



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

Ενεργειακή Επιθεώρηση σε Νοσοκομειακή Μονάδα

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Παπασταματίου Ηλίας

Επιβλέπων : Ιωάννης Ψαρράς
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Οκτώβρης 2011



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

Ενεργειακή Επιθεώρηση σε Νοσοκομειακή Μονάδα

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Παπασταματίου Ηλίας

Επιβλέπων : Ιωάννης Ψαρράς
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την 18^η Οκτώβρη 2011.

.....
Ιωάννης Ψαρράς
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

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

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

Αθήνα, Οκτώβρης 2011

.....

Παπασταματίου Ηλίας

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

Copyright © ΠΑΠΑΣΤΑΜΑΤΙΟΥ ΗΛΙΑΣ, 2011

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

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

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

Περίληψη

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

Στη χώρα μας, ο κτιριακός τομέας, σε σύγκριση με άλλες Ευρωπαϊκές χώρες, βρίσκεται προβλημάτων λόγω της απουσίας στοιχειωδών μέτρων στα περισσότερα κτίρια και ιδιαίτερα σε όσα ανεγέρθησαν πριν το 1979, οπότε και ετέθη σε εφαρμογή ο πρώτος κανονισμός θερμομόνωσης. Σε μια προσπάθεια να αντιστραφεί αυτή η κατάσταση, το 2010 εκδόθηκε ο Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης των Κτιρίων (KENAK) καθορίζοντας την επίσημη διαδικασία ενεργειακής επιθεώρησης στην Ελλάδα.

Τα νοσοκομεία παρουσιάζουν μια από τις υψηλότερες καταναλώσεις ενέργειας στον τριτογενή τομέα εξαιτίας των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών τους, όπως μεγάλο μέγεθος κτιρίων, συνεχής λειτουργία καθ' όλη τη διάρκεια του χρόνου, διατήρηση εσωτερικής θερμοκρασίας και ταυτόχρονη λειτουργία πολλών ιατρικών μηχανημάτων. Μάλιστα, η ενεργειακή τους κατανάλωση ανά μονάδα επιφανείας είναι ιδιαίτερα υψηλή και, σε πολλές περιπτώσεις, υπερδιπλάσια σε σχέση με τα υπόλοιπα δημόσια κτίρια. Γι' αυτό το λόγο, στην παρούσα διπλωματική εργασία γίνεται εφαρμογή της μεθόδου Ενεργειακής Επιθεώρησης Κτιρίων σε Νοσοκομειακή Μονάδα, όπως αυτή ορίζεται από τον Κανονισμό.

Η εργασία αποτελείται από τρία κύρια μέρη. Στο πρώτο αναλύονται τα κεντρικά συστήματα θέρμανσης, αερισμού και κλιματισμού καθώς και δράσεις βελτίωσης της ενεργειακής τους αποδοτικότητας. Στο δεύτερο μέρος παρουσιάζεται η ενεργειακή επιθεώρηση που πραγματοποιήθηκε στο παράρτημα του Νοσοκομείου «Παίδων Παναγιώτη και Αγλαΐας Κυριακού» στην περιοχή των Αθηνών. Η διαδικασία της επιθεώρησης άφορα την καταγραφή του εξοπλισμού και των ενεργειακών καταναλώσεων του κτιρίου, τον υπολογισμό του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας του κτιριακού κελύφους, τη διεξαγωγή μετρήσεων με θερμοκάμερα, αναλυτή καυσαερίων και αναλυτή ηλεκτρικής ενέργειας και την ανάλυση των αποτελεσμάτων. Στο τρίτο μέρος προτείνονται δράσεις για την ενεργειακή βελτίωση του κτιρίου και αξιολογούνται με οικονομικά κριτήρια. Για την διευκόλυνση της αξιολόγησης των προτάσεων αναπτύχθηκε εφαρμογή που υπολογίζει την Καθαρή Παρούσα Αξία για κινητά τηλέφωνα με λειτουργικό σύστημα Android.

Λέξεις Κλειδιά: Κεντρικά Συστήματα Κλιματισμού, Ενεργειακή Επιθεώρηση, Ενεργειακή Αποδοτικότητα, Εξοικονόμηση Ενέργειας σε Νοσοκομειακή Μονάδα, Προσδιορισμός Συντελεστών Θερμοπερατότητας, Θερμοκάμερα, Αναλυτής καυσαερίων, Αναλυτής Ηλεκτρικής Ενέργειας, Επεμβάσεις Ενεργειακής βελτίωσης, Android.

Abstract

Ways of improving energy performance and ways to decrease gas emissions, both being causes of the “Greenhouse Effect” and amongst the top priorities in the E.U.. A sector that shows high perspective in implementing some solutions toward this goal is housing, which according to studies is responsible for 40% of total energy consumption in both national and European level.

In our country, the building sector - compared to other European countries - is of poor standards due to the lack of appropriate regulations in the past, especially for buildings erected prior to 1979 when thermal regulation was first implemented. In an effort to reverse this situation, the Regulation of Energy Performance of Buildings (KENAK) was issued in 2010 in order to define a formal energy audit procedure in Greece.

Hospitals have one of the highest consumption of energy in the tertiary sector. This is due to some of their special attributes and unique needs - some of them being their large size, their need for continuous operation throughout the day, their need to maintain a constant internal temperature and the simultaneous operation of many medical machinery. Furthermore, their energy consumption per surface unit is unusually high and in many cases more than double compared to the rest of the public buildings. Therefore, in this thesis the method of Energy Inspection of Buildings is implemented in Hospital Units as it is defied by the regulation.

This thesis consists of three main parts. In the first part the central Heating, Ventilation, and Air-Conditioning system (HVAC) are analyzed, as well as ways of improving their energy efficiency. In the second part, the energy audit which was performed in the annex of “Paidwn Panayioti and Aglaias Kyriakou” Hospital in Athens, is thoroughly analyzed. The inspection process includes registering the equipment and assessing the energy consumption of the building, calculating the average U-value of the building envelope, conducting measurements with a thermal camera, a gas analyzer and an electric energy analyzer and studying the results. In the final part, measures are being proposed in order to improve the energy efficiency of the building and evaluating them according to several economic criteria. To help evaluate these proposals an application was developed under the Android operating system which calculates the Net Presented Value.

Keywords: Heating Ventilation and Air-Conditioning system (HVAC), Energy Efficiency, Energy Audit in a Hospital unit, Thermal building envelope, energy saving and efficiency in buildings, Interventions of energy improvement in buildings, Thermal Camera, Exhaust Analyzer, Electric Energy analyzer, Interventions in Energy Improvement, Android Application, Net Presented Value (NPV).

Πρόλογος

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

Αρχικά, θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στον Καθηγητή κ. Ιωάννη Ψαρρά για την ανάθεση αυτής της διπλωματικής εργασίας, την συμπαράσταση και τη συνολική υποστήριξη του για την ολοκλήρωση του πονήματος αυτού.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες οφείλω στους επιβλέποντες της παρούσας διπλωματικής, κα Αλεξάνδρα Παπαδοπούλου διδάκτορα ΕΜΠ και κ. Βαγγέλη Μαρινάκη υποψήφιο διδάκτορα ΕΜΠ, που υπήρξαν αρωγοί στην εκπόνηση αυτής της εργασίας, οι πολύτιμες συμβουλές των οποίων συνετέλεσαν καθοριστικά στην επιτυχή διεκπεραίωση της.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες επίσης, πρέπει να αποδοθούν στη Διοίκηση του Νοσοκομείου Παίδων «Π. και Α. Κυριακού» που με την απόφαση 16917/3-11-10 εγένετο η συλλογή του υλικού της εργασίας. Συγκεκριμένα την Πρόεδρο του Δ.Σ. κα Μαριόγκα Φραγκάκη, την Διοικήτρια κα Ρεγγίνα Θεάκου, τη Διοικητική Διευθύντρια κα Ιωάννα Δεσφινιώτη όπως και σε όλο το προσωπικό του Νοσοκομείου νοσηλευτικό και ιατρικό. Όπως ιδιαίτερος ευχαριστώ το προσωπικό της Τεχνικής Υπηρεσίας για τη θερμή υποδοχή και την αμέριστη συμπαράστασή του, για την εμπιστοσύνη και την καθοδήγηση που μου παρείχε ο Διευθυντής κ. Ιωάννης Μπαλοτής, ο κ. Αναστάσιος Τσαλαματάς για τη συνολική βοήθεια και τις συμβουλές του και τις κες Ξένια Σκούρτη και Αναστασία Αθανασίου για τις πολύτιμες πληροφορίες που μου έδωσαν σχετικά με τη λειτουργία του κτιρίου.

Αφιερωμένο στους γονείς μου
Μιλτιάδη και Σταυρούλα

Πίνακας Περιεχομένων

Περίληψη	5
Abstract	6
Πρόλογος.....	7
Κεφάλαιο 1. Εισαγωγή.....	15
1.1 Αντικείμενο – Σκοπός.....	17
1.2 Φάσεις υλοποίησης.....	18
1.3 Οργάνωση τόμου.....	20
Κεφάλαιο 2. Κεντρικά Συστήματα Θέρμανσης, Αερισμού και Κλιματισμού.....	23
2.1 Εισαγωγή	25
2.1.1 Ιστορικό Σημείωμα	25
2.1.2 Τα συστήματα Θέρμανσης Αερισμού και Κλιματισμού (HVAC).....	26
2.2 Συστήματα Κεντρικού Κλιματισμού	27
2.2.1 Μηχανολογικός Εξοπλισμός.....	27
2.2.2 Διάκριση Συστημάτων Κλιματισμού.....	51
2.2.3 Συστήματα κλιματισμού μόνο με αέρα.....	52
2.2.4 Συστήματα κλιματισμού μόνο με νερό	60
2.2.5 Συστήματα κλιματισμού αέρα-νερό.....	68
2.2.6 Συστήματα κλιματισμού απευθείας εκτόνωσης.....	69
2.2.7 Ανάκτηση θερμότητας.....	71
2.2.8 Εξοικονόμηση ενέργειας	73
Κεφάλαιο 3. Ενεργειακή Επιθεώρηση Νοσοκομειακής Μονάδας.....	81
3.1 Περιγραφή του υπό μελέτη κτιρίου	83
3.2 Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας.....	91
3.3 Κατανάλωση πετρελαίου.....	92
3.4 Κόστος ενεργειακής κατανάλωσης κτιρίου	93
3.5 Κατανομή της κατανάλωσης ενέργειας ανά χρήση	94
3.5.1 Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για φωτισμό	95
3.5.2 Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για θέρμανση/ψύξη.....	99
3.5.3 Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για ηλεκτρικές συσκευές.....	103
3.5.4 Κατανομή καταναλώσεων ανά είδος χρήσης και όροφο.....	108
3.6 Υπολογισμός συντελεστή θερμικής περατότητας κτιρίου	109
3.6.1 Μεθοδολογία υπολογισμού.....	109

3.6.2 Υπολογισμός συντελεστών θερμοπερατότητας αδιαφανών δομικών στοιχείων του κτιρίου	114
3.6.3 Υπολογισμός συντελεστών θερμοπερατότητας διαφανών δομικών στοιχείων του κτιρίου	121
3.6.4 Υπολογισμός θερμομόνωσης περιβλήματος	122
3.6.5 Συμπεράσματα	125
Κεφάλαιο 4. Αποτελέσματα Μετρήσεων με Καταγραφικό Εξοπλισμό	127
4.1 Θερμογράφηση.....	129
4.1.1 Εισαγωγή	129
4.1.2 Βασικά στοιχεία λειτουργίας μιας θερμοκάμερας	129
4.1.3 Διαδικασία λήψης θερμοφωτογραφιών	130
4.1.4 Ιδανικές συνθήκες θερμογράφησης	130
4.1.5 Θερμογέφυρες.....	131
4.1.6 Θερμοκάμερα	134
4.1.7 Διεξαγωγή των μετρήσεων.....	135
4.1.8 Παρουσίαση και σχολιασμός θερμογραφημάτων	136
4.1.9 Συμπεράσματα	144
4.2 Αναλυτής Καυσαερίων	145
4.2.1 Μετρητική διαδικασία.....	145
4.2.2 Καταγραφή αποτελεσμάτων	146
4.2.3 Ανάλυση των παραμέτρων.....	148
4.2.4 Συμπεράσματα	150
4.3 Αναλυτής ηλεκτρικής ενέργειας.....	152
4.3.1 Γενικά στοιχεία	152
4.3.2 Χρήση του αναλυτή ηλεκτρικής ενέργειας.....	153
4.3.3 Συμπεράσματα	160
Κεφάλαιο 5. Προτάσεις Δράσεων Ενεργειακής Βελτιστοποίησης	161
5.1 Εισαγωγή	163
5.2 Κριτήρια επιλογής.....	164
5.2.1 Κριτήριο της Καθαρής Παρούσας Αξίας (ΚΠΑ-NPV)- Ανάπτυξη εφαρμογής για κινητά με λειτουργικό σύστημα Android	164
5.2.2 Κριτήριο του Εσωτερικού Βαθμού Απόδοσης (EBA-IRR)	172
5.2.3 Κριτήριο της Έντοκης Περιόδου Αποπληρωμής (EPA-DPB).....	172
5.3 Προτεινόμενες δράσεις βελτίωσης της ενεργειακής αποδοτικότητας.....	172
5.3.1 Δράσεις για το φωτισμό	172
5.3.2 Δράσεις για το κτιριακό κέλυφος	179
5.3.3 Εγκατάσταση φωτοβολταϊκών γεννητριών στην οροφή του κτιρίου	197

5.3.4 Δράσεις για την θέρμανση / ψύξη του κτιρίου	201
5.4 Σύνοψη Προτάσεων.....	205
Κεφάλαιο 6. Συμπεράσματα και Προοπτικές.....	209
6.1 Συμπεράσματα	211
6.2 Προοπτικές.....	212
Βιβλιογραφία	215
Παράρτημα	219

Κεφάλαιο 1. Εισαγωγή

1.1 Αντικείμενο – Σκοπός

Στην Ελλάδα, ο κτιριακός τομέας, οικιστικός και μη, σύμφωνα με τα επίσημα στοιχεία του ΚΑΠΕ (Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών και Εξοικονόμησης Ενέργειας), καταναλώνει περίπου το 40% της παραγόμενης ενέργειας, με τα ελληνικά κτίρια να είναι από τα πλέον ενεργοβόρα στην Ευρώπη. Στα πλαίσια της ευρύτερης προσπάθειας για αύξηση της ενεργειακής αποδοτικότητας και μείωση των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου, η διεξαγωγή ενεργειακής επιθεώρησης και η σωστή ενεργειακή διαχείριση ενός κτιρίου δίνουν τη δυνατότητα να εντοπιστούν τα σημαντικά περιθώρια εξοικονόμησης ενέργειας στην κατανάλωση ηλεκτρισμού και άλλων καυσίμων για τη θέρμανση, τον κλιματισμό, το φωτισμό κλπ. Παράλληλα, τα τελευταία χρόνια σημειώνεται αυξανόμενο ενδιαφέρον από πλευράς καταναλωτών για τον εξοπλισμό των κτιρίων με τεχνολογίες Εξοικονόμησης Ενέργειας (ΕΞΕΝ) αλλά και Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ) το οποίο πλαισιώνεται από ποικίλα μέτρα οικονομικής ενίσχυσης από το κράτος (ευνοϊκά δάνεια, επιδοτήσεις/επιχορηγήσεις κλπ).

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

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η Ενεργειακή Επιθεώρηση σε Νοσοκομειακή Μονάδα με κύριο στόχο την βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας. Η επιλογή του νοσοκομείου ως αντικείμενο μελέτης έγινε διότι τα νοσοκομεία παρουσιάζουν μια από τις υψηλότερες καταναλώσεις ενέργειας στον τριτογενή τομέα. Αυτό συμβαίνει εξαιτίας των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών τους, όπως είναι το μεγάλο μέγεθος κτιρίων, η συνεχής λειτουργία καθ' όλη τη διάρκεια του χρόνου, η διατήρηση εσωτερικής θερμοκρασίας και ταυτόχρονα η λειτουργία πολλών ιατρικών μηχανημάτων. Αποτέλεσμα αυτού είναι το ότι η ενεργειακή κατανάλωση ανά μονάδα επιφάνειας είναι ιδιαίτερα υψηλή και μάλιστα υπερδιπλάσια σε σχέση με τα υπόλοιπα δημόσια κτίρια.

Βάσει των προαναφερθέντων επιλέχθηκε ένα εξάωρο κτίριο στην περιοχή της Αθήνας, στο οποίο στεγάζεται το παράρτημα του Νοσοκομείου «Παιδών Παναγιώτη και Αγλαΐας Κυριακού». Στα πλαίσια της μελέτης έγινε πλήρης καταγραφή του ηλεκτρολογικού εξοπλισμού του κτιρίου, θερμογράφιση με τη χρήση ειδικής θερμοκάμερας με στόχο τον εντοπισμό ατελειών στη μόνωση ή άλλων προβλημάτων στο κτιριακό κέλυφος, έλεγχος στο λέβητα του κτιρίου με αναλυτή καυσαερίων, καταγραφή της ηλεκτρικής κατανάλωσης με χρήση ηλεκτρικού αναλυτή και υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας του κτιρίου με βάση την Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. (Τεχνική Οδηγία Τεχνικού Επιμελητήριου Ελλάδας).

Στη συνέχεια, προτάθηκαν δράσεις για την εξοικονόμηση ενέργειας και τη βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας στο κτίριο, οι οποίες αξιολογήθηκαν μέσω τεχνοοικονομικής ανάλυσης και ελέγχθηκε η βιωσιμότητά τους με κριτήριο την Καθαρή Παρούσα Αξία, την Έντοκη Περίοδο Αποπληρωμής και τον Εσωτερικό Βαθμό Απόδοσης. Για την διευκόλυνση της αξιολόγησης των προτάσεων αναπτύχθηκε μια εφαρμογή για κινητά τηλέφωνα με λειτουργικό σύστημα Android -σε γλώσσα προγραμματισμού Java- που υπολογίζει την Καθαρή Παρούσα Αξία.

1.2 Φάσεις υλοποίησης

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

Φάση 1^η: Αναλυτική μελέτη των συστημάτων κεντρικής Θέρμανσης, Αερισμού και Κλιματισμού (HVAC- Heating Ventilation Air-Conditioning).

Κατά την διάρκεια της πρώτης φάσης μελετώνται εκτενώς τα συστήματα κεντρικού κλιματισμού. Αρχικά, παρουσιάζεται όλος ο μηχανολογικός εξοπλισμός από τον οποίο τα συστήματα αυτά αποτελούνται και έπειτα γίνεται η διάκρισή τους σε κατηγορίες. Αναπτύσσονται λεπτομερώς και με παραδείγματα τα συστήματα κλιματισμού μόνο με αέρα, μόνο με νερό, με αέρα και με νερό, απευθείας εκτόνωσης και με ανάκτηση θερμότητας. Τέλος, παρουσιάζονται λύσεις για την εξοικονόμηση ενέργειας αυτών των συστημάτων. Η πρώτη φάση είναι ιδιαίτερως σημαντική, καθώς, χωρίς τις απαραίτητες γνώσεις των συστημάτων αυτών, δεν θα ήταν δυνατόν να εξαχθούν συμπεράσματα και να προταθούν λύσεις εξοικονόμησης.

Φάση 2^η: Καταγραφή ηλεκτρολογικού εξοπλισμού του υπό μελέτη κτιρίου, συλλογή στοιχείων, κατανομή ενεργειακών καταναλώσεων ανά χρήση και υπολογισμός θερμικής περατότητας κτιρίου.

Κατά τη διάρκεια της δεύτερης φάσης πραγματοποιείται λεπτομερής καταγραφή του ηλεκτρολογικού εξοπλισμού του Νοσοκομείου αλλά και συλλογή πληροφοριών από τους εργαζόμενους σχετικά με τις ώρες χρήσης και λειτουργίας των ηλεκτρικών συσκευών, του φωτισμού και των συστημάτων θέρμανσης και ψύξης, ούτως ώστε να γίνει όσο το δυνατόν καλύτερη προσομοίωση των πραγματικών καταναλώσεων κατά τον υπολογισμό του ενεργειακού προφίλ του κτιρίου. Επίσης, σε συνεργασία με την οικονομική διεύθυνση του Νοσοκομείου συλλέγονται όλα τα απαραίτητα στοιχεία για τη διεξαγωγή του υπολογιστικού τμήματος της μελέτης δηλαδή τιμολόγια ΔΕΗ και πετρελαίου θέρμανσης για τα έτη 2008/2009/2010. Κατά την διάρκεια αυτής της φάσης υπολογίζεται και ο συντελεστής θερμοπερατότητας του κτιρίου.

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

Κατά τη διάρκεια της τρίτης φάσης χρησιμοποιείται επιστημονικός εξοπλισμός για τη διεξαγωγή μετρήσεων. Σε πρώτο στάδιο διεξάγεται λεπτομερής έλεγχος του κτιριακού

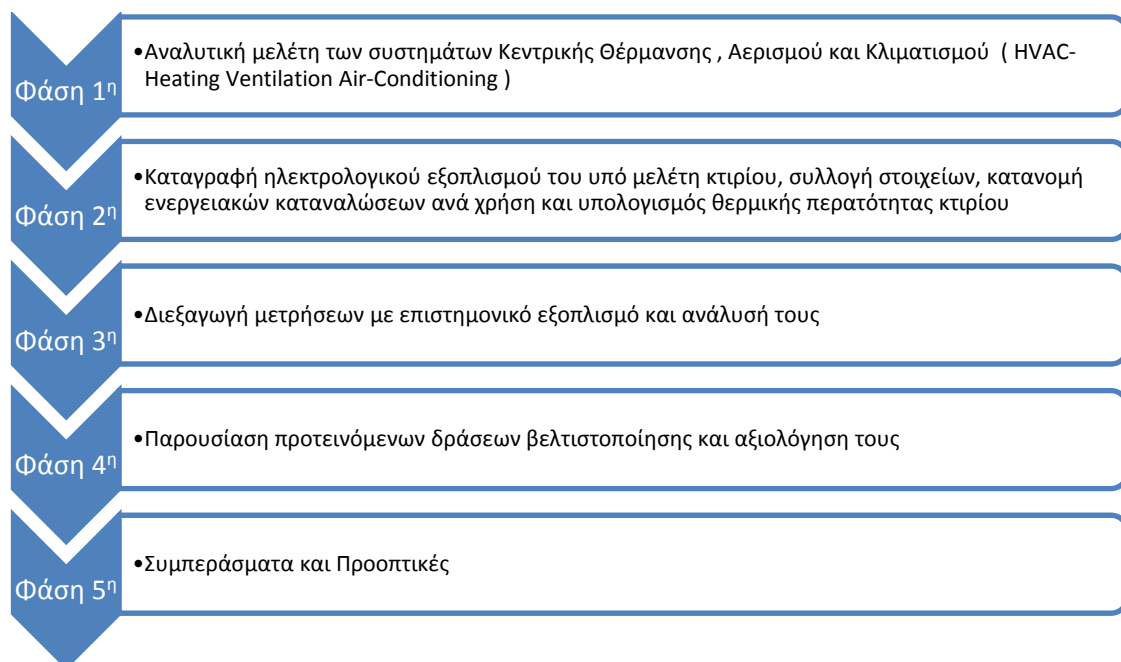
κελύφους του υπό μελέτη κτιρίου με τη χρήση ειδικής θερμοκάμερας για τον εντοπισμό τυχόν ατελειών στη μόνωση, θερμογεφυρών ή άλλων προβλημάτων στα δομικά υλικά και στις ενώσεις τους. Κατόπιν, οι θερμοφωτογραφίες αναλύονται και γίνεται επεξεργασία τους με κατάλληλο λογισμικό ώστε να εξαχθούν ασφαλή συμπεράσματα για την κατάσταση του κτιρίου. Στη συνέχεια, τοποθετείται αναλυτής καυσαερίων στο λέβητα προκειμένου βάσει των μετρήσεων να αξιολογηθεί η λειτουργικότητα και η αποδοτικότητά του. Τέλος τοποθετείται για το διάστημα μιας εβδομάδας αναλυτής ηλεκτρικής ενέργειας στον κεντρικό πίνακα του Νοσοκομείου δημιουργώντας έτσι ένα πλήρες ενεργειακό προφίλ. Η χρήση των τριών οργάνων οδηγεί τελικά στον εντοπισμό των σημείων όπου υπάρχει ενεργειακή διαρροή και άσκοπη χρήση της ηλεκτρικής ενέργειας.

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

Κατά τη διάρκεια της τέταρτης φάσης εξετάζονται ποικίλες δράσεις βελτίωσης της ενεργειακής αποδοτικότητας του κτιρίου και αξιολογούνται όσον αφορά τη δυνατότητα υλοποίησης και τη βιωσιμότητά τους. Για την ευκολότερη αξιολόγηση των δράσεων δημιουργήθηκε εφαρμογή που υπολογίζει την Καθαρή Παρούσα Αξία για κινητά τηλέφωνα με λειτουργικό σύστημα Android. Οι δράσεις που προτείνονται αφορούν την ενεργειακή βελτίωση του φωτισμού, του κτιριακού κελύφους, του κλιματισμού καθώς και εγκατάσταση φωτοβολταϊκών στην οροφή του κτιρίου. Κατόπιν γίνεται σύγκριση των επί μέρους μέτρων και προτείνεται η βέλτιστη λύση από οικονομικής και ενεργειακής πλευράς.

Φάση 5^η: Συμπεράσματα και Προοπτικές.

Κατά την διάρκεια της τελευταίας φάσης της διπλωματικής παρατίθενται τα συμπεράσματα που εξάγονται από την οικονομοτεχνική μελέτη και εξετάζονται οι προοπτικές που αναδύονται από την παρούσα εργασία.



Διάγραμμα 1.1: Φάσεις ολοκλήρωσης Διπλωματικής Εργασίας

1.3 Οργάνωση τόμου

Η παρούσα διπλωματική εργασία αποτελείται από τρία κύρια μέρη:

- Το 1^ο μέρος όπου αναλύονται τα κεντρικά συστήματα θέρμανσης, αερισμού και κλιματισμού καθώς και οι δράσεις βελτίωσης της ενεργειακής τους αποδοτικότητας.
- Το 2^ο και κύριο μέρος της εργασίας που αποτελείται από τα βασικά στάδια της ενεργειακής επιθεώρησης και περιλαμβάνει την περιγραφή του υπό μελέτη κτιρίου, την καταγραφή του εξοπλισμού, την ανάλυση των καταναλώσεων, τη μελέτη θερμομόνωσης του κτιρίου και, τέλος, τη διαδικασία μετρήσεων μαζί με τον σχολιασμό των αποτελεσμάτων και την παρουσίαση των μετρητικών οργάνων των οποίων έγινε χρήση.
- Το 3^ο μέρος που περιλαμβάνει την τεχνοοικονομική ανάλυση και πρόταση βελτιωτικών μέτρων, την παρουσίαση των προτάσεων και την τελική αξιολόγησή τους με βάση οικονομικά και λειτουργικά κριτήρια.

Αναλυτικά:

Αρχικά, παρατίθεται η περίληψη της εργασίας στην ελληνική και αγγλική γλώσσα και ακολουθεί ο πρόλογος και ο αναλυτικός πίνακας περιεχομένων.

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

Το **Κεφάλαιο 2** αποτελεί το θεωρητικό κεφάλαιο της διπλωματικής όπου γίνεται εκτενής παρουσίαση των συστημάτων κεντρικής Θέρμανσης, Αερισμού και Κλιματισμού (HVAC- Heating Ventilation Air-Conditioning). Αρχικά, παρουσιάζεται όλος ο μηχανολογικός εξοπλισμός από τον οποίο τα συστήματα αυτά αποτελούνται και στην συνέχεια γίνεται η διάκρισή τους σε κατηγορίες. Αναπτύσσονται λεπτομερώς και με παραδείγματα τα συστήματα κλιματισμού μόνο με αέρα, μόνο με νερό, με αέρα και με νερό, απευθείας εκτόνωσης και με ανάκτηση θερμότητας. Τέλος, παρουσιάζονται λύσεις για την εξοικονόμηση ενέργειας αυτών.

Στο **Κεφάλαιο 3** γίνεται αναλυτική παρουσίαση του Νοσοκομείου που μελετήθηκε στα πλαίσια της εργασίας και ανάλυση του ενεργειακού του προφίλ (καταγραφή καταναλώσεων τόσο ανά είδος ενέργειας όσο και ανά όροφο) με βάση τα δεδομένα που συλλέχτηκαν από την οικονομική διεύθυνση και την προσομοίωση των καταναλώσεων που υπολογίστηκαν βάσει των στοιχείων λειτουργίας του κτιρίου και όπως τα μετέφερε το προσωπικό. Τέλος, το κεφάλαιο ολοκληρώνεται με τον έλεγχο θερμικής επάρκειας των δομικών στοιχείων και τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας του κτιρίου.

Στο **Κεφάλαιο 4** παρατίθενται τα αποτελέσματα των μετρήσεων που πραγματοποιήθηκαν με την βοήθεια ειδικού εξοπλισμού, που παραχωρήθηκε από τον Τομέα Ηλεκτρικών Βιομηχανικών Διατάξεων και Συστημάτων Αποφάσεων, στα πλαίσια της ενεργειακής επιθεώρησης με στόχο την καλύτερη δυνατή ενεργειακή προσέγγιση. Αρχικά,

παρουσιάζονται τα δεδομένα από τη θερμογράφιση των χώρων του κτιρίου (εσωτερικών και εξωτερικών) και γίνεται σχολιασμός και ανάλυση των θερμοφωτογραφιών, ενώ περιγράφεται η λειτουργία της θερμοκάμερας που χρησιμοποιήθηκε στη μελέτη. Στη συνέχεια, παρουσιάζονται και αναλύονται τα δεδομένα του αναλυτή καυσαερίων μαζί με μια σύντομη περιγραφή του μετρητικού οργάνου και ακολουθούν τα συμπεράσματα που προκύπτουν από τις μετρήσεις. Τέλος, γίνεται ανάλυση και παρουσίαση των αποτελεσμάτων του αναλυτή ηλεκτρικής ενέργειας, όπως και μια σύντομη περιγραφή της λειτουργίας του.

Στο **Κεφάλαιο 5** προτείνονται δράσεις ενεργειακής βελτίωσης για τη μείωση των λειτουργικών εξόδων του Νοσοκομείου και κατόπιν αξιολογούνται βάσει των οικονομικών κριτηρίων της Καθαρής Παρούσας Αξίας (ΚΠΑ), του Εσωτερικού Βαθμού Απόδοσης (ΕΒΑ) και της Έντοκης Περιόδου Αποπληρωμής (ΕΠΑ). Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται εκτενής παρουσίαση της εφαρμογής που αναπτύχθηκε για κινητά με λειτουργικό Android ώστε να διευκολύνει την διαδικασία αξιολόγησης των προτάσεων.

