθρες εικόνες ή αλλιώς θερμογραφήματα, ψηφιακές εικόνες και υπέρυθρες εικόνες μέσα σε ψηφιακές.

Η κάμερα υπέρυθρων μετράει και απεικονίζει την υπέρυθρη ακτινοβολία που εκπέμπεται από ένα αντικείμενο. Η ακτινοβολία αυτή είναι συνάρτηση της επιφανειακής θερμοκρασίας του αντικειμένου πράγμα που σημαίνει ότι η κάμερα μπορεί να απεικονίζει και να εμφανίζει την εν λόγω θερμοκρασία. Η κατανομή θερμοκρασιών στις διάφορες επιφάνειες απεικονίζεται με ειδικά γραφικά.

Τα θερμογραφήματα αποθηκεύονται σε ηλεκτρονική μορφή σε συσκευή usb η οποία προσαρτάται στην θερμοκάμερα. Κατόπιν η επεξεργασία των γραφημάτων γίνεται

χρησιμοποιώντας το λογισμικό Flir Quickreport της κατασκευάστριας εταιρείας της θερμοκάμερας Flir Systems σε υπολογιστή. Πιο συγκεκριμένα η επεξεργασία των εικόνων είναι μια διαδικασία η οποία είναι απαραίτητη για την ορθή ερμηνεία των θερμογραφημάτων και για την εξαγωγή σωστών συμπερασμάτων.

Οι παράμετροι που πρέπει να ληφθούν υπόψη και να οριστούν κατάλληλα κατά την επεξεργασία των θερμογραφημάτων είναι οι παρακάτω :

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

Ο συντελεστής εκπομπής αποτελεί ένα μέτρο της ποσότητας της ακτινοβολίας που εκπέμπεται από ένα αντικείμενο σε σχέση με αυτή που εκπέμπει το μέλαν σώμα δηλαδή το ιδανικό σώμα στις ίδιες συνθήκες.

Η φαινόμενη θερμοκρασία ανάκλασης αντισταθμίζει την θερμοκρασία του περιβάλλοντος που ανακλάται πάνω στο αντικείμενο και τελικά καταλήγει στη θερμοκάμερα. Πιο συγκεκριμένα σε περίπτωση που ο συντελεστής εκπομπής είναι χαμηλός και η θερμοκρασία του αντικειμένου διαφέρει πολύ από τη φαινόμενη θερμοκρασία ανάκλασης καθίσταται ακόμα πιο σημαντικός.

4. 3. 2 Διεξαγωγή των μετρήσεων

Για τις κατά το δυνατόν ακριβέστερες μετρήσεις, πρέπει να ληφθούν υπόψη κάποιες παράμετροι οι οποίες είναι οι ακόλουθες :

- Σωστή επιλογή θερμοκρασιακής κλίμακας (αν και στη συγκεκριμένη θερμοκάμερα γίνεται αυτόματα)
- Ακριβής εστίαση
- Η απόσταση πρέπει να είναι μεγαλύτερη ή ίση της ελάχιστης απόστασης εστίασης

Κατά την αποτύπωση της θερμικής συμπεριφοράς του κτιριακού κελύφους ενός κτιρίου θα πρέπει να καταγράφονται αναλυτικά τα υλικά κατασκευής του (μετόν, τούβλα, μόνωση κλπ) και γενικά όλα τα τεχνικά χαρακτηριστικά τους. Όλα αυτά τα τεχνικά χαρακτηριστικά παρουσιάζονται αναλυτικά στο 3 κεφάλαιο της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας.

Για τη θερμογράφιση του κτιριακού κελύφους είναι καλό να επιλέγεται μια κρύα και συννεφιασμένη μέρα ώστε να αποφεύγεται η θέρμανση των εξωτερικών τοίχων από την ηλιακή ακτινοβολία και ταυτόχρονα η εξωτερική θερμοκρασία να είναι χαμηλή.

Πιο συγκεκριμένα αρκετές ώρες πριν τη θερμογράφιση και κατά το διάστημα που αυτή γίνεται θα πρέπει το σχετικό τμήμα του κελύφους να μην φωτίζεται απ' ευθείας από τον ήλιο. Επίσης είναι καλό η θερμοκρασιακή διαφορά μεταξύ του εσωτερικού του κτιρίου και του περιβάλλοντος να είναι τουλάχιστον 10° C ώστε να είναι δυνατόν να εντοπιστούν οι θερμικές απώλειες του κτιρίου καθώς και τα σημεία στα οποία δεν υπάρχει επαρκής θερμομόνωση. Στη συγκεκριμένη περίπτωση η θερμογράφιση τις πρωινές αλλά και τις απογευματινές ώρες έγινε υπό σωστές συνθήκες. Θα πρέπει να αναφερθεί ότι η διεξαγωγή θερμογράφισης τις νυχτερινές ώρες δεν ήταν δυνατή καθώς οι πόρτες του κτιρίου Α και του συγκροτήματος των Γενικών Εδρών κλειδώνουν στις 8. 45 μμ.

4. 3. 3 Παρουσίαση και σχολιασμός θερμογραφημάτων

Αρχικά πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις στο εξωτερικό κτιριακό κέλυφος και έπειτα στο εσωτερικό. Κατά την επεξεργασία των θερμογραφημάτων με το λογισμικό Flir QuickReport, ορίστηκαν οι παράμετροι ως ακολούθως :

$\varepsilon=0,9$

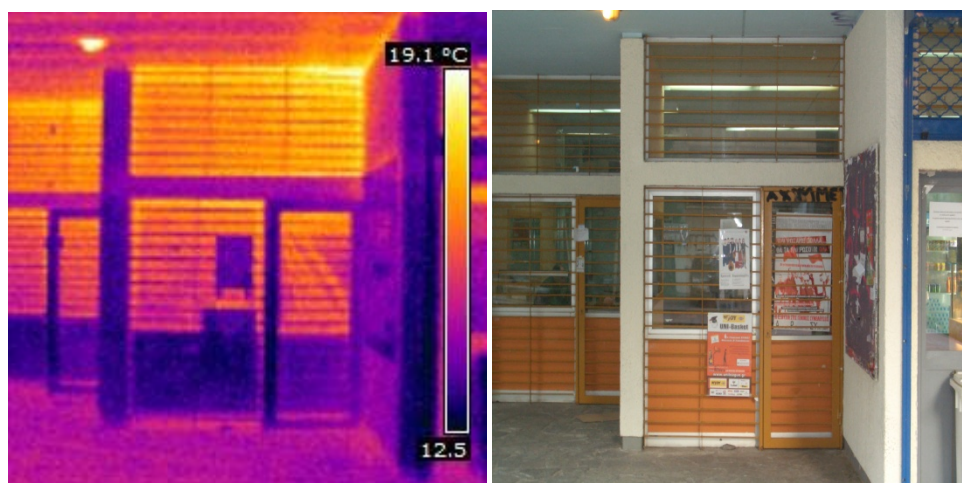
θερμοκρασία ατμόσφαιρας :όπως μετρήθηκε με το υγρασιόμετρο

σχετική υγρασία :όπως μετρήθηκε με το υγρασιόμετρο

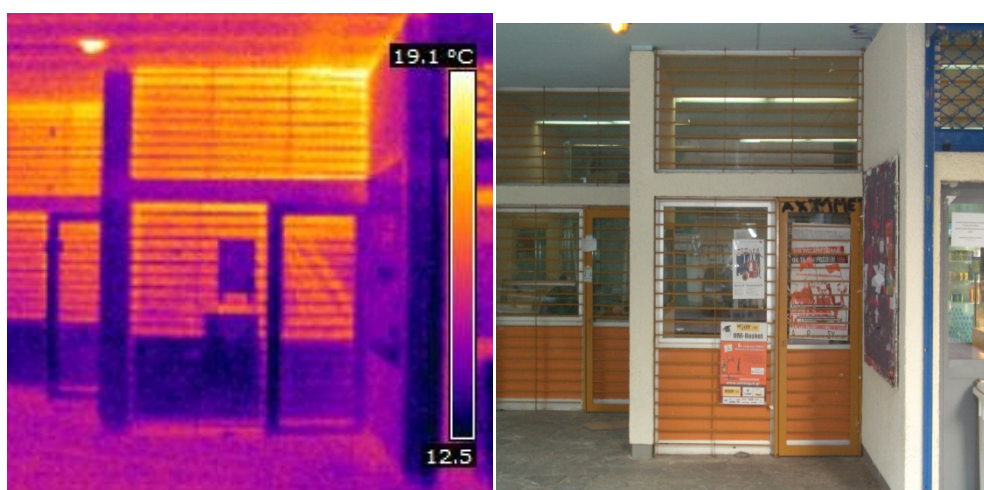
θερμοκρασία ανάκλασης :όπως μετρήθηκε με την θερμοκάμερα πάνω σε μια λεία επίπεδη επιφάνεια καλυμμένη με αλουμινόχαρτο.

Ακολουθούν τα θερμογραφήματα με τις αντίστοιχες ψηφιακές τους φωτογραφίες καθώς και κάποιες παρατηρήσεις και σχόλια που τις συνοδεύουν.

- Εξωτερικό κέλυφος του κτιρίου Α και των αμφιθεάτρων :



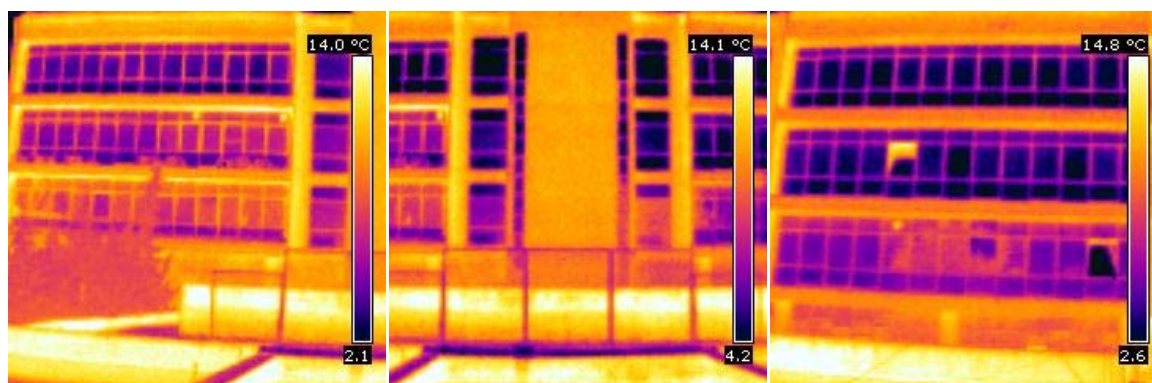
Σχήμα 4. 2 : Θερμογράφημα του κυλικείου της Σ. Ε. Μ. Φ. Ε



Σχήμα 4. 3 : Θερμογράφημα του κυλικείου της Σ. Ε. Μ. Φ. Ε

Οι παραπάνω εικόνες Σχήμα 4.2 Κι Σχήμα 4.3 είναι από το κυλικείο της Σ. Ε. Μ. Φ. Ε το οποίο είναι στο ισόγειο του κτιρίου Α. Από τις παραπάνω εικόνες είναι προφανές ότι στα συγκεκριμένα κουφώματα υπάρχει εισροή ψυχρού αέρα από τον εξωτερικό χώρο προς τον εσωτερικό. Θα πρέπει επίσης να σημειωθεί ότι οι πόρτες που φαίνονται στις παραπάνω φωτογραφίες δεν ανοίγουν ποτέ.

Παρακάτω ακολουθούν φωτογραφίες και για τους άλλους ορόφους του κτιρίου Α όπως αυτοί διακρίνονται από τις τμηματικές θερμοφωτογραφίες όλης του κτιρίου Α.



Σχήμα 4. 4 : Θερμογράφημα του κτιρίου Α σε τμηματική αναπαράσταση

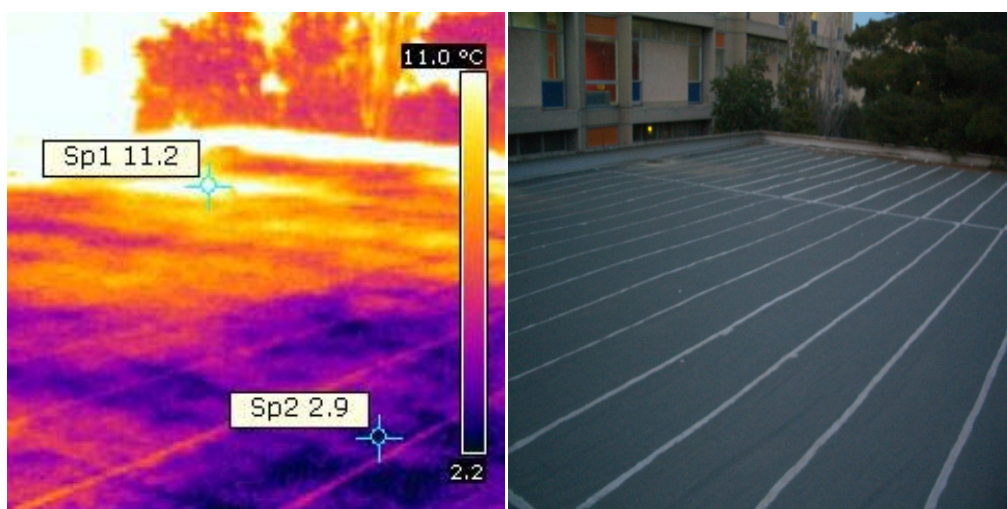


Σχήμα 4. 5 : Ψηφιακή εικόνα όψης του κτιρίου Α.

Στις παραπάνω φωτογραφίες το μόνο πρόβλημα που παρατηρείται είναι στα πλαίσια των κουφωμάτων στα οποία και υπάρχει απώλεια θερμότητας προς τον εξωτερικό χώρο. Ωστόσο με μια πιο προσεκτική ματιά φαίνεται ότι και το υλικό [μελαμίνη] που είναι τοποθετημένο πάνω και κάτω από τους υαλοπίνακες (πορτοκαλί στο μέσον του κτιρίου και μπλε εκατέρωθεν αντίστοιχα) επιτρέπει την ανταλλαγή θερμότητας και για αυτό τον λόγο κρίνεται απαραίτητη η αντικατάσταση του με άλλο υψηλότερης θερμομονωτικής ικανότητας.

Θα μπορούσαν να υπάρχουν και περισσότερες φωτογραφίες από το κέλυφος του κτιρίου αλλά αφενός το κτίριο δεν έχει καμία θερμομόνωση στους πλευρικούς τοίχους ώστε να παρατηρηθεί κάποιο πρόβλημα στη θερμομόνωση του και αφετέρου κάποιες πλευρές του ήταν αδύνατο να φωτογραφηθούν λόγω της δενδροφύτευσης που έκρυβε τους αντίστοιχους τοίχους.

Παρακάτω ακολουθούν τα Σχήματα 4.6-4.9, με φωτογραφίες από τις οροφές των αμφιθεάτρων στις οποίες καταδεικνύονται σοβαρά προβλήματα θερμομόνωσης.



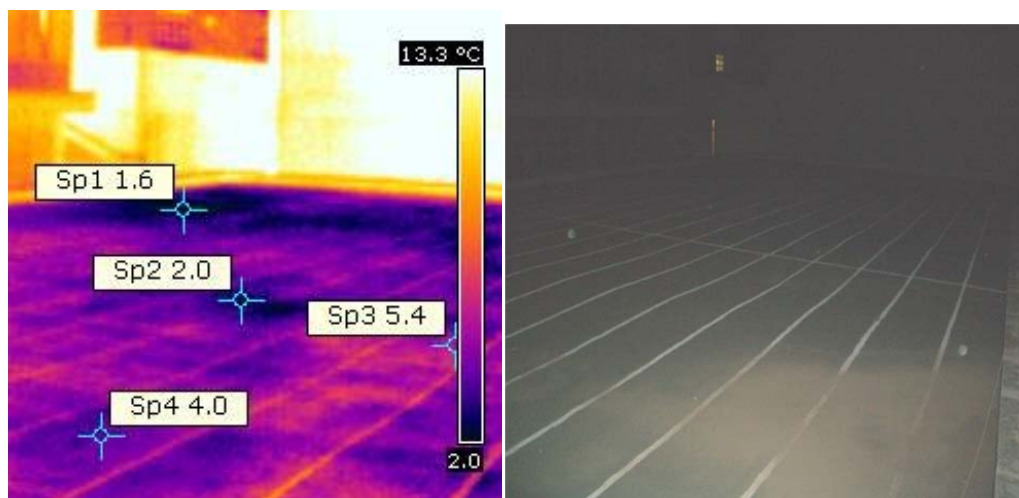
Σχήμα 4. 6: Θερμογράφημα της οροφής του αμφιθεάτρου 1

Στην παραπάνω εικόνα φαίνεται η μεγάλη διαφορά θερμοκρασίας στο θερμομονωτικό επίχρισμα [παράρτημα] της οροφής του αμφιθεάτρου 1 το οποίο χρησιμοποιείται τόσο για θερμομόνωση όσο και για την μόνωση από τα νερά της βροχής. Οι θερμοκρασιακές διαφορές είναι προφανείς τόσο από τις ενδείξεις των σταυρονημάτων όσο και από τις αποχρώσεις της ακτινοβολίας που εκπέμπεται από την οροφή στη θερμοφωτογραφία.



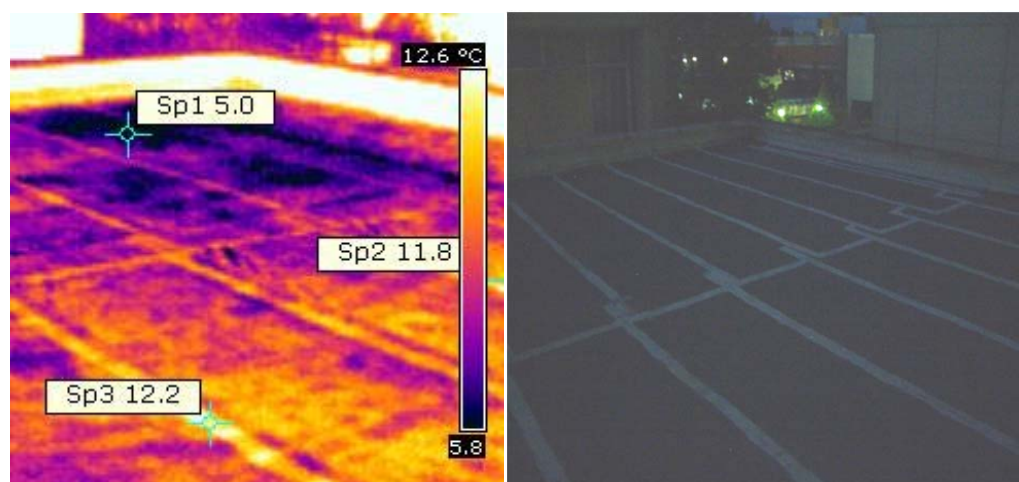
Σχήμα 4. 7 : Θερμογράφημα της οροφής του αμφιθεάτρου 2

Τα ίδια προβλήματα φαίνονται και στην παραπάνω εικόνα (Σχήμα 4.8) η οποία είναι από την οροφή του αμφιθεάτρου 2.



Σχήμα 4.8 : Θερμογράφημα της οροφής του αμφιθεάτρου 3

Η παραπάνω εικόνα είναι από την οροφή του αμφιθεάτρου 3 από την οποία είναι προφανές ότι το πρόβλημα είναι σε περισσότερα από ένα σημεία στην επιφάνεια του θερμομονωτικού επίχρισματος.

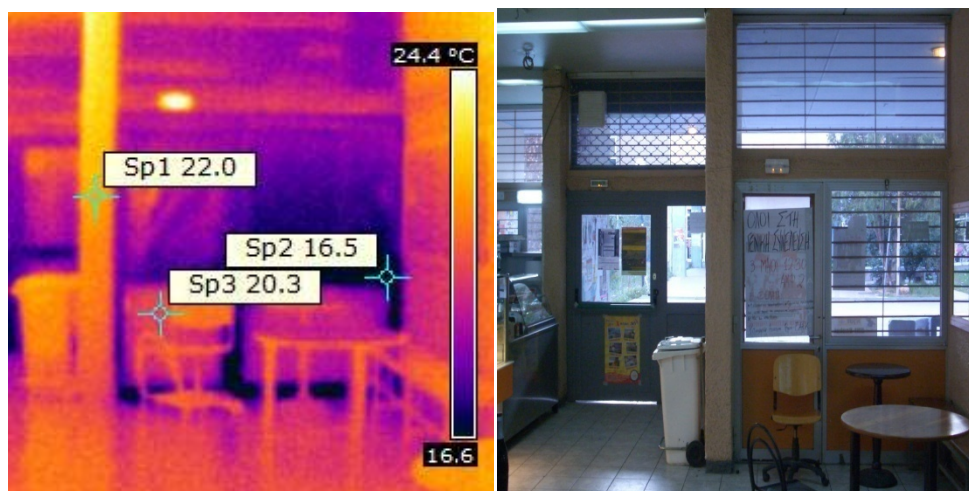


Σχήμα 4.9 : Θερμογράφημα της οροφής του αμφιθεάτρου 4

Από τις παραπάνω εικόνες γίνεται αντιληπτό ότι υπάρχουν σοβαρά προβλήματα στο θερμομονωτικό επίχρισμα όλων των οροφών των αμφιθεάτρων. Τα προβλήματα σε κάθε οροφή εντοπίζονται εκεί που οι θερμοκρασίες του επίχρισματος είναι σημαντικά μικρότερες σε σχέση με την υπόλοιπη επιφάνεια εκεί δηλαδή που οι αποχρώσεις της θερμοφωτογραφίας είναι πιο σκούρες όπως φαίνεται και από τα σταυρονήματα. Κανονικά θα πρέπει να μην υπάρχουν σκούρες αποχρώσεις στο θερμομονωτικό επίχρισμα, κάθε τέτοια απόχρωση καταδεικνύει πρόβλημα στο επίχρισμα και μάλιστα αποκόλληση του επίχρισματος από την τσιμεντοροφή. Σε αυτή την περίπτωση

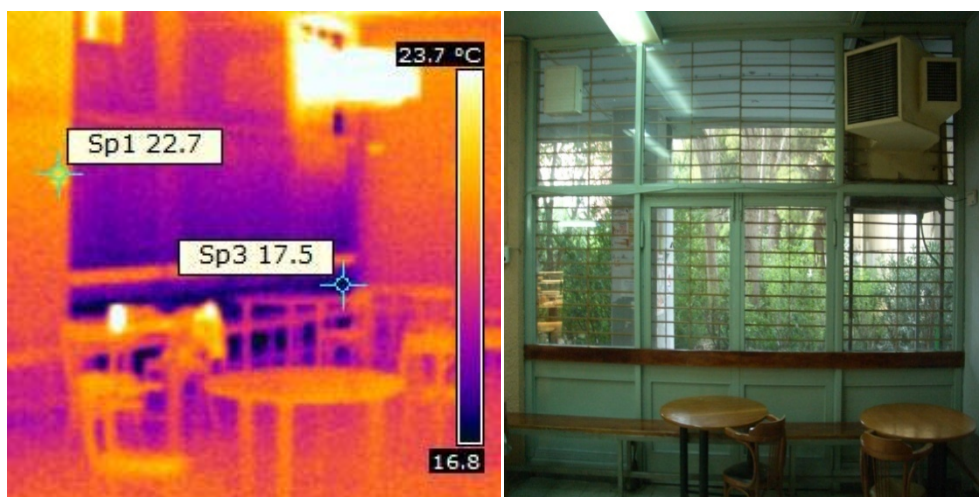
συνίσταται ή αντικατάσταση του επιχρίσματος ή διορθωτικές επεμβάσεις στο ήδη υπάρχον. Όλα τα παραπάνω προβλήματα θα μπορούσαν να είναι λιγότερα ή και ανύπαρκτα αν γινόταν συντήρηση των επιχρισμάτων ή και πιο απλές διαδικασίες όπως καθαρισμός των φίλτρων που βρίσκονται στις οροφές και υπάρχουν στις κορυφές των σωληνώσεων της υδρορροής που χρησιμοποιούνται για αποστράγγιση. Τα φίλτρα των σωληνώσεων βουλώνουν εξαιτίας των φύλλων που πέφτουν στις οροφές των αμφιθεάτρων λόγω των δένδρων που υπάρχουν γύρω από τα αμφιθέατρα, έπειτα τα φίλτρα βουλώνουν και τα νερά της βροχής λιμνάζουν στην οροφή και έτσι το θερμομονωτικό επίχρισμα σταδιακά αχρηστεύεται. Άλλος ένας σημαντικός λόγος για τον οποίο το θερμομονωτικό επίχρισμα καταστρέφεται είναι η κακή του συγκόλληση με την επιφάνεια του οριζόντιου τοίχου. Αποτέλεσμα αυτού, είναι η σταδιακή αποκόλληση του θερμομονωτικού επιχρίσματος από την τσιμεντοροφή, που σε συνδυασμό με την εναπόθεση των φυλλωμάτων, οδηγεί τα λιμνάζοντα ύδατα ανάμεσα στην ψευδοροφή και την τσιμεντόπλακα. Τα νερά αυτά σταδιακά καταλήγουν να αποστραγγίζονται στην ψευδοροφή του κάθε κτιρίου είτε αμφιθεάτρου είτε του κτιρίου Α προξενώντας ζημιές σε αυτή, φαινόμενο το οποίο καταδεικνύεται σε επόμενες θερμοφωτογραφίες.

- Εσωτερικό κέλυφος του κτιρίου Α και των αμφιθεάτρων



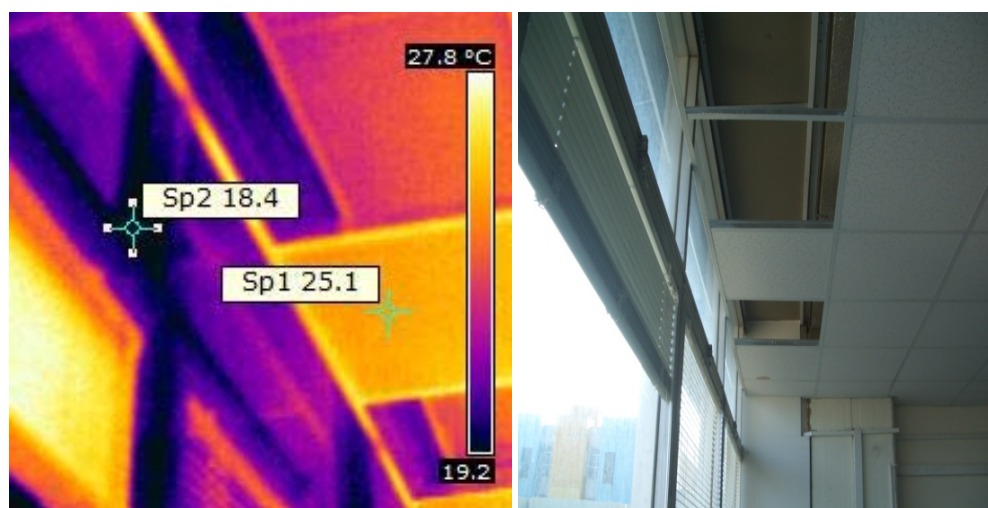
Σχήμα 4. 10 :Φωτογραφία από το ισόγειο του κτιρίου Α

Στην παραπάνω φωτογραφία φαίνεται το θερμογράφημα από το κυλικείο της Σ.Ε.Μ.Φ.Ε. Από το θερμογράφημα γίνεται προφανές ότι υπάρχει απώλεια θερμότητας λόγω της κακής ποιότητας των κουφωμάτων. Θα πρέπει να αναφερθεί ότι τα κουφώματα αυτά είναι τοποθετημένα από τη δεκαετία του 80' και πλέον είναι επιτακτική η αντικατάστασή τους. Επίσης πρόβλημα υπάρχει και με τους υαλοπίνακες επειδή δεν επαρκούν θερμομονωτικά αφού είναι τοποθετημένος μονός υαλοπίνακας αντί τουλάχιστον διπλού σε όλο το κτίριο.



Σχήμα 4. 11 : Θερμογράφημα του ισόγειου του κτιρίου Α

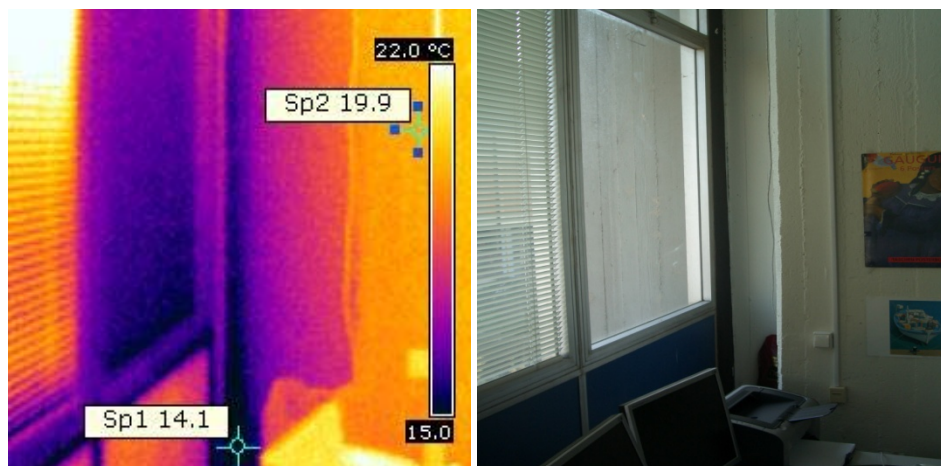
Παραπάνω απεικονίζεται σε θερμογράφημα αλλά και ψηφιακά όψη του κυλικείου της Σ. Ε. Μ. Φ. Ε το οποίο και βρίσκεται στο ισόγειο του κτιρίου Α (Σχήμα 4.11). Με τη χρήση των σταυρονημάτων κατά την επεξεργασία των θερμογραφημάτων γίνεται φανερό ότι υπάρχει μεγάλη θερμοκρασιακή διαφορά μεταξύ της θερμοκρασίας της τοιχοποιίας και αυτή της μεταλλικής επιφάνειας των κουφωμάτων που σημαίνει θερμικές απώλειες στον χώρο. Με βάση την παραπάνω παρατήρηση εύκολα μπορεί να εξαχθεί το συμπέρασμα ότι η αντικατάσταση των κουφωμάτων είναι αναγκαία.



Σχήμα 4. 12: Θερμογράφημα ένωσης ψευδοροφής και κουφωμάτων

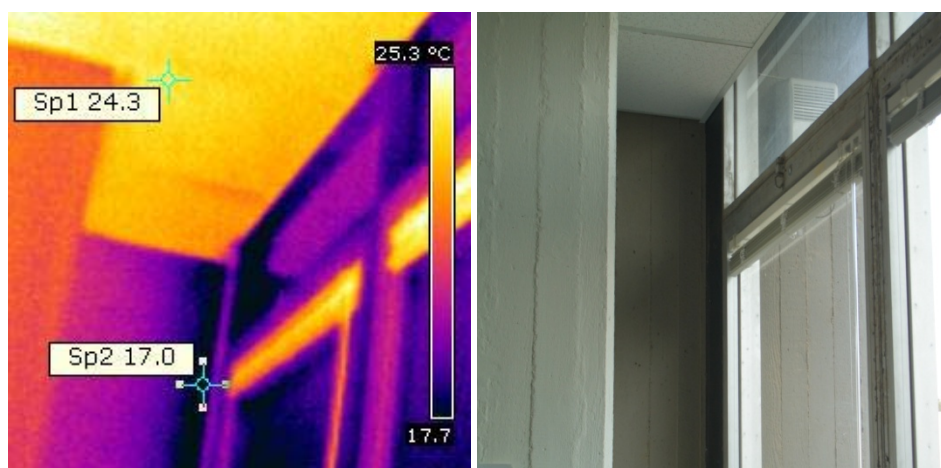
Η παραπάνω φωτογραφία Σχήμα 4.12 είναι από την γραμματεία της Σ. Ε. Μ. Φ. Ε που βρίσκεται στον 1^ο όροφο του κτιρίου Α και στην οποία φαίνεται το πρόβλημα απώλειας θερμότητας. Πιο συγκεκριμένα υπάρχει έντονη θερμοκρασιακή διαφορά όπως φαίνεται και από τα σταυρονήματα πράγμα που δείχνει ότι το πρόβλημα είναι στα κουφώματα, μάλιστα ο τύπος του υαλοπίνακα είναι μονός όπως προαναφέρθηκε που κάνει την θερμομόνωση ακόμη πιο ανεπαρκή.

Μάλιστα θα πρέπει να σημειωθεί ότι κατά τη διάρκεια της καταγραφής υπήρχαν έντονα παράπονα από το προσωπικό, επικαλούμενα το γεγονός ότι τις ψυχρές ημέρες παρά τη θέρμανση του χώρου οι συνθήκες εργασίας λόγω του ψύχους εντός του χώρου δεν είναι ικανοποιητικές.



Σχήμα 4. 13 : Θερμογράφημα ένωσης εσωτερικής τοιχοποιίας και κουφωμάτων

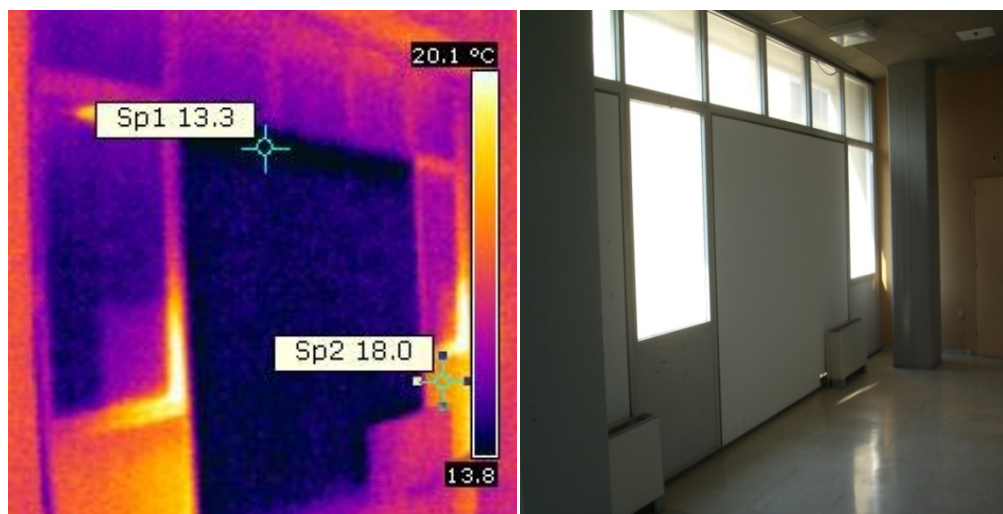
Στην παραπάνω φωτογραφία Σχήμα 4.13 απεικονίζεται και πάλι τμήμα της όψης του κτιρίου Α που βρίσκεται στον 1^ο όροφο και πιο συγκεκριμένα στη γραμματεία της Σ. Ε. Μ. Φ. Ε. Το πρόβλημα στο χώρο που στεγάζεται η γραμματεία είναι μεγάλο και οφείλεται καθαρά στην θερμομονωτική ανεπάρκεια των κουφωμάτων. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι το πρόβλημα εντείνεται κατά τη χειμερινή περίοδο αφού υπάρχουν απώλειες θερμότητας τόσο εξαιτίας των κουφωμάτων όσο και της αυξημένης χρήσης των κλιματιστικών μονάδων που χρησιμοποιούνται ακόμα περισσότερο ώστε να καλυφθούν οι ανάγκες του χώρου.



Σχήμα 4. 14 : Θερμογράφημα ένωσης εσωτερικής τοιχοποιίας και κουφωμάτων

Στο παραπάνω θερμογράφημα Σχήμα 4.14 απεικονίζεται τμήμα του υαλοπίνακα του διαδρόμου στον 1^ο όροφο του κτιρίου Α. Από τις θερμοκρασίες των σταυρονημάτων είναι προφανής η μεγάλη θερμοκρασιακή διαφορά που οφείλεται στην ανεπαρκή μόνωση των κουφωμάτων. Μάλιστα φαίνεται ότι υπάρχει εισροή

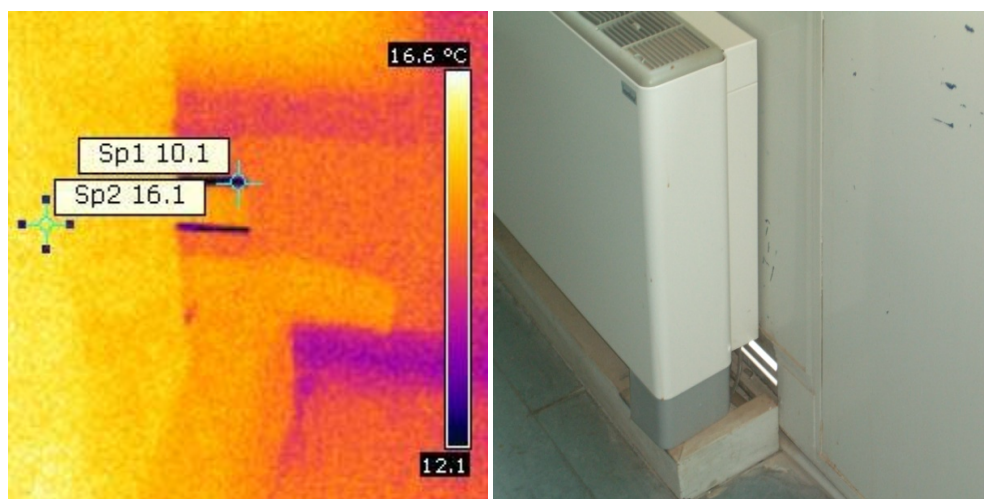
ψυχρού αέρα από το εξωτερικό περιβάλλον πράγμα που επιβαρύνει την κατάσταση στο εσωτερικό του κτιρίου ειδικά τη χειμερινή περίοδο.



Σχήμα 4. 15 : Θερμογράφημα ένωσης εσωτερικής τοιχοποιίας και κουφωμάτων

Στην παραπάνω φωτογραφίες Σχήμα 4.15 φαίνεται ένα θερμογράφημα από τον διάδρομο του 1^{ου} ορόφου του κτιρίου Α. Στο πλαίσιο του τοιχίου υπάρχει πιο σκούρα απόχρωση όπως φαίνεται και από το θερμογράφημα το οποίο περιμετρικά του πλαισίου έχει πιο σκούρες αποχρώσεις, πράγμα το οποίο καταδεικνύει θερμογέφυρα. Το παραπάνω συμπέρασμα είναι λογικό αφού από την ψηφιακή φωτογραφία φαίνεται ότι είναι το σημείο ένωσης της τοιχοποιίας με το μεταλλικό πλαίσιο του κουφώματος.

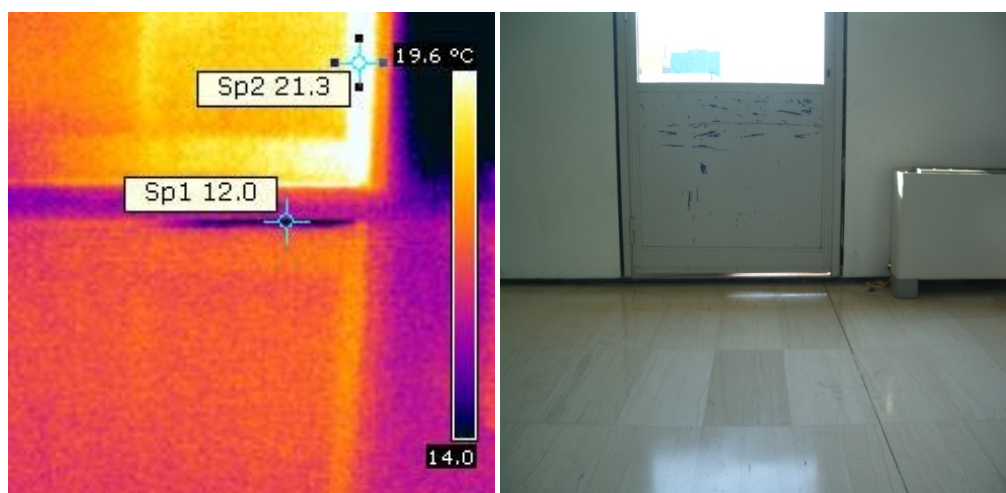
Παρατηρώντας καλύτερα την επόμενη θερμοφωτογραφία φαίνεται ότι κατά μήκος της ακμής του τοιχίου υπάρχει τομή που επιτρέπει την ανταλλαγή θερμότητας με τον εξωτερικό χώρο. Ωστόσο θα πρέπει να αναφερθεί ότι οι χαραμάδες αυτές βρίσκονται πίσω από κάθε fan coil και ο λόγος ύπαρξης τους είναι για να εισέρχεται στο χώρο νωπός αέρας μέσω αυτής. Η παραπάνω παρατήρηση φαίνεται αναλυτικά στην ακόλουθη φωτογραφία συνοδευόμενη από το θερμογράφημα της Σχήμα 4.16.



Σχήμα 4. 16 : Θερμογράφημα funcoil

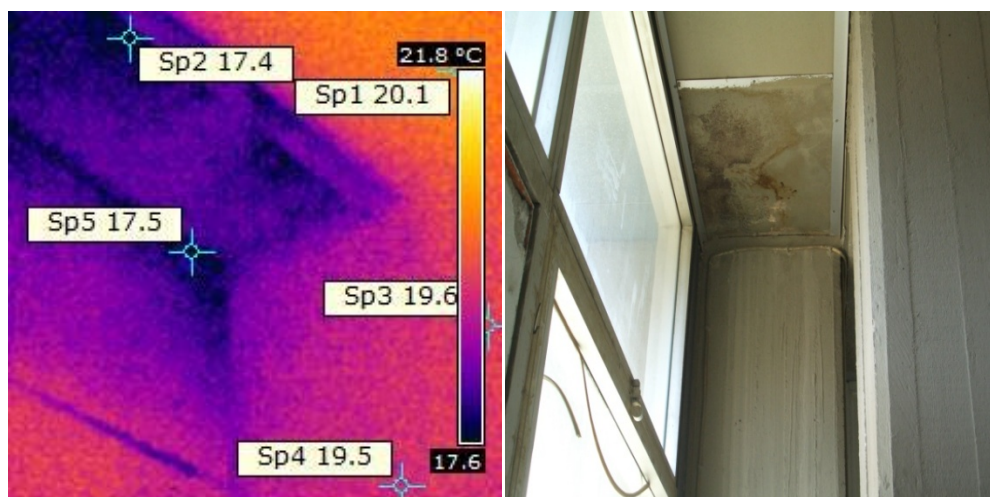
Στην παραπάνω φωτογραφία (Σχήμα 4.16) φαίνεται καθαρά η τομή που υπάρχει στην εσωτερική τοιχοποιία και η έντονη θερμοκρασιακή διαφορά μεταξύ εξωτερικού και εσωτερικού χώρου.

Στην παρακάτω φωτογραφία (Σχήμα 4.17) απεικονίζεται θερμοφωτογραφία κουφώματος. Η κακή τοποθέτηση των κουφωμάτων όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα έχει σαν αποτέλεσμα την απώλεια θερμότητας στον χώρο όπως αυτή εντοπίζεται από τη θερμοκάμερα.



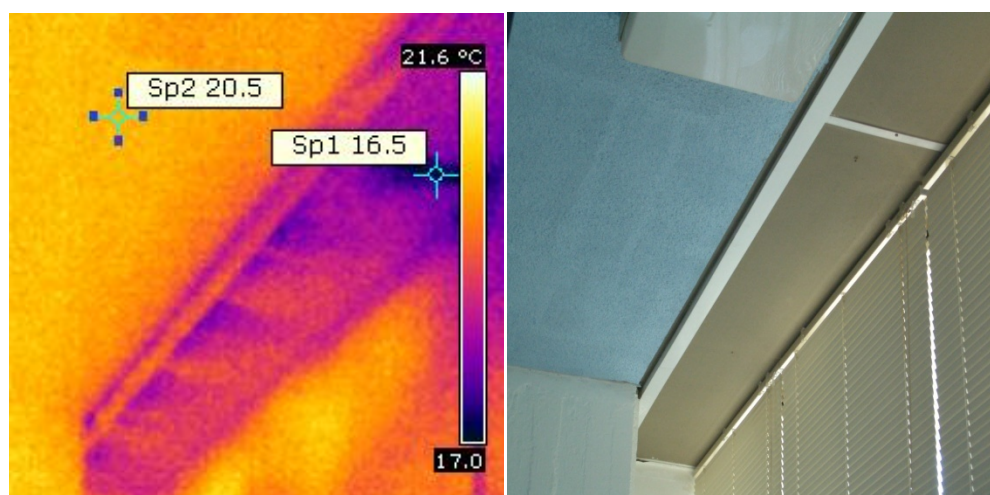
Σχήμα 4. 17 : Θερμογράφημα εξωτερικής θύρας

Στην παραπάνω εικόνα διακρίνεται έντονα το κενό μεταξύ της μεταλλικής θύρας και του δαπέδου το οποίο επιτρέπει την απώλεια-μεταφορά θερμότητας. Τα παραπάνω προβλήματα που σχετίζονται με την κακή τοποθέτηση κουφωμάτων ή την ελλιπή αντιμετώπιση τους έστω και με την τοποθέτηση θερμοδιακοπής, δεν εντοπίζονται μόνο στον 1^ο όροφο του κτιρίου αλλά και στους υπόλοιπους.



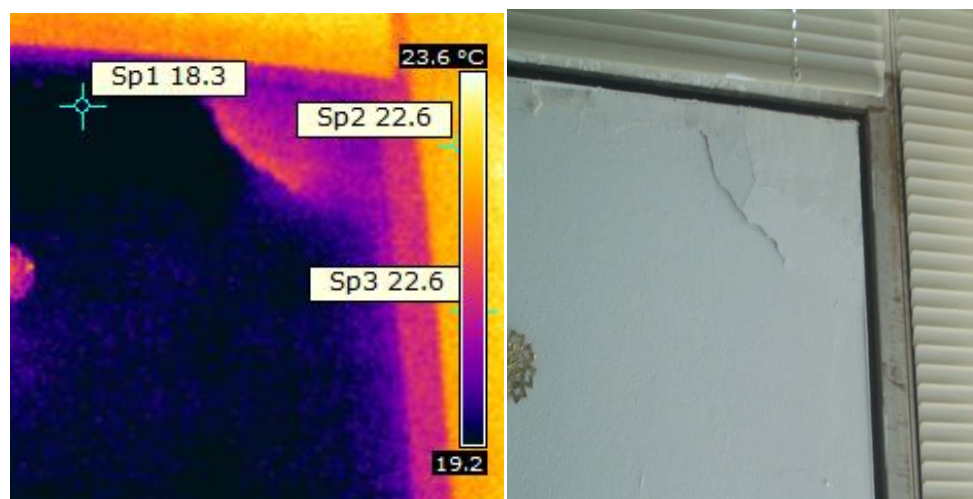
Σχήμα 4. 18 : Θερμογράφημα ένωσης ψευδοροφής κουφωμάτων και εσωτερικής τοιχοποιίας.

Στην παραπάνω εικόνα (Σχήμα 4.18) εύκολα διακρίνονται τα προβλήματα στην ψευδοροφή ακόμη και με γυμνό μάτι. Παρατηρώντας την ψευδοροφή φαίνεται ότι υπάρχει υγρασία λόγω νερού, το οποίο έφτασε εκεί λόγω κακής μόνωσης ή εξαιτίας κάποιου αγωγού που μπορεί να στάζει πάνω στην ψευδοροφή ή ακόμη και λόγω αποστράγγισης των λιμνάζοντων υδάτων που μπορεί να αποστραγγίστηκαν στην ψευδοροφή.



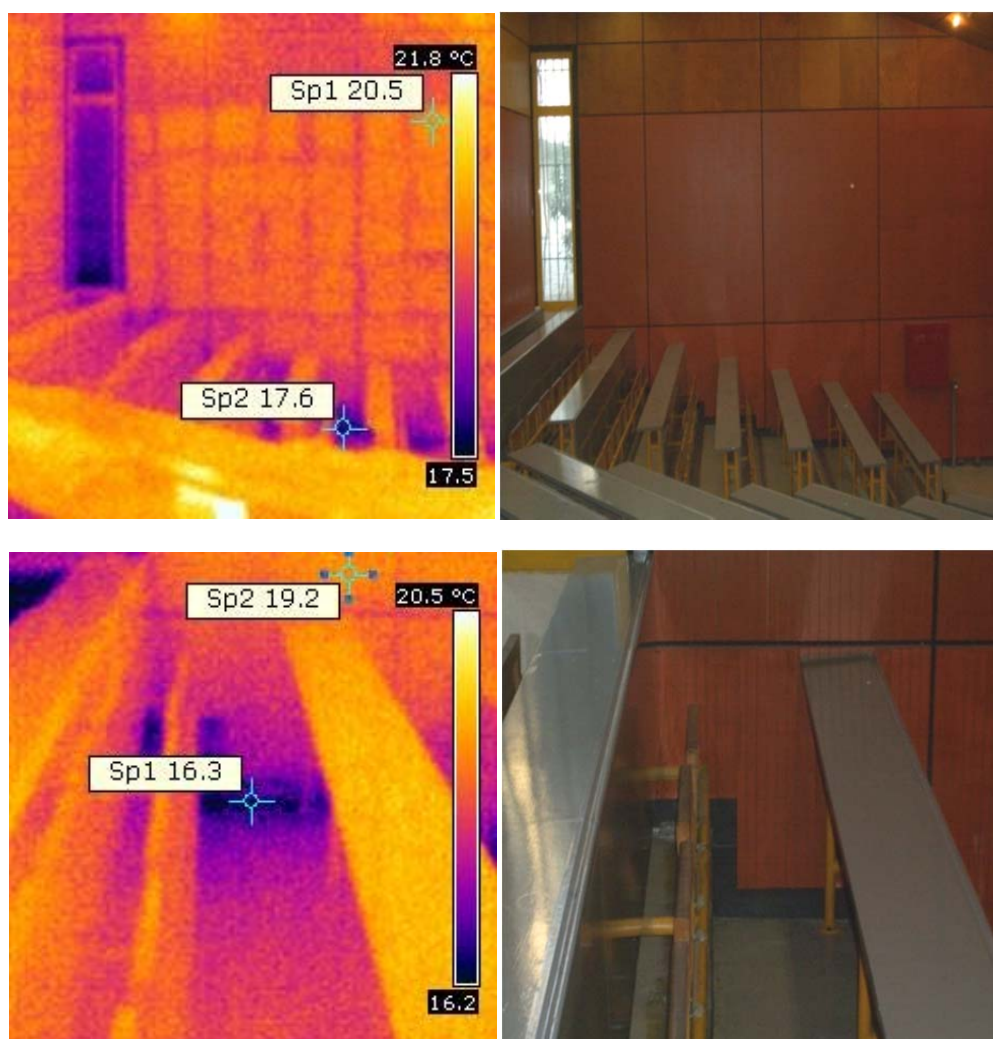
Σχήμα 4. 19 : Θερμογράφημα ψευδοροφής

Στην παραπάνω εικόνα (Σχήμα 4.19) με τη χρήση της θερμοκάμερας γίνεται αντιληπτό το πρόβλημα της ανταλλαγής θερμότητας με το περιβάλλον. Το παραπάνω πρόβλημα οφείλεται στην ανεπαρκή μόνωση των κουφωμάτων. Η συγκεκριμένη φωτογραφία είναι από το εργαστήριο Βάσεων Δεδομένων της Σ.Η.Μ.Μ.Υ που βρίσκεται στον 2^ο όροφο του κτιρίου Α.