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

Κεφάλαιο 2. Κεντρικά Συστήματα Θέρμανσης, Αερισμού και Κλιματισμού

2.1 Εισαγωγή

2.1.1 Ιστορικό Σημείωμα

Ιστορικά, ο όρος κλιματισμός συνηθιζόταν να υποδηλώνει τη βελτίωση της ποιότητας του εσωτερικού αέρα κατά τους θερινούς μήνες. Σήμερα ο όρος αυτός έχει αποκτήσει πιο κυριολεκτική σημασία υπονοώντας την εξασφάλιση επιθυμητών συνθηκών περιβάλλοντος καθ' όλη τη διάρκεια του χρόνου. Συγκεκριμένα αναφέρεται στον έλεγχο της θερμοκρασίας, της υγρασίας, της καθαρότητας, της ποιότητας του αέρα και της κυκλοφορίας του σύμφωνα με τις απαιτήσεις των κατοίκων. Ο ορισμός αυτός προτάθηκε για πρώτη φορά από τον Willis Carrier. Ο έλεγχος του θερμικού περιβάλλοντος αποτελεί πια βασικό στόχο για όλα τα κατοικούμενα κτίρια. Για πολλές χιλιετίες, ο έλεγχος αυτός απλά περιοριζόταν στην προσπάθεια να εξασφαλιστεί η επιβίωση κατά τη διάρκεια των ψυχρών χειμώνων. Στο σύγχρονο κόσμο, οι προσδοκίες του θερμικού ελέγχου πηγαίνουν αρκετά πέρα από την επιβίωση και περιλαμβάνουν τις σύνθετες θεωρήσεις για θερμική άνεση και ποιότητα του αέρα, που επηρεάζουν την υγεία, την ικανοποίηση και την παραγωγικότητα των ατόμων που καταλαμβάνουν τους χώρους του κάθε κτιρίου.

Τα περισσότερα συστήματα που εγκαταστάθηκαν πριν τη δεκαετία του '70 σχεδιάστηκαν με μικρή έμφαση στην εξοικονόμηση ενέργειας, καθώς η τιμή των καυσίμων ήταν χαμηλή. Το ανερχόμενο ενεργειακό κόστος από εκείνη τη δεκαετία και έπειτα έχει προκαλέσει μεγάλο ενδιαφέρον όσον αφορά την αποδοτικότητα της λειτουργίας. Την περίοδο εκείνη αυξήθηκε παράλληλα και η ανάγκη για καλύτερο έλεγχο του περιβάλλοντος σε εργαστήρια, ξενοδοχεία, νοσοκομεία και βιομηχανικές εγκαταστάσεις. Ένας ακόμη παράγοντας για τον οποίο υπήρξε εντονότερη φροντίδα ήταν η σημασία της άνεσης και της ποιότητας του εσωτερικού αέρα τόσο για την υγεία όσο και για την αποδοτικότητα. Οι τεχνικοί σχεδίασης και προσομοίωσης συστημάτων θέρμανσης, αερισμού και κλιματισμού (HVAC) αντιμετώπισαν μια πρωτοφανή πρόκληση. Όσον αφορά τον κατασκευαστικό τομέα, παλιότερα τα συστήματα κλιματισμού αποτελούνταν από κεντρικά διατεταγμένο εξοπλισμό και εκτελούσαν παροχή ανάμικτου αέρα μέσω αγωγών για θέρμανση και αερισμό.

Η προσθήκη εξοπλισμού, ψύξης και αφύγρανσης εξασφάλισε την άνετη διαβίωση σε χώρους όπου τα θερμικά κέρδη και οι απώλειες μεταβάλλονταν σχετικά ομοιόμορφα. Αυτό όμως δεν ισχύει όταν η κλιματιζόμενη επιφάνεια χωρίζεται σε ζώνες με ξεχωριστές απαιτήσεις κλιματισμού. Έτσι προέκυψε η ανάγκη συμπλήρωσης του κεντρικού συστήματος με επιπρόσθετο εξοπλισμό καθώς και εξελιγμένα συστήματα ελέγχου. Πιο πρόσφατα, οι παράγοντες της ποιότητας, του αέρα, της εξοικονόμησης και διαχείρισης της ενέργειας έχουν επιδράσει ουσιαστικά στη σχεδίαση και τον έλεγχο των συστημάτων θέρμανσης-αερισμού και κλιματισμού (HVAC). Επιπρόσθετα η ανάπτυξη των ηλεκτρονικών, των συστημάτων ελέγχου και υπολογιστών παρείχε τα απαραίτητα μέσα, προκειμένου τα συστήματα HVAC να μετατραπούν σε προϊόντα υψηλής τεχνολογίας.

2.1.2 Τα συστήματα Θέρμανσης Αερισμού και Κλιματισμού (HVAC)

Το HVAC (που προφέρεται ως τέσσερα χωριστά γράμματα) είναι ένα αρκτικόλεξο που αναλυτικά σημαίνει "τη θέρμανση (H), τον εξαερισμό (V) και τον κλιματισμό (AC)". Το HVAC περιλαμβάνει γενικά ποικίλα ενεργά μηχανολογικά/ηλεκτρολογικά συστήματα που χρησιμοποιούνται προκειμένου να επιτευχθεί ο θερμικός έλεγχος των κτιρίων.

Ένα σύστημα θέρμανσης ("H" του HVAC) σχεδιάζεται για να προσθέτει θερμική ενέργεια σε ένα χώρο ή κτίριο, ώστε να διατηρείται κάποια επιλεγμένη θερμοκρασία αέρα. Αυτή η θερμοκρασία αέρα δεν θα μπορούσε να επιτευχθεί με άλλο τρόπο εξαιτίας της ροής της θερμότητας προς το εξωτερικό περιβάλλον (απώλεια θερμότητας). Ένα σύστημα εξαερισμού ("V") έχει ως σκοπό του το να κυκλοφορεί τον αέρα σε ένα χώρο, ώστε να τον κινεί χωρίς να χρειάζεται να αλλάξει η θερμοκρασία του. Τα συστήματα εξαερισμού μπορούν, και σε ορισμένες περιπτώσεις είναι απαραίτητο να χρησιμοποιούνται για να βελτιώνουν την ποιότητα του εσωτερικού αέρα και, κατ' αυτόν τον τρόπο, τα επίπεδα άνεσης των ενοίκων. Ένα σύστημα ψύξης (ή, αλλιώς, δροσισμού), που δεν περιλαμβάνεται ρητά ως έννοια στο αρκτικόλεξο HVAC, σχεδιάζεται για να αφαιρεί θερμική ενέργεια από ένα χώρο ή κτίριο, το οποίο χρειάζεται να γίνεται προκειμένου να διατηρείται κάποια επιλεγμένη θερμοκρασία του αέρα, χαμηλότερη συγκριτικά με αυτή που, αλλιώς, θα επικρατούσε λόγω της αναπόφευκτης ροής θερμότητας τόσο από τις εσωτερικές πηγές της, όσο και από το εξωτερικό περιβάλλον προς το εσωτερικό του χώρου (κέρδος θερμότητας). Οι ψυκτικές διατάξεις αναφέρονται συνήθως ως τμήμα του "AC", σε σχέση με τα αρχικά HVAC. Το "AC" υποδηλώνει τον κλιματισμό (Air-Conditioning).

Ένα σύστημα κλιματισμού, σύμφωνα με τον ορισμό της ASHRAE (Αμερικάνικη Ομοσπονδία των Μηχανικών Θέρμανσης, Κατάψυξης και Κλιματισμού), είναι μία συνάθροιση συνιστωσών, με μια καθορισμένη δομή και λειτουργία, που πρέπει να εκπληρώνει τέσσερις στόχους ταυτόχρονα. Επομένως είναι ο έλεγχος:

- της θερμοκρασίας του αέρα,
- της υγρασίας του αέρα,
- της κυκλοφορίας του αέρα και
- της ποιότητας του αέρα.

Η λέξη "έλεγχος" μπορεί να αφορά μια πολύ αόριστη έννοια, η οποία περιλαμβάνει από τον εξαιρετικά ακριβή έλεγχο των εγκαταστάσεων κεντρικών υπολογιστών μέχρι τον έλεγχο για νυχτερινή λειτουργία στις κατοικίες. Η φράση "κλιματισμός" συχνά χρησιμοποιείται για να περιγράψει μια μεγάλη ποικιλία επιπέδων υπηρεσιών, από το μηχανικό εξαερισμό μέχρι τα σύνθετα συστήματα που παρέχουν και τους τέσσερις προαναφερθέντες ελέγχους. Τα συστήματα κλιματισμού μπορεί να αποτελούνται από τα ίδια βασικά στοιχεία, ωστόσο διαφέρουν σημαντικά στην φυσική τους εμφάνιση και στη διάταξη. Μια πολύ σημαντική διαφοροποίηση εντοπίζεται και στον τρόπο με τον οποίο τα συστήματα αυτά λειτουργούν και ελέγχονται.

Στο κεφάλαιο αυτό της διπλωματικής εξετάζονται ορισμένα από τα πιο κοινά βασικά στοιχεία και οι τύποι των συστημάτων που χρησιμοποιούνται για να καλύψουν τις απαιτήσεις διαφόρων τύπων κτιρίων και χρήσεων. Τα συστήματα κλιματισμού διακρίνονται σε κατηγορίες ανάλογα με τα μέσα ελέγχου της ψύξης και της θέρμανσης, καθώς επίσης και τις διατάξεις του ειδικού εξοπλισμού για την επίτευξη συγκεκριμένων σκοπών.

Ο καθορισμός των κλιματικών ζωνών που θα κλιματιστούν, καθώς και ο τύπος και η τοποθέτηση του εξοπλισμού είναι σημαντικές αρχικές επιλογές στη σχεδίαση ενός κεντρικού συστήματος HVAC. Ο εξοπλισμός συνήθως τοποθετείται εκτός της κλιματιζόμενης περιοχής, στο υπόγειο ή τη στέγη. Ο κλιματιζόμενος χώρος που ελέγχεται από ένα ξεχωριστό θερμοστάτη καλείται «ζώνη». Ο θερμοστάτης είναι μια διάταξη ελέγχου που μετρά τη θερμοκρασία του χώρου και στέλνει ένα σήμα όταν η θερμοκρασία βρίσκεται εκτός της επιθυμητής περιοχής. Η υγρασία της ζώνης ελέγχεται συνήθως από έναν υγραστάτη.

2.2 Συστήματα Κεντρικού Κλιματισμού

Για την πληρέστερη και απλούστερη παρουσίαση των συστημάτων κεντρικού κλιματισμού επιλέχθηκε πρώτα να γίνει η παρουσίαση όλου του μηχανολογικού εξοπλισμού που χρησιμοποιείται από τα εν λόγω συστήματα και κατόπιν να γίνει η παρουσίαση των επιμέρους κατηγοριών και συστημάτων.

2.2.1 Μηχανολογικός Εξοπλισμός

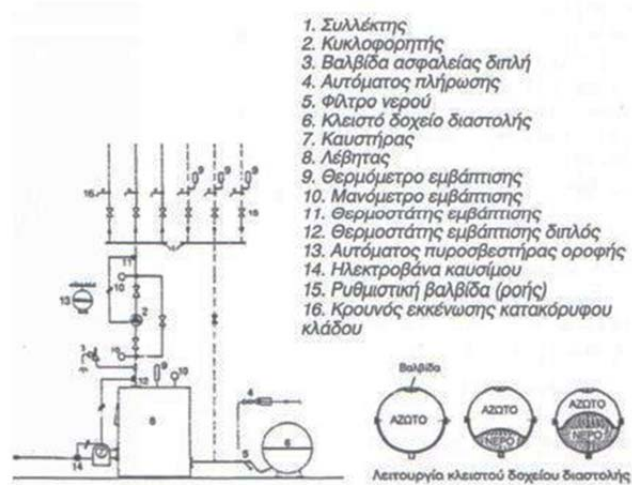
Από τη στιγμή που έχουν καθοριστεί ζώνες, έχουν προσδιοριστεί οι ανάγκες του χρήστη, έχουν υπολογιστεί οι απαιτήσεις φορτίου και αέρα και έχει επιλεγεί ο τύπος του συνολικού συστήματος, ο σχεδιαστής μπορεί να αρχίσει τη διαδικασία της επιλογής και διάταξης των διαφόρων εξαρτημάτων του συστήματος. Είναι σημαντικό ο εξοπλισμός που θα επιλεγεί για μια συγκεκριμένη εφαρμογή να είναι ο απλούστερος δυνατός, όσον αφορά το μέγεθος, τη διάταξη των εξαρτημάτων καθώς και την πολυπλοκότητα τους. Επιπλέον, είναι αναγκαίο να μελετάται αρκετά σοβαρά ο παράγοντας του κόστους εγκατάστασης σε συνάρτηση με το κόστος συντήρησης. Ο τύπος του καυσίμου ή της ενεργειακής πηγής γενικότερα πρέπει να εξετάζει συγχρόνως με την επιλογή του συστήματος κατανάλωσης ενέργειας, ώστε να εξασφαλίζεται το ελάχιστο κόστος ζωής για τον ιδιοκτήτη.

Τα εξαρτήματα μπορούν να υποδιαιρεθούν σε πέντε βασικές κατηγορίες:

1. Εξοπλισμός θέρμανσης
2. Εξοπλισμός ψύξης
3. Ανεμιστήρες και μονάδες επεξεργασίας αέρα
4. Αντλίες και τις Σωληνώσεις
5. Συστήματα ελέγχου και εγκατάσταση

2.2.1.2 Εξοπλισμός θέρμανσης

Η τυπική συνδεσμολογία των εξαρτημάτων θέρμανσης φαίνεται στην Εικόνα 2.1 που ακολουθεί. Τα επιμέρους εξαρτήματα αναλύονται παρακάτω.



Εικόνα 2.1: Τυπικός εξοπλισμός θέρμανσης [3]

2.2.1.2.1 Λέβητας

Είναι η συσκευή στην οποία πραγματοποιείται η παραγωγή θερμότητας με την καύση στερεών, υγρών ή αερίων καυσίμων και η μετάδοσή της στο θερμαινόμενο μέσο, που τις περισσότερες φορές στην Ελλάδα, είναι θερμό νερό χαμηλών θερμοκρασιών. Είναι, ένας εναλλάκτης θερμότητας όπου έχουμε συναλλαγή θερμότητας μεταξύ του θερμαντικού μέσου (καυσαέρια της εστίας) και του θερμαινόμενου μέσου (π.χ. νερό). Τα ρευστά κυκλοφορούν, χωρίς να αναμιγνύονται, στο εσωτερικό και το εξωτερικό κατάλληλα διαμορφωμένων στοιχείων (αυλοί, κανάλια, σωληνώσεις) και η συναλλαγή θερμότητας γίνεται μέσω των τοιχωμάτων των στοιχείων αυτών. Ακολουθούν οι βασικότερες κατηγορίες λεβήτων:

Χυτοσίδηροι Λέβητες

Κατασκευάζονται από ανεξάρτητα χυτοσιδηρά στοιχεία, τα οποία συνδέονται μεταξύ τους στο Λεβητοστάσιο με κωνικούς συνδέσμους και τελικά, αποτελούν ένα ενιαίο στεγανό λέβητα. Κάθε στοιχείο έχει συγκεκριμένη θερμική ισχύ και από το άθροισμά τους προκύπτει η συνολική θερμική ισχύς του λέβητα.

Κατασκευάζονται για θερμοκρασία νερού 110 -120 °C, ανώτατη πίεση έως 6 bar, έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής, επεκτείνονται με την προσθήκη στοιχείων, μεταφέρονται εύκολα, αντέχουν σε διαβρώσεις και αντικαθίστανται σε περίπτωση βλάβης. Τα βασικά τους μειονεκτήματα είναι το υψηλό κόστος, ο δύσκολος καθαρισμός επειδή δεν έχουν λεία επιφάνεια, και η ευαισθησία τους στις απότομες μεταβολές της θερμοκρασίας.

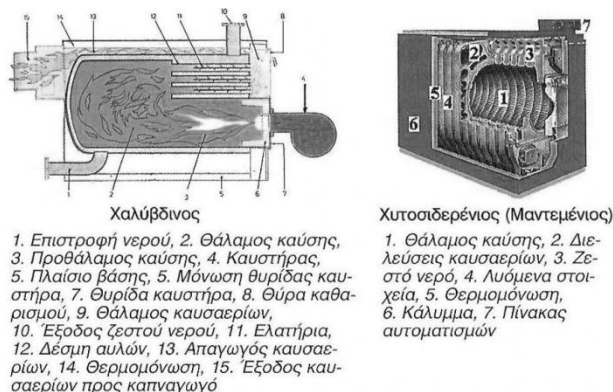
Χαλύβδινοι Λέβητες

Κατασκευάζονται από συγκολλητά χαλυβδοελάσματα, τα οποία διαμορφώνουν τον κυλινδρικό θάλαμο καύσης στο εσωτερικό του λέβητα. Περιφερειακά του θαλάμου υπάρχουν χαλύβδινοι σωλήνες μέσα στους οποίους διέρχονται τα καυσαέρια ή το νερό.

Στην πρώτη περίπτωση το νερό περιβάλλει τους σωλήνες και οι λέβητες ονομάζονται αεριαυλωτοί, ενώ στη δεύτερη περίπτωση οι σωλήνες ονομάζονται υδραυλωτοί. Στους αεριαυλωτούς τοποθετούνται ελατήρια μέσα στους σωλήνες. Χωρίς αυτά η εκμετάλλευση της θερμότητας των καυσαερίων είναι ατελής και η απόδοση του λέβητα μειώνεται σημαντικά. Σε λέβητες χωρίς ελατήρια έχουν μετρηθεί θερμοκρασίες καυσαερίων άνω των 400 °C και βαθμοί απόδοσης μικρότεροι κατά 15% από τη βέλτιστη τιμή. Για κάθε μείωση της θερμοκρασίας των καυσαερίων κατά 50 °C ο βαθμός απόδοσης του λέβητα βελτιώνεται κατά 2,5%. Κατασκευάζονται για θερμοκρασία νερού 110 -120 °C, ανώτατη πίεση έως 4 bar και έχουν μεγαλύτερο βαθμό απόδοσης και μικρότερο βάρος από τους χυτοσιδηρούς λέβητες.

Τα βασικά τους μειονεκτήματα είναι η περιορισμένη διάρκεια ζωής, η αδυναμία επέκτασης για αύξηση της θερμικής ισχύος και η πρόβλεψη πρόσβασης για την εγκατάστασή τους στο λεβητοστάσιο, επειδή είναι ενιαία κομμάτια μεγάλων διαστάσεων. Αν σε μια εγκατάσταση με χαλύβδινο λέβητα υπάρχουν τμήματα από χαλκό, η προστασία του λέβητα από την ηλεκτροχημική διάβρωση είναι απαραίτητη. Το φαινόμενο αυτό συμβαίνει επειδή ο χαλκός είναι ευγενέστερος από το σίδηρο στη σειρά ηλεκτροθετικότητας του μετάλλου. Έτσι, όταν συνδέονται στο ίδιο δίκτυο, ο χαλκός γίνεται κάθοδος και ο σίδηρος άνοδος, ενώ το νερό συμπεριφέρεται σαν ηλεκτρολύτης λόγω των αλάτων που περιέχει.

Παρατηρείται, λοιπόν, διάβρωση του σιδήρου καθώς τα ιόντα του μεταφέρονται προς το χαλκό. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιείται προστατευτικό ηλεκτρόδιο από μαγνήσιο ή ψευδάργυρο, που έχει τη μορφή ράβδου και τοποθετείται σε κατάλληλο σημείο του λέβητα. Έτσι, έχουμε διάβρωση του ηλεκτροδίου και προστασία του λέβητα. Η χρήση λεβήτων υψηλής απόδοσης σε κεντρικά συστήματα θέρμανσης, επιτρέπει σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας. Οι λέβητες αυτοί μπορούν να μειώσουν το κόστος λειτουργίας κατά 15 - 20% και έχουν περίοδο απόσβεσης 4-5 χρόνια. Τέτοιοι λέβητες θεωρούνται ο λέβητας συμπύκνωσης και ο λέβητας αερίου παλμικής καύσης. Στην Εικόνα 2.2 παρουσιάζονται και αναφέρονται τα υλικά κατασκευής ενός χαλύβδινου και ενός χυτοσιδηρένιου λέβητα.



Εικόνα 2.2: Χαλύβδινος και Χυτοσιδηρένιος Λέβητας [8]

Λέβητας συμπύκνωσης

Ο λέβητας αυτός διαθέτει εναλλάκτη θερμότητας από τον οποίο διέρχονται τα καυσαέρια και συμπυκνώνονται σε νερό. Η θερμότητα που αποβάλλουν τα καυσαέρια χρησιμοποιείται για την προθέρμανση του νερού επιστροφής του δικτύου θέρμανσης. Η αισθητή μείωση της

Θερμοκρασίας των καυσαερίων έχει σαν αποτέλεσμα τη μείωση του ελκυσμού τους και γι' αυτό υπάρχει ηλεκτρικός ανεμιστήρας μικρής ισχύος στην έξοδο του λέβητα.

Λέβητας αερίου παλμικής καύσης

Ο λέβητας αυτός λειτουργεί όπως μία μηχανή εσωτερικής καύσης. Ο αέρας και το αέριο καύσιμο εισάγονται σε κατάλληλες ποσότητες σε ένα στεγανό θάλαμο, το μίγμα αναφλέγεται με ηλεκτρικό σπινθήρα, ακολουθεί η πλήρης καύση του και τα καυσαέρια απάγονται μέσω ενός σωλήνα εξαγωγής. Από τη στιγμή που ο θάλαμος καύσης θερμανθεί, τα επόμενα μίγματα αέρα - αερίου καυσίμου (παλμοί) αναφλέγονται αυτόματα χωρίς την ανάγκη ηλεκτρικού σπινθήρα.

Τα βασικά πλεονεκτήματα ενός λέβητα αερίου παλμικής καύσης είναι τα ακόλουθα:

- Υψηλός βαθμός απόδοσης (95%) επειδή τα καυσαέρια έχουν χαμηλή θερμοκρασία (50 - 60 °C) και όλη σχεδόν η θερμότητα της καύσης χρησιμοποιείται για τη θέρμανση του νερού.
- Μικρή εκπομπή ρύπων στην ατμόσφαιρα.
- Χρειάζεται το μισό χρόνο για να φθάσει στη θερμοκρασία λειτουργίας του.
- Δεν υπάρχει διάβρωση στην καπνοδόχο επειδή τα καυσαέρια περιέχουν μικρή ποσότητα υδρατμών.

Τα τεχνικά χαρακτηριστικά ενός λέβητα είναι τα ακόλουθα:

1. Θερμική ισχύς:

Η επιλογή της θερμικής ισχύος Q_A στηρίζεται στον υπολογισμό των θερμικών απωλειών του κτιρίου και στα κλιματικά δεδομένα της περιοχής. Ανάλογα με τη θερμική ισχύ οι λέβητες διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες:

Μικρούς με $Q_A < 60$ kW (52.000 kcal/h)

Μεσαίους με $Q_A = 60 - 350$ kW (52.000 - 300.000 kcal/h)

Μεγάλους με $Q_A > 350$ kW (300.000 kcal/h)

Σε εγκαταστάσεις με $Q_A < 250$ kW (215.000 kcal/h) χρησιμοποιείται ένας λέβητας, όταν $Q_A = 250 - 1200$ kW (215.000 - 1.000.000 kcal/h) χρησιμοποιούνται δύο λέβητες και για $Q_A > 1200$ kW τρεις λέβητες. Στις δύο τελευταίες περιπτώσεις ο ένας λέβητας καλύπτει το αρχικό φορτίο (καλός καιρός) και οι άλλοι τις αιχμές ψυχρός καιρός). Έτσι, στην αρχή ξεκινάει ο πρώτος λέβητας και, αν ύστερα από ένα χρονικό διάστημα δεν έχει αυξηθεί σημαντικά η θερμοκρασία του νερού, ξεκινάει ο δεύτερος λέβητας και με τον ίδιο τρόπο ακολουθεί στη συνέχεια ο τρίτος.

2. Βαθμός απόδοσης:

Ο βαθμός απόδοσης πρέπει να είναι $\eta_A > 0,85$ στις καινούριες εγκαταστάσεις.

3. Πίεση χώρου καύσης (αντίθληψη)

Η αντίθληψη P_A είναι η πίεση, που πρέπει να δώσει ο καυστήρας για να υπερνικήσει τις αντιστάσεις των καυσαερίων στο λέβητα. Η πίεση αυτή δίνεται πάντοτε από τους κατασκευαστές των λεβήτων.

4. Αριθμός διαδρομών καυσαερίων

2.2.1.2.2 Καυστήρας

Ο καυστήρας είναι η συσκευή στην οποία πραγματοποιείται η ανάμιξη του καυσίμου με τον αέρα και τελικά η καύση του μίγματος αυτού απόδοσης. Στους καυστήρες πετρελαίου που χρησιμοποιούνται στις εγκαταστάσεις κεντρικής θέρμανσης, το πετρέλαιο συμπιέζεται από μία αντλία και οδηγείται στο ακροφύσιο (μπεκ), όπου διασκορπίζεται σε λεπτότατα σταγονίδια, τα οποία μόλις βγουν από το ακροφύσιο, αναμιγνύονται με τον αέρα που προσάγεται μέσω ανεμιστήρα. Ακολούθως, το μίγμα πετρελαίου - αέρα περνά μέσα από ένα σπινθήρα υψηλής τάσεως και αναφλέγεται. Το ακροφύσιο είναι ένα πολύ βασικό εξάρτημα του καυστήρα και χαρακτηρίζεται από την παροχή του σε gal/h, τη γωνία ψεκασμού των σταγονιδίων πετρελαίου και το σχήμα του νέφους των σταγονιδίων. Τα τρία αυτά στοιχεία αναγράφονται πάνω σε κάθε ακροφύσιο. Στην Εικόνα 2.3 φαίνονται στα αριστερά οι παλιοί καυστήρες του 1978 και οι νέοι στο κέντρο και δεξιά του 2009.

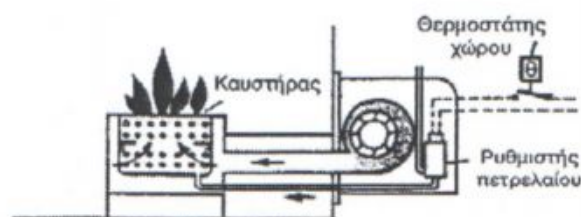


Εικόνα 2.2: Καυστήρες Νοσοκομείου «Παίδων»

Οι καυστήρες διαθέτουν τον αναγκαίο εξοπλισμό και τους κατάλληλους αυτοματισμούς για την προσαγωγή, το διασκορπισμό, την ανάμιξη με τον αέρα και την καύση του καυσίμου. Ανάλογα με τον τρόπο διασκορπισμού και την ανάμιξη του καυσίμου με τον αέρα, διακρίνονται στους εξής:

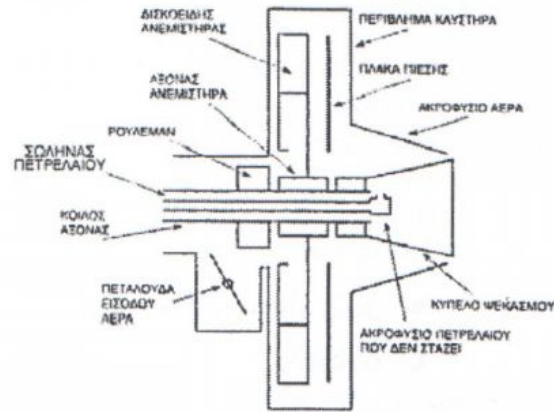
Καυστήρες εξάτμισης

Χρησιμοποιούνται στις θερμάστρες πετρελαίου και η λειτουργία τους βασίζεται στην εξάτμιση του πετρελαίου, το οποίο θερμαίνεται μέχρι το σημείο καύσης. Οι παραγόμενοι ατμοί αναμιγνύονται με τον αέρα και αναφλέγονται. (Εικόνα 2.4)



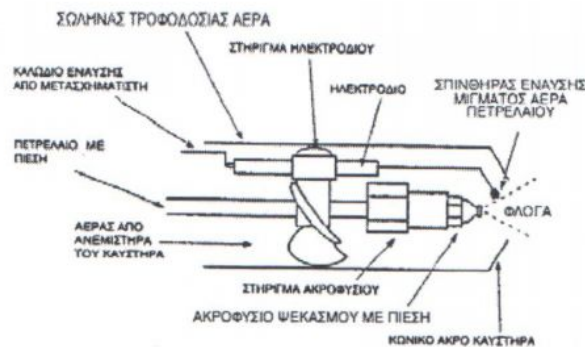
Εικόνα 2.4: Καυστήρας Εξάτμισης [1]

Οι περιστροφικοί καυστήρες χρησιμοποιούνται κυρίως για την καύση μαζούτ σε εγκαταστάσεις μεγάλης ισχύος και το εισερχόμενο καύσιμο φυγοκεντρίζεται και εκτινάσσεται ακτινικά στην εστία του λέβητα. Εκεί αναμιγνύεται με τον προσαγόμενο αέρα και πραγματοποιείται η καύση (Εικόνα 2.5).



Εικόνα 2.5: Περιστροφικός Καυστήρας [3]

Οι καυστήρες διασκορπισμού χρησιμοποιούνται στις εγκαταστάσεις κεντρικής θέρμανσης και περιλαμβάνουν τον φυγοκεντρικό ανεμιστήρα, την αντλία πετρελαίου, το σύστημα ανάφλεξης και το ακροφύσιο (μπεκ). Ο ανεμιστήρας και η αντλία κινούνται από τον ηλεκτροκινητήρα του καυστήρα (Εικόνα 2.6).



Εικόνα 2.6: Καυστήρας Διασκορπισμού [3]

Το σύστημα ανάφλεξης συναποτελείται από:

1. Τον μετασχηματιστή, που αυξάνει την τάση του ρεύματος από 220V έως και 15.000V.
2. Τον αυτοματισμό ανάφλεξης (ρελέ), που συντονίζει όλες τις λειτουργίες του καυστήρα.
3. Τα ηλεκτρόδια (σπινθηριστές), που δημιουργούν το σπινθήρα για την καύση του μίγματος.
4. Τους αγωγούς υψηλής τάσεως, που μεταφέρουν το ρεύμα από το μετασχηματιστή στα ηλεκτρόδια.
5. Το σύστημα στερέωσης ηλεκτροδίων.
6. Το φωτοκύτταρο, που ελέγχει τη φλόγα και δίνει εντολή για τη διακοπή του σπινθήρα.