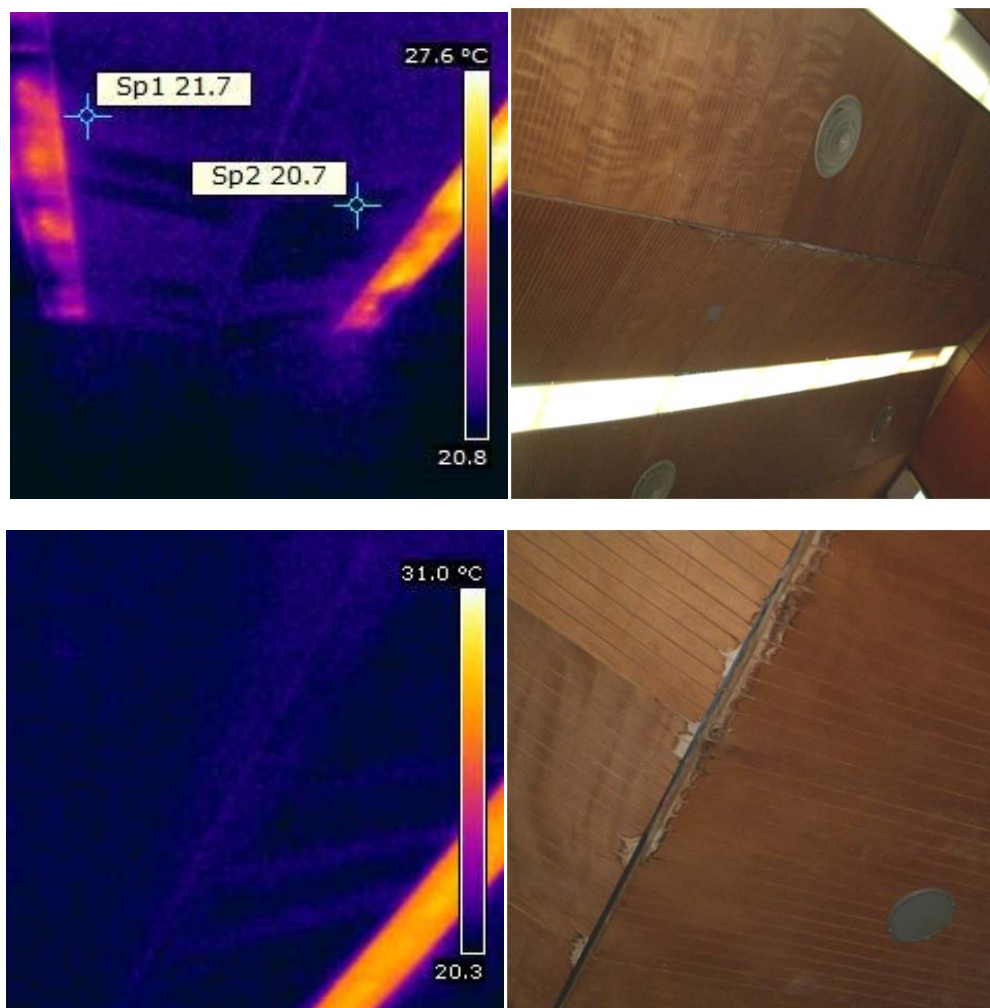
Σχήμα 4. 20 : Θερμογράφημα τμήματος της εσωτερικής τοιχοποιίας του κτιρίου Α

Στο παραπάνω Σχήμα 4.20 φαίνεται η φθορά που έχει προκληθεί στην ένωση της εσωτερικής τοιχοποιίας του κτιρίου με τα κουφώματα.



Σχήμα 4. 21 : Θερμογράφημα της εσωτερικής τοιχοποιίας των αμφιθεάτρων

Στις παραπάνω εικόνες (Σχήμα 4.21) απεικονίζεται τμήμα της εσωτερικής τοιχοποιίας των αμφιθεάτρων και συγκεκριμένα του αμφιθεάτρου 3. Στην λεπτομέρεια φαίνεται ότι παρουσιάζεται μια μικρή διαφορά θερμοκρασίας ανάμεσα στο υλικό του πλαισίου που στηρίζει τις επιφάνειες dewetop. Αυτή η θερμοκρασιακή διαφορά είναι αρκετή ώστε μέσω της θερμοκάμερας να είναι φανερό το μεταλλικό πλαίσιο που έχει τοποθετηθεί για να συγκρατεί το υλικό της εσωτερικής επένδυσης των αμφιθεάτρων (dewetop)



Σχήμα 4. 22 : Θερμογράφηματα ψευδοροφής αμφιθεάτρου

Στις παραπάνω φωτογραφίες (Σχήμα 4.22) απεικονίζεται τμήμα της οροφής του αμφιθεάτρου 1. Με γυμνό μάτι δύσκολα φαίνεται ότι η οροφή έχει πρόβλημα υγρασίας αλλά με τη χρήση θερμοκάμερας γίνεται εύκολα αντιληπτό. Το πρόβλημα αυτό οφείλεται στην κακή κατάσταση του θερμομονωτικού επιχρίσματος της οροφής του αμφιθεάτρου 1 το οποίο ήταν σε τόσο έντονο βαθμό που τα νερά προχώρησαν μέχρι την ψευδοροφή. Η αιτία αυτού του προβλήματος αναλύθηκε σε προηγούμενο θερμογράφημα.

4. 4 Ηλεκτρονικός αναλυτής καυσαερίων

Το μοντέλο του αναλυτή καυσαερίων που χρησιμοποιήθηκε στις μετρήσεις είναι ο αναλυτής KANE 900 PLUS όπως φαίνεται και στην παρακάτω εικόνα (Σχήμα 4.23) :



Σχήμα 4. 23 : Ηλεκτρονικός αναλυτής καυσαερίων.

Ο αναλυτής KANE 900 PLUS χρησιμοποιείται εύκολα και μπορεί να εφαρμόσει σε οικιακούς και βιομηχανικούς καυστήρες. Μπορεί να κρατήσει στη μνήμη του έως και 150 μετρήσεις και τα δεδομένα αυτά μεταφέρονται πολύ εύκολα σε υπολογιστή για περαιτέρω επεξεργασία.

Ο ηλεκτρονικός αναλυτής καυσαερίων δίνει στιγμιαίες μετρήσεις. Πιο συγκεκριμένα μπορεί να μετρήσει :

- Ποσοστό οξυγόνου
- Μονοξείδιο του άνθρακα
- Μονοξείδιο του αζώτου
- Θερμοκρασία περιβάλλοντος
- Θερμοκρασία καυσαερίων
- Διαφορά θερμοκρασίας
- Υπολογίζει την απόδοση καύσης του καυστήρα
- Υπολογίζει τον δείκτη τοξικών αερίων, δηλαδή τον λόγο μονοξειδίου του άνθρακα προς το διοξείδιο του άνθρακα.

Ωστόσο κατά την επίσκεψη στο λεβητοστασιο όπου υπάρχουν οι δύο λέβητες δεν ήταν δυνατή η μέτρηση με τον αναλυτή καυσαερίων επειδή οι λέβητες λόγω βλάβης

δεν λειτουργούσαν. Γι' αυτό τον λόγο η μελέτη για τα καυσαερία του καυστήρα των δύο λέβητων σταματάει εδώ.

4.5 Αναλυτής ηλεκτρικής ενέργειας

Για τις μετρήσεις των ηλεκτρικών καταναλώσεων χρησιμοποιήθηκε ο ηλεκτρικός αναλυτής ενέργειας. Πιο συγκεκριμένα πρόκειται για το μοντέλο FLUKE 1735 όπως φαίνεται και στην παρακάτω εικόνα (Σχήμα 4.24).



Σχήμα 4. 24 : Ηλεκτρονικός αναλυτής ενέργειας.

Η συγκεκριμένη συσκευή έχει τη δυνατότητα μέτρησης ενεργού και άεργου ισχύος, του συντελεστή ισχύος $\cos\phi$, της ενεργής τιμής της τάσης και της έντασης του ρεύματος και αρμονικές ρεύματος και τάσης. Όλες οι μετρήσεις αποθηκεύονται στην μνήμη της συσκευής η οποία μπορεί να κρατήσει στην μνήμη μετρήσεις μέχρι και 45 ημερών. Όλα τα αποτελέσματα μπορούν να περαστούν σε υπολογιστή και στη συνέχεια να επεξεργαστούν με τη βοήθεια του λογισμικού FLUKE Power Log 2. 9 Software.

4.5.1 Παρουσίαση και διεξαγωγή των μετρήσεων

Ο αναλυτής ενέργειας τοποθετήθηκε στις 17 Μαρτίου το πρωί στις εγκαταστάσεις που βρίσκονται στο υπόγειο του κτιρίου Β και αφαιρέθηκε στις 22 Μαρτίου. Συνολικά λοιπόν ο αναλυτής ενέργειας έκανε μετρήσεις για διάστημα έξι ημερών. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι ο αναλυτής ενέργειας συνδέθηκε στη γραμμή που έφευγε από τον έναν εκ των δύο Μ/Σ, οπότε τα αποτελέσματα του αναλυτή σχετικά με τις καταναλώσεις, πολλαπλασιάζονται επί δύο. Η προσέγγιση αυτή είναι ασφαλής επειδή οι δύο μετασχηματιστές τροφοδοτούν τα ηλεκτρικά φορτία του κτιρίου με την ίδια τιμή ενέργειας.

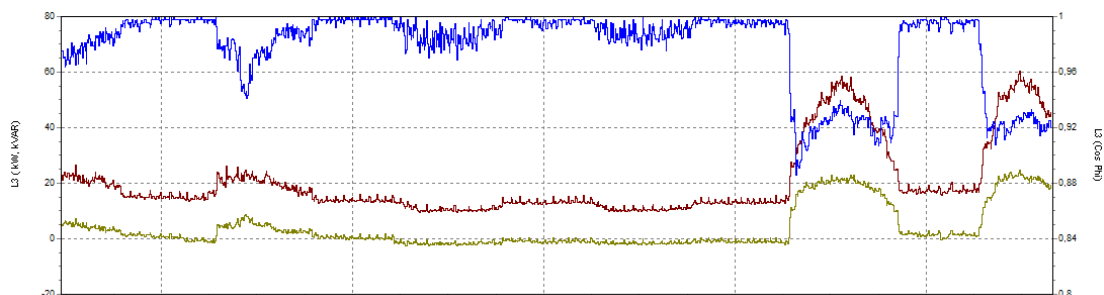
Οι δύο μετασχηματιστές δεν τροφοδοτούν μόνο το κτίριο Α αλλά τα 4 αμφιθέατρα καθώς και το κτίριο Β το κτίριο Ε και την παλαιά βιβλιοθήκη των ηλεκτρολόγων, επομένως είναι δύσκολο να εξαχθούν συμπεράσματα αποκλειστικά για το κτίριο Α και τα αμφιθέατρα.

4.5.2 Σχολιασμός των μετρήσεων και παρατηρήσεις

Για την εξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με τις καταναλώσεις χρειάζεται μια προσεκτική μελέτη της καμπύλης φορτίου όπως αυτή προέκυψε από την καμπύλη της ενεργού ισχύος και του συντελεστή ισχύος $\cos\phi$. Πρέπει να σημειωθεί ότι ο συντελεστής ισχύος είναι μια πολύ σημαντική παράμετρος, αφού όσο πλησιέστερα στην μονάδα είναι τόσο λιγότερη άεργο ισχύ καταναλώνει το φορτίο. Τιμές $\cos\phi$ που κυμαίνονται κάτω από 0,95 υποδεικνύουν «κακό» φορτίο. Ο σκοπός είναι το φορτίο να έχει τιμές συντελεστή ισχύος μεταξύ 0,95- 0,99 και τα οφέλη είναι μεγάλα αν σκεφτεί κανείς ότι πρακτικά, κακός συντελεστής ισχύος, σημαίνει:

- Αύξηση των απωλειών σε όλους τους αγωγούς και καλώδια
- Αύξηση της πτώσης τάσης
- Αυξημένες ενεργειακές ανάγκες
- Αύξηση των απωλειών ενέργειας επί των δικτύων μεταφοράς και διανομής της ΔΕΗ
- Αυξημένα κόστη λόγω των υψηλών ωμικών φορτίων.

Το συγκεντρωτικό διάγραμμα της ενεργού, άεργου ισχύος και του αντίστοιχου συντελεστή ισχύος για τις ημέρες κατά τις οποίες ήταν συνδεδεμένος ο αναλυτής ενέργειας στον μετασχηματιστή, παρουσιάζονται στο Σχήμα 4.25.

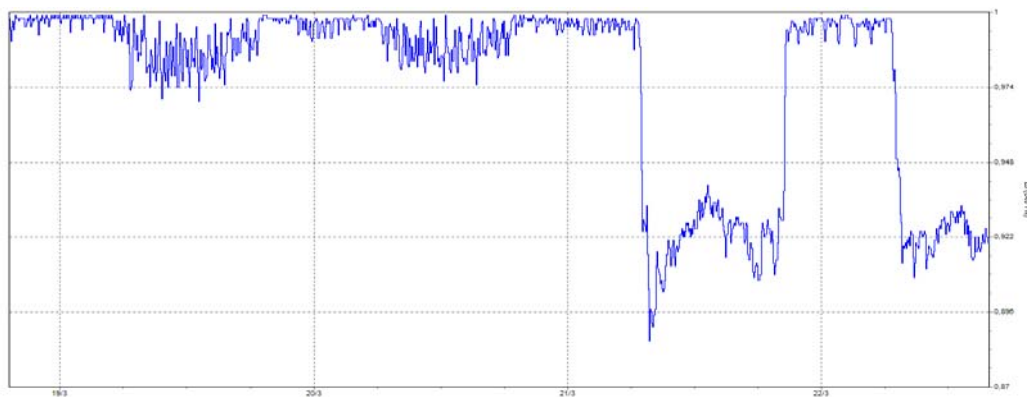


Σχήμα 4. 25 : Συγκεντρωτικό διάγραμμα ενεργού, άεργου ισχύος και $\cos\phi$ για 6 ημέρες.

Παρατηρήσεις

- Από το παραπάνω διάγραμμα, παρατηρείται ότι τις δύο πρώτες ημέρες δηλαδή από την Πέμπτη 17 Μαρτίου που τοποθετήθηκε και την Παρασκευή 18 Μαρτίου υπάρχει μια ομοιομορφία στην κατανάλωση ενεργού ισχύος. Λόγω κατάληψης που υπήρχε, τα κτίρια ήταν ανοιχτά, η γραμματεία λειτουργούσε κανονικά όπως και το κυλικείο αλλά δεν γινόταν μαθήματα.
- Το Σάββατο 19 και την Κυριακή 20 Μαρτίου αντίστοιχα, υπάρχει και πάλι ομοιομορφία όμως τα φορτία είναι μικρότερα σε σχέση με τις προηγούμενες ημέρες. Το συμπέρασμα είναι λογικό αφού τα κτίρια είναι κλειστά. Αν και θα περίμενε κανείς οι καταναλώσεις το σαββατοκύριακο να είναι μηδενικές αυτό δεν συμβαίνει και αυτό είναι λογικό καθώς υπάρχουν υπολογιστές και servers στα εργαστήρια, ψυγεία και καταψύκτες στο κυλικείο της σχολής Ε. Μ. Φ. Ε κλπ που επιβαρύνουν την αντίστοιχη κατανάλωση ισχύος. Επίσης γίνεται άσκοπη χρήση φωτισμού σε κοινόχρηστους χώρους όπως διαδρόμους, τουαλέτες κλπ με ότι αυτό συνεπάγεται για την ηλεκτρική κατανάλωση των κτιρίων. Με τον ίδιο τρόπο δικαιολογούνται και οι νυχτερινές καταναλώσεις οι οποίες είναι των ίδιων επιπέδων και τις 6 ημέρες. Εύκολα λοιπόν μπορεί να προκύψει το φορτίο βάσης το οποίο κυμαίνεται μεταξύ 22 kW και 40 kW αντίστοιχα.
- Ωστόσο τη Δευτέρα 21 Μαρτίου και την Τρίτη 22 Μαρτίου, το φορτίο μεταβάλλεται και πάλι ομοιόμορφα όμως διαφορετικά σε σύγκριση με τις προηγούμενες ημέρες. Είναι προφανές ότι υπάρχει πολύ μεγαλύτερη κατανάλωση και αυτό οφείλεται στο ότι τη Δευτέρα η σχολή Ε. Μ. Φ. Ε άνοιξε κανονικά και την Τρίτη άνοιξε και λειτουργούσε κανονικά μέχρι τις 3 οπότε και θα ξεκινούσε γενική συνέλευση για να παρθούν αποφάσεις για το αν θα παραμείνει ανοιχτή η σχολή ή όχι.

Στο ακόλουθο Σχήμα 4.26 παρατίθεται ο συντελεστής ισχύος όπως καταγράφηκε και τις 6 ημέρες

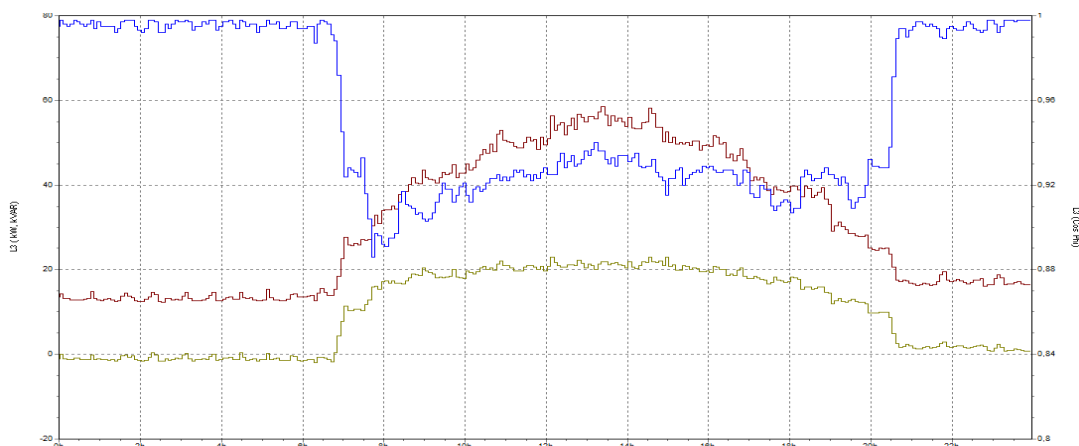


Σχήμα 4. 26 : Διάγραμμα Συντελεστή Ισχύος για 6 ημέρες

Παρατηρήσεις επί του διαγράμματος 4. 26

- Ο συντελεστής ισχύος $\cos\phi$ στο αρχικό διάγραμμα της συνολικής εικόνας και των 6 ημερών φαίνεται ότι όταν αυξάνονται οι καταναλώσεις υπάρχει ανάλογη πτώση στον συντελεστή ισχύος. Το παραπάνω συμπέρασμα είναι λογικό ανα αναλογιστεί κανείς ότι τα επαγωγικά φορτία όταν εκκινούν απαιτούν ρεύμα εκκίνησης το οποίο μπορεί να είναι και τριπλάσιο του ονομαστικού.
- Γενικότερα υπάρχουν σχετικά μεγάλες διακυμάνσεις του συντελεστή ισχύος στο διάστημα 6. 30 π. μ μέχρι και 8. 30 μ. μ και είναι λογικό αφού στο διάστημα αυτό ενεργοποιούνται όλες οι συσκευές που πιθανώς χρησιμοποιούνται από το προσωπικό.
- Παρατηρούνται 2 ξαφνικές βυθίσεις 21 και 22 μαρτίου δηλαδή ημέρα Δευτέρα και Τρίτη αντίστοιχα οι οποίες θα αναλυθούν εκτενώς μέσω του επόμενου συγκεντρωτικού διαγράμματος το οποίο δείχνει την συνολική κατανάλωση τη Δευτέρα 21 Μαρτίου.

Για την ημέρα Δευτέρα 21/3/2011 τα διαγράμματα ενεργού, άεργου ισχύος και συντελεστή ισχύος είναι το Σχήμα 4.27:



Σχήμα 4. 27 : Συγκεντρωτικό διάγραμμα ενεργού, άεργου ισχύος και συντελεστή ισχύος για μια τυπική ημέρα.

Παρατηρήσεις επί του Σχήματος 4. 27

- Παρατηρώντας το ημερήσιο διάγραμμα ενεργού ισχύος προκύπτει ότι από τις 6. 30 π. μ το πρωί υπάρχει σταδιακή αύξηση του φορτίου και επομένως και της κατανάλωσης. Αντίστοιχα η κατανάλωση αρχίζει να μειώνεται σταδιακά από τις 2 μ. μ και μετά.
- Η μεγαλύτερη τιμή της ενεργού ισχύος παρατηρείται στη 1 μ. μ και ανέρχεται στα $2 \cdot 162, 25 \text{kW} = 324, 5 \text{kW}$. Η τιμή αυτή παρατηρείται το μεσημέρι και είναι λογικό επειδή εκείνη την ώρα σημειώνεται ο μεγαλύτερος αριθμός ατόμων στις αίθουσες και στα αμφιθέατρα με ότι συνεπάγεται αυτό για τις καταναλώσεις ηλεκτρικής ενέργειας για φωτισμό και θέρμανση.
- Η μικρότερη τιμή της ενεργού ισχύος παρατηρείται μέχρι και τις 6 το πρωί και είναι ίση με $2 \cdot 30, 5 \text{kW} = 61 \text{kW}$. Εκείνη την ώρα τα κτίρια είναι κλειστά και έτσι δικαιολογείται αυτή η χαμηλή κατανάλωση.
- Επίσης από τις 8 π. μ μέχρι και τις 8 π. μ η καμπύλη της ενεργού ισχύος ανεβαίνει ταχύτερα από αυτή της άεργου ισχύος η οποία όμως, είναι σχετικά σταθερή μέχρι τις 6 μ. μ. Η παρατήρηση αυτή υποδηλώνει λειτουργία κυρίως ωμικών φορτίων όπως φούρνους που μπορεί να χρησιμοποιούνται συνεχώς στο κυλικείο.
- Από μια προσεκτική παρατήρηση του συγκεντρωτικού διαγράμματος προκύπτει ότι όταν υπάρχει απότομη άνοδος της ενεργού ισχύος η οποία συνοδεύεται από ταυτόχρονη άνοδο άεργου ισχύος τότε πρόκειται για λειτουργία κλιματιστικού, το οποίο κατά την εκκίνηση απαιτεί πολλαπλάσιο ρεύμα του ονομαστικού, αν δεν είναι τεχνολογίας inverter. Τέτοιες εκκινήσεις μπορεί να γίνονται μέχρι και 10 φορές την ημέρα αν το κλιματιστικό δουλεύει 8-10 ώρες.

Ταύτιση της υπολογιζόμενης ενεργού ισχύος από καταγραφή και από αναλυτή ενέργειας για μια τυπική ημέρα.

Η εικόνα της ενεργού ισχύος όπως αυτή προέκυψε από το παραπάνω διάγραμμα είναι πολύ κοντά σε αυτή που έχει διαμορφωθεί, σύμφωνα με τα δεδομένα που προέκυψαν από την καταγραφή. Πιο συγκεκριμένα, από τα δεδομένα της καταγραφής υπολογίστηκε ότι για μία τυπική ημέρα απαιτούνται συνολικά για φωτισμό 82, 974 kW, για θέρμανση 176 kW, για Η/Υ και περιφερειακές συσκευές 118, 091 kW και για τις υπόλοιπες ηλεκτρικές συσκευές 71, 147 kW. Στις διάφορες ηλεκτρικές συσκευές συμπεριλαμβάνονται ο εργαστηριακός εξοπλισμός του κτιρίου Β, του κυλικείου του κτιρίου Α καθώς και των συσκευών που χρησιμοποιούνται στους υπόλοιπους χώρους.

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι τα παραπάνω φορτία αντιστοιχούν στην ισχύ του εξοπλισμού των κτιρίων Α, Β, Ε και των αμφιθεάτρων 1, 2, 3, 4 συμπεριλαμβανομένης και της κατανάλωσης φωτισμού της πυλωτής. Συνολικά λοιπόν προέκυψε ότι η συνολική ισχύς όπως προέκυψε από την καταγραφή ανέρχεται στα 449, 065 kW. Από την κατανάλωση αυτή λείπει η κατανάλωση ενεργού ισχύος του κτιρίου της παλαιάς βιβλιοθήκης. Αν λοιπόν συνυπολογιστεί και η κατανάλωση

αυτού του κτιρίου, τότε η τιμή που αναμένεται να προκύψει θα είναι λίγο μεγαλύτερη γιατί, η κανάλωση ισχύος αυτού του κτιρίου, τόσο λόγω του μεγέθους του όσο και λόγω του χρόνου λειτουργίας του, είναι σχετικά μικρή.

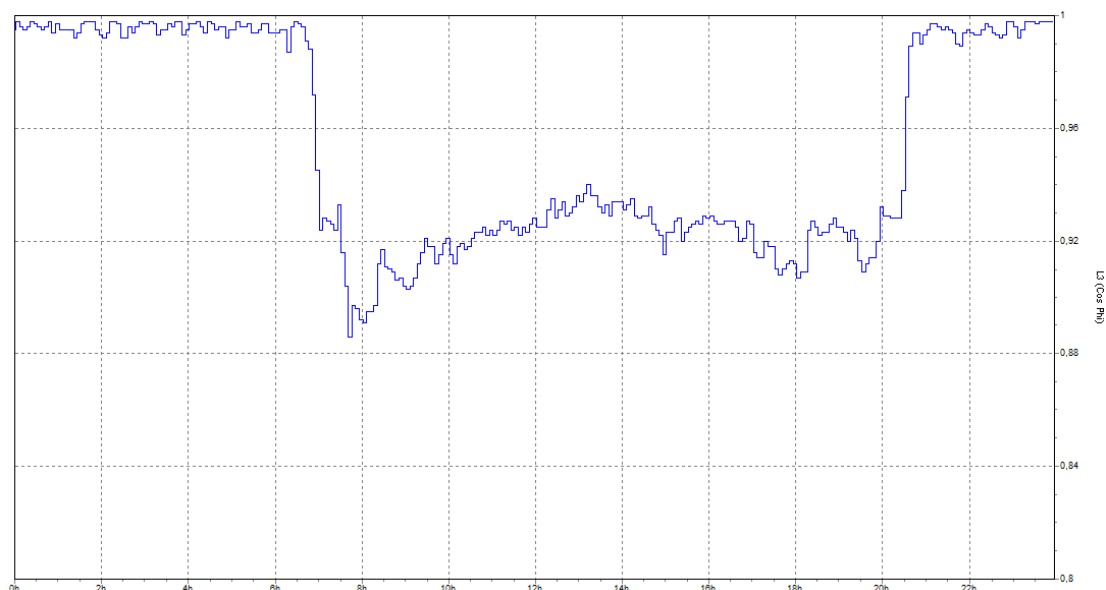
Σύμφωνα με τον ηλεκτρονικό αναλυτή ενέργειας η μέγιστη μέση τιμή ενεργού ισχύος που καταγράφηκε ανέρχεται στα 324, 5 kW. Προφανώς η τιμή αυτή είναι μικρότερη από την τιμή που υπολογίστηκε μέσω της καταγραφής, κάτι που ήταν αναμενόμενο αφού δεν γίνεται όλες οι συσκευές που έχουν καταγραφεί να δουλεύουν ταυτόχρονα.

Από το παραπάνω διάγραμμα προκύπτει ότι οι καταναλώσεις για φωτισμό και θέρμανση ακολουθούν τις ενδείξεις του αναλυτή ενέργειας. Ειδικότερα, στις 9 το πρωί η κατανάλωση ενεργού ισχύος σύμφωνα με τον αναλυτή ανέρχεται στα $2 \cdot 108,4 \text{ kW} = 216,8 \text{ kW}$ τιμή η οποία συμφωνεί με τα δεδομένα της καταγραφής αφού η θέρμανση και ο φωτισμός για τα προαναφερθέντα κτίρια απαιτεί 259, 828 kW. Ωστόσο η εκτίμηση αυτή είναι υπερεκτιμημένη, επειδή αυτές τις ώρες αφενός το προσωπικό των εργαστηρίων δεν είναι πλήρες, αφετέρου υπάρχουν καταναλώσεις που αντιστοιχούν σε φορτία που είναι σε λειτουργία όλο το 24ωρο αλλά και φορτία μεγάλης ισχύος. Τέτοια φορτία υπάρχουν στο κυλικείο και βρίσκονται σε αδιάκοπη λειτουργία εκείνη την ώρα, όπως για παράδειγμα οι φούρνοι και οι βιτρίνες του κυλικείου.

Από τις 12μ. μ έως και τις 3μ. μ που είναι ώρες αιχμής σημειώνεται και η μέγιστη κατανάλωση, όπως έχει προαναφερθεί. Στη 12 μ. μ και 3μ. μ καταμετρώνται τιμές ενεργού ισχύος έως και 324 kW που είναι οι μέγιστες που καταγράφηκαν και αιτιολογούνται πλήρως, δεδομένου ότι υπάρχει η μεγαλύτερη προσέλευση κόσμου σε όλους τους χώρους.

Μετά τις 3 μ. μ που παρατηρείται για τελευταία φορά η μέγιστη τιμή της μέσης ενεργού ισχύος, παρατηρείται πτώση και στις 6 μ. μ οι τιμές που καταγράφηκαν είναι περίπου ίσες, με αυτές που καταγράφηκαν από τον αναλυτή στις 9 το πρωί. Η πτώση αυτή οφείλεται στο ότι η γραμματεία και το περισσότερο προσωπικό δεν βρίσκεται στα κτίρια.

Στο επόμενο Σχήμα 4.28 παρατίθεται το διάγραμμα του συντελεστή ισχύος : $\cos\phi$ για μια τυπική ημέρα.



Σχήμα 4. 28 : Διάγραμμα συντελεστή ισχύος για μια τυπική ημέρα

Παρατηρήσεις επί του Σχήματος 4. 28

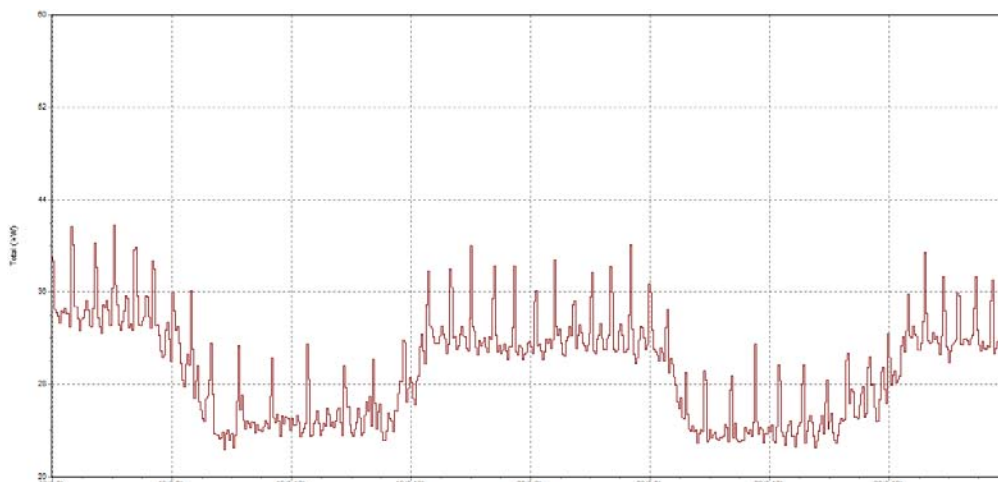
- Ο συντελεστής ισχύος $\cos\phi$ από τις 12 π. μ μέχρι τις 6. 30 π. μ παρουσιάζει πολύ μικρές μεταβολές και η μέση του τιμή βρίσκεται σταθερά πάνω από 0, 991 και υποδεικνύει ωμικό φορτίο, επειδή οι τιμές της άεργου ισχύος από το προηγούμενο διάγραμμα είναι σχεδόν μηδενικές. Έτσι, πέρα από φωτισμό φθορισμού που είναι επαγωγικό φορτίο τα υπόλοιπα φορτία είναι κατά βάση ωμικά.
- Ωστόσο από τις 6. 30 π. μ και μετά ο συντελεστής ισχύος αρχίζει να πέφτει σταδιακά και αυτό οφείλεται στο ότι αρχίζουν και υπαισέρχονται στις καταναλώσεις επαγωγικά φορτία μεγάλης ισχύος, όπως φαίνεται και από την συμπεριφορά της άεργου ισχύος σε σχέση με τον συντελεστή ισχύος και την ενεργό ισχύ από το διάγραμμα 4. 28.
- Όταν στο σύστημα υπαισέρχονται επαγωγικά φορτία όπως κλιματισμός και ηλεκτροκινητήρες ή αρχίζουν και δουλεύουν εντονότερα, για παράδειγμα τα ψυγεία τότε αυξάνεται η κατανάλωση της ενεργού ισχύος αλλά ταυτόχρονα αυξάνεται και η κατανάλωση της άεργου ισχύος ενώ ο συντελεστής ισχύος πέφτει. Στις 7 περίπου το πρωί παρατηρείται πτωτική αιχμή στον συντελεστή ισχύος ενώ η άεργος και ενεργός ισχύς ανεβαίνουν απότομα. Αυτή η παρατήρηση καταδεικνύει ότι εκείνη την ώρα, όπως έχει προαναφερθεί και στο προηγούμενο κεφάλαιο, ενεργοποιείται η θέρμανση, που σηματοδοτεί την εκκίνηση τουλάχιστον 10 ηλεκτροκινητήρων που έχουν τον ρόλο των κυκλοφορητών. Όπως είναι αναμενόμενο στις 8 περίπου μ. μ πέφτουν ταυτόχρονα άεργος και ενεργός ισχύς, ενώ ταυτόχρονα ανεβαίνει απότομα ο συντελεστής ισχύος, πράγμα που σημαίνει ότι σταματάει η θέρμανση, άρα και η λειτουργία των κυκλοφορητών.

Ταύτιση της υπολογιζόμενης ενεργού ισχύος από καταγραφή και από ενεργειακό αναλυτή για το Σαββατοκύριακο.

Όπως και για μια τυπική ημέρα έτσι και για τα σαββατοκύριακα γίνεται προσπάθεια ταύτισης των φορτίων που έχουν καταγραφεί από την διαδικασία της καταγραφής με τα φορτία που έχουν υπολογιστεί από τον ηλεκτρονικό αναλυτή ενέργειας. Σημειώνεται ότι έχουν καταγραφεί όλοι οι νυχτερινοί φωτισμοί όλων των κτιρίων συμπεριλαμβανομένης και της παλαιάς βιβλιοθήκης. Επίσης είχε θεωρηθεί ότι δεν υπήρχαν άσκοπες καταναλώσεις για τον φωτισμό και τον κλιματισμό αλλά σύμφωνα με υποδείξεις των υπευθύνων της πολυδύναμης μονάδας, πολλές φορές το προσωπικό αφήνει ενεργοποιημένα κλιματιστικά όλο το 24 ωρο ώστε όποτε χρησιμοποιήσει το χώρο να είναι στην επιθυμητή θερμοκρασία αδιαφορώντας για το όποιο κόστος. Το ίδιο συμβαίνει και με τον φωτισμό κοινόχρηστων χώρων σχεδόν όλων των κτιρίων. Όλα τα παραπάνω επαληθεύτηκαν σε μια επίσκεψη που έγινε ένα τυχαίο Σαββατοκύριακο κατά το οποίο διαπιστώθηκαν τα εξής από απλή παρατήρηση :

- Στο κτίριο Α είχαν μείνει ανοιχτά όλα τα φωτα των κοινόχρηστων χώρων για κάθε όροφο. Η κατανάλωση αυτή ανέρχεται στα 7, 2 kW.
- Στο κτίριο Ε είχε ξεχαστεί ο φωτισμός των κοινόχρηστων χώρων του ισογείου, κατανάλωση που ανέρχεται σε 1, 84 kW. Ταυτόχρονα στο κτίριο Ε είχαν ξεχαστεί σε λειτουργία τουλάχιστον 5 κλιματιστικά τα οποία θεωρήθηκε ότι κατανάλωναν περισσότερο φορτίο τη νύχτα όπου είχε σκοτεινιάσει ενώ τις ώρες που είχε φως θεωρήθηκε ότι επιβαρύνουν το συνολικό φορτίο κατά 30%. Τελικά η κατανάλωση για τα κλιματιστικά του κτιρίου Ε ανέρχεται με μια πολύ συντηρητική εκτίμηση στα 7, 15 kW.
- Στο κτίριο Β είχε ξεχαστεί ο φωτισμός των κοινόχρηστων χώρων ισογείου και υπογείου κατανάλωση που ανέρχεται στα 1, 71 kW. Η αντίστοιχη κατανάλωση για κλιματισμό έγινε με την ίδια προσέγγιση όπως και στο κτίριο Ε και ανέρχεται στα 7, 15 kW.
- Στο κτίριο της παλαιάς βιβλιοθήκης εντοπίστηκε ότι, τα δύο εκ των τριών κλιματιστικών που υπάρχουν συνολικά, ήταν σε λειτουργία. Η εκτίμηση της κατανάλωσης σε ενεργό ισχύ των κλιματιστικών αυτών ανέρχεται στα 2, 86 kW. Η κατανάλωση για νυχτερινό φωτισμό ανέρχεται σε 0, 96 kW.

Οι κυματομορφές ενεργού ισχύος για ένα τυπικό σαββατοκύριακο δίνονται στο ακόλουθο Σχήμα 4.30

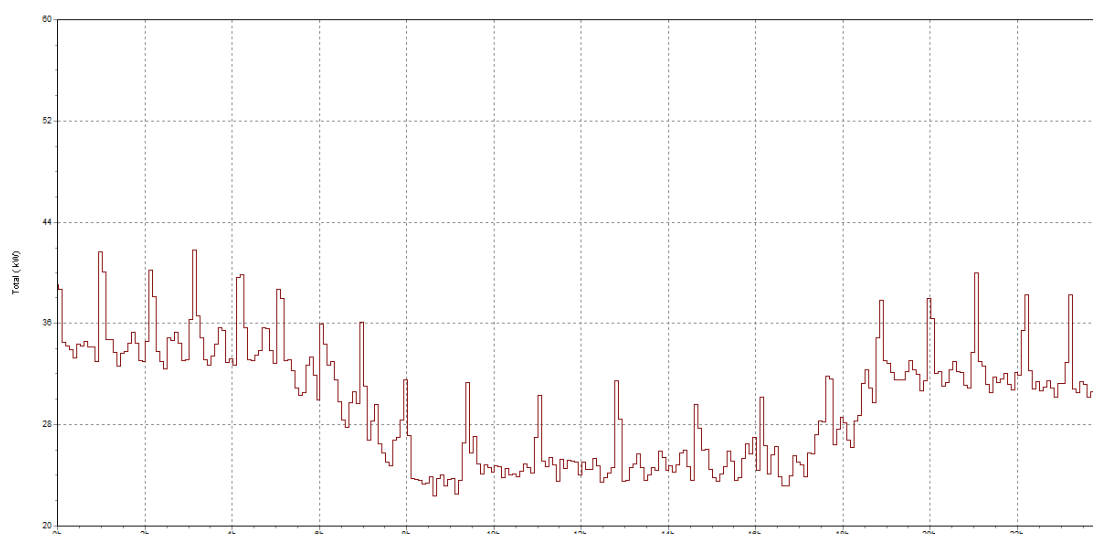


Σχήμα 4. 30 : Διάγραμμα ενεργού ισχύος όπως καταγράφηκε από τον αναλυτή ενέργειας για ένα τυπικό σαββατοκύριακο

Παρατηρήσεις επί του Σχήματος 4. 30

- Από το παραπάνω διάγραμμα παρατηρείται ομοιομορφία στην κατανάλωση τόσο το Σάββατο όσο και την Κυριακή.
- Είναι αξιοσημείωτο ότι οι καταναλώσεις τις νυχτερινές ώρες το φορτίο είναι σαφώς μεγαλύτερο, πράγμα που υποδηλώνει καταναλώσεις φωτισμού και κλιματιστικών, τα οποία δουλεύουν για να θερμάνουν τους αντίστοιχους χώρους, σε εντονότερο βαθμό καθώς δεν υπάρχει ηλιοφάνεια.
- Το φορτίο τις ώρες μεταξύ 12 μμ έως 7 πμ και 7 μμ έως 12 μμ είναι αισθητά μεγαλύτερο.

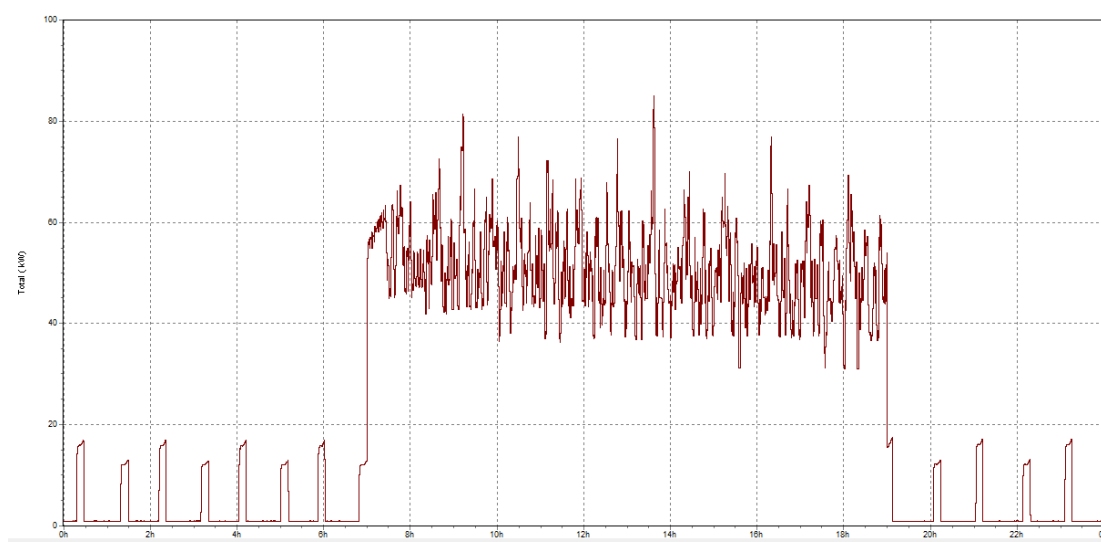
Για να γίνει μια πιο αναλυτική εκτίμηση των καταναλώσεων ακολουθεί το Σχήμα 4.31 για το Σάββατο 19 Μαρτίου και οι αντίστοιχες παρατηρήσεις που το συνοδεύουν.



Σχήμα 4. 31 : Διάγραμμα ενεργού ισχύος όπως καταγράφηκε από τον αναλυτή ενέργειας για ένα τυπικό Σάββατο.

Παρατηρήσεις επί του Σχήματος 4. 31

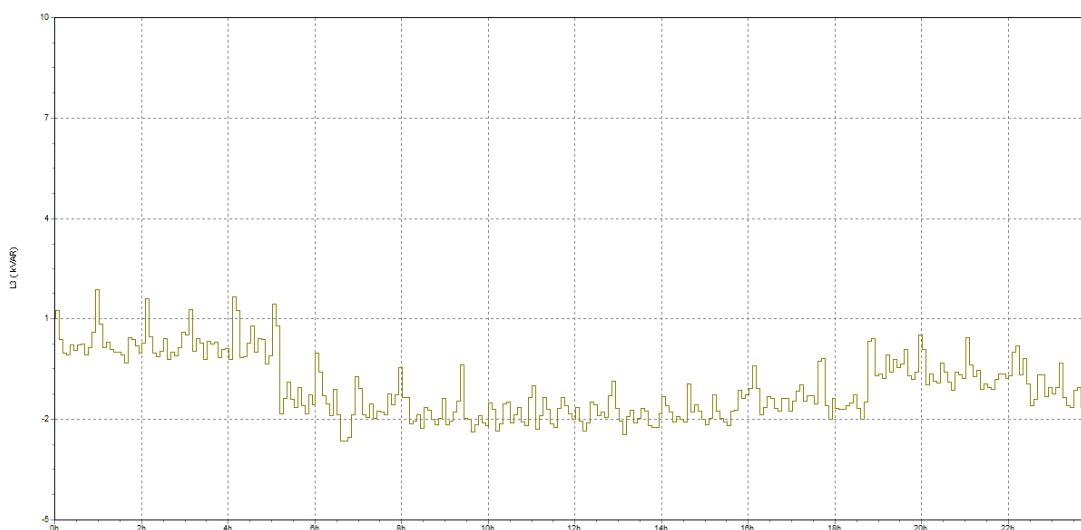
- Το φορτίο βάσης, δηλαδή το φορτίο το οποίο καταγράφεται για τις ώρες μεταξύ 7πμ και 7 μμ, ισούται με 48 kW. Σύμφωνα με τα δεδομένα της καταγραφής το φορτίο για αυτές τις ώρες αποτελείται από το φορτίο φωτισμού, το φορτίο των εργαστηρίων και άλλων αιθουσών (H/Y, UPS, servers, routers, modem) που λειτουργούν όλο το 24 ωρο, το φορτίο θέρμανσης και το φορτίο όλων των ηλεκτρικών συσκευών όπως ψυγεία καταψύκτες κλπ τόσο του κυλικείου όσο και των υπόλοιπων χώρων όλων των κτιρίων. Το φορτίο φωτισμού που έχει υπολογιστεί ότι είναι σε λειτουργία όλο το 24 ωρο ισούται με 4, 5 kW, το φορτίο των εργαστηρίων ισούται με 19, 8 kW το φορτίο θέρμανσης 11, 34 kW και το φορτίο των ηλεκτρικών συσκευών ισούται με 6, 972 kW. Σε όλα αυτά τα φορτία πρέπει να προστεθεί και η κατανάλωση φωτισμού και κλιματιστικών που ξεχάστηκαν σε λειτουργία, όπως έχει ήδη υπολογιστεί και προαναφερθεί. Συνολικά λοιπόν, η κατανάλωση των κτιρίων σύμφωνα με τα δεδομένα που προέκυψαν από την καταγραφή, ανέρχεται σε 53, 37 kW έναντι των 48 kW που κατέγραψε ο αναλυτής. Η εκτίμηση αυτή μπορεί να θεωρηθεί αρκετά ικανοποιητική αν και συντηρητική ως προς τις παραδοχές οι οποίες έγιναν.
- Η μέγιστη τιμή που παρατηρείται από τον αναλυτή ανέρχεται σε 68 kW. Σύμφωνα τα όσα έχουν ήδη προαναφερθεί η μέση τιμή που έχει καταγραφεί από τον αναλυτή ενέργειας ανέρχεται στα 48 kW επομένως υπάρχουν κάποιες αιχμές μεγαλύτερες κατά 20 kW. Οι μετρήσεις με αναλυτή ενέργειας έγιναν στον έναν εκ των δύο μετασχηματιστών που τροφοδοτούν τα υπό μελέτη κτίρια καθώς και στην γραμμή εκείνη που είναι υπεύθυνη για την τροφοδοσία των αντλιών θέρμανσης του κτιρίου Ε. Το διάγραμμα ενεργού ισχύος των αντλιών θέρμανσης δίνεται στο παρακάτω σχήμα :



Σχήμα 4. 32 : Διάγραμμα ενεργού ισχύος των αντλιών θέρμανσης-ψύξης του κτιρίου Ε.

Πιο συγκεκριμένα από το διάγραμμα της ενεργού ισχύος που προέκυψε από τον αναλυτή ενέργειας, τις νυχτερινές ώρες, δηλαδή τις ώρες εκείνες που δεν χρησιμοποιούνται οι αντλίες θέρμανσης, παρατηρούνται αιχμές ύψους 17 kW και διάρκειας 10 λεπτών ανά ώρα, τόσο όσο διαρκούν και οι αιχμές στο συγκεντρωτικό διάγραμμα του Σχήματος 4. 31. Άρα οι αιχμές αυτές σε συνδιασμό με τις αιχμές που προκαλούνται από τις άλλες κλιματιστικές μονάδες που χρησιμοποιούνται για τη θέρμανση αιτιολογούν αυτή την συνολική αίχμη των 20 kW. Τελικά η συγκεντρωτική κατανάλωση αιχμής όπως υπολογίστηκε από την καταγραφή ανέρχεται στα 70, 37 kW και είναι πολύ κοντά στην καταγραφόμενη αιχμή του φορτίου βάσης.

- Το νυχτερινό φορτίο είναι το φορτίο βάσης αυξημένο κατά τον παράγοντα του φορτίου, που οφείλεται στο νυχτερινό φωτισμό και στα φορτία θέρμανσης. Τα φορτία θέρμανσης είναι τα φορτία που προκύπτουν από την χρήση των κλιματιστικών, υπό την παραδοχή ότι δουλεύουν περισσότερο τις νυχτερινές ώρες επειδή το θερμικό φορτίο είναι μεγαλύτερο λόγω της έλλειψης ηλιοφάνειας. Η παραπάνω παραδοχή αιτιολογείται από το διάγραμμα αέργου ισχύος στο οποίο φαίνεται ότι η άεργος ισχύς είναι σταθερά υψηλή τις νυχτερινές ώρες ακολουθώντας τις αιχμές των αντλιών θέρμανσης. Το διάγραμμα άεργου ισχύος σε 1 φάση δείχνει εντονότερα τις διακυμάνσεις της άεργου ισχύος.



Σχήμα 4. 33 : Διάγραμμα άεργου ισχύος μίας φάσης.

Η κατανάλωση άεργου ισχύος πέφτει απότομα στις 5 πμ και συνεχίζει σχεδόν σταθερά έως τις 7 μμ, όπου και έχει μια μικρή ανοδική τάση, πράγμα που δείχνει ότι τα κλιματιστικά ίσως έφτασαν τις απαιτούμενες θερμοκρασίες χώρου και λειτουργούν σε χαμηλότερη ένταση μέχρι να ξαναπέσει το σκοτάδι. Τελικά το νυχτερινό φορτίο με βάση την καταγραφή υπολογίστηκε στα 72, 8 kW ενώ η αντίστοιχη τιμή που καταγράφηκε από τον αναλυτή ενέργειας ανέρχεται στα 70 kW περίπου.

- Ομοίως, οι αντίστοιχες τιμές αιχμής του νυχτερινού φορτίου από τα δεδομένα της καταγραφής υπολογίστηκαν λαμβάνοντας υπόψη την αιχμή των αντλιών θέρμανσης και προέκυψε αθροίζοντας την προαναφερθείσα αιχμή με το νυχτερινό φορτίο. Τελικά από την καταγραφή προέκυψε ότι η αιχμή του νυχτερινού φορτίου ανέρχεται στα 89, 8 kW ενώ η καταγραφόμενη από τον αναλυτή ενέργειας ανέρχεται στα 84 kW. Όπως ήταν αναμενόμενο η τιμή της αιχμής του νυχτερινού φορτίου όπως προέκυψε από την καταγραφή είναι ελαφρώς μεγαλύτερη, τόσο ώστε να μην αμφισβητούνται τα δεδομένα και οι παραδοχές που έγιναν για την αιτιολόγηση των καταναλώσεων.

Αρμονικές ρεύματος και τάσης

Τα φορτία που υπάρχουν στα κτίρια, όπως έχει ήδη προαναφερθεί είναι κυρίως επαγωγικά φορτία που έχουν ηλεκτρονικά ισχύος, δηλαδή μη γραμμικά φορτία. Η ιδιαιτερότητα αυτού του είδους φορτίου είναι η δημιουργία αρμονικών ρεύματος. Οι αρμονικές τάσης προέρχονται από τις αρμονικές ρεύματος. Μερικά μη γραμμικά φορτία είναι τα παρακάτω τα οποία εντοπίζονται κατά κόρον στο υπό μελέτη συγκρότημα κτιρίων.

- Λαμπτήρες εκκένωσης
- Τροφοδοτικά υπολογιστών
- UPS
- Κλιματιστικά

Σκοπός σε κάθε περίπτωση, είναι ο εντοπισμός αυτών των αρμονικών στο ηλεκτρικό δίκτυο της εκάστοτε εγκατάστασης και η λήψη μέτρων για την προστασία του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού από από αρμονικές τάσης ή ρεύματος. Μερικές από τις επιπτώσεις που προκαλούν οι αρμονικές αναφέρονται παρακάτω:

- 1) Μείωση του $\cos\phi$ -Αυξημένες απώλειες στα καλώδια
- 2) Συντονισμός-Καταστροφή πυκνωτών και μετασχηματιστών
- 3) Αρμονική παραμόρφωση τάσης-Αύξηση απωλειών σε κινητήρες
- 4) Παρεμβολές σε γραμμές τηλεπικοινωνιών

Οι αρμονικές ρεύματος δεν περιορίζονται μόνο στην βασική συνιστώσα που εντοπίζεται στα 50 Hz αλλά υπάρχουν αρμονικές περιττής τάξης δηλαδή 3^{ης}, 5^{ης}, 7^{ης}, 9^{ης} κ. ο. κ. Οι αρμονικές τρίτης και πέμπτης τάξης παρατηρούνται στα 150 Hz και 250 Hz αντίστοιχα και προκαλούν τα μεγαλύτερα προβλήματα στον ηλεκτρομηχανολογικό εξοπλισμό.

Και για την ένταση και για το ρεύμα υπάρχουν οι συντελεστές συνολικής αρμονικής παραμόρφωσης και εκφράζουν την ποιότητα ισχύος σε ένα δίκτυο. Πιο συγκεκριμένα υπάρχει ο συντελεστής συνολικής αρμονικής παραμόρφωσης του ρεύματος THD_i % και ο συντελεστής συνολικής αρμονικής παραμόρφωσης της τάσης THD_v %. Ο THD_v % σύμφωνα με τα πρότυπα του IEEE-519 του 1992 που παρατίθεται και στον ακόλουθο Πίνακα 4.1 πρέπει να είναι κάτω από 5%.

Πίνακας 4. 1 : Όρια αρμονικών τάσης.

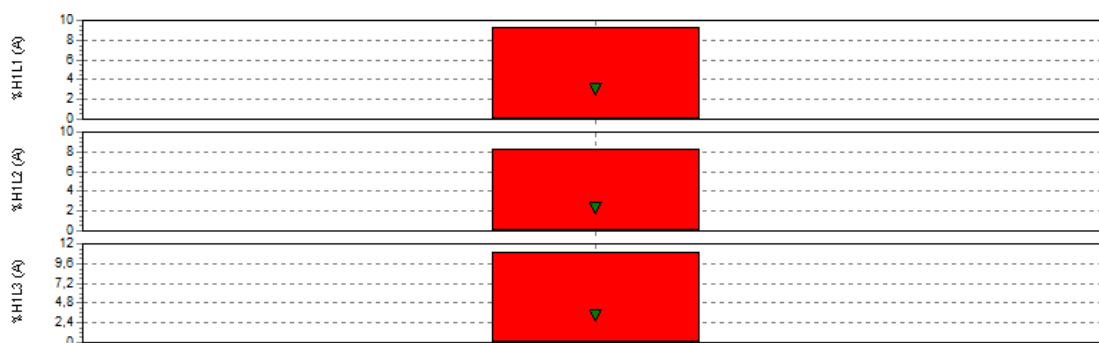
ΔΙΕΘΝΕΣ ΠΡΟΤΥΠΟ ΟΡΙΩΝ ΤΗΣ ΤΑΣΗΣ IEEE-519 ΤΟΥ 1992 Harmonic Voltage Limits for Power Producers (Public utilities of IPPs)			
Harmonic Voltage Distortion in % at PCC			
Τάση ζυγού στο ΣΚΣ	69 kV και κάτω	69kV έως 161kV	161 kV και πάνω
Total Harmonic Distortion (THD%)	5	2, 5	1, 5

Αντίστοιχα για τις αρμονικές του ρεύματος από τον ακόλουθο Πίνακα 4.2 προκύπτει ότι το όριο για τις αρμονικές ρεύματος είναι 8%.

Πίνακας 4. 2 : Όρια αρμονικών ρεύματος

Όρια αρμονικών ρεύματος σύμφωνα με το διεθνές πρότυπο IEEE-519						
Isc/I _L	<11	11≤h<17	17≤h<23	23≤h<35	h ≤ 35	THD
<20	4	2	1, 5	0, 6	0, 3	5
20≤SCR<50	7	3, 5	2, 5	1	0, 5	8

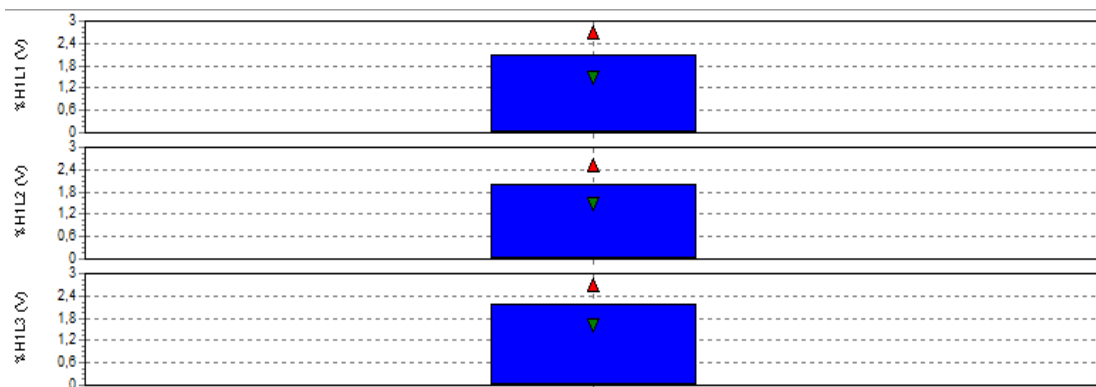
Από τον αναλυτή ενέργειας προέκυψαν τα ακόλουθα διαγράμματα Σχήμα 4.34 και Σχήμα 4.35 που δείχνουν τις τιμές των αρμονικών ρεύματος όπως αυτές μετρήθηκαν και καταγράφηκαν από τον ηλεκτρονικό αναλυτή ενέργειας.



Σχήμα 4. 34 : Αρμονικές ρεύματος από αναλυτή ενέργειας

Από το παραπάνω διάγραμμα Σχήμα 4.34 προκύπτει ότι σε κάθε φάση L1, L2, L3 του μετασχηματιστή ο συντελεστής THD_i% είναι εκτός των ορίων που ορίζονται από τα διεθνή πρότυπα.

Στο ακόλουθο Σχήμα 4.35 παρουσιάζεται ο συντελεστής THD_v % όπως υπολογίστηκε και καταγράφηκε από τον αναλυτή ενέργειας για τις 3φάσεις του μετασχηματιστή.



Σχήμα 4. 35 : Αρμονικές τάσης όπως καταγράφηκαν από τον ηλεκτρονικό αναλυτή ενέργειας

Από το παραπάνω γράφημα προκύπτει ότι και για τις τρεις φάσεις του Μ/Σ ο THD_v % κυμαίνεται από 1, 8% έως 2% που είναι σαφώς εντός των επιτρεπτών ορίων που ορίζει ο σχετικός Πίνακας.

Κεφάλαιο 5^ο Δράσεις εξοικονόμησης ενέργειας.

5. 1 Εισαγωγή

Στα προηγούμενα κεφάλαια έγινε μια προσπάθεια να καταγραφεί το ενεργειακό προφίλ των υπό μελέτη κτιρίων. Έτσι έγινε μια συνολική καταγραφή των ενεργειακών καταναλώσεων όλων των κτιρίων αλλά και αντίστοιχη κατανομή των καταναλώσεων ανά χρήση και όροφο. Επόμενο στάδιο ήταν η μελέτη των θερμικών χαρακτηριστικών των κτιρίων, με χρήση των οδηγιών της σχετικής οδηγίας του Τ. Ο. Τ. Ε. Ε. Σε κάθε περίπτωση διαπιστώθηκαν σοβαρές αποκλίσεις από τα όρια που ορίζει ο κανονισμός και γι' αυτό τον λόγο θα πρέπει να γίνουν κάποιες προτάσεις για την βελτίωση του ενεργειακού προφίλ των κτιρίων με σκοπό τα κτίρια να ανήκουν στη κατηγορία κλάσης Β.

Στο κεφάλαιο αυτό γίνονται αναφορές σε διάφορες τεχνολογίες που εφαρμόζονται γενικότερα και μάλιστα οι περισσότερες από αυτές θα προταθούν και για τα συγκεκριμένα κτίρια. Παράλληλα, κρίνεται αναγκαία η μελέτη και σε οικονομικό επίπεδο καθώς θα πρέπει πέρα από τις προτάσεις που θα γίνουν να αξιολογείται αν η κάθε πρόταση είναι οικονομικά συμφέρουσα. Γι' αυτό τον λόγο, γίνεται και η αντίστοιχη αξιολόγηση της επένδυσης για όλες τις δράσεις που θα προταθούν σε κάθε κτίριο.

Στην επόμενη ενότητα θα παρουσιαστούν όλα τα κριτήρια αξιολόγησης επενδύσεων, όπως αυτά χρησιμοποιήθηκαν ακριβώς στην παρούσα διπλωματική.

5. 2 Δείκτες οικονομικής αξιολόγησης επενδύσεων-δράσεων.

Γενικά υπάρχουν ποικίλες μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για την αξιολόγηση των επενδύσεων ή στη συγκεκριμένη περίπτωση των δράσεων ενεργειακής βελτίωσης. Στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εργασίας οι οικονομικοί δείκτες που υπολογίζονται είναι οι ακόλουθοι :

- Καθαρή Παρούσα Αξία (ΚΠΑ)
- Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (ΕΒΑ)
- Έντοκη Περίοδος Αποπληρωμής (ΕΠΑ)

5. 2. 1 Καθαρή Παρούσα Αξία (ΚΠΑ)

Η Καθαρή Παρούσα Αξία είναι το συνολικό καθαρό όφελος μιας επένδυσης, που προκύπτει ως διαφορά μεταξύ του λειτουργικού κόστους και του συνόλου των δαπανών κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής της επένδυσης. Όλα τα ποσά

εκφράζονται σε παρούσα αξία, ανηγμένη συνήθως στην αρχή του πρώτου έτους λειτουργίας της επένδυσης. Η Καθαρή Παρούσα Αξία προσδιορίζεται από την εξίσωση :

$$Κ.Π.Α = -K + \sum_{i=0}^N \frac{F_i}{(1+d)^i} + \frac{SV_N}{(1+d)^N}$$

Όπου

K : αρχική επένδυση

F_i : ετήσιο καθαρό όφελος

N : οικονομικός κύκλος ζωής της επένδυσης

d : επιτόκιο αναγωγής σε παρούσα αξία (επιθυμητή απόδοση κεφαλαίου)

SV_N : υπολειμματική αξία της επένδυσης στο τέλος του οικονομικού κύκλου ζωής

Διακρίνονται οι ακόλουθες περιπτώσεις :

- ΚΠΑ > 0 ⇔ η επένδυση είναι βιώσιμη
- ΚΠΑ = 0 ⇔ η επένδυση είναι βιώσιμη με ετήσιο βαθμό απόδοσης ίσο με d, κάτι που πρακτικά σημαίνει ότι για τον επενδυτή η επένδυση είναι οικονομικά αδιάφορη
- ΚΠΑ < 0 ⇔ η επένδυση είναι μη βιώσιμη

Σκοπός σε κάθε επένδυση είναι ο ΚΠΑ να είναι κατά το δυνατόν μεγαλύτερος, πράγμα που σημαίνει αποδοτικότερη οικονομικά επένδυση.

5. 2. 2 Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (EBA)

Ο Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης είναι η τιμή του επιτοκίου αγοράς που μηδενίζει την παρούσα αξία μιας σειράς πληρωμών και εισπράξεων. Εκφράζει πρακτικά την απόδοση του κεφαλαίου της αρχικής επένδυσης κατά τη διάρκεια του οικονομικού κύκλου ζωής της επένδυσης. Όσο μεγαλύτερη η τιμή του εσωτερικού βαθμού απόδοσης, τόσο το πιο συμφέρον θεωρείται το επενδυτικό πλάνο. Προσδιορίζεται ως η λύση της εξίσωσης :

$$Κ.Π.Α_{(d=E.B.A)} = 0$$

Διακρίνονται και εδώ οι ακόλουθες περιπτώσεις :

- $E. B. A > d \Leftrightarrow$ η επένδυση είναι οικονομικά συμφέρουσα
- $E. B. A = d \Leftrightarrow$ η επένδυση είναι οικονομικά αδιάφορη
- $E. B. A < d \Leftrightarrow$ η επένδυση δεν είναι συμφέρουσα και επομένως απορρίπτεται

Όσο μεγαλύτερος είναι ο $E. B. A$ τόσο αποδοτικότερη είναι η επένδυση.

5. 2. 3 Έντοκη περίοδος αποπληρωμής (E. Π. Α)

Η Έντοκη Περίοδος Αποπληρωμής είναι το χρονικό διάστημα που απαιτείται για την αποπληρωμή της αρχικής επένδυσης καθώς και των τόκων που θα μπορούσαν να ληφθούν από μια εναλλακτική τοποθέτηση του αρχικού κεφαλαίου (επιτόκιο αγοράς). Επισημαίνεται ότι δεν εκφράζει αποτελέσματα κέρδους, ούτε εξετάζει την πορεία της επένδυσης μετά την περίοδο αποπληρωμής. Προσδιορίζεται ως η λύση της εξίσωσης :

$$K.Π.Α_{(N = E.Π.Α)} = 0$$

Όταν συγκρίνονται εναλλακτικά επενδυτικά σχέδια με χρήση των παραπάνω κριτηρίων οικονομικής αξιολόγησης, επιλέγονται εκείνα που παρουσιάζουν είτε την μεγαλύτερη $K. Π. Α$ για την ίδια πάντοτε χρονική διάρκεια ζωής της επένδυσης, είτε εκείνη με τον μεγαλύτερο $E. B. A$, είτε τέλος εκείνα που παρουσιάζουν την μικρότερη $E. Π. Α$. Επισημαίνεται ότι κάνοντας οικονομική ανάλυση με την μέθοδο του $E. B. A$, εξάγονται θετικότερα συμπεράσματα για επεμβάσεις με μεγαλύτερες χρηματικές ροές τα πρώτα χρόνια, ενώ με την μέθοδο της $K. Π. Α$ μετά από μερικά χρόνια. Επομένως, για τα έργα εξοικονόμησης ενέργειας που δεν αποδίδουν άμεσα, προτιμάται η μέθοδος της $K. Π. Α$.

5. 2. 4 Χρήσιμα οικονομικά δεδομένα

Στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εργασίας γίνεται η ασφαλής εκτίμηση ότι η υπολειμματική αξία όλων των επενδύσεων θα είναι μηδενικές και το επιτόκιο αναγωγής είναι ίσο με 5 %. Επιπλέον, οι επενδύσεις εξετάζονται με δεκαετή οικονομικό κύκλο ζωής $N=10$ έτη.

5. 3 Δράσεις εξοικονόμησης ενέργειας

Οι δράσεις εξοικονόμησης ενέργειας διακρίνονται σε δράσεις που αναφέρονται στην βελτίωση της θερμομόνωσης του κτιριακού κελύφους, ώστε όλες του οι επιφάνειες να

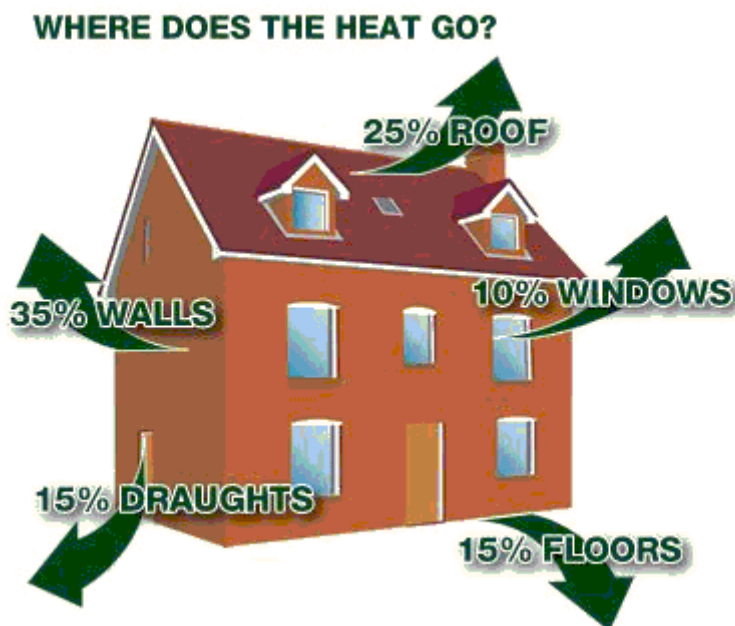
βρίσκονται εντός των ορίων που ορίζει ο ΚΕΝΑΚ και σε άλλες μεθόδους που είναι πιο φιλικές με το περιβάλλον. Φυσικά τα όρια αυτά αναφέρονται στο κτίριο αναφοράς που ανήκει στην κλάση Β. Ωστόσο κάθε δράση που βελτιώνει το κτίριο σε βαθμό που να το κατατάσσει σε ακόμα υψηλότερη κλάση είναι προφανώς επιθυμητή.

Εκτός από τη θερμομόνωση του κτιριακού κελύφους του κτιρίου υπάρχουν δράσεις που αναφέρονται στην εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας. Σε αυτές τις δράσεις συγκαταλέγονται επεμβάσεις στα φωτιστικά σώματα, χρησιμοποιούνται διάφοροι αυτοματισμοί και εφαρμόζονται μέθοδοι εξοικονόμησης ηλεκτρικής ενέργειας τόσο στη θέρμανση όσο και στην ψύξη.

Στις επόμενες ενότητες, γίνεται εκτενής αναφορά σε όλα τα είδη των δράσεων που έχουν ληφθεί ενώ παράλληλα γίνεται αναφορά και στην γενική κατεύθυνση που θα πρέπει κάποιος να στραφεί, ώστε να επιτευχθεί βελτίωση του ενεργειακού προφίλ του εκάστοτε κτιρίου.

5. 3. 1 Δράσεις βελτίωσης της θερμομόνωσης των κτιρίων.

Οι ενεργειακές απώλειες ενός κτιρίου οφείλονται σε πολύ μεγάλο βαθμό στις θερμικές απώλειες του κτιριακού του κελύφους. Πιο συγκεκριμένα οι απώλειες είναι έντονες όταν ή θερμομόνωση είναι ανύπαρκτη ή ελλιπής. Οι θερμικές απώλειες παρουσιάζονται σε κάθε δομικό στοιχείο, διαφανές και αδιαφανές και γι' αυτόν τον λόγο πρέπει να γίνεται μελέτη θερμομόνωσης σε κάθε νέο κατασκευή ώστε να αποφεύγονται κάθε τέτοιου είδους απώλειες. Φυσικά, αυτό είναι αναγκαίο και στις ήδη υπάρχουσες κατασκευές οι οποίες λόγω παλαιότητας, συνήθως δεν έχουν την κατάλληλη θερμομόνωση. Η θερμομόνωση ενός κτιρίου περιλαμβάνει επεμβατικές διορθώσεις, όπου αυτό κρίνεται απαραίτητο με βάση την μελέτη θερμομόνωσης. Το μέγεθος των θερμικών απωλειών εξαρτάται από το είδος του δομικού στοιχείου. Ενδεικτικά παρατίθεται το ακόλουθο Σχήμα 5.1, στο οποίο παρουσιάζεται το ποσοστό των θερμικών απωλειών που χάνεται ανά δομικό στοιχείο για ένα τυπικό κτίριο.



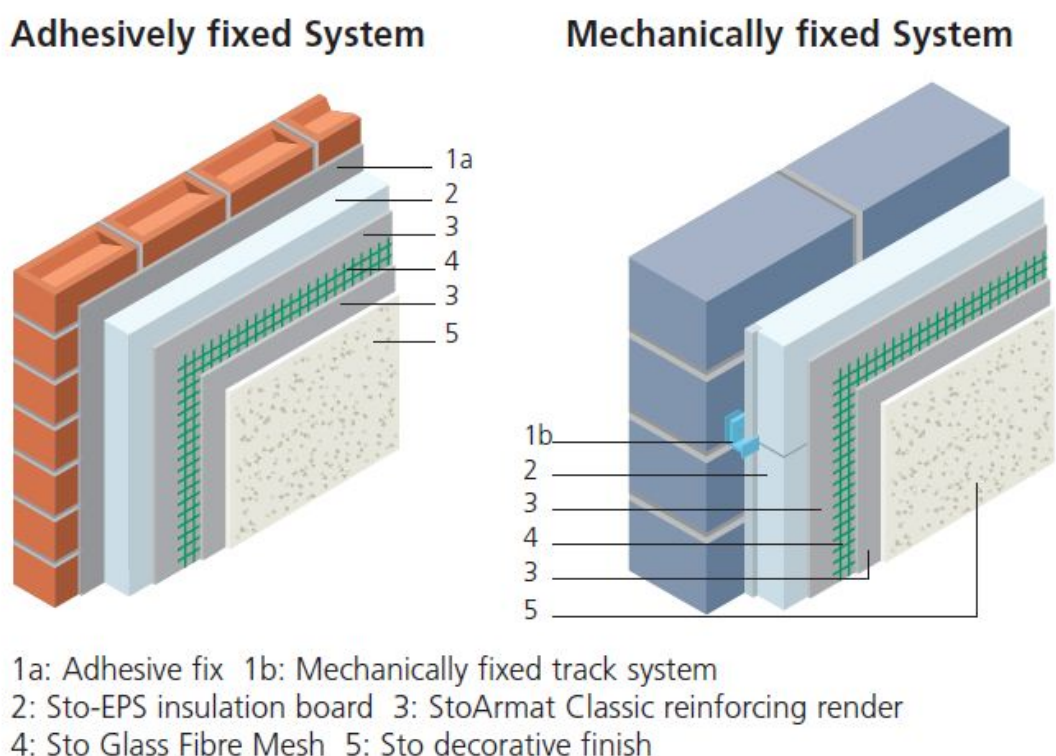
Σχήμα 5. 1 : Κατανομή θερμικών απωλειών σε ένα τυπικό κτίριο

Τα ποσοστά που αντιστοιχούν σε κάθε δομικό στοιχείο είναι απλώς ενδεικτικά. Στην ενότητα αυτή παρουσιάζονται ενδεικτικά κάποιες μέθοδοι για την βελτίωση της θερμομόνωσης του κτιριακού κελύφους οι οποίες εφαρμόζονται σε όλα τα διαφανή και αδιαφανή δομικά στοιχεία του υπό μελέτη κτιρίου.

5. 3. 1. 1 Βελτίωση της θερμομόνωσης των αδιαφανών κατακόρυφων και οριζόντιων δομικών στοιχείων

Είναι συνηθισμένο τα κτίρια να παρουσιάζουν σημαντικές θερμικές απώλειες, οι οποίες στο μεγαλύτερο ποσοστό τους οφείλονται σε κακή θερμομόνωση των κατακόρυφων δομικών στοιχείων. Μια καλή λύση είναι η θερμομόνωση των τοιχίων με σύγχρονα θερμομονωτικά υλικά. Τέτοιου είδους υλικά αποτελούνται από στρώσεις διαφόρων υλικών με βασικό θερμομονωτικό υλικό πλάκες διογκωμένης πολυστερίνης με γραφίτη ή άνθρακα. Οι άλλες στρώσεις αποτελούνται από αντιρρηγματικό σοφά ακρυλικής βάσης, ειδικό πλέγμα για μηχανική στερέωση των πλακών και τελική επικάλυψη με στρώση αντιρρηγματικού οργανικής βάσης. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι τέτοιου είδους υλικά έρχονται και προσκολλώνται με ειδική διαδικασία στους ήδη υπάρχοντες κατακόρυφους τοίχους. Το πάχος των πλακών της διογκωμένης πολυστερίνης, μεταβάλλεται ανάλογα με την τιμή του τελικού συντελεστή θερμοπερατότητας που πρέπει να επιτευχθεί λαμβάνοντας υπόψη την ήδη υπάρχουσα τοιχοποιία.

Στο παρακάτω Σχήμα 5.2 φαίνεται μια τομή τοιχοποιίας στην οποία έχει ενσωματωθεί θερμομονωτικό υλικό με μηχανική στερέωση και με απευθείας συγκόλληση με ειδικά υλικά.



Σχήμα 5. 2 : Ειδικά θερμομονωτικά υλικά για κάθετα εξωτερικά αδιαφανή δομικά στοιχεία

Η συγκεκριμένη δράση έχει σημαντικά οφέλη τα οποία και αναφέρονται ακολούθως.

- Το εκτιμώμενο όφελος από την επέμβαση για την βελτίωση της εξωτερικής θερμομόνωσης των κάθετων αδιαφανών δομικών στοιχείων κυμαίνεται από 44-47% επί της συνολικής εξοικονόμησης ενέργειας, δηλαδή ενέργειας που εξοικονομείται για ψύξη και θέρμανση.
- Τα αντίστοιχα οφέλη από την εξοικονόμηση ενέργειας μεταφράζονται και σε χρηματικά οφέλη.
- Αντίστοιχα παρατηρείται μείωση της εκπομπής αερίων ρύπων (CO₂, CO, SO₂) κατά 40-49%

Με βάση λοιπόν τα παραπάνω οφέλη, κρίνεται επιτακτική η δράση για την θερμομονωτική βελτίωση των κατακόρυφων δομικών στοιχείων, όταν φυσικά εντοπίζονται αποκλίσεις από τα όρια που θέτει ο ΚΕΝΑΚ.

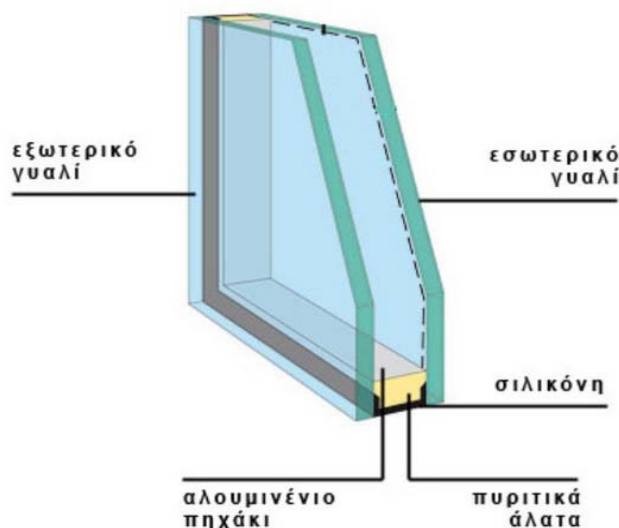
5. 3. 1. 2 Αντικατάσταση των κουφωμάτων με ενεργειακά κουφώματα αλουμινίου.

Ένας ακόμη παράγοντας που είναι υπεύθυνος για ένα μεγάλο ποσοστό θερμικών απωλειών σε ένα κτίριο είναι τα κουφώματα. Σε παλαιά κτίρια, δηλαδή κτίρια που κατασκευάστηκαν πριν το 1980 και που είχαν ελάχιστη έως και ανύπαρκτη θερμομόνωση, τα κουφώματα ήταν παλαιού τύπου και ο τύπος του υαλοπίνακα ήταν μονός με πάχος μόλις 6 mm. Το πλαίσιο ήταν κατασκευασμένο είτε από ξύλο είτε ακόμη και από αλουμίνιο. Ωστόσο με το πέρασμα των χρόνων τα κουφώματα βελτιώθηκαν θεαματικά και πλέον, στην αγορά συναντώνται κουφώματα με πολύ χαμηλό συντελεστή θερμοπερατότητας.

Είναι σύνηθες τα κουφώματα αλουμινίου που υπάρχουν στην αγορά να είναι με διπλό υαλοπίνακα, ενώ το αέριο στο ενδιάμεσο κενό να είναι αέρας ή άλλο αέριο. Συνήθως το αέριο που χρησιμοποιείται είναι Αργό και αυτό επειδή μειώνεται η μετάδοση της θερμότητας λόγω συναγωγής. Κουφώματα με διπλό υαλοπίνακα και αέριο πλήρωσης των υαλοπινάκων το Αργό παρουσιάζουν συντελεστές θερμοπερατότητας περίπου 2, 5-3 W/m*K, που είναι εντός των ορίων που ορίζει ο ΚΕΝΑΚ.

Ωστόσο η συνεχής αύξηση των τιμών του πετρελαίου έχει οδηγήσει στην περαιτέρω βελτίωση των θερμικών χαρακτηριστικών των κουφωμάτων. Πλέον υπάρχουν στην αγορά κουφώματα αλουμινίου με διπλό ή ακόμη και τριπλό υαλοπίνακα με εξωτερικό και ενδιάμεσο πάχος υαλοπίνακα 6-8 mm, με αέριο πλήρωσης το Αργό και πάχος διακένου 8 mm και διπλή εσωτερική επίστρωση μεταλλικών οξειδίων στις δύο πλευρές αν είναι τριπλός υαλοπίνακας ή στην μία αν είναι διπλός αντίστοιχα.

Οι ενεργειακοί υαλοπίνακες διαθέτουν ενεργειακό γυαλί νέας γενιάς Low-e, του οποίου το χαρακτηριστικό είναι ότι δεν επιτρέπει την μεταφορά θερμότητας από τον εσωτερικό χώρο του κτιρίου στον εξωτερικό περιβάλλοντα χώρο και αντίστροφα. Ο συντελεστής θερμοπερατότητας αυτών των υαλοπινάκων όταν το πλαίσιο είναι από αλουμίνιο ισούται ακόμη και με 1 W/m*K ενώ όταν το πλαίσιο είναι από ξύλο μπορεί να φτάσει και στην τιμή $U_w = 0,7$ W/m*K. Στις παρακάτω εικόνες Σχήματα 5.5 και 5.6 αντίστοιχα παρουσιάζεται τομή ενός διπλού υαλοπίνακα με αέριο πλήρωσης του διακένου Αργό και εσωτερική επίστρωση Low-e και τομή ενός τριπλού υαλοπίνακα με Αργό και εσωτερικές Low-e επιστρώσεις.



Σχήμα 5. 5 :Τομή διπλού υαλοπίνακα αλουμινίου με τεχνολογία Low-e και αέριο πλήρωσης Αργό



Σχήμα 5. 6 :Τομή τριπλού υαλοπίνακα με τεχνολογία Low-e και αέριο πλήρωσης Αργό

Πρακτικά ο τρόπος που λειτουργούν αυτά τα κουφώματα είναι ο εξής:

Είναι διαφανή και επιτρέπουν την διέλευση του φωτός. Παράλληλα όμως λόγω της επίστρωσης από οξειδία που έχουν από την μία τους πλευρά, παρεμποδίζεται η μετάδοση της θερμότητας από το εξωτερικό στο εσωτερικό περιβάλλον και αντίστροφα.

5. 3. 1. 3 Εγκατάσταση κινητών εξωτερικών σκιάστρων

Η ηλιοπροστασία των ανοιγμάτων του κτιρίου είναι η βασικότερη τεχνική για τη μείωση των θερμικών φορτίων ενός κτιρίου τη θερινή περίοδο, καθώς η ηλιακή ακτινοβολία η οποία εισέρχεται μέσα από τα ανοίγματα αποτελεί τη μεγαλύτερη πηγή θερμότητας. Η σωστή ηλιοπροστασία είναι βασική προϋπόθεση για την αποδοτική εφαρμογή κάθε άλλης τεχνικής για το δροσισμό ενός κτιρίου, είτε αυτός γίνεται με φυσικό είτε με τεχνητό τρόπο.

Στην πρώτη περίπτωση συνεισφέρει σημαντικά στη διατήρηση των θερμοκρασιών μέσα στους χώρους σε ανεκτά επίπεδα και, συνεπώς στη βελτίωση των συνθηκών θερμικής άνεσης.

Στη δεύτερη περίπτωση συνεισφέρει σημαντικά στην εξοικονόμηση ενέργειας για ψύξη του κτιρίου και στη μείωση του ηλεκτρικού φορτίου αιχμής που προκύπτει, καθώς υπάρχει σημαντικά μειωμένη θερμική επιβάρυνση από την ηλιακή ακτινοβολία.

Η ηλιοπροστασία των ανοιγμάτων θα πρέπει να εξασφαλίζει την ελάχιστη εισερχόμενη ακτινοβολία το καλοκαίρι, συνδυάζοντας όμως τη δυνατότητα φυσικού φωτισμού, αερισμού και θέας και φυσικά, να μην εμποδίζει τον απαραίτητο ηλιασμό κατά τη διάρκεια του χειμώνα. Επίσης πρέπει να ελέγχεται και ο ηλιασμός των ανοιγμάτων κατά τις ενδιάμεσες περιόδους (άνοιξη- φθινόπωρο).

Η ηλιοπροστασία των ανοιγμάτων εξαρτάται από τον προσανατολισμό τους. Εν γένει ο νότιος προσανατολισμός ενδείκνυται στα κτίρια στο Βόρειο Ημισφαίριο, καθώς συνδυάζει τον απαιτούμενο ηλιασμό το χειμώνα, ενώ το καλοκαίρι (που ο ήλιος βρίσκεται πιο ψηλά στον ορίζοντα) δέχεται λιγότερη ακτινοβολία, η οποία ελαχιστοποιείται με ένα απλό οριζόντιο σκιάστρο.

Ο βόρειος προσανατολισμός δέχεται ελάχιστη ηλιακή πρόσπτωση το πρωί και το βράδυ και ενδείκνυται και αυτός για χώρους θερινής χρήσης ή με απαιτήσεις σε σταθερό φωτισμό. Αντίθετα, τα ανατολικά και δυτικά ανοίγματα δέχονται μεγάλα ποσά ηλιακής ακτινοβολίας το καλοκαίρι (ενώ το χειμώνα πολύ μικρά). Για τα ανατολικά και δυτικά παράθυρα, στα οποία οι ηλιακές ακτίνες προσπίπτουν από χαμηλά, απαιτείται σκίαση κατακόρυφου τύπου.

Η βασικότερη μέθοδος ηλιοπροστασίας των ανοιγμάτων είναι η σκίαση, δηλαδή η παρεμπόδιση των ηλιακών ακτίνων να φθάνουν στα παράθυρα. Το ίδιο το Σχήμα του κτιρίου (εσοχές, εξοχές, διατάξεις σε Σχήμα Γ ή Π, διαμόρφωση εσωτερικών αυλών ή στοών κ. λπ.), αλλά και ειδικά διαμορφωμένες προεξοχές (όπως πρόβολοι στο νότο) μπορούν να αποτελέσουν σύστημα σκίασης του κτιρίου. Επί πλέον, υπάρχει πληθώρα σκιάστρων για τα ανοίγματα, τα οποία διακρίνονται ανάλογα με τη θέση τους (εσωτερικά, εξωτερικά ή ενδιάμεσα των υαλοπινάκων), ανάλογα με τη γεωμετρία τους (κατακόρυφα, οριζόντια, σχαρωτά), ανάλογα με τη δυνατότητα χειρισμού τους (σταθερά ή κινητά) και τέλος, ανάλογα με το υλικό και τις θερμικές και οπτικές ιδιότητες τους και τα τεχνικά χαρακτηριστικά τους.

Η σκίαση αποτελεί και μέσο ελέγχου του φυσικού φωτισμού και, ιδιαίτερα, της θάμβωσης, καθώς μειώνει την άμεση πρόσπτωση της ηλιακής ακτινοβολίας στους χώρους. Συνεπώς, κατά την επιλογή του κατάλληλου σκιάστρου θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη τόσο η θερμική, όσο και η οπτική του απόδοση όλο το χρόνο.

Όπως έχει ήδη προαναφερθεί και προηγουμένως οι τύποι σκιάστρων είναι δύο και είναι τα κινητά και τα ακίνητα σκιάστρα ή αλλιώς τα μόνιμα εξωτερικά σκιάστρα.

- **Μόνιμα εξωτερικά σκιάστρα**

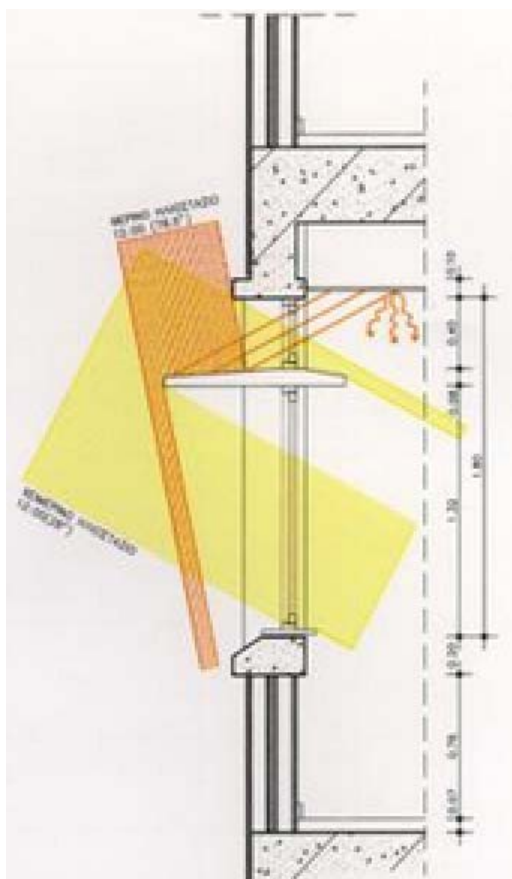
Ένας οριζόντιος πρόβολος πάνω από ένα νότια προσανατολισμένο παράθυρο επιτρέπει στο χειμερινό ήλιο, που βρίσκεται χαμηλά στον ορίζοντα να περάσει στο εσωτερικό του κτιρίου, ενώ το καλοκαίρι τον εμποδίζει. Το μέγεθος του προβόλου αυτού εξαρτάται από το γεωγραφικό πλάτος του τόπου στον οποίο βρίσκεται το κτίριο. Για την Αθήνα, για παράδειγμα, καλές αναλογίες προβόλου είναι αυτές για τις οποίες η γωνία που σχηματίζεται μεταξύ της εξωτερικής πλευράς του σκιάστρου και του κατωφλιού του ανοίγματος είναι 55-60°.

Οι πρόβολοι που εκτείνονται δεξιά και αριστερά των ανοιγμάτων είναι πιο αποτελεσματικοί από προβόλους που καλύπτουν μόνο το πλάτος του παραθύρου.

Για τον ακριβή υπολογισμό της θέσης του ήλιου για κάθε μήνα του χρόνου και για κάθε ώρα της ημέρας υπάρχουν τα ηλιακά διαγράμματα ανά γεωγραφικό πλάτος καθώς και υπολογιστικά προγράμματα.

Ένα οριζόντιο σκιάστρο δεν μπορεί να ανακόψει τις ηλιακές ακτίνες που έρχονται χαμηλά από την κατεύθυνση της ανατολής ή της δύσης κατά τη διάρκεια το καλοκαιριού. Για το λόγο αυτό, στα ανατολικά και δυτικά ανοίγματα προτιμώνται τα μόνιμα κατακόρυφα σκιάστρα.

Στο Σχήμα 5.7 φαίνεται ένα τυπικό σύστημα ακίνητων σκιάστρων



Σχήμα 5.7 : Τυπικό σύστημα ακίνητων σκιάστρων

- **Κινητά σκίαστρα**

Γενικά, από ενεργειακής πλευράς, είναι καλύτερο να χρησιμοποιούνται τα εξωτερικά σκίαστρα, καθώς είναι πιο αποτελεσματική η εμπόδιση της ηλιακής ακτινοβολίας πριν περάσει το περίβλημα του κτιρίου. Εξωτερικά κινητά σκίαστρα μπορεί να είναι παντζούρια, περσίδες, τέντες, ρολά, κ. ά.

Για λόγους τεχνικούς ή οικονομικούς μπορεί να είναι προτιμότερα εσωτερικά σκίαστρα, όπως βενετικά στόρια, περσίδες, εσωτερικά παντζούρια, κουρτίνες, κ. λπ., ή και συνδυασμός εξωτερικής σταθερής σκίασης με εσωτερική. Επί πλέον, υπάρχουν σκίαστρα, συνήθως περσίδες, εσωτερικά του συστήματος του παραθύρου, ενδιάμεσα από διπλούς υαλοπίνακες.

Κατά την επιλογή του σκιάστρου πρέπει να λαμβάνονται υπόψη τα οπτικά χαρακτηριστικά τους, τα οποία καθορίζουν και το ποσό της ηλιακής ακτινοβολίας που ανακλούν, απορροφούν και, τελικά, αφήνουν να περάσει, καθώς και η συμβολή τους στα θέματα του φυσικού φωτισμού, θέας και αερισμού. Ένας γενικά οικονομικός συνδυασμός σκιάστρων που εξασφαλίζει την απαιτούμενη ηλιοπροστασία σε συνήθη κτίρια είναι σταθερά δομικά στοιχεία (οριζόντια ή κατακόρυφα, ανάλογα με τον προσανατολισμό) και εσωτερικά βενετικά στόρια, τα οποία επί πλέον, μπορούν να συνεισφέρουν και στη

βελτίωση των συνθηκών φυσικού φωτισμού (περιορίζοντας τη θάμβωση που προκαλείται από τα παράθυρα, μέσω της εκτροπής των ηλιακών ακτίνων προς την οροφή). Μια άλλη τεχνική, η οποία είναι ιδανική για μεσογειακά κλίματα είναι η χρήση των παραδοσιακών παντζουριών με κινητά τμήματα και περιστρεφόμενες περσίδες, που εξασφαλίζουν ελεγχόμενη είσοδο της ηλιακής ακτινοβολίας (ηλιοπροστασία, ρύθμιση φυσικού φωτισμού) και δυνατότητα αερισμού, αλλά και νυχτερινή θερμική προστασία για το χειμώνα.

Τα κινητά σκίαστρα μπορεί να ελέγχονται χειροκίνητα, μηχανικά ή αυτόματα (π. χ. ανάλογα με την προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία, την εξωτερική ή εσωτερική θερμοκρασία). Ο αυτόματος χειρισμός τους μπορεί να ενταχθεί σε ένα σύστημα συνολικής ενεργειακής διαχείρισης του κτιρίου.



Σχήμα 5. 8 : Τυπικό σύστημα κινητών περσίδων

Τα οφέλη από την εγκατάσταση των εξωτερικών σκίαστρων αντιστοιχούν σε 20-30% εξοικονόμηση ενέργειας σε ψύξη, άρα η τοποθέτησή τους σε ένα κτίριο θα πρέπει να λαμβάνεται σοβαρά υπόψη.

5. 3. 2 Δράσεις βελτίωσης των Η/Μ εγκαταστάσεων.

Εκτός από τις θερμικές απώλειες ενός κτιρίου λόγω ανεπαρκούς θερμομόνωσης, συχνά παρατηρείται άσκοπη σπατάλη ενέργειας η οποία μπορεί να οφείλεται στην παλαιότητα του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού, στην έλλειψη συντήρησης καθώς και στην εγκατάσταση εξοπλισμού αφού πρώτα έχει γίνει ελλιπής μελέτη. Σε κτίρια που έχουν κατασκευαστεί πριν το 1980, η μελέτη συνήθως είναι από ελλιπής ως και ανεπαρκής τις περισσότερες φορές. Στην ενότητα αυτή αναλύονται πολλοί τρόποι με τους οποίους μπορεί να επιτευχθεί σημαντική πτώση στην κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας, μέσω της επέμβασης στον ηλεκτρομηχανολογικό εξοπλισμό του κτιρίου. Παράλληλα γίνεται αναφορά και σε εφαρμογές τελευταίας τεχνολογίας αλλά και σε ειδικές τεχνολογίες οι οποίες εφαρμόζονται σήμερα.

5. 3. 2. 1 Επεμβάσεις στον φωτισμό του κτιρίου

Ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες στην κατανάλωση ενός κτιρίου είναι η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για τον φωτισμό του. Έχουν αναπτυχθεί πάρα πολλές εφαρμογές με τις οποίες η κατανάλωση ενέργειας μειώνεται έως και 50 %. Οι εφαρμογές αυτές περιλαμβάνουν δράσεις όπως αρχιτεκτονικές λύσεις με χρήση μεθόδων που χρησιμοποιούν φυσικό φωτισμό, μέχρι μεθόδους επεμβάσεων για την αναβάθμιση του ήδη υπάρχοντος ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού του κτιρίου. Η γενική κατεύθυνση περιλαμβάνει μεθόδους που αναφέρονται στη συνέχεια ενώ ταυτόχρονα δίνεται έμφαση στην αντίστοιχη εξοικονόμηση που επιτυγχάνεται μέσω της κάθε μεθόδου.

- **Αντικατάσταση των ηλεκτρομαγνητικών ballast με σύγχρονα ηλεκτρονικά**
Μια καλή λύση είναι η αντικατάσταση των παλαιών ηλεκτρομαγνητικών ballast με σύγχρονα ηλεκτρονικά τελευταίας τεχνολογίας. Τα πλεονεκτήματα από μια τέτοια αντικατάσταση είναι καλύτερη απόδοση των λαμπτήρων, χαμηλότερη κατανάλωση και μικρές απώλειες ballast. Αξίζει να σημειωθεί πως παράλληλα επιτυγχάνεται δυνατότητα dimming είναι συμβατά με συστήματα BMS οδηγούν στην αύξηση της διάρκειας ζωής του λαμπτήρα.
Στο Σχήμα 5.9 φαίνεται ένα σύγχρονο ηλεκτρονικό ballast.



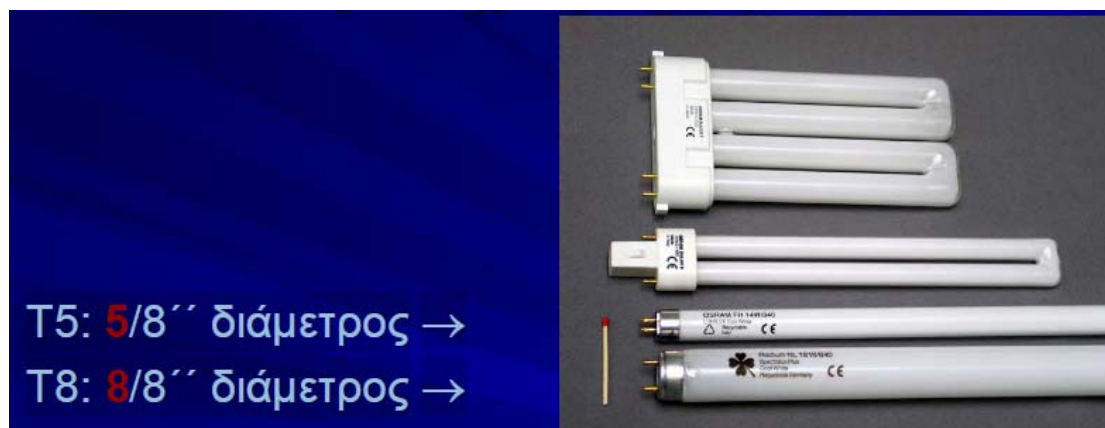
Σχήμα 5. 9 : Σύγχρονο ηλεκτρονικό ballast για λαμπτήρα φθορισμού T5.

Η συνολική εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας που επιτυγχάνεται με την αντικατάσταση των ηλεκτρομαγνητικών ballast ανέρχεται στο 25% επί της αρχικής κατανάλωσης.

- **Αντικατάσταση Λαμπτήρων φθορισμού T8 με λαμπτήρες T5.**

Στις περισσότερες εφαρμογές φωτισμού χρησιμοποιούνται λαμπτήρες φθορισμού. Το συνηθέστερο είναι να χρησιμοποιούνται λαμπτήρες T8 αντί των

αποδοτικότερων T5. Η διάκριση αυτή γίνεται με βάση την διάμετρο των λαμπτήρων όπως φαίνεται στο ακόλουθο Σχήμα 5.10.



Σχήμα 5. 10 : Διαστασιολόγηση λαμπτήρων T5 & T8 με βάση τη διάμετρο.

Πριν αποφασιστεί η αντικατάσταση των λαμπτήρων φθορισμού T8 με αντίστοιχους T5 θα πρέπει να δοθεί η απαραίτητη προσοχή στο κόστος της αντικατάστασης. Συνολικά επιτυγχάνεται αύξηση της απόδοσης στον φωτισμό σε ποσοστό που αγγίζει το 21%. Η αντίστοιχη εξοικονόμηση ενέργειας ανέρχεται σε 28% επί της αρχικής καταναλισκόμενης ενέργειας.

- **Εγκατάσταση Αυτόνομων αυτοματισμών**

Τα κατάλληλα συστήματα ελέγχου του φωτισμού μπορούν να επιτύχουν αποδοτική ενεργειακή εξοικονόμηση, μειώνοντας την κατανάλωση ισχύος για τον φωτισμό στους χώρους 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 και άλλα.

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.

- **Διαχείριση φωτισμού με συστήματα κεντρικής διαχείρισης (BEMS)**

Τα συστήματα αυτά βασίζονται στην χρήση αισθητήρων αλλά και άλλων συσκευών οι οποίες είναι δίνουν τη δυνατότητα της ρύθμισης φωτισμού ανάλογα με το αν ανιχνεύεται κίνηση από τους αισθητήρες παρουσίας. Παράλληλα υπάρχει η δυνατότητα παροχής φωτισμού με χρήση χρονοπρογράμματος, το οποίο είναι προσαρμοσμένο στα ωράρια λειτουργίας του κάθε χώρου.

Το καλύτερο δυνατό αποτέλεσμα στην εξοικονόμηση ενέργειας φωτισμού επιτυγχάνεται όταν παράλληλα με το κεντρικό σύστημα διαχείρισης γίνεται εκμετάλλευση και του φυσικού φωτισμού. Πιο συγκεκριμένα το σύστημα ανιχνεύει την ένταση του φυσικού φωτισμού που υπάρχει στον κάθε χώρο μέσω ειδικών αισθητήρων και ταυτόχρονα ενισχύει την ένταση του φωτός με τεχνητό φωτισμό. Με αυτό τον τρόπο ο συνολικός φωτισμός είναι επαρκής σε κάθε χώρο του κτιρίου.

Φυσικά, τα οφέλη από μια τέτοια δράση είναι μεγάλα και η εξοικονόμηση ενέργειας στον φωτισμό κυμαίνεται από 10-35%. Το ποσοστό αυτό εξαρτάται από το είδος των χρήσεων που στεγάζονται στο κτίριο και τη μορφή της διαχείρισης αυτού.

Επισημαίνεται ότι τα συστήματα κεντρικής διαχείρισης δεν χρησιμοποιούνται μόνο για τον έλεγχο του φωτισμού. Ταυτόχρονα παρέχεται η δυνατότητα διαχείρισης του κλιματισμού, εγκαταστάσεων ασφαλείας, των κινητών σκιάστρων καθώς και των περισσότερων ηλεκτρικών καταναλώσεων όπως θα αναλυθεί σε επόμενες ενότητες.

5. 3. 2. 2 Αντιστάθμιση Άεργου ισχύος και βελτίωση συντελεστή ισχύος.

Είναι γνωστό ότι σε μια κτιριακή εγκατάσταση, είναι πολύ σημαντικό ο συντελεστής ισχύος να είναι υψηλός. Ειδικότερα, φορτία με συντελεστή ισχύος με τιμές μεγαλύτερες από 0, 95 θεωρούνται καλά φορτία, ενώ φορτία με συντελεστή ισχύος μικρότερο από αυτή την τιμή δεν θεωρούνται καλά.

Άεργος ισχύς δημιουργείται από φορτία που παρουσιάζουν επαγωγική συμπεριφορά, δηλαδή αυτές που ενσωματώνουν πηνία. Τέτοιες συσκευές όπως κλιματιστικά, ψυγεία ηλεκτροκινητήρες κλπ υπάρχουν κατά κόρον σε μια εγκατάσταση.

Η άεργος ισχύς σε αντίθεση με την ενεργό δεν μετατρέπεται σε έργο αλλά επιστρέφει ηλεκτρικό στο δίκτυο με διαφορετική μορφή. Αυτή είναι η άεργος ισχύς η οποία είναι ανεπιθύμητη αφού αφενός δεν παράγει κανένα έργο αφετέρου επιβαρύνει τα δίκτυα μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας με μία ποσότητα ρεύματος που αναλογεί σε αντίστοιχες θερμικές απώλειες, ενώ επίσης αλλοιώνει τα ποιοτικά χαρακτηριστικά της ηλεκτρικής ενέργειας.