Η λειτουργία ενός καυστήρα διασκορπισμού γίνεται με τον ακόλουθο τρόπο:

1. Ο θερμοστάτης δίνει εντολή στον αυτοματισμό ανάφλεξης, ο οποίος ενεργοποιεί το μετασχηματιστή για να ανορθώσει το ρεύμα. Το ρεύμα, μέσω των αγωγών υψηλής τάσεως, μεταφέρεται στα ηλεκτρόδια και δημιουργείται ο σπινθήρας.
2. Με χρονική καθυστέρηση 2-3 s από την έναρξη του σπινθηρισμού ο αυτοματισμός ανάφλεξης ενεργοποιεί τον ηλεκτροκινητήρα, ο οποίος κινεί τον ανεμιστήρα και την αντλία. Η λειτουργία του ανεμιστήρα προηγείται κατά 20 s και ο παρεχόμενος αέρας καθαρίζει την εστία του λέβητα. Η αντλία αναρροφά το πετρέλαιο, το συμπιέζει σε πίεση 8-15 bar και το στέλνει στο ακροφύσιο. Η πίεση λειτουργίας αυξομειώνεται με ειδικό ρυθμιστικό κοχλία, που βρίσκεται πάνω στην αντλία.
3. Η ανάμιξη πετρελαίου και αέρα γίνεται μόλις οι σταγόνες του πετρελαίου βγουν από το ακροφύσιο. Το μίγμα αέρα - πετρελαίου περνάει από το σπινθήρα και αναφλέγεται. Αν η καύση δεν πραγματοποιηθεί μέσα σε 10 s για τους μικρούς καυστήρες (μέγιστης κατανάλωσης 30 kg/h) και 5 s για τους μεγαλύτερους, το σύστημα ασφαλείας διακόπτει την παροχή πετρελαίου. Όταν η φλόγα μέσα στο λέβητα σταθεροποιηθεί, το φωτοκύτταρο με χρονική καθυστέρηση 5-10 s δίνει εντολή στον αυτοματισμό ανάφλεξης να το σπινθηρισμό. Η ηλεκτροδότηση του καυστήρα διακόπτεται μόλις ικανοποιηθεί η ζήτηση θερμότητας.

Η επιλογή του κατάλληλου καυστήρα γίνεται από τα διαγράμματα των κατασκευαστών, στα οποία λαμβάνεται υπ' όψη η αντίθληψη P_A [mbar ή mm Σ.Ν.] και η ωριαία κατανάλωση καυσίμου w [kg/h] του καυστήρα.

2.2.1.2.3 Διατάξεις ασφαλείας

Οι διατάξεις ασφαλείας είναι εκείνες οι διατάξεις, που εξασφαλίζουν τη σταθερή πίεση του νερού μέσα στην εγκατάσταση θέρμανσης και αποτελούνται από το δοχείο διαστολής, τον αυτόματο πλήρωσης, τη βαλβίδα ασφαλείας, τους θερμοστάτες και την ηλεκτροβάρνα καυσίμου.

2.2.1.2.4 Δοχείο διαστολής

Παραλαμβάνει τις διαστολές του νερού, του οποίου ο όγκος αυξάνεται με την άνοδο της θερμοκρασίας (για 60 °C αύξηση όγκου 4%). Επειδή όμως το νερό είναι ασυμπίεστο και το δίκτυο κλειστό, η συνεχής λειτουργία του καυστήρα θα προκαλούσε υπερβολική αύξηση της πίεσης. Στο μονοσωλήνιο σύστημα, που έχει πλέον επικρατήσει την τελευταία εικοσαετία, το δοχείο διαστολής είναι κλειστό και τοποθετείται κοντά στο λέβητα.

2.2.1.2.5 Καπνοδόχος

Η καπνοδόχος απομακρύνει τα καυσαέρια από το χώρο καύσης του λέβητα προς το περιβάλλον και συνδέεται με το λέβητα μέσω του καπναγωγού. Ο καπναγωγός πρέπει να έχει ανοδική κλίση από το λέβητα προς την καπνοδόχο τουλάχιστον 10% και διατομή 20% μεγαλύτερη από αυτή της καπνοδόχου. Επειδή η ψύξη των καυσαερίων δημιουργεί

συμπυκνώματα, που διαβρώνουν τις επιφάνειες του λέβητα, συνιστάται η θερμομόνωση της καπνοδόχου και του καπναγωγού.

2.2.1.2.6 Αυτόματος πλήρωσης

Εξασφαλίζει την πλήρωση της εγκατάστασης με νερό από το δίκτυο ύδρευσης, όποτε υπάρχουν απώλειες λόγω εξαέρωσης ή διαρροής. Έτσι, η πίεση του δικτύου επανέρχεται στην προκαθορισμένη τιμή της.

2.2.1.2.7 Βαλβίδα ασφαλείας

Εξασφαλίζει την εκκένωση μίας ποσότητας νερού όταν η πίεση του δικτύου υπερβεί την πίεση της βαλβίδας.

2.2.1.2.8 Θερμοστάτες

Τοποθετούνται στην έξοδο του θερμού νερού από τον λέβητα και έχουν τη δυνατότητα να διακόπτουν τη λειτουργία του καυστήρα, όταν η θερμοκρασία του νερού φθάσει σε ένα προκαθορισμένο όριο. Ο πρώτος θερμοστάτης ενεργοποιείται σε θερμοκρασία νερού 80 °C ή 90 °C και ονομάζεται θερμοστάτης ρύθμισης (υδροστάτης), ενώ ο δεύτερος σε θερμοκρασία 95 °C ή 105 °C και λέγεται θερμοστάτης ασφαλείας.

2.2.1.2.9 Ηλεκτροβάννα καυσίμου

Σε περίπτωση πυρκαγιάς στον καυστήρα συμβαίνει βραχυκύκλωμα, το άνοιγμα της ηλεκτροβάννας διακόπτεται και η καύσιμη ύλη περιορίζεται στα καιόμενα υλικά του καυστήρα και στο λίγο πετρέλαιο, που υπάρχει στους εύκαμπτους σωλήνες και το φίλτρο.

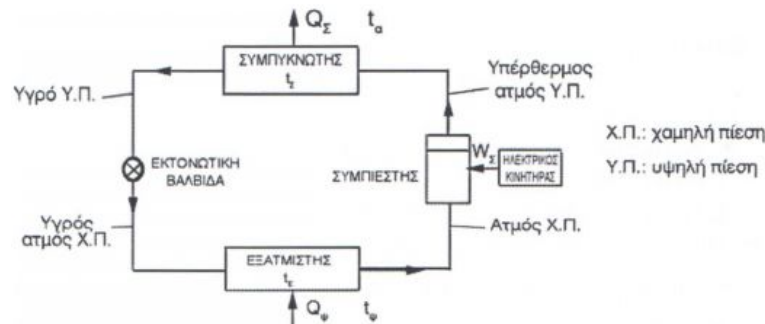
2.2.1.2.10 Βάνα ανάμιξης

Εξασφαλίζει την ανάμιξη του θερμού νερού, που αναχωρεί από τον λέβητα, με το νερό που επιστρέφει από τα θερμαντικά σώματα, από την οποία προκύπτει η τελική θερμοκρασία προσαγωγής του νερού. Η βάνα μπορεί να είναι τρίοδη ή τετράοδη (Σχ. 181). Η πρώτη μεταβάλλει τη θερμοκρασία ή την παροχή του νερού (απομόνωση δικτύου θέρμανσης και προσαγωγή θερμού νερού μόνο στο θερμαντήρα ή μπόιλερ), ενώ η δεύτερη μεταβάλλει μόνο τη θερμοκρασία. Με την τετράοδη βάνα ένα μέρος του θερμού νερού του λέβητα επιστρέφει προς αυτόν. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα τη διατήρηση της θερμοκρασίας του λέβητα σε υψηλά επίπεδα, που σημαίνει εξοικονόμηση ενέργειας και αύξηση του χρόνου ζωής, επειδή δεν δημιουργούνται συμπυκνώματα καυσαερίων που διαβρώνουν τον λέβητα.

2.2.1.3 Εξοπλισμός Ψύξης

Η κατανόηση των αρχών που διέπουν ένα σύστημα ψύξης είναι σημαντική τόσο για την επιλογή αυτού όσο και των άλλων εξαρτημάτων του συστήματος κλιματισμού, αλλά και για την ορθή σχεδίαση των συστημάτων ελέγχου με σκοπό την βέλτιστη λειτουργία της εγκατάστασης. Ένα σύστημα ψύξης αποτελείται από το συμπιεστή, το συμπυκνωτή, την

εκτονωτική βαλβίδα, τον εξατμιστή και τον ηλεκτρικό κινητήρα (Εικόνα 2.7). Για τη λειτουργία του συστήματος απαιτείται μία κατάλληλη χημική ουσία, που ονομάζεται ψυκτικό μέσο.



Εικόνα 2.7: Κύκλος λειτουργίας ψύξης [3]

Ο κύκλος λειτουργίας ενός συστήματος ψύξης περιλαμβάνει τέσσερις διεργασίες:

Συμπύεση

Το ψυκτικό μέσο, που βρίσκεται σε αέρια φάση, εισέρχεται στο συμπιεστή με χαμηλή πίεση και θερμοκρασία λίγο μεγαλύτερη από το σημείο βρασμού στην ίδια πίεση. Ο συμπιεστής, που κινείται συνήθως από ένα ηλεκτρικό κινητήρα και λειτουργεί σαν αντλία ατμού, αυξάνει την πίεση και τη θερμοκρασία του ατμού καταναλώνοντας μηχανικό έργο W_s .

Συμπύκνωση

Ο συμπιεσμένος ατμός ψύχεται στο συμπυκνωτή και αποβάλλει τη λανθάνουσα θερμότητα του Q_c στον περιβάλλοντα αέρα, το νερό ή άλλο διαθέσιμο ρευστό (νερό ποταμού, θαλασσινό κλπ). Ο χώρος στον οποίο γίνεται η απόρριψη της θερμότητας ονομάζεται θερμοδοχείο και έχει θερμοκρασία περιβάλλοντος t_a . Ο συμπυκνωτής, δηλαδή, είναι ένας εναλλάκτης θερμότητας, που αποτελείται από μια συστοιχία σωληνώσεων (σερπαντίνα). Είναι ευνόητο ότι η απόρριψη της θερμότητας είναι δυνατή, όταν η θερμοκρασία συμπύκνωσης t_c είναι μεγαλύτερη από τη θερμοκρασία περιβάλλοντος t_a ($t_c > t_a$).

Εκτόνωση

Το υγρό διέρχεται από την εκτονωτική βαλβίδα, που είναι μία συσκευή με πολύ στενή δίοδο (σωληνίσκο ή οπή), όπου υπάρχει μείωση της πίεσης και έκλυση θερμότητας, η οποία ατμοποιεί ένα μέρος του υγρού.

Εξάτμιση

Το μίγμα υγρού και ατμών διέρχεται από τον εξατμιστή όπου εξατμίζεται και, στη συνέχεια, φθάνει στο συμπιεστή για να επαναληφθεί ο ίδιος κύκλος. Ο εξατμιστής, δηλαδή, είναι ένας εναλλάκτης θερμότητας κατασκευασμένος από μία συστοιχία σωληνώσεων (σερπαντίνα), όπου το μίγμα υγρού και ατμών απορροφά θερμότητα Q_e από το προς μύξη υλικό (π.χ. αέρας) και μετατρέπεται σε ατμό. Ο χώρος ή το μέσο από το οποίο γίνεται η απορρόφηση της θερμότητας, είναι ο χώρος ή το μέσο που θέλουμε να ψύξουμε και ονομάζεται ψυχοδοχείο. Μπορεί να είναι ο χώρος ενός ψυγείου ή ψυκτικού θαλάμου, μια δεξαμενή ή δοχείο υγρού, ή τέλος, ένας κλιματιζόμενος χώρος σε χαμηλή θερμοκρασία t_e . Είναι

ευνόητο, ότι η απορρόφηση της θερμότητας είναι δυνατή, όταν η θερμοκρασία εξάτμισης t_j : είναι μικρότερη από τη θερμοκρασία του ψυχοδοχείου t_ψ .

Τα βασικά εξαρτήματα ενός τυπικού εμπορικού συστήματος Η VAC (evaporator) για ψύξη είναι ο συμπιεστής, ο συμπυκνωτής, ο εξατμιστής, η βαλβίδα διαστολής και το σύστημα έλεγχου. Σε πολλές περιπτώσεις ο ψυκτικός πύργος επίσης χρησιμοποιείται σαν μέσο απαγωγής της θερμότητας που αποβάλλεται από τον συμπυκνωτή.

2.2.1.3.1 Συμπιεστής

Ο συμπιεστής είναι το εξάρτημα κατανάλωσης ενέργειας του ψυκτικού συστήματος, και η απόδοση μαζί με την αξιοπιστία του είναι σημαντικοί παράγοντες στη συνολική απόδοση του συστήματος. Τρεις κύριοι τύποι συμπιεστών χρησιμοποιούνται στα ψυκτικά συστήματα:

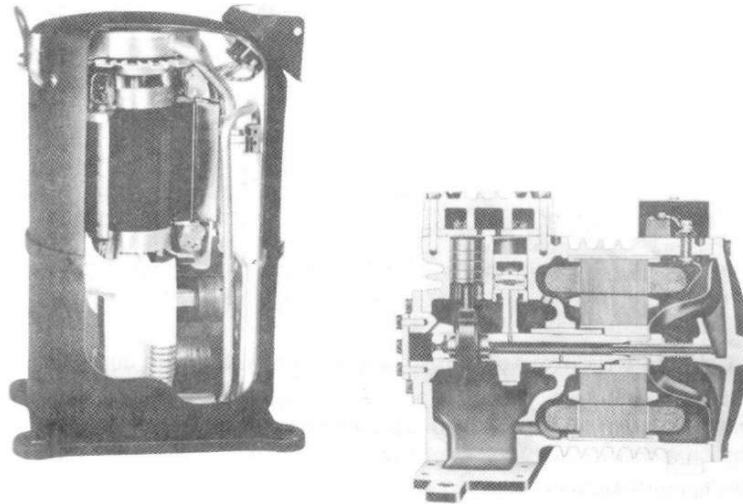
- Παλινδρομικοί: 1 /16 έως 150 hp ή 50W έως 112 kW.
- Ελικοειδείς περιστροφικοί: 100 έως 1000 tons ή 350 έως 3500 kW.
- Φυγοκεντρικοί: 100 tons ή 350 kW έως το ανώτατο όριο χωρητικότητας (capacity) που καθορίζεται μόνο από τις φυσικές διαστάσεις.

Οι συμπιεστές προσφέρονται με διάφορους τύπους κινητήρων συμπεριλαμβανομένων ηλεκτρικού, αέριου, μηχανών diesel, καθώς και ατμοστροβίλων και αεροστροβίλων. Πολλοί συμπιεστές αγοράζονται σαν τμήμα μιας μονάδας συμπύκνωσης. Αποτελούνται από τον συμπυκνωτή, τον οδηγό και όλα τα απαραίτητα συστήματα έλεγχου λειτουργίας και ασφαλείας. Οι παλινδρομικές μονάδες συμπύκνωσης διατίθενται με αερόψυκτο συμπυκνωτή σαν μέρος της μονάδας ή διασκευασμένο για απόμακρη εγκατάσταση.

Οι τύποι των συμπιεστών είναι οι ακόλουθοι:

Παλινδρομικοί

Οι περισσότεροι παλινδρομικοί συμπιεστές είναι απλής δράσης, δηλαδή χρησιμοποιούν έμβολα οδηγούμενα απευθείας από τον εμβολοφόρο άξονα (Εικόνα 2.8). Συμπιεστές διπλής δράσης χρησιμοποιούνται σπάνια. Ο συμπιεστής αλογονάνθρακα, είναι ο συνηθέστερος και κατασκευάζεται σε τρεις τύπους: ανοικτού, ημιαεροστεγούς, και ερμητικά συγκολλημένου κελύφους. Οι συμπιεστές αμμωνίας κατασκευάζονται μόνο στη μορφή ανοικτού τύπου. Στον ανοικτό τύπο συμπιεστή, ο άξονας εξέρχεται από το στροφαλοθάλαμο μέχρι τη εξωτερική μονάδα οδήγησης. Στους ερμητικούς συμπιεστές ο κινητήρας και ο συμπιεστής περιέχονται μέσα στο ίδιο δοχείο πίεσης, με τον άξονα του κινητήρα να αποτελεί τμήμα του στροφαλοφόρου και τον κινητήρα να έρχεται σε επαφή με το ψυκτικό μέσο. Ένας ημιαεροστεγής, προσβάσιμος ή με δυνατότητα συντήρησης ερμητικός συμπιεστής είναι βιδωτής κατασκευής, με δυνατότητα επισκευής. Ένας ερμητικά σφραγισμένος με συγκόλληση συμπιεστής, περιέχει εσωτερικά τον κινητήρα και το συμπιεστή, χωρίς δυνατότητα πρόσβασης.

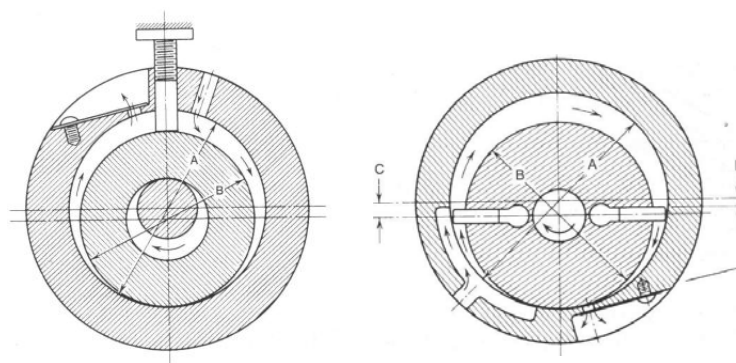


Εικόνα 2.8: Παλινδρομικοί Συμπιεστές [1]

Περιστροφικοί Συμπιεστές

Οι περιστροφικοί συμπιεστές χαρακτηρίζονται από την κυκλική περιστροφική τους κίνηση, συγκριτικά με την παλινδρομική κίνηση. Η διαδικασία θετικής μετατόπισης - συμπίεσης είναι μη - αναστρέψιμη και συνεχής ή κυκλική ανάλογα με τον εμπλεκόμενο μηχανισμό. Οι περισσότεροι είναι μηχανές απευθείας σύζευξης. Στην Εικόνα 2.9 απεικονίζονται δύο κοινούς τύπους περιστροφικών συμπιεστών: ο τύπος περιστρεφόμενου εμβόλου και ο τύπος περιστρεφόμενου πτερυγίου. Οι δύο αυτές μηχανές είναι όμοιες μεταξύ τους, σε μέγεθος, βάρος, θερμοδυναμική απόδοση, πεδίο εφαρμογών και στην ποικιλία μεγεθών.

Η απόδοση του περιστροφικού συμπιεστή χαρακτηρίζεται από υψηλή ογκομετρική απόδοση λόγω του μικρού όγκου διακένου, και κατ' επέκταση χαμηλών απωλειών εκτόνωσης. Οι συμπιεστές περιστρεφόμενου πτερυγίου έχουν χαμηλό λόγο βάρους προς μετατόπιση και, σε συνδυασμό με το μικρό μέγεθος, είναι κατάλληλοι για εφαρμογές μεταφορών.



Εικόνα 2.9: Συμπιεστής Περιστρεφόμενου Εμβόλου και Συμπιεστής Περιστρεφόμενου Πτερυγίου [1]

Συμπιεστές Απλής Έλικας

Ο συμπιεστής απλής έλικας αποτελείται από έναν απλό κυλινδρικό κύριο ρότορα που λειτουργεί σε συνεργασία με ένα ζεύγος περιστρεφόμενων τμημάτων (ρότορες) αυτοί μπορεί να μεταβάλλονται σημαντικά σε γεωμετρία. Η χρήση τους συνηθίζεται για τον

ψεκασμό υγρών, όπου αρκετή ποσότητα υγρού ψύχει και σφραγίζει το συμπιεστή. Οι συμπιεστές αυτοί μπορούν να λειτουργήσουν με Ac πίεσης άνω του 20 σε ένα μόνο στάδιο και υπάρχουν διαθέσιμοι σε ικανότητες ι} - από 20 έως 1300 τόνους (4).

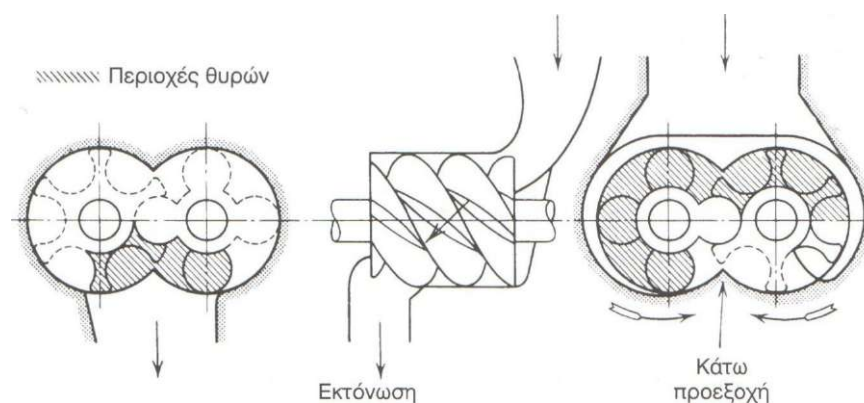
Περιστροφικοί Συμπιεστές Διπλής Έλικας

Ο περιστροφικός συμπιεστής διπλής έλικας ανήκει στην κλάση συμπιεστών θετικής μετατόπισης όπως και ο απλής έλικας. Αν και έχει κατασκευαστεί στις αρχές του 1930 και έχει χρησιμοποιηθεί σε βιομηχανίες αερίου και επεξεργασίας, εισήχθη πρώτη φορά στη βιομηχανία ψύξης στα τέλη της δεκαετίας του 1950. Η μηχανή ουσιαστικά αποτελείται από δύο προσαρμοσμένους μεταξύ τους ελικοειδείς ρότορες (αρσενικό και θηλυκό), μέσα σε ένα σταθερό περίβλημα με κατάλληλη είσοδο και έξοδο του αερίου. Η ροή του αερίου στους ρότορες είναι ταυτόχρονα αξονική και ακτινική. Με έναν αρσενικό ρότορα τεσσάρων λοβών περιστρεφόμενο στις 3600 rpm, ο έξι λοβών θηλυκός ρότορας ακολουθεί με 4/6 χ (3600) ή 2400 rpm. Ο θηλυκός ρότορας μπορεί να οδηγείται από τον αρσενικό ρότορα.

Η συμπίεση στη μηχανή επιτυγχάνεται με απευθείας μείωση του όγκου μέσω καθαρής περιστροφικής κίνησης.

Οι τέσσερις συνεχόμενες βασικές φάσεις του κύκλου λειτουργίας είναι:

1. Αναρρόφηση. Στον αυξανόμενο χώρο μεταξύ ενός ζεύγους μη- συμπλεγμένων λοβών στην πλευρά της θύρας εισόδου εισέρχεται αέριο.
2. Μεταφορά. Το παγιδευμένο αέριο από την είσοδο και την έξοδο μεταφέρεται περιφερειακά υπό σταθερή πίεση αναρρόφησης.
3. Συμπίεση. Όταν αρχίσει η επανεμπλοκή στην είσοδο, ο παγιδευμένος όγκος μειώνεται και η φόρτιση μετακινείται βαθμιαία ελικοειδώς και συμπιέζεται προς την πλευρά της εκτόνωσης, καθώς το σημείο εμπλοκής των λοβών μετακινείται κατά μήκος αξονικά.
4. Εκτόνωση. Αρχίζει όταν ο συμπιεσμένος όγκος έχει μετακινηθεί στις αξονικές θύρες εξόδου της μηχανής και συνεχίζεται μέχρι να εξέλθει ολόκληρο το παγιδευμένο αέριο.



Εικόνα 2.10: Η διαδικασία συμπίεσης σε ένα συμπιεστή διπλής έλικας [1]

Τροχιακοί Συμπιεστές

Ένας τύπος τροχιακού συμπιεστή είναι ο σπειροειδής, μία μηχανή περιστροφικής κίνησης, θετικής μετατόπισης. Αυτή η μηχανή χρησιμοποιεί δύο προσαρμοσμένα μεταξύ τους σπινάλια για τη συμπίεση των ατμών του ψυκτικού μέσου. Η ικανότητα ψύξης κυμαίνεται περίπου

από 1 έως 15 τόνους (3,5 έως 53 kW) με τρέχουσα χρήση σε οικιακές και εμπορικές εφαρμογές κλιματισμού (και αντλίες θερμότητας) και στα αυτοκίνητα. Πρόσφατες εξελίξεις στην κατασκευαστική τεχνολογία επιτρέπουν πολύ μικρές μηχανικές ανοχές των σπειροειδών τμημάτων για αποτελεσματική λειτουργία. Οι βελτιώσεις συμπεριλαμβάνουν χαμηλό θόρυβο λειτουργίας και υψηλό βαθμό απόδοσης. Στα μειονεκτήματα συμπεριλαμβάνονται η ασυμβατότητα με στερεούς μολυντές και η χαμηλή απόδοση σε μικρές πιέσεις αναρρόφησης. Ακόμα, η καλή λίπανση είναι σημαντική. Η ικανότητα ψύξης ελέγχεται είτε χρησιμοποιώντας κινητήρα μεταβαλλόμενης ταχύτητας ή ανοιγοκλείνοντας τις θύρες μεταξύ της πλευράς αναρρόφησης και των θαλάμων συμπίεσης. Οι περισσότεροι σπειροειδείς συμπιεστές είναι ερμητικού τύπου. Οι τροχιακοί συμπιεστές είναι μικροί, περιστροφικοί, θετικής μετατόπισης, με ταχύτητες περιστροφής έως και 9000 rpm. Κατασκευάζονται σε ποικιλία μορφών, συμπεριλαμβανόμενης και της σχεδίασης Wankel. Ο Wankel επέλυσε τα παλαιότερα προβλήματα στεγανοποίησης και κατασκεύασε ένα τροχιακό συμπιεστή με επιτροχιακό έμβολο (κινητήρα) τριών πλευρών και κύλινδρο (περίβλημα) δύο τμημάτων, ικανότητας ψύξης μέχρι και 2 τόνους (7 kW).

Φυγοκεντρικοί Συμπιεστές

Οι φυγοκεντρικοί συμπιεστές ή στροβιλοσυμπιεστές ανήκουν στην οικογένεια των στροβιλομηχανών, η οποία περιλαμβάνει ανεμιστήρες και στροβίλους. Οι μηχανές αυτές χαρακτηρίζονται από μία συνεχή ανταλλαγή στροφορμής μεταξύ ενός περιστρεφόμενου μηχανικού τμήματος και ενός ρευστού σταθερής ροής. Καθώς η ροή είναι συνεχής, οι στροβιλομηχανές διαθέτουν υψηλότερη ογκομετρική ικανότητα, για το ίδιο μέγεθος, σε σχέση με τις άλλες μηχανές θετικής μετατόπισης. Για αποτελεσματική ανταλλαγή ορμής, οι ταχύτητες περιστροφής πρέπει να είναι υψηλότερες, χωρίς όμως να παρατηρούνται κραδασμοί ή φθορές λόγω της σταθερότητας της κίνησης και της απουσίας τμημάτων σε μεταξύ τους επαφή. Οι φυγοκεντρικοί συμπιεστές χρησιμοποιούνται σε μεγάλη ποικιλία εφαρμογών ψύξης και κλιματισμού. Σε ένα μόνο περίβλημα, είναι δυνατό να τοποθετηθούν μέχρι οκτώ ή εννιά στάδια. Ακόμα, είναι δυνατό να γίνει χρήση σχεδόν οποιουδήποτε ψυκτικού μέσου.

Από τους τύπους των συμπιεστών που περιγράφηκαν τρεις κυρίως χρησιμοποιούνται στα ψυκτικά συστήματα:

- Παλινδρομικοί: 1 /16 έως 150 hp ή 50W έως 112 kW.
- Ελικοειδείς περιστροφικοί: 100 έως 1000 tons ή 350 έως 3500 kW.
- Φυγοκεντρικοί: 100 tons ή 350 kW έως το ανώτατο όριο χωρητικότητας (capacity) που καθορίζεται μόνο από τις φυσικές διαστάσεις.

Ακολούθως αναλύεται ο τρόπος ελέγχου των συμπιεστών :

Έλεγχος

Ένας συμπιεστής, το μεγαλύτερο διάστημα λειτουργεί υπό μερικό φορτίο. Στα μικρά συστήματα, ο συμπιεστής μπορεί να ξεκινά και να σταματά με τη δράση κάποιου θερμοστάτη, ανάλογα με τις απαιτήσεις ψύξης. Ωστόσο, στους μεγάλους συμπιεστές δεν

είναι επιθυμητή η εκκίνηση και η παύση σε συχνά διαστήματα. Στην περίπτωση αυτή, για τη μείωση της ικανότητας του συμπιεστή χρησιμοποιείται η τεχνική της αποφόρτισης. Αυτή επιτυγχάνεται με μείωση της ταχύτητας του συμπιεστή, διατήρηση των βαλβίδων εισαγωγής ανοικτές σε κάποια θέση ή με την αύξηση του όγκου διακένου.

Θεωρείτε ο παλινδρομικός συμπιεστής. Αυτός διατίθεται σε μορφή μεταβαλλόμενης ταχύτητας, αλλά η συνηθέστερη μέθοδος αποφόρτισης είναι η διατήρηση των βαλβίδων εισόδου σε ανοικτή θέση. Οι μεγάλοι συμπιεστές έχουν δύο ή περισσότερους κυλίνδρους και ο κάθε κύλινδρος μπορεί να αποφορτιστεί ανεξάρτητα από τους άλλους. Για παράδειγμα, εάν αποφορτιστεί ο ένας από τους δύο κυλίνδρους, η ικανότητα του συμπιεστή μειώνεται περίπου στο μισό. Ο έλεγχος αυτός αρχίζει με αίσθηση της πίεσης αναρρόφησης και διεξάγεται από ένα ηλεκτρικό σωληνοειδές. Η ικανότητα μπορεί επίσης να ελεγχθεί μεταβάλλοντας τον όγκο διακένου. Σε μεγαλύτερα συστήματα είναι εφικτό να χρησιμοποιούνται δύο ή περισσότεροι συμπιεστές, ο καθένας με το δικό του ρυθμιστή ικανότητας, για μεγαλύτερη ευελιξία προσαρμογής στην απαιτούμενη από το φορτίο ψυκτική ικανότητα.

2.2.1.3.2 Συμπυκνωτές και Εξατμιστήρες

Εκτός από τους συμπιεστές, οι εναλλάκτες θερμότητας (συμπυκνωτές και εξατμιστήρες) αποτελούν κύρια τμήματα των ψυκτικών συστημάτων τα οποία συνήθως καταλαμβάνουν το μεγαλύτερο χώρο. Για την επίτευξη της κατάλληλης απόδοσης είναι σημαντική η ορθή επιλογή αυτών.