Η άεργος ισχύς παρόλο που δεν παράγει έργο, υπάρχει στους ηλεκτρικούς αγωγούς ως ρεύμα. Επειδή το ρεύμα είναι υπεύθυνο για τις θερμικές απώλειες των αγωγών η άεργος ισχύς αντισταθμίζεται στις βιομηχανικές εγκαταστάσεις και από τη ΔΕΗ με αυτοματοποιημένες συστοιχίες πυκνωτών.

Η άεργος ισχύς, όπως προαναφέρθηκε αν και δεν παράγει κανένα έργο χρεώνεται από την ΔΕΗ σε μεγάλους καταναλωτές. Πρακτικά, αυτό σημαίνει ότι ένα τμήμα του λογαριασμού της ΔΕΗ αφορά άεργο ισχύ, δηλαδή ισχύ που αντιστοιχεί σε ενέργεια που δεν χρησιμοποιείται πουθενά.

Άεργος ισχύς εγγέεται στο δίκτυο κυρίως από μεγάλους καταναλωτές χωρίς αυτό να σημαίνει ότι δεν εμφανίζεται έγχυση άεργου ισχύος και σε οικιακό επίπεδο. Στον οικιακό τομέα υπάρχει ελάχιστη άεργος ισχύς, η οποία οφείλεται σε κάποια παλιά συσκευή όπως ένα παλιό ψυγείο, ένα κλιματιστικό ή από λαμπτήρες πυρακτώσεως.

Μια λύση είναι η αντικατάσταση των παλιών συσκευών με νέες τελευταίας τεχνολογίας ή «διόρθωση του συντελεστή ισχύος». Στον οικιακό τομέα η άεργος ισχύς δεν είναι δυνατό να μετρηθεί. Αυτό, συμβαίνει επειδή οι μετρητές ηλεκτρικής ενέργειας που είναι τοποθετημένοι στα σπίτια δεν έχουν τη δυνατότητα μέτρησης της άεργου ισχύος.

Αντίθετα, στους μεγάλους καταναλωτές όπως βιομηχανικούς καταναλωτές ή ένα μεγάλο εμπορικό κέντρο η ΔΕΗ τιμολογεί την άεργο ισχύ και μάλιστα πολύ ακριβά. Ειδικότερα υπάρχει κάποιο όριο στην έγχυση ισχύος στο δίκτυο, που δεν πρέπει να ξεπεραστεί. Το όριο αυτό αφορά τον συντελεστή ισχύος $\cos\phi$, ο οποίος όταν είναι μικρότερος από μια συγκεκριμένη τιμή, δηλαδή $\cos\phi \leq 0,85$ σημαίνει ότι γίνεται έγχυση άεργου ισχύος στο δίκτυο. Στις περιπτώσεις αυτές, η ΔΕΗ χρεώνει ακριβά τους αντίστοιχους καταναλωτές και για αυτό τον λόγο κρίνεται επιτακτική αντιστάθμιση της άεργου ισχύος.

Οι τρόποι αντιστάθμισης είναι πολύ συγκεκριμένοι και αφορά την προσθήκη φορτίου πυκνωτών ή την προσθήκη καταναλώσεων επαγωγικών ρευμάτων (πηνία) ανάλογα με τα ποιοτικά χαρακτηριστικά της τάσης.

Οι τύποι αντιστάθμισης είναι οι ακόλουθοι :

- Μεμονωμένη αντιστάθμιση

Χρησιμοποιείται σε περιπτώσεις μεμονωμένων ή μεγάλων φορτίων όπου το κάθε φορτίο συνδέεται με πυκνωτή σταθερής χωρητικότητας.

- Ομαδική αντιστάθμιση

Σ' αυτή την περίπτωση μια ομάδα φορτίων με κοινή παροχή αντισταθμίζεται από μια σταθερή χωρητικότητα. Εφαρμόζεται όταν τα συνδεδεμένα φορτία έχουν κοινό κύκλο λειτουργίας, για παράδειγμα κινητήρες του ίδιου μηχανήματος, φωτισμό φθορισμού μεγάλων χώρων κλπ.

- Κεντρική αντιστάθμιση

Εφαρμόζεται σε βιομηχανικές εγκαταστάσεις, όταν υπάρχουν διάφορες περιπτώσεις λειτουργίας και ως εκ τούτου μεταβλητή απαίτηση άεργου ισχύος. Σ' αυτή την περίπτωση εγκαθίστανται αυτόματες συστοιχίες πυκνωτών στην είσοδο της εγκατάστασης. Μέσω ηλεκτρονικού ελεγκτή παρακολουθείται ο συντελεστής ισχύος $\cos\phi$ και γίνεται σύνδεση ή αποσύνδεση πυκνωτών.

Σκοπός, είναι σε κάθε περίπτωση ο συντελεστής ισχύος να είναι κοντά στην μονάδα συνεχώς. Στο ακόλουθο Σχήμα 5.11, παρουσιάζεται ένας ελεγκτής συντελεστή ισχύος με συστοιχίες πυκνωτών, οι οποίες συνδέονται και αποσυνδέονται κάθε φορά ανάλογα με τις μεταβολές του συντελεστή ισχύος. Ο συντελεστής ισχύος μετράται από τον ηλεκτρονικό μετρητή $\cos\phi$ που είναι εγκατεστημένος στη διάταξη και συγκρίνεται με την τιμή που ο καταναλωτής επιθυμεί να έχει το δίκτυο του.



Σχήμα 5. 11 : Διάταξη ελεγκτή συντελεστή ισχύος.

Τα οφέλη προκύπτουν αν σκεφτεί κανείς ότι άεργος ισχύς σημαίνει μεγαλύτερες βυθίσεις τάσης, μεγαλύτερες απώλειες σε μετασχηματιστές και τέλος μικρότερη διάρκεια ζωής για κινητήρες.

5. 3. 2. 3 Συστήματα Διαχείρισης ενέργειας: BEMS (Building Energy Management System)

Η εγκατάσταση ενός συστήματος BEMS έχει ως σκοπό την επιτήρηση ή και τον αυτόματο έλεγχο των ηλεκτρολογικών και μηχανολογικών εγκαταστάσεων ενός κτιρίου, ώστε να είναι δυνατή η ρύθμιση παραμέτρων και η ανάλυση δεδομένων όλων των εγκαταστάσεων από έναν σταθμό ελέγχου. Παράλληλα, είναι δυνατή η παρακολούθηση και η καταγραφή της ενεργειακής συμπεριφοράς των συστημάτων που είναι εγκατεστημένα στο κτίριο, καθώς και η δημιουργία αρχείου με στατιστικά στοιχεία. Το σύστημα βασίζεται σε διάφορα πρωτόκολλα επικοινωνίας.

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 (αίθρια, αερισμός)
- Ανοίγματα, σκίαστρα κλπ.
- Εγκατάσταση Φωτισμού
- Συστήματα Δροσισμού
- Ηλεκτρικές Καταναλώσεις

- Ποιότητα αέρα
- Εγκαταστάσεις ασφαλείας

Το σύστημα αποτελείται από έναν Κεντρικό Σταθμό Παρακολούθησης και Ελέγχου, τα αισθητήρια όργανα, τις συσκευές εκτέλεσης εντολών καθώς και τις συνδετήριες καλωδιώσεις. Ο προγραμματισμός και ο χειρισμός του συστήματος γίνεται μέσω του κεντρικού σταθμού ελέγχου. Σε ορισμένους τομείς, η λειτουργία και η επιλογή διαφόρων καταστάσεων λειτουργίας γίνεται μέσω επιμέρους χειριστηρίων, τα οποία διαθέτουν ανάλογους επιλογείς.

Γενικότερα, είναι πολύ καλό να δίνεται προτεραιότητα σε συστήματα BEMS που εγκαθίστανται σε μεγάλα κτίρια υψηλής επισκεψιμότητας από το κοινό. Ειδικότερα, τέτοιου είδους συστήματα θα πρέπει να συνοδεύονται από την παρουσίαση της κατανάλωσης της ενεργειακής απόδοσης του κάθε κτιρίου σε οθόνη σε εμφανές σημείο του κτιρίου ώστε να ενημερώνονται το κοινό στην συγκεκριμένη περίπτωση οι φοιτητές. Τα στοιχεία που θα παρουσιάζονται μπορεί να αφορούν την περιγραφή των συστημάτων εξοικονόμησης ενέργειας και των οφελών τους, των εσωτερικών συνθηκών, της καταναλισκόμενης και της εξοικονομούμενης ενέργειας και αναλυτικά στοιχεία για την ενεργειακή λειτουργία του κτιρίου σε πραγματικό χρόνο, όπως θα προκύπτουν από το σύστημα ενεργειακής διαχείρισης.

Τα αναμενόμενα οφέλη από την εγκατάσταση και λειτουργία ενός τέτοιου συστήματος είναι πολλαπλά και συνοψίζονται στα εξής :

- Ενεργειακά –εξοικονόμηση ενέργειας
- Οικονομικά. Η μείωση των καυσίμων και κόστους λειτουργίας για θέρμανση-ψύξη, αερισμό, φωτισμό.
- Περιβαλλοντικά. Μείωση της εκπομπής ρύπων από ένα κτίριο.

Η αναμενόμενη εξοικονόμηση ενέργειας άρα και κόστους, κυμαίνεται από 10-50%. Φυσικά, θα πρέπει να σημειωθεί ότι η εγκατάσταση ενός τέτοιου συστήματος διαχείρισης ενέργειας, αποτελεί συμπληρωματική και όχι μεμονωμένη παρέμβαση και ταυτόχρονα θα πρέπει να συνοδεύεται με συνδυασμό και άλλων μέτρων βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης ενός κτιρίου. Σκοπός είναι σε κάθε περίπτωση η μέγιστη δυνατή εξοικονόμηση ενέργειας.

5. 3. 2. 4 Αναβάθμιση του συστήματος κεντρικής θέρμανσης και ψύξης.

Σε προηγούμενη ενότητα του συγκεκριμένου κεφαλαίου αναλύθηκαν μέθοδοι με τις οποίες μπορεί να βελτιωθεί το κτιριακό κέλυφος ως προς τη θερμομονωτική του ικανότητα. Αυτή η ανάλυση έγινε επειδή λαμβάνεται πολύ σοβαρά υπόψη το κόστος θέρμανσης και ψύξης. Ωστόσο οι θερμικές απώλειες μπορούν να περιορισθούν και με επεμβάσεις στο σύστημα κεντρικής θέρμανσης και ψύξης.

Μερικές από αυτές τις δράσεις, για το σύστημα κεντρικής θέρμανσης είναι οι ακόλουθες :

- Θερμομόνωση της κεντρικής στήλης της θέρμανσης
- Θερμοστατικές βαλβίδες σωμάτων και ακριβείς θερμοστάτες χώρου
- Αντικατάσταση παλαιών καυστήρων και λεβήτων με νέους υψηλούς απόδοσης και κατά προτίμηση φυσικού αερίου, αν αυτό είναι δυνατό.

Αντίστοιχα μερικές μέθοδοι για την αναβάθμιση του συστήματος κλιματισμού είναι οι παρακάτω :

- Αντικατάσταση κλιματιστικών μονάδων A/C με νέα, τεχνολογίας inverter.
- Αντικατάσταση αυτόνομων συστημάτων κλιματισμού με κεντρικό σύστημα, το οποίο θα μπορεί να λειτουργεί και σε free cooling mode.
- Εγκατάσταση εναλλακτών θερμότητας στα κανάλια απόρριψης και εισαγωγής αέρα εφόσον αυτά βρίσκονται κοντά.

Φυσικά όπως και ο φωτισμός έτσι και η θέρμανση-ψύξη συμπεριλαμβάνεται στις δράσεις που μπορούν να αξιοποιηθούν με παράλληλη διαχείριση τους από BEMS. Τα αναμενόμενα οφέλη στην εξοικονόμηση ενέργειας για θέρμανση κυμαίνονται από 10-15%. Αντίστοιχα για την ψύξη έχει εκτιμηθεί ότι η εξοικονόμηση ενέργειας μπορεί να κυμανθεί από 20-40%.

5. 3. 2. 5 Αναβάθμιση δικτύου θέρμανσης

Όπως έχει αναλυθεί και στο κεφάλαιο τρία, σε όλη την εγκατάσταση παρουσιάζονται κάποιες καταναλώσεις ηλεκτρικής ενέργειας για θέρμανση και ψύξη οι οποίες δεν είναι άμεσα προφανείς και μάλιστα είναι πολύ μεγάλες. Πιο συγκεκριμένα οι καταναλώσεις αυτές παρουσιάζονται στους κυκλοφορητές που υπάρχουν στο δίκτυο. Οι κυκλοφορητές είναι ηλεκτροκινητήρες οι οποίοι χρησιμοποιούνται για να γίνεται κυκλοφορία του νερού στο δίκτυο θέρμανσης- ψύξης και έτσι το χειμώνα το νερό αυτό είναι συνήθως στους 75 C° ενώ το καλοκαίρι στους 7 C°.

Η χρήση νέας τεχνολογίας κυκλοφορητών και κινητήρων υψηλής απόδοσης μπορεί να επιφέρει μείωση της ετήσιας κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας κατά 60%. Στην περίπτωση μάλιστα που ο σύγχρονος κινητήρας συνδυαστεί με μια βελτιωμένη φτερωτή, πράγμα εφικτό από τις υψηλές ταχύτητες περιστροφής των κινητήρων υψηλής απόδοσης, η υδραυλική απόδοση μπορεί να αυξηθεί από 35% έως και 60%.

Με το συνδυασμό αυτών των δύο μέτρων, οι κυκλοφορητές υψηλής απόδοσης επιτυγχάνουν εξοικονόμηση ενέργειας περίπου 40%, σε σχέση με το 5-25% που επιτυγχάνεται από τους ασύγχρονους κινητήρες.

Τέλος, με την χρήση ρυθμιστών στροφών (inverter) σε συμβατικούς κινητήρες ισχύος μεγαλύτερης των 500 W, όπως στους ανεμιστήρες των Κ. Κ. Μ μπορεί να επιτευχθεί πρόσθετη εξοικονόμηση ενέργειας μέχρι 25% ανάλογα με την περίπτωση και τις συνθήκες λειτουργίας.

Το τελικό εκτιμώμενο αναμενόμενο όφελος από μια τέτοια δράση ανέρχεται σε 35-60 % εξοικονόμηση ενέργειας.

5. 3. 2. 6 Μηχανικός αερισμός.

Με την εφαρμογή του αερισμού είτε μηχανικού είτε φυσικού, κατά τις ενδιάμεσες περιόδους (Απρίλιος-Μάιος και Σεπτέμβριος-Οκτώβριος) και κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού τις βραδινές ώρες, μπορεί να επιτευχθεί σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας χωρίς επιπλέον οικονομική επιβάρυνση εγκατάστασης εξοπλισμού, παρά μόνο το κόστος λειτουργίας των ανεμιστήρων.

Στα περισσότερα δημοτικά κτίρια ο μηχανικός αερισμός συνίσταται για τον πλήρη έλεγχο της λειτουργίας του αερισμού, ο οποίος με φυσικό τρόπο μπορεί να είναι ιδιαίτερα ευαίσθητος σε θέματα λειτουργικά, όπως το άνοιγμα και το κλείσιμο των παραθύρων. Ο μηχανικός αερισμός μπορεί να γίνει είτε μέσω του κεντρικού συστήματος κλιματισμού σε free cooling mode, με την κατάλληλη ρύθμιση είτε μέσω υφιστάμενων αεραγωγών ή και απλών ανεμιστήρων εισαγωγής και απαγωγής αέρα στους χώρους.

Η λειτουργία του συστήματος αερισμού συνίσταται να γίνεται αυτόματα μέσω του συστήματος διαχείρισης ενέργειας του κτιρίου (BEMS).

Το εκτιμώμενο αναμενόμενο όφελος κυμαίνεται σε 10-15% εξοικονόμηση ενέργειας για ψύξη.

5. 3. 2. 7 Υβριδικός αερισμός με ανεμιστήρες οροφής.

Συμπληρωματικά με το ανωτέρω σύστημα συνίσταται η εγκατάσταση ανεμιστήρων οροφής. Με τον τρόπο αυτό ανεβαίνει το θερμοκρασιακό όριο θερμικής άνεσης, καθώς η μεταφορά θερμότητας από το ανθρώπινο σώμα μέσω του δημιουργούμενου ρεύματος, αντιστοιχεί σε 3-4 C° χαμηλότερη «αισθητή» θερμοκρασία. Σε ένα κτίριο με την κατάλληλη θερμική και ηλιακή προστασία, η θερμοκρασία άνεσης με τη χρήση ανεμιστήρων οροφής μπορεί να φτάσει και τους 29 C°-32 C°. Μάλιστα έχει εκτιμηθεί ότι για κάθε βαθμό αύξησης του θερμοστάτη επιτυγχάνεται εξοικονόμηση ενέργειας της τάξης του 7%. Έτσι συνέπεια της χρήσης ανεμιστήρων οροφής είναι η

χρονική μείωση της χρήσης και η ενεργειακά αποδοτική λειτουργία του κλιματιστικού συστήματος.

Η παρέμβαση αυτή ενδείκνυται ιδιαίτερα, όταν δεν προβλέπεται σύστημα κλιματισμού ή συνδυάζεται με απομάκρυνση των split unit κλιματιστικών και με την παράλληλη ύπαρξη συστημάτων φυσικού ή μηχανικού αερισμού στο χώρο.

Το εκτιμώμενο αναμενόμενο όφελος από μια τέτοια δράση ανέρχεται σε 20% έως και 30% στην εξοικονόμηση ενέργειας για ψύξη.

5.4 Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας : Διασυνδεδεμένα φωτοβολταϊκά συστήματα σε στέγες.

Τον τελευταίο καιρό παρατηρείται ολοένα και εντονότερη στροφή στην παραγωγή ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Έχουν αναπτυχθεί πολλές τεχνολογίες που δεν χρησιμοποιούν ορυκτά καύσιμα με κυριότερες την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ανεμογεννήτριες και από διασυνδεδεμένα φωτοβολταϊκά συστήματα. Τα φωτοβολταϊκά συστήματα χρησιμοποιούνται ευρέως πλέον, ακόμη και σε οικιακό επίπεδο. Μάλιστα, για επένδυση σε οικιακό επίπεδο υπάρχουν ευέλικτα δανειακά προγράμματα τα οποία μπορεί κάποιος καταναλωτής να εκμεταλλευτεί και επιπλέον η ΔΕΗ είναι υποχρεωμένη να αγοράζει την ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από τέτοιου είδους εγκαταστάσεις σε ιδιαίτερα ελκυστική τιμή.

Οι κατηγορίες των διασυνδεδεμένων φωτοβολταϊκών είναι δύο και είναι οι ακόλουθες :

- Μεγάλα διασυνδεδεμένα φωτοβολταϊκά συστήματα.

Στην κατηγορία αυτή περιλαμβάνονται σταθμοί παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας που παραδίδουν το ηλεκτρικό ρεύμα απευθείας στο δίκτυο. Συνήθως αυτά τα συστήματα είναι μεγάλης ισχύος η οποία μπορεί να φτάσει μέχρι πολλά MW και συνήθως ο περιορισμός είναι χωρικός. Τα φωτοβολταϊκά πάνελ που χρησιμοποιούνται μπορεί να είναι σταθερά αλλά και περιστρεφόμενα τα οποία ακολουθούν την πορεία του ήλιου ώστε να μεγιστοποιείται η απόδοσή τους. Φυσικά το κόστος ακολουθεί την απόδοση και γι' αυτό τα περιστρεφόμενα φωτοβολταϊκά κοστίζουν αισθητά περισσότερο.

- Διασυνδεδεμένα φωτοβολταϊκά συστήματα σε οικίες.

Στην κατηγορία αυτή περιλαμβάνονται φωτοβολταϊκά που εγκαθίστανται στις οροφές ή στις προσόψεις κτιρίων και παρέχουν απευθείας ηλεκτρική ενέργεια στο κτίριο, ενώ η πλεονάζουσα ενέργεια πωλείται στο δίκτυο. Στην Ελλάδα είναι σύνηθες να τοποθετούνται φωτοβολταϊκά συστήματα σε στέγες κτιρίων και να

πωλείται αυτή η ενέργεια στο δίκτυο. Στο ακόλουθο Σχήμα 5.11 παρουσιάζεται μια συστοιχία διασυνδεδεμένων φωτοβολταϊκών στοιχείων σε οροφή.



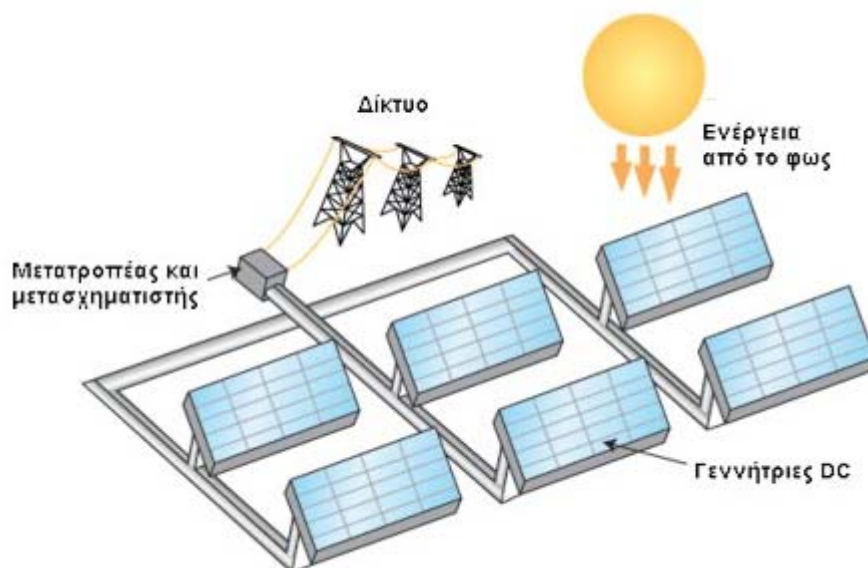
Σχήμα 5. 11: συστοιχία διασυνδεδεμένων φωτοβολταϊκών στοιχείων σε οροφή

Τα οφέλη των φωτοβολταϊκών τόσο σε οικιακό επίπεδο όσο και σε επίπεδο μεγάλων Φωτοβολταϊκών πάρκων είναι πολλά και αυτά είναι τα ακόλουθα :

- Ο κλιματισμός των κτιρίων τους καλοκαιρινούς μήνες συμπίπτει με την μέγιστη απόδοση των φωτοβολταϊκών συστημάτων
- Δεν απαιτείται κτήση οικοπέδου
- Αποκέντρωση της παραγωγής ρεύματος και τοπική κατανάλωση της παραγόμενης ενέργειας.
- Μηδενική ρύπανση
- Αθόρυβη λειτουργία
- Αξιοπιστία και μεγάλη διάρκεια ζωής που αγγίζει τα 30 χρόνια
- Ελάχιστη συντήρηση

Ωστόσο το μεγαλύτερο πλεονέκτημα είναι στην μείωση των ρύπων διοξειδίου του άνθρακα που επιτυγχάνεται. Κάθε κιλοβατώρα που παράγεται από φωτοβολταϊκά, και άρα όχι από συμβατικά καύσιμα, συνεπάγεται την αποφυγή έκλυσης ενός περίπου κιλού διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα (με βάση το σημερινό ενεργειακό μείγμα στην Ελλάδα και τις μέσες απώλειες του δικτύου). Ένα τυπικό φωτοβολταϊκό σύστημα του ενός κιλοβάτ, αποτρέπει κάθε χρόνο την έκλυση 1, 3 τόνων διοξειδίου του άνθρακα, όσο δηλαδή θα απορροφούσαν δύο στρέμματα δάσους. Επιπλέον, συνεπάγεται λιγότερες εκπομπές άλλων επικίνδυνων ρύπων όπως τα αιωρούμενα μικροσωματίδια, τα οξείδια του αζώτου, οι ενώσεις του θείου, κλπ. Οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα πυροδοτούν το φαινόμενο του θερμοκηπίου και αλλάζουν το κλίμα της Γης, ενώ η ατμοσφαιρική ρύπανση έχει σοβαρές επιπτώσεις στην υγεία και το περιβάλλον.

Στο ακόλουθο Σχήμα 5.12 παρουσιάζεται μια τυπική συστοιχία φωτοβολταϊκών panel διασυνδεδεμένα στο δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας, στο οποίο και φαίνεται η φιλοσοφία λειτουργίας τους.



Σχήμα 5. 12 : Διασυνδεδεμένη συστοιχία Φωτοβολταϊκών διασυνδεδεμένη στο δίκτυο.

5. 5 Δράσεις εξοικονόμησης ενέργειας στο κτίριο Α

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζονται όλες οι προτεινόμενες δράσεις που επιλέχθηκαν με βάση την καταλληλότητα τους από προηγούμενες ενότητες. Ταυτόχρονα γίνεται και αξιολόγηση των αντίστοιχων δράσεων ώστε να υπάρχει μια ξεκάθαρη εικόνα σχετικά με το πόσο ωφέλιμες είναι οι αντίστοιχες επενδύσεις. Τα οικονομικά δεδομένα έχουν προσεγγιστεί με καλή εκτίμηση και αντιστοιχούν στην τωρινή εικόνα της αγοράς.

5. 5. 1 Δράσεις στη θερμομόνωση του κτιρίου.

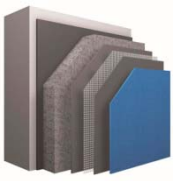
Αρχικά προτείνονται κάποιες δράσεις για την βελτίωση της θερμομόνωσης του κτιρίου ώστε σταδιακά μέσα από κάθε δράση βελτίωσης να προκύπτει ένα όλο και περισσότερο βελτιωμένο προφίλ θερμομόνωσης του κτιρίου.

5. 5. 1. 1 Θερμομόνωση εξωτερικής κατακόρυφης τοιχοποιίας.

Όπως προαναφέρθηκε σε προηγούμενες ενότητες, και με βάση τα αποτελέσματα τα σχετικά με την κατάσταση του κτιριακού κελύφους για το κτίριο Α, όπως αυτά προέκυψαν από το κεφάλαιο 3, θα πρέπει να γίνει επέμβαση για την βελτίωση της θερμομόνωσης του κτιρίου. Σύμφωνα με τα σχέδια του κτιρίου, υπάρχουν επιφάνειες οι οποίες παρουσιάζουν διαφορετικό συντελεστή θερμοπερατότητας. Δυστυχώς, όλες οι επιφάνειες είναι εκτός των επιτρεπτών ορίων, πράγμα που σημαίνει ότι όλες αυτές οι επιφάνειες θα πρέπει να θερμομονωθούν.

Οι επιφάνειες προς θερμομόνωση θα επικαλυφθούν με στρώσεις υλικού που προαναφέρθηκε στην ενότητα 5.3.1.1, του οποίου τα θερμικά χαρακτηριστικά δίνονται στον ακόλουθο Πίνακα 5.1.

Πίνακας 5. 1 : Θερμικά χαρακτηριστικά θερμομόνωσης τοιχοποιίας

Τύπος Κατασκευής :		διατομή εξωτερικής θερμομόνωσης			
A/A	Ονομασία Υλικού	Πάχος Υλικού d (m)	Θερμική αγωγιμότητα υλικού λ (W/mK)	Θερμική Αντίσταση Υλικού d/λ	Τυπική σχεδιαστική λεπτομέρεια
1	Επίχρισμα εξωτερικό	0,02	0,87	0,023	
2	Ενισχυτικός σοβάς υαλοπλέγματος	0,003	0,7	0,004	
3	Υαλόπλεγμα	0,02	0,5	0,04	
	Ενισχυτικός σοβάς υαλοπλέγματος	0,003	0,7	0,004	
3	Πλάκες διογκωμένης πολυστερίνης	0,06	0,032	1,563	
4	Συγκολλητικό υλικό	0,0015	0,7	0,002	
Αντίσταση Θερμοδιαφυγής R_A:				1.918	

Συνολικά οι επιφάνειες που θα πρέπει να θερμομονωθούν παρουσιάζονται στο συγκεντρωτικό Πίνακα 5. 2. Παράλληλα παρουσιάζεται ο νέος συντελεστής θερμοπερατότητας που προέκυψε για το κάθε είδος εξωτερικής τοιχοποιίας του κτιρίου Α.

Πίνακας 5. 2 : Υπολογισμός νέου συντελεστή θερμοπερατότητας για κάθε είδος της εξωτερικής τοιχοποιίας του κτιρίου Α.

A/A	Πλευρική τοιχοποιία κτιρίου	Συνολική Επιφάνεια (m ²)	Τρέχουσα Αντίσταση Θερμοδιαφυγής R _Λ (W/m ² *K)	Αντίσταση Θερμοδιαφυγής Θερμομόνωσης (W/m ² *K)	Τελική Συνολική Αντίσταση Θερμοδιαφυγής R _Λ (W/m ² *K)	Τελικός Συντελεστής θερμοπερατότητας U (W/m ² · K)
1	θερμομονωμένη τοιχοποιία Δώματος (0, 26m)	6. 8	0. 422	1. 918	2. 34	0. 398
2	θερμομονωμένη τοιχοποιία όψης Γ, Δ (0, 23m)	285. 39	0. 68	1. 918	2. 598	0. 361
3	ανεπίχριστο σκυρόδεμα (0, 15m)	12. 765	0. 06	1. 918	1. 978	0. 466
4	ανεπίχριστο σκυρόδεμα (0, 35m)	34. 8	0. 14	1. 918	2. 058	0. 449
5	επιχρισμένο σκυρόδεμα (0, 1m)	68. 6	0. 055	1. 918	1. 973	0. 467
6	επιχρισμένο σκυρόδεμα (0, 37m)	16. 588	0. 163	1. 918	2. 081	0. 444
7	διπλά επιχρισμένη οπτοπλινθοδομή (0, 12m)	44. 205	0. 191	1. 918	2. 109	0. 439
8	διπλά επιχρισμένο σκυρόδεμα (0, 44m)	50. 4	0. 206	1. 918	2. 124	0. 436
Σημείωση:			Ικανοποιείται η απαίτηση για $U \leq 0,5 \text{ W}/(\text{m}^2\text{k})$			

Από τον παραπάνω Πίνακα φαίνεται ότι το κάθε είδος της τοιχοποιίας του κτιρίου είναι πλέον εντός των ορίων που ορίζει ο ΚΕΝΑΚ με $U_{\max}=0,5 \text{ W}/(\text{m}^2\text{k})$.

Για να υπολογιστεί η εξοικονόμηση ενέργειας που επιτυγχάνεται πρέπει να γίνει υπολογισμός των θερμικών απωλειών που υπήρχαν πριν τη θερμομόνωση και των αντίστοιχων απωλειών μετά τη θερμομόνωση.

Οι θερμικές απώλειες υπολογίζονται από τη σχέση : $Q = U \cdot A \cdot \Delta T$ (W)

Όπου :

Q : Θερμικές απώλειες σε Watt

U : Συντελεστής θερμοπερατότητας δομικού στοιχείου σε $W/(m^2k)$.

A : Επιφάνεια δομικού στοιχείου (m^2)

ΔT : Διαφορά θερμοκρασίας εσωτερικού και εξωτερικού χώρου.

Από την παραπάνω εξίσωση προκύπτει εύλογα ότι όσο μικρότερος είναι ο συντελεστής θερμοπερατότητας τόσο λιγότερες και οι θερμικές απώλειες. Για να υπολογιστούν οι θερμικές απώλειες σε ετήσιο επίπεδο, λαμβάνονται τιμές της μέσης θερμοκρασίας του κάθε μήνα και εισάγονται στην παράμετρο της εξωτερικής θερμοκρασίας. Οι μηνιαίες θερμοκρασίες της ατμόσφαιρας προέρχονται από στατιστικές του Ινστιτούτου Ερευνών Περιβάλλοντος και Βιώσιμης Ανάπτυξης. Τα αντίστοιχα δεδομένα παρουσιάζονται στον σχετικό Πίνακα του παραρτήματος. Η εσωτερική θερμοκρασία είναι επιθυμητό να είναι στους $22\text{ }^\circ\text{C}$ ή ισοδύναμα στους 295 βαθμούς Kelvin ωστόσο αυτό που αλλάζει είναι η εξωτερική. Στον ακόλουθο Πίνακα 5.3 παρουσιάζονται οι μέσες θερμοκρασίες ανά μήνα υπολογισμένες σε Kelvin.

Πίνακας 5.3 : Πίνακας μέσων θερμοκρασιών ανά μήνα για τους μήνες της περιόδου θέρμανσης σε Kelvin.

Μήνας	Ιανουάριος	Φεβρουάριος	Μάρτιος	Νοέμβριος	Δεκέμβριος
T (K)	283, 3	283, 6	285, 3	288, 4	285

Η διαφορά των θερμικών απωλειών πριν και μετά συνίσταται ουσιαστικά στην μεταβολή του συντελεστή θερμοπερατότητας ανά δομικό στοιχείο $\Delta U=U_{\text{πριν}}-U_{\text{μετά}}$. Αντίστοιχα η ενέργεια που εξοικονομείται, προκύπτει εάν αυτή η τιμή ΔQ πολλαπλασιαστεί με τον χρόνο θέρμανσης σε ώρες ανά μήνα για κάθε όροφο. Έτσι προκύπτει το τελικό αποτέλεσμα σε kWh που είναι και το ζητούμενο. Σε κάθε περίπτωση δηλαδή υπολογίζεται η τιμή $\Delta Q = \Delta U * A * \Delta T * h$.

Ο χρόνος που απαιτείται θέρμανση, δεν είναι ίδιος σε κάθε όροφο και αυτό οφείλεται στο ότι οι χρήστες δεν απαιτούν θέρμανση ταυτόχρονα. Ο ζητούμενος χρόνος θέρμανσης ανά όροφο προέκυψε διαιρώντας τις συνολικές kWh που καταναλώνονται από τα Fan coil και τα A/C, όπου αυτά υπάρχουν, ανά όροφο και κατόπιν το αποτέλεσμα αυτό διαιρείται με τη συνολική εγκατεστημένη ισχύ. Με βάση την παραπάνω παραδοχή προκύπτει ο ακόλουθος Πίνακας 5.4 στον οποίο προκύπτει προσεγγιστικά ο μέσος χρόνος θέρμανσης των χώρων ανά όροφο σε ώρες.

Πίνακας 5. 4 : Πίνακας μέσου χρόνου ζήτησης ανά όροφο.

Όροφος	Ιανουάριος	Φεβρουάριος	Μάρτιος	Νοέμβριος	Δεκέμβριος
Γ όροφος	114	114	57	57	57
Β όροφος	138	138	69	69	69
Α όροφος	160	160	80	80	80
Ισόγειο	220	220	110	110	110

Ο λόγος για τον οποίο οι μήνες Μάρτιος Νοέμβριος και Δεκέμβριος είναι μισοί είναι επειδή η θέρμανση ξεκινάει μέσα Νοέμβρη και τελειώνει μέσα Μαρτίου, ενώ το Δεκέμβριο μεσολαβούν οι διακοπές των Χριστουγέννων. Οι υπολογισμοί των θερμικών απωλειών για το κουβούκλιο του δώματος και του Γ ορόφου φαίνονται αναλυτικά στον παρακάτω συγκεντρωτικό Πίνακα 5.5.

Πίνακας 5.5 : Εξοικονόμηση Ενέργειας για θέρμανση στο κουβούκλιο του δώματος του κτιρίου Α μέσω θερμομόνωσης της εξωτερικής τοιχοποιίας.

Μήνας	$\Delta T = T_{\text{εσ}} - T_{\text{εξ}}$ (K)	Δώμα		
		Διπλά επιχρισμένο σκυρόδεμα 0,44m	Θερμ/νη τοιχοποιία δώματος (0,26m)	Ανεπίχριστο οπλισμένο σκυρόδεμα (0,35m)
Ιανουάριος	11,7	156,227	78,114	149,553
Φεβρουάριος	11,4	152,222	76,111	145,718
Μάρτιος	9,7	64,761	39,197	75,046
Μάιος	2,7	34,788	2,809	33,301
Ιούνιος	7,2	185,46	14,983	177,607
Ιούλιος	10	257,685	20,809	246,676
Σεπτέμβριος	6,2	159,764	6,451	76,46
Νοέμβριος	6,6	44,064	22,032	42,182
Δεκέμβριος	10	66,764	33,382	63,912
Σύνολο ανά μήνα (kWh)		484,038	248,836	47,411
Σύνολο ανά έτος (kWh)	2.740,9			

Από τον παραπάνω Πίνακα προκύπτει ότι η συνολική ενέργεια θέρμανσης που εξοικονομείται μέσω της θερμομόνωσης του κουβουκλίου του δώματος είναι 2.740,9 kWh. Με τον ίδιο τρόπο υπολογίζονται και οι θερμικές απώλειες για το ισόγειο του κτιρίου Α όπου στεγάζεται και το κυλικείο καθώς και για τους Α, Β και Γ ορόφους

του κτιρίου των οποίων οι συνολικές θερμικές απώλειες φαίνονται στους παρακάτω αντίστοιχους συγκεντρωτικούς Πίνακες 5.6 και 5.7.

Πίνακας 5. 6 : Εξοικονόμηση ενέργειας για θέρμανση στο ισόγειο του κτιρίου Α

Μήνας	$\Delta T = T_{\text{εσ}} - T_{\text{εξ}}$ (K)	$\Delta Q = \Delta U * A * \Delta T$ (kW)				$\Delta Q = \Delta U * A * \Delta T * h$ (kWh)
		επιχρισμένο σκυρόδεμα 0, 1 m	επιχρισμένο σκυρόδεμα 0, 37 m	οπλισμένο σκυρόδεμα 0, 15m	διπλά επιχρισμένη οπτοπλινθοδομή 0, 12 m	Ισόγειο
Ιανουάριος	11, 7	0, 105	0, 035	0, 595	0, 903	360, 36
Φεβρουάριος	11, 4	0, 102	0, 034	0, 579	0, 88	350, 9
Μάρτιος	9, 7	0, 087	0, 029	0, 493	0, 749	149, 38
Μάιος	2, 7	0, 009	0, 008	0, 137	0, 208	79, 64
Ιούνιος	7, 2	0, 065	0, 022	0, 366	0, 556	221, 98
Ιούλιος	10	0, 09	0, 03	0, 508	0, 772	308
Σεπτέμβριος	6, 2	0, 056	0, 019	0, 315	0, 479	191, 18
Νοέμβριος	6, 6	0, 059	0, 02	0, 335	0, 51	101, 64
Δεκέμβριος	10	0, 09	0, 03	0, 508	0, 772	154
Σύνολο ανά έτος (kWh)						2. 168, 1

Από τον παραπάνω Πίνακα 5.6 προκύπτει ότι η εξοικονόμηση ενέργειας για θερμότητα που εξοικονομείται μέσω της θερμομόνωσης στις τοιχοποιίες του ισογείου ανέρχεται σε 2. 168, 1kWh.

Πίνακας 5. 7 : Εξοικονόμηση ενέργειας για θέρμανση στους ορόφους Α, Β και Γ του κτιρίου Α.

Μήνας	$\Delta T = T_{\text{εσ}} - T_{\text{εξ}}$ (K)	$\Delta Q = \Delta U * A * \Delta T$ (kW)				$\Delta Q = \Delta U * A * \Delta T * h$ (kWh)
		θερμομονωμένη τοιχοποιία Όψης Γ, Δ	θερμομονωμένη τοιχοποιία Όψης Γ, Δ	Επιχρισμένο σκυρόδεμα (0, 1m) Όψη Α	διπλά επιχρισμένη οπτοπλινθοδομή (0, 12m)	Τυπικός όροφος
Ιανουάριος	11. 7	0. 566	0. 566	0. 935	1. 737	836. 88
Φεβρουάριος	11. 4	0. 551	0. 551	0. 775	1. 693	785. 4
Μάρτιος	9. 7	0. 469	0. 469	0. 775	1. 44	346. 83
Μάιος	2. 7	0. 131	0. 131	0. 216	0. 401	193. 38
Ιούνιος	7. 2	0. 348	0. 348	0. 575	1. 069	514. 8

Ιούλιος	10	0.484	0.484	0.799	1.485	715.44
Σεπτέμβριος	6.2	0.3	0.3	0.495	0.921	221.76
Νοέμβριος	6.6	0.319	0.319	0.527	0.98	235.95
Δεκέμβριος	10	0.484	0.484	0.799	1.485	357.72
Σύνολο ανά όροφο (kWh) :						4208.16

Ομοίως η ενέργεια για θερμότητα που εξοικονομείται μέσω της θερμομόνωσης και των τριών ορόφων ανέρχεται συνολικά σε 12.264,48 kWh ετησίως

Για την εκτιμώμενη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας που αντιστοιχεί σε kWh Φυσικού αερίου όσο και σε ηλεκτρικές kWh, λαμβάνεται υπόψη ο προσεγγιστικός μέσος συντελεστής απωλειών μεταφοράς του συστήματος, από την παροχή στην κατανάλωση, που ισούται με 0,8. Δηλαδή, η τελική εξοικονόμηση σε kWh θα προκύψει διαιρώντας τις τιμές που έχουν ήδη υπολογισθεί με τον συντελεστή 0,8 ή ισοδύναμα ισχύει $\Delta Q_{\text{συνολικό}} = \frac{\Delta Q}{0,8}$.

Η θέρμανση του Κτιρίου Α επιτυγχάνεται με ελάχιστες κλιματιστικές μονάδες και μερικές ηλεκτρικές συσκευές όπως σόμπες αλογόνου και κατά βάση με το σύστημα λέβητα-καυστήρα, το οποίο καταναλώνει φυσικό αέριο. Δυστυχώς για τεχνικούς λόγους δεν υπήρχε η δυνατότητα τοποθέτησης θερμοδομετρητή και επίσης δεν ήταν δυνατό να βρεθούν λογαριασμοί πληρωμής φυσικού αερίου.

Το φαινόμενο της θέρμανσης ορόφων τόσο με κατανάλωση kWh ηλεκτρισμού όσο και με kWh που αντιστοιχούν σε φυσικό αέριο παρατηρείται στους ορόφους Α και Β. Λαμβάνοντας υπόψη το εμβαδόν των επιφανειών που θερμαίνονται με κλιματιστικές μονάδες και ηλεκτρικές συσκευές και το εμβαδόν των επιφανειών που θερμαίνονται από το κεντρικό σύστημα θέρμανσης, προέκυψαν οι αντίστοιχες καταναλώσεις ανά όροφο. Η συγκεκριμένη προσέγγιση για την κατανομή της κατανάλωσης για θέρμανση έγινε μόνο για τους ορόφους Α και Β. Για το ισόγειο, τον τρίτο όροφο και το κουβούκλιο του δώματος οι τιμές που προέκυψαν, λαμβάνοντας υπόψη και το συντελεστή των απωλειών πολλαπλασιάζονται με την τιμή της ηλεκτρικής kWh που ισούται με 0,11529 euro/kWh.

Αντίθετα η χρέωση της kWh που αντιστοιχεί σε φυσικό αέριο έχει διακυμάνσεις οι οποίες δίνονται στον ακόλουθο Πίνακα ο οποίος αντιστοιχεί στην χρέωση Φυσικού Αερίου στην περιοχή της Αττικής για το έτος 2011. Τα δεδομένα αυτά προέκυψαν από την Εταιρία παροχής αερίου Αττικής.

Πίνακας 5. 8 : Χρεώσεις kWh φυσικού αερίου ανά μήνα.

Μήνες έτους 2011	E/kWh
Ιανουάριος	0, 05122
Φεβρουάριος	0, 05122
Μάρτιος	0, 05122
Απρίλιος	0, 05669
Μάιος	0, 05669
Ιούνιος	0, 05669
Ιούλιος	0, 06218
Αύγουστος	0, 06218
Σεπτέμβριος	0, 06859
Οκτώβριος	0, 06502
Νοέμβριος	0, 06507
Δεκέμβριος	0, 06946

Από τον παραπάνω Πίνακα οι μήνες που υπάρχει κατανάλωση Φυσικού αερίου είναι Ιανουάριος, Φεβρουάριος, Μάρτιος, Δεκέμβριος και Νοέμβριος.

Με βάση λοιπόν όσα έχουν προαναφερθεί, προέκυψαν οι αντίστοιχοι πίνακες στους οποίους έχει υπολογιστεί η κατανάλωση σε Euro λαμβάνοντας υπόψη και των συντελεστή απωλειών. Τα αποτελέσματα φαίνονται στον Πίνακα 5.9.

Πίνακας 5. 9 : Οικονομικό όφελος από την θερμομόνωση της εξωτερική τοιχοποιίας του κτιρίου Α

Τελική εξοικονόμηση σε Euro	Ισόγειο	όροφος Α	όροφος Α	όροφος Β	όροφος Β	όροφος Γ και Κουβούκλιο Δώματος
Μήνας	Ηλεκτρισμός	Ηλεκτρισμός	Φυσικό Αέριο	Ηλεκτρισμός	Φυσικό Αέριο	Φυσικό Αέριο
Ιανουάριος	51, 932	63, 076	25, 558	45, 83	33, 22	84, 018
Φεβρουάριος	50, 569	59, 196	23, 986	43, 011	31, 177	79, 942
Μάρτιος	43, 055	26, 141	10, 592	18, 993	13, 768	35, 658
Μάιος	11, 477	14, 575	6, 537	10, 59	8, 496	18, 727
Ιούνιος	31, 99	38, 801	17, 401	28, 192	22, 618	63, 27
Ιούλιος	44, 387	53, 923	26, 525	39, 179	34, 477	96, 426
Σεπτέμβριος	27, 551	16, 714	9, 069	12, 144	11, 788	39, 82
Νοέμβριος	29, 295	14, 575	9, 154	10, 59	13, 215	21, 496
Δεκέμβριος	22, 193	26, 962	14, 815	19, 59	19, 257	50, 693
Σύνολο Euro	312, 449	313, 963	143, 637	228, 119	188, 016	490, 05
Ετήσια συνολική εξοικονόμηση (euro)						1, 676. 234

Από τον παραπάνω Πίνακα 5.9 προκύπτει ότι η συνολική ετήσια εξοικονόμηση ανέρχεται συνολικά σε 1. 676, 234 euro ανά έτος. Το κόστος των υλικών αλλά και της τοποθέτησης ανέρχεται σε 40 euro/m² και η συνολική επιφάνεια που προτείνεται να καλυφθεί ισούται με 718 m². Με βάση τα παραπάνω δεδομένα, το αρχικό κόστος θερμομόνωσης του κελύφους του κτιρίου ανέρχεται σε 28. 718, 52 euro. Η οικονομική διάρκεια ζωής της επένδυσης ισούται με 25 έτη. Με χρήση των οικονομικών κριτηρίων που έχουν αναφερθεί προκύπτουν και οι αντίστοιχοι οικονομικοί δείκτες, όπως φαίνεται στον ακόλουθο Πίνακα 5.10.

Πίνακας 5. 10 : Οικονομικοί δείκτες για αξιολόγηση της θερμομόνωσης της εξωτερικής τοιχοποιίας του κτιρίου.

ΚΠΑ (Καθαρή Παρούσα Αξία)	-5. 093, 772
ΕΒΑ (Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης)	0, 03<0, 05
ΕΠΑ (Εντοκη Περίοδος Αποπληρωμής)	36

Από τον Πίνακα 5.10 φαίνεται ότι η θερμομόνωση της εξωτερικής τοιχοποιίας κρίνεται ασύμφορη καθώς η επένδυση αυτή έχει περίοδο αποπληρωμής τα 36 έτη. Ωστόσο, επισημαίνεται ότι το κτίριο δεν διαθέτει σύστημα ψύξης πράγμα που σημαίνει θα πρέπει να ληφθεί πολύ σοβαρά υπόψη ότι αν το κτίριο Α θερμομονωθεί ικανοποιητικά, τότε σε συνδυασμό με τη θερμομόνωση και των αμφιθεάτρων ο υδρόψυκτος ψύκτης νερού των αμφιθεάτρων ίσως είναι σε θέση να καλύψει τις ανάγκες και του κτιρίου Α και έτσι το κτίριο με μια μικρή παρέμβαση στο δίκτυο θέρμανσης να αποκτήσει και κεντρική ψύξη. Το ενδεχόμενο αυτό θα μελετηθεί στη συνέχεια, αφού θα έχουν αναλυθεί και οι υπόλοιπες προτάσεις για το κτίριο Α αλλά και τα αμφιθέατρα.

5. 5. 1. 2 Αντικατάσταση των παλαιών απλών κουφωμάτων με κουφώματα διπλού υαλοπίνακα.

Τα κουφώματα του κτιρίου αποτελούν το μεγαλύτερο τμήμα του κελύφους του κτιρίου. Μάλιστα σύμφωνα με τα αποτελέσματα που προέκυψαν από το κεφάλαιο 3, τα κουφώματα θα πρέπει να αντικατασταθούν. Επίσης τα συγκεκριμένα κουφώματα είναι μεταλλικά με μονό υαλοπίνακα πράγμα που επιφέρει σημαντικές θερμικές απώλειες.

Σύμφωνα λοιπόν με όσα αναφέρθηκαν στην ενότητα 5.3.1.3 προτείνεται αντικατάσταση όλων των κουφωμάτων με :

- κουφώματα αλουμινίου, διπλού υαλοπίνακα με πάχος τζαμιού 6mm και διάκενο 16 mm. Τα νέα κουφώματα έχουν βελτιωμένο συντελεστή θερμοπερατότητας

$U=2.9 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ και διαθέτουν σύστημα θερμοδιακοπής. Το εκτιμώμενο κόστος ανέρχεται στα 150euro/m².

- Κουφώματα αλουμινίου, διπλού υαλοπίνακα με πάχος τζαμιού 5mm διάκενο 16mm και Low-e επιστρωση και τελικό πάχος δεύτερου τζαμιού 6mm. Ο συντελεστής θερμοπερατότητας αυτών των κουφωμάτων ισούται με $U=1,7 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$. Το αντίστοιχο κόστος εκτιμάται σε 200euro/ m².

Ο υπολογισμός της εξοικονομούμενης ενέργειας γίνεται υπολογίζοντας την εξοικονόμηση θερμότητας σε W ανά επιφάνεια. Τέλος η θερμότητα που έχει υπολογιστεί πολλαπλασιάζεται με τις ώρες λειτουργίας της θέρμανσης στους αντίστοιχους χώρους και αθροίζοντας τις συνολικές απώλειες για όλους του μήνες προκύπτουν οι ετήσιες απώλειες. Οι υπολογισμοί φαίνονται αναλυτικά στους ακόλουθους Πίνακες 5.11 και 5.12 για κάθε περίπτωση κουφώματος αντίστοιχα.

Πίνακας 5. 11 : Υπολογισμός εξοικονομούμενης ενέργειας από την αντικατάσταση των κουφωμάτων του κτιρίου Α με κουφώματα διπλού υαλοπίνακα.

Τελική εξοικονόμηση σε Euro	Ισόγειο	όροφος Α		όροφος Β		όροφος Γ και Κουβούκλιο Δώματος
		Ηλεκτρισμός	Φυσικό Αέριο	Ηλεκτρισμός	Φυσικό Αέριο	
Μήνας	Ηλεκτρισμός	Ηλεκτρισμός	Φυσικό Αέριο	Ηλεκτρισμός	Φυσικό Αέριο	Φυσικό Αέριο
Ιανουάριος	78,349	118,211	35,012	78,807	52,518	87,529
Φεβρουάριος	76,34	98,301	29,115	65,534	43,672	72,787
Μάρτιος	64,956	41,821	12,387	27,881	18,58	30,966
Μάιος	18,08	11,641	3,816	7,761	5,724	9,54
Ιούνιος	48,215	62,085	20,352	41,39	30,528	50,88
Ιούλιος	66,965	86,229	31,004	57,486	46,506	77,51
Σεπτέμβριος	41,518	26,137	10,366	17,424	15,55	25,916
Νοέμβριος	44,197	28,455	10,707	18,97	16,06	26,767
Δεκέμβριος	33,482	64,672	25,976	43,114	38,963	64,939
Σύνολο Euro	472,102	537,552	178,735	358,367	268,101	446,834
Ετήσια συνολική εξοικονόμηση (Euro)						2.261,691

Από τον παραπάνω Πίνακα προκύπτει ότι εξοικονομούνται σε ετήσιο επίπεδο 2. 261, 691 Euro. Ωστόσο το κέρδος αυτό ανάγεται σε κάθε έτος με χρήση του επιτοκίου αναγωγής. Το αρχικό κόστος αυτής της επένδυσης ανέρχεται σε 134. 687, 4 και η διάρκεια ζωής είναι 25 έτη. Τελικά με βάση τα κριτήρια αξιολόγησης επενδύσεων που μέχρι στιγμής έχουν συζητηθεί προκύπτει ότι η ΚΠΑ αυτής της δράσης ανέρχεται σε -102. 811, 251Euro. Προφανώς η τιμή αυτή καταδεικνύει ότι η συγκεκριμένη δράση δεν είναι συμφέρουσα.

Στον επόμενο Πίνακα 5.12 παρουσιάζεται η ενέργεια που εξοικονομείται από την αντικατάσταση των υπαρχόντων κουφωμάτων με κουφώματα με διπλό υαλοπίνακα και στρώση Low-e μεταφρασμένη σε Euro. Πρέπει να αναφερθεί ότι το αρχικό κόστος αυτής της επένδυσης ανέρχεται σε 179. 583, 2Euro και αντίστοιχα η οικονομική διάρκεια ζωής ανέρχεται σε 25 έτη.

Πίνακας 5. 12 : Υπολογισμός ετήσιας εξοικονομούμενης ενέργειας από την αντικατάσταση των παλαιών κουφωμάτων με κουφώματα διπλού υαλοπίνακα Low-e επίστρωσης.

Τελική εξοικονόμηση ενέργειας σε Euro	Ισόγειο	όροφος Α		όροφος Β		όροφος Γ και Κουβούκλιο Δώματος
		Μήνας	Ηλεκτρισμός	Φυσικό Αέριο	Ηλεκτρισμός	
	Ηλεκτρισμός	Ηλεκτρισμός	Φυσικό Αέριο	Ηλεκτρισμός	Φυσικό Αέριο	Φυσικό Αέριο
Ιανουάριος	134, 614	197, 911	58, 617	131, 941	87, 926	146, 544
Φεβρουάριος	131, 162	165, 226	48, 937	110, 15	73, 405	122, 342
Μάρτιος	111, 603	70, 293	20, 82	46, 862	31, 229	52, 049
Μάιος	31, 065	19, 566	6, 414	13, 044	9, 621	16, 035
Ιούνιος	82, 839	104, 353	34, 208	69, 569	51, 312	85, 52
Ιούλιος	115, 055	144, 935	52, 112	96, 623	78, 168	130, 281
Σεπτέμβριος	71, 334	43, 975	17, 442	29, 317	26, 162	43, 604
Νοέμβριος	75, 936	47, 828	17, 996	31, 886	26, 995	44, 991
Δεκέμβριος	57, 527	108, 701	43, 66	72, 467	65, 49	109, 15
Σύνολο Euro	811, 135	902, 788	300, 206	601, 859	450, 308	750, 516
Ετήσια συνολική εξοικονόμηση						3816. 812

Από τον παραπάνω Πίνακα 5.12 προκύπτει ότι το ετήσιο ποσό που εξοικονομείται είναι σαφώς μεγαλύτερο αλλά με τη χρήση του κριτηρίου της ΚΠΑ προκύπτει ότι η ΚΠΑ αυτής της επένδυσης ισούται με -125. 789. Προφανώς ούτε αυτή η δράση δεν κρίνεται συμφέρουσα.

5. 5. 2 Δράσεις επέμβασης στις Ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις του Κτιρίου Α

Στην ενότητα 5. 5. 1 έγιναν προτάσεις για την θερμομόνωση του κτιρίου Α με σκοπό την εξοικονόμηση ενέργειας κατά το δυνατό περισσότερο. Το αποτέλεσμα είναι να προταθούν δράσεις οι οποίες θα επιφέρουν μείωση της καταναλισκόμενης ενέργειας τόσο στη θέρμανση όσο και στην ψύξη του κτιρίου. Όπως προαναφέρθηκε το κτίριο Α δεν διαθέτει κεντρικό σύστημα ψύξης και όπου υπάρχει ψύξη, οι απώλειες είναι τεράστιες λόγω ελλιπούς μελέτης των αναγκών των χώρων καθώς και της κακής θερμομόνωσης. Η κάλυψη των αναγκών μετά τις προτάσεις για θερμομόνωση μειώνονται κατά πολύ. Αντίστοιχα για τη θέρμανση, υπάρχει κεντρικό σύστημα θέρμανσης το οποίο λειτουργεί με φυσικό αέριο αλλά και πάλι η κατανάλωση πριν τις προτάσεις βελτίωσης είναι μεγάλη. Ωστόσο, η βελτίωση της θερμομόνωσης του κτιρίου οδηγεί σε μείωση της καταναλισκόμενης ενέργειας.

Η θερμομόνωση του κτιρίου δεν μπορεί να οδηγήσει σε ελαχιστοποίηση της κατανάλωσης αν δεν γίνουν επεμβάσεις και στις ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις του κτιρίου. Στην ενότητα αυτή παρουσιάζονται μερικές δράσεις – επεμβάσεις στα ηλεκτρομηχανολογικά του κτιρίου που αναφέρονται κυρίως στη θέρμανση-ψύξη του κτιρίου καθώς και στον φωτισμό του κτιρίου.

5. 5. 2. 1 Αντικατάσταση των ηλεκτρομαγνητικών ballast με σύγχρονα ηλεκτρονικά ballast.

Στο κτίριο α έχουν γίνει διάφορες επεμβάσεις και μάλιστα τις περισσότερες φορές χωρίς καν να έχει γίνει κάποια μελέτη. Στην παρούσα φάση μια καλή και άμεση λύση είναι η αντικατάσταση των ηλεκτρομαγνητικών ballast με σύγχρονα ηλεκτρονικά ballast που παρέχουν τη δυνατότητα διασύνδεσης τους σε σύστημα διαχείρισης BEMS. Στην αγορά αυτή τη στιγμή υπάρχουν ηλεκτρονικά ballast τα οποία μειώνουν τη συνολική κατανάλωση του φωτιστικού σώματος 25%. Τα ballast αυτά είναι εύκολο να τοποθετηθούν χάρις τον απλό σχεδιασμό τους και μάλιστα για το κτίριο Α υπάρχει προσωπικό το οποίο είναι ικανό να αναλάβει και να φέρει εις πέρας αυτή τη δουλειά χωρίς επιπλέον κόστος εργατικών από κάποιον ιδιώτη. Με βάση λοιπόν τα προηγούμενα δεδομένα και το γεγονός ότι ένα τυπικό ηλεκτρονικό ballast μπορεί να χρησιμοποιηθεί μέχρι και σε δύο λαμπτήρες. Η κατανομή των φωτιστικών ανά ισχύ και πλήθος ballast, στο κτίριο Α παρατίθεται στον ακόλουθο συγκεντρωτικό Πίνακα 5.13. Σημειώνεται ότι οι τιμές αυτές ανά ballast διαφέρουν ανάλογα με την ισχύ.

Πίνακας 5. 13 : Κόστος Αντικατάστασης Ballast ανά τύπο.

Είδος Φωτιστικού Σώματος	Αριθμός Ballast ανά σώμα	Αριθμός Φωτιστικών Σωμάτων	Τιμή ballast ανά ισχύ	Πλήθος ballast ανά τύπο φωτιστικού σώματος	Συνολικό κόστος Balast ανα τύπο φωτιστικού
1x18W	1	8	7, 11	8	56, 88
2x18W	1	112	10, 06	112	1. 126, 72
4x18W	2	91	20, 12	182	3. 661, 84
1x36W	1	43	8, 13	43	349, 59
2x36W	1	36	11, 49	36	413, 64
1x58W	1	40	9, 75	40	390
Συνολικό κόστος Ballast :					5. 998, 67

Από τον παραπάνω Πίνακα προκύπτει ότι η αντικατάσταση των ballast αναμένεται να κοστίσει συνολικά 5. 999, 68 euro. Η διάρκεια ζωής αυτής της επένδυσης θεωρείται 15 έτη.

Οι οικονομικοί δείκτες αυτής της επένδυσης φαίνονται στον ακόλουθο Πίνακα 5.14.

Πίνακας 5. 14 : Οικονομικοί δείκτες για την αντικατάσταση των ηλεκτρομαγνητικών ballast με ηλεκτρονικά.

ΚΠΑ (Καθαρή παρούσα αξία)	8. 192, 492
ΕΒΑ (Εσωτερικός βαθμός απόδοσης)	22%
ΕΠΑ (Εντοκη περίοδος αποπληρωμής)	5, 1 έτη

Με βάση τα αποτελέσματα του παραπάνω Πίνακα προκύπτει ότι η επένδυση αυτή είναι εξαιρετικά συμφέρουσα καθώς έχει γρήγορη περίοδο αποπληρωμής και μεγάλη ΚΠΑ. Επίσης θα πρέπει να σημειωθεί ότι το αρχικό κόστος της επένδυσης μπορεί να είναι και μικρότερο καθώς ο αριθμός των ballast είναι μεγάλος. Με αυτό το δεδομένο βελτιώνονται όλοι οι οικονομικοί δείκτες, στοιχείο που δείχνει πόσο καλή είναι αυτή η επέμβαση.

5. 5. 2. 2 Αντικατάσταση λαμπτήρων φθορισμού T8 με T5.

Στο κτίριο Α, αλλά και στα αμφιθέατρα οι λαμπτήρες φθορισμού στο σύνολο τους είναι T8. Η αντικατάσταση των λαμπτήρων αυτών με αντίστοιχους T5 επιφέρει τόσο αύξηση της απόδοσης των φωτιστικών σωμάτων έως και 21% με ότι αυτό συνεπάγεται για τη χρήση του αριθμού των φωτιστικών σωμάτων που

χρησιμοποιούνται για τον φωτισμό ενός χώρου. Ταυτόχρονα, με τη χρήση λαμπτήρων φθορισμού επιτυγχάνεται μείωση στην κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας, που φτάνει μέχρι και 28%. Στον ακόλουθο συγκεντρωτικό Πίνακα 5.15 παρουσιάζεται το συνολικό πλήθος των λαμπτήρων που απαιτούνται ανά ισχύ, καθώς και το αντίστοιχο κόστος. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι η συγκεκριμένη επένδυση θεωρείται ότι έχει διάρκεια ζωής 10 έτη.

Πίνακας 5. 15 : Συνολικό κόστος για την αντικατάσταση των λαμπτήρων φθορισμού.

Είδος Φωτιστικού Σώματος	Αριθμός Λαμπτήρων ανά σώμα	Αριθμός Φωτιστικών Σωμάτων	Τιμή λαμπτήρα ανά ισχύ (euro)	Συνολικό κόστος λαμπτήρων ανα τύπο φωτιστικού (euro)
1x18W	1	8	2	16
2x18W	2	112	2	448
4x18W	4	91	2	728
1x36W	1	43	2	86
2x36W	1	36	2	72
1x58W	1	40	2	80
Συνολικό Κόστος Λαμπτήρων:				1. 430

Από τον παραπάνω Πίνακα 5.15 προκύπτει ότι το συνολικό κόστος αντικατάστασης των λαμπτήρων ανέρχεται σε 1430 euro. Από την επέμβαση αυτή πρόκειται να επιτευχθεί εξοικονόμηση ενέργειας 28% επί της αρχικής, δηλαδή εξοικονομούνται 13. 281, 934 kWh που ισοδυναμεί αντίστοιχα σε ετήσιο όφελος (13. 281, 934 kWh *0, 11529 euro/kWh) 395, 491 euro. Οι οικονομικοί δείκτες της δράσης αυτής παρουσιάζονται στον ακόλουθο Πίνακα 5.16.

Πίνακας 5. 16 : Οικονομικοί δείκτες για την αντικατάσταση των λαμπτήρων φθορισμού T8 με αντίστοιχους T5

ΚΠΑ (Καθαρή παρούσα αξία)	1. 623, 876
ΕΒΑ (Εσωτερικός βαθμός απόδοσης)	25%
ΕΠΑ (Εντοκη περίοδος αποπληρωμής)	4, 1 έτη

Από τα αποτελέσματα τα οποία προέκυψαν είναι προφανές ότι η επένδυση αυτή είναι εξαιρετικά συμφέρουσα και μάλιστα η αποπληρωμή της επιτυγχάνεται σε 4 περίπου χρόνια.

5. 5. 2. 3 Ενσωμάτωση αυτοματισμών στο κτίριο Α

Η ενσωμάτωση αυτοματισμών σε ένα κτίριο είναι μια δράση η οποία μπορεί να αποφέρει σημαντικά ποσοστά εξοικονόμησης. Ωστόσο τέτοιου είδους δράσεις θα πρέπει να συνοδεύονται και με συστήματα διαχείρισης ενέργειας (BEMS). Όλες οι προαναφερθείσες επεμβάσεις που έχουν αναφερθεί, προτάθηκαν με κριτήριο να είναι συμβατές με συστήματα BEMS. Στο κτίριο Α υπάρχουν ήδη αυτοματισμοί λόγω προγενέστερης επέμβασης. Ειδικότερα, στον ηλεκτρολογικό Πίνακα κάθε αίθουσας υπάρχει χρονοδιακόπτης ο οποίος έχει ρυθμιστεί να παρέχει τροφοδοσία στην αίθουσα, τόσο για φωτισμό όσο και για θέρμανση, για διάστημα 45 λεπτών, όσο δηλαδή διαρκεί μια ακαδημαϊκή ώρα.

Ωστόσο οι επεμβάσεις αυτές δεν είναι αρκετές καθώς όλος ο κοινόχρηστος φωτισμός, δηλαδή φώτα διαδρόμου και φουαγιέ λειτουργούν σχεδόν δέκα έως και δώδεκα ώρες χωρίς λόγο. Μάλιστα, ο φωτισμός αυτός των χώρων συνήθως δεν κλείνει τα σαββατοκύριακα με αποτέλεσμα αλόγιστες σπατάλες ηλεκτρικής ενέργειας. Αυτό λοιπόν που απαιτείται είναι η προσθήκη αισθητήρων σε κάθε χώρο, ώστε ο φωτισμός σε αυτούς τους χώρους να ενεργοποιείται μόνο όταν υπάρχει ανάγκη. Το ίδιο πρέπει να συμβαίνει και στις τουαλέτες του κτιρίου, στις οποίες ο φωτισμός είναι άσκοπα ενεργοποιημένος για τουλάχιστον 12 ώρες καθημερινά. Συνολικά χρειάζονται αισθητήρες κίνησης στους κοινόχρηστους διαδρόμους, στο φουαγιέ του κάθε ορόφου καθώς και στις τουαλέτες και όλους του χώρους του υπογείου οι οποίοι φωτίζονται άσκοπα όλο το 24 ωρο.

Οι αισθητήρες κίνησης μπορούν να τοποθετηθούν σε κάποιο σημείο του χώρου και όταν ανιχνεύουν κίνηση παρέχουν τάση στα αντίστοιχα φωτιστικά για κάποιο χρονικό διάστημα. Όταν παρέλθει αυτό το χρονικό αυτό διάστημα και οι ανιχνευτές δεν εντοπίσουν κίνηση η παροχή τροφοδοσίας διακόπτεται. Ένας τυπικός αισθητήρας κίνησης φαίνεται στο ακόλουθο Σχήμα 5.13.



Σχήμα 5. 13 : Επίτοιχος αισθητήρας κίνησης

Ένας τυπικός ανιχνευτής έχει εμβέλεια 12 μέτρα και γωνία παρακολούθησης 180 μοίρες. Ταυτόχρονα παρέχει τη δυνατότητα χειροκίνητης έναυσης και σβέσης των φωτιστικών σωμάτων από τους ήδη υπάρχοντες διακόπτες. Το κόστος ενός τέτοιου αισθητήρα ανέρχεται σε 12 euro. Η εξοικονόμηση που αναμένεται να επιτευχθεί αναμένεται να ξεπεράσει το 45 %. Ωστόσο η εγκατάσταση αυτού του εξοπλισμού μπορεί να γίνει από το προσωπικό του τεχνικού συνεργείου του πολυτεχνείου και γι' αυτό στη δράση αυτή δεν προστίθεται το κόστος εγκατάστασης. Ο αριθμός των αισθητήρων που απαιτούνται στο κτίριο Α είναι 27 και στον ακόλουθο συγκεντρωτικό Πίνακα 5.17 παρουσιάζεται η κατανομή των αισθητήρων ανά όροφο, καθώς και η αντίστοιχη εξοικονόμηση ενέργειας.

Πίνακας 5. 17 : Κατανομή αισθητήρων και αντίστοιχης εξοικονομούμενης ενέργειας ανά όροφο από τη χρήση αισθητήρων.

Χώρος	Εξοικονόμηση kWh	Αριθμός αισθητήρων ανά όροφο	Κόστος αισθητήρων ανά όροφο (13euro/αισθητήρα)
Υπόγειο	3. 224, 824	12	156
Ισόγειο	1. 135, 136	1	13
Α όροφος	1. 256, 754	4	52
Β όροφος	2. 067, 57	4	52
Γ όροφος	2. 189, 188	5	65
Δώμα	299, 376	1	13
Συνολική Εξοικονομούμενη Ενέργεια (kWh) :	10. 172, 48	Συνολικό Κόστος :	351

Από τον παραπάνω Πίνακα προέκυψε ότι εξοικονομούνται 10. 172, 48 kWh ηλεκτρικής ενέργειας που αντιστοιχούν σε (10. 172, 48 kWh*0, 11529euro/kWh) 1. 172, 28 euro ετησίως, ενώ το συνολικό κόστος των αισθητήρων ανέρχεται μόλις σε 351 euro. Η επένδυση μελετάται σε βάθος δεκαετίας. Οι οικονομικοί δείκτες αυτής της επένδυσης παρουσιάζονται στον ακόλουθο Πίνακα 5.18.

Πίνακας 5. 18 : Οικονομικοί δείκτες από την εγκατάσταση αισθητήρων κίνησης

ΚΠΑ (Καθαρή παρούσα αξία)	8. 705, 266
ΕΒΑ (Εσωτερικός βαθμός απόδοσης)	334%
ΕΠΑ (Εντοκη περίοδος αποπληρωμής)	0. 3 έτη

Από τον παραπάνω Πίνακα φαίνεται ότι η ανάγκη τοποθέτησης αισθητήρων κίνησης είναι αναγκαία και μάλιστα με σχεδόν μηδαμινό κόστος μπορεί να επιτευχθεί τεράστια εξοικονόμηση.

5. 5. 3 : Επεμβάσεις στη θέρμανση και ψύξη του κτιρίου Α

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζονται κάποιες επεμβάσεις στη θέρμανση και την ψύξη του κτιρίου Α.

5. 5. 3. 1 Επεμβάσεις στη θέρμανση του κτιρίου Α

Το κτίριο Α διαθέτει κεντρικό σύστημα θέρμανσης που καταναλώνει φυσικό αέριο και διοχετεύει τη θερμότητα στο κτίριο μέσω fan-coil. Μια πολύ καλή επιλογή θα ήταν η αντικατάσταση του κυκλοφορητή που υπάρχει ήδη με κυκλοφορητή με inverter που θα οδηγούσε σε μια εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας κατά 60%. Το αρχικό κόστος μιας τέτοιας επένδυσης ανέρχεται σε 2000 euro. Ένας κυκλοφορητής με inverter έχει το πλεονέκτημα να μπορεί να ρυθμίζει τις στροφές του ανάλογα με τη ζήτηση θερμότητας ακριβώς λόγω της ύπαρξης του inverter. Στο ακόλουθο Σχήμα 5.14 παρουσιάζεται ένας τέτοιος κυκλοφορητής.



Σχήμα 5. 14 : Κυκλοφορητής με Inverter της εταιρίας grundfos.

Με την αντικατάσταση του κυκλοφορητή επιτυγχάνεται εξοικονόμηση ($0,6 \cdot 3.804,6 \text{ kWh} = 2.282,76 \text{ kWh}$ που ισοδυναμεί με $(2.282,6 \text{ kWh} \cdot 0,11529 \text{ euro/kWh}) = 263,18 \text{ euro}$. Η διάρκεια ζωής αυτών των κυκλοφορητών αγγίζουν τη διάρκεια ζωής αυτής της επένδυσης αγγίζει τα 25 έτη. Στον ακόλουθο Πίνακα 5.19 παρουσιάζονται οι οικονομικοί δείκτες αυτής της επένδυσης.

Πίνακας 5. 19 : Οικονομικοί δείκτες αντικατάστασης κυκλοφορητή στο κτίριο Α

ΚΠΑ (Καθαρή Παρούσα Αξία)	1. 709, 246
ΕΒΑ (Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης)	12%
ΕΠΑ (Έντοκη Περίοδος Αποπληρωμής)	9, 7 έτη

5. 5. 3. 2 Αντικατάσταση των κλιματιστικών με αντίστοιχα Inverter.

Γενικά το κτίριο α δεν διαθέτει κεντρικό σύστημα ψύξης. Αντι αυτού χρησιμοποιούνται κλιματιστικά σώματα A/C τα οποία δεν είναι τεχνολογίας inverter. Η ιδιαιτερότητα αυτής τεχνολογίας είναι ότι μπορεί η κλιματιστική μονάδα να προσαρμόζεται ακριβώς στην καμπύλη του ψυκτικού φορτίου των χώρων. Αν και οι συσκευές αυτές είναι ακριβότερες από τις αντίστοιχες συμβατικές το αρχικό τους κόστος αποσβένει σχετικά σύντομα καθώς επιτυγχάνεται μια εξοικονόμηση ενέργειας περίπου 30%.

Συνολικά στο κτίριο υπάρχουν 4 κλιματιστικές μονάδες οι οποίες καταναλώνουν συνολικά 7. 430, 4 kWh. Αν αντικατασταθούν τότε εξοικονομούνται (0, 4*7. 430 kWh =) 2972 kWh που αντιστοιχούν σε (2. 972 kWh* 0, 11529 euro/kWh=) 343 euro ετησίως. Το αρχικό κόστος αντικατάστασης αυτών των κλιματιστικών ανέρχεται σε 160 euro και το συνολικό αρχικό κόστος για την αντικατάσταση όλων των κλιματιστικών αναμένεται να φτάσει σε 640 euro που είναι το κόστος των κλιματιστικών και μαζί με τα εργατικά αυτό θα φτάσει στα 1000 euro συνολικά. Ο τύπος των κλιματιστικών που προτείνονται είναι Mitsubishi MSC/MU-07 RV και φαίνεται στην ακόλουθη εικόνα Σχήμα 5.15.



Σχήμα 5. 15 : Κλιματιστικό τεχνολογίας Inverter Mitsubishi MSC/MU-07 RV.

Η ενέργεια που θα εξοικονομηθεί ισούται με (0, 4*7. 430, 4 kWh =) 2. 972, 6 kWh. Το αντίστοιχο όφελος σε euro ανέρχεται σε (2. 972, 6 kWh*0, 11529 euro/kWh =) 345 euro ετησίως. Οι οικονομικοί δείκτες αυτής της επένδυσης παρουσιάζονται στον

ακόλουθο Πίνακα 5.20. Η διάρκεια ζωής αυτής της επένδυσης αναμένεται να φτάσει τα 15 έτη.

Πίνακας 5. 20 : Οικονομικοί δείκτες για την αντικατάσταση των κλιματιστικών από κλιματιστικά αντίστοιχης ισχύος με inverter.

ΚΠΑ (Καθαρή Παρούσα Αξία)	2. 581
ΕΒΑ (Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης)	34%
ΕΠΑ (Έντοκη Περίοδος Αποπληρωμής)	3, 2 έτη

Από τον παραπάνω Πίνακα εξάγεται το συμπέρασμα ότι πρόκειται για μια πολύ καλή επένδυση η οποία θα κάνει απόσβεση σε μόλις 3, 2 έτη.

5. 5. 4 : Εγκατάσταση Φωτοβολταϊκών Γεννητριών στην οροφή του κτιρίου.

Η εγκατάσταση φωτοβολταϊκών στην οροφή του κτιρίου Α είναι μια δράση που πρέπει να εξεταστεί καθώς το κτίριο διαθέτει μια τεράστια οροφή συνολικής επιφάνειας 720 m², η οποία μένει ανεκμετάλλευτη. Λόγω σκίασης εξαιτίας του κουβουκλίου του δώματος από αυτή την επιφάνεια μπορούν να εκμεταλλευτούν τα 354 m². Ο προσανατολισμός του κτιρίου είναι καλός καθώς είναι προσανατολισμένο στο Νότο.

Στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εργασίας έγινε μια προσομοίωση εγκατάστασης φωτοβολταϊκού εξοπλισμού η οποία στη συνέχεια αξιολογείται με βάση την απόδοση και τη βιωσιμότητα της επένδυσης, με εφαρμογή των κριτηρίων αξιολόγησης επενδύσεων που έχουν εφαρμοστεί μέχρι τώρα.

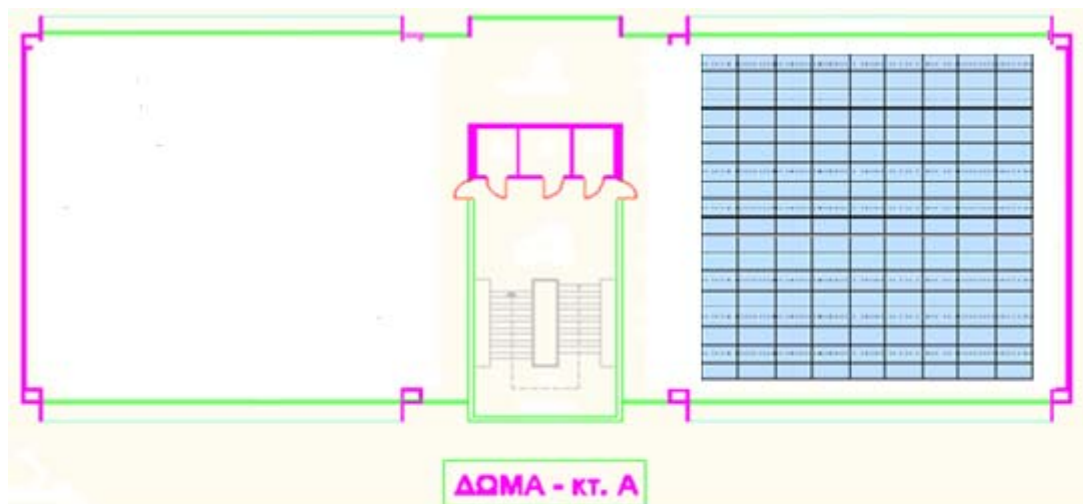
Με βάση την προσομοίωση η οποία έγινε διαπιστώθηκε ότι μπορούν να τοποθετηθούν 156 πάνελ πάνω σε μεταλλικές βάσεις σχεδιασμένες για οροφή κτιρίων. Ωστόσο, απαραίτητο είναι να υπάρχουν και αντιστροφείς ισχύος οι οποίοι μετατρέπουν το συνεχές ρεύμα των φωτοβολταϊκών πάνελ σε εναλλασσόμενο, ώστε αυτό με τη σειρά του να απορροφηθεί από το δίκτυο.

Ειδικότερα τα φωτοβολταϊκά πάνελ είναι πολύ-κρυσταλλικά τύπου αλεος 18/230 και ονομαστικής ισχύος 230Wp. Η κλίση των φωτοβολταϊκών πάνελ είναι 30° ώστε να επιτυγχάνεται η μέγιστη απορρόφηση της ηλιακής ακτινοβολίας. Επισημαίνεται ότι, στην προσομοίωση θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν περιστρεφόμενα πάνελ, όμως δεν έγινε καθώς το αρχικό κόστος θα ανέβαινε σε σημείο που η επένδυση θα ήταν οικονομικά απρόσιτη.

Οι αντιστροφείς ισχύος είναι συνολικά 3 και είναι τύπου SMA Sunny Boy SB:10000 ονομαστικής ισχύος 10kW. Οι αντιστροφείς είναι συνδεδεμένοι κατά αστέρα και ο λόγος που χρησιμοποιήθηκαν τρεις και όχι ένας είναι για να αποφευχθούν τυχόν

ασύμμετρες φορτίσεις του τριφασικού συστήματος παροχής. Κατ' αυτό τον τρόπο επιτυγχάνεται συνολική ισχύς αντιστροφέα 30 kW.

Στο ακόλουθο Σχήμα φαίνεται η εικόνα των φωτοβολταϊκών πάνελ που είναι τοποθετημένα στην οροφή του κτιρίου Α.



Σχήμα 5. 16 : Κάτοψη οροφής με την Φ/Β εγκατάσταση.

Σύμφωνα με το λογισμικό PVSYST V5. 2. 3 το οποίο χρησιμοποιήθηκε για την παρούσα μελέτη προέκυψε ότι η συνολική ετήσια απολαβή ηλεκτρικής ενέργειας θα ανέρχεται σε 104, 728 kWh/έτος.

Στον παρακάτω Πίνακα 5.21 παρουσιάζονται οι αναμενόμενες μηνιαίες και ημερήσιες απολαβές ανά μήνα κατά τη διάρκεια ενός τυπικού έτους.

Πίνακας 5. 21 : Εκτιμήσεις μηνιαίας και ετήσιας ενεργειακής απόδοσης.

Μήνας	Μέση Ημερήσια παραγωγή (kWh)	Μέση Μηνιαία Παραγωγή (kWh)
Ιανουάριος	9,90	3.070
Φεβρουάριος	10,66	2.984
Μάρτιος	11,83	3.668
Απρίλιος	15,60	4.679
Μάιος	17,00	5.269
Ιούνιος	18,50	5.550
Ιούλιος	19,29	5.980
Αύγουστος	19,83	6.147
Σεπτέμβριος	18,19	5.457

Οκτώβριος	13,59	4.214
Νοέμβριος	9,72	2.915
Δεκέμβριος	7,84	2.431
Μ.Ο	14,35	4.363
Ετήσια Ενεργειακή απόδοση (kWh) :		52.364

Το συνολικό κόστος της επένδυσης, συμπεριλαμβανομένου και του Φ. Π. Α ανέρχεται στα 80. 000 euro. Η προαναφερθείσα τιμή, είναι τιμή που προέκυψε από πραγματική προσφορά. Το κόστος της ηλεκτρικής kWh για τη ΔΕΗ, με τα τωρινά δεδομένα ανέρχεται σε 0, 4 euro/kWh.

Η επένδυση έχει θεωρηθεί ότι θα γίνεται με ίδια κεφάλαια, το επιτόκιο αναγωγής λαμβάνεται ίσο και σταθερό με 5%, όπως και των άλλων δράσεων, αλλά στο ετήσιο όφελος υπολογίζεται μια αύξηση της τάξης του 25% επί του πληθωρισμού ο οποίος έχει θεωρηθεί ίσος με 3, 3%. Η οικονομική διάρκεια ζωής της επένδυσης θεωρούνται τα 25 έτη, όσο και ενός τυπικού φωτοβολταϊκού πάρκου.

Στον ακόλουθο Πίνακα 5.22 παρουσιάζονται τα οικονομικά οφέλη από την επένδυση αυτή, υπολογίζοντας σε κάθε περίπτωση τις ανηγμένες καθαρές ταμειακές ροές.

Πίνακας 5. 22 : Υπολογισμός των καθαρών ταμειακών ροών (ΚΤΡ) για πληθωρισμό 3, 3%

Έτος	Τιμή KWh	KWh	Ετήσια Έσοδα	Αποπληθωρισμένες Ταμειακές Ροές (3, 3%)	Ανηγμένες Ταμειακές Ροές
1	0,40	52.364	20.945,60	20.276,48	19.310,93
2	0,40	52.364	21.118,40	19.790,67	17.950,72
3	0,41	52.364	21.292,63	19.316,49	16.686,31
4	0,41	52.364	21.468,29	18.853,68	15.510,97
5	0,41	52.364	21.645,41	18.401,96	14.418,42
6	0,42	52.364	21.823,98	17.961,06	13.402,82
7	0,42	52.364	22.004,03	17.530,73	12.458,76
8	0,42	52.364	22.185,56	17.110,70	11.581,20
9	0,43	52.364	22.368,59	16.700,74	10.765,45
10	0,43	52.364	22.553,13	16.300,60	10.007,16

11	0,43	52.364	22.739,20	15.910,05	9.302,28
12	0,44	52.364	22.926,79	15.528,86	8.647,05
13	0,44	52.364	23.115,94	15.156,80	8.037,97
14	0,45	52.364	23.306,65	14.793,65	7.471,80
15	0,45	52.364	23.498,93	14.439,20	6.945,50
16	0,45	52.364	23.692,79	14.093,25	6.456,28
17	0,46	52.364	23.888,26	13.755,58	6.001,52
18	0,46	52.364	24.085,34	13.426,01	5.578,78
19	0,46	52.364	24.284,04	13.104,33	5.185,83
20	0,47	52.364	24.484,38	12.790,36	4.820,55
21	0,47	52.364	24.686,38	12.483,91	4.481,00
22	0,48	52.364	24.890,04	12.184,80	4.165,37
23	0,48	52.364	25.095,39	11.892,86	3.871,98
24	0,48	52.364	25.302,42	11.607,92	3.599,24
25	0,49	52.364	25.511,17	11.329,80	3.345,72
Σύνολο					150. 003, 61

Από τον παραπάνω Πίνακα, προκύπτει ότι από την επένδυση αυτή, θα προκύψουν συνολικά έσοδα 150. 003, 61 euro. Χρησιμοποιώντας τα οικονομικά κριτήρια αξιολόγησης επενδύσεων προέκυψαν οι οικονομικοί δείκτες για την επένδυση αυτή και φαίνονται στον ακόλουθο Πίνακα 5.23..

Πίνακας 5. 23: Οικονομικοί δείκτες για την εγκατάσταση διασυνδεδεμένων φωτοβολταϊκών στην οροφή του κτιρίου Α.

ΚΠΑ (Καθαρή Παρούσα Αξία)	150. 003,61
ΕΒΑ (Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης)	17%
ΕΠΑ (Εντοκη Περίοδος Αποπληρωμής)	4, 3 έτη

Από τον παραπάνω Πίνακα η επένδυση κρίνεται αρκετά συμφέρουσα αν σκεφτεί κανείς ότι η ΚΠΑ είναι πολύ μεγάλη, αλλά εκτός από αυτό η περίοδος αποπληρωμής είναι μόλις 4, 3 έτη.

5.5.5 Συνολική αποτίμηση δράσεων στο κτίριο Α.

Στον Πίνακα 5. 24 παρουσιάζονται όλες οι προτεινόμενες δράσεις και οι οικονομικοί δείκτες αξιολόγησης των επενδύσεων, όπως υπολογίστηκαν προηγουμένως.

Πίνακας 5. 24 : Συγκεντρωτικός Πίνακας δράσεων εξοικονόμησης ενέργειας.

A/A	Δράσεις	Αρχικό Κόστος	Διάρκεια Ζωής της επένδυσης	ΚΠΑ (euro)	ΕΒΑ (%)	ΕΠΑ (έτη)
1	Θερμομόνωση Εξωτερικής τοιχοποιίας	28. 718, 52	25	-5. 093, 722	3	36
2	Αντικατάσταση Κουφωμάτων με κουφώματα διπλού υαλοπίνακα	134. 687, 4	25	-102. 811, 251	-	-
3	Αντικατάσταση Κουφωμάτων με κουφώματα διπλού υαλοπίνακα και επίστρωση Low-e	179. 583, 2	25	-125. 789	-	-
4	Αντικατάσταση Ballast	5. 998, 67	15	8. 192, 492	22	5, 1
5	Αντικατάσταση Λαμπτήρων Φθορισμού	1. 430	10	1. 623, 876	25	4, 1
6	Ενσωμάτωση Αυτοματισμών	351	10	8. 705, 266	334	0, 3
7	Αντικατάσταση Κυκλοφορητών στο Δίκτυο Θέρμανσης	2000	25	1. 709, 246	12	9, 7
8	Αντικατάσταση των Κλιματιστικών με σύγχρονα τεχνολογίας Inverter	1000	15	2. 581	34	3, 2
9	Εγκατάσταση Φ/Β Γεννητριών στη Στέγη του Κτιρίου	80. 000	25	150. 003,61	17	4, 3

Από τον παραπάνω συγκεντρωτικό Πίνακα προκύπτει ότι όλες οι δράσεις που έχουν προταθεί εκτός από την αντικατάσταση των υαλοπινάκων καθώς και την θερμομόνωση της εξωτερικής τοιχοποιίας είναι οικονομικά συμφέρουσες. Ωστόσο, όπως έχει προαναφερθεί και στο 2^ο κεφάλαιο τα κριτήρια αξιολόγησης σε αυτού το είδους επενδύσεις δεν είναι τα καταλληλότερα. Αυτό ενισχύεται από το γεγονός ότι στο συγκεκριμένο κτίριο δεν είναι γνωστή η κατανάλωση του φυσικού αερίου και έτσι δεν μπορεί να υπολογιστεί η πραγματική εξοικονόμηση ενέργειας που επιτυγχάνεται με αυτές της δράσεις.

5. 6 : Δράσεις εξοικονόμησης στα Αμφιθέατρα.

Όπως και στο κτίριο Α, έτσι και στα αμφιθέατρα θα προταθούν δράσεις με σκοπό την εξοικονόμηση ενέργειας και της βελτίωσης της ποιότητας των χώρων. Ειδικότερα θα προταθούν δράσεις που αφορούν την βελτίωση της θερμομόνωσης όπου αυτό κρίνεται απαραίτητο, χρησιμοποιώντας τα αποτελέσματα του κεφαλαίου 3. Μετά τις προτεινόμενες επεμβάσεις στη θερμομόνωση του κτιρίου θα προταθούν δράσεις στις ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις των αμφιθεάτρων. Μάλιστα παρουσιάζεται έντονο ενδιαφέρον στο πώς μπορεί να επιτευχθεί η κεντρική διαχείριση ενέργειας των αμφιθεάτρων καθώς διαθέτουν πανομοιότυπο εξοπλισμό και πολύ συγκεκριμένο χρονοπρόγραμμα χρήσης.

5. 6. 1 : Δράσεις στη θερμομόνωση των κτιρίων.

Αρχικά προτείνεται και αξιολογείται η θερμομόνωση της κατακόρυφης τοιχοποιίας και έπειτα προτείνεται η αντικατάσταση των κουφωμάτων που έχουν συντελεστή θερμοπερατότητας εκτός των επιτρεπτών ορίων.

5. 6. 1. 1: Θερμομόνωση κατακόρυφης τοιχοποιίας των Αμφιθεάτρων.

Με βάση την μελέτη των θερμικών χαρακτηριστικών που έγινε στο κεφάλαιο 3, διαπιστώθηκε ότι τα αμφιθέατρα, αν και παλιά στην κατασκευή παρουσιάζουν μέσους συντελεστές θερμοπερατότητας που είναι οριακά εκτός των επιτρεπτών ορίων που ορίζει η ΤΟΤΕΕ. Μάλιστα οι απώλειες σε κάθε αμφιθέατρο εντοπίζονται κυρίως στους τοίχους που είναι προς το εξωτερικό περιβάλλον και αυτούς που είναι προς εσωτερικούς μη θερμαινόμενους χώρους.

Ειδικότερα, το αμφιθέατρο 1 έχει συνολικά 152 m² επιφάνειας deweton (0, 25m) της οποίας ο συντελεστής θερμοπερατότητας είναι εκτός των επιτρεπτών ορίων. Η επικάλυψη αυτής της επιφάνειας με το θερμομονωτικό υλικό stotherm classic έχει σαν αποτέλεσμα να βελτιώνεται η θερμομόνωση των επιφανειών αυτών κατά πολύ.

Στον Πίνακα 5.27 παρουσιάζεται η ενέργεια που εξοικονομείται τόσο για θέρμανση όσο και για ψύξη. Μάλιστα έχει γίνει και η προσαρμογή στον συντελεστή απωλειών ($Q=Q_{tot}/0,8$) και στον Πίνακα παρουσιάζονται οι εξοικονομούμενες κιλοβατώρες και το αντίστοιχο όφελος μεταφρασμένο σε euro, ακολουθώντας ακριβώς την ίδια διαδικασία υπολογισμού όπως και στην ενότητα 5.5.1.1.

Οι τιμές ανά μήνα προέκυψαν, πολλαπλασιάζοντας την τιμή ΔQ με τις αντίστοιχες τιμές ηλεκτρικής κιλοβατώρας ή κιλοβατώρας Φυσικού αερίου. Οι τιμές των αντίστοιχων κιλοβατώραν φαίνονται στον ακόλουθο Πίνακα 5.26. Οι μήνες Νοέμβριος, Δεκέμβριος, Ιανουάριος και Φεβρουάριος περιλαμβάνουν τιμές κιλοβατώρας Φυσικού αερίου ενώ οι υπόλοιποι τιμές κιλοβατώρας ηλεκτρισμού.

Πίνακας 5. 26 : Τιμές κιλοβατώρας ανά μήνα.

Μήνας	Τιμή κιλοβατώρας
Ιανουάριος	0, 05122
Φεβρουάριος	0, 05122
Μάρτιος	0, 05122
Μάιος	0, 11529
Ιούνιος	0, 11529
Ιούλιος	0, 11529
Σεπτέμβριος	0, 11529
Νοέμβριος	0, 06507
Δεκέμβριος	0, 06946

Πίνακας 5. 27 : Εξοικονομούμενη ενέργεια για θέρμανση και ψύξη στο αμφιθέατρο 1 και αντίστοιχο όφελος ανά μήνα.

Επιφάνεια deweton (0, 25m)		$\Delta Q = \Delta U * A * \Delta T * h / 0,8$ (kWh)	$\Delta Q * \text{τιμή}$
Μήνας	ΔT (K)	Σύνολο ανα μήνα	Εξοικονόμηση Euro/μήνα
Ιανουάριος	11, 7	288, 55	14, 78
Φεβρουάριος	11, 4	281, 151	14, 401
Μάρτιος	9, 7	111, 638	5, 718
Μάιος	2, 7	66, 588	7, 677

Ιούνιος	7, 2	177, 569	20, 472
Ιούλιος	10	197, 299	22, 747
Σεπτέμβριος	6, 2	76, 453	8, 814
Νοέμβριος	6, 6	81, 386	5, 296
Δεκέμβριος	10	123, 312	8, 565
Σύνολο ανά έτος :		1. 403, 946 kWh	108, 47 euro

Από τον παραπάνω Πίνακα προκύπτει ότι το συνολικό ετήσιο κέρδος ανέρχεται σε 108, 47 euro, ενώ το αντίστοιχο κόστος για την προσθήκη του υλικού θερμομόνωσης ανέρχεται στα $(40 \text{ euro/m}^2 \cdot 152 \text{m}^2)$ 6. 100, 76 euro. Εφαρμόζοντας το κριτήριο της Καθαρής Παρούσας Αξίας, για οικονομικό κύκλο ζωής $N= 25$ έτη και επιτόκιο αναγωγής 5% προκύπτει ότι η ΚΠΑ ισούται με $KPA=-4. 771, 991$ euro. Η τιμή αυτή είναι αρνητική και καθιστά την επένδυση μη συμφέρουσα.

Με τον ίδιο τρόπο προκύπτει και για τα υπόλοιπα αμφιθέατρα αντικαθιστώντας τις επιφάνειες της τοιχοποιίας των οποίων οι συντελεστές θερμοπερατότητας είναι εκτός των επιτρεπτών ορίων. Για τα αμφιθέατρα 2, 3 και 4 προκύπτουν αποτελέσματα τα οποία φαίνονται στους ακόλουθους Πίνακες 5.28 έως 5.30.

Πίνακας 5. 28: Εξοικονομούμενη ενέργεια για θέρμανση και ψύξη στο αμφιθέατρο 2 και αντίστοιχο όφελος ανά μήνα.

Μήνας	ΔΤ (K)	Επιφάνεια deweton (0, 25m)		Επιφάνεια deweton (0, 3m)	
		$\Delta Q = \Delta U \cdot A \cdot \Delta T \cdot h / 0, 8$ (kWh)	ΔQ*τιμή	$\Delta Q = \Delta U \cdot A \cdot \Delta T \cdot h / 0, 8$ (kWh)	ΔQ*τιμή
		Σύνολο ανά μήνα	Εξοικονόμηση Euro/μήνα	Σύνολο ανά μήνα	Εξοικονόμηση Euro/μήνα
Ιανουάριος	11, 7	181, 798	9, 312	212, 559	10, 887
Φεβρουάριος	11, 4	177, 135	9, 073	189, 849	9, 724
Μάρτιος	9, 7	70, 336	3, 603	88, 112	4, 513
Μάιος	2, 7	41, 954	4, 837	24, 526	2, 828
Ιούνιος	7, 2	111, 875	12, 898	130, 805	15, 081
Ιούλιος	10	124, 306	14, 331	166, 535	19, 2
Σεπτέμβριος	6, 2	48, 168	5, 553	56, 319	6, 493
Νοέμβριος	6, 6	51, 276	3, 337	69, 944	4, 551
Δεκέμβριος	10	77, 691	5, 396	105, 977	7, 361
Σύνολο		884, 539 kWh	68, 34 euro	1. 044, 626 kWh	80, 638 euro

Από τον παραπάνω Πίνακα προκύπτει ότι ετησίως εξοικονομούνται (884, 539+1. 044, 66kWh=)1. 929, 165 kWh που αντιστοιχούν σε 148, 978 euro ετησίως. Λαμβάνοντας υπόψη ότι η οικονομική διάρκεια ζωής είναι N=25 έτη και ότι το αρχικό κόστος της επένδυσης ισούται με 8. 414, 12 euro προκύπτει ότι η ΚΠΑ ισούται με ΚΠΑ=-6. 314, 43 euro. Με βάση την τιμή αυτή της ΚΠΑ η επένδυση κρίνεται οικονομικά ασύμφορη.

Με τον ίδιο τρόπο προκύπτει ο αντίστοιχος Πίνακας 5.29 για το αμφιθέατρο3 όπως φαίνεται παρακάτω:

Πίνακας 5. 29: Εξοικονομούμενη ενέργεια για θέρμανση και ψύξη στο αμφιθέατρο 3 και αντίστοιχο όφελος ανά μήνα.

Μήνας	ΔΤ (Κ)	Διπλά Επιχρισμένη Οπτοπλινθοδομή (0, 12m) προς μη θερμαινόμενο χώρο		Επιφάνεια dewetop (0, 3m)	
		$\Delta Q = \Delta U * A * \Delta T * h / 0,8$ (kWh)	ΔQ*τιμή	$\Delta Q = \Delta U * A * \Delta T * h / 0,8$ (kWh)	ΔQ*τιμή
		Σύνολο ανα μήνα	Εξοικονόμηση Euro/μήνα	Σύνολο ανα μήνα	Εξοικονόμηση Euro/μήνα
Ιανουάριος	11, 7	384, 011	19, 669	169, 108	8, 662
Φεβρουάριος	11, 4	374, 165	19, 165	151, 041	7, 736
Μάρτιος	9, 7	148, 572	7, 61	70, 1	3, 591
Μάιος	2, 7	88, 618	10, 217	19, 512	2, 25
Ιούνιος	7, 2	236, 315	27, 245	104, 067	11, 998
Ιούλιος	10	262, 572	30, 272	132, 492	15, 275
Σεπτέμβριος	6, 2	101, 747	11, 73	44, 806	5, 166
Νοέμβριος	6, 6	108, 311	7, 048	55, 647	3, 621
Δεκέμβριος	10	164, 108	11, 399	84, 313	5, 856
Σύνολο ανά έτος (kWh):		1. 868, 419 kWh	144, 355 euro	831, 086 kWh	64, 155 euro

Από τον παραπάνω Πίνακα προκύπτει ότι οι ετήσιες εξοικονομούμενες κιλοβατώρες ισοδυναμούν με (1. 868, 419+831, 086 kWh=) 2700 kWh, που ισοδυναμεί σε (144, 355+64, 155euro=) 208, 51 euro. Με αρχικό κόστος επένδυσης τα 6. 072, 8 euro και καθαρό ετήσιο όφελος 208, 51 euro προκύπτει ότι ΚΠΑ της συγκεκριμένης επένδυσης ισούται με ΚΠΑ=-3. 973, 11 euro πράγμα που δείχνει ότι η επένδυση δεν είναι συμφέρουσα.

Στον παρακάτω Πίνακα 5.30 παρουσιάζεται ο υπολογισμός της εξοικονομούμενης ενέργειας για θέρμανση και ψύξη και η αντίστοιχη ισοδυναμία σε euro ανά μήνα.

Πίνακας 5. 30 : Εξοικονομούμενη ενέργεια για θέρμανση και ψύξη στο αμφιθέατρο 4 και αντίστοιχο όφελος ανά μήνα.

Μήνας	ΔΤ (Κ)	Επιφάνεια deweton (0,25m)		Επιφάνεια deweton (0, 3m)	
		$\Delta Q = \Delta U * A * \Delta T * h / 0,8$ (kWh)	ΔQ*τιμή	$\Delta Q = \Delta U * A * \Delta T * h / 0,8$ (kWh)	ΔQ*τιμή
		Σύνολο ανά μήνα	Εξοικονόμη ση Euro/μήνα	Σύνολο ανα μήνα	Εξοικονόμη ση Euro/μήνα
Ιανουάριος	11, 7	22, 268	1, 141	19, 74	1, 011
Φεβρουάριος	11, 4	21, 696	1, 111	17, 631	0, 903
Μάρτιος	9, 7	8, 615	0, 441	8, 183	0, 419
Μάιος	2, 7	5, 138	0, 592	2, 278	0, 263
Ιούνιος	7, 2	13, 703	1, 58	12, 148	1, 401
Ιούλιος	10	15, 226	1, 755	15, 466	1, 783
Σεπτέμβριος	6, 2	5, 9	0, 68	5, 23	0, 603
Νοέμβριος	6, 6	6, 281	0, 409	6, 496	0, 423
Δεκέμβριος	10	9, 516	0, 661	9, 842	0, 684
Σύνολο ανά έτος :		108, 343 kWh	8, 37 euro	97, 014 kWh	7, 49 euro

Από τον παραπάνω Πίνακα προκύπτει ότι τα οφέλη είναι πρακτικά ελάχιστα αφού ετησίως εξοικονομούνται μόλις 205, 36 kWh ηλεκτρικής ενέργειας για θέρμανση και ψύξη. Τα αντίστοιχα οικονομικά οφέλη είναι και αυτά ελάχιστα καθώς το ετήσιο όφελος ανέρχεται στα 15, 86 euro. Μετά από αυτά τα αποτελέσματα και εφαρμόζοντας το κριτήριο της καθαρής παρούσας αξίας προκύπτει ότι για αρχικό κόστος 895 euro και καθαρό ετήσιο κέρδος 15, 86 euro η ΚΠΑ ισούται με ΚΠΑ=-630, 51 euro. Εφόσον η ΚΠΑ είναι αρνητική προκύπτει και πάλι ότι θερμομόνωση των επιφανειών του αμφιθεάτρου 4 είναι οικονομικά μη συμφέρουσα επένδυση.

Εφαρμόζοντας το κριτήριο της ΚΠΑ σε κάθε ένα από τα υπό μελέτη αμφιθέατρα προέκυψε ότι η θερμομόνωση της εξωτερικής τοιχοποιίας είναι μια μη οικονομικά συμφέρουσα επένδυση καθώς τα οφέλη από μια τέτοια επένδυση δεν είναι αντίστοιχα του αρχικού κόστους που απαιτείται για την αγορά και την εγκατάσταση.

5. 6. 1. 2 Αντικατάσταση των παλαιών απλών κουφωμάτων με κουφώματα διπλού υαλοπίνακα

Όλα τα αμφιθέατρα διαθέτουν τον ίδιο τύπο κουφώματος, δηλαδή απλό μονό υαλοπίνακα σε ξύλινο πλαίσιο. Ο συντελεστής θερμοπερατότητας σε αυτή την περίπτωση σύμφωνα με τα δεδομένα του Πίνακα 3. 11 του κεφαλαίου 3 ισούται με $U= 5\text{W/m}^2\cdot\text{K}$ που είναι προφανώς μεγαλύτερος από τα όρια που ορίζει η ΤΟΤΕΕ($U=3\text{W/m}^2\cdot\text{K}$).