Συμπυκνωτής

Ο συμπυκνωτής είναι ένας εναλλάκτης θερμότητας που συνήθως αποβάλλει όλη τη θερμότητα του συστήματος ψύξης. Αυτή συμπεριλαμβάνει όχι μόνον την απορροφούμενη από τον εξατμιστήρα θερμότητα, αλλά και την ενέργεια εισόδου στο συμπιεστή. Ο συμπυκνωτής δέχεται από το συμπιεστή ένα θερμό, υψηλής πίεσης ψυκτικό, συνήθως κάποιο υπέρθερμο αέριο και αποβάλλει θερμότητα από το αέριο προς κάποια ψυχρότερη ουσία, συνήθως αέρα ή νερό. Καθώς αφαιρείται ενέργεια από το αέριο, αυτό συμπυκνώνεται και συνεχίζει τη διαδρομή του μέσω της εκτονωτικής βαλβίδας πίσω προς τον εξατμιστήρα συμπυκνωτές μπορεί να είναι υδρόψυκτοι, αερόψυκτοι ή μικτοί.

Εξατμιστήρας

Η ενέργεια συγκεντρώνεται στον εξατμιστήρα, μέσω μεταφοράς θερμότητας από ένα μέσο σε κάποια ελαφρά υψηλότερη θερμοκρασία, προκαλώντας εξάτμιση του ψυκτικού μέσου. Οι περισσότεροι εξατμιστήρες σχεδιάζονται και ελέγχονται ώστε να φέρνουν το ψυκτικό σε κάποιο μικρό βαθμό υπέρθερμης κατάστασης, καθώς αυτό εξέρχεται του εξατμιστήρα, για την προστασία του ρεύματος προς το συμπιεστή από τα καταστροφικά αποτελέσματα του υγρού. Το μέσο που μεταφέρει τη θερμότητα στον εξατμιστήρα μπορεί να είναι είτε το ψυχόμενο ρεύμα αέρα (στοιχεία απευθείας εκτόνωσης ή DX) είτε νερό ή κάποιο μίγμα, όπως στην περίπτωση των ψυκτών. Όταν απαιτείται μικρή θερμοκρασιακή διαφορά μεταξύ ψυκτικού και ψυχόμενου μέσου, μερικές φορές χρησιμοποιείται ο τύπος του υπερπληρωμένου εξατμιστήρα. Στην περίπτωση αυτή, το στοιχείο του εξατμιστήρα

τροφοδοτείται με υγρό ψυκτικό, το οποίο κυκλοφορεί από το στοιχείο σε μία δεξαμενή υπερχειλίσης, απ' όπου ατμοί ψυκτικού οδηγούνται στη γραμμή αναρρόφησης του συμπιεστή. Η κυκλοφορία μεταξύ δεξαμενής υπερχειλίσης και στοιχείου εξατμιστήρα είτε ρυθμίζεται από την επίδραση του φαινομένου του θερμοσιφωνίου είτε εξαναγκάζεται από κάποια αντλία κυκλοφορίας.

2.2.1.3.4 Ψύκτες

Οι ψύκτες ψύχουν νερό ή κάποιο άλλο υγρό που κυκλοφορεί σε απόμακρη περιοχή όπου χρησιμοποιείται για την ψύξη αέρα μέσω ενός στοιχείου ψύξης στη μονάδα επεξεργασίας αέρα. Οι ψύκτες οι οποίοι λειτουργούν στον κύκλο συμπίεσης ατμού έχουν διάφορες μορφές, ποικίλλοντας σε μέγεθος από περίπου τρεις τόνους έως και περισσότερο από χίλιους τόνους. Οι μικρότερες μονάδες συνήθως χρησιμοποιούν παλινδρομικούς συμπιεστές με αερόψυκτους συμπυκνωτές ενώ οι μεγάλες μονάδες χρησιμοποιούν φυγοκεντρικούς συμπιεστές και αποβάλλουν τη θερμότητα στο νερό των ψυκτικών πύργων. Στην Εικόνα 2.11 απεικονίζεται ένας μεγάλος φυγοκεντρικός ψύκτης και στην Εικόνα 2.12 μια μεγάλη αερόψυκτη μονάδα συμπύκνωσης. Μπορούν ακόμα να χρησιμοποιηθούν και ψύκτες απορρόφησης, οι οποίοι διατίθενται σε μεγάλες μονάδες χωρητικότητας από 50 έως 1500 τόνους ή 176 kW έως 15 MW. Τα τμήματα της γεννήτριας θερμαίνονται με ατμό χαμηλής πίεσης, θερμό νερό, ή άλλα θερμά υγρά. Σε μεγάλες εγκαταστάσεις ο ψύκτης απορρόφησης συνδυάζεται συχνά με φυγοκεντρικούς συμπιεστές που κινούνται από ατμοστρόβιλους με ατμό που λαμβάνεται από στρόβιλο μη συμπύκνωσης στη γεννήτρια της μηχανής συμπύκνωσης. Όταν η φυγοκεντρική μονάδα κινείται μέσω ενός αεροστρόβιλου ή κινητήρα η γεννήτρια απορρόφησης θερμαίνεται με το νερό του χιτωνίου εξαγωγής. Επειδή η αποδιδόμενη ενέργεια έχει υψηλό κόστος οι ψύκτες απορρόφησης που χρησιμοποιούν την κύρια ενέργεια έχουν αντικατασταθεί με φυγοκεντρικά ή παλινδρομικά εξαρτήματα μεγαλύτερης ενεργειακής αποδοτικότητας. Για την αποβολή της θερμότητας από τους υδροψυκτικούς συμπυκνωτές των κλιματιστικών συστημάτων, το νερό συνήθως ψύχεται μέσω της επαφής του με την ατμόσφαιρα. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω ψυκτικών πύργων φυσικής ή μηχανικής μεταφοράς ή μέσω συστημάτων ψεκασμού. Από αυτούς, ο πύργος μηχανικής μεταφοράς μπορεί να σχεδιαστεί για πιο αυστηρές συνθήκες, επειδή είναι ανεξάρτητος του ανέμου. Τα συστήματα κλιματισμού χρησιμοποιούν πύργους που περιλαμβάνουν μονάδες μικρής συσκευασίας 5 έως 500 τόνων (17,5 έως 1760 kW) ή μεσαίου μεγέθους από 2.000 έως 4.000 τόνους (7 έως 14 MW). Στην Εικόνα 2.13 απεικονίζεται ο ψυκτικός πύργος μηχανικής μεταφοράς του υπό μελέτη Νοσοκομείου. Ο έλεγχος του νερού αποτελεί βασική προϋπόθεση για ικανοποιητική λειτουργία. Οι μονάδες που λειτουργούν όλο το χρόνο πρέπει να προστατευτούν από τον πάγο. Τα βασικότερα είδη της κατηγορίας αυτής είναι τα ακόλουθα:

1. Ηλεκτρικοί ψύκτες

Χρησιμοποιούν κύκλο μηχανικής συμπίεσης του ατμού και ανάλογα με τον τύπο του συμπιεστή ταξινομούνται σε τρεις κατηγορίες:

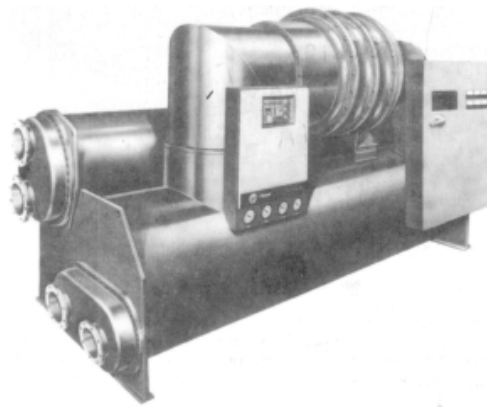
- Φυγοκεντρικοί συμπιεστές (ισχύς 300 - 25.000 kW)
- Παλινδρομικοί συμπιεστές (ισχύς 35 - 700 kW)
- Περιστροφικοί συμπιεστές (ισχύς 3 - 1.750 kW)

2. Μηχανικοί ψύκτες

Έχουν ισχύ μέχρι 15.000 kW, τροφοδοτούνται από στροβιλοκινητήρες ή μηχανές συμβατικών καυσίμων και χρησιμοποιούν φυγοκεντρικούς, παλινδρομικούς ή περιστροφικούς συμπιεστές.

3. Ψύκτες απορρόφησης

Περιλαμβάνουν έναν εξατμιστή, ένα διαχωριστή, ένα συμπυκνωτή και έναν απορροφητή. Λειτουργούν με τη χρήση φυσικού αερίου ή πετρελαίου (άμεσης θέρμανσης) ή, τέλος, με ατμό χαμηλής πίεσης (μέχρι 15 psi) ή νερό θερμοκρασίας μέχρι 140 °C (έμμεσης θέρμανσης).



Εικόνα 2.11: Μεγάλος φυγοκεντρικός ψύκτης [1]



Εικόνα 2.12: Μεγάλη αερόψυκτη μονάδα συμπύκνωσης [25]



Εικόνα 2.13: Πύργος ψύξεως Νοσοκομείου «Παίδων»

2.2.1.3.5 Ρύθμιση

Βαλβίδες Ρύθμισης Ψύξης

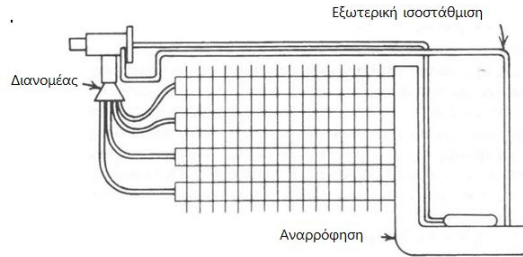
Το πιο σημαντικό εξάρτημα στον κύκλο συμπίεσης ατμών από την πλευρά του συστήματος ελέγχου, είναι η εκτονωτική βαλβίδα. Κατάλληλος χειρισμός της εκτονωτικής βαλβίδας είτε χειροκίνητα είτε αυτόματα, μπορεί να πάρει αρκετό δρόμο για τη βελτιστοποίηση της απόδοσης του συστήματος. Ωστόσο, μερικές φορές απαιτούνται και κάποια άλλα εξαρτήματα για τον έλεγχο της θερμοκρασίας του εξατμιστήρα ή του φορτίου του συμπιεστή. Οι περισσότεροι συνηθισμένες βαλβίδες ελέγχου περιγράφονται στις επόμενες παραγράφους.

Θερμοστατική Βαλβίδα Εκτόνωσης

Η θερμοστατική βαλβίδα εκτόνωσης τοποθετεί το πηνίο της βαλβίδας σε κατάλληλη θέση για την υποδοχή του ψυκτικού μέσου, όπως απαιτείται από το φορτίο του εξατμιστήρα (Εικόνα 2.14). Μία αμπούλα που περιέχει μικρή ποσότητα ψυκτικού συνδέεται με ένα μικρό σωλήνα με το θάλαμο πάνω από το διάφραγμα της βαλβίδας. Η αμπούλα είναι στερεωμένη πάνω στη γραμμή του ψυκτικού, εκεί όπου το ψυκτικό εξέρχεται του εξατμιστήρα. Η τάση του ελατηρίου τείνει να κλείσει τη βαλβίδα, ενώ η πίεση της αμπούλας τείνει να την ανοίξει. Η αμπούλα ουσιαστικά αποτελεί έναν αισθητήρα θερμοκρασίας και απαιτούνται μερικοί βαθμοί υπέρθερμου ψυκτικού που εξέρχεται του εξατμιστήρα πριν ανοίξει η εκτονωτική βαλβίδα. Καθώς το φορτίο του εξατμιστήρα αυξάνει, αυξάνεται η θερμοκρασία υπέρθερμου και η βαλβίδα ανοίγει ώστε να αυξηθεί η παροχή του ψυκτικού μέσου. Όταν το φορτίο μειώνεται η βαλβίδα κλείνει διατηρώντας υπέρθερμο ατμό στην έξοδο του εξατμιστήρα. Η ενέργεια αυτή προστατεύει το συμπιεστή από την ύπαρξη υγρού και μειώνει το φορτίο του όταν μειώνεται το φορτίο του εξατμιστήρα. Οι περισσότερες θερμοστατικές εκτονωτικές βαλβίδες είναι ρυθμιζόμενες, και συνήθως διατηρούν περίπου 5 έως 10°F (3 έως 5°C) θερμοκρασία υπέρθερμου ατμού.

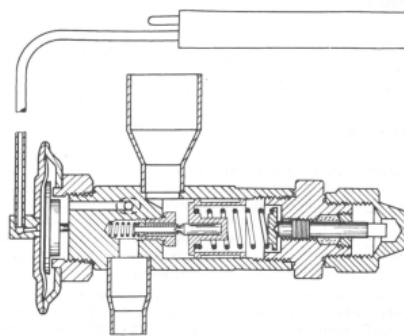
Είναι δυνατό η θερμοστατική εκτονωτική βαλβίδα να υπερφορτώσει το συμπιεστή καθώς αυξάνεται το φορτίο του εξατμιστήρα. Για την αποφυγή της κατάστασης αυτής μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην αμπούλα ένα φορτίο υγρού-ατμού. Το φορτίο είναι τέτοιο, ώστε όλο το υγρό να εξατμίζεται σε κάποια προκαθορισμένη θερμοκρασία. Από το σημείο αυτό και

πάνω θα έχουμε πολύ μικρή αύξηση της πίεσης της αμπούλας και η βαλβίδα δεν θα ανοίγει σημαντικά σε περαιτέρω αύξηση του φορτίου του εξατμιστήρα. Με τον τρόπο αυτό, περιορίζεται το φορτίο του συμπιεστή.



Εικόνα 2.14: Εξατμιστήρας [1]

Όταν ο εξατμιστήρας υπόκειται σε μεγάλη διακύμανση φορτίου, τότε μεταβάλλεται η πτώση πίεσης του ψυκτικού κατά τη ροή του μέσα από το στοιχείο. Επομένως, η θερμοκρασία κορεσμού του ψυκτικού θα μεταβάλλεται στην έξοδο του στοιχείου και θα προκύπτουν διαφορετικές ποσότητες υπέρθερμου σε μικρά και μεγάλα φορτία. Η κατάσταση αυτή ελέγχεται με τη χρήση ενός εξωτερικού ισοσταθμιστή (Εικόνα 2.15). Τότε, η βαλβίδα αντιλαμβάνεται την πίεση περίπου στο ίδιο σημείο που αντιλαμβάνεται τη θερμοκρασία και ο υπέρθερμος θα είναι ο σωστός για οποιαδήποτε πίεση στη γραμμή αναρρόφησης. Ο εξωτερικός ισοσταθμιστής θα πρέπει να χρησιμοποιείται όταν μία εκτονωτική βαλβίδα τροφοδοτεί παράλληλα κυκλώματα, όπως στην Εικόνα 2.15.



Εικόνα 2.15: Εξωτερικός Ισοσταθμιστής [1]

Ρυθμιστής Πίεσης Εξατμιστήρα

Ο σκοπός αυτού του ρυθμιστή πίεσης, είναι η διατήρηση σχετικά σταθερής ελάχιστης πίεσης στον εξατμιστήρα. Επειδή οι περισσότερες επιφάνειες εξατμιστήρων δέχονται ψυκτικά δύο φάσεων, θα διατηρείται επίσης και μία σταθερή ελάχιστη θερμοκρασία. Η πίεση εξατμιστήρα αποστέλλεται εσωτερικά και σταθμίζεται από ένα διάφραγμα που βρίσκεται υπό τάση ελατηρίου. Όταν η πίεση του εξατμιστήρα μειωθεί κάτω από κάποια καθορισμένη τιμή, τότε η βαλβίδα κλείνει εμποδίζοντας τη ροή του ψυκτικού, ώστε να ανέλθει η πίεση του εξατμιστήρα. Η κύρια εφαρμογή των ρυθμιστών πίεσης εξατμιστήρα είναι να θέτουν μία ελάχιστη θερμοκρασία εξατμιστήρα ώστε να επιτρέπεται η χρήση διαφορετικών εξατμιστήρων σε διαφορετικές πιέσεις στον ίδιο συμπιεστή.

Ρυθμιστής Πίεσης Αναρρόφησης

Ο ρυθμιστής αυτός, έχει σκοπό τον περιορισμό της μέγιστης πίεσης στην αναρρόφηση του συμπιεστή. Επειδή το φορτίο του συμπιεστή καθορίζεται από την πίεση αναρρόφησης, ο ρυθμιστής πίεσης αναρρόφησης αποτελεί μηχανισμό περιορισμού του φορτίου. Η βαλβίδα αυτή, λειτουργεί σχεδόν όπως ο ρυθμιστής πίεσης εξατμιστήρα, με τη διαφορά ότι αντιλαμβάνεται την πίεση αναρρόφησης του συμπιεστή. Επίσης, ο ρυθμιστής πίεσης αναρρόφησης μειώνει το φορτίο του συμπιεστή κατά το διάστημα της εκκίνησης, επειδή η βαλβίδα παραμένει κλειστή μέχρι η πίεση αναρρόφησης μειωθεί στην αρχικά τοποθετημένη τιμή.

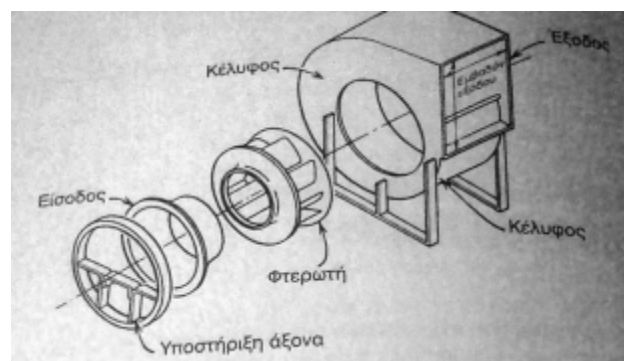
2.2.1.4 Ανεμιστήρες και μονάδες επεξεργασίας αέρα

2.2.1.4.1 Ανεμιστήρες

Ο ανεμιστήρας αποτελεί σημαντικό τμήμα σχεδόν όλων των συστημάτων κλιματισμού ψύξης ή θέρμανσης. Εκτός από τις περιπτώσεις όπου η ελεύθερη μετακίνηση δημιουργεί ρεύμα αέρα, στις υπόλοιπες περιπτώσεις χρησιμοποιείται ανεμιστήρας για τη μετακίνηση του αέρα μέσω των αεραγωγών και για τη δημιουργία ρεύματος στο χώρο. Εάν κάποιος θέλει να σχεδιάσει ένα ικανοποιητικό σύστημα αεραγωγών, θα πρέπει να έχει κατανοήσει τους ανεμιστήρες και τα χαρακτηριστικά τους.

Φυγοκεντρικός ανεμιστήρας

Είναι ο περισσότερο διαδεδομένος, επειδή μπορεί να μετακινήσει αποτελεσματικά μικρές ή μεγάλες ποσότητες αέρα σε ένα μεγάλο εύρος πιέσεων. Η αρχή λειτουργίας είναι ότι διαθέτει κάποια περιστρεφόμενη φτερωτή εσωτερικά σε ένα κέλυφος, η οποία μεταφέρει ενέργεια στον κινούμενο αέρα ή αέριο. Στην εικόνα 2.16 απεικονίζονται τα διάφορα τμήματα ενός φυγοκεντρικού ανεμιστήρα. Τα πτερύγια της φτερωτής μπορεί να έχουν κλίση προς τα μπρος, προς τα πίσω ή να είναι ακτινικά. Η σχεδίαση των πτερυγίων επηρεάζει τα χαρακτηριστικά του ανεμιστήρα και διαφοροποιούνται σε δύο κατηγορίες.



Εικόνα 2.16: Τμήματα φυγόκεντρου ανεμιστήρα [1]

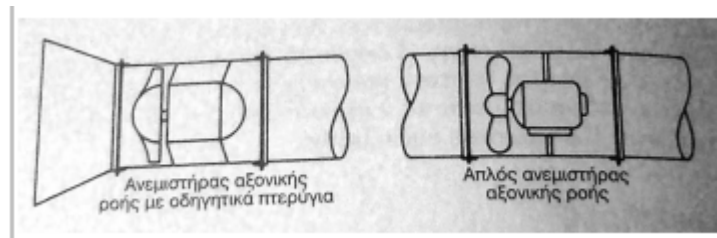
Τους ανεμιστήρες πτερυγίων οπίσθιας κλίσης και τους ανεμιστήρες πτερυγίων εμπρόσθιας κλίσης.

Οι ανεμιστήρες πτερυγίων οπίσθιας κλίσης χρησιμοποιούνται για γενική θέρμανση, εξαερισμό, ψύξη και ιδιαίτερα όταν το μέγεθος του συστήματος επιτρέπει σημαντική εξοικονόμηση ισχύος. Τέτοιοι ανεμιστήρες μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε συστήματα κλιματισμού χαμηλής μέσης και υψηλής πίεσης. Αποτελούν τις σχεδιάσεις με την υψηλότερη απόδοση από όλους του φυγοκεντρικούς τύπους ανεμιστήρων. Για δεδομένη εργασία, οι ανεμιστήρες αυτοί θα λειτουργούν με την υψηλότερη ταχύτητα από όλους τους τύπους φυγοκεντρικών ανεμιστήρων. Οι ανεμιστήρες αυτοί, χρησιμοποιούνται επίσης σε βιομηχανικές εφαρμογές όπου η εξοικονόμηση ισχύος είναι σημαντική. Τα αεροδυναμικά πτερύγια θα πρέπει να χρησιμοποιούνται μόνο σε εφαρμογές καθαρού αέρα, όπου τα πτερύγια δεν υπόκεινται διάβρωση ή φθορά.

Οι ανεμιστήρες πτερυγίων εμπρόσθιας κλίσης χρησιμοποιείται σε εφαρμογές θέρμανσης χαμηλής πίεσης, εξαερισμού και ψύξης, όπως σε οικίες, κεντρικές μονάδες σταθμών και ολοκληρωμένα σύστημα κλιματισμού. Η σχεδίαση αυτή, έχει τη χαμηλότερη απόδοση από τους φυγοκεντρικούς ανεμιστήρες και λειτουργεί στις χαμηλότερες ταχύτητες.

Αξονικός ανεμιστήρας με οδηγητικά πτερύγια

Βρίσκεται στερεωμένος πάνω στον κεντρικό άξονα του αεραγωγού και παράγει αξονική ροή αέρα. Κάποια πτερύγια οδηγία τοποθετημένα πριν και μετά από το περιστρεφόμενο τμήμα μειώνουν την περιστροφή του διερχόμενου ρεύματος αέρα. Ο απλός αξονικός ανεμιστήρας μοιάζει με τον προηγούμενο, αλλά δεν διαθέτει καθόλου πτερύγια οδηγούς. Η Εικόνα 2.16 απεικονίζει και τους δύο αυτούς τύπους ανεμιστήρων. Οι ανεμιστήρες αξονικής ροής δεν μπορούν να αναπτύξουν τις υψηλές πιέσεις των φυγοκεντρικών ανεμιστήρων, αλλά μπορούν να μετακινήσουν μεγάλες μάζες αέρα με χαμηλή πίεση. Επίσης, οι ανεμιστήρες αξονικής ροής γενικά παράγουν υψηλότερο θόρυβο από τους φυγοκεντρικούς ανεμιστήρες.



Εικόνα 2.17: Τύποι ανεμιστήρων Αξονικής ροής [1]

Αυτός ο τύπος ανεμιστήρα χρησιμοποιείται περισσότερο για θέρμανση, εξαερισμό και ψύξη σε συστήματα χαμηλής, μέσης και υψηλής πίεσης και είναι ιδιαίτερα πλεονεκτικότερος όταν απαιτείται ευθύγραμμη ροή. Συνήθως διαθέτουν πτερύγια αεροδυναμικής σχεδίασης, τα οποία επιτρέπουν την ανάπτυξη μέσης προς υψηλή πίεση με σχετικά υψηλή απόδοση.

Ορισμένοι ανεμιστήρες της σχεδίασης αυτής, έχουν την ικανότητα μεταβολής του βήματος των πτερυγίων, ανάλογα με τις απαιτήσεις της εφαρμογής. Σε κάποιες περιπτώσεις αυτό επιτυγχάνεται σταματώντας τον ανεμιστήρα, αλλάζοντας το βήμα στη νέα θέση και επανεκκινώντας τον ανεμιστήρα. Σε άλλες περιπτώσεις, το βήμα των πτερυγίων μπορεί να αλλάξει με τον ανεμιστήρα σε λειτουργία. Η τελευταία μέθοδος παρέχει καλά χαρακτηριστικά ελέγχου σε συστήματα VAV.

2.2.1.4.2 Μονάδες επεξεργασίας Αέρα

Οι μονάδες επεξεργασίας αέρα περιλαμβάνονται από ανεμιστήρες, στοιχεία ψύξης και θέρμανσης, φίλτρα, τον αφυγραντήρα και τα ρυθμιστικά διαφράγματα. Μια τυπική διάταξη μιας μονάδας επεξεργασίας αέρα όπου εξυπηρετεί διάφορες ζώνες, τα στοιχεία θέρμανσης και ψύξης πρέπει να τοποθετηθούν σε παράλληλη διάταξη ή δίπλα δίπλα, παρουσιάζεται στο επόμενο σχήμα:

Για στοιχεία θέρμανσης και ψύξης αναφέρονται σαν *Θερμός και ψυχρός αγωγός* αντίστοιχα. Η διάταξη με τον ανεμιστήρα πριν τα στοιχεία ώστε να καταθλίβει σ' αυτά *αποκαλείται blow-through διαμόρφωση*. Η περιοχή εκκένωσης της μονάδας επεξεργασίας αέρα μπορεί να χωρίζεται έτσι ώστε είτε διάφορες ζώνες να έχουν την δυνατότητα εξυπηρέτησης με ξεχωριστό θερμοκρασιακό έλεγχο σε κάθε ζώνη, είτε η μονάδα επεξεργασίας αέρα να μπορεί να χρησιμοποιείται χωρίς τα ρυθμιστικά διαφράγματα σ' ένα σύστημα διπλών αγωγών. Μια μονάδα επεξεργασίας αέρα φαίνεται στην Εικόνα 2.18.



Εικόνα 2.18: Μονάδα επεξεργασίας αέρα [26]

2.2.1.5 Αντλίες και Σωληνώσεις

2.2.1.5.1 Αντλίες

Οι αντλίες που χρησιμοποιούνται στα συστήματα κλιματισμού είναι συνήθως φυγοκεντρικές αντλίες μονής εισαγωγής. Οι αντλίες που χρησιμοποιούνται για μεγαλύτερα συστήματα και μεγαλύτερες απαιτήσεις έχουν μια οριζόντια χοάνη με προωθητή διπλής αναρρόφησης για ευκολότερη και υψηλή αποδοτικότητα. Στην Εικόνα 2.19 παρουσιάζεται μια φυγοκεντρική αντλία κυκλώματος. Οι κύριες εφαρμογές των αντλιών στο χώρο των συσκευών είναι το κύριο και δευτερεύον νερό ψύξης το θερμό νερό, το νερό του συμπυκνωτή, η επιστροφή του υγροποιημένου ατμού το νερό τροφοδοσίας του λέβητα και το καύσιμο.



Εικόνα 2.19: Φυγοκεντρική αντλία κυκλώματος [27]



Εικόνα 2.20: Φυγοκεντρικές αντλίες Νοσοκομείου «Παίδων»

Η φυγοκεντρική αντλία αποτελεί μέχρι σήμερα τον πιο συνηθισμένο τύπο αντλίας που συναντάται σε συστήματα κλιματισμού (HVAC). Τα κυριότερα τμήματα μίας φυγοκεντρικής αντλίας, είναι το περιστρεφόμενο μέρος ή φτερωτή και το περίβλημα. Η φτερωτή οδηγείται συνήθως από έναν ηλεκτρικό κινητήρα, του οποίου ο άξονος είναι συζευγμένος απευθείας ή μέσω κάποιου εύκαμπτου/ελαστικού συνδέσμου. Το ρευστό εισέρχεται από το κέντρο της περιστρεφόμενης φτερωτής, σπρώχνεται στη σπειροειδή έλικα και εξέρχεται από την έξοδο. Το ρευστό που φεύγει από τη φτερωτή διαθέτει υψηλή κινητική ενέργεια η οποία μετατρέπεται σε στατική πίεση, όσο αποδοτικότερα αυτό είναι δυνατό, μέσα στη σπειροειδή έλικα και στην έξοδο. Αν και υπάρχουν διάφοροι τύποι φτερωτών και περιβλημάτων, η αρχή λειτουργίας είναι η ίδια. Οι απεικονιζόμενες στην Εικόνα 2.19 και 2.20 αντλίες, είναι απλής αναρρόφησης, επειδή το ρευστό εισέρχεται στη φτερωτή από τη μία μόνο πλευρά. Στον τύπο διπλής αναρρόφησης το ρευστό εισέρχεται και από τις δυο πλευρές. Μία αντλία μπορεί να διαθέτει περισσότερα στάδια φτερωτών πάνω στον ίδιο άξονα και μέσα στο ίδιο περίβλημα. Το ρευστό αφήνει το πρώτο στάδιο και στη συνέχεια εισέρχεται στη φτερωτή του δεύτερου σταδίου πριν αφήσει το περίβλημα.

Σε ένα ανοικτό σύστημα όπως είναι κάποιος πύργος ψύξης, η αναρρόφηση της αντλίας (είσοδος) θα πρέπει να είναι πάντοτε γεμάτη. Αυτό σημαίνει, ότι η είσοδος θα πρέπει να βρίσκεται χαμηλότερα από την ελεύθερη επιφάνεια του νερού. Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό, όταν η θερμοκρασία του ρευστού είναι υψηλή, όπως συμβαίνει στην περίπτωση του συμπυκνώματος από έναν συμπυκνωτή ατμού. Η βάση της αντλίας, συνήθως είναι τσιμεντένια και θα πρέπει να είναι ακλόνητη α σταθερή υποστήριξη. Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό για αντλίες ελαστικού συνδέσμου, για διατήρηση της ευθυγράμμισης μεταξύ αντλίας και κινητήρα. Η βάση της αντλίας θα πρέπει να ζυγίζει από 1,5 έως 3 φορές το συνολικό βάρος αντλία κινητήρα, για έλεγχο των κραδασμών και του θορύβου.

Είναι ιδιαίτερα σημαντική η εγκατάσταση των σωληνώσεων αναρρόφησης και κατάθλιψης, έτσι ώστε να μην ασκούνται δυνάμεις στο περίβλημα της αντλίας. Και από τις δύο πλευρές απαιτούνται σύνδεσμοι διαστολής, για απομόνωση των διαστολών και συστολικών δυνάμεων, ενώ οι σωληνώσεις θα πρέπει να υποστηρίζονται ανεξάρτητα του περιβλήματος της αντλίας.

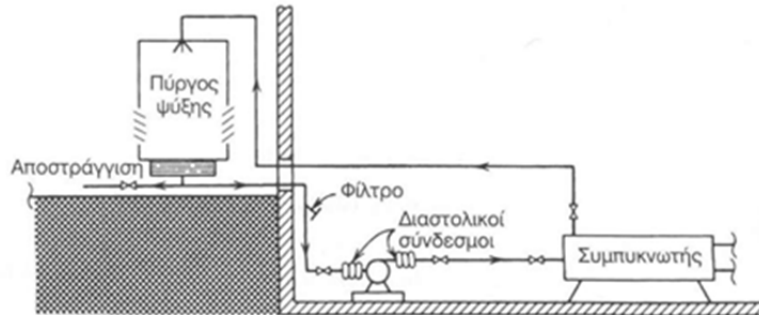
2.2.1.5.2 Σωληνώσεις

Υπάρχουν διάφοροι τύποι συστημάτων σωληνώσεων κλιματιστικών εγκαταστάσεων και πολλά εξειδικευμένα εξαρτήματα που συνιστούν τα συστήματα αυτά. Τα συστήματα σωληνώσεων των κλιματιστικών υποδιαιρούνται σε δύο μέρη: τις σωληνώσεις του χώρου κυρίως εξοπλισμού (κύριο και δευτερεύον νερό ψύξης και θέρμανσης, το νερό του συμπυκνωτή, σωληνώσεις καυσίμου, ψυκτικού υγρού) και τις απαραίτητες σωληνώσεις του συστήματος διαχείρισης αέρα καθ' όλο το μήκος του κτιρίου.

Σύστημα Ανοικτού Βρόχου

Ένα τυπικό σύστημα σωληνώσεων ανοικτού βρόχου, απεικονίζεται στην Εικόνα 2.21. Χαρακτηριστικό των συστημάτων αυτών, είναι ότι κάποιο τμήμα τους βρίσκεται ανοικτό στην ατμόσφαιρα. Ο ψυκτικός πύργος της εικόνας δείχνει τις συνηθισμένες βαλβίδες, φίλτρα και εγκατεστημένο εξοπλισμό αυτού του τύπου συστημάτων. Η προστασία της

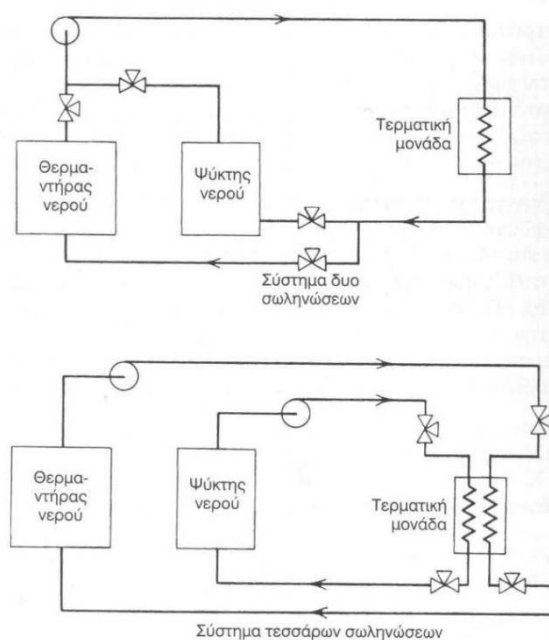
αντλίας με κάποιο φίλτρο, είναι σημαντική. Οι βαλβίδες απομόνωσης διευκολύνουν τη συντήρηση χωρίς την πλήρη αποστράγγιση του συστήματος, ενώ μία βαλβίδα θα πρέπει να υπάρχει στην έξοδο για τη ρύθμιση του ρυθμού ροής. Επίσης, απεικονίζονται οι διαστολικοί σύνδεσμοι και μία στιβαρή βάση υποστήριξης για απομόνωση των κραδασμών.



Εικόνα 2.21: Σύστημα σωληνώσεων ανοικτού βρόχου [1]

Σύστημα Κλειστού Βρόχου

Στην Εικόνα 2.22 απεικονίζονται δύο συστήματα κλειστού τύπου, το ένα δύο σωληνώσεων και το άλλο τεσσάρων. Αν και δεν είναι απαραίτητη η εγκατάσταση κάποιου φίλτρου σε κλειστά συστήματα, απαιτείται η χρήση δεξαμενής διαστολής και διαχωριστή αέρα. Η δεξαμενή διαστολής προστατεύει το σύστημα από τυχόν καταστροφή, λόγω μεταβολής του όγκου που μπορεί να προκληθεί από θερμοκρασιακές αλλαγές. Συγκεκριμένα, παρέχει ένα χώρο συλλογής του αέρα που απομακρύνει ο διαχωριστής και δημιουργεί στο σύστημα ένα σημείο σταθερής πίεσης. Η δεξαμενή διαστολής εξετάζεται λεπτομερώς, αργότερα. Τα συστήματα κλειστού βρόχου συνήθως βρίσκονται υπό πίεση (άνω της ατμοσφαιρικής). Ένας ρυθμιστής πίεσης βρίσκεται εγκατεστημένος επί της παροχής του νερού και συνδέεται με το σύστημα στο ίδιο σημείο με τη δεξαμενή διαστολής. Επίσης, απαιτούνται βαλβίδες απομόνωσης και ελέγχου, καθώς και όργανα μέτρησης της παροχής και των θερμοκρασιών σε στρατηγικά σημεία. Αυτό, είναι ιδιαίτερα σημαντικό σε παράλληλα κυκλώματα.



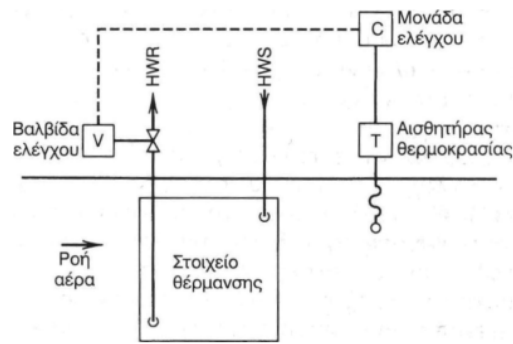
Εικόνα 2.22: Συστήματα σωληνώσεων κλειστού τύπου [1]

2.2.1.5 Συστήματα Ελέγχου και Εγκατάσταση Εξοπλισμού

Επειδή το φορτίο στις διάφορες ζώνες του κτιρίου μεταβάλλονται χρονικά πρέπει να υπάρχουν συστήματα ελέγχου, ώστε η έξοδος του συστήματος HVAC να ανταποκρίνεται κρίνεται στο φορτίο αυτά. Ένα σύστημα HVAC σχεδιάζεται έτσι ώστε να ανταποκρίνεται σε ακραίες συνθήκες αλλά κατά το μεγαλύτερο διάστημα θα λειτουργεί με μέρος του μέγιστου δυνατού φορτίου. Ένα σωστά σχεδιασμένο σύστημα ελέγχου θα διατηρεί καλή ποιότητα του εσωτερικού αέρα παρέχοντας άνεση ανεξάρτητα από τις επικρατούσες εξωτερικές συνθήκες, με το ελάχιστο δυνατό κόστος λειτουργίας.

Τα συστήματα ελέγχου μπορεί να είναι διαφόρων τύπων: ηλεκτρικά, ηλεκτρονικά, αέρα ή ανεξάρτητα τα οποία δεν απαιτούν εξωτερική πηγή ενέργειας. Ορισμένα συστήματα HVAC έχουν συνδυασμό συστημάτων, π.χ. ηλεκτρονικό και αέρα. Οι σύγχρονες τάσεις προσανατολίζονται περισσότερο στα ηλεκτρονικά συστήματα, ενώ ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν τα ψηφιακά συστήματα ελέγχου που συχνά ονομάζονται και άμεσος ψηφιακός έλεγχος ή DDC (direct digital control). Η ανάπτυξη των αναλογικών και ψηφιακών ηλεκτρονικών, όπως και των υπολογιστών, αφενός έκαναν τα συστήματα ελέγχου να είναι υψηλότερης απόδοσης και αφετέρου να επιτρέψουν την εκτέλεση σχεδόν απεριόριστων λειτουργιών ελέγχου μέσα στις φυσικές δυνατότητες του συστήματος. Εκτός από τον καλύτερο έλεγχο έχει επιτευχθεί και ακόμη μεγαλύτερη δυνατότητα παρακολούθησης των λειτουργιών που εκτελούνται, έτσι ώστε τα συστήματα διαχείρισης ενέργειας (EMS) να είναι πλέον συνηθισμένα. Αυτό έχει επιτρέψει τον καλύτερο προσδιορισμό των συνθηκών επικίνδυνης λειτουργίας καθώς και τον καλύτερο έλεγχο της εξάπλωσης πυρκαγιάς ή ρύπανσης. Ελαχιστοποιώντας τον ανθρώπινο παράγοντα στη λειτουργία του συστήματος, η πιθανότητα ανθρώπινου σφάλματος έχει επίσης ελαχιστοποιηθεί.

Όλα τα συστήματα ελέγχου συμπεριλαμβανομένων και των πιο απλών, διαθέτουν τρία απαραίτητα εξαρτήματα: τον αισθητήρα, τον ελεγκτή και τη διάταξη ελέγχου. Θεωρήστε τον έλεγχο της θερμοκρασίας του αέρα πρόσπτωσης σ' ένα στοιχείο θέρμανσης, όπως φαίνεται στην εικόνα 2.24, η θέση της βαλβίδας ελέγχου προσδιορίζει το βαθμό κυκλοφορίας του θερμού νερού στο στοιχείο θέρμανσης. Καθώς το θερμό νερό διέρχεται μέσα από το στοιχείο με μεγαλύτερο ρυθμό, ο αέρας θα αποκτήσει μεγαλύτερη θερμοκρασία. Ένας αισθητήρας θερμοκρασίας τοποθετείται σε μια θέση του στοιχείου στη διεύθυνση του αέρα έτσι ώστε να μετρά τη θερμοκρασία του αέρα που φεύγει από το στοιχείο. Ο αισθητήρας στέλνει ένα σήμα (τάσης ρεύματος ή αντίστασης) στον ελεγκτή που αντιστοιχεί στη θερμοκρασία του αισθητήρα. Ο ελεγκτής στον οποίο έχει τοποθετηθεί η επιθυμητή τιμή θερμοκρασίας του αέρα, συγκρίνει την τιμή αυτή με τη θερμοκρασία που λαμβάνει από τον αισθητήρα. Εάν η θερμοκρασία του αισθητήρα είναι μεγαλύτερη από την προτοποθετημένη, ο εκλεκτης θα στείλει σήμα για να κλείσει προσωρινά τη βαλβίδα ελέγχου. Αυτό ονομάζεται σύστημα κλειστού βρόγχου επειδή η μεταβολή στην ελεγχόμενη διάταξη (βαλβίδα ελέγχου) επιφέρει μεταβολή της θερμοκρασίας του αέρα (ελεγχόμενη μεταβλητή), που με τη σειρά της ανιχνεύεται από τον σπινθήρα. Η διαδικασία μέσω της οποίας ανιχνεύεται η μεταβολή στη έξοδο ονομάζεται ανάδραση ή ανατροφοδότηση. Σ' ένα σύστημα ανοικτού βρόγχου ο σπινθήρας δεν επηρεάζεται άμεσα από τη δράση της ελεγχόμενης διάταξης.



Εικόνα 2.23: Σύστημα ελέγχου[1]

Διατίθενται διάφοροι τύποι λειτουργιών ελέγχου για διάφορες απαιτήσεις ελέγχου. Οι περισσότεροι περιλαμβάνονται σε μια από τις παρακάτω κατηγορίες:

1. Δύο θέσεων ή λειτουργίας ON - OFF
2. Χρονικής λειτουργίας δύο θέσεων
3. Κυμαινόμενης λειτουργίας
4. Διαμορφωμένης λειτουργίας

2.2.2 Διάκριση Συστημάτων Κλιματισμού

Τα συστήματα κλιματισμού, ανάλογα με τον βαθμό επεξεργασίας που παρέχουν στον αέρα, μπορούν να διακριθούν σε:

1. Συστήματα αερισμού-εξαερισμού, που εξασφαλίζουν την ανανέωση του αέρα ενός χώρου
2. Συστήματα μερικού κλιματισμού, τα οποία εκτός από την ανανέωση του αέρα, παρέχουν και μία μερική επεξεργασία που περιλαμβάνει κυρίως τον καθαρισμό και τη θέρμανση του αέρα. Για να επιτυγχάνεται ασφαλώς το επιθυμητό αποτέλεσμα, προβλέπονται συνήθως και διατάξεις ρύθμισης.
3. Συστήματα πλήρους κλιματισμού, τα οποία εξασφαλίζουν τη διατήρηση της θερμοκρασίας και της υγρασίας ενός κλειστού χώρου μέσα σε προκαθορισμένα όρια και περιλαμβάνει διατάξεις για :
 - τον καθαρισμό
 - τη θέρμανση
 - την ψύξη
 - την ύγρανση
 - την αφύγρανση
 - και την ανανέωση του αέρα
 - καθώς και τοπικές ή κεντρικές διατάξεις αυτόματης ρύθμισης της θερμοκρασίας και της υγρασίας.

Σε κάθε σύστημα κλιματισμού διακρίνουμε:

- τον αέρα που προσάγεται στο χώρο (αέρας προσαγωγής -αερισμός)
- τον απαγόμενο από τον χώρο αέρα (αέρας απαγωγής/επιστροφής- εξαερισμός)

- το μέρος του αέρα απαγωγής/επιστροφής, που επαναφέρεται στον κλειστό χώρο (ανακυκλοφορία)
- τον αέρα που απορρίπτεται στο περιβάλλον
- τον εισαγόμενο από το περιβάλλον αέρα (φρέσκος εξωτερικός αέρας)



Εικόνα 2.24: Σύστημα κλιματισμού [8]

Κατάταξη των συστημάτων κλιματισμού

Με κριτήριο τη θέση των συσκευών κλιματισμού ως προς τον κλιματιζόμενο χώρο και την έκταση εφαρμογής του συστήματος, διακρίνονται δύο βασικές κατηγορίες συστημάτων κλιματισμού.

1. Κεντρικά Συστήματα Κλιματισμού
2. Τοπικά Συστήματα Κλιματισμού

Με κριτήριο τον τρόπο και τα μέσα με τα οποία επιτυγχάνεται η τελική διαμόρφωση των συνθηκών άνεσης στον κλιματιζόμενο χώρο, διακρίνονται τρεις κατηγορίες συστημάτων κλιματισμού.

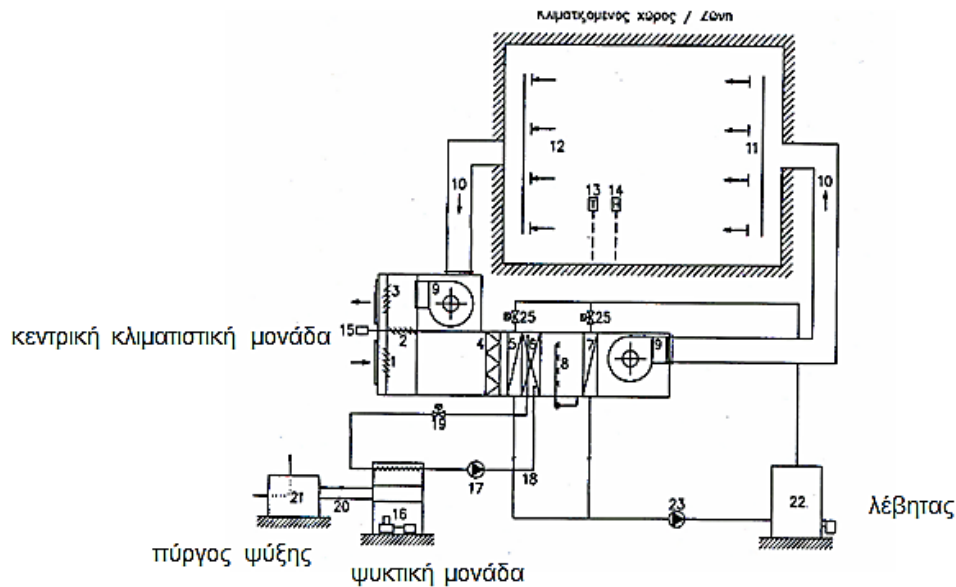
1. Συστήματα κλιματισμού μόνο με αέρα
2. Συστήματα κλιματισμού μόνο με νερό
3. Συστήματα κλιματισμού αέρα – νερού

2.2.3 Συστήματα κλιματισμού μόνο με αέρα

Στα συστήματα αυτά ο κλιματισμένος αέρας παρασκευάζεται στην κεντρική μονάδα κλιματισμού και μεταφέρεται διαμέσου δικτύου αεραγωγών στους κλιματιζόμενους χώρους. Στην κεντρική μονάδα κλιματισμού εξωτερικός αέρας αναρροφάται από το ύπαιθρο, αναμιγνύεται στον θάλαμο μίξης με ένα τμήμα του αέρα που επιστρέφει από το κτίριο και φιλτράρεται. Στη συνέχεια ακολουθεί η επεξεργασία του αέρα δηλαδή η θέρμανση, ψύξη, ύγρανση και αφύγρανση ανάλογα με τις επιθυμητές συνθήκες. Τελικά ο αέρας οδηγείται μέσω του ανεμιστήρα και των αεραγωγών διανομής στους διάφορους χώρους.

- Η ψύξη και η αφύγρανση του αέρα γίνεται με ψυχρό νερό, το οποίο παρασκευάζεται στην ψυκτική μονάδα και οδηγείται μέσα στην κεντρική μονάδα κλιματισμού σε εναλλάκτες αέρα-νερού (ψυκτικά στοιχεία).
- Η θέρμανση του αέρα γίνεται με θερμό νερό, το οποίο παρασκευάζεται σε λέβητα και οδηγείται μέσα στην κεντρική μονάδα κλιματισμού σε εναλλάκτες αέρα-νερού (θερμαντικά στοιχεία).
- Η ύγρανση του αέρα γίνεται από κατάλληλες συσκευές, τους υγραντήρες, οι οποίοι διοχετεύουν νερό ή ατμό στην κεντρική μονάδα κλιματισμού.

Στην συνέχεια παρουσιάζεται στην Εικόνα 2.28 ένα τυπικό σύστημα κλιματισμού μόνο με αέρα και στον Πίνακα 2.1 που ακολουθεί, αναλύονται τα επιμέρους στοιχεία του συστήματος με την λειτουργία του καθενός.



Εικόνα 2.25: Τυπικό σύστημα κλιματισμού μόνο με αέρα [6]

Πίνακας 2.1: Τυπικό σύστημα κλιματισμού με αέρα με τα στοιχεία και την λειτουργία του

ΤΥΠΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΚΕΝΤΡΙΚΟΥ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ ΜΕ ΑΕΡΑ	
ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ
ΚΥΚΛΩΜΑ ΑΕΡΑ	
1. Είσοδος νωπού αέρα (στόμιο, αγωγός)	Ανανέωση του αέρα του κτιρίου
2. Ρυθμιστικά διαφράγματα αέρα ανακυκλοφορίας	Ρύθμιση ποσότητας αέρα ανακυκλοφορίας
3. Ρυθμιστικά διαφράγματα αέρα απόρριψης	Ρύθμιση ποσότητας αέρα απόρριψης
4. Φίλτρα	Απομάκρυνση ρυπογόνων ουσιών
5. Προθερμαντήρας	Προθέρμανση του αέρα
6. Ψυκτικά στοιχεία	Ψύξη και αφύγρανση

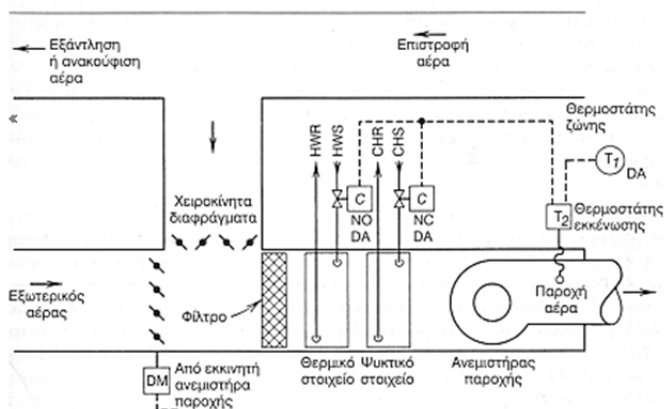
7. Θερμαντικά στοιχείο	Θέρμανση του αέρα ή μεταθέρμανση για ρύθμιση θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας
8. Υγραντής	Ύγρανση του αέρα
9. Ανεμιστήρας προσαγωγής-επιστροφής	Πρόσδοση της απαραίτητη; ενέργειας για τη κίνηση του αέρα
10. Δίκτυο αεραγωγών	Μεταφορά του αέρα προς/ απαγωγή του αέρα από τους κλιματιζόμενους χώρους
11. Στόμια προσαγωγής αέρα	Διανομή του αέρα στους χώρους
12. Στόμιο επιστροφής	Απαγωγή του αέρα από τους χώρους
13. Θερμοστάτης χώρου	Ρύθμιση θερμοκρασίας προσαγωγής του αέρα
14. Υγραστάτης χώρου	Ρύθμιση σχετικής υγρασίας του αέρα
15. Ρυθμιστής διαφραγμάτων στο κιβώτιο ψύξης	Ρύθμιση παροχής εξωτερικού αέρα και αέρα ανακυκλοφορίας
ΚΥΚΛΩΜΑ ΨΥΚΤΙΚΟΥ ΜΕΣΟΥ	
16. Ψυκτική μονάδα συμπίεσης: εξατμιστής, συμπιεστής, συμπυκνωτής, βαλβίδα εκτόνωσης ή ψυκτική μονάδα απορρόφησης	Παραγωγή ψυχρού νερού
ΚΥΚΛΩΜΑ ΨΥΧΡΟΥ ΝΕΡΟΥ	
17. Αντλίες	Πρόσδοση ενέργειας για τη κίνηση του νερού
18. Σωληνώσεις ψυχρού νερού	Μεταφορά ψυχρού νερού από την ψυκτική μονάδα προς τα ψυκτικά στοιχεία
19. Ρυθμιστικές βαλβίδες	Ρύθμιση παροχής νερού στα ψυκτικά στοιχεία
20. Σωληνώσεις κυκλώματος νερού απόρριψης θερμότητας	Μεταφορά νερού από την ψυκτική μονάδα στον πύργο ψύξης
21. Πύργος ψύξης	Απόρριψη θερμότητας από το συμπυκνωτή της ψυκτικής μονάδας στο περιβάλλον
ΚΥΚΛΩΜΑ ΘΕΡΜΟΥ ΝΕΡΟΥ	
22. Λέβητας πετρελαίου ή φυσικού αερίου	Παραγωγή θερμού νερού ή ατμού
23. Αντλίες	Πρόσδοση ενέργειας για τη κίνηση του νερού
24. Σωληνώσεις θερμού νερού	Μεταφορά θερμού νερού από το λέβητα προς τα θερμαντικά στοιχεία
25. Ρυθμιστικές βαλβίδες	Ρύθμιση παροχής νερού στα θερμαντικά στοιχεία

Το σύστημα αυτό μπορεί να προσαρμοστεί σε όλους τους τύπους συστημάτων κλιματισμού για εξασφάλιση άνεσης ή εκτέλεση κάποιας διεργασίας. Εφαρμόζεται σε κτίρια που απαιτούν ξεχωριστό έλεγχο συνθηκών περιλαμβάνοντας πολλαπλές ζώνες όπως τα κτίρια γραφείων, τα σχολεία και τα πανεπιστήμια, τα εργαστήρια, τα νοσοκομεία, τα καταστήματα, τα ξενοδοχεία και τα πλοία. Τα συστήματα αέρα χρησιμοποιούνται επίσης για κάθε ειδική εφαρμογή όπου απαιτείται ακριβής έλεγχος της θερμοκρασίας και της υγρασίας,

περιλαμβάνοντας καθαρούς χώρους υπολογιστών, χώρους χειρουργικών νοσοκομείων, καθώς και εργοστάσια υφασμάτων και καπνού.

Σύστημα Απλής Ζώνης

Το απλούστερο σύστημα που λειτουργεί μόνο με αέρα είναι μια μονάδα παροχής (επεξεργαστής αέρα) που εξυπηρετεί μια απλή ζώνη. Η μονάδα μπορεί να τοποθετηθεί είτε μέσα στη ζώνη είτε εκτός του χώρου που εξυπηρετεί και μπορεί να λειτουργεί με ή χωρίς δίκτυο αγωγών. Το σύστημα απλής ζώνης αποκρίνεται μόνο σε ένα σύνολο παραμέτρων κλιματισμού. Έτσι περιορίζεται σε εφαρμογές όπου σχετικά ομοιόμορφες θερμοκρασίες μπορούν να διατηρηθούν μέσα στη ζώνη. Στην Εικόνα 2.27 απεικονίζεται το διάγραμμα του επεξεργαστή αέρα, καθώς και των διαφραγμάτων και των μονάδων ελέγχου ενός συστήματος ολικού αερισμού απλής ζώνης και σταθερού όγκου. Σε αυτό το συγκεκριμένο σύστημα ο θερμοστάτης του δωματίου διατηρεί την επιθυμητή θερμοκρασία στη ζώνη ελέγχοντας τη θερμοκρασία του αέρα παροχής. Ο θερμοστάτης εκκένωσης λαμβάνει ένα σήμα από το θερμοστάτη της ζώνης, και ανοίγει ή κλείνει την κατάλληλη βαλβίδα στο στοιχείο ψύξης ή θέρμανσης για να διατηρήσει την επιθυμητή θερμοκρασία του δωματίου. Επειδή η βαλβίδα θερμότητας είναι συνήθως ανοικτή (ON) και ενεργεί άμεσα όπως και ο θερμοστάτης ζώνης μια αύξηση της θερμοκρασίας δωματίου θα προκαλέσει τη μείωση τη ροής στη βαλβίδα του ζεστού νερού. Η βαλβίδα του ψυχρού νερού θα κλείσει εφόσον υπάρχει απαίτηση για αύξηση της θερμοκρασίας. Όταν απαιτηθεί ψύξη η βαλβίδα του ζεστού νερού θα κλείσει και η βαλβίδα του νερού ψύξης θα αποκριθεί στην κατάλληλη διεύθυνση στο θερμοστάτη. Ο θερμοστάτης εκκένωσης θα μπορούσε να απαλειφθεί από το κύκλωμα και οι βαλβίδες να ελέγχονται απευθείας από το θερμοστάτη ζώνης κάτι που θα είχε όμως συνέπεια τη μείωση της ταχύτητας απόκρισης.



Εικόνα 2.27: Συστήματα ελέγχου των επεξεργαστών αέρα για απλό σύστημα σταθερής παροχής αέρα και απλού συστήματος αέρα [1]

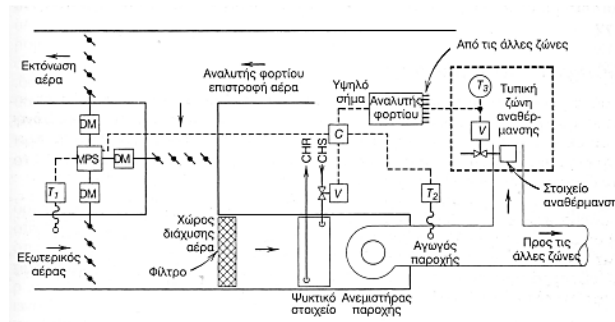
Στην περίπτωση αυτή, όπου ο ανεμιστήρας αποδίδει σταθερό αέρα, ο ρυθμός εξόδου του αέρα καθορίζεται από τη θέση των ρυθμιστικών διαφραγμάτων. Τα εξωτερικά διαφράγματα έχουν έναν κινητήρα για να μεταβάλλουν τη θέση τους από κλειστή σε ανοικτή όταν ο ανεμιστήρας τίθεται σε λειτουργία. Στην περίπτωση αυτή τα διαφράγματα κατά την επανακυκλοφορία του αέρα ρυθμίζονται χειροκίνητα. Συχνά τίθενται να λειτουργήσουν

συγχρόνως με τα διαφράγματα του εξωτερικού αέρα και με απόρριψη και ανακύκλωση (ανακυκλοφορία) των διαφραγμάτων του αέρα.

Συστήματα Αναθέρμανσης

Το σύστημα αναθέρμανσης είναι μια τροποποίηση του συστήματος απλής ζώνης και σταθερού όγκου. Ο σκοπός του είναι να επιτρέπει τον έλεγχο του χώρου ή της ζώνης σε επιφάνεια διαφορετικών φορτίων ή να εξασφαλίζει ψύξη και θέρμανση σε περιμετρικές επιφάνειες διαφορετικής έκθεσης ή σε εφαρμογές όπου απαιτείται αυστηρός έλεγχος των συνθηκών του χώρου. Η λέξη *αναθέρμανση* υποδηλώνει ότι η λειτουργία της θέρμανσης είναι δευτερεύουσα διαδικασία, εφαρμοζόμενη είτε στο προκλιματισμένο αέρα. Ένα απλό σύστημα αναθέρμανσης χαμηλής πίεσης παράγεται όταν ένα στοιχείο θέρμανσης εισάγεται σε ένα σύστημα αγωγών. Τα πιο εξελιγμένα συστήματα χρησιμοποιούν αγωγούς υψηλότερης πίεσης ώστε να επιτρέπουν την εξισορρόπηση του συστήματος στη ζώνη αναθέρμανσης. Το μέσο θέρμανσης μπορεί να είναι ζεστό νερό, ατμός ή ηλεκτρικό ρεύμα.

Ο κλιματιζόμενος αέρας παρέχεται από μια κεντρική μονάδα σε σταθερή και χαμηλή θερμοκρασία αέρα υπολογισμένη να καλύπτει το μέγιστο ψυκτικό φορτίο του χώρου. Ο θερμοστάτης ελέγχου ενεργοποιεί τη μονάδα αναθέρμανσης όταν η θερμοκρασία κατέβει κάτω από το ανώτατο όριο που έχει τεθεί στο σύστημα ελέγχου. Η Εικόνα 2.28 δείχνει επίσης τη διάταξη ενός οικονομητήρα, όπου ο εξωτερικός αέρας χρησιμοποιείται για ψύξη όταν η εξωτερική θερμοκρασία είναι επαρκώς χαμηλή. Ο αισθητήρας T_1 ρυθμίζει τις θέσεις των διαφραγμάτων και συνεπώς την εισαγωγή εξωτερικού αέρα. Το εξωτερικό διάφραγμα πρέπει να παραμένει ανοικτό επαρκώς για να εξασφαλίζει τον ελάχιστο εξωτερικό αέρα που απαιτείται για να διατηρεί καλή ποιότητα εσωτερικού αέρα. Εφόσον η υγρασία μπορεί να αποτελεί πρόβλημα, πολλοί σχεδιαστές χρησιμοποιούν υγροστάτες στην εισαγωγή εξωτερικού αέρα για να εξασφαλίσουν ότι δεν χρησιμοποιείται αέρας για ψύξη όταν η εξωτερική υγρασία είναι πολύ υψηλή.