Το σενάριο σε αυτή την περίπτωση είναι ένα και ουσιαστικά πρόκειται για αντικατάσταση του υαλοπίνακα μόνο και προθήκη διπλού υαλοπίνακα με αέριο πλήρωσης του διακένου αέρα. Ο συντελεστής θερμοπερατότητας του νέου κουφώματος ισούται με $U_w=1, 1\text{W/m}^2\cdot\text{K}$. Οι εξοικονομούμενες κιλοβατώρες ενέργειας για θέρμανση και ψύξη και το ισοδύναμο όφελος σε ευρο, υπολογίστηκαν και παρουσιάζονται αναλυτικά στους ακόλουθους Πίνακες 5.31 έως 5.38 για το κάθε αμφιθέατρο. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι το αντίστοιχο κόστος της εγκατάστασης ανέρχεται στα 80euro/m^2 .

Πίνακας 5. 31 : Εξοικονομούμενη ενέργεια για θέρμανση και ψύξη στο αμφιθέατρο 1 και αντίστοιχο όφελος ανά μήνα και ετησίως.

Μήνας	ΔΤ (K)	$\Delta Q=\Delta U\cdot A\cdot\Delta T\cdot h/0, 8$ (kWh)	ΔQ*τιμή
		Σύνολο ανα μήνα	Εξοικονόμηση Euro/μήνα
Ιανουάριος	11, 7	47, 228	2, 419
Φεβρουάριος	11, 4	46, 016	2, 357
Μάρτιος	9, 7	18, 272	0, 936
Μάιος	2, 7	10, 898	1, 256
Ιούνιος	7, 2	29, 063	3, 351
Ιούλιος	10	32, 292	3, 723
Σεπτέμβριος	6, 2	12, 513	1, 443
Νοέμβριος	6, 6	13, 32	0, 867
Δεκέμβριος	10	20, 183	1, 402
Σύνολο ανά έτος :		229, 785 kWh	17, 754 euro

Από τον παραπάνω Πίνακα 5.31 προκύπτει ότι ετησίως εξοικονομούνται 17, 8euro. Το αντίστοιχο αρχικό κόστος της αντικατάστασης του υαλοπίνακα ανέρχεται σε $(80\text{euro/m}^2\cdot 2\cdot 1, 725\text{m}^2=)276\text{euro}$. Η επένδυση αυτή μελετάται σε βάθος 25 ετίας όπως

ακριβώς και για τα άλλα αμφιθέατρα. Τελικά οι οικονομικοί δείκτες αυτής της επένδυσης φαίνονται στον ακόλουθο Πίνακα 5.32.

Πίνακας 5. 32 : Οικονομικοί δείκτες αντικατάστασης υαλοπινάκων στο αμφιθέατρο 1.

ΚΠΑ (Καθαρή Παρούσα Αξία)	-25, 778
ΕΒΑ (Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης)	4%
ΕΠΑ (Εντοκη Περίοδος Αποπληρωμής)	30 έτη

Από τον παραπάνω Πίνακα προκύπτει ότι η αντικατάσταση των υαλοπινάκων είναι από κάθε άποψη ασύμφορη και επομένως απορρίπτεται.

Οι ετήσιες εξοικονομούμενες κιλοβατώρες ενέργειας για θέρμανση και ψύξη από την αντικατάσταση των υαλοπινάκων του αμφιθεάτρου 2 παρουσιάζεται στον ακόλουθο Πίνακα 5.33.

Πίνακας 5. 33 : Εξοικονομούμενη ενέργεια για θέρμανση και ψύξη στο αμφιθέατρο 2 και αντίστοιχο όφελος ανά μήνα και ετησίως.

Μήνας	ΔΤ (Κ)	$\Delta Q = \Delta U * A * \Delta T * h / 0, 8$ (kWh)	ΔQ*τιμή
		Σύνολο ανα μήνα	Εξοικονόμηση Euro/μήνα
Ιανουάριος	11, 7	63, 518	3, 253
Φεβρουάριος	11, 4	61, 888	3, 17
Μάρτιος	9, 7	24, 574	1, 259
Μάιος	2, 7	14, 658	1, 69
Ιούνιος	7, 2	39, 087	4, 506
Ιούλιος	10	43, 43	5, 007
Σεπτέμβριος	6, 2	16, 829	1, 94
Νοέμβριος	6, 6	17, 915	1, 166
Δεκέμβριος	10	27, 144	1, 885
Σύνολο ανά έτος :		309, 043 kWh	23, 876 euro

Από τον παραπάνω Πίνακα προκύπτει ότι ετησίως εξοικονομούνται 309, 043 kWh που ισοδυναμούν σε μόλις 23, 876 euro ετησίως. Θεωρώντας ότι το αρχικό κόστος της αντικατάστασης ανέρχεται σε $(80\text{euro}/\text{m}^2 \cdot (2, 24+2, 64)\text{m}^2) = 371, 2$ euro ετήσιο κέρδος 23, 876 euro/έτος, προκύπτουν οι ακόλουθοι οικονομικοί δείκτες.

Πίνακας 5. 34 : Οικονομικοί δείκτες αντικατάστασης υαλοπινάκων στο αμφιθέατρο 2.

ΚΠΑ (Καθαρή Παρούσα Αξία)	-34, 692
ΕΒΑ (Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης)	4%
ΕΠΑ (Εντοκη Περίοδος Αποπληρωμής)	30 έτη

Από τον παραπάνω Πίνακα 5.34 προκύπτει ότι η επένδυση αυτή κρίνεται οικονομικά ασύμφορη και από τα 3 χρησιμοποιούμενα κριτήρια αξιολόγησης.

Οι εξοικονομούμενες κιλοβατώρες για θέρμανση και ψύξη, καθώς και το αντίστοιχο όφελος σε euro ανά μήνα αλλά και ανά έτος, από την αντικατάσταση των υαλοπινάκων στο αμφιθέατρο 3 φαίνονται στον ακόλουθο Πίνακα 5.35.

Πίνακας 5. 35 : Εξοικονομούμενη ενέργεια για θέρμανση και ψύξη στο αμφιθέατρο 3 και αντίστοιχο όφελος ανά μήνα και ετησίως.

Μήνας	ΔΤ (K)	$\Delta Q = \Delta U \cdot A \cdot \Delta T \cdot h / 0, 8$ (kWh)	ΔQ*τιμή
		Σύνολο ανα μήνα	Εξοικονόμηση Euro/μήνα
Ιανουάριος	11, 7	66, 803	3, 422
Φεβρουάριος	11, 4	65, 089	3, 334
Μάρτιος	9, 7	25, 845	1, 324
Μάιος	2, 7	15, 416	1, 777
Ιούνιος	7, 2	41, 109	4, 739
Ιούλιος	10	45, 677	5, 266
Σεπτέμβριος	6, 2	17, 7	2, 041
Νοέμβριος	6, 6	18, 842	1, 226
Δεκέμβριος	10	28, 548	1, 983
Σύνολο ανά έτος :		325, 029 kWh	25, 112 euro

Συνολικά εξοικονομούνται ετησίως 325, 029 kWh ενέργειας για θέρμανση και ψύξη που αντιστοιχούν σε 25, 112 euro ετησίως. Το αρχικό κόστος της επένδυσης ανέρχεται σε $(80 \text{ euro/m}^2 \cdot (2, 24 + 2, 64) \text{m}^2) = 390, 4 \text{ euro}$. Χρησιμοποιώντας αυτά τα οικονομικά δεδομένα και εφαρμόζοντας τα βασικά κριτήρια αξιολόγησης της επένδυσης προέκυψε ο ακόλουθος Πίνακας 5.36 με τους αντίστοιχους οικονομικούς δείκτες.

Πίνακας 5. 36 : Οικονομικοί δείκτες αντικατάστασης υαλοπινάκων στο αμφιθέατρο 3.

ΚΠΑ (Καθαρή Παρούσα Αξία)	-36, 473
ΕΒΑ (Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης)	1%
ΕΠΑ (Εντοκη Περίοδος Αποπληρωμής)	30 έτη

Από του δείκτες που υπολογίστηκαν προκύπτει εύλογα το συμπέρασμα ότι η επένδυση αυτή κρίνεται οικονομικά ασύμφορη.

Στον ακόλουθο Πίνακα 5.37 προκύπτουν οι εξοικονομούμενες κιλοβατώρες ενέργειας για θέρμανση και ψύξη και το αντίστοιχο μηνιαίο και ετήσιο όφελος σε euro.

Πίνακας 5. 37 : Εξοικονομούμενη ενέργεια για θέρμανση και ψύξη στο αμφιθέατρο 4 και αντίστοιχο όφελος ανά μήνα και ετησίως.

Μήνας	ΔΤ (Κ)	$\Delta Q = \Delta U \cdot A \cdot \Delta T \cdot h / 0, 8$ (kWh)	ΔQ*τιμή
		Σύνολο ανά μήνα	Εξοικονόμηση Euro/μήνα
Ιανουάριος	11, 7	63, 518	3, 253
Φεβρουάριος	11, 4	61, 888	3, 17
Μάρτιος	9, 7	24, 574	1, 259
Μάιος	2, 7	14, 658	1, 69
Ιούνιος	7, 2	39, 087	4, 506
Ιούλιος	10	43, 43	5, 007
Σεπτέμβριος	6, 2	16, 829	1, 94
Νοέμβριος	6, 6	17, 915	1, 166

Δεκέμβριος	10	27, 144	1, 885
Σύνολο ανά έτος :		309, 043 kWh	23, 876 euro

Από τον παραπάνω Πίνακα 5.37 προκύπτει ότι οι εξοικονομούμενες κιλοβατώρες ανέρχονται σε 309, 043 kWh ετησίως ενώ το αντίστοιχο όφελος είναι 23, 876 euro. Το αρχικό κόστος της επένδυσης ισούται με $((80 \text{ euro/m}^2 * (2, 24 + 2, 4) \text{m}^2 = 371, 2 \text{ euro})$. Με την εφαρμογή των κριτηρίων αξιολόγησης της επένδυσης προκύπτουν οι αντίστοιχοι οικονομικοί δείκτες της απόδοσης όπως φαίνεται παρακάτω.

Πίνακας 5. 38 : Εξοικονομούμενη ενέργεια για θέρμανση και ψύξη στο αμφιθέατρο 4 και αντίστοιχο όφελος ανά μήνα και ετησίως.

ΚΠΑ (Καθαρή Παρούσα Αξία)	-34, 692
ΕΒΑ (Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης)	1%
ΕΠΑ (Εντοκη Περίοδος Αποπληρωμής)	30 έτη

Από τον παραπάνω Πίνακα 5.38 προκύπτει ότι η επένδυση κρίνεται οικονομικά ασύμφορη καθώς και οι τρεις δείκτες είναι κακοί.

Συνοψίζοντας, η αντικατάσταση των υαλοπινάκων των αμφιθεάτρων είναι δυστυχώς μια μη οικονομικά συμφέρουσα επένδυση. Αξιοσημείωτο είναι ότι οι αντίστοιχοι οικονομικοί δείκτες και για τα 4 αμφιθέατρα κυμαίνονται στα ίδια επίπεδα.

5. 6. 2 : Δράσεις επέμβασης στις Ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις των αμφιθεάτρων.

Στην ενότητα αυτή προτείνονται δράσεις για την βελτίωση του ενεργειακού προφίλ των κτιρίων και οι οποίες έχουν να κάνουν με τη βελτίωση και αναβάθμιση των ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων του κτιρίου.

5. 6. 2. 1 : Αντικατάσταση των ηλεκτρομαγνητικών ballast με σύγχρονα ηλεκτρονικά.

Οι λαμπτήρες που χρησιμοποιούνται στα αμφιθέατρα είναι λαμπτήρες φθορισμού και λαμπτήρες εξοικονόμησης ενέργειας. Στην περίπτωση των λαμπτήρων εξοικονόμησης ενέργειας η κατασκευή είναι τέτοια που δεν προτείνεται κάποια αλλαγή. Ωστόσο, στα φωτιστικά σώματα που χρησιμοποιούνται λαμπτήρες

φθορισμού μπορεί να γίνει αντικατάσταση των ηλεκτρομαγνητικών ballast με σύγχρονα ηλεκτρονικά.

Στον ακόλουθο Πίνακα 5.39 παρατίθενται το σύνολο των ballast που απαιτούνται ανά φωτιστικό σώμα καθώς και το αντίστοιχο κόστος, για το αμφιθέατρο 1.

Πίνακας 5. 39: Κόστος Αντικατάστασης Ballast ανά τύπο στο Αμφιθέατρο 1.

Είδος Φωτιστικού Σώματος	Αριθμός Ballast ανά σώμα	Αριθμός Φωτιστικών Σωμάτων	Τιμή ballast ανά ισχύ	Πλήθος ballast ανά τύπο φωτιστικού σώματος	Κόστος Balast ανα τύπο φωτιστικού
1x18W	1	8	7, 11	8	56, 88
4x18W	2	4	20, 12	8	160, 96
1x36W	1	3	8, 13	3	24, 39
2x36W	1	48	11, 49	48	551, 52
Συνολικό κόστος Ballast					793, 75

Από τον παραπάνω Πίνακα προκύπτει ότι η συνολική ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας ανέρχεται σε 4. 743, 958 kWh που ισοδυναμεί με 546, 931 euro ετησίως. Το κόστος αυτής της δράσης ανέρχεται σε 793, 75 euro. Λαμβάνοντας υπόψη ότι η οικονομική διάρκεια ζωής αυτής της επένδυσης ανέρχεται σε N=15 έτη και εφαρμόζοντας τα κριτήρια αξιολόγησης της επένδυσης προκύπτει ο Πίνακας 5.40 με τους αντίστοιχους οικονομικούς δείκτες.

Πίνακας 5. 40 : Οικονομικοί δείκτες για την αντικατάσταση των ηλεκτρομαγνητικών ballast με ηλεκτρονικά στο Αμφιθέατρο 1.

ΚΠΑ (Καθαρή παρούσα αξία)	7. 445, 1
EBA (Εσωτερικός βαθμός απόδοσης)	69%
EPA (Έντοκη περίοδος αποπληρωμής)	1, 5 έτη

Από τον παραπάνω Πίνακα προκύπτει ότι όλοι οι οικονομικοί δείκτες καταδεικνύουν αρκετά συμφέρουσα επένδυση.

Στον ακόλουθο Πίνακα 5.41 παρουσιάζεται ο υπολογισμός του πλήθους των ballast που απαιτούνται στο αμφιθέατρο 2 καθώς και το αντίστοιχο κόστος.

Πίνακας 5. 41 : Κόστος Αντικατάστασης Ballast ανά τύπο στο Αμφιθέατρο2.

Είδος Φωτιστικού Σώματος	Αριθμός Ballast ανά σώμα	Αριθμός Φωτιστικών Σωμάτων	Τιμή ballast ανά ισχύ	Πλήθος ballast ανά τύπο φωτιστικού σώματος	Κόστος Balast ανα τύπο φωτιστικού
1x18W	1	1	7, 11	1	7, 11
4x18W	2	6	20, 12	12	241, 44
1x36W	1	4	8, 13	4	32, 52
2x36W	1	34	11, 49	34	390, 66
Συνολικό ετήσιο κόστος Ballast					671, 73

Από τον παραπάνω Πίνακα προκύπτει ότι το κόστος αντικατάστασης των ballast ανέρχεται σε 671, 73 euro. Οι εξοικονομούμενες κιλοβατώρες ανέρχονται σε 4. 005, 63 kWh ενώ το αντίστοιχο οικονομικό όφελος ανέρχεται σε 461, 813 euro. Οι οικονομικοί δείκτες αυτής της επένδυσης παρουσιάζονται στον ακόλουθο Πίνακα 5.42.

Πίνακας 5. 42 : Οικονομικοί δείκτες για την αντικατάσταση των ηλεκτρομαγνητικών ballast με ηλεκτρονικά στο Αμφιθέατρο 2.

ΚΠΑ (Καθαρή παρούσα αξία)	7. 445, 1
EBA (Εσωτερικός βαθμός απόδοσης)	69%
ΕΠΑ (Έντοκη περίοδος αποπληρωμής)	1, 5 έτη

Από τον παραπάνω Πίνακα 5.42 προκύπτει ότι όλοι οι οικονομικοί δείκτες έχουν ικανοποιητικές τιμές γεγονός που καθιστά τη συγκεκριμένη επένδυση οικονομικά συμφέρουσα.

Για το αμφιθέατρο 3, το κόστος και το πλήθος των ballast φαίνεται στον ακόλουθο Πίνακα 5.43 :

Πίνακας 5. 43 : Κόστος Αντικατάστασης Ballast ανά τύπο στο Αμφιθέατρο3.

Είδος Φωτιστικού Σώματος	Αριθμός Ballast ανά σώμα	Αριθμός Φωτιστικών Σωμάτων	Τιμή ballast ανά ισχύ	Πλήθος ballast ανά τύπο φωτιστικού σώματος	Κόστος Balast ανα τύπο φωτιστικού
1x18W	1	1	7, 11	1	7, 11
4x18W	2	6	20, 12	12	241, 44

1x36W	1	4	8, 13	4	32, 52
2x36W	1	34	11, 49	34	390, 66
Συνολικό ετήσιο κόστος Ballast					671, 73

Το κόστος αντικατάστασης ανέρχεται σε 671, 73 euro. Οι συνολικά εξοικονομούμενη ενέργεια ισούται με 4. 005, 663 kWh και το αντίστοιχο οικονομικό όφελος ανέρχεται σε 461, 813 euro ετησίως.

Οι οικονομικοί δείκτες της επένδυσης αυτής υπολογίστηκαν και παρουσιάζονται στον ακόλουθο Πίνακα 5.44.

Πίνακας 5. 44: Οικονομικοί δείκτες για την αντικατάσταση των ηλεκτρομαγνητικών ballast με ηλεκτρονικά στο Αμφιθέατρο 3.

ΚΠΑ (Καθαρή παρούσα αξία)	7. 445, 1
EBA (Εσωτερικός βαθμός απόδοσης)	69%
EΠΑ (Εντοκη περίοδος αποπληρωμής)	1, 548 έτη

Από τα παραπάνω αποτελέσματα προκύπτει ότι η επένδυση είναι οικονομικά συμφέρουσα.

Το κόστος αντικατάστασης των ballast για τα φωτιστικά σώματα του αμφιθεάτρου 4 φαίνεται στον παρακάτω Πίνακα 5.45.

Πίνακας 5. 45: Κόστος Αντικατάστασης Ballast ανά τύπο στο Αμφιθέατρο 4

Είδος Φωτιστικού Σώματος	Αριθμός Ballast ανά σώμα	Αριθμός Φωτιστικών Σωμάτων	Τιμή ballast ανά ισχύ	Πλήθος ballast ανά τύπο φωτιστικού σώματος	Κόστος Balast ανα τύπο φωτιστικού
1x18W	1	2	7, 11	2	14, 22
4x18W	2	5	20, 12	10	201, 2
1x36W	1	4	8, 13	4	32, 52
2x36W	1	87	11, 49	87	999, 63
Συνολικό ετήσιο κόστος Ballast					1. 247, 57

Από τον παραπάνω Πίνακα 5.45 προκύπτει ότι η αντικατάσταση των ballast αναμένεται να κοστίσει 1. 247, 57 euro. Το όφελος αυτής της δράσης ανέρχεται σε 902, 938 euro ετησίως, που αντιστοιχούν σε 7. 831, 888kWh/έτος.

Οι οικονομικοί δείκτες της επένδυσης αυτής υπολογίστηκαν και παρουσιάζονται στον ακόλουθο Πίνακα 5.46.

Πίνακας 5. 46: Οικονομικοί δείκτες για την αντικατάσταση των ηλεκτρομαγνητικών ballast με ηλεκτρονικά στο Αμφιθέατρο 4.

ΚΠΑ (Καθαρή παρούσα αξία)	3. 721, 6
ΕΒΑ (Εσωτερικός βαθμός απόδοσης)	72%
ΕΠΑ (Έντοκη περίοδος αποπληρωμής)	1, 5 έτη

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα του παραπάνω Πίνακα, οι οικονομικοί δείκτες αυτής της επένδυσης καταδεικνύουν πώς η επένδυση αυτή είναι οικονομικά συμφέρουσα.

Τελικά, σύμφωνα με τα αποτελέσματα που προέκυψαν και για 4 αμφιθέατρα, η αντικατάσταση των ηλεκτρομαγνητικών ballast με αντίστοιχα ηλεκτρονικά είναι μια πολύ συμφέρουσα επένδυση για κάθε αμφιθέατρο. Μάλιστα, η επένδυση αυτή χαρακτηρίζεται από πολύ σύντομη περίοδο αποπληρωμής, καθώς η μέγιστη περίοδος αποπληρωμής είναι τα 1, 6 έτη περίπου και αντιστοιχεί στο αμφιθέατρο 3.

5. 6. 2. 2 Αντικατάσταση λαμπτήρων φθορισμού T8 με T5.

Ένας άλλος τρόπος για την μείωση των καταναλώσεων, ειδικότερα στον φωτισμό είναι η αντικατάσταση των λαμπτήρων φθορισμού T8 με αντίστοιχους λαμπτήρες T5. Η κατανάλωση ενέργειας αναμένεται να μειωθεί κατά 28%. Στον επόμενο Πίνακα 5.47 παρουσιάζεται ο υπολογισμός και το πλήθος των λαμπτήρων ανά φωτιστικό σώμα για το αμφιθέατρο 1.

Πίνακας 5. 47 : Συνολικό κόστος για την αντικατάσταση των λαμπτήρων φθορισμού.

Είδος Φωτιστικού Σώματος	Αριθμός Λαμπτήρων ανά σώμα	Αριθμός Φωτιστικών Σωμάτων	Τιμή λαμπτήρα ανά ισχύ (euro)	Συνολικό κόστος λαμπτήρων ανα τύπο φωτιστικού
1x18W	1	8	2	16
4x18W	4	4	2	32
1x36W	1	3	2	6
2x36W	2	36	2	144
Συνολικό Κόστος Λαμπτήρων:				198

Από τον παραπάνω Πίνακα 5.47 προκύπτει ότι το συνολικό κόστος αντικατάστασης ανέρχεται σε 198 euro. Οι ετήσιες εξοικονομούμενες κιλοβατώρες για τον φωτισμό ανέρχονται σε 5. 313, 23 kWh και αντιστοιχούν σε 612, 563 euro/ έτος.

Από την εφαρμογή των κριτηρίων αξιολόγησης αυτής της επένδυσης προέκυψαν οι οικονομικοί δείκτες στον παρακάτω Πίνακα 5.48

Πίνακας 5. 48 : Οικονομικοί δείκτες για την αντικατάσταση των λαμπτήρων φθορισμού T8 με αντίστοιχους T5 στο αμφιθέατρο 1.

ΚΠΑ (Καθαρή παρούσα αξία)	4. 352, 1
ΕΒΑ (Εσωτερικός βαθμός απόδοσης)	309%
ΕΠΑ (Εντοκη περίοδος αποπληρωμής)	0, 3 έτη

Από τον παραπάνω Πίνακα 5.48 προκύπτει ότι η αντικατάσταση των λαμπτήρων είναι μια πολύ συμφέρουσα επιλογή καθώς όλοι οι οικονομικοί δείκτες είναι ιδιαίτερα καλοί.

Στον ακόλουθο Πίνακα 5.49 παρουσιάζεται ο υπολογισμός του συνολικού κόστους της αντικατάστασης των λαμπτήρων φθορισμού T8 με αντίστοιχους T5.

Πίνακας 5. 49 : Συνολικό κόστος για την αντικατάσταση των λαμπτήρων φθορισμού στο αμφιθέατρο 2.

Είδος Φωτιστικού Σώματος	Αριθμός Λαμπτήρων ανά σώμα	Αριθμός Φωτιστικών Σωμάτων	Τιμή λαμπτήρα ανά ισχύ (euro)	Συνολικό κόστος λαμπτήρων ανα τύπο φωτιστικού
1x18W	1	1	2	2
4x18W	4	6	2	48
1x36W	1	4	2	8
2x36W	2	34	2	136
Συνολικό Κόστος Λαμπτήρων:				194

Το συνολικό κόστος της αντικατάστασης των λαμπτήρων ανέρχεται σε 194 euro. Συνολικά εξοικονομούνται 517, 209 euro ετησίως που αντιστοιχούν σε 4. 486, 16kWh/έτος. Οι οικονομικοί δείκτες της επένδυσης παρουσιάζονται στον ακόλουθο Πίνακα 5.50.

Πίνακας 5. 50 : Οικονομικοί δείκτες για την αντικατάσταση των λαμπτήρων φθορισμού T8 με αντίστοιχους T5 στο αμφιθέατρο 2.

ΚΠΑ (Καθαρή παρούσα αξία)	3. 799, 8
ΕΒΑ (Εσωτερικός βαθμός απόδοσης)	267%
ΕΠΑ (Έντοκη περίοδος αποπληρωμής)	0, 4έτη

Προφανώς η αντικατάσταση των λαμπτήρων είναι μια οικονομικά συμφέρουσα επένδυση.

Για το αμφιθέατρο 3 οι εξοικονομούμενες ετήσιες κιλοβατώρες ενέργειας από τον φωτισμό ανέρχονται σε 4. 234, 44 kWh/έτος. Το συνολικό κόστος της αντικατάστασης υπολογίστηκε και φαίνεται στον παρακάτω Πίνακα 5.51.

Πίνακας 5. 51 : Συνολικό κόστος για την αντικατάσταση των λαμπτήρων φθορισμού στο αμφιθέατρο 3.

Είδος Φωτιστικού Σώματος	Αριθμός Λαμπτήρων ανά σώμα	Αριθμός Φωτιστικών Σωμάτων	Τιμή λαμπτήρα ανά ισχύ (euro)	Συνολικό κόστος λαμπτήρων ανα τύπο φωτιστικού
1x18W	1	1	2	2
4x18W	4	6	2	48
1x36W	1	3	2	6
2x36W	2	31	2	124
Συνολικό Κόστος Λαμπτήρων:				180

Το συνολικό κόστος αντικατάστασης των λαμπτήρων ανέρχεται σε 180 euro. Το αντίστοιχο ετήσιο όφελος ανέρχεται σε 488, 189 euro/έτος. Οι οικονομικοί δείκτες φαίνονται στον ακόλουθο Πίνακα 5.52.

Πίνακας 5. 52 : Οικονομικοί δείκτες για την αντικατάσταση των λαμπτήρων φθορισμού T8 με αντίστοιχους T5 στο αμφιθέατρο 3.

ΚΠΑ (Καθαρή παρούσα αξία)	3. 589, 7
EBA (Εσωτερικός βαθμός απόδοσης)	271%
ΕΠΑ (Εντοκη περίοδος αποπληρωμής)	0, 381έτη

Όπως ήταν αναμενόμενο η αντικατάσταση των λαμπτήρων T8 με T5 είναι και εδώ συμφέρουσα κίνηση.

Τέλος, παρουσιάζεται το αντίστοιχο κόστος και οι οικονομικοί δείκτες για την αντικατάσταση των λαμπτήρων του αμφιθέατρου 4 στους ακόλουθους πίνακες.

Πίνακας 5. 53 : Συνολικό κόστος για την αντικατάσταση των λαμπτήρων φθορισμού στο αμφιθέατρο 4.

Είδος Φωτιστικού Σώματος	Αριθμός Λαμπτήρων ανά σώμα	Αριθμός Φωτιστικών Σωμάτων	Τιμή λαμπτήρα ανά ισχύ (euro)	Συνολικό κόστος λαμπτήρων ανα τύπο φωτιστικού
1x18W	1	2	2	4
4x18W	4	5	2	40
1x36W	1	4	2	8
2x36W	2	87	2	348
Συνολικό Κόστος Λαμπτήρων:				400

Το συνολικό κόστος αντικατάστασης ανέρχεται σε 400euro. Η εξοικονομούμενη ενέργεια ισούται με 8. 771, 56euro/έτος και ισοδυναμεί με 1. 011, 27 euro/έτος. Οι οικονομικοί δείκτες παρουσιάζονται στον ακόλουθο Πίνακα 5.54.

Πίνακας 5. 54 : Οικονομικοί δείκτες για την αντικατάσταση των λαμπτήρων φθορισμού T8 με αντίστοιχους T5 στο αμφιθέατρο 4.

ΚΠΑ (Καθαρή παρούσα αξία)	7. 408, 8
EBA (Εσωτερικός βαθμός απόδοσης)	253%
ΕΠΑ (Εντοκη περίοδος αποπληρωμής)	0, 4έτη

Όπως ήταν αναμενόμενο η επένδυση κρίνεται οικονομικά συμφέρουσα.

5. 6. 2. 3 Ενσωμάτωση αυτοματισμών στα αμφιθέατρα

Όπως και στο κτίριο Α έτσι και στα αμφιθέατρα λόγω του συγκεκριμένου τρόπου λειτουργίας κάποιων χώρων είναι αναγκαία η τοποθέτηση αισθητήρων κίνησης. Πιο συγκεκριμένα όλοι οι βοηθητικοί χώροι καθώς και οι τουαλέτες των αμφιθεάτρων πρέπει για λόγους οικονομίας να διαθέτουν από έναν αισθητήρα κίνησης ανά χώρο. Το ίδιο πρέπει να συμβαίνει και με τα υπόγεια των αντίστοιχων αμφιθεάτρων, των οποίων ο φωτισμός είναι συνεχής για 24 ώρες.

Στον ακόλουθο συγκεντρωτικό Πίνακα 5.55 παρουσιάζεται η κατανομή αισθητήρων κίνησης ανά χώρο του κάθε αμφιθεάτρου. Παράλληλα παρουσιάζεται η αρχική καταναλισκόμενη ενέργεια και η αντίστοιχη εξοικονόμηση με τη χρήση αισθητήρα κίνησης.

Πίνακας 5. 55 : Αισθητήρες ανά χώρο και αμφιθέατρο και αντίστοιχη εξοικονόμηση ενέργειας.

Χώρος	Αμφιθέατρο 1	Αμφιθέατρο 2	Αμφιθέατρο 3	Αμφιθέατρο 4
Τουαλέτες	6, 613	61, 875	59, 4	83, 15
Βοηθητικός χώρος	95, 038	23, 763	23, 763	0
Υπόγειος χώρος	855, 363	1. 140, 475	855, 363	1. 140, 475
Σύνολο αισθητήρων ανά αμφιθέατρο	3	3	3	3
Συνολική καταναλισκόμενη ενέργεια (kWh)	957, 014	1. 226, 113	938, 526	1. 223, 625
Συνολική εξοικονομούμενη ενέργεια (kWh)	430, 656	551, 751	422, 337	550, 631
Συνολική εξοικονομούμενη ενέργεια (euro)	49, 65	63, 611	48, 691	63, 482
Κόστος Αισθητήρων (euro)	39	39	39	39

Από τον παραπάνω Πίνακα 5.55 είναι προφανές ότι με ελάχιστο κόστος εξοικονομείται ενέργεια η οποία σπαταλιέται άσκοπα. Επισημαίνεται ότι οι αισθητήρες είναι τεχνολογίας τέτοιας που είναι συμβατή με έλεγχο από συστήματα BEMS. Οι οικονομικοί δείκτες της επένδυσης αυτή παρουσιάζονται στον ακόλουθο συγκεντρωτικό Πίνακα 5.56. Η επένδυση αυτή μελετάται σε βάθος 15 ετίας.

Πίνακας 5. 56 : Οικονομικοί δείκτες για την εγκατάσταση αισθητήρων στα αμφιθέατρα

Οικονομικοί δείκτες	Αμφιθέατρο 1	Αμφιθέατρο 2	Αμφιθέατρο 3	Αμφιθέατρο 4
ΚΠΑ (Καθαρή Παρούσα Αξία)	476, 35	621, 261	466, 396	619, 921
ΕΒΑ (Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης)	127%	163%	125%	163%
ΕΠΑ (Έντοκη Περίοδος Αποπληρωμής)	0, 8 έτη	0, 6 έτη	0, 8 έτη	0, 6 έτη

Από τον παραπάνω Πίνακα 5.56 προκύπτει ότι πρόκειται για μια αρκετά συμφέρουσα επένδυση με μέσο χρόνο αποπληρωμής 0, 7 έτη ή ισοδύναμα περίπου 8 μήνες.

5. 6. 3 Επεμβάσεις στην θέρμανση και την ψύξη των αμφιθεάτρων

Όπως και στο κτίριο Α έτσι και στα αμφιθέατρα μπορούν να γίνουν κάποιες επεμβάσεις οι οποίες μπορούν οδηγήσουν σε μεγάλη εξοικονόμηση ενέργειας. Μια βασική επέμβαση είναι η αντικατάσταση των κυκλοφορητών των αμφιθεάτρων με αντίστοιχους τεχνολογίας inverter. Με αυτό τον τρόπο επιτυγχάνεται εξοικονόμηση ενέργειας της τάξης του 60%. Συνολικά υπάρχουν 4 κυκλοφορητές σχεδόν όμοιου τύπου όπως φαίνεται και από το σχετικό Πίνακα του παραρτήματος και οι οποίοι μπορούν να αντικατασταθούν με νέους ενεργειακά αποδοτικούς κυκλοφορητές. Το κόστος ενός τέτοιου κυκλοφορητή ανέρχεται σε 1000 euro οπότε το συνολικό κόστος θα κυμανθεί στα 4000 euro. Η διάρκεια ζωής αυτής της επένδυσης αναμένεται να φτάσει τα 25 έτη ζωής.

Η δράση αυτή αφορά και τη θέρμανση και τη ψύξη των αμφιθεάτρων καθώς οι σωληνώσεις του δικτύου που χρησιμοποιούνται για την κυκλοφορία του ζεστού και κρύου νερού αντίστοιχα είναι κοινές και για θέρμανση και για ψύξη.

Στον ακόλουθο Πίνακα 5.57 παρουσιάζεται η εξοικονόμηση ενέργειας που αναμένεται να επιτευχθεί από μια τέτοια αντικατάσταση.

Πίνακας 5. 57 : Εξοικονόμηση ενέργειας από την αντικατάσταση των κυκλοφορητών του δικτύου θέρμανσης και ψύξης των αμφιθεάτρων.

Κυκλοφορητής ανά αμφιθέατρο	Αρχική κατανάλωση (kWh)	Τελική κατανάλωση (kWh)	Εξοικονομούμενη Ενέργεια (kWh)	Εξοικονομούμενο Ποσό (euro)
Κυκλοφορητής Αμφ. 1	3. 916	1. 566, 4	2. 349, 6	270, 885
Κυκλοφορητής Αμφ. 2	4. 224	1. 689, 6	2. 534, 4	292, 191
Κυκλοφορητής Αμφ. 3	4. 224	1. 689, 6	2. 534, 4	292, 191
Κυκλοφορητής Αμφ. 4	2. 200	880	1. 320	152, 183

Στον ακόλουθο Πίνακα 5.58 παρουσιάζονται οι οικονομικοί δείκτες αυτής της επέμβασης.

Πίνακας 5. 58: Οικονομικοί δείκτες από την αντικατάσταση των κυκλοφορητών των αμφιθεάτρων με αντίστοιχους τεχνολογίας Inverter.

Οικονομικοί δείκτες	Αμφ 1	Αμφ 2	Αμφ 3	Αμφ 4
ΚΠΑ (Καθαρή Παρούσα Αξία)	2. 817, 838	3. 118, 124	3. 118, 124	1. 153, 978
ΕΒΑ (Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης)	27%	29%	29%	15%
ΕΠΑ (Έντοκη Περίοδος Αποπληρωμής)	4, 2 έτη	3, 8 έτη	3, 8 έτη	8 έτη

Από τον παραπάνω Πίνακα 5.58 φαίνεται ξεκάθαρα ότι πρόκειται για μια επέμβαση της οποίας οι οικονομικοί δείκτες ενισχύουν την υλοποίηση της.

5. 6. 4 Αποτίμηση των δράσεων εξοικονόμησης ενέργειας στα αμφιθέατρα.

Στους συγκεντρωτικούς πίνακες που φαίνονται παρακάτω παρουσιάζονται όλες οι δράσεις που παρουσιάστηκαν στις προηγούμενες ενότητες για το κάθε αμφιθέατρο αντίστοιχα.

Στον παρακάτω Πίνακα 5.59 γίνεται αποτίμηση των δράσεων που προτάθηκαν για το αμφιθέατρο 1

Πίνακας 5. 59 : Συγκεντρωτικός Πίνακας δράσεων εξοικονόμησης ενέργειας στο αμφιθέατρο 1.

Α/Α	Δράσεις	Αρχικό Κόστος	Διάρκεια Ζωής της επένδυσης	ΚΠΑ (euro)	ΕΒΑ (%)	ΕΠΑ (έτη)
1	Θερμομόνωση Εξωτερικής τοιχοποιίας	6. 100, 76	25	-4. 771, 991	-	-
2	Αντικατάσταση Υαλοπινάκων με διπλό υαλοπίνακα	276	25	-25, 778	4	30
3	Αντικατάσταση Ballast	793, 75	15	7. 445, 1	69	1, 5
4	Αντικατάσταση Λαμπτήρων Φθορισμού	198	10	4. 352	309	0, 3
5	Ενσωμάτωση Αυτοματισμών	39	10	476, 35	127	0, 8
6	Αντικατάσταση Κυκλοφορητών στο Δίκτυο Θέρμανσης	1000	25	2. 817, 838	27	4, 2

Όλες οι δράσεις που συνδέονται με τη θερμομόνωση του αμφιθεάτρου παρουσιάζονται ασύμφορες καθώς οι αντίστοιχοι οικονομικοί δείκτες δεν είναι ικανοποιητικοί.

Αντίθετα, οι δράσεις που προτάθηκαν για την βελτίωση του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού του κτιρίου είναι εξαιρετικά συμφέρουσες

Ακριβώς τα ίδια συμπεράσματα προκύπτουν και για τα υπόλοιπα αμφιθέατρα.

Στον παρακάτω Πίνακα 5.60 παρουσιάζεται ο συγκεντρωτικός Πίνακας για τις προτεινόμενες δράσεις στο αμφιθέατρο 2

Πίνακας 5. 60 : Συγκεντρωτικός Πίνακας δράσεων εξοικονόμησης ενέργειας στο αμφιθέατρο 2.

A/A	Δράσεις	Αρχικό Κόστος	Διάρκεια Ζωής της επένδυσης	ΚΠΑ (euro)	EBA (%)	ΕΠΑ (έτη)
1	Θερμομόνωση Εξωτερικής τοιχοποιίας	8. 424, 12	25	-6. 314, 43	-	-
2	Αντικατάσταση Υαλοπινάκων με διπλό υαλοπίνακα	371, 2	25	-34, 692	4	30
3	Αντικατάσταση Ballast	671, 73	15	7. 445, 1	69	1, 5
4	Αντικατάσταση Λαμπτήρων Φθορισμού	194	10	3. 799, 8	267	0, 4
5	Ενσωμάτωση Αυτοματισμών	39	10	621, 261	163	0, 6
6	Αντικατάσταση Κυκλοφορητών στο Δίκτυο Θέρμανσης	1000	25	3. 118, 124	29	3, 8

Στον παρακάτω Πίνακα 5.61 παρουσιάζεται ο συγκεντρωτικός Πίνακας για τις προτεινόμενες δράσεις στο αμφιθέατρο 3

Πίνακας 5. 61 : Συγκεντρωτικός Πίνακας δράσεων εξοικονόμησης ενέργειας στο αμφιθέατρο 3.

A/A	Δράσεις	Αρχικό Κόστος	Διάρκεια Ζωής της επένδυσης	ΚΠΑ (euro)	EBA (%)	ΕΠΑ (έτη)
1	Θερμομόνωση Εξωτερικής τοιχοποιίας	6. 072, 8	25	-3. 973, 11	-	-
2	Αντικατάσταση Υαλοπινάκων με διπλό υαλοπίνακα	390, 4	25	-36, 473	1	30

4	Αντικατάσταση Ballast	671, 73	15	7. 445, 1	69	1, 5
5	Αντικατάσταση Λαμπτήρων Φθορισμού	180	10	3. 589, 7	271	0, 4
6	Ενσωμάτωση Αυτοματισμών	39	10	466, 396	125	0, 8
7	Αντικατάσταση Κυκλοφορητών στο Δίκτυο Θέρμανσης	1000	25	3. 118, 124	29	3, 8

Πίνακας 5. 62 : Συγκεντρωτικός Πίνακας δράσεων εξοικονόμησης ενέργειας στο αμφιθέατρο 4

Α/Α	Δράσεις	Αρχικό Κόστος	Διάρκεια Ζωής της επένδυσης	ΚΠΑ (euro)	ΕΒΑ (%)	ΕΠΑ (έτη)
1	Θερμομόνωση Εξωτερικής τοιχοποιίας	895	25	-630, 51	-	-
2	Αντικατάσταση Υαλοπινάκων με διπλό υαλοπίνακα	371, 2	25	-34, 692	1	30
4	Αντικατάσταση Ballast	902. 938	15	3. 271, 6	72	1, 5
5	Αντικατάσταση Λαμπτήρων Φθορισμού	400	10	7. 408, 8	253	0, 4
6	Ενσωμάτωση Αυτοματισμών	39	10	619, 921	163	0, 6
7	Αντικατάσταση Κυκλοφορητών στο Δίκτυο Θέρμανσης	1000	25	1. 153, 978	15	8

5. 7 Επιπρόσθετες Προτεινόμενες Δράσεις

Στη συγκεκριμένη ενότητα παρουσιάζονται κάποιες δράσεις οι οποίες μπορούν να προταθούν σε συνδυασμό με την εφαρμογή όλων των προηγούμενων δράσεων που προτάθηκαν στις προηγούμενες ενότητες.

5. 7. 1 Αναβάθμιση κεντρικής ψύξης των αμφιθεάτρων και πρόταση για κεντρική ψύξη του κτιρίου Α

Στους παραπάνω πίνακες παρατηρείται ότι δεν έχουν υπολογιστεί όλοι οι δείκτες που αφορούν την θερμομόνωση των αμφιθεάτρων και όπου αυτό έγινε τα αποτελέσματα ήταν αποθαρρυντικά.. Ο λόγος που έγινε αυτό είναι ότι δεν υπάρχουν στοιχεία για την κατανάλωση φυσικού αερίου που αντιστοιχεί σε κάθε κτίριο. Το μόνο στοιχείο το οποίο μπορεί να θεωρηθεί δεδομένο, είναι ότι με τις δράσεις θερμομόνωσης που προτάθηκαν αναμένεται μείωση της καταναλισκόμενης ενέργειας για την ψύξη και τη θέρμανση των κτιρίων.

Αν θεωρηθεί ότι εφαρμόζονται όλες οι δράσεις δράσεων θερμομόνωσης που έχουν προταθεί, τότε προκύπτει ότι η μονάδα ψύξης που υπάρχει ήδη και χρησιμοποιείται θα είναι ικανή να ικανοποιήσει τα ψυκτικά φορτία που ήδη καλύπτει καθώς και του κτιρίου Α. Μάλιστα επειδή η μονάδα ψύξης είναι αρκετά παλιά και πλέον έχει χαμηλότερο δείκτη ενεργειακής απόδοσης, εκτιμάται ότι αν αντικατασταθεί με μια ελαφρώς μεγαλύτερης ισχύος και υψηλής ενεργειακής απόδοσης θα επιτευχθεί μείωση στην κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας ακόμη και από τον ήδη υπάρχων.

Ειδικότερα, η ψυκτική ισχύς της ήδη υπάρχουσας μονάδας ψύξης ανέρχεται σε 311, 6 kW ψυκτικής ισχύος και έχει συντελεστή απόδοσης 3, 98. Αντί αυτής της μονάδας ψύξης προτείνεται μονάδα ψύξης της εταιρίας DAIKIN μοντέλο : EWWD380G-XS με τα ακόλουθα χαρακτηριστικά :

- Αποδιδόμενη Ψυκτική Ισχύς : 366 kW
- Ισχύς εισόδου 79, 2 kW
- Συντελεστής απόδοσης : 4, 62
- Αξία με ΦΠΑ : 55. 000 euro.

Η προτεινόμενη μονάδα ψύξης φαίνεται στο ακόλουθο Σχήμα 5.17 :



Σχήμα 5. 17 : Προτεινόμενος Υδρόψυκτος Ψύκτης

Τα οφέλη αυτής της επένδυσης είναι πολλά αν σκεφτεί κανείς ότι η ήδη υπάρχουσα μονάδα ψύξης που υπάρχει θα πρέπει σύντομα να αντικατασταθεί καθώς έχει πλέον αγγίζει τα 25 έτη λειτουργίας. Η μονάδα που προτείνεται αναμένεται να καταναλώνει ακόμη λιγότερη ενέργεια από τον ήδη υπάρχων λόγω του μεγαλύτερου συντελεστή απόδοσης. Ταυτόχρονα η ίδια μονάδα μπορεί να αντικατασταθεί με τη νέα, με απλή απομάκρυνση της παλιάς και χωρίς αλλαγές στο ήδη υπάρχων δίκτυο. Το κτίριο Α μπορεί εύκολα να συνδεθεί με το κεντρικό σύστημα ψύξης καθώς διαθέτει κοινό κεντρικό σύστημα θέρμανσης με τα αμφιθέατρα, πράγμα που σημαίνει ότι θα πρέπει να γίνουν ελάχιστες επεμβάσεις στο ήδη υπάρχων δίκτυο και θα συνεχίσουν να χρησιμοποιούνται τα fan-coil για την μετάδοση της ψύξης.

Σε αντίθετη περίπτωση το κόστος αγοράς αντίστοιχου συστήματος ψύξης μόνο για το κτίριο Α θα ήταν μια λάθος κίνηση καθώς τα κόστη σε συνδυασμό με την υποχρεωτική αντικατάσταση και της ήδη υπάρχουσας μονάδας ψύξης θα ήταν απαγορευτικά. Ταυτόχρονα τα κόστη από την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για τη χρήση των δύο μονάδων ψύξης θα επιβάρυναν πολύ περισσότερο τους λογαριασμούς ηλεκτρικής ενέργειας. Ο λόγος είναι ότι θα υπήρχαν σε λειτουργία δύο μονάδες η μία σύγχρονη και με υψηλό δείκτη απόδοσης αλλά η παλιά θα συνέχιζε να έχει τις ίδιες καταναλώσεις με ανοδικές τάσεις όσο περνάνε τα χρόνια.

5. 7. 2 Αναβάθμιση του κεντρικού συστήματος θέρμανσης.

Όπως προαναφέρθηκε στο κεφάλαιο 3 το κτίριο Α και τα 4 αμφιθέατρα θερμαίνονται με σύστημα κεντρικής θέρμανσης που χρησιμοποιεί το σύστημα λέβητα-καυστήρα με καύση φυσικού αερίου. Στο λεβητοστάσιο υπάρχουν δύο λέβητες οι οποίοι

χρησιμοποιούνται για εφεδρεία. Θα ήταν μια πολύ καλή επιλογή να γίνει αλληλουχία των δύο λεβήτων για την παραγωγή θέρμανσης. Για να επιτευχθεί κάτι τέτοιο θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί ένας ελεγκτής web στον οποίο θα υπάρχει απομακρυσμένη ασύρματη πρόσβαση για να είναι ευκολότερη η επίβλεψη και η αποστολή μηνυμάτων ασφαλιμάτων.

Παράλληλα θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί και από μια ηλεκτροκίνητη τρίοδη βάνα για καθαρά τεχνικούς λόγους. Οι τρίοδες βάνες κάνουν έλεγχο παροχής και ανάμειξης νερού προς τα θερμαντικά σώματα. Όταν η αλλάξει παροχή νερού προς τα θερμαντικά σώματα τότε γίνεται ο λεγόμενος έλεγχος παροχής νερού. Το νερό στην είσοδο των σωμάτων θα έχει την ίδια θερμοκρασία με τη θερμοκρασία νερού στο λέβητα. Όταν αλλάξει η θερμοκρασία νερού προς τα σώματα τότε γίνεται έλεγχος ανάμειξης νερού. Δηλαδή υπάρχει σταθερή παροχή νερού, μεταβάλλεται όμως η θερμοκρασία του νερού προαγωγής προς τα σώματα.

Το νερό ζεσταίνεται στο λέβητα σε θερμοκρασία 90C και πηγαίνει μέσω της γραμμής προσαγωγής και την τρίοδη βαλβίδα ανάμειξης προς τον κυκλοφορητή και στην συνέχεια διανέμεται στα σώματα. Το νερό αποβάλλει θερμότητα και σε θερμοκρασία 70C επιστρέφει μέσω της γραμμής και των κλάδων επιστροφής. Μια ποσότητα από το νερό επιστροφής 70C περίπου πηγαίνει στη μεσαία υποδοχή της τρίοδης βάνας αναμίξεως, αναμιγνύεται με νερό προσαγωγής 90C και γίνεται νερό 80C προσαγωγής στα σώματα (απαίτηση: νερό σταθερής και ομοιόμορφης θερμοκρασίας).

Αυτό συμβαίνει για να επιτευχθεί νερό επιστροφής στο λέβητα θερμοκρασίας όχι κάτω από 60 C για δύο κυρίως λόγους.

- Δεν θα προσκολλούνται φθορές και διαβρώσεις στο λέβητα από την υγραποίηση υδρατμών.
- Εκμεταλλεύεται το θερμό νερό αναμίξεως που δεν έχει αποβάλλει όλα τα ποσά θερμότητας, διατηρώντας μια σταθερή θερμοκρασία 75C- 85C με οικονομία στα καύσιμα.

Η λειτουργία του συστήματος βασίζεται στη αρχή της αντιστάθμισης της θερμοκρασίας προσαγωγής με βάση τη ζήτηση των χώρων και τη θερμοκρασία περιβάλλοντος.

Το κόστος όλων των παραπάνω ανέρχεται σε 8000 euro και με αυτό τον τρόπο επιτυγχάνεται εξοικονόμηση ενέργειας για θέρμανση 30%

5. 7. 3 Χρήση Κεντρικού συστήματος διαχείρισης ενέργειας.

Τα συστήματα κεντρικής διαχείρισης ενέργειας περιλαμβάνουν κεντρικό έλεγχο και διαχείριση του φωτισμού της θέρμανσης και της ψύξης των κτιρίων. Οι δυνατότητες οι οποίες προσφέρονται είναι πολλές.

Ξεκινώντας από τον φωτισμό για το κτίριο Α, οι αίθουσες μπορούν να λειτουργούν βάσει χρονοπρογράμματος, ενώ εκτός αυτού μπορούν να λειτουργούν είτε με τοπικό έλεγχο για προγραμματισμένο χρόνο, είτε με τη χρήση αισθητήρων παρουσίας. Στα αμφιθέατρα αντίστοιχα, μπορούν να τοποθετηθούν μονάδες λογικής σεναρίων για την κατάρτιση και επιλογή σεναρίων για διάφορες εκδηλώσεις, παρουσιάσεις.

Αντίστοιχα για τη θέρμανση και τη ψύξη και τη θέρμανση των κτιρίων θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν ελεγκτές με επικοινωνία. Οι ελεγκτές λαμβάνουν σήματα από αισθητήρια όργανα τα οποία ουσιαστικά δείχνουν την απαίτηση θερμικών ή ψυκτικών φορτίων στον κάθε χώρο. Τα σήματα αυτά αποστέλλονται στο κεντρικό σύστημα διαχείρισης ενέργειας και έτσι επιτυγχάνεται η βελτιστοποίηση του συστήματος θέρμανσης και ψύξης.