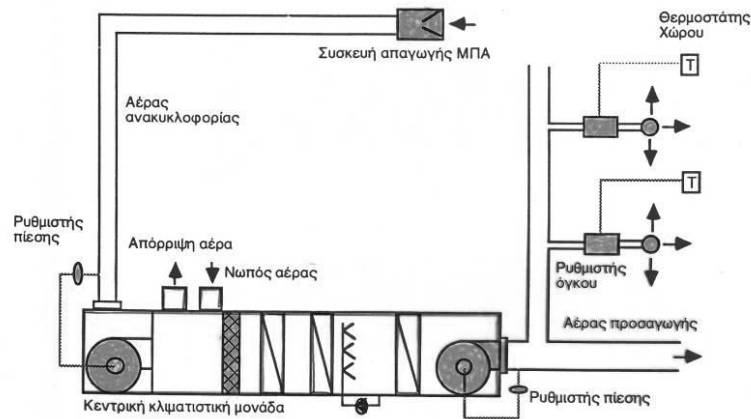


Εικόνα 2.28: Διάταξη οικονομητήρα [1]

Σύστημα Μεταβλητού Όγκου (V.A.V.)

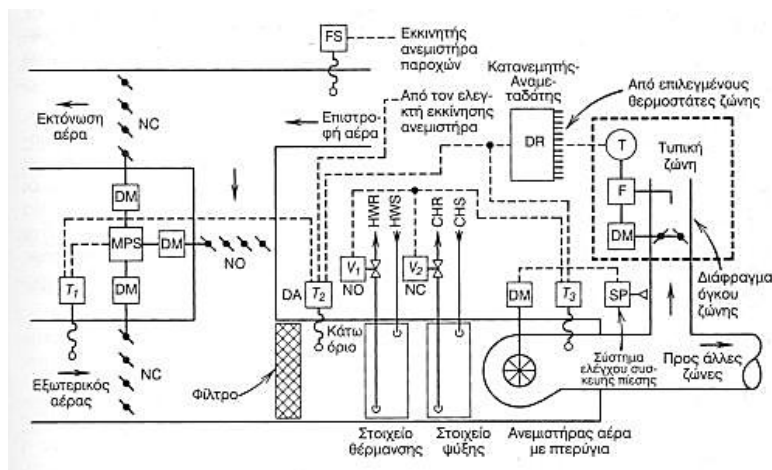
Το σύστημα μεταβλητού όγκου αντισταθμίζει το μεταβαλλόμενο φορτίο ρυθμίζοντας τον όγκο του αέρα που παρέχεται μέσω ενός απλού αγωγού. (Εικόνα 2.29). Το χαρακτηριστικό των συστημάτων μεταβαλλόμενης παροχής αέρα (ΜΠΑ) είναι ότι ο αέρας εισέρχεται στους κλιματιζόμενους χώρους με σταθερή θερμοκρασία αλλά η παροχή του αυξομειώνεται ανάλογα με τις διακυμάνσεις του φορτίου των χώρων. Η μεταβολή της παροχής γίνεται με κατάλληλες τερματικές συσκευές ρύθμισης – διανομής του αέρα, οι οποίες ελέγχονται από ένα θερμοστάτη. Η μεταβολή της παροχής συνδυάζεται συνήθως με ανεμιστήρα

μεταβλητής παροχής ή τοποθετείται ένας ανεμιστήρας παράκαμψης (by pass). Οι εγκαταστάσεις ΜΠΑ είναι εφοδιασμένες και με συστήματα ελέγχου της στατικής πίεσης.



Εικόνα 2.29: Σύστημα Μεταβλητού Όγκου αέρα [6]

Δεν απαιτείται η δημιουργία ειδικών ζωνών διότι κάθε χώρος που τροφοδοτείται από έναν ελεγχόμενο αγωγό αποτελεί μια ξεχωριστή ζώνη. Η Εικόνα 2.30 απεικονίζει ένα σύστημα μεταβλητού όγκου απλού αγωγού.



Εικόνα 2.30: Σύστημα μεταβλητού όγκου απλού αγωγού [1]

Σημαντικά πλεονεκτήματα των συστημάτων αγωγού είναι το χαμηλό αρχικό κόστος καθώς και το χαμηλό λειτουργικό κόστος. Το αρχικό κόστος του συστήματος είναι πολύ χαμηλότερο συγκρινόμενο με άλλα συστήματα που παρέχουν ξεχωριστό έλεγχο του χώρου διότι απαιτεί απλές μόνο διαδρομές αγωγών καθώς και απλό έλεγχο στην κατάληξη του αέρα (air terminal). Όπου απαιτείται διαφοροποίηση (diversity) των φορτίων μπορεί να χρησιμοποιηθεί μικρότερος εξοπλισμός και το λειτουργικό κόστος είναι γενικά το χαμηλότερο μεταξύ των συστημάτων αερισμού. Επειδή ο όγκος του αέρα μειώνεται για τη μείωση του φορτίου οι ιπποδυνάμεις του ανεμιστήρα και του ψύκτη προσεγγίζουν σε μεγάλο βαθμό το φορτίο κλιματισμού του κτιρίου. Κατά τη διάρκεια εποχών που επικρατεί μέση ή χαμηλή θερμοκρασία, μπορεί να χρησιμοποιηθεί εξωτερικός αέρας για οικονομία στην ψύξη. Επιπρόσθετα, το σύστημα είναι ουσιαστικά

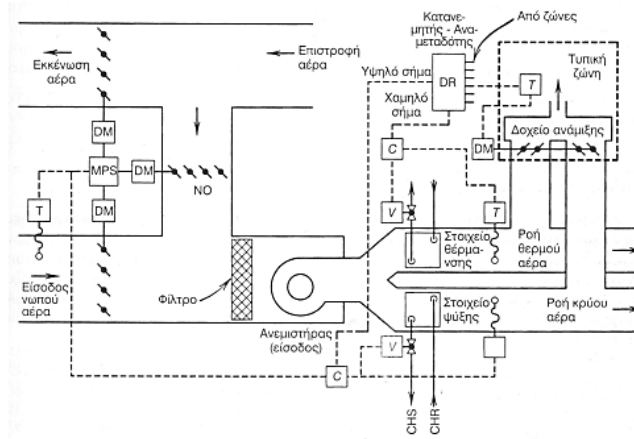
αυτορυθμιζόμενο. Μέχρι πρότινος υπήρχαν δύο λόγοι για τους οποίους τα συστήματα μεταβλητού όγκου δεν προτεινόταν για εφαρμογές όπου τα φορτία μεταβάλλονταν πάνω από 20%. Κατ' αρχήν στραγγαλίζοντας τις συμβατικές εισαγωγές κάτω από 50 ή 60% από το μέγιστο όγκο ροής για τον οποίο σχεδιάστηκαν μπορούσε να προκαλέσει απώλεια ελέγχου της ροής του αέρα δωματίου με ανάπτυξη θερμών ρευμάτων. Δεύτερον, η χρήση μηχανικών στραγγαλιστικών διαφραγμάτων παράγει θόρυβο που αυξάνει ανάλογα με το ποσό του στραγγαλισμού. Βελτιώσεις στις διατάξεις μεταβλητής παροχής και αεροδυναμικά σχεδιασμένες εισαγωγές βοήθησαν να ξεπεραστούν αυτά τα προβλήματα και επέτειναν την εφαρμογή των συστημάτων μεταβλητού όγκου. Τα σημερινά συστήματα μπορούν να εξυπηρετήσουν κτίρια με περιμετρικές επιφάνειες όπου οι διακυμάνσεις των φορτίων είναι μέγιστες και όπου ο στραγγαλισμός τους 10% του όγκου ροής είναι συχνά απαραίτητος.

Παρ' όλο που μπορεί να επιτευχθεί θέρμανση με συστήματα μεταβλητού όγκου, τα τελευταία αποτελούν πρωτίστως συστήματα ψύξης και θα πρέπει να χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές όπου απαιτείται ψύξη κατά το μεγαλύτερο διάστημα του έτους. Κτίρια με εσωτερικούς χώρους που έχουν μεγάλα εσωτερικά φορτία είναι οι κύριοι υποψήφιοι για τέτοια συστήματα. Ένα δευτερεύον σύστημα θέρμανσης θα μπορούσε να χρησιμοποιείται κατά τη διάρκεια της περιόδου όπου απαιτείται θέρμανση. Συχνά χρησιμοποιείται περιμετρική επιδαπέδια θέρμανση. Κατά τη διάρκεια της περιόδου αυτής, το σύστημα VAV απλά εξασφαλίζει θερμοκρασία αέρα στους εξωτερικούς χώρους. Η αναθέρμανση μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε συνδυασμό με το σύστημα VAV. Στην περίπτωση αυτή ο αέρας στραγγαλίζεται σε μια προκαθορισμένη αναλογία κατόπιν εκτελείται αναθέρμανση του αέρα. Μια σημαντική παράμετρος στη σχεδίαση συστημάτων VAV είναι ο έλεγχος του ανεμιστήρα. Υπάρχει σημαντική εξοικονόμηση της ισχύος του ανεμιστήρα όπου η ταχύτητα του ανεμιστήρα μειώνεται σε σχέση με τον όγκο του αέρα που κυκλοφορεί. Τα συστήματα μεταβλητού όγκου απλού αγωγού θα πρέπει να εφαρμόζονται στις περιπτώσεις όπου γίνεται πλήρης εκμετάλλευση των πλεονεκτημάτων τους, δηλαδή του χαμηλού κόστους εγκατάστασης και λειτουργίας. Στις εφαρμογές τους περιλαμβάνονται κτίρια γραφείων, ξενοδοχεία, νοσοκομεία, διαμερίσματα και σχολεία.

Σύστημα Διπλού Αγωγού

Στο σύστημα διπλού αγωγού ο κεντρικός σταθμός παρέχει θερμό αέρα μέσω μιας διαδρομής αγωγού και ψυχρό μέσω μιας άλλης (Εικόνα 2.32). Η θερμοκρασία σ' ένα ξεχωριστό χώρο ρυθμίζεται με ανάμιξη θερμού και ψυχρού αέρα σε κατάλληλη αναλογία. Για την καλύτερη απόδοση κάποιας μορφής ρύθμισης σταθερού όγκου θα πρέπει να συμπεριληφθεί στο σύστημα για τη διατήρηση σταθερής ροής του αέρα. Χωρίς αυτήν την προσθήκη το σύστημα είναι δύσκολο να ελεγχθεί εξαιτίας των μεγάλων διακυμάνσεων της στατικής πίεσης που προέρχεται από την απαίτηση διαφοροποίησης των φορτίων.

Πολλά συστήματα διπλού αγωγού είναι εγκατεστημένα σε κτίρια γραφείων, ξενοδοχεία, νοσοκομεία, σχολεία και μεγάλα εργαστήρια. Ένα κοινό χαρακτηριστικό αυτών των κτιρίων είναι ότι παρουσιάζουν υψηλές διακυμάνσεις στο αισθητό θερμικό φορτίο. Το σύστημα αυτό παρέχει μεγάλη ευελιξία στην εξυπηρέτηση πολλαπλών φορτίων καθώς επίσης και ευθεία και αντίθετη θερμοκρασία όταν απαιτείται.



Εικόνα 2.31: Σύστημα Μεταβλητού Όγκου διπλού αγωγού [1]

Θερμοστάτες ζώνης ή χώρου μπορούν να τεθούν άπαξ για τον έλεγχο των συνθηκών θερμοκρασίας για όλο το χρόνο. Όλος ο εξωτερικός αέρας μπορεί να χρησιμοποιηθεί όταν η εξωτερική θερμοκρασία είναι αρκετά χαμηλή για να χειριστεί το ψυκτικό φορτίο. Ένα σύστημα διπλού όγκου πρέπει να συνδέεται μ' ένα σύστημα ελέγχου που επαναφέρει αυτόματα την παροχή ψυχρού αέρα στην υψηλότερη αποδεκτή θερμοκρασία και την παροχή ζεστού αέρα στη χαμηλότερη αποδεκτή θερμοκρασία.

Μεταβλητός όγκος αέρα μπορεί να συνδυαστεί ένα σύστημα διπλού αγωγού, με ποικίλες διατάξεις. Στην περίπτωση αυτή χρησιμοποιούνται συνήθως δύο ανεμιστήρες παροχής, ο ένας για το θερμό αγωγό, και ο άλλος για τον ψυχρό αγωγό, όπου ο καθένας τους ελέγχεται από τη στατική πίεση του κάτω ρεύματος σε κάθε αγωγό.

Από την άποψη της εξοικονόμησης ενέργειας, το σύστημα διπλού αγωγού έχει τα ίδια μειονεκτήματα με την αναθέρμανση. Παρ' όλο που πολλά τέτοια συστήματα βρίσκονται ήδη σε λειτουργία, εντούτοις λίγα σχεδιάζονται ή εγκαθίστανται σήμερα.

Πολυζωνικό Σύστημα

Οι μονάδες του κεντρικού πολυζωνικού σταθμού έχουν ένα απλό αγωγό παροχής για κάθε ζώνη και εξασφαλίζουν έλεγχο της κάθε ζώνης με ανάμιξη ψυχρού και θερμού αέρα στην κεντρική μονάδα αποκρινόμενοι στους θερμοστάτες των ζωνών ή των σωμάτων. Για ένα συγκρίσιμο αριθμό από ζώνες το σύστημα αυτό εξασφαλίζει μεγαλύτερη ευελιξία από τους απλούς αγωγούς και μικρότερο κόστος από τους διπλούς αγωγούς, αλλά περιορίζεται φυσικά από τον αριθμό ζωνών που μπορούν να συνδεθούν σε κάθε κεντρική μονάδα.

Ο τυπικός πολυζωνικός εξοπλισμός είναι παρόμοιος από μια άποψη με αυτό του συστήματος του διπλού αγωγού, αλλά τα δύο ρεύματα αέρα αναμειγνύονται με την κατάλληλη αναλογία μέσα στα μηχανήματα εξοπλισμού αντί αυτό να γίνεται στον κάθε χώρο που εξυπηρετείται. Το σύστημα κλιματίζει ομάδες δωματίων ή ζωνών μέσω κεντρικού συστήματος ανάμιξης που διαθέτει ψυκτικά και θερμικά στοιχεία σε παράλληλο ρεύμα από τον ανεμιστήρα.

Το πολυζωνικό σύστημα αεραγωγών εφαρμόζεται σε περιοχές και τοποθεσίες με υψηλά αισθητά θερμικά φορτία και περιορισμένες απαιτήσεις αερισμού. Η χρήση πολλών διαδρομών αγωγών και συστημάτων ελέγχου μπορεί να αυξήσει πολύ το αρχικό κόστος του συστήματος αυτού, συγκριτικά με άλλα συστήματα ολικού αερισμού. Επίσης για να πετυχαίνει πολύ ακριβή έλεγχο το σύστημα ενδέχεται να απαιτεί μεγαλύτερα συστήματα ψύξης και διαχείρισης αέρα, γεγονός που πρέπει να ληφθεί υπόψη στον προσδιορισμό του κόστους εγκατάστασης και λειτουργίας.

Η χρήση των συστημάτων αυτών για ταυτόχρονη δυνατότητα ψύξης και θέρμανσης δεν ενδείκνυται σήμερα για λόγους εξοικονόμησης ενέργειας. Όμως, μέσω της χρήσης εξωτερικού αέρα και είτε για ψύξη είτε για θέρμανση, μπορεί να επιτευχθεί ικανοποιητικός έλεγχος σε πολλές εφαρμογές.

2.2.4 Συστήματα κλιματισμού μόνο με νερό

Στα συστήματα αυτά ο έλεγχος των συνθηκών του αέρα γίνεται με την κυκλοφορία του αέρα των χώρων μέσα από κατάλληλες τερματικές συσκευές, στις οποίες κυκλοφορεί θερμό ή ψυχρό νερό (Fan-coils). Οι τερματικές συσκευές είναι εγκατεστημένες στους χώρους του κτιρίου. Η παρασκευή του ψυχρού νερού γίνεται σε ψυκτικές μονάδες (υδρόψυκτες ή αερόψυκτες). Η παρασκευή του θερμού νερού γίνεται σε λέβητες. Οι τερματικές συσκευές (Fan-coils) περιλαμβάνουν θερμαντικό /ψυκτικό στοιχείο και ανεμιστήρα για την εξαναγκασμένη κυκλοφορία του αέρα. Κεντρικά κλιματισμένος αέρας δεν παρέχεται στους χώρους ή στις ζώνες του κτιρίου. Η παροχή φρέσκου εξωτερικού αέρα πρέπει να αντιμετωπίζεται ξεχωριστά.

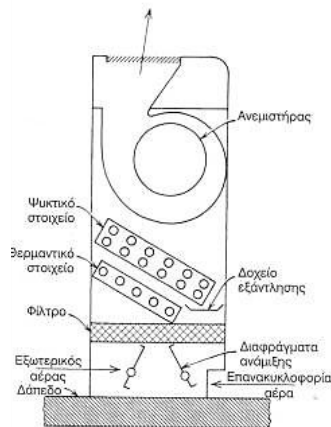
Το μεγαλύτερο πλεονέκτημα του συστήματος αυτού είναι η ευελιξία και η προσαρμογή του. Το σύστημα θέρμανσης, αερισμού και κλιματισμού νερού εφαρμόζεται χωρίς την θετική παροχή για τον εξαερισμό ή παίρνει τον αέρα εξαερισμού μέσω ενός διαφράγματος είναι ένα από τα συστήματα μικρών απαιτήσεων και παρουσιάζει μικρό σχετικά κόστος. Δεν απαιτεί αγωγή αέρα εξαερισμού, είναι συγκριτικά εύκολο να εγκατασταθεί σε υπάρχουσες οικοδομές και όπως με οποιοδήποτε κεντρικό σύστημα HVAC περιμετρικών σταθμών που χρησιμοποιούν το νερό στους σωλήνες αντί των αγωγών αέρα, τα αποτελέσματα χρήσης του είναι άκρως ικανοποιητικά. Εντούτοις, πρέπει να γίνει κατανοητό ότι αυτό το σύστημα μπορεί να μην δημιουργήσει τις αυστηρές εσωτερικές απαιτήσεις άνεσης και υγιεινής (IAQ) αέρα.

Τα συστήματα νερού έχουν ανεξάρτητο έλεγχο δωματίων με γρήγορη απόκριση στους θερμοστάτες και ελευθερία από την επανακυκλοφορία του αέρα από άλλο κλιματιζόμενο χώρο. Αυτά τα συστήματα HVAC διαθέτουν κεντρικό ψύξης και θέρμανσης. Όταν οι μονάδες που χρησιμοποιούνται είναι κάθε μια ανεξάρτητες η επιλογή της θέρμανσης ή της ψύξης δεν απαιτεί εποχιακή μεταστροφή. Όλα τα συστήματα HVAC νερού μπορούν να είναι ενσωματωμένα στα υπάρχοντα κτίρια και ελάχιστα παρεμβαίνουν στη χρήση του χώρου, δεν υπάρχει θετικός εξαερισμός εκτός αν στις συνδέσεις με το εξωτερικό περιβάλλον χρησιμοποιείται ο εξαερισμός ο οποίος επηρεάζεται και από τις πιέσεις αέρα και την ενέργεια των καπνοδόχων στο κτήριο.

Για την ανανέωση του αέρα μέσω των στοιχείων απαιτούνται ειδικές προφυλάξεις για αποφυγή του παγώματος στο στοιχείο. Μια εφαρμοζόμενη μέθοδος είναι η τοποθέτηση ηλεκτρικής αντίστασης, κάτι που οδηγεί σε μη οικονομική συμπεριφορά. Για το λόγο αυτό στις εγκαταστάσεις αυτές εφαρμόζονται άλλα συστήματα ανανέωσης αέρα. Οι εργασίες συντήρησης πρέπει να γίνονται στα συστήματα σε όλο το εύρος τους δεδομένου ότι οι μονάδες συν το χρόνο γίνονται παλαιότερες και ο θόρυβος των ανεμιστήρων μπορεί να γίνει απαράδεκτος.

Κάθε μονάδα απαιτεί μια γραμμή αγωγών συμπτυκνωμάτων, ενώ ταυτόχρονα είναι δύσκολο να προστατευτεί από την ανάπτυξη βακτηριδίων. Εξαιρετικά στο κρύο καιρό είναι απαραίτητο να κλείσουν οι πεταλούδες εξωτερικού αέρα για να αποτραπεί το πάγωμα των σερπαντίνων. Τα φίλτρα είναι συνήθως μικρά και ανεπαρκή και απαιτούν τη συχνή αλλαγή για να διατηρήσουν την ένταση του ήχου αέρα.

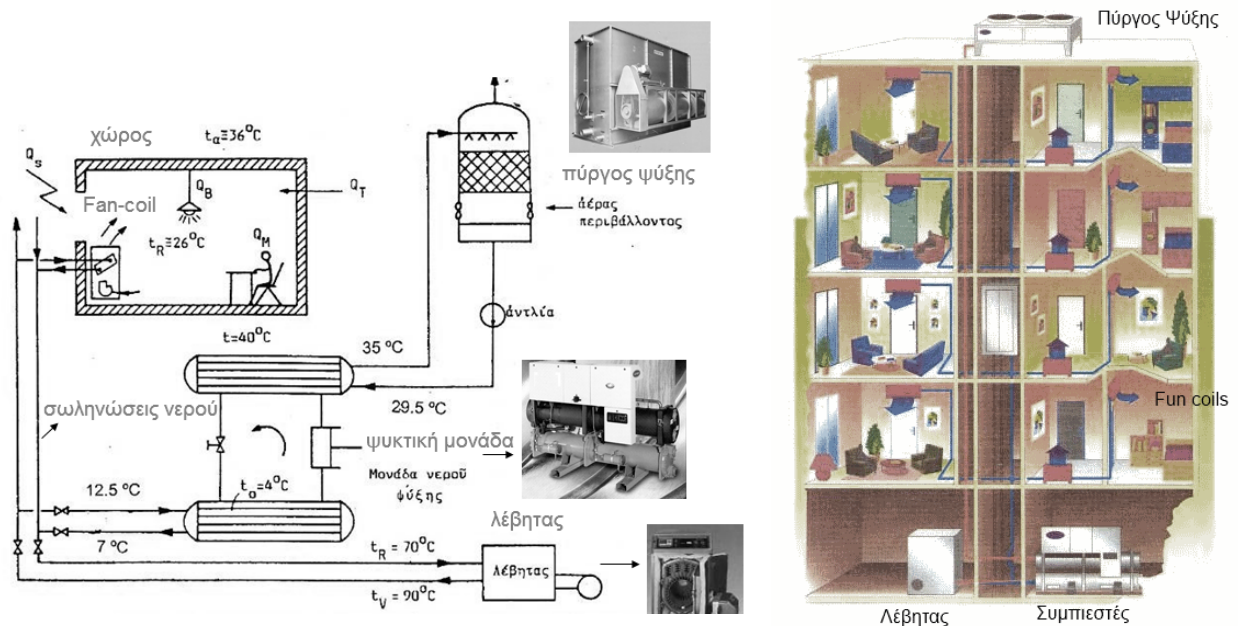
Στην Εικόνα 2.32 παρουσιάζεται ένας χαρακτηριστικός εξαεριστήρας, που χρησιμοποιείται σε σύστημα HVAC νερού, με μια χαρακτηριστική μονάδα με εξαερισμό δύο χωριστές σερπαντίνες, μια που χρησιμοποιείται για τη θέρμανση και μια άλλη για τη ψύξη με σύστημα τεσσάρων σωληνώσεων.



Εικόνα 2.32: Fan-coil [8]

Η σερπαντίνα θέρμανσης μπορεί να χρησιμοποιήσει το θερμό νερό, τον ατμό ή την ηλεκτρική ενέργεια. Η ψυκτική σερπαντίνα μπορεί να είναι είτε σερπαντίνα ψυκτικού νερού είτε άμεση σερπαντίνα ψυκτικού ρευστού. Οι θερμικές και ψυκτικές σερπαντίνες συνδυάζονται μερικές φορές σε μια ενιαία με παροχή και των δυο χωριστών κυκλωμάτων για κάθε λειτουργία. Σε τέτοιες περιπτώσεις η επίδραση της είναι όπως έχοντας δύο χωριστές σερπαντίνες.

Ο δυναμικός έλεγχος της μονάδας είναι όπως περιγράφεται για τις σερπαντίνες ανεμιστήρων προηγούμενα. Στις περισσότερες περιπτώσεις, εντούτοις, το σύστημα ελέγχου HVAC είναι ελαφρώς περιπλοκότερο.

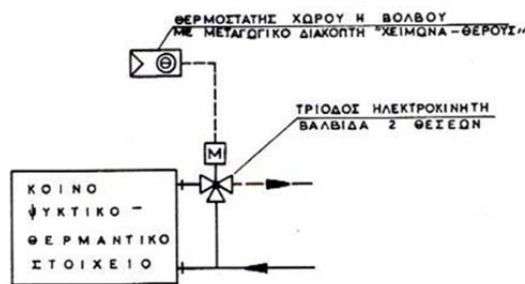


Εικόνα 2.33: Σύστημα κλιματισμού μόνο με νερό [6]

Με κριτήριο τον αριθμό των σωλήνων προσαγωγής και επιστροφής του νερού, το σύστημα κεντρικής θέρμανσης με νερό διακρίνεται σε δισωλήνιο και μονοσωλήνιο.

Σύστημα 2 σωλήνων

Το βασικό σύστημα 2-σωλήνων, ενός προσαγωγής και ενός απαγωγής νερού, παρέχει μόνο ψύξη ή μόνο θέρμανση σε όλους τους κλιματιζόμενους χώρους. Ο έλεγχος της θερμοκρασίας του χώρου γίνεται με τη ρύθμιση μέσω θερμοστάτη χώρου και τρίοδης βαλβίδας, της παροχής νερού στο Fan-coil. Μία επιπλέον ρύθμιση της θερμοκρασίας γίνεται και από τον ανεμιστήρα, συνήθως 3 ταχυτήτων, ο οποίος αυξομειώνει την παροχή του αέρα στο στοιχείο.



Εικόνα 2.34: Διάγραμμα λειτουργίας σε συστήματα Fan-coil, δύο σωλήνων [1]

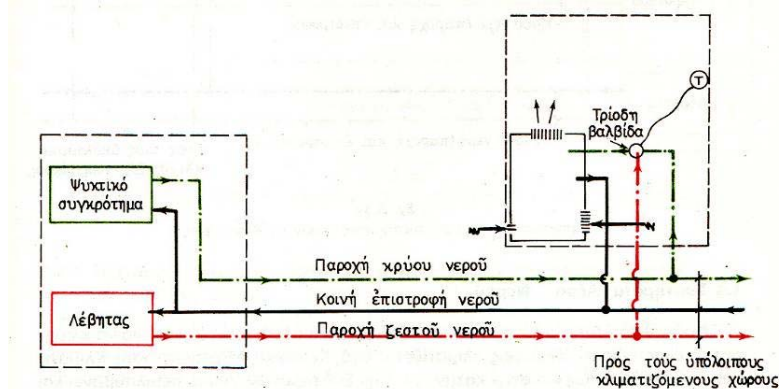
Σύστημα 3 σωλήνων

Στο σύστημα 3 σωλήνων υπάρχουν:

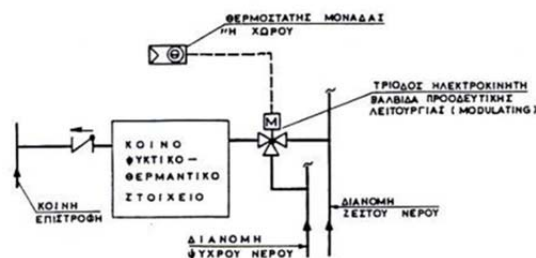
- Ένας σωλήνας προσαγωγής ψυχρού νερού
- Ένας σωλήνας προσαγωγής θερμού νερού και
- Ένας σωλήνας κοινής επιστροφής

Στο σώμα παρέχεται μόνο ψυχρό ή μόνο θερμό νερό και ανάμιξη γίνεται στο σωλήνα κοινής επιστροφής.

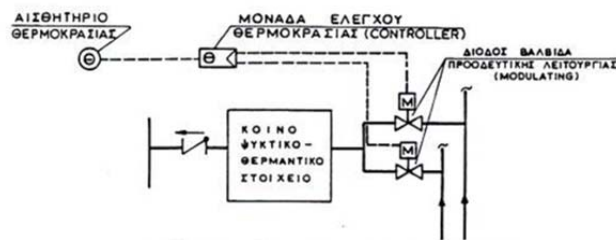
Στην είσοδο του σώματος τοποθετούνται είτε τρίοδες βαλβίδες ειδικής κατασκευής, στις οποίες η κάθε είσοδος ανοίγει προοδευτικά ενώ η άλλη παραμένει κλειστή, είτε δύο δίοδες βαλβίδες προοδευτικής λειτουργίας.



Εικόνα 2.35: Σύστημα τριών σωλήνων [6]



Εικόνα 2.36: Διάγραμμα λειτουργίας σε σύστημα με σώματα Fan-coil τριών σωλήνων με μια τρίοδο εισόδου [6]



Εικόνα 2.37: Διάγραμμα λειτουργίας σε σύστημα με σώματα Fan-coil τριών σωλήνων με δύο δίοδες εισόδου [6]

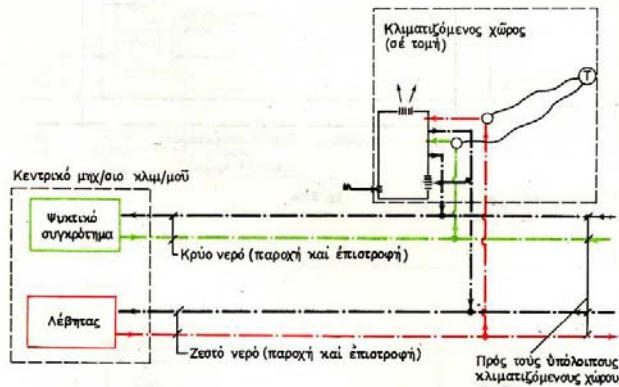
Σύστημα 4 σωλήνων

Στο σύστημα 4 σωλήνων υπάρχουν (Εικόνα 2.38):

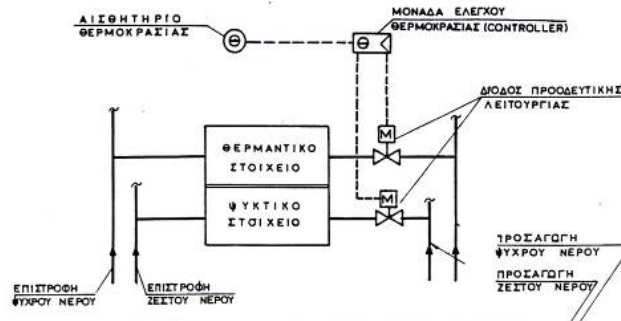
- Ένας σωλήνας προσαγωγής ψυχρού νερού
- Ένας σωλήνας προσαγωγής θερμού νερού
- Ένας σωλήνας επιστροφής ψυχρού νερού και

- Ένας σωλήνας επιστροφής θερμού νερού

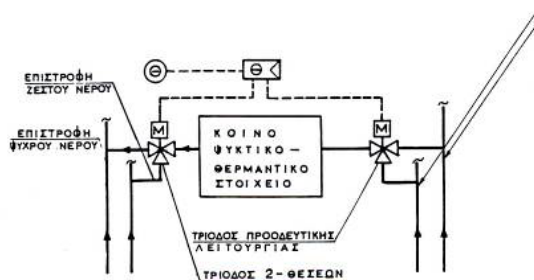
Στο σώμα παρέχεται μόνο ψυχρό ή μόνο θερμό νερό, από μία τρίοδη βαλβίδα στην είσοδο όπως στην Εικόνα 2.39 ή από δύο δίοδες βαλβίδες προοδευτικής λειτουργίας όπως στην Εικόνα 2.40. Στη έξοδο του στοιχείου συνήθως τοποθετείται μία τρίοδη δύο θέσεων, που οδηγεί το νερό στον αντίστοιχο κλάδο επιστροφής.



Εικόνα 2.38: Σύστημα τεσσάρων σωλήνων [6]



Εικόνα 2.39: Διάγραμμα λειτουργίας σε σύστημα με σώματα Fan-coil τεσσάρων σωλήνων με ανεξάρτητα στοιχεία [6]



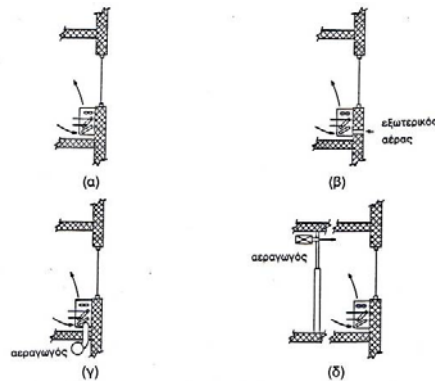
Εικόνα 2.40: Διάγραμμα λειτουργίας σε σύστημα με σώματα Fan-coil τεσσάρων σωλήνων με ένα κοινό στοιχεία [6]

Προσαγωγή νωπού αέρα σε συστήματα μόνο με νερό

Ένα από τα προβλήματα που έχει να αντιμετωπίσει ο μηχανικός στα συστήματα κλιματισμού μόνο με νερό, είναι αυτό της ανανέωσης του αέρα του χώρου. Το πρόβλημα αυτό αντιμετωπίζεται είτε με την τοποθέτηση εξαεριστήρων στους χώρους, οπότε ο αέρας

διεισδύει από τις χαραμάδες, είτε με την εισαγωγή νωπού αέρα μέσω των Fan-coils από ανοίγματα στους εξωτερικούς τοίχους. Μία λύση, η οποία παρέχει ικανοποιητικά αποτελέσματα, είναι αυτή της εισαγωγής νωπού αέρα μέσω των Fan-coils, από ένα κεντρικό αεραγωγό προσαγωγής.

Στην επόμενη Εικόνα 2.41 παρουσιάζονται οι δυνατότητες προσαγωγής νωπού αέρα σε συστήματα μόνο νερού: α) μόνο μέσω χαραμάδων, β) μέσω ανοιγμάτων, γ) μέσω αγωγού στην μονάδα, δ) μέσω δικτύου αεραγωγών.

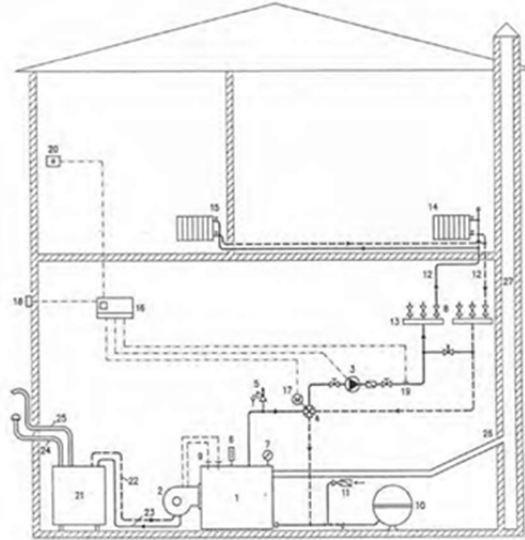


Εικόνα 2.41: Δυνατότητες προσαγωγής νωπού αέρα σε συστήματα μόνο νερού [6]

Από τα συστήματα κεντρικής θέρμανσης το πλέον διαδεδομένο είναι το σύστημα με κυκλοφορία θερμού νερού. Η θέρμανση των χώρων του κτιρίου επιτυγχάνεται με την κυκλική κυκλοφορία του ενδιάμεσου φορέα της θερμότητας. Στον λέβητα της εγκατάστασης θερμαίνεται το νερό μέχρι τους 90°C περίπου, οδηγείται στα θερμαντικά σώματα όπου αποδίδει θερμότητα και ψύχεται περίπου μέχρι τους 70°C. Στη συνέχεια επιστρέφει στο λέβητα όπου ξαναθερμαίνεται κ.ο.κ. Η ενέργεια που απαιτείται για την κυκλοφορία του νερού παρέχεται μηχανικά με αντλία (κυκλοφορητής). Η ρύθμιση της λειτουργίας και της απόδοσης του συστήματος επιτυγχάνεται με τα διάφορα όργανα ελέγχου και ρύθμισης. Για την εγκατάσταση του συστήματος θέρμανσης απαιτείται ένας ειδικός χώρος, συνήθως στο υπόγειο του κτιρίου, που ονομάζεται λεβητοστάσιο. Στο χώρο του λεβητοστασίου υπάρχει όλος ο απαραίτητος μηχανολογικός εξοπλισμός. Η βασική διάταξη ενός συστήματος κεντρικής θέρμανσης με νερό, με καύση πετρελαίου, φαίνεται στην Εικόνα 2.42 και στον Πίνακα 2.2 αναλύονται τα στοιχεία του συστήματος. Το σύστημα θέρμανσης με θερμό νερό χρησιμοποιείται σχεδόν κατ' αποκλειστικότητα για τη θέρμανση κατοικιών, αλλά εγκαθίσταται και σε κτίρια του τριτογενή τομέα (δημόσια και ιδιωτικά κτίρια, νοσοκομεία, σχολεία, ξενοδοχεία, αθλητικές εγκαταστάσεις κ.λπ.). Μερικά από τα πιο διαδεδομένα συστήματα θέρμανσης με θερμό νερό είναι τα παρακάτω:

1. Κεντρική θέρμανση θερμού νερού με διάφορους τύπους θερμαντικών σωμάτων. Ανάλογα με τον τρόπο σύνδεσης των σωμάτων στο δίκτυο σωληνώσεων, διακρίνονται σε μονοσωλήνιο σύστημα και δισωλήνιο σύστημα.
2. Κεντρική θέρμανση θερμού νερού με σωληνώσεις ενσωματωμένες στο δάπεδο (ενδοδαπέδια θέρμανση).

3. Κεντρική θέρμανση θερμού νερού με τοπικές μονάδες ανεμιστήρα-στοιχείου (fan-coil units). Το καλοκαίρι με την κυκλοφορία ψυχρού νερού χρησιμοποιούνται και για την ψύξη του κτιρίου.
4. Κεντρική θέρμανση με αντλίες θερμότητας.



Εικόνα 2.42: Σύστημα κεντρικής θέρμανσης με νερό [6]

Πίνακας 2.2 Τυπικό σύστημα θέρμανσης με νερό με τα στοιχεία και την λειτουργία του

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ
ΚΥΚΛΩΜΑ ΘΕΡΜΟΥ ΝΕΡΟΥ	
1. Λέβητας θερμού νερού	Παραγωγή θερμού νερού
2. Καυστήρας πετρελαίου ή φυσικού αερίου	Καύση πετρελαίου ή φυσικού αερίου
3. Κυκλοφορητής	Πρόσδωση ενέργειας για τη κίνηση του νερού
4. Βάνα ανάμιξης	Ρύθμιση της θερμοκρασίας προσαγωγής του νερού στα θερμαντικά σώματα
5. Βαλβίδα ασφαλείας	Αποφυγή υπέρβασης της μέγιστης πίεσης λειτουργίας του συστήματος
6. Θερμόμετρο εμβαπτίσεως	Ένδειξη θερμοκρασίας του νερού στο λέβητα
7. Μανόμετρο	Ένδειξη πίεσης του νερού στο δίκτυο θέρμανσης
8. Ρυθμιστικές βαλβίδες	Ρύθμιση παροχής νερού στους θερμαντικούς κλάδους
9. Θερμοστάτης λέβητα-καυστήρα	Έναρξη-παύση λειτουργίας του καυστήρα

10. Κλειστό δοχείο διαστολής	Παραλαβή των συστολών-διαστολών του νερού στο δίκτυο θέρμανσης
11. Αυτόματος πλήρωσης	Αυτόματη αναπλήρωση των διαρροών του νερού
12. Σωληνώσεις θερμού νερού	Μεταφορά θερμού νερού από το λέβητα προς τα θερμαντικά στοιχεία και αντίστροφα
13. Συλλέκτες προσαγωγής και επιστροφής νερού	Διαχωρισμός της προσαγωγής και της επιστροφής του νερού σε κλάδους
14. Θερμαντικά σώματα	Απόδοση θερμότητας από το νερό ή ατμό προς το χώρο
15. Ρυθμιστικές βαλβίδες	Ρύθμιση παροχής νερού στα θερμαντικά στοιχεία
ΚΥΚΛΩΜΑ ΡΥΘΜΙΣΗΣ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΥ	
16. Ηλεκτρονική συσκευή ρύθμισης	Προγραμματισμένος έλεγχος της εγκατάστασης
17. Κινητήρας βάνας ανάμιξης	Αυτόματη ρύθμιση της λειτουργίας της βάνας ανάμιξης
18. Αισθητήριο εξωτερικής θερμ/σίας 19. Αισθητήριο θερμοκρασίας νερού στην αναχώρηση 20. Αισθητήριο θερ/σίας αντιπροσωπευτικού εσωτερικού χώρου	Ρύθμιση της θερμοκρασίας προσαγωγής του νερού ανάλογα με την εξωτερική θερμοκρασία και την επιθυμητή θερμοκρασία εσωτερικών χώρων του κτιρίου
ΚΥΚΛΩΜΑ ΚΑΥΣΙΜΟΥ	
21. Δεξαμενή καυσίμου	Αποθήκευση καυσίμου
22. Σωλήνας τροφοδοσίας καυστήρα	Τροφοδοσία καυστήρα με καύσιμο
23. Σωλήνας επιστροφής από καυστήρα	Επιστροφή καυσίμου από τον καυστήρα προς τη Δεξαμενή
24. Σωλήνας πλήρωσης	Τροφοδοσία δεξαμενής με καύσιμο
25. Σωλήνας εξαερισμού	Εξαερισμός δεξαμενής καυσίμου
ΚΥΚΛΩΜΑ ΚΑΥΣΑΕΡΙΩΝ	
26. Καπναγωγός	Οδήγηση καυσαερίων από το λέβητα προς την Καπνοδόχο
27. Καπνοδόχος	Απαγωγή καυσαερίων στο εξωτερικό περιβάλλον

2.2.5 Συστήματα κλιματισμού αέρα-νερό

Στο σύστημα νερού και αέρα τόσο το νερό όσο και ο αέρας διανέμονται ξεχωριστά στον κάθε χώρο για την επίτευξη της ψύξης. Στα συστήματα αυτά παρέχεται κλιματισμένος αέρας και ψυχρό ή θερμό νερό σε κατάλληλες τερματικές συσκευές, οι οποίες είναι εγκατεστημένες στους χώρους του κτιρίου. Απαιτείται επομένως η εγκατάσταση ενός δικτύου αεραγωγών και ενός δικτύου σωληνώσεων νερού. Σε πολλές περιπτώσεις η παροχή του αέρα στους χώρους γίνεται έξω από τις τερματικές συσκευές (π.χ. Fan-coils) με ανεξάρτητο δίκτυο αεραγωγών). Σε όλα ουσιαστικά τα συστήματα νερού-αέρα οι λειτουργίες της ψύξης και της θέρμανσης επιτυγχάνονται μεταβάλλοντας τις θερμοκρασίες του νερού ή του αέρα (ή και τις δύο) για τον έλεγχο της θερμοκρασίας του χώρου κατά τη διάρκεια του χρόνου.

Υπάρχουν διάφοροι βασικοί λόγοι χρήσης τέτοιου συστήματος. Εξαιτίας της μεγαλύτερης ειδικής θερμότητας και της πολύ μεγαλύτερης πυκνότητας του νερού σε σχέση με τον αέρα, η απαιτούμενη διατομή των σωληνώσεων διανομής είναι σημαντικά μικρότερη από αυτή που απαιτείται δίκτυο αγωγών για να πετύχει το ίδιο έργο ψύξης. Κατά συνέπεια, η πυκνότητα του αέρα που διανέμεται μπορεί να είναι μικρότερη σε σχέση με αυτή ενός συστήματος ολικού αέρα, και μικρότερος χώρος του κτιρίου απαιτείται για το σύστημα διανομής ψύξης.

Η μειωμένη ποσότητα αέρα συνήθως συνδυάζεται με μια μέθοδο υψηλής ταχύτητας διανομής του αέρα για την ελαχιστοποίηση του απαιτούμενου χώρου. Εάν το σύστημα είναι σχεδιασμένο έτσι ώστε η παροχή του αέρα να ισούται με τον αέρα που απαιτείται για ανανέωση ή να λαμβάνεται υπόψη η διείδυση αέρα στο χώρο ή και στα δύο ταυτόχρονα. Για την περίπτωση της διείδυσης αέρα το δίκτυο αέρα δεν είναι χρήσιμο.

Η υποδύναμη των αντλιών που απαιτούνται για την κυκλοφορία του νερού στο κτίριο συνήθως είναι σημαντικά μικρότερη από την υποδύναμη του ανεμιστήρα που στέλνει και επιστρέφει αέρα. Έτσι εκτός από εξοικονόμηση χώρου μπορεί να επιτευχθεί και μείωση του λειτουργικού κόστους. Συστήματα αυτού του τύπου εφαρμόζονται συνήθως σε κτίρια γραφείων, νοσοκομεία, ξενοδοχεία, σχολεία, ερευνητικά εργαστήρια και άλλα κτίρια. Η εξοικονόμηση χώρου καθιστά τα συστήματα αυτά επωφελή και σε κατασκευές με μεγάλο ύψος.

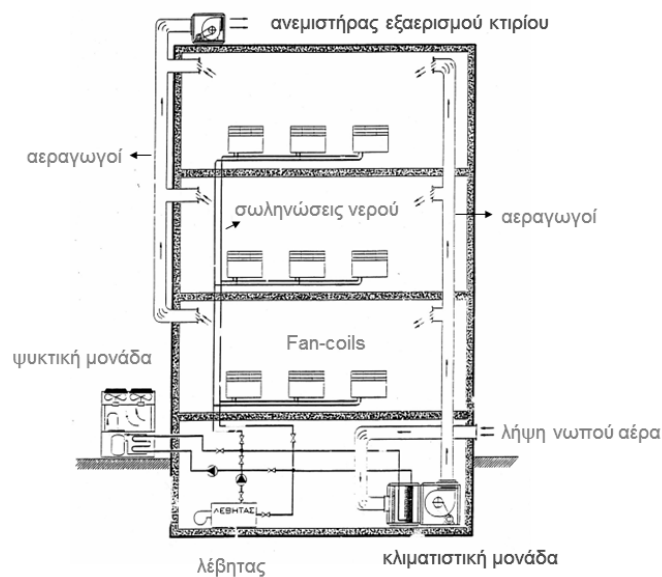
Το υποσύστημα αέρα των συστημάτων νερού-αέρα περιλαμβάνει τον κεντρικό εξοπλισμό κλιματισμού, το σύστημα αγωγών διανομής, και ένα τερματικό δωματίου. Ο αέρας παρέχεται με σταθερό όγκο και συνήθως αναφέρεται σαν πρωταρχικός αέρας για να διακρίνεται από τον αέρα του δωματίου επανακυκλοφορεί μέσω του στοιχείου δωματίου.

Το υποσύστημα του νερού στη βασική του μορφή αποτελείται από μία αντλία και τις σωληνώσεις για τη μεταφορά του νερού στην επιφάνεια του εναλλάκτη θερμότητας μέσα σε κάθε κλιματιζόμενο χώρο. Η επιφάνεια του εναλλάκτη θερμότητας μπορεί να είναι ένα στοιχείο που αποτελεί ένα ολοκληρωμένο τμήμα του τερματικού αέρα (όπως στις μονάδες απαγωγής), ένα τελείως ξεχωριστό εξάρτημα μέσα στο κλιματιζόμενο χώρο (radiant panel), ή συνδυασμός τους (όπως στις μονάδες fan-coil).

Ο έλεγχος θερμοκρασίας του κάθε δωματίου ξεχωριστά επιτυγχάνεται μεταβάλλοντας τη χωρητικότητα του στοιχείου (ή των στοιχείων) μέσα στο δωμάτιο ρυθμίζοντας είτε την ροή του νερού μέσα στο στοιχείο είτε τη ροή του αέρα πάνω «πι αυτό. Το στοιχείο μπορεί να μετατρέπεται σε θερμαντικό κατά τη διάρκεια το. χειμώνα, ή ένα δεύτερο στοιχείο ή θερμαντική διάταξη μέσα στο χώρο μπορεί να αποδίδει θέρμανση, ανάλογα με το τύπο του συστήματος.

Τα συστήματα αέρα-νερού υποδιαιρούνται σε συστήματα δύο, τριών και τεσσάρων αγωγών. Η λειτουργία τους είναι βασικά η ίδια και όλα ενσωματώνουν λειτουργίες ψύξης και θέρμανσης για κλιματισμό κατά τη διάρκεια όλου του χρόνου. Παρ' όλα αυτά οι διατάξεις των δευτερευόντων κυκλωμάτων νερού καθώς και τα συστήματα ελέγχου διαφέρουν σημαντικά. Με τον αέρα που απαιτείται για ανανέωση ή ότι η απαιτούμενη διείσδυση ισορροπίας συμπεριλαμβανομένου το. καθαρισμού ή και οι δύο, ο επιστρέφων αέρας στο σύστημα θέρμανσης, αερισμού και κλιματισμού μπορεί να αποβληθεί για τις περιοχές που ρυθμίζονται με αυτόν τον τρόπο.

Στην επόμενη Εικόνα 2.43 παρουσιάζεται ένα τυπικό σύστημα αέρα-νερού. Παρατηρείται ο λέβητας, η κλιματιστική μονάδα, η ψυκτική μονάδα, οι αεραγωγοί, οι σωληνώσεις νερού και ο ανεμιστήρας εξαερισμού του κτιρίου.

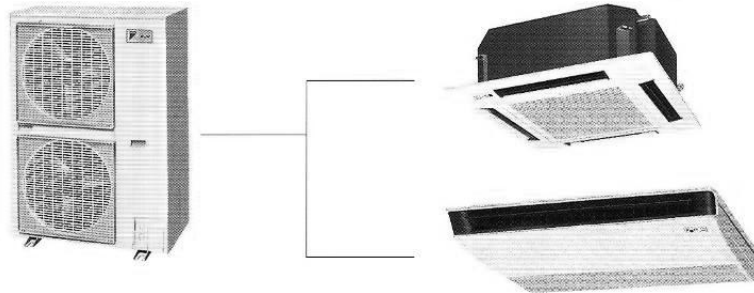


Εικόνα 2.43: Τυπικό σύστημα αέρα-νερού [6]

2.2.6 Συστήματα κλιματισμού απευθείας εκτόνωσης

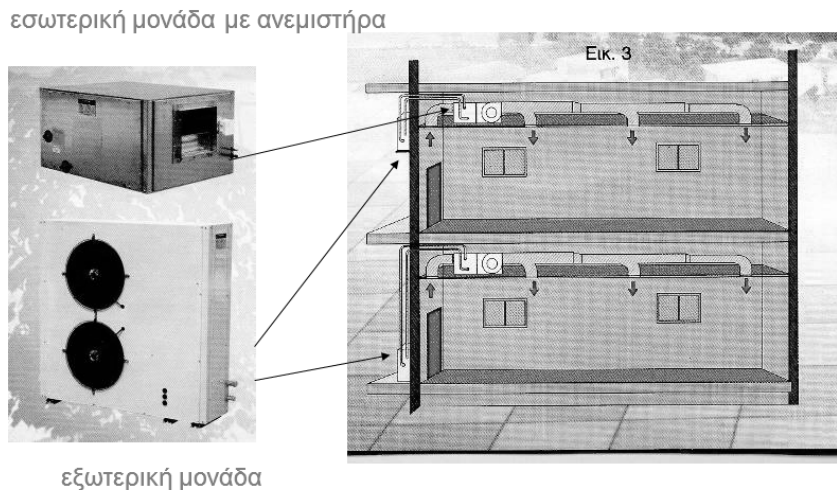
Τα συστήματα αυτά χρησιμοποιούν ψυκτικό μέσο για τη ψύξη ή τη θέρμανση του αέρα των κλιματιζόμενων χώρων. Είναι αυτόνομες κλιματιστικές μονάδες, στις οποίες δεν υπάρχει κύκλωμα νερού και ο αέρας ψύχεται ή θερμαίνεται απευθείας σε εναλλάκτες θερμότητας αέρα-ψυκτικού μέσου (η εξάτμιση ψυκτικού μέσου προκαλεί ψύξη και η συμπύκνωση θέρμανση). Διακρίνονται σε μονάδες του ενός τεμαχίου (self-contained) και σε διμερείς μονάδες (split units).

Στην επόμενη Εικόνα 2.44 φαίνεται μια διμερής κλιματιστική μονάδα με μία εξωτερική και δύο εσωτερικές μονάδες. Λειτουργεί για ψύξη και θέρμανση χωρίς όμως να έχει την δυνατότητα λήψης νωπού αέρα.



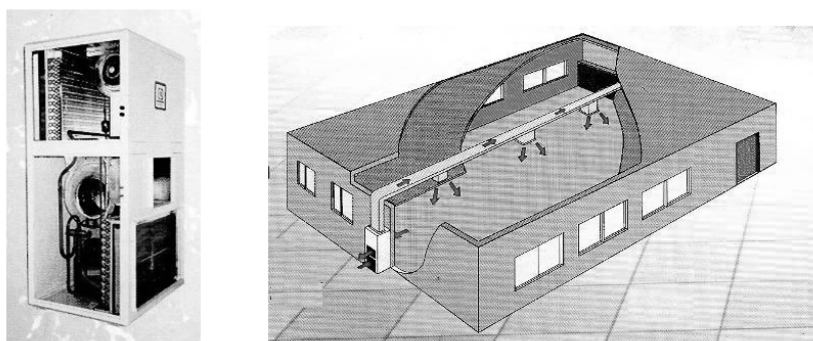
Εικόνα 2.44: Διμερής κλιματιστική μονάδα με μία εξωτερική και δύο εσωτερικές μονάδες [6]

Στην επόμενη Εικόνα 2.45 φαίνεται μια διμερής κλιματιστική μονάδα με δυνατότητα σύνδεσης με δίκτυο αεραγωγών (χωρίς λήψη νωπού αέρα).



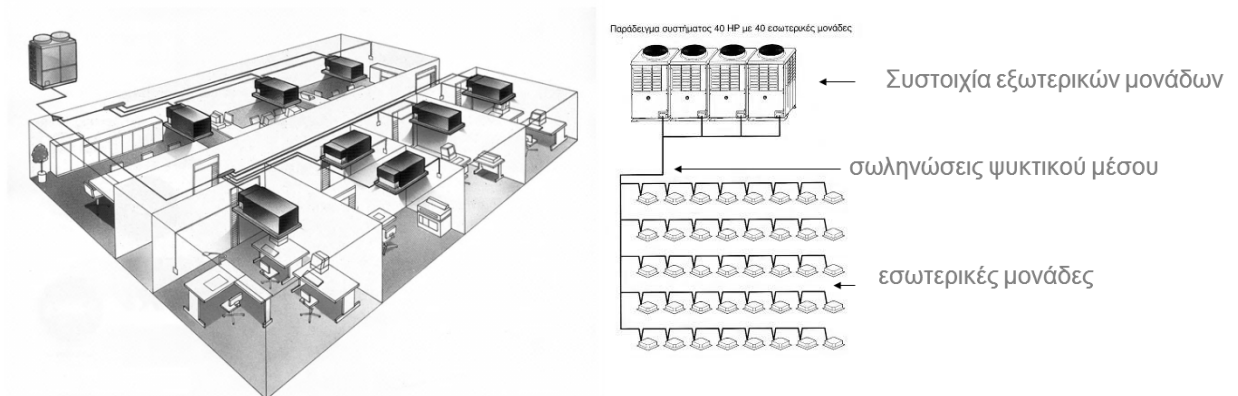
Εικόνα 2.45: Διμερής κλιματιστική μονάδα με δυνατότητα σύνδεσης με δίκτυο αεραγωγών [6]

Στην επόμενη Εικόνα 2.46 φαίνεται μια αυτόνομη κλιματιστική μονάδα (DX) με δυνατότητα προσαγωγής αέρα, επιστροφής αέρα και λήψης νωπού αέρα. Η τοποθέτηση της μονάδας γίνεται εξωτερικά.



Εικόνα 2.46: Αυτόνομη κλιματιστική μονάδα (DX) με δυνατότητα προσαγωγής αέρα, επιστροφής αέρα και λήψης νωπού αέρα [6]

Εκτός από τις αυτόνομες και τις διμερείς μονάδες κατασκευάζονται και συστήματα με μία εξωτερική μονάδα (ή συστοιχίες μονάδων) και κυκλοφορία του ψυκτικού μέσου σε πολλές εσωτερικές μονάδες. Τα συστήματα αυτά παρέχουν θέρμανση και ψύξη (Εικόνα 2.47).



Εικόνα 2.47: Εξωτερικές μονάδες με κυκλοφορία ψυκτικού μέσου σε πολλές εσωτερικές [8]

2.2.7 Ανάκτηση θερμότητας

Όταν απορρίπτεται αέρας από ένα χώρο σε θερμοκρασία διαφορετική από τη θερμοκρασία του εξωτερικού περιβάλλοντος, είναι πολύ πιθανό ότι χάνεται ενέργεια. Ο αέρας που απορρίπτεται πρέπει να αναπληρωθεί από φρέσκο εξωτερικό αέρα. Ιδιαίτερα όταν ο χώρος κατοικείται, ο αέρας πρέπει να προσαχθεί με μια ορισμένη θερμοκρασία ώστε να δημιουργεί αίσθημα άνεσης. Η διαδικασία αυτή της αναπλήρωσης του απορριπτόμενου αέρα απαιτεί την πρόσδοση ή την αφαίρεση θερμότητας, ανάλογα με την εποχή του έτους και τις συνθήκες του εσωτερικού και του εξωτερικού περιβάλλοντος. Ο αέρας απορρίπτεται από ένα χώρο, γιατί πρέπει να απομακρυνθούν οι επιβλαβείς ουσίες τις οποίες περιέχει.

Οι πλέον κοινές από αυτές τις ουσίες είναι το διοξείδιο του άνθρακα και η υγρασία. Και οι δύο είναι το αποτέλεσμα της παρουσίας ανθρώπων μέσα στους χώρους. Υπάρχουν και άλλες ουσίες που πρέπει να απομακρυνθούν με την απόρριψη του αέρα, όπως η σκόνη, το διοξείδιο του θείου, το χλώριο κ.ά. Με τα συστήματα ανάκτησης ενέργειας, η ενέργεια που περιέχει το ρεύμα του απορριπτόμενου αέρα μεταφέρεται στο ρεύμα του φρέσκου εξωτερικού αέρα. Δηλαδή το καλοκαίρι το ρεύμα απόρριψης προψύχει το ζεστό νωπό αέρα (π.χ. 40°C), με αέρα που απορρίπτεται στους 27°C. Το χειμώνα το ίδιο ρεύμα προθερμαίνει τον κρύο νωπό αέρα (π.χ. 0°C), με αέρα που απορρίπτεται στους 21°C.

Οι ρυπογόνες ουσίες πρέπει όμως να παραμένουν στο αέρα απόρριψης. Δηλαδή τα συστήματα ανάκτησης ενέργειας ενώ πρέπει να επιτρέπουν τη μετάδοση θερμότητας πρέπει να αποτρέπουν τη μετάδοση ρύπων.

Στις προσπάθειες να ικανοποιηθούν οι παραπάνω απαιτήσεις και ταυτόχρονα να μειωθεί το λειτουργικό κόστος μιας εγκατάστασης κλιματισμού αναπτύχθηκαν διάφοροι τύποι εναλλακτών θερμότητας και συστημάτων ανάκτησης θερμότητας. Οι διαφορές ανάμεσα στους διάφορους τύπους συσκευών, υλικών και συστημάτων καθορίζονται κυρίως από τις λειτουργικές απαιτήσεις. Οι απαιτήσεις αυτές είναι συνήθως η ανάγκη για ψύξη, θέρμανση,

ύγρανση ή αφύγρανση του αέρα, η διαθεσιμότητα του χώρου και η απόσταση ανάμεσα στο σημείο απορρίψης του αέρα του χώρου και στο σημείο λήψης του νωπού αέρα.

Συσκευές ανάκτησης θερμότητας

Οι κυριότερες συσκευές ανάκτησης θερμότητας στα συστήματα κλιματισμού είναι:

1. *Εναλλάκτες θερμότητας αέρα-αέρα.* Αυτοί είναι εναλλάκτες σταυρωτής ροής, μέσα στους οποίους γίνεται ανάκτηση της θερμότητας του αέρα που απορρίπτεται στο ύπαιθρο από τον νωπό αέρα που προσάγεται στους χώρους. Τοποθετούνται συνήθως μέσα στην κεντρική κλιματιστική μονάδα.
2. *Εναλλάκτες θερμότητας αέρα – νερού.* Η ανάκτηση ενέργειας στο σύστημα αυτό γίνεται με την παρεμβολή ενός εναλλάκτη θερμότητας αέρα-νερού, ο οποίος μεταφέρει τη θερμότητα του απορριπτόμενου αέρα σε ένα κύκλωμα νερού ανακυκλοφορίας. Η θερμότητα αυτή μέσω ενός δεύτερου εναλλάκτη, ο οποίος παρεμβάλλεται στο ρεύμα νωπού αέρα, χρησιμεύει για την προθέρμανση ή την πρόψυξη του εξωτερικού αέρα. Οι εναλλάκτες μπορεί να είναι τοποθετημένοι και εκτός της κεντρικής κλιματιστικής μονάδας, σε δύο απομακρυσμένα μεταξύ τους σημεία.
3. *Ανανεωτικοί εναλλάκτες θερμότητας.* Στο σύστημα αυτό ένας εναποθηκευτής θερμότητας που περιστρέφεται αργά (5...10 U/min) διαρρέεται στη μια κατεύθυνση από τον απορριπτόμενο αέρα στο ύπαιθρο και στην άλλη κατεύθυνση από εξωτερικό νωπό αέρα. Ο εναποθηκευτής θερμότητας είναι ένας περιστρεφόμενος δίσκος, ο οποίος εισέρχεται αρχικά στον αγωγό του ψυχρού αέρα και κατόπιν στον αγωγό του θερμού αέρα και διαρρέεται αξονικά. Εναλλάσσεται τόσο αισθητή θερμότητα όσο και υγρασία. Η απόδοση όλων των παραπάνω συστημάτων μπορεί να φθάσει και το 60%. Κτίρια, τα οποία απαιτούν μεγάλα ποσά φρέσκου εξωτερικού αέρα (νοσοκομεία, εργαστήρια, θέατρα, χώροι συγκεντρώσεων, κέντρα άθλησης) παρέχουν άριστες δυνατότητας για ανάκτηση θερμότητας. Επίσης κτίρια, τα οποία λειτουργούν πολλές ώρες στη διάρκεια της ημέρας (πολυκαταστήματα, νοσοκομεία, εστιατόρια) συνήθως παρέχουν περισσότερες δυνατότητες για ανάκτηση θερμότητας.