Στα υπό μελέτη κτίρια για να γίνει τοποθέτηση ενός τέτοιου συστήματος θα πρέπει να ανακαίνιση των κτιρίων καθώς απαιτούνται ειδικές καλωδιώσεις. Επομένως, μια τέτοια λύση για τα κτίρια αν και θα οδηγούσε σε μείωση από 40 % έως και 60% στη συνολική κατανάλωση ενέργειας σε ένα κτίριο δεν συνίσταται. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι το κόστος για την τοποθέτηση κεντρικού συστήματος διαχείρισης ενέργειας ανέρχεται σε 70. 000 euro αλλά επισημαίνεται ξανά ότι για να εγκατασταθεί θα πρέπει να γίνει ανακαίνιση των κτιρίων.

Τίποτε από τα παραπάνω δεν έχει έννοια αν δεν υπάρχει και η δυνατότητα βελτιστοποίησης του συστήματος. Για το λόγο αυτό θα πρέπει να τοποθετηθούν πολυόργανα ηλεκτρικών μεγεθών στις ηλεκτρικές καταναλώσεις, και θερμοδομετρητές στις θερμικές καταναλώσεις. Έτσι, λαμβάνοντας τις μετρήσεις θα υπάρχει ξεκάθαρη εικόνα της κατανάλωσης, της εξοικονόμησης και να μπορεί να επιτευχθεί ώστε να γίνουν βήματα για τη βελτιστοποίηση των σεναρίων λειτουργίας.

Κεφάλαιο 6^ο Συμπεράσματα και Προοπτικές.

6.1 Συμπεράσματα

Η ενεργειακή επιθεώρηση που διεξήχθη στο κτίριο Α και στα αμφιθέατρα του συγκροτήματος γενικών εδρών, στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εργασίας έδωσε μια σχετικά καλή εικόνα του ενεργειακού προφίλ των δύο κτιρίων.

Ο τρόπος με τον οποίο έγινε η ενεργειακή μελέτη και στα 5 κτίρια ήταν ακριβώς η ίδια. Αρχικά έγινε μελέτη της θερμικής συμπεριφοράς των κτιρίων. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα αυτά το κτίριο Α παρουσιάζει μέσο συντελεστή θερμοπερατότητας πολύ ανώτερο από τα επιτρεπτά όρια πράγμα το οποίο ήταν αναμενόμενο καθώς οι δύο όψεις του κτιρίου, δηλαδή οι όψεις Α και Β έχουν ως κύριο δομικό στοιχείο κάλυψης τους υαλοπετάσματα και τοιχοπετάσματα πολύ χαμηλής ενεργειακής απόδοσης. Αντίστοιχα και οι υπόλοιπες όψεις του κτιρίου, δηλαδή οι όψεις Γ και Δ παρουσιάζουν πολύ κακή θερμική συμπεριφορά, αν και σύμφωνα με τα σχέδια του κτιρίου υπήρξαν κάποια μέτρα θερμοπροστασίας κατά τη σχεδίαση και την κατασκευή του. Με βάση λοιπόν αυτό το συμπέρασμα οι θερμικές απώλειες του κτιρίου είναι τεράστιες γεγονός που επιβαρύνει σημαντικά την κατανάλωση φυσικού αερίου και ηλεκτρισμού. Αντίθετα με το κτίριο Α, τα αμφιθέατρα παρουσιάζουν πολύ καλύτερη θερμική συμπεριφορά. Σύμφωνα με την ενεργειακή μελέτη η οποία έγινε στο κεφάλαιο 3 προέκυψε ότι αυτά τα κτίρια είναι οριακά εκτός των ορίων που ορίζει ο ΚΕΝΑΚ. Μάλιστα διαπιστώθηκε ότι οι μόνες επιφάνειες των αμφιθεάτρων που είναι ελαφρώς εκτός των ορίων είναι αυτές που είναι άμεσα εκτεθειμένες στο φυσικό περιβάλλον. Το γεγονός αυτό καταδεικνύει την καλή αρχική σχεδίαση των κτιρίων, που αν και πολύ παλιά είναι ακόμη σε θέση να περιορίζει τις θερμικές τους απώλειες.

Ο φωτισμός των κτιρίων γίνεται χρησιμοποιώντας σχετικά παλιά τεχνολογία. Ειδικότερα, χρησιμοποιούνται ηλεκτρομαγνητικά ballast αντί σύγχρονων ηλεκτρονικών. Το γεγονός αυτό σε συνδυασμό με το ότι ο φωτισμός των κτιρίων και ειδικότερα των αμφιθεάτρων χρησιμοποιείται για πολλές ώρες κατά τη διάρκεια της ημέρας επιβαρύνει σημαντικά την κατανάλωση ενέργειας. Απλές λύσεις όπως η αντικατάσταση των ballast με σύγχρονα ηλεκτρονικά μειώνουν την κατανάλωση κατακόρυφα. Οι λαμπτήρες όλων των κτιρίων είναι στην πλειοψηφία τους λαμπτήρες φθορισμού Τ8. Η αντικατάσταση αυτών των λαμπτήρων με αντίστοιχους Τ5 οδηγεί σε μείωση του κόστους κατά 28 %

Παράλληλα, στους κοινόχρηστους χώρους του κτιρίου Α, στους βοηθητικούς χώρους των αμφιθεάτρων και τις τουαλέτες τους καθώς και σε όλους τους υπόγειους χώρους κάτω από τα κτίρια αυτά, η χρήση αισθητήρων θα μείωνε την κατανάλωση ενέργειας στο μέγιστο, με ελάχιστο κόστος.

Η θέρμανση των κτιρίων γίνεται με κεντρικό σύστημα θέρμανσης. Ο τρόπος που διοχετεύεται αυτή η θερμότητα στα κτίρια είναι με τη χρήση Κεντρικών Κλιματιστικών Μονάδων στα αμφιθέατρα και με τη χρήση μονάδων fan- coils στο

κτίριο Α. Μέσα σε αυτό το σύστημα κρύβονται και οι κυκλοφορητές του δικτύου, ένας για κάθε κτίριο οι οποίοι καταναλώνουν τεράστια ποσά ηλεκτρικής ενέργειας. Η αντικατάσταση αυτών των κυκλοφορητών με σύγχρονους ενεργειακά αποδοτικούς, που χρησιμοποιούν inverters οδηγεί σε μείωση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας κατά 60%.

Η επένδυση σε Φ/Β γεννήτριες στη στέγη του κτιρίου Α είναι μια πολύ καλή λύση. Αν η επένδυση αυτή γίνει με ίδια κεφάλαια τότε η απόσβεση επιτυγχάνεται σε μόλις περίπου 4, 5 χρόνια.

6. 2 Προοπτικές.

Σε κάθε κτίριο υψηλών ενεργειακών καταναλώσεων όπως τα κτίρια που μελετώνται στην παρούσα διπλωματική εργασία θα πρέπει να υπάρχει εγκατεστημένος μετρητής για όλες τις καταναλώσεις.

Το σημαντικότερο πρόβλημα που παρουσιάστηκε κατά την εκπόνηση της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας ήταν ότι δεν υπήρχε μετρητής φυσικού αερίου, με αποτέλεσμα να μην υπάρχουν ακριβείς μετρήσεις καταναλώσεων φυσικού αερίου και να βασίζεται η οικονομική αξιολόγηση σχετιζόμενων δράσεων, όπως η θερμομόνωση του κτιριακού κελύφους, σε εκτιμήσεις μείωσης την ενεργειακής κατανάλωσης.. Πιο συγκεκριμένα, για να είναι η μελέτη αυτή αναλυτικότερη και ποιοτικότερη θα έπρεπε να είναι τοποθετημένος αναλυτής φυσικού αερίου ο οποίος να μπορεί να υπολογίσει την κατανάλωση που αντιστοιχεί στο κάθε κτίριο ανάλογα με τη ζήτηση, όπως αυτή μετράται από αισθητήρια όργανα στις σωληνώσεις του δικτύου θέρμανσης.

Ταυτόχρονα με την τοποθέτηση ηλεκτρικού αναλυτή ενέργειας σε κάθε κτίριο θα ήταν δυνατό να καταγραφεί αναλυτικά η κατανάλωση ενέργειας του κάθε κτιρίου ξεχωριστά. Τα αποτελέσματα αυτά στη συνέχεια θα μπορούσαν να εκμεταλλευτούν για την μελέτη εγκατάστασης κεντρικού συστήματος διαχείρισης της ενέργειας (BMS). Με αυτό τον τρόπο θα ήταν εφικτό να ελαχιστοποιηθεί η κατανάλωση ενέργειας όλων των κτιρίων.

Σε κάθε περίπτωση τα αποτελέσματα αυτής της εργασίας δείχνουν πόσο σημαντική είναι η Ενεργειακή επιθεώρηση στα κτίρια εκπαίδευσης καθώς σε επίπεδο Πολυτεχνειούπολης υπάρχουν τουλάχιστον 25 κτίρια. Με τη αυτή τη διπλωματική εργασία προτάθηκαν δράσεις οι οποίες μειώνουν την κατανάλωση του κτιρίου σημαντικά. Το αντίκτυπο είναι και οικονομικό και περιβαλλοντικό καθώς μείωση της καταναλισκόμενης ενέργειας οδηγεί και σε μείωση των εκπομπών ρύπων επιβλαβών για το περιβάλλον. Κατ' επέκταση λοιπόν η ίδια διαδικασία, θα πρέπει να γίνει σε όλα τα σχολεία και τα δημόσια ιδρύματα εκπαίδευσης. Η διαδικασία αυτή

θα οδηγήσει σε ενεργειακή αναβάθμιση των κτιρίων με πολλαπλά οφέλη και γι' αυτούς που δραστηριοποιούνται σ' αυτά αλλά και στο Δημόσιο τομέα.

Βιβλιογραφία

- 1) Financing Energy Efficiency in Buildings BPIE(Buildings Performance In Europe)
- 2) Energy Performance Certificates Across Europe BPIE (Buildings Performance In Europe)
- 3) Low Energy Building In Europe : Current State Of Play, Definitions And Best Practice
- 4) Cost Optimality : Discussing methodology and challenges within the recast Energy Performance of Buildings Directive
- 5) Διπλωματική εργασία, «Ενεργειακή Επιθεώρηση στο Λαμπαδάριο Κτίριο της Πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου» - Χατζής Ιωάννης
- 6) Φ. Β. Τοπαλής - εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας σε εγκαταστάσεις φωτισμού εσωτερικών χώρων
- 7) Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ)- Το Ευρωπαϊκό Πρόγραμμα Green Building – Οδηγίες για την ενεργειακή Επιθεώρηση
- 8) Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ)- «Οδηγός Τεχνικών και Οργάνων Ενεργειακών Μετρήσεων»
- 9) Βιομηχανικά Ηλεκτρονικά (Στέφανος Ν. Μανιάς ΕΜΠ)
- 10) Η επίδραση των αυτοματισμών και των λειτουργιών ελέγχου στην ενεργειακή αποδοτικότητα των κτιρίων (Σ. Μπουλταδάκης)
- 11) Συστήματα παρακολούθησης ενέργειας σε κτίρια (BEMS)
- 12) Οι Ενεργειακοί Υαλοπίνακες ως μέσο εξοικονόμησης Ενέργειας στα Κτίρια (Γεώργιος Ηλιάδης)
- 13) Βιοκλιματικός σχεδιασμός στην Ελλάδα ΚΑΠΕ «Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας»
- 14) Οδηγός προγράμματος Εξοικονομώ (Υπουργείο Ανάπτυξης)
- 15) From net energy to zero energy buildings: Defining life cycle zero energy buildings (LC-ZEB) Patxi Hernandez, Paul Kenny
- 16) Ελληνικός Κανονικός Οπλισμένου Σκυροδέματος
- 17) «Βιοκλιματικός Σχεδιασμός Κτιρίων» Τσίππρας Κ.
- 18) Βιοκλιματική αρχιτεκτονική Παθητικά –ηλιακά συστήματα Ε. Ανδρεάδακη-Χρονάκη.
- 19) Η βιοκλιματική αρχιτεκτονική και η συμβολή της στην βιώσιμη κτιριακή λειτουργία Καλαβρυντίνος, Ιωάννης Κατσαβός Χρήστος
- 20) «Θερμοφυσικές ιδιότητες δομικών υλικών και έλεγχος της θερμομονωτικής επάρκειας των κτηρίων» - Τ. Ο. Τ. Ε. Ε.
- 21) Επίσημη ιστοσελίδα <http://www.ergastirialouminiou.gr>
- 22) ΚΑΠΕ <http://www.cres.gr>

- 23) Επίσημη ιστοσελίδα της εταιρίας οικοστέγες <http://www.oikosteges.gr/index.php/benefits>
- 24) Επίσημη ιστοσελίδα της εταιρίας Stotherm <http://www.stohellas.gr>
- 25) Επίσημη ιστοσελίδα της εταιρίας Global Energy Solutions <http://global-energy.gr>
- 26) Επίσημη ιστοσελίδα της ΔΕΗ www.dei.gr
- 27) <http://www.zerobuildings.com>
- 28) Επίσημη ιστοσελίδα της εταιρίας Υδρομετάλ <http://www.ydrometal.gr>
- 29) <http://www.greeknewsagenda.gr/2011/11/innovative-zero-energy-building-in.html>
- 30) http://www.aftodioikisi.gr/dhmoi/dimos_agias_varvaras/12325
- 31) <http://www.h2susbuild.ntua.gr>

Παράρτημα Πινάκων

Παράρτημα Α : Καταναλώσεις Ηλεκτρικής Ενέργειας για το κτίριο Α και τα 4 Αμφιθέατρα

Πίνακας 1 : Κατανάλωση Ηλεκτρικής Ενέργειας για φωτισμό στο ισόγειο του Κτιρίου Α

ΧΩΡΟΣ	ΠΛΗΘΟΣ ΦΩΤΙΣΤΙΚΩΝ ΣΩΜΑΤΩΝ	ΙΣΧΥΣ 1 ΦΩΤΙΣΤΙΚΟΥ ΣΩΜΑΤΟΣ (W)	ΩΡΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ/ΜΕΡΑ: ΧΕΙΜΩΝΑΣ	ΩΡΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ/ΜΕΡΑ: ΚΑΛΟΚΑΙΡΙ	kWh/ΧΡΟΝΟ
ΧΩΡΟΣ ΚΙΝΗΣΗΣ	14	4X18 (ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ)	14	3	2.018,02
ΣΤΕΚΙ ΦΟΙΤΗΤΩΝ ΣΕΜΦΕ	4	2X36 (ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ)	5	3	291,46
ΕΙΣΟΔΟΣ ΚΤΙΡΙΟΥ (ΦΟΥΑΓΙΕ)	2	2X36 (ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ)	13	3	272,45
ΚΥΛΙΚΕΙΟ ΣΕΜΦΕ (ΨΥΓΕΙΑ)	2	2X36 (ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ)	11	11	402,34
ΚΥΛΙΚΕΙΟ ΣΕΜΦΕ (ΨΥΓΕΙΑ)	2	2X36 (ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ)	11	11	402,34
ΚΥΛΙΚΕΙΟ ΣΕΜΦΕ (ΑΠΟΘΗΚΕΣ)	4	36 (ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ)	5	5	190,08
ΚΥΛΙΚΕΙΟ ΣΕΜΦΕ (ΚΕΝΤΡΙΚΟΣ ΧΩΡΟΣ)	12	36 (ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ)	11	11	1.254,53
BALLAST ΦΩΤΙΣΤΙΚΩΝ 25%					1.207,81
ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΑΝΑ ΕΤΟΣ					4.831,22
ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΕΓΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ					2.304 W

Πίνακας 2 : Κατανάλωση Ηλεκτρικής Ενέργειας για φωτισμό στον 1^ο όροφο του Κτιρίου Α μέρος α'

ΧΩΡΟΣ	ΠΛΗΘΟΣ ΦΩΤΙΣΤΙΚΩΝ ΣΩΜΑΤΩΝ	ΙΣΧΥΣ 1 ΦΩΤΙΣΤΙΚΟΥ ΣΩΜΑΤΟΣ (W)	ΩΡΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ/ΜΕΡΑ: ΧΕΙΜΩΝΑΣ	ΩΡΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ/ΜΕΡΑ: ΚΑΛΟΚΑΙΡΙ	kWh/ΧΡΟΝΟ
ΑΙΘΟΥΣΑ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ	16	2X18 (ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ)	0	0	0
	6	75 (ΑΛΟΓΟΝΟΥ)			
ΧΩΡΟΣ ΚΙΝΗΣΗΣ (ΦΟΥΑΓΙΕ)	8	4X18 (ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ)	14	3	1.153,15
ΓΡΑΜΜΑΤΕΙΑ ΣΕΜΦΕ (ΧΩΡΟΣ 1)	16	4X18 (ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ)	8	8	1.200,38
ΓΡΑΜΜΑΤΕΙΑ ΣΕΜΦΕ (ΧΩΡΟΣ 2)	14	4X18 (ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ)	8	8	2.128,9
ΓΡΑΜΜΑΤΕΙΑ ΣΕΜΦΕ (ΑΡΧΕΙΟ)		18 (ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ)	1	1	4,75
ΓΡΑΜΜΑΤΕΙΑ ΣΕΜΦΕ (ΓΚΙΣΕ)	11	4X18 (ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ)	8	8	1.672,7
ΧΩΡΟΣ ΚΙΝΗΣΗΣ (ΔΙΑΔΡΟΜΟΣ)	13	36 (ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ)	14	3	936,936
ΚΛΙΜΑΚΟΣΤΑΣΙΟ	1	2X36 (ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ)	14	3	144,144

Πίνακας 3 : Κατανάλωση Ηλεκτρικής Ενέργειας για φωτισμό στον 2^ο όροφο του Κτιρίου Α μέρος α'

ΧΩΡΟΣ	ΠΛΗΘΟΣ ΦΩΤΙΣΤΙΚΩΝ ΣΩΜΑΤΩΝ	ΙΣΧΥΣ 1 ΦΩΤΙΣΤΙΚΟΥ ΣΩΜΑΤΟΣ (W)	ΩΡΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ/ΜΕΡΑ: ΧΕΙΜΩΝΑΣ	ΩΡΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ/ΜΕΡΑ: ΚΑΛΟΚΑΙΡΙ	kWh/ΧΡΟΝΟ
ΑΙΘΟΥΣΑ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ 201	16	2X18 (ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ)	0	0	0
	6	75 (ΑΛΟΓΟΝΟΥ)			
ΑΙΘΟΥΣΑ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ 202	16	2X18 (ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ)	0	0	0
	6	75 (ΑΛΟΓΟΝΟΥ)			

Πίνακας 3 : Κατανάλωση Ηλεκτρικής Ενέργειας για φωτισμό στον 2^ο όροφο του Κτιρίου Α μέρος β'

ΧΩΡΟΣ	ΠΛΗΘΟΣ ΦΩΤΙΣΤΙΚΩΝ ΣΩΜΑΤΩΝ	ΙΣΧΥΣ 1 ΦΩΤΙΣΤΙΚΟΥ ΣΩΜΑΤΟΣ (W)	ΩΡΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ/ΜΕΡΑ: ΧΕΙΜΩΝΑΣ	ΩΡΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ/ΜΕΡΑ: ΚΑΛΟΚΑΙΡΙ	kWh/ΧΡΟΝΟ
ΔΙΑΔΡΟΜΟΣ	5	2X36 (ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ)	14	3	720,72
ΦΟΥΑΓΙΕ	9	4X18 (ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ)	14	3	1.297,3
ΧΩΡΟΣ ΚΙΝΗΣΗΣ	11	4X18 (ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ)	14	3	1.657,66
	1	36 (ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ)			
ΑΠΟΘΗΚΗ	1	36 (ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ)	1	1	9,5

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΗΜΜΥ (ΓΡΑΦΕΙΑ ΠΡΟΣΩΠΙΚΟΥ)	10	58 (ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ)	11	11	1.682,34
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΗΜΜΥ (ΓΡΑΦΕΙΑ ΠΡΟΣΩΠΙΚΟΥ)	11	58 (ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ)	11	11	1.852,75
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΗΜΜΥ (ΓΡΑΦΕΙΑ ΠΡΟΣΩΠΙΚΟΥ)	8	58 (ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ)	9	9	1.102,46
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΗΜΜΥ (ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΕΣ)	3	58 (ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ)	9	9	413,42
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΗΜΜΥ (ΑΙΘΟΥΣΑ)	8	58 (ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ)	1	1	122,5
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΗΜΜΥ ΓΡΑΜΜΑΤΕΙΑ	7	4X18 (ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ)	6	6	798,34
ΚΛΙΜΑΚΟΣΤΑΣΙΟ	1	2X36 (ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ)	14	3	144,14
BALLAST ΦΩΤΙΣΤΙΚΩΝ 25%					2.450,29
ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΑΝΑ ΕΤΟΣ					12.251,42
ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΕΓΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ					5.960W

Πίνακας 4 : Κατανάλωση Ηλεκτρικής Ενέργειας για φωτισμό στον 3^ο όροφο του κτιρίου Α

ΧΩΡΟΣ	ΠΛΗΘΟΣ ΦΩΤΙΣΤΙΚΩΝ ΣΩΜΑΤΩΝ	ΙΣΧΥΣ 1 ΦΩΤΙΣΤΙΚΟΥ ΣΩΜΑΤΟΣ (W)	ΩΡΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ/ΜΕΡΑ: ΧΕΙΜΩΝΑΣ	ΩΡΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ/ΜΕΡΑ: ΚΑΛΟΚΑΙΡΙ	kWh/ΧΡΟΝΟ
ΑΙΘΟΥΣΑ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ 301	16	2X18 (ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ)	9	6	1.963,76
	6	75 (ΑΛΟΓΟΝΟΥ)			
ΑΙΘΟΥΣΑ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ 302	16	2X18 (ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ)	8	6	1.850,9
	6	75 (ΑΛΟΓΟΝΟΥ)			
ΑΙΘΟΥΣΑ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ 303	16	2X18 (ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ)	5	3	1.007,95
	6	70 (ΑΛΟΓΟΝΟΥ)			
ΑΙΘΟΥΣΑ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ 304	16	2X18 (ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ)	0	0	0
	6	70 (ΑΛΟΓΟΝΟΥ)			
ΔΙΑΔΡΟΜΟΣ	9	2X36 (ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ)	14	3	2.450,45
	8	4X18 (ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ)			
ΦΟΥΑΓΙΕ	10	4X18 (ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ)	14	3	1.441,44
BALLAST ΦΩΤΙΣΤΙΚΩΝ 25%					2.178,63
ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΑΝΑ ΕΤΟΣ					10.893,13
ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΕΓΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ					7.485W

Πίνακας 5 : Κατανάλωση Ηλεκτρικής Ενέργειας για φωτισμό στο υπόγειο του Κτιρίου Α

ΧΩΡΟΣ	ΠΛΗΘΟΣ ΦΩΤΙΣΤΙΚΩΝ ΣΩΜΑΤΩΝ	ΙΣΧΥΣ 1 ΦΩΤΙΣΤΙΚΟΥ ΣΩΜΑΤΟΣ (W)	ΩΡΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ/ΜΕΡΑ: ΧΕΙΜΩΝΑΣ	ΩΡΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ/ΜΕΡΑ: ΚΑΛΟΚΑΙΡΙ	kWh/ΧΡΟΝΟ
ΑΠΟΘΗΚΗ	1	36 (ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ)	0	0	0
ΑΝΤΛΙΕΣ ΛΥΜΑΤΩΝ	2	36 (ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ)	24	24	456,19
ΚΥΚΛΟΦΟΡΗΤΕΣ	4	36 (ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ)	24	24	912,38
ΑΠΟΘΗΚΗ ΠΡΟΣΩΠΙΚΟΥ	1	36 (ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ)	1	1	9,5
ΑΡΧΕΙΟ ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ	-	-	-	-	-
ΦΟΙΤΗΤΙΚΗ ΠΑΡΑΤΑΞΗ	-	-	-	-	-
ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΔΙΚΤΥΟΥ	3	36 (ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ)	24	24	684,29
WC ΑΝΔΡΩΝ	5	2Χ9 (ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ)	14	14	717,02
	4	18 (ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ)			
	4	8 (ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ)			
WC ΓΥΝΑΙΚΩΝ	5	2Χ9 (ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ)	14	14	717,02
	4	18 (ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ)			
	4	8 (ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ)			
ΔΙΑΔΡΟΜΟΣ	7	2Χ36 (ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ)	14	3	1.009,01
ΧΩΡΟΣ ΚΙΝΗΣΗΣ	7	2Χ36 (ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ)	14	3	1.009,01
ΧΩΡΟΣ ΚΙΝΗΣΗΣ	2	36 (ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ)	24	24	456,19
ΚΛΙΜΑΚΟΣΤΑΣΙΟ	1	2Χ36 (ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ)	14	3	144,14
ΑΠΟΘΗΚΗ	1	36 (ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ)	24	24	228,1

BALLAST ΦΩΤΙΣΤΙΚΩΝ 25%					1.585,71
ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΑΝΑ ΕΤΟΣ					7.928,56
ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΕΓΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ					2.460W

Πίνακας 6 : Κατανάλωση Ηλεκτρικής Ενέργειας για φωτισμό στην απόληξη προς το δώμα του κτιρίου Α και νυχτερινός φωτισμός

ΧΩΡΟΣ	ΠΛΗΘΟΣ ΦΩΤΙΣΤΙΚΩΝ ΣΩΜΑΤΩΝ	ΙΣΧΥΣ 1 ΦΩΤΙΣΤΙΚΟΥ ΣΩΜΑΤΟΣ (W)	ΩΡΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ/ΜΕΡΑ: ΧΕΙΜΩΝΑΣ	ΩΡΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ/ΜΕΡΑ: ΚΑΛΟΚΑΙΡΙ	kWh/ΧΡΟΝΟ
ΚΛΙΜΑΚΟΣΤΑΣΙΟ	1	2X36 (ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ)	14	14	266,11
ΧΩΡΟΣ ΚΙΝΗΣΗΣ ΚΟΥΒΟΥΚΛΙΟΥ	1	2X36 (ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ)	14	14	266,11
BALLAST ΦΩΤΙΣΤΙΚΩΝ 25%					133,06
ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΑΝΑ ΕΤΟΣ					665,28
ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΕΓΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ					180W

ΟΡΟΦΗ-ΔΩΜΑ	3	250	12	9	2.029,5
ΠΕΡΙΜΕΤΡΙΚΑ ΤΗΣ ΟΡΟΦΗΣ ΤΟΥ ΙΣΟΓΕΙΟΥ	7	60	12	9	1.136,52
ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΑΝΑ ΕΤΟΣ					3.166,02
ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΕΓΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ					1.170

Πίνακας 7 : Κατανάλωση Ηλεκτρικής Ενέργειας για φωτισμό στο Αμφιθέατρο 1

ΧΩΡΟΣ	ΠΛΗΘΟΣ ΦΩΤΙΣΤΙΚΩΝ ΣΩΜΑΤΩΝ	ΙΣΧΥΣ 1 ΦΩΤΙΣΤΙΚΟΥ ΣΩΜΑΤΟΣ (W)	ΩΡΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ/ΜΕΡΑ: ΧΕΙΜΩΝΑΣ	ΩΡΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ/ΜΕΡΑ: ΚΑΛΟΚΑΙΡΙ	kWh/ΧΡΟΝΟ
ΚΥΡΙΟΣ ΧΩΡΟΣ ΑΜΦΙΘΕΑΤΡΟΥ	48	2X36 (ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ)	14	14	14.370,05
	24	18 (ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ)			
ΒΟΗΘΗΤΙΚΟΣ ΧΩΡΟΣ	4	4X18 (ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ)	1	1	76,03
WC	1	18 (ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ)	10	11	50,29
3 ΒΟΗΘΗΤΙΚΟΙ ΧΩΡΟΙ	5	4X18 (ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ)	0	0	0
ΥΠΟΓΕΙΟ (ΧΩΡΟΣ Κ.Κ.Μ)	3	36(ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ)	24	24	684,29
BALLAST ΦΩΤΙΣΤΙΚΩΝ 25%					3.795,17
ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΑΝΑ ΕΤΟΣ					18.975,83

ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΕΓΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ					5.827,7W
---	--	--	--	--	----------

Πίνακας 8 : Κατανάλωση Ηλεκτρικής Ενέργειας για φωτισμό στο Αμφιθέατρο 2

ΧΩΡΟΣ	ΠΛΗΘΟΣ ΦΩΤΙΣΤΙΚΩΝ ΣΩΜΑΤΩΝ	ΙΣΧΥΣ 1 ΦΩΤΙΣΤΙΚΟΥ ΣΩΜΑΤΟΣ (W)	ΩΡΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ/ΜΕΡΑ: ΧΕΙΜΩΝΑΣ	ΩΡΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ/ΜΕΡΑ: ΚΑΛΟΚΑΙΡΙ	kWh/ΧΡΟΝΟ
ΚΥΡΙΟΣ ΧΩΡΟΣ ΑΜΦΙΘΕΑΤΡΟΥ	34	2X36 (ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ)	14	14	11.243,23
	33	18 (ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ)			
ΒΟΗΘΗΤΙΚΟΣ ΧΩΡΟΣ (ΠΙΝΑΚΕΣ)	1	4X18 (ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ)	1	1	19,01
WC	1	18 (ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ)	11	10	49,5
ΒΟΗΘΗΤΙΚΟΣ ΧΩΡΟΣ	2	4X18 (ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ)	0	0	0
ΒΟΗΘΗΤΙΚΟΣ ΧΩΡΟΣ	3	4X18 (ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ)	11	10	594
ΥΠΟΓΕΙΟ (ΧΩΡΟΣ Κ.Κ.Μ)	4	36 (ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ)	24	24	912,38
BALLAST ΦΩΤΙΣΤΙΚΩΝ 25%					3.204,53
ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΑΝΑ ΕΤΟΣ					16.022,65
ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΕΓΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ					4.545

Πίνακας 9 : Κατανάλωση Ηλεκτρικής Ενέργειας για φωτισμό στο Αμφιθέατρο 3

ΧΩΡΟΣ	ΠΛΗΘΟΣ ΦΩΤΙΣΤΙΚΩΝ ΣΩΜΑΤΩΝ	ΙΣΧΥΣ 1 ΦΩΤΙΣΤΙΚΟΥ ΣΩΜΑΤΟΣ (W)	ΩΡΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ/ΜΕΡΑ: ΧΕΙΜΩΝΑΣ	ΩΡΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ/ΜΕΡΑ: ΚΑΛΟΚΑΙΡΙ	kWh/ΧΡΟΝΟ
ΚΥΡΙΟΣ ΧΩΡΟΣ ΑΜΦΙΘΕΑΤΡΟΥ	31	2X36 (ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ)	14	14	10.777,54
	38	18 (ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ)			
ΒΟΗΘΗΤΙΚΟΣ ΧΩΡΟΣ (ΠΙΝΑΚΕΣ)	1	4X18 (ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ)	1	1	19,01
WC	1	18 (ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ)	10	10	47,52
ΒΟΗΘΗΤΙΚΟΣ ΧΩΡΟΣ	2	4X18 (ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ)	0	0	0
ΒΟΗΘΗΤΙΚΟΣ ΧΩΡΟΣ	3	4X18 (ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ)	10	10	570,24
ΥΠΟΓΕΙΟ (Κ.Κ.Μ)	3	36 (ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ)	24	24	684,29
BALLAST ΦΩΤΙΣΤΙΚΩΝ 25%					3.024,65
ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΑΝΑ ΕΤΟΣ					15.123,25
ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΕΓΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ					4.342,5

Πίνακας 10 : Κατανάλωση Ηλεκτρικής Ενέργειας για φωτισμό στο Αμφιθέατρο 4

ΧΩΡΟΣ	ΠΛΗΘΟΣ ΦΩΤΙΣΤΙΚΩΝ ΣΩΜΑΤΩΝ	ΙΣΧΥΣ 1 ΦΩΤΙΣΤΙΚΟΥ ΣΩΜΑΤΟΣ (W)	ΩΡΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ/ΜΕΡΑ: ΧΕΙΜΩΝΑΣ	ΩΡΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ/ΜΕΡΑ: ΚΑΛΟΚΑΙΡΙ	kWh/ΧΡΟΝΟ
ΚΥΡΙΟΣ ΧΩΡΟΣ ΑΜΦΙΘΕΑΤΡΟΥ	87	2X36 (ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ)	14	14	24.083,14
	14	18 (ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ)			
WC ΑΝΔΡΩΝ	1	18 (ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ)	7	7	33,26
WC ΓΥΝΑΙΚΩΝ	1	18 (ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ)	7	7	33,26
2 ΒΟΗΘΗΤΙΚΟΙ ΧΩΡΟΙ	5	4X18 (ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ)	0	0	0
ΥΠΟΓΕΙΟ (Κ.Κ.Μ)	4	36 (ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ)	24	24	912,38
BALLAST ΦΩΤΙΣΤΙΚΩΝ 25%					6.265,51
ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΑΝΑ ΕΤΟΣ					31.327,55
ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΕΓΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ					8.820W

Πίνακας 11 : Κατανάλωση Ηλεκτρικής Ενέργειας για φωτισμό Πυλωτής

ΧΩΡΟΣ	ΠΛΗΘΟΣ ΦΩΤΙΣΤΙΚΩΝ ΣΩΜΑΤΩΝ	ΙΣΧΥΣ 1 ΦΩΤΙΣΤΙΚΟΥ ΣΩΜΑΤΟΣ (W)	ΩΡΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ/ΜΕΡΑ: ΧΕΙΜΩΝΑΣ	ΩΡΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ/ΜΕΡΑ: ΚΑΛΟΚΑΙΡΙ	kWh/ΧΡΟΝΟ
Γ.Ε ΤΜΗΜΑ 1	32	4X18 (ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ)	14	3	4.612,61
Γ.Ε ΤΜΗΜΑ 1Α	10	75 (ΑΛΟΓΟΝΟΥ)	14	14	2.905,06
	2	18 (ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ)			
Γ.Ε ΤΜΗΜΑ 1Β	-	-	-	-	-
Γ.Ε ΤΜΗΜΑ 2	16	4X18 (ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ)	14	3	2.306,3
Γ.Ε ΤΜΗΜΑ 3	6	4X18 (ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ)	14	3	864,86
Γ.Ε ΤΜΗΜΑ 4	12	4X18 (ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ)	14	3	1.729,73
Γ.Ε ΤΜΗΜΑ 5	14	4X18 (ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ)	14	3	2.018,02
Γ.Ε ΤΜΗΜΑ 6	12	4X18 (ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ)	14	3	1.729,73
Γ.Ε ΤΜΗΜΑ 7 (ΑΙΘΟΥΣΑ LEONARDO)	20	54 (ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ)	5	5	3.663,66
	10	75 (ΑΛΟΓΟΝΟΥ)			
ΥΠΟΓΕΙΟ	48	36 (ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ)	24	24	456,19

BALLAST ΦΩΤΙΣΤΙΚΩΝ 25%					5.071,53
ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΑΝΑ ΕΤΟΣ					25.357,63
ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΕΓΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ					11.040 W

Παράρτημα Β : Καταναλώσεις ηλεκτρικής ενέργειας από ηλεκτρικές συσκευές στο Κτίριο Α

Πίνακας 12 : Κατανάλωση Ηλεκτρικής Ενέργειας από συσκευές στο ισόγειο του Κτιρίου Α (Κυλικείο Σ.Ε.Μ.Φ.Ε) μέρος α΄

ΧΩΡΟΣ	ΕΙΔΟΣ	ΠΛΗΘΟΣ	ΙΣΧΥΣ ΣΥΣΚΕΥΗΣ (W)		ΩΡΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ/ΕΒΔΟΜΑΔΑ	kWh/ΧΡΟΝΟ
ΚΥΛΙΚΕΙΟ Σ.Ε.Μ.Φ.Ε ΚΑΤΑΨΥΚΤΗΣ	ELCOLD LABFREEZER LAB 51	1	728	(9,9 kWh/24hr) *	168	2.910,6
ΚΥΛΙΚΕΙΟ Σ.Ε.Μ.Φ.Ε ΚΑΤΑΨΥΚΤΗΣ	ELCOLD UNIFREEZER	2		650	168	9.172,8
ΚΑΤΑΨΥΚΤΗΣ	SHENO D500 DF	1		610	168	102,48
ΚΑΤΑΨΥΚΤΗΣ	CARAVELL	1		610	168	102,48
ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ	B&H INOMAK	1		700	168	4.762,8
ΜΗΧΑΝΗΜΑ ΓΙΑ ΠΑΓΑΚΙΑ	NSE C400S	1		1.200	168	8.467,2
ΚΕΝΤΡΙΚΟΣ ΧΩΡΟΣ Σ.Ε.Μ.Φ.Ε ΨΥΓΕΙΑ	FRIGOREX FV 100	2		(4 kWh/24hr)*	168	1.176
	FRIGOREX FVS 1200	1		(21,96 kWh/24hr)*	168	6.456,24
	ΣΤΟΦΑ	1		10.100	10	4.242

Πίνακας 12 : Κατανάλωση Ηλεκτρικής Ενέργειας από συσκευές στο ισόγειο του Κτιρίου Α (Κυλικείο Σ.Ε.Μ.Φ.Ε) μέρος β'

ΧΩΡΟΣ	ΕΙΔΟΣ	ΠΛΗΘΟΣ	ΙΣΧΥΣ ΣΥΣΚΕΥΗΣ (W)	ΩΡΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ/ΕΒΔΟΜΑΔΑ	kWh/ΧΡΟΝΟ
ΚΕΝΤΡΙΚΟΣ ΧΩΡΟΣ Σ.Ε.Μ.Φ.Ε	ΒΙΤΡΙΝΕΣ ΜΠΟΥΦΕ (ΘΕΡ/ΝΗ)	2	3.100	55	7.161
	ΒΙΤΡΙΝΑ ΜΠΟΥΦΕ (ΜΕ ΨΥΞΗ)	1	415	55	958,65
	ΤΟΣΤΙΕΡΕΣ	2	3.000	5	630
	ΜΗΧΑΝΗ ΓΑΛΛΙΚΟΥ ΚΑΦΕ	1	2.100	30	2.646
	ΦΡΑΠΠΕΡΑ	2	350	5	73,5
	ΜΗΧΑΝΗ ESPRESSO	1	6.000	10	2.520
	ΤΑΜΕΙΑΚΗ ΜΗΧΑΝΗ	1			
ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΑΝΑ ΕΤΟΣ					51.381,75

* Οι πληροφορίες αυτές προέκυψαν από το εγχειρίδιο λειτουργίας της συγκεκριμένης συσκευής)

Πίνακας 13 : Κατανάλωση Ηλεκτρικής Ενέργειας από συσκευές στον 1^ο όροφο του Κτιρίου Α (Γραμματεία Σ.Ε.Μ.Φ.Ε)

ΧΩΡΟΣ	ΕΙΔΟΣ	ΠΛΗΘΟΣ	ΙΣΧΥΣ ΣΥΣΚΕΥΗΣ (W)	ΩΡΕΣ	kWh/ΧΡΟΝΟ
				ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ/ΕΒΔΟΜΑΔΑ	
ΓΡΑΦΕΙΟ 1	ΤΗΛΕΦΩΝΟ	2	3	168	21,17
	ΦΩΤΟΤΥΠΙΚΟ	1	1.440 (Max)	5	355,95
			65 (Power save mode)	10	
			25 (Sleep mode)	25	
ΓΡΑΦΕΙΟ 2	ΤΗΛΕΦΩΝΟ	1	3	168	21,17
	ΦΩΤΟΤΥΠΙΚΟ	1	1.440 (Max)	5	355,95
			65 (Power save mode)	10	
			25 (Sleep mode)	25	
ΓΡΑΦΕΙΟ 3	ΤΗΛΕΦΩΝΟ	1	3	168	21,17
ΓΡΑΦΕΙΟ 4	ΤΗΛΕΦΩΝΟ	1	3	168	21,17
ΓΡΑΦΕΙΟ 5	ΤΗΛΕΦΩΝΟ	1	3	168	21,17

ΓΡΑΦΕΙΟ 6	ΤΗΛΕΦΩΝΟ	1	3	168	21,17
ΓΡΑΦΕΙΟ 7	ΤΗΛΕΦΩΝΟ	1	3	168	21,17
ΓΡΑΦΕΙΟ 8	ΤΗΛΕΦΩΝΟ	1	3	168	21,17
ΓΡΑΦΕΙΟ 9	ΤΗΛΕΦΩΝΟ	1	3	168	21,17
ΜΠΑΝΙΟ	ΦΟΥΡΝΟΣ ΜΙΚΡΟΚΥΜΑΤΩΝ	1	1.100	5	231
	ΨΥΓΕΙΟ	1	100	168	705,6
	ΨΥΓΕΙΟ	1	110	168	776,16
	ΚΑΦΕΤΙΕΡΑ	1	1.010	10	424,2
	ΤΟΣΤΙΕΡΑ	1	640	5	134,4
	ΜΑΤΙ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ (ΜΙΚΡΟ)	1	450	2	37,8
ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΑΝΑ ΕΤΟΣ					3.211,59

Πίνακας 14 : Κατανάλωση Ηλεκτρικής Ενέργειας από ηλεκτρικές συσκευές στον 2^ο όροφο του Κτιρίου Α (Εργαστήριο Η.Μ.Μ.Υ)

ΧΩΡΟΣ	ΕΙΔΟΣ	ΠΛΗΘΟΣ	ΙΣΧΥΣ ΣΥΣΚΕΥΗΣ (W)	ΩΡΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ/ΕΒΔΟΜΑΔΑ	kWh/ΧΡΟΝΟ
ΓΡΑΦΕΙΑ ΠΡΟΣΩΠΙΚΟΥ (ΧΩΡΟΣ 222-224)	ΨΥΓΕΙΟ	1	85	168	599,76
	ΦΟΥΡΝΑΚΙ	1	800	1	33,6
	ΜΑΤΙ	1	450	2	37,8
	ΕΣΠΡΕΣΣΙΕΡΑ	1	1.200	1	50,4
	ΚΑΦΕΤΙΕΡΑ	1	900	10	378
	ΑΝΕΜΙΣΤΗΡΑΣ	1	100	40	168
ΓΡΑΦΕΙΑ ΠΡΟΣΩΠΙΚΟΥ (ΧΩΡΟΣ 220-221)	ΤΗΛΕΦΩΝΟ	2	3	168	42,34
(ΓΡΑΦΕΙΑ ΠΡΟΣΩΠΙΚΟΥ (ΧΩΡΟΣ 217,218)	ΑΝΕΜΙΣΤΗΡΑΣ ΕΞΑΕΡΙΣΜΟΥ	1	10	5	2,1
	ΦΩΤΟΤΥΠΙΚΟ	1	1.440 (Max)	5	374,85
			65 (Power save mode)	15	
			25 (Sleep mode)	30	
ΑΙΘΟΥΣΑ (ΧΩΡΟΣ 216)	-	-	-	-	-
ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΑΝΑ ΕΤΟΣ					1.686,85

Παράρτημα Δ : Καταναλώσεις Ηλεκτρικής Ενέργειας (fan coil & A/C) για Θέρμανση Κτιρίου Α και Θέρμανση-Ψύξη Αμφιθεάτρων

Πίνακας 18 : Κατανάλωση Ηλεκτρικής Ενέργειας για Κλιματιστικά Σώματα (A/C) στο Κτίριο Α

ΧΩΡΟΣ	ΕΙΔΟΣ A/C	ΠΛΗΘΟΣ	ΙΣΧΥΣ ΣΥΣΚΕΥΗΣ (W)	ΩΡΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ/ΕΒΔΟΜΑΔΑ	kWh/ΧΡΟΝΟ
SERVER	DAIKIN	1	1.100	84	3880,8
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΣΗΜΜΥ (ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΕΣ)	DAIKIN	1	1.450	40	1972
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΣΗΜΜΥ (ΑΙΘΟΥΣΑ)	DAIKIN	1	1.450	2	98,6
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΣΗΜΜΥ (ΓΡΑΜΜΑΤΕΙΑ)	DAIKIN	1	1.450	30	1.479
ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΑΝΑ ΕΤΟΣ		4			7.430,4

Πίνακας 19 : Κατανάλωση Ηλεκτρικής Ενέργειας για Fan coils στο Κτιρίου Α

ΧΩΡΟΣ	ΕΙΔΟΣ FANCOIL	ΠΛΗΘΟΣ	ΙΣΧΥΣ ΣΥΣΚΕΥΗΣ (W)	ΩΡΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ/ΕΒΔΟΜΑΔΑ (17 εβδομάδες μόνο θέρμανση)	kWh/ΧΡΟΝΟ
ΥΠΟΓΕΙΟ					
ΑΝΔΡΙΚΕΣ ΤΟΥΑΛΕΤΕΣ	200	1	106	60	108,12
ΓΥΝΑΙΚΕΙΕΣ ΤΟΥΑΛΕΤΕΣ	200	1	106	60	108,12
ΣΥΝΟΛΟ Υπ.		2			216,24
ΙΣΟΓΕΙΟ					
ΣΤΕΚΙ ΦΟΙΤΗΤΩΝ	200	1	106	25	45,05
ΣΥΝΟΛΟ ΙΣ.		1			45,05
Α ΟΡΟΦΟΣ					
ΑΙΘΟΥΣΑ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ 101	300	5	106	-	-
ΦΟΥΑΓΙΕ	600	2	190	10	64,6
ΣΥΝΟΛΟ Α Ορ.		7			64,06
Β ΟΡΟΦΟΣ					
ΑΙΘΟΥΣΑ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ 201	200	3	106	-	-
	300	2	106		
ΑΙΘΟΥΣΑ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ 202	200	3	106	-	-
	600	2	190		

ΔΙΑΔΡΟΜΟΣ	300	4	106	10	168,64
	800	2	284		
ΦΟΥΑΓΙΕ	600	2	190	10	64,6
ΣΥΝΟΛΟ Β Ορ.		18			233,24
Γ ΟΡΟΦΟΣ					
ΑΙΘΟΥΣΑ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ 301	300	3	106	45	533,97
	600	2	190		
ΑΙΘΟΥΣΑ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ 302	300	5	106	40	360,4
ΑΙΘΟΥΣΑ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ 303	300	5	106	40	360,4
ΑΙΘΟΥΣΑ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ 304	300	3	106	-	-
	600	2	190		
ΔΙΑΔΡΟΜΟΣ	400	8	183	20	690,88
	800	2	284		
ΦΟΥΑΓΙΕ	600	2	190	10	64,6
ΣΥΝΟΛΟ Γ Ορ.		32			2.010,17
ΚΥΚΛΟΦΟΡΗΤΗΣ ΚΤΙΡΙΟΥ Α	Ηλεκτρικός Κινητήρας AEG	1	3.730	60	3.804,6
Κ.Κ.Μ	Fyrogenis S360W	1	3.730	60	3.804,6
ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ					7.609,2

ΚΛΙΜΑΤΙΣΤΙΚΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ					
ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΣΤΟ ΚΤΙΡΙΟ	ΣΥΝΟΛΟ Υπ.+ΣΥΝΟΛΟ ΙΣ.+ΣΥΝΟΛΟ Α Ορ.+ΣΥΝΟΛΟ Β Ορ.+ΣΥΝΟΛΟ Γ Ορ. +ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ Κλιμ. Εγκ.=				10.177,96

Πίνακας 20 : Κατανάλωση Ηλεκτρικής Ενέργειας για θέρμανση από ηλεκτρικές συσκευές στο κτίριο Α

ΧΩΡΟΣ	ΣΥΣΚΕΥΗ	ΠΛΗΘΟΣ	ΙΣΧΥΣ ΣΥΣΚΕΥΗΣ (W)	ΩΡΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ/ΕΒΔΟΜΑΔΑ (17 εβδομάδες θέρμανση 15 εβδομάδες ψύξη)	kWh/ΧΡΟΝΟ
ΓΡΑΜΜΑΤΕΙΑ ΧΩΡΟΣ 1	ΚΛΙΜΑΤΙΣΤΙΚΗ ΜΟΝΑΔΑ	1	7.900	-	-
ΓΡΑΜΜΑΤΕΙΑ ΧΩΡΟΣ 2	ΚΥΚΛΟΦΟΡΗΤΗΣ	1	746	-	-
	ΚΚΜ	1	746	-	-
ΓΡΑΜΜΑΤΕΙΑ ΓΡΑΦΕΙΟ 4	ΣΟΜΠΑ ΑΛΟΓΟΝΟΥ	1	800	10	336
ΓΡΑΜΜΑΤΕΙΑ ΓΡΑΦΕΙΟ 6	ΣΟΜΠΑ ΑΛΟΓΟΝΟΥ	1	2.000	10	840

ΓΡΑΜΜΑΤΕΙΑ ΓΡΑΦΕΙΟ 7	ΘΕΡΜΑΝΤΙΚΟ ΣΩΜΑ	1	800	10	336
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΣΗΜΜΥ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΕΣ (ΧΩΡΟΣ 219)	ΣΟΜΠΑ ΑΛΟΓΟΝΟΥ	1	2.000	13	1.092
ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΑΝΑ ΕΤΟΣ					2.604

Πίνακας 21 : Κατανάλωση Ηλεκτρικής Ενέργειας για θέρμανση και ψύξη στο Αμφιθέατρο 1

ΧΩΡΟΣ	ΣΥΣΚΕΥΗ	ΤΥΠΟΣ	ΙΣΧΥΣ ΣΥΣΚΕΥΗΣ (W)	kWh/ΧΡΟΝΟ	Θέρμανση	Ψύξη
Υπόγειο Αμφιθεάτρου 1	Κ.Κ.Μ	Fyrogenis S 200	2.200	3.267	1.749	1.518
	ΚΥΚΛΟΦΟΡΗΤΗΣ	ΑΕΓ	2.200	3.916	2.244	1.672
ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΑΝΑ ΕΤΟΣ				7.183	3.993	3.190

Πίνακας 22 : Κατανάλωση Ηλεκτρικής Ενέργειας για θέρμανση και ψύξη στο Αμφιθέατρο 2

ΧΩΡΟΣ	ΣΥΣΚΕΥΗ	ΤΥΠΟΣ	ΙΣΧΥΣ ΣΥΣΚΕΥΗΣ (W)	kWh/ΧΡΟΝΟ	Θέρμανση	Ψύξη
Υπόγειο Αμφιθεάτρου 2	Κ.Κ.Μ	Fyrogenis F 48	2.200	3.267	1.749	1.518
	ΚΥΚΛΟΦΟΡΗΤΗΣ	AEG	2.200	4.224	2.244	1.980
ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΑΝΑ ΕΤΟΣ				7.491	3.993	3.498

Πίνακας 23 : Κατανάλωση Ηλεκτρικής Ενέργειας για θέρμανση και ψύξη στο Αμφιθέατρο 3

ΧΩΡΟΣ	ΣΥΣΚΕΥΗ	ΤΥΠΟΣ	ΙΣΧΥΣ ΣΥΣΚΕΥΗΣ (W)	kWh/ΧΡΟΝΟ	Θέρμανση	Ψύξη
Υπόγειο Αμφιθεάτρου 3	Κ.Κ.Μ	Interklima MD09	2.200	3.168	1.650	1.518
	ΚΥΚΛΟΦΟΡΗΤΗΣ	AEG	2.200	4.224	2.244	1.980
ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΑΝΑ ΕΤΟΣ				7.392	3.894	3.498

Πίνακας 24 : Κατανάλωση Ηλεκτρικής Ενέργειας για θέρμανση και ψύξη στο Αμφιθέατρο 4

ΧΩΡΟΣ	ΣΥΣΚΕΥΗ	ΤΥΠΟΣ	ΙΣΧΥΣ ΣΥΣΚΕΥΗΣ (W)	kWh/ΧΡΟΝΟ		
					Θέρμανση	Ψύξη
Υπόγειο Αμφιθεάτρου 4	Κ.Κ.Μ	Fyrogenis MF 48	2.200	3.124	1.452	1.672
	ΚΥΚΛΟΦΟΡΗΤΗΣ	ΑΕΓ	2.200	4.224	2.244	1.980
ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΑΝΑ ΕΤΟΣ				7.348	3.696	3.652

Παράτημα Ε : Ψυκτικά φορτία και αντίστοιχες καταναλώσεις ηλεκτρικής ενέργειας της Ψυκτικής μονάδας ανά αμφιθέατρο.

Πίνακας 25 : Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας της μονάδας ψύξης για το αμφιθέατρο 1 μια τυπική καλοκαιρινή εβδομάδα

ΩΡΑ	ΑΜΦ_1	Δευτέρα	Τρίτη	Τετάρτη	Πέμπτη	Παρασκευή	λ	λ*78,3kw*1h
7 π.μ	6	6	6	6	6	6	1,9	1,49
8 π.μ	23	23	23	23	23	23	7,4	5,79
9 π.μ	26	26	26	26	26	26	8,3	6,5
10 π.μ	29	29	29	29	29	29	9,3	7,28
11 π.μ	32	32	32	32	32	32	10,3	8,06
12 π.μ	35	35	35	35	35	35	11,2	8,77
1 μ.μ	38	38	38	38	38	38	12,2	9,55
2 μ.μ	41	41	41	41	41	41	13,2	10,34
3 μ.μ	41	41	41	41	41	41	13,2	10,34
4 μ.μ	39	39	39	39	39	39	12,5	9,79
5 μ.μ	41	41	41	41	41	41	13,2	10,34
6 μ.μ	39	39	39	39	39	39	12,5	9,79
7 μ.μ	36	36	36	36	36	36	11,6	9,08
Ημερήσια κατανάλωση		99,84	60,84	40,16	60,84	60,84		107,12
Συνολική εβδομαδιαία κατανάλωση		226,33						

Πίνακας 26 : Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας της μονάδας ψύξης για το αμφιθέατρο 2 για μια τυπική καλοκαιρινή εβδομάδα

ΩΡΑ	ΑΜΦ_2	Δευτέρα	Τρίτη	Τετάρτη	Πέμπτη	Παρασκευή	λ	λ*78,3kw*1h
7 π.μ	3	3	3	3	3	3	1	0,78
8 π.μ	14	14	14	14	14	14	4,5	3,52
9 π.μ	18	18	18	18	18	18	5,8	4,54
10 π.μ	22	22	22	22	22	22	7,1	5,56
11 π.μ	27	27	27	27	27	27	8,7	6,81
12 π.μ	31	31	31	31	31	31	9,9	7,75
1 μ.μ	34	34	34	34	34	34	10,9	8,53
2 μ.μ	38	38	38	38	38	38	12,2	9,55
3 μ.μ	39	39	39	39	39	39	12,5	9,79
4 μ.μ	37	37	37	37	37	37	11,9	9,32
5 μ.μ	37	37	37	37	37	37	11,9	9,32
6 μ.μ	34	34	34	34	34	34	10,9	8,53
7 μ.μ	29	29	29	29	29	29	9,3	7,28
Ημερήσια κατανάλωση		71,17	52,53	33,19	52,53	16,91		91,28
Συνολική εβδομαδιαία κατανάλωση		226,33						

Πίνακας 27 : Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας της μονάδας ψύξης για το αμφιθέατρο 3 για μια τυπική καλοκαιρινή εβδομάδα

ΩΡΑ	ΑΜΦ 3	Δευτέρα	Τρίτη	Τετάρτη	Πέμπτη	Παρασκευή	λ	λ*78,3kw*1h
7 π.μ	1	1	1	1	1	1	0,3	0,23
8 π.μ	10	10	10	10	10	10	3,2	2,51
9 π.μ	14	14	14	14	14	14	4,5	3,52
10 π.μ	17	17	17	17	17	17	5,5	4,31
11 π.μ	21	21	21	21	21	21	6,7	5,25
12 π.μ	24	24	24	24	24	24	7,7	6,03
1 μ.μ	27	27	27	27	27	27	8,7	6,81
2 μ.μ	32	32	32	32	32	32	10,3	8,06
3 μ.μ	33	33	33	33	33	33	10,6	8,3
4 μ.μ	30	30	30	30	30	30	9,6	7,52
5 μ.μ	30	30	30	30	30	30	9,6	7,52
6 μ.μ	27	27	27	27	27	27	8,7	6,81
7 μ.μ	23	23	23	23	23	23	7,4	5,79
Ημερήσια κατανάλωση		49,8	42,28	25,92	69,92	49,8		72,66
Συνολική εβδομαδιαία κατανάλωση		237,72						

Πίνακας 28: Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας της μονάδας ψύξης για το αμφιθέατρο 4 μια τυπική καλοκαιρινή εβδομάδα

ΩΡΑ	ΑΜΦ 4	Δευτέρα	Τρίτη	Τετάρτη	Πέμπτη	Παρασκευή	λ	λ*78,3kw*1h
7 π.μ	3	3	3	3	3	3	1	0,78
8 π.μ	12	12	12	12	12	12	3,9	3,05
9 π.μ	16	16	16	16	16	16	5,1	3,99
10 π.μ	20	20	20	20	20	20	6,4	5,01
11 π.μ	23	23	23	23	23	23	7,4	5,79
12 π.μ	27	27	27	27	27	27	8,7	6,81
1 μ.μ	30	30	30	30	30	30	9,6	7,52
2 μ.μ	34	34	34	34	34	34	10,9	8,53
3 μ.μ	34	34	34	34	34	34	10,9	8,53
4 μ.μ	32	32	32	32	32	32	10,3	8,06
5 μ.μ	32	32	32	32	32	32	10,3	8,06
6 μ.μ	30	30	30	30	30	30	9,6	7,52
7 μ.μ	26	26	26	26	26	26	8,3	6,5
Ημερήσια κατανάλωση		39,37	14,79	20,12	0	37,18		80,15
Συνολική εβδομαδιαία κατανάλωση		111,46						

Πίνακας 29 : Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας της μονάδας ψύξης για το αμφιθέατρο 1 ,μια τυπική εβδομάδα εξετάσεων

ΩΡΑ	ΑΜΦ_1	Δευτέρα	Τρίτη	Τετάρτη	Πέμπτη	Παρασκευή	λ	λ*78,3kw*1h
7 π.μ	6	6	6	6	6	6	1,9	1,49
8 π.μ	35	35	35	35	35	35	11,2	8,77
9 π.μ	38	38	38	38	38	38	12,2	9,55
10 π.μ	42	42	42	42	42	42	13,5	10,57
11 π.μ	46	46	46	46	46	46	14,8	11,59
12 π.μ	49	49	49	49	49	49	15,7	12,29
1 μ.μ	53	53	53	53	53	53	17	13,31
2 μ.μ	56	56	56	56	56	56	18	14,09
3 μ.μ	56	56	56	56	56	56	18	14,09
4 μ.μ	52	52	52	52	52	52	16,7	13,08
5 μ.μ	56	56	56	56	56	56	18	14,09
6 μ.μ	54	54	54	54	54	54	17,3	13,55
7 μ.μ	50	50	50	50	50	50	16	12,53
8 μ.μ	47	47	47	47	47	47	15,1	11,82
Ημερήσια κατανάλωση		150,56	150,56	150,56	150,56	150,56		149
Συνολική εβδομαδιαία κατανάλωση		752,8						

Πίνακας 30 : Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας της μονάδας ψύξης για το αμφιθέατρο 2 ,μια τυπική εβδομάδα εξετάσεων

ΩΡΑ	ΑΜΦ_2	Δευτέρα	Τρίτη	Τετάρτη	Πέμπτη	Παρασκευή	λ	λ*78,3kw*1h
7 π.μ	3	3	3	3	3	3	1	0,78
8 π.μ	33	33	33	33	33	33	10,6	8,3
9 π.μ	37	37	37	37	37	37	11,9	9,32
10 π.μ	41	41	41	41	41	41	13,2	10,34
11 π.μ	46	46	46	46	46	46	14,8	11,59
12 π.μ	50	50	50	50	50	50	16	12,53
1 μ.μ	53	53	53	53	53	53	17	13,31
2 μ.μ	57	57	57	57	57	57	18,3	14,33
3 μ.μ	56	56	56	56	56	56	18	14,09
4 μ.μ	52	52	52	52	52	52	16,7	13,08
5 μ.μ	56	56	56	56	56	56	18	14,09
6 μ.μ	53	53	53	53	53	53	17	13,31
7 μ.μ	49	49	49	49	49	49	15,7	12,29
8 μ.μ	45	45	45	45	45	45	14,4	11,28
Ημερήσια κατανάλωση		149,56	149,56	149,56	149,56	149,56		147,36
Συνολική εβδομαδιαία κατανάλωση		747,8						

Πίνακας 31 : Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας της μονάδας ψύξης για το αμφιθέατρο 3 ,μια τυπική εβδομάδα εξετάσεων

ΩΡΑ	ΑΜΦ_3	Δευτέρα	Τρίτη	Τετάρτη	Πέμπτη	Παρασκευή	λ	λ*78,3kw*1h
7 π.μ	3	1	1	1	1	1	9,9	7,75
8 π.μ	31	31	31	31	31	31	10,9	8,53
9 π.μ	34	34	34	34	34	34	12,2	9,55
10 π.μ	38	38	38	38	38	38	13,2	10,34
11 π.μ	41	41	41	41	41	41	14,4	11,28
12 π.μ	45	45	45	45	45	45	15,4	12,06
1 μ.μ	48	48	48	48	48	48	16,7	13,08
2 μ.μ	52	52	52	52	52	52	16,4	12,84
3 μ.μ	51	51	51	51	51	51	14,8	11,59
4 μ.μ	46	46	46	46	46	46	16	12,53
5 μ.μ	50	50	50	50	50	50	15,4	12,06
6 μ.μ	48	48	48	48	48	48	15,4	12,06
7 μ.μ	43	43	43	43	43	43	13,8	10,81
8 μ.μ	40	40	40	40	40	40	12,8	10,02
Ημερήσια κατανάλωση		138,22	138,22	138,22	138,22	138,22		144,48
Συνολική εβδομαδιαία κατανάλωση		691,1						

Πίνακας 32 : Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας της μονάδας ψύξης για το αμφιθέατρο 4 ,μια τυπική εβδομάδα εξετάσεων

ΩΡΑ	ΑΜΦ 4	Δευτέρα	Τρίτη	Τετάρτη	Πέμπτη	Παρασκευή	λ	λ*78,3kw*1h
7 π.μ	3	3	3	3	3	3	1	0,78
8 π.μ	42	42	42	42	42	42	13,5	10,57
9 π.μ	45	45	45	45	45	45	14,4	11,28
10 π.μ	49	49	49	49	49	49	15,7	12,29
11 π.μ	53	53	53	53	53	53	17	13,31
12 π.μ	57	57	57	57	57	57	18,3	14,33
1 μ.μ	59	59	59	59	59	59	18,9	14,8
2 μ.μ	63	63	63	63	63	63	20,2	15,82
3 μ.μ	61	61	61	61	61	61	19,6	15,35
4 μ.μ	55	55	55	55	55	55	17,6	13,78
5 μ.μ	61	61	61	61	61	61	19,6	15,35
6 μ.μ	59	59	59	59	59	59	18,9	14,8
7 μ.μ	56	56	56	56	56	56	18	14,09
8 μ.μ	53	53	53	53	53	53	17	13,31
Ημερήσια κατανάλωση		154,18	154,18	154,18	154,18	154,18		166,55
Συνολική εβδομαδιαία κατανάλωση		770,9						

Παράρτημα ΣΤ : Μέθοδος Υπολογισμού ψυκτικών φορτίων Carrier.

1. Εξωτερικοί τοίχοι

$$Q_i = K \times A \times D_{te_i}$$

όπου:

Q_i : Το φορτίο κατά την ώρα i

i : Οι ώρες της ημέρας

K : Θερμική αγωγιμότητα τοίχου

A : Το εμβαδόν της επιφάνειας του τοίχου

D_{te_i} : Η ισοδύναμη θερμοκρασιακή διαφορά για την ώρα i

Η ισοδύναμη θερμοκρασιακή διαφορά παίρνεται από πίνακες ανάλογα με το βάρος του τοίχου και τον προσανατολισμό του. Οι Τιμές του πίνακα διορθώνονται σύμφωνα με συντελεστή διόρθωσης (και το χρώμα του τοίχου).

για σκούρο χρώμα: $D_{te_i} = (D_{tem_i} + D)$

για ενδιάμεσο χρώμα: $D_{te_i} = 0.78 \times (D_{tem_i} + D) + 0.22 \times (D_{tes_i} + D)$

για ανοικτό χρώμα: $D_{te_i} = 0.55 \times (D_{tem_i} + D) + 0.45 \times (D_{tes_i} + D)$

όπου:

D: Ο συντελεστής διόρθωσης τοίχων

Dtemi: Ισοδύναμη θερμοκρασιακή διαφορά ανάλογα με τον προσανατολισμό και το βάρος, για τοίχο εκτεθειμένο σε ήλιο

Dtes i: Ισοδύναμη θερμοκρασιακή διαφορά από πίνακα, ανάλογα με το βάρος, για τοίχο σκιασμένο (Βόρειος προσανατολισμός)

Αν ο τοίχος είναι σκιασμένος, τότε το σκιασμένο τμήμα του τοίχου υπολογίζεται με ισοδύναμη θερμοκρασιακή διαφορά (Dtes i + D) ενώ το υπόλοιπο τμήμα με την θερμοκρασιακή διαφορά που αναφέρθηκε παραπάνω δηλαδή:

$$Q_i = (K \times D_{te\ i} \times R_e) + [K \times (D_{tes\ i} + D) \times R_{es}]$$

όπου:

Re: Επιφάνεια εκτεθειμένη στον ήλιο

Res: Σκιασμένη επιφάνεια

2. Οροφές

Ο υπολογισμός των φορτίων από οροφές είναι αντίστοιχος με τον υπολογισμό των εξωτερικών τοίχων, χρησιμοποιώντας διαφορετικό πίνακα ισοδύναμων θερμοκρασιακών διαφορών.

3. Εσωτερικοί τοίχοι

Ο υπολογισμός των φορτίων από εσωτερικούς τοίχους προκύπτει από τον πολλαπλασιασμό της θερμικής αγωγιμότητας του τοίχου με το εμβαδόν της επιφάνειας του τοίχου και με την ισοδύναμη διαφορά θερμοκρασίας για κάθε ώρα.

$$Q_i = K \times A \times Dt_i$$

όπου:

Q_i : Το φορτίο κατά την ώρα i

i : Οι ώρες της ημέρας 8πμ-6μμ

K : Θερμική αγωγιμότητα τοίχου

A : Το εμβαδόν της επιφάνειας του τοίχου

Dt_i : Η ισοδύναμη θερμοκρασιακή διαφορά

σε μη κλιματιζόμενους χώρους για την ώρα i

4. Δάπεδα

Τα φορτία από τα δάπεδα υπολογίζονται από τον παρακάτω τύπο:

$$Q = K \times A \times Dt$$

όπου:

Q: Το υπολογιζόμενο φορτίο

K: Η θερμική αγωγιμότητα του δαπέδου

A: Το εμβαδόν της επιφάνειας του δαπέδου

Dt: Η διαφορά της θερμοκρασίας του κλιματιζόμενου χώρου από τη θερμοκρασία εδάφους (θεωρείται σταθερή)

5. Ανοίγματα

Τα φορτία από τα ανοίγματα προκύπτουν από το άθροισμα των φορτίων από θερμική αγωγιμότητα και των φορτίων από ακτινοβολία.

$$Q_i = Q_{ki} + Q_{ai}$$

όπου:

Q_i: Το συνολικό φορτίο από τα ανοίγματα κατά την ώρα i

Q_{ki}: Το φορτίο λόγω θερμικής αγωγιμότητας κατά την ώρα i

Q_{ai}: Το φορτίο λόγω ακτινοβολίας κατά την ώρα i

Το φορτίο λόγω θερμικής αγωγιμότητας (Q_{ki}) δίνεται από τον παρακάτω τύπο:

$$Q_{ki} = K \times A \times D_{ti}$$

όπου:

i: Οι ώρες της ημέρας

K: Η θερμική αγωγιμότητα του ανοίγματος

A: Το εμβαδόν της επιφάνειας του ανοίγματος

D_{ti}: Η ισοδύναμη θερμοκρασιακή διαφορά

για αγωγιμότητα ανοιγμάτων κατά την ώρα i.

Ο υπολογισμός της ισοδύναμης θερμοκρασιακής διαφοράς για αγωγιμότητα ανοιγμάτων (D_{ti}) αναφέρεται αναλυτικά στα γενικά στοιχεία της μελέτης.

Το φορτίο λόγω ακτινοβολίας προκύπτει από τον πολλαπλασιασμό της επιφάνειας του ανοίγματος με το ηλιακό θερμικό κέρδος μέσα από κοινό τζάμι διορθωμένο κατά τους απαραίτητους συντελεστές:

$$Q_{ai} = [A \times D_i \times E_{Sout\ i} \times E_{Sin} \times S_1 \times S_2 \times [1 + (A_t \times 0.007 / 300)] \times [1 + [(19.5 - T_{adp}) \times 0.005 / 4]]] + [A \times D_{es\ i} \times (1 - E_{Sout\ i}) \times E_{Sin} \times S_1 \times S_2 \times [1 + (A_t \times 0.007 / 300)] \times [1 + [(19.5 - T_{adp}) \times 0.005 / 4]]]$$

όπου:

i: Οι ώρες της ημέρας 8πμ-6μμ

A: Το εμβαδόν της επιφάνειας του ανοίγματος

Di: Το ηλιακό θερμικό κέρδος μέσα από κοινό τζάμι, για τον δοθέντα προσανατολισμό

Desi: Το ηλιακό θερμικό κέρδος μέσα από κοινό σκιασμένο τζάμι (βόρειος προσανατολισμός)

ESouti: Ο συντελεστής εξωτερικής σκίασης

ESin: Ο συνολικός συντελεστής για ηλιακό θερμικό κέρδος μέσα από τζάμια με ή χωρίς μηχανισμό σκίασης

S1: Ο συντελεστής αυτός εξαρτάται από το πλαίσιο του ανοίγματος. Έχει τιμή 1 για τζάμια με ξύλινο πλαίσιο και 1.17 για τζάμια χωρίς πλαίσιο ή μεταλλικό πλαίσιο

S2: Συντελεστής που εξαρτάται από την ύπαρξη ή όχι ομίχλης. Έχει τιμή 1 για περιοχή χωρίς ομίχλη και τιμή 0.90 για περιοχή με ομίχλη

At: Το υψόμετρο στο οποίο βρίσκεται το κτίριο

Tadp: Η τιμή του σημείου δρόσου

6. Φορτία φωτισμού

Τα φορτία λόγω φωτισμού υπολογίζονται από τον παρακάτω τύπο:

$$Q_{fi} = (F1_i \times 1.25 \times 0.86) + (F2_i \times 0.86)$$

όπου:

Q_{fi} : Το φορτίο φωτισμού κατά την ώρα i

$F1_i$: Η ισχύς των λαμπτήρων φθορισμού κατά την ώρα i

$F2_i$: Η ισχύς των λαμπτήρων πυράκτωσης κατά την ώρα i

7. Υπολογισμός φορτίων ατόμων

Το θερμικό φορτίο από τα άτομα διακρίνεται σε αισθητό και λανθάνον. Οι σχέσεις υπολογισμού είναι οι παρακάτω:

k

$$Q_{ai} = \sum_{j=1}^k F_{aj} \times N_{ji}$$

$j=1$

k

$$Q_{li} = \sum_{j=1} F_{lj} \times N_{ji}$$

$j=1$

όπου:

Q_{ai} : Το αισθητό φορτίο από τα άτομα την ώρα i

Q_{li} : Το λανθάνον φορτίο από τα άτομα την ώρα i

j : Ο τύπος βαθμού ενεργητικότητας των ατόμων σύμφωνα με τον πίνακα της Carrier.

F_{aj} : Το αισθητό φορτίο ενός ατόμου βαθμού ενεργητικότητας j που εξαρτάται από την θερμοκρασία ξηρού βολβού του χώρου

F_{lj} : Το λανθάνον φορτίο ενός ατόμου βαθμού ενεργητικότητας j . Εξαρτάται από την θερμοκρασία ξηρού βολβού του χώρου

N_{ji} : Ο αριθμός των ατόμων βαθμού ενεργητικότητας j που βρίσκονται στο χώρο κατά την ώρα i

Ανάλογα με τον βαθμό ενεργητικότητας και την εσωτερική θερμοκρασία του κλιματιζόμενου χώρου, τα λανθάνοντα και αισθητά φορτία λαμβάνονται από τον αντίστοιχο [πίνακα βαθμού ενεργητικότητας ατόμων](#).

Πίνακας 33 : Βαθμός ενεργητικότητας ατόμων

Βαθμός Ενεργητικότητας Ατόμων	Αισθητά και Λανθάνοντα Φορτία Ατόμων (σε Kcal/h) ανάλογα με εσωτερική θερμοκρασία χώρου									
	T=23,5		T=24,5		T=25,5		T=26,5		T=27,5	
Εσ. Θερμοκρασία										
Αισθητό και Λανθάνον	A	Λ	A	Λ	A	Λ	A	Λ	A	Λ
Καθισμένοι σε ακινησία	60	26	56	30	52	34	48	38	44	52
Καθισμένοι σε ελαφρά εργασία	64	39	59	44	55	48	50	53	46	57
Καθισμένοι, τρώγοντας	76	69	70	75	65	80	60	85	55	90
Δουλειά Γραφείου	76	54	70	60	65	65	60	70	55	75
Ιστάμενοι ή περπατώντας αργά	90	70	83	77	77	83	71	89	65	95
Καθιστική	100	98	93	105	86	112	79	119	73	125

εργασία (Εργοστ.)										
Ελαφρά εργασία (Εργοστάσιο)	100	160	93	167	86	174	79	181	73	187
Μέτριος Χορός	120	202	111	211	103	219	95	227	87	235
Βαρεία εργασία (Εργοστάσιο)	165	240	153	252	142	263	131	274	121	284
Βαρεία εργασία (Γυμναστήριο)	187	263	173	277	160	290	147	303	135	315

8. Φορτία συσκευών

Όπως το φορτίο από τα άτομα έτσι και το φορτίο από τις συσκευές διακρίνεται σε αισθητό και λανθάνον. Οι σχέσεις υπολογισμού είναι οι παρακάτω:

k

$$Q_a = (\sum F_{aj} \times N_j) + Q_1$$

$j=1$

k

$$Ql = (\sum_{j=1}^k Flj \times Nj) + Q2$$

$j=1$

όπου:

Qa : Το συνολικό αισθητό φορτίο από συσκευές

Ql : Το συνολικό λανθάνον φορτίο από συσκευές

j : Ο τύπος της συσκευής σύμφωνα με τον πίνακα 7

Faj : Το αισθητό φορτίο μίας συσκευής τύπου j

Flj : Το λανθάνον φορτίο μίας συσκευής τύπου j

Nj : Ο αριθμός των συσκευών τύπου j που λειτουργούν στο χώρο

$Q1$: Συνολικό αισθητό φορτίο από συσκευές που δεν περιέχονται στους πίνακες

$Q2$: Συνολικό λανθάνον φορτίο από συσκευές που δεν περιέχονται στους πίνακες

Ειδικότερα, τα θερμικά κέρδη για τις διάφορες Συσκευές (σε kcal/h), λαμβάνονται από ειδικούς πίνακες.

Πίνακας 34 : Θερμικά Κέρδη Συσκευών (σε kcal/h)

ΕΙΔΟΣ ΣΥΣΚΕΥΗΣ	Αισθητό Φορτίο	Λανθάνον Φορτίο
	<i>(kcal/h)</i>	<i>(kcal/h)</i>
Μικρή αερίου	500	125
Μεγάλη αερίου	1.500	400
Ηλεκτρική 300 W	400	200
Ηλεκτρική 1 KW	600	150
Ηλεκτρική 2 KW	1.200	300
Ηλεκτρική 4 KW	2.000	800
Κινητήρας 1/4 HP	200	-
Κινητήρας 1 HP	700	-
Κινητήρας 5 HP	3.000	-

9. Φορτία από χαραμάδες

Τα φορτία αυτά λαμβάνονται υπόψη μόνο όταν δεν υπάρχουν στο χώρο εναλλαγές αέρα από κλιματιστικές συσκευές και υπολογίζονται από τον παρακάτω τύπο:

n

$$Q_i = \left(\sum_{j=1}^n P_j \times a_j \times b \right) \times D t_i$$

j=1

όπου:

Q_i : Το συνολικό φορτίο από χαραμάδες την ώρα i

P_j : Η περίμετρος του ανοίγματος j

n: Ο αριθμός των ανοιγμάτων

a_j : Ο συντελεστής διείσδυσης του αέρα για το άνοιγμα j . Εξαρτάται από τον τύπο του ανοίγματος

b : Συντελεστής που εξαρτάται από την έκθεση του κτιρίου σε ανέμους, το λόγο της επιφάνειας των εξωτερικών ανοιγμάτων προς την επιφάνεια των εσωτερικών ανοιγμάτων και τη θέση του ανοιγμάτων. Η τιμή του κυμαίνεται από 0.24 έως 1.6

D_{ti} : Η διαφορά της εξωτερικής από την εσωτερική θερμοκρασία ξηρού βολβού κατά την ώρα i

10. Αερισμός

Ο υπολογισμός αυτός αφορά την εισαγωγή εξωτερικού αέρα για αερισμό των κλιματιζόμενων χώρων. Το φορτίο του αερισμού διακρίνεται σε αισθητό και σε λανθάνον, και υπολογίζεται από τους παρακάτω τύπους:

$$Q_{ai} = 0.29 \times V \times n \times D_{ti}$$

$$Q_{li} = 0.71 \times V \times n \times D_g$$

όπου:

Q_{ai} : Το αισθητό φορτίο αερισμού την ώρα i

Q_{li} : Το λανθάνον φορτίο αερισμού την ώρα i

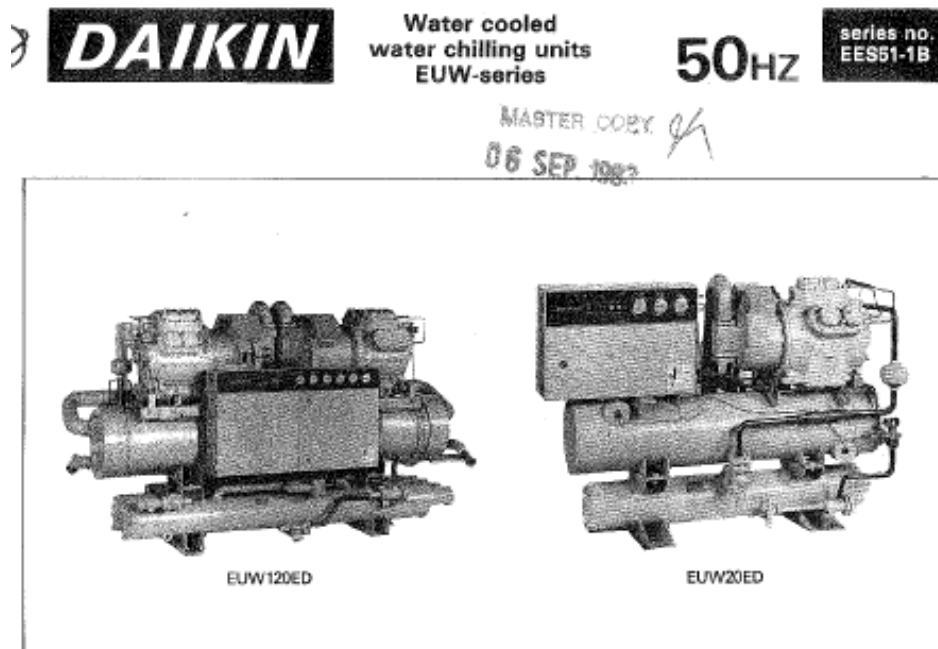
V : Ο όγκος του χώρου

n : Ο αριθμός εναλλαγών αέρα ανά ώρα

D_{ti} : Η διαφορά της εξωτερικής από την εσωτερική θερμοκρασία ξηρού βολβού κατά την ώρα i

Dg: Η διαφορά της εξωτερικής από την εσωτερική απόλυτη υγρασία. Η διαφορά αυτή θεωρείται σταθερή για όλες τις ώρες υπολογισμού.

Παράρτημα Η : Πίνακας Δεδομένων Ψυκτικής Μονάδας



Πίνακας 35 : Δεδομένα λειτουργίας ψυκτικής μονάδας για συγκεκριμένες συνθήκες λειτουργίας από το Data book της Daikin .

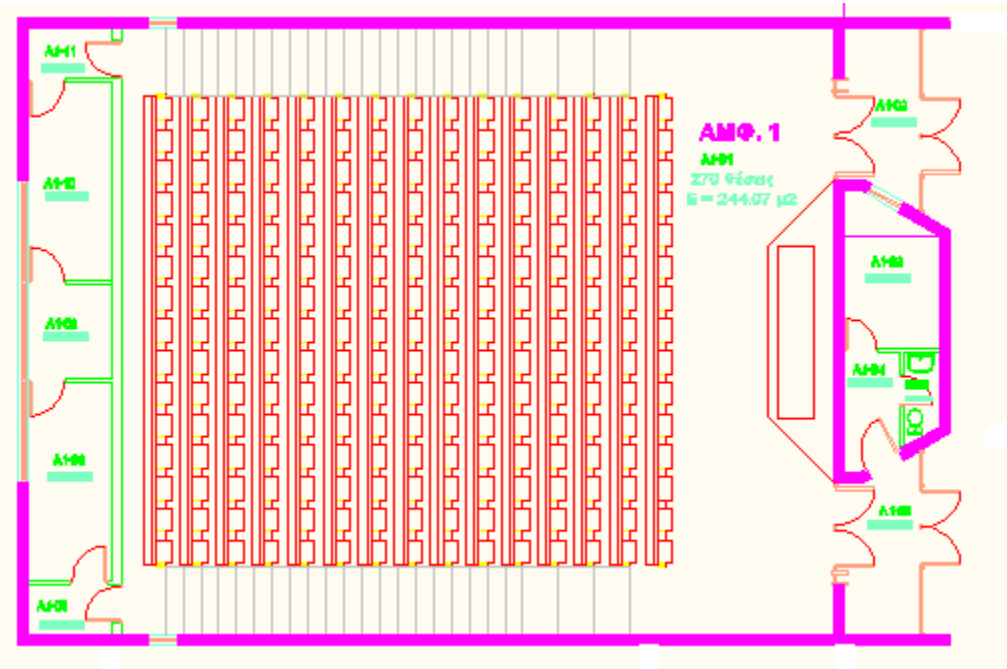
ODEL	Leaving Chilled Water temperature (°C)																
	LWTC	5				7				9				11			
		CAP	PI	WFE	WFC	CAP	PI	WFE	WFC	CAP	PI	WFE	WFC	CAP	PI	WFE	WFC
EUW100ED	25	286570	68.2	868	1046	306310	69.5	928	1108	326850	70.6	990	1174	348180	71.4	1055	1240
	30	266630	72.2	808	996	285880	73.9	866	1058	305860	75.3	926	1122	326550	76.4	989	1188
	35	249200	76.3	755	952	268000	78.3	811	1014	287020	80.0	869	1078	306890	81.5	930	1142
	37	242730	77.9	735	938	261000	80.0	790	998	279890	81.9	848	1060	299390	83.5	907	1124
	40	233410	80.3	707	916	251150	82.6	761	976	269470	84.7	816	1036	288340	86.6	873	1098

Symbols:

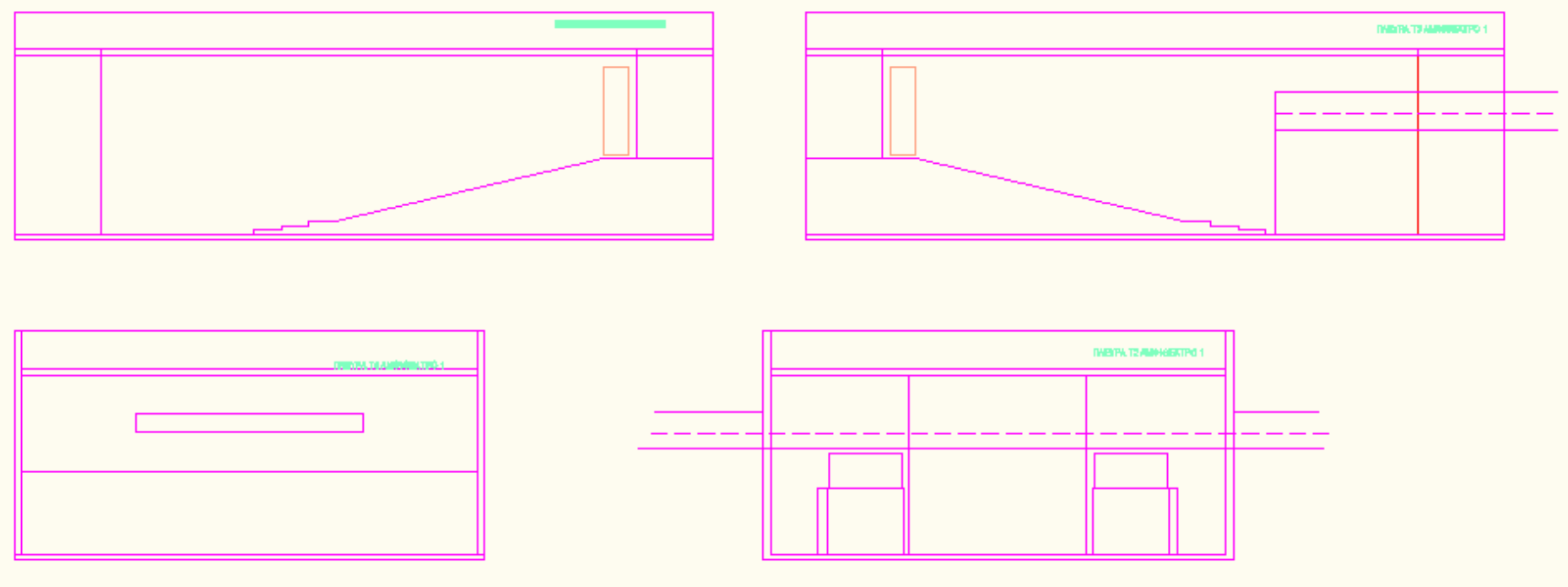
- WTC : Leaving condenser water temperature (°C)
- CAP : Cooling capacity (kcal/h)
- PI : Power input (kW)
- WFE : Chilled water flow rate (l/min.)
- WFC : Condenser water flow rate (l/min.)

Παράρτημα Θ : Κατόψεις των κτιρίων

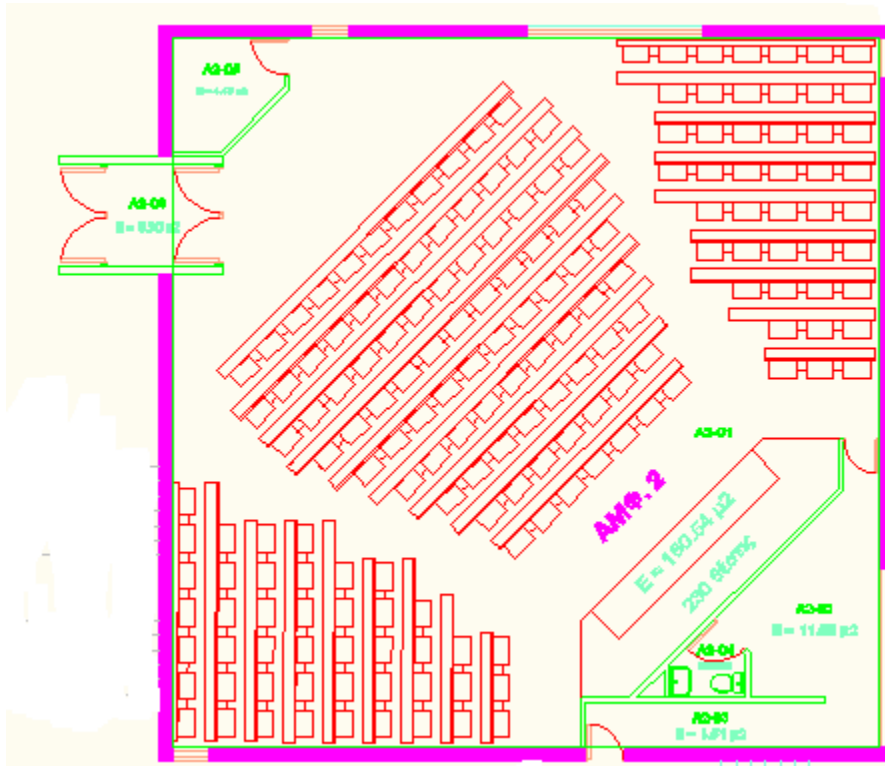
Κάτοψη Αμφιθέατρου 1



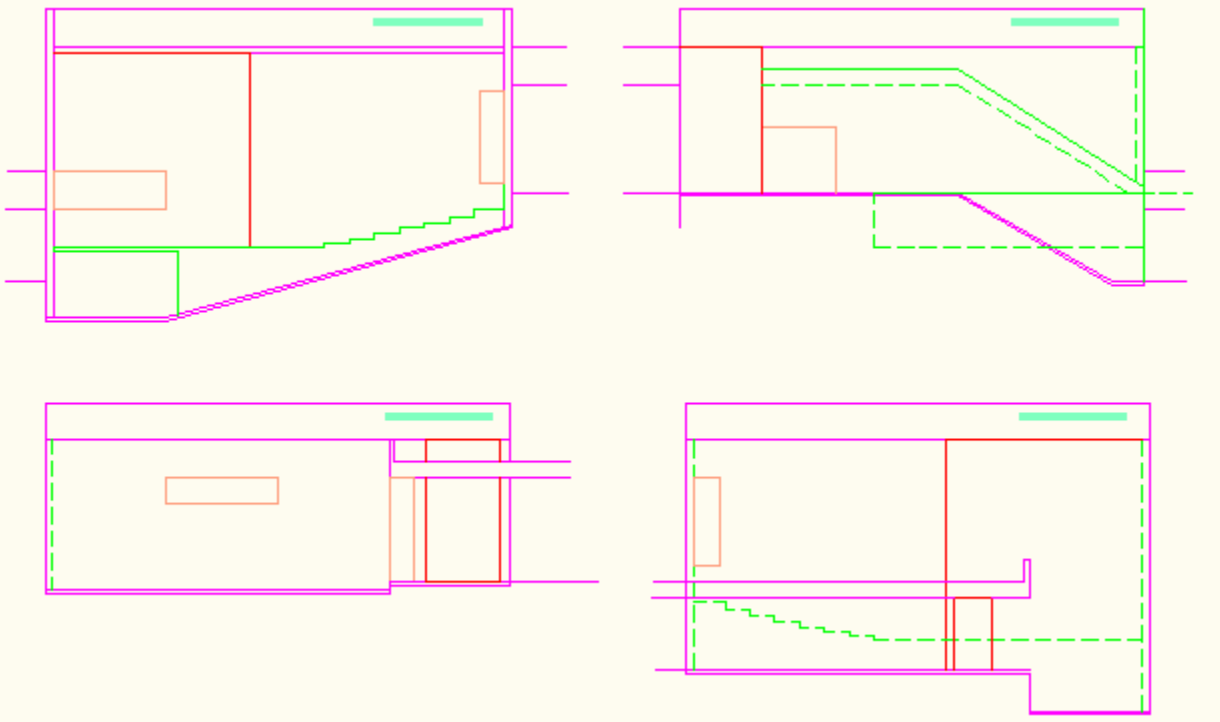
Πλευρικές όψεις Αμφιθέατρου 1



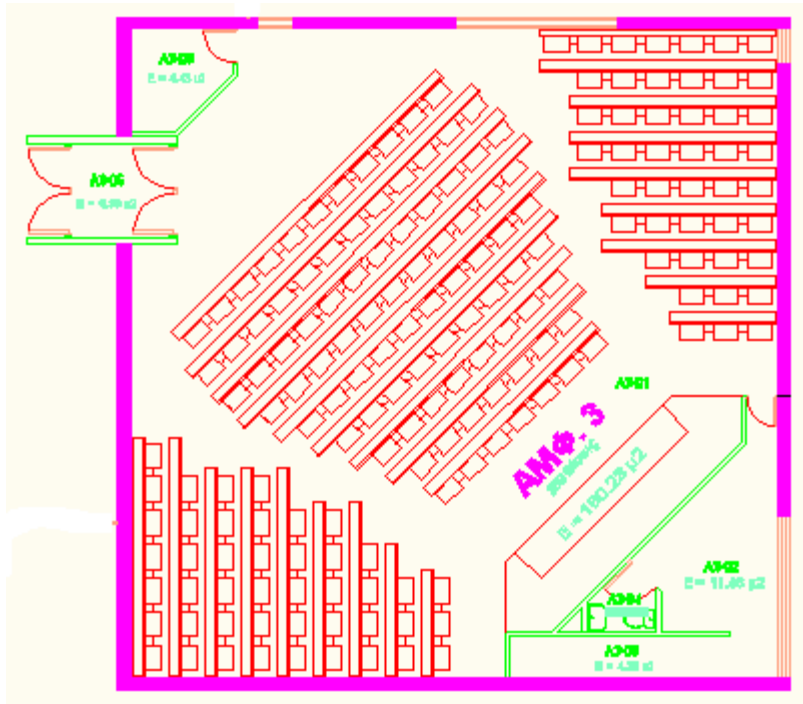
Κάτοψη Αμφιθέατρου 2



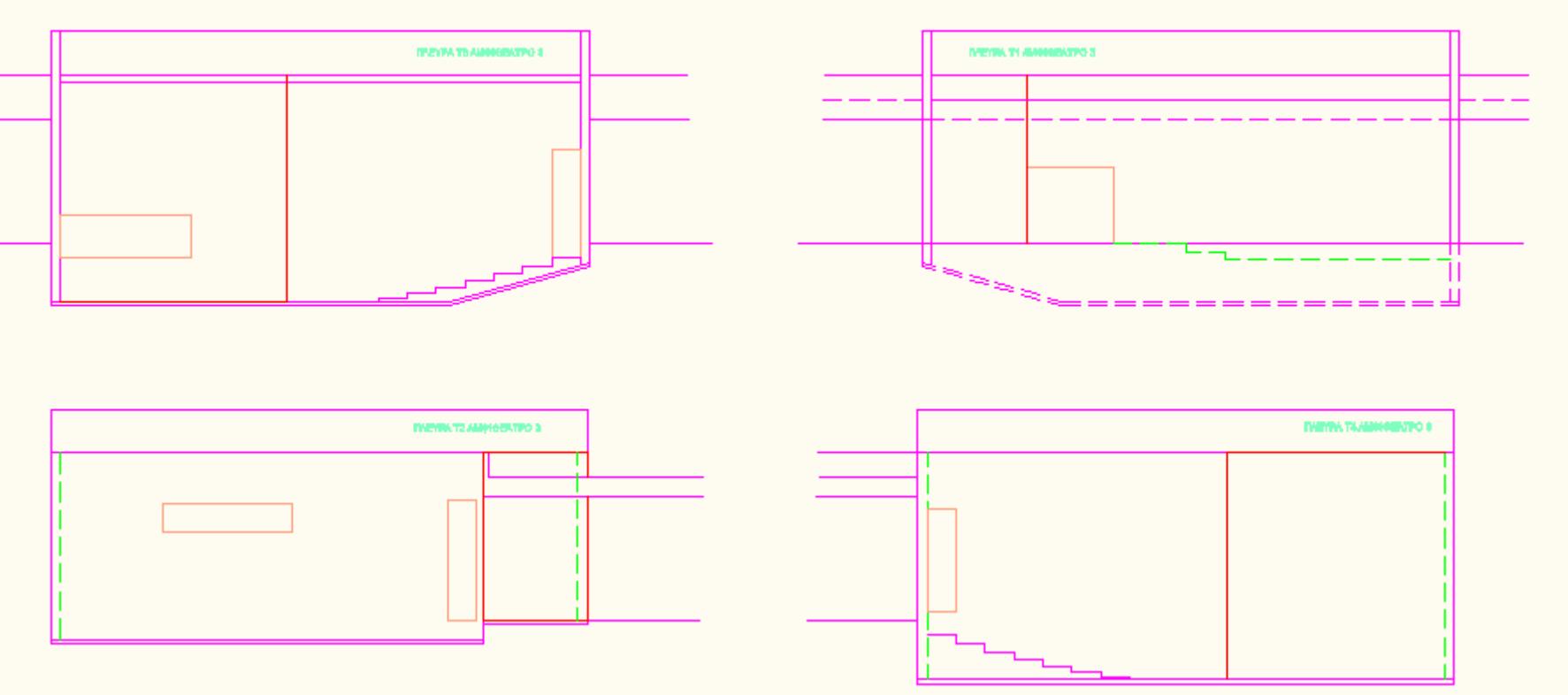
Πλευρικές όψεις Αμφιθέατρου 2



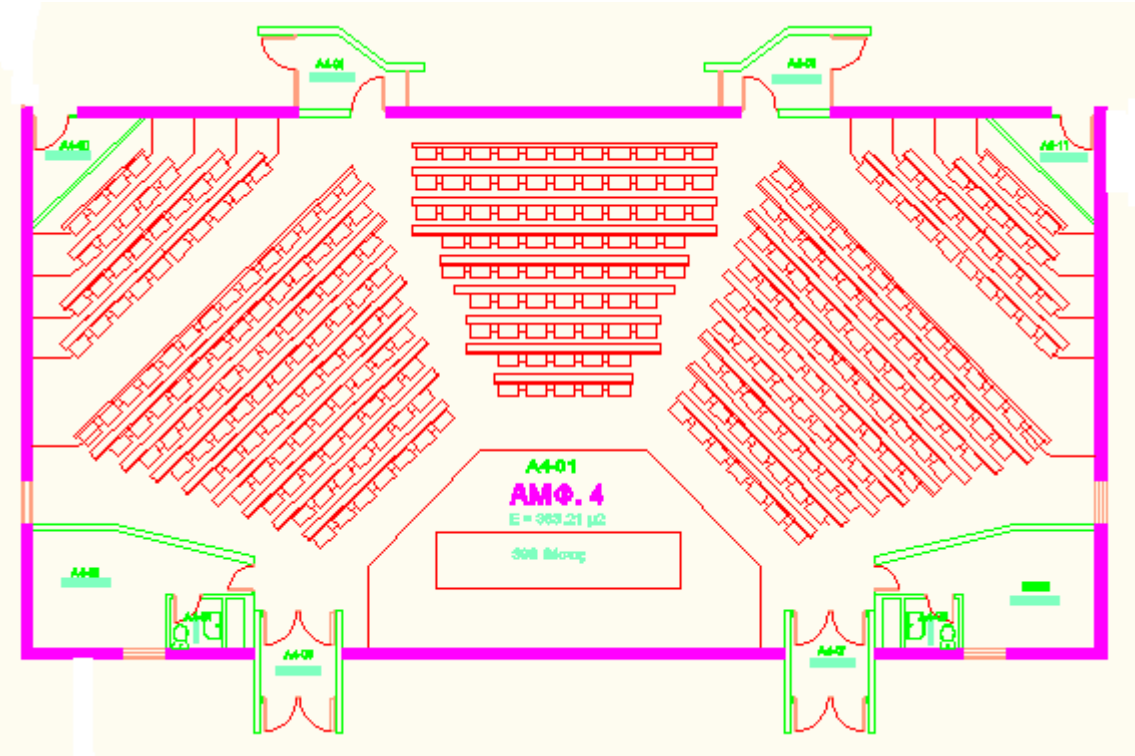
Κάτοψη Αμφιθέατρου 3



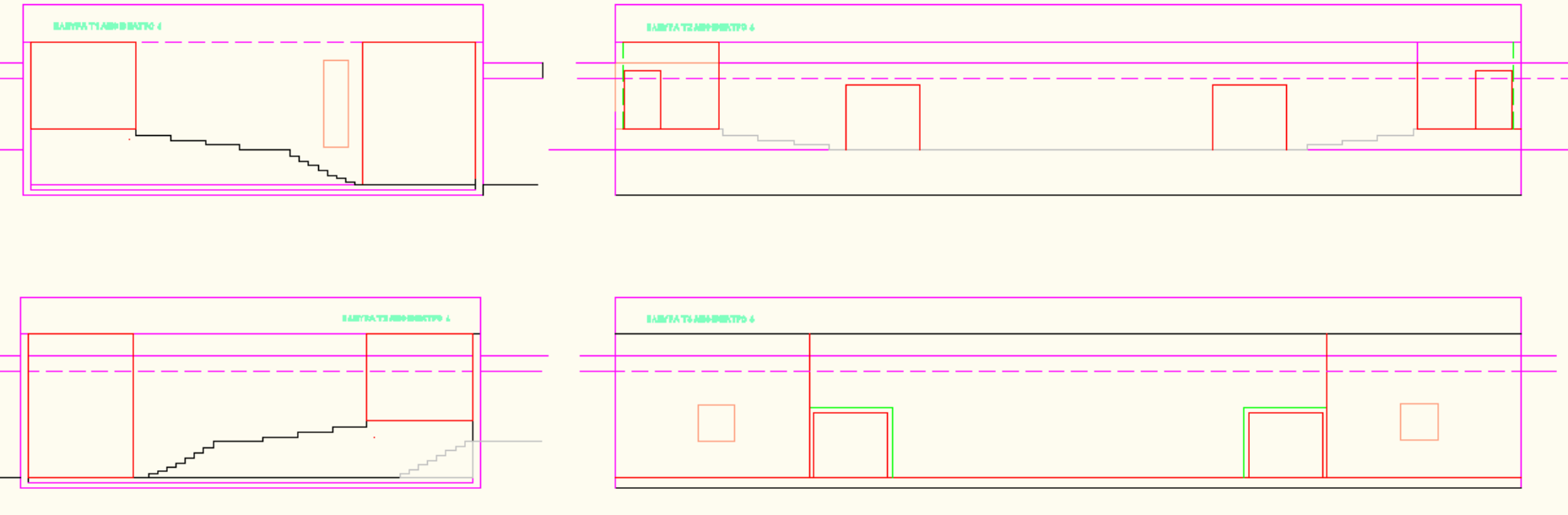
Πλευρικές όψεις Αμφιθέατρου 3



Κάτοψη Αμφιθέατρου 4

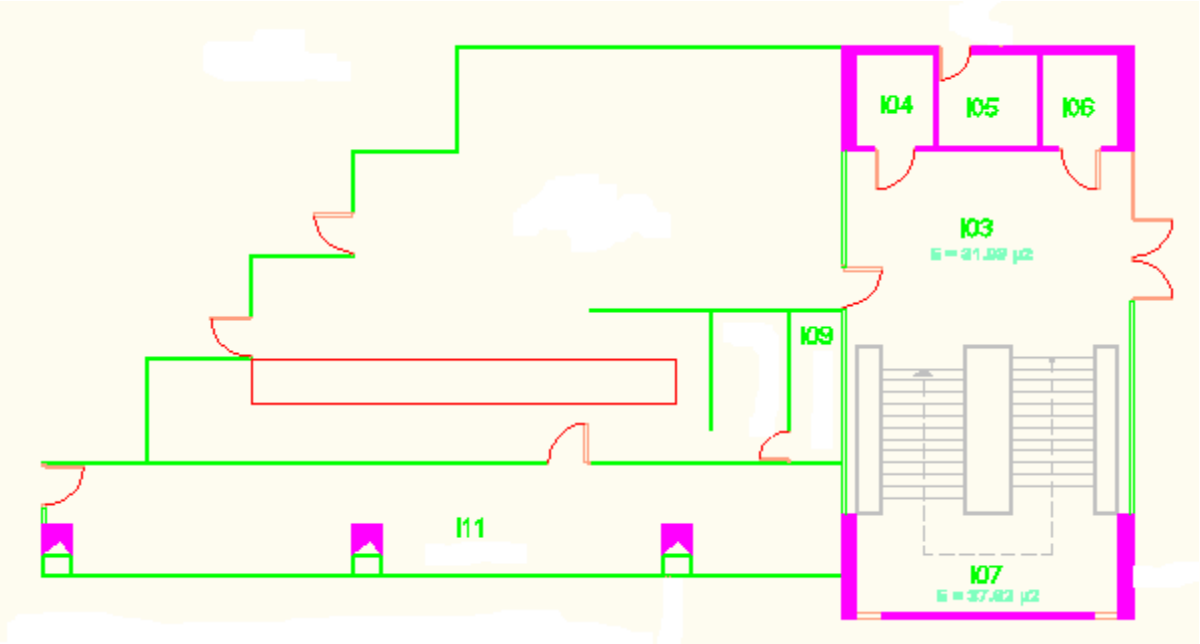


Πλευρικές όψεις Αμφιθέατρου 4



Κάτοψη Κτιρίου Α

Κάτοψη Ισογείου



Κάτοψη Δώματος