Πίνακας 2.3: Ευνοϊκοί παράγοντες χρήσης εναλλακτών θερμότητας [1]

ΕΥΝΟΪΚΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΓΙΑ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΣΥΣΚΕΥΩΝ ΑΝΑΚΤΗΣΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΣΕ ΚΤΙΡΙΑ	
Η διάρκεια χρήσης ενός κτιρίου	Κτίρια, τα οποία κατοικούνται πολλές ώρες στη διάρκεια της ημέρας (πολυκαταστήματα, νοσοκομεία, εστιατόρια) συνήθως παρέχουν περισσότερες δυνατότητες για ανάκτηση θερμότητας
Η απαίτηση για φρέσκο αέρα	Κτίρια, τα οποία απαιτούν μεγάλα ποσά φρέσκου εξωτερικού αέρα (νοσοκομεία, εργαστήρια, θέατρα, χώροι συγκεντρώσεων, κέντρα άθλησης) παρέχουν άριστες δυνατότητας για ανάκτηση θερμότητας
Τα υψηλά επίπεδα κατοίκησης και φωτισμού	Κτίρια με υψηλά εσωτερικά θερμικά φορτία παρέχουν πολλές δυνατότητες για ανάκτηση θερμότητας, ιδιαίτερα όταν συμπίπτουν οι απαιτήσεις για θερμότητα με την απορριπτόμενη θερμότητα τόσο χρονικά όσο και ποσοτικά

2.2.8 Εξοικονόμηση ενέργειας

Προκειμένου να αναφερθεί κανείς σε εξοικονόμηση ενέργειας είναι σημαντικό να γίνει κατανοητό που καταναλώνεται ενέργεια στα συστήματα κλιματισμού. Η ενέργεια που καταναλώνεται αποτελείται από την ενέργεια που καταναλώνουν οι κεντρικές συσκευές, δηλαδή η ψυκτική μονάδα και ο λέβητας, και από την ενέργεια που καταναλώνουν οι συσκευές του συστήματος διανομής του μέσου μεταφοράς ενέργειας, δηλαδή οι ανεμιστήρες και οι αντλίες.

Η ενέργεια που καταναλώνουν οι κεντρικές συσκευές εξαρτάται από τα φορτία του κτιρίου, δηλαδή από τους διάφορους εξωτερικούς παράγοντες που καθορίζουν τις απώλειες και τα κέρδη θερμότητας σε ένα κτίριο και που είναι η θερμοκρασία, η ηλιακή ακτινοβολία και ο αερισμός, και από τους διάφορους εσωτερικούς παράγοντες που είναι τα άτομα, οι συσκευές και ο φωτισμός του κτιρίου. Η κατανάλωση ενέργειας των συσκευών κλιματισμού σε κτίρια κατοικιών εξαρτάται κυρίως από την ένταση των εξωτερικών παραγόντων αν και η σωστή χρήση τους επηρεάζει και αυτή την κατανάλωση ενέργειας, ιδιαίτερα εάν οι συσκευές οι οποίες έχουν επιλεγεί είναι μεγαλύτερης ισχύος από αυτή την οποία απαιτεί το κτίριο ή ο χώρος. Σε κτίρια όμως όπως γραφεία, εμπορικά κ.λπ. οι εσωτερικοί παράγοντες, μαζί με τον αερισμό, είναι αυτοί που παίζουν το κυριότερο ρόλο. Ο καθοριστικός παράγοντας επομένως στα κτίρια αυτά είναι ο τρόπος χρήσης τους.

Η ενέργεια διανομής του μέσου μεταφοράς ενέργειας είναι αυτή που καταναλίσκεται για να μεταφερθεί η θερμική ή η ψυκτική ενέργεια από την κεντρική συσκευή παραγωγής ενέργειας στις διάφορες τερματικές συσκευές, οι οποίες συνήθως βρίσκονται στους κατοικήσιμους χώρους του κτιρίου. Η ενέργεια αυτή είναι ιδιαίτερα σημαντική σε συστήματα κλιματισμού. Εάν παρατηρήσει κανείς τον τρόπο λειτουργίας μιας εγκατάστασης κλιματισμού μπορεί να δει τα σημεία στα οποία καταναλίσκεται η ενέργεια αυτή.

Στα συστήματα κλιματισμού μόνο με αέρα είναι η ηλεκτρική ενέργεια που καταναλώνουν οι αντλίες για τη μεταφορά του ψυχρού ή θερμού νερού από τη ψυκτική μονάδα ή το λέβητα προς τη κεντρική μονάδα κλιματισμού και αντίστροφα. Επίσης η ηλεκτρική ενέργεια που καταναλώνουν οι ανεμιστήρες μεταφοράς του αέρα από τη κεντρική μονάδα κλιματισμού προς τους κλιματιζόμενους χώρους και αντίστροφα. Στην περίπτωση του θερινού κλιματισμού η θερμότητα που αφαιρείται από τους χώρους πρέπει να απορριφθεί στην ατμόσφαιρα. Στις υδρόψυκτες ψυκτικές μονάδες η απόρριψη γίνεται με ένα κύκλωμα νερού ψύξης μεταξύ του συμπυκνωτή της ψυκτικής μονάδας και ενός πύργου ψύξης, οπότε καταναλίσκεται ηλεκτρική ενέργεια από την αντλία κυκλοφορίας του νερού και από τους ανεμιστήρες του πύργου ψύξης. Στις αερόψυκτες ψυκτικές μονάδες η απόρριψη γίνεται με διοχέτευση αέρα στον συμπυκνωτή της ψυκτικής μονάδας, οπότε καταναλίσκεται ηλεκτρική ενέργεια από τους ανεμιστήρες της ψυκτικής μονάδας.

Στα συστήματα κλιματισμού με νερό είναι η ηλεκτρική ενέργεια που καταναλώνουν οι αντλίες για τη μεταφορά του ψυχρού ή θερμού νερού από τη ψυκτική μονάδα ή το λέβητα προς τις τερματικές συσκευές στους κλιματιζόμενους χώρους και αντίστροφα. Επίσης η ηλεκτρική ενέργεια που καταναλίσκεται από τους ανεμιστήρες που συνήθως υπάρχουν στις τερματικές συσκευές. Όπως και στα συστήματα μόνο με νερό, η αφαιρούμενη θερμότητα

από τους χώρους το καλοκαίρι απορρίπτεται στην ατμόσφαιρα με τους τρόπους που προαναφέρθηκαν, με την ανάλογη φυσικά κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας.

Στα συστήματα κλιματισμού αέρα-νερού καταναλώνεται ηλεκτρική ενέργεια για τη μεταφορά νερού από τη ψυκτική μονάδα ή το λέβητα τόσο προς την κεντρική μονάδα κλιματισμού όσο και προς τους κλιματιζόμενους χώρους και αντίστροφα. Επίσης οι ανεμιστήρες μεταφοράς του αέρα από την κεντρική μονάδα κλιματισμού προς τους χώρους και αντίστροφα, οι ανεμιστήρες των τερματικών μονάδων στους χώρους καθώς επίσης και οι αντλίες και οι ανεμιστήρες του συστήματος απόρριψης θερμότητας κατά το καλοκαίρι καταναλώνουν αντίστοιχη ηλεκτρική ενέργεια.

Η ενέργεια διανομής του μέσου μεταφοράς ενέργειας αν και είναι μικρή σε μέγεθος είναι μεγάλη σε διάρκεια, γιατί όλες οι συσκευές μεταφοράς του νερού ή του αέρα λειτουργούν συνήθως σε πλήρες φορτίο (με εξαίρεση τα συστήματα μεταβλητής παροχής όγκου αέρα και τον πύργο ψύξης). Η ψυκτική μονάδα και ο λέβητας παρακολουθούν το ψυκτικό και θερμικό φορτίο και λειτουργούν ανάλογα σε πλήρες ή μερικό φορτίο. Οι ανεμιστήρες όμως και οι αντλίες των εγκαταστάσεων κλιματισμού λειτουργούν τις περισσότερες ώρες χρήσης του κτιρίου σε πλήρες φορτίο. Αυτός είναι ο λόγος που σε πολλές περιπτώσεις καταναλώνουν περισσότερη ενέργεια και από τις κεντρικές συσκευές του συστήματος κλιματισμού δηλαδή την ψυκτική μονάδα και το λέβητα.

Η περισσότερη ενέργεια σε ένα κτίριο καταναλώνεται όταν η εξωτερική θερμοκρασία είναι ούτε μέγιστη ούτε ελάχιστη, δηλαδή όταν η εγκατάσταση θέρμανσης ή κλιματισμού λειτουργεί σε μερικό φορτίο. Οι ακραίες τιμές της εξωτερικής θερμοκρασίας παρατηρούνται μόνο λίγες ώρες το χρόνο, ενώ οι μέσες τιμές είναι ο κανόνας. Επομένως μόνο ένα μικρό ποσοστό της κατανάλωσης ενέργειας παρατηρείται στις ακραίες τιμές θερμοκρασίας, το οποίο δεν είναι καθοριστικό για την συνολική κατανάλωση ενέργειας. Σε πολλές περιπτώσεις επίσης η μερική κατοίκηση του κτιρίου αναγκάζει τις κεντρικές συσκευές να λειτουργούν σε μερικό φορτίο ανεξάρτητα από τις επικρατούσες εξωτερικές συνθήκες. Το γεγονός αυτό πρέπει να οδηγεί τους σχεδιαστές των εγκαταστάσεων θέρμανσης ή κλιματισμού στην επιλογή κεντρικών συσκευών με μεγάλους βαθμούς απόδοσης σε περιπτώσεις μερικού και όχι μέγιστου φορτίου.

Επίσης ένα κριτήριο για την επιλογή συσκευών είναι και το ποσοστό χρήσης τους στη διάρκεια του έτους. Συσκευές όπως οι ανεμιστήρες και οι αντλίες λειτουργούν συνεχώς και η ενεργειακή τους κατανάλωση παίζει ιδιαίτερο ρόλο στην συνολική ενεργειακή κατανάλωση της εγκατάστασης κλιματισμού. Επομένως η επιλογή συσκευών με χαμηλή κατανάλωση και μεγάλο βαθμό απόδοσης είναι καθοριστική για την κατανάλωση ενέργειας. Ακόμη και εάν η επιλογή των συσκευών θέρμανσης ή κλιματισμού γίνει με τα κριτήρια τα οποία αναφέρθηκαν δεν είναι επακόλουθο ότι ένα σύστημα, το οποίο αποτελείται από συσκευές με μεγάλο βαθμό απόδοσης και χαμηλή ενεργειακή κατανάλωση θα καταναλώνει λιγότερη ενέργεια από ένα άλλο του οποίου οι συσκευές δεν είναι τόσο ενεργειακά αποδοτικές. Η τελική κατανάλωση ενέργειας είναι επακόλουθο κυρίως ενός σωστού σχεδιασμού του συστήματος, ενός σωστού συνδυασμού των διαφόρων συσκευών, ενός κατάλληλου συστήματος ελέγχου και φυσικά μιας σωστής από ενεργειακή άποψη συμπεριφοράς των ενοίκων του κτιρίου. Σε πολλές περιπτώσεις δεν έχει σημασία ο τύπος

του συστήματος αλλά ο τρόπος με τον οποίο λειτουργεί. Στο σημείο ο καθοριστικός παράγοντας είναι το σύστημα αυτοματισμού της εγκατάστασης κλιματισμού, το οποίο επηρεάζει την κατανάλωση ενέργειας σε μεγάλο βαθμό. Τα συστήματα αυτοματισμού διακρίνονται σε συστήματα άμεσου ελέγχου και σε συστήματα έμμεσου ελέγχου.

Ο άμεσος έλεγχος προϋποθέτει ότι η παρεχόμενη θερμική ή ψυκτική ενέργεια στους χώρους καλύπτει με μεγάλη ακρίβεια τα εμφανιζόμενα θερμικά ή ψυκτικά φορτία. Ο έλεγχος αυτός επιτυγχάνεται με συσκευές ελέγχου σε κάθε χώρο του κτιρίου με διαφορετική συμπεριφορά φορτίου (θερμική ζώνη), η ακόμη καλύτερα σε κάθε χώρο του κτιρίου ξεχωριστά. Οι συσκευές ελέγχου συνήθως παρακολουθούν τη θερμοκρασία των χώρων αλλά σε πολλές περιπτώσεις και τη σχετική υγρασία ή την ποιότητα αέρα.

Στον έμμεσο έλεγχο η παρεχόμενη θερμική ή ψυκτική ενέργεια στους χώρους καθορίζεται συνήθως από τη θερμοκρασία του εξωτερικού περιβάλλοντος σε συνάρτηση με τη θερμοκρασία του κτιρίου σε κάποιο κεντρικό σημείο. Ο τρόπος αυτός συνήθως οδηγεί στην παροχή περισσότερης θερμικής ή ψυκτικής ενέργειας από αυτή που απαιτείται με επακόλουθο τη μεγαλύτερη κατανάλωση ενέργειας.

Φυσικά το σύστημα αυτοματισμού το οποίο εγκαθίσταται σε ένα κτίριο εξαρτάται και από τον τύπο του συστήματος θέρμανσης ή κλιματισμού. Υπάρχουν συστήματα στα οποία μπορεί να εγκατασταθεί σύστημα άμεσου ελέγχου και άλλα στα οποία δεν είναι εφικτό.

Επίσης ένα άλλο σημείο, το οποίο πρέπει να αναφερθεί, είναι ότι ένα σύστημα με μικρό αρχικό κόστος δεν καταναλώνει απαραίτητα περισσότερη ενέργεια από κάποιο άλλο με μεγάλο αρχικό κόστος.

Με βάση τα παραπάνω γίνεται κατανοητό ότι εξοικονόμηση ενέργειας στα συστήματα κλιματισμού μπορεί να επιτευχθεί με πολλούς τρόπους. Ενδεικτικά, αναφέρονται τα εξής [6]:

1. Εξέταση όλων των δυνατοτήτων μείωσης των ψυκτικών και θερμικών φορτίων, πριν από την εγκατάσταση των συσκευών κλιματισμού.
2. Σύνταξη της μελέτης των εγκαταστάσεων κλιματισμού από Διπλ. Μ-Η Μηχανικό, που θα είναι σε θέση να κρίνει και να επιλέξει τα κατάλληλα συστήματα κλασσικής και νέας τεχνολογίας, να εκπονήσει τις απαραίτητες μελέτες (υπολογισμό ψυκτικών/θερμικών φορτίων, επιλογή κατάλληλου συστήματος, διαστασιολόγηση δικτύου αεραγωγών/σωληνώσεων και συσκευών, επιλογή συστήματος ελέγχου και ρύθμισης κ.λπ.). Στη συνέχεια να επιβλέψει τη σωστή εφαρμογή της μελέτης και την κατασκευή της εγκατάστασης.
3. Επιλογή του κατάλληλου συστήματος κλιματισμού για την κάθε εφαρμογή. Υπάρχουν διάφορα συστήματα, τα οποία είναι κατάλληλα για ορισμένους τύπους κτιρίων και άλλα τα οποία είναι εντελώς ακατάλληλα. Σε κτίρια κατοικιών χρησιμοποιούνται κυρίως τοπικά συστήματα απευθείας εκτόνωσης σε κάθε χώρο. Σε κτίρια γραφείων χρησιμοποιούνται κυρίως κεντρικά συστήματα με νερό ή με αέρα και νερό ενώ σε εμπορικά κτίρια κεντρικά συστήματα με αέρα. Σε μουσεία, θέατρα, αίθουσες συγκεντρώσεων χρησιμοποιούνται συστήματα κλιματισμού με αέρα, κυρίως για τον

έλεγχο της υγρασίας αλλά και λόγω των μεγάλων απαιτήσεων σε νωπό αέρα. Σε πολλές περιπτώσεις η επιλογή ενός συστήματος κλιματισμού εξαρτάται και από την απαίτηση για αυτονομία σε κάθε χώρο, όπως π.χ. σε κτίρια ξενοδοχείων, στα οποία εγκαθίστανται συνήθως κεντρικά συστήματα με νερό (fan-coils) ή τοπικές κλιματιστικές συσκευές απευθείας εκτόνωσης

4. Εγκατάσταση συστημάτων κεντρικού κλιματισμού (εφόσον είναι εφικτό και το επιτρέπει η χρήση του κτιρίου) αντί των αυτόνομων κλιματιστικών συστημάτων διαιρούμενου τύπου. Τα κεντρικά συστήματα συνήθως λειτουργούν με μεγαλύτερο βαθμό απόδοσης, εφόσον έχουν μελετηθεί σωστά και είναι εξοπλισμένα με σύστημα αυτομάτου ελέγχου και ρύθμισης.
5. Σε κτίρια πολλών και διαφορετικών χρήσεων (εμπορικά κέντρα, ξενοδοχεία, νοσοκομεία) χωρισμός του κτιρίου σε θερμικές ζώνες (ομάδες χώρων με ομοιόμορφη συμπεριφορά φορτίων και ομοιόμορφη απαίτηση συνθηκών αέρα) και εγκατάσταση σε κάθε ζώνη διαφορετικού συστήματος κλιματισμού, κατάλληλου για τη χρήση της.
6. Ορθή επιλογή μεγέθους συσκευών (ψυκτικών μονάδων, λεβήτων, αντλιών θερμότητας, κεντρικών κλιματιστικών μονάδων, ανεμιστήρων, θερμαντικών/ψυκτικών στοιχείων, αντλιών, τοπικών κλιματιστικών μονάδων κ.λπ.) ώστε να καλύπτουν τα πραγματικά φορτία και αποφυγή υπερδιαστασιολόγησής τους.
7. Επιλογή συσκευών με υψηλό βαθμό απόδοσης, χαμηλή κατανάλωση και δυνατότητα ρύθμισης για περιπτώσεις μερικού φορτίου. Ιδιαίτερα για τις ψυκτικές μονάδες με ψυκτικά ρευστά, ο λόγος ψυκτική ισχύς/ηλεκτρική ισχύς (COP) πρέπει να είναι τουλάχιστον 3, σε κανονικές συνθήκες λειτουργίας. Για τους λέβητες ισχύουν όσα αναφέρθηκαν στις εγκαταστάσεις κεντρικής θέρμανσης.
8. Σε υπάρχουσες εγκαταστάσεις, αντικατάσταση παλαιών λεβήτων-ψυκτικών μονάδων με αντίστοιχους νέας τεχνολογίας και υψηλού βαθμού απόδοσης (π.χ. ψυκτικές μονάδες με συμπιεστές μεταβλητής ισχύος, ψυκτικές μονάδες πολλαπλών συμπιεστών).
9. Σωστή επιλογή των διαστάσεων των αγωγών διανομής αέρα και ορθολογικός σχεδιασμός του δικτύου, ώστε να ελαχιστοποιείται το μήκος των αεραγωγών και να ελαχιστοποιούνται οι απώλειες πίεσης του αέρα. Η επιλογή λανθασμένων διαστάσεων, τα μεγάλα μήκη και οι λανθασμένες διαμορφώσεις των αεραγωγών μπορεί να οδηγήσει σε αυξημένες απώλειες πίεσης του αέρα, σε επιλογή ανεμιστήρων μεγαλύτερης ισχύος και σε αυξημένη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας. Επίσης εξισορρόπηση των δικτύων αεραγωγών ώστε να εξασφαλίζεται η διανομή των απαραίτητων παροχών αέρα σε όλους του κλιματιζόμενους χώρους. Όλα αυτά βέβαια είναι στα πλαίσια μιας ορθής μελέτης και κατασκευής. Για τις σωληνώσεις θερμού/ψυχρού νερού ισχύουν όσα αναφέρθηκαν στις εγκαταστάσεις κεντρικής θέρμανσης.
10. Θερμομόνωση των αεραγωγών και των σωληνώσεων θερμού και ψυχρού νερού. Με τη θερμομόνωση ελαχιστοποιούνται οι θερμικές απώλειες του θερμού αέρα/νερού το χειμώνα και τα θερμικά κέρδη του ψυχρού αέρα/νερού το καλοκαίρι και εξοικονομείται ενέργεια. Κατασκευή των δικτύων αεραγωγών με τρόπο ώστε να ελαχιστοποιούνται οι διαφυγές του αέρα.

11. Εγκατάσταση συστημάτων μεταβλητής παροχής αέρα, εφόσον το κτίριο και η χρήση του το επιτρέπουν. Το χαρακτηριστικό των συστημάτων αυτών είναι ότι ο αέρας εισέρχεται στους κλιματιζόμενους χώρους με σταθερή θερμοκρασία αλλά η παροχή του αυξομειώνεται ανάλογα με τις διακυμάνσεις του φορτίου των χώρων. Η μεταβολή της παροχής του αέρα γίνεται με κατάλληλες τερματικές συσκευές ρύθμισης-διανομής του αέρα, οι οποίες ελέγχονται από ένα θερμοστάτη χώρου. Η μεταβολή της παροχής συνδυάζεται συνήθως με ανεμιστήρα μεταβλητής παροχής. Η παροχή των ανεμιστήρων ρυθμίζεται από συστήματα ελέγχου της στατικής πίεσης. Τα συστήματα μεταβλητής παροχής παρέχουν σε κάθε χρονική στιγμή μόνο την ποσότητα αέρα, η οποία είναι απαραίτητη για την κάλυψη των φορτίων των χώρων. Επομένως η κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση και ψύξη των χώρων είναι μικρότερη σε σχέση με τα αντίστοιχα συστήματα σταθερής παροχής. Η συνολική παροχή του αέρα προσαγωγής υπολογίζεται για το μέγιστο φορτίο όλων των χώρων (block load) και δεν είναι το άθροισμα των παροχών που αντιστοιχούν στο μέγιστο φορτίο κάθε χώρου ξεχωριστά, όπως στα συστήματα σταθερής παροχής. Αυτό σημαίνει ότι οι κεντρικές μονάδες κλιματισμού και οι κεντρικοί αεραγωγοί διαστασιολογούνται για μικρότερες παροχές αέρα. Επομένως τόσο οι διαστάσεις των κεντρικών αεραγωγών όσο και η ισχύς των κινητήρων των ανεμιστήρων σε πλήρες φορτίο είναι μικρότερες σε σχέση με τις αντίστοιχες των συστημάτων σταθερής παροχής. Επίσης η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για τη μεταφορά του αέρα στους χώρους είναι μικρότερη σε σχέση με τα συστήματα σταθερής παροχής, εφόσον σε συνθήκες μερικού φορτίου η παροχή του αέρα προσαγωγής ελαττώνεται ανάλογα με τη μείωση του φορτίου. Εφόσον η λειτουργία σε μερικό φορτίο αποτελεί το 98% περίπου της συνολικής λειτουργίας ενός συστήματος κλιματισμού, η εξοικονόμηση ενέργειας από τη λειτουργία των ανεμιστήρων κυμαίνεται από 10% έως 50%, ανάλογα με την εφαρμογή.
12. Ανάκτηση ενέργειας (για θέρμανση ή ψύξη) από τον απορριπτόμενο αέρα των κλιματιζόμενων χώρων - αφορά τον αέρα που δεν ανακυκλοφορεί στην κεντρική μονάδα κλιματισμού και απορρίπτεται στο περιβάλλον. Η απορριπτόμενη ενέργεια μπορεί να ανακτηθεί με διάφορες συσκευές, οι κυριότερες από τις οποίες είναι:
13. Χρήση κύκλου εξοικονόμησης (ελεύθερη ψύξη-free cooling) όταν οι συνθήκες θερμοκρασίας και υγρασίας του εξωτερικού αέρα είναι κατάλληλες για να καλύψουν πλήρως ή μερικώς τα ψυκτικά φορτία των χώρων του κτιρίου. Στην περίπτωση του θερινού κλιματισμού, όταν η θερμοκρασία ξηρού θερμομέτρου του εξωτερικού αέρα είναι χαμηλότερη από την απαραίτητη θερμοκρασία προσαγωγής στους χώρους (ζώνες), τα ψυκτικά φορτία μπορούν να καλυφθούν με χρήση αποκλειστικά εξωτερικού αέρα ή με μίξη κατάλληλης ποσότητας ψυχρού εξωτερικού αέρα με αέρα ανακυκλοφορίας. Κάτω από ορισμένες συνθήκες, μπορεί η λειτουργία της ψυκτικής μονάδας να μην είναι πλέον απαραίτητη. Ακόμη και αν η θερμοκρασία του εξωτερικού αέρα είναι υψηλότερη από την απαραίτητη θερμοκρασία προσαγωγής αλλά χαμηλότερη από την επιθυμητή θερμοκρασία στους χώρους (ζώνες), η ενέργεια για την ψύξη του αέρα μπορεί να ελαττωθεί σημαντικά αντικαθιστώντας τον αέρα ανακυκλοφορίας με φρέσκο εξωτερικό αέρα. Η παράμετρος η οποία παίζει τον σημαντικότερο ρόλο στην περίπτωση αυτή είναι η υγρασία του εξωτερικού αέρα.
14. Εγκατάσταση συστημάτων συμπαραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και θερμότητας. Τα συστήματα αυτά χρησιμοποιούνται για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με

παράλληλη εκμετάλλευση της αποβαλλόμενης θερμότητας για θέρμανση και ψύξη. Ο βαθμός απόδοσης μπορεί να υπερβεί το 90%. Συνήθως η θερμότητα που αποβάλλεται χρησιμοποιείται κατά τη χειμερινή περίοδο για τη θέρμανση κτιρίων ή για την παραγωγή θερμού νερού χρήσης, ενώ κατά τη θερινή περίοδο πρέπει να εγκατασταθούν ψυκτικές μονάδες απορρόφησης για την παραγωγή ψυχρού νερού, το οποίο χρησιμοποιείται για θερινό κλιματισμό. Οι ψυκτικές μονάδες απορρόφησης λειτουργούν με θερμική συμπίεση και θερμότητα αντί της μηχανικής συμπίεσης και της ηλεκτρικής ενέργειας, με την οποία λειτουργούν οι περισσότερες ψυκτικές μονάδες. Με τον τρόπο αυτό θεωρούνται ότι εξοικονομούν ενέργεια, εφόσον ως πηγή ενέργειας χρησιμοποιούν θερμότητα, η οποία διαφορετικά θα αποβαλλόταν ανεκμετάλλευτη. Εκτός από την θερμότητα που παράγεται κατά τη συμπαραγωγή μπορούν να χρησιμοποιήσουν θερμότητα από πεδία ηλιακών συλλεκτών, απόβλητη θερμότητα από βιομηχανίες ή θερμότητα από καύση συμβατικών καυσίμων (πετρέλαιο, φυσικό αέριο). Φυσικά η επιλογή μιας ψυκτικής μονάδας βασισμένης στον ψυκτικό κύκλο απορρόφησης γίνεται μόνο στην περίπτωση που η θερμότητα που θα χρησιμοποιηθεί είναι σημαντικά φθηνότερη από το κόστος της ηλεκτρικής ενέργειας που απαιτείται για τη λειτουργία ψυκτικών μονάδων με κύκλο συμπίεσης ατμών ψυκτικού μέσου.

15. Εγκατάσταση αντλιών θερμότητας αντί λέβητα και ψυκτικής μονάδας. Οι αντλίες θερμότητας είναι συσκευές οι οποίες έχουν την ικανότητα να απορροφούν (να αντλούν) θερμότητα από μία πηγή χαμηλής θερμοκρασίας (αέρα, νερό, έδαφος) και να τη μεταφέρουν σε έναν αποδέκτη υψηλότερης θερμοκρασίας (αέρα, νερό). Για παράδειγμα, κατά τη χειμερινή περίοδο μία αντλία θερμότητας με πηγή τον αέρα, έχει την ικανότητα να μεταφέρει θερμότητα από τον ψυχρό εξωτερικό αέρα (π.χ. 0-15°C) σε ένα χώρο κατοίκησης (20°C), με σκοπό τη θέρμανση του χώρου. Επίσης κατά τη θερινή περίοδο μία αντλία θερμότητας μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη μεταφορά θερμότητας από ένα χώρο κατοίκησης (26°C) προς τον θερμότερο εξωτερικό αέρα (π.χ. 35-40°C), με σκοπό την ψύξη του χώρου. Συνήθως οι αντλίες θερμότητας είναι σχεδιασμένες κατά τέτοιο τρόπο, ώστε να μπορούν να αντιστρέφουν την ψυκτική και τη θερμαντική τους λειτουργία. Αυτό επιτρέπει τη χρήση της ίδιας συσκευής για ψύξη και θέρμανση. Οι αντλίες θερμότητας αποτελούνται από τα ίδια κατασκευαστικά μέρη (συμπιεστή, συμπυκνωτή, εκτονωτική βαλβίδα, εξατμιστή) και έχουν τις ίδιες αρχές λειτουργίας με τις συσκευές ψύξης. Η μεταφορά της θερμότητας από την χαμηλή στην υψηλή θερμοκρασία γίνεται με κατανάλωση μηχανικής ενέργειας για την λειτουργία του συμπιεστή της συσκευής. Η ενέργεια αυτή προέρχεται είτε από ηλεκτρικό κινητήρα είτε από μία μηχανή εσωτερικής καύσης (πετρελαίου ή φυσικού αερίου). Οι αντλίες θερμότητας ανάλογα με το μέσον από το οποίο αντλούν θερμότητα και το μέσον στο οποίο την αποδίδουν, ονομάζονται αντλίες θερμότητας αέρα-αέρα, αέρα-νερού, νερού- αέρα, εδάφους-νερού, εδάφους-αέρα. Γενικά ισχύει ο κανόνας ότι, όσο πιο υψηλή είναι η θερμοκρασία του μέσου από το οποίο αντλείται η θερμότητα και όσο πιο χαμηλή είναι η θερμοκρασία του μέσου στο οποίο αποδίδεται, τόσο μεγαλύτερος είναι ο βαθμός απόδοσής τους. Ως βαθμός απόδοσης χαρακτηρίζεται η σχέση της ωφέλιμης ενέργειας προς την ενέργεια που καταναλώνεται. Δηλαδή ο βαθμός απόδοσης είναι τόσο μεγαλύτερος όσο μικρότερη είναι η διαφορά θερμοκρασίας ανάμεσα στην πηγή και τον αποδέκτη θερμότητας. Στις εγκαταστάσεις κλιματισμού, οι δύο συσκευές παραγωγής ενέργειας, ο λέβητας και η ψυκτική μονάδα, μπορούν να

αντικατασταθούν από μία αντλία θερμότητας. Γενικά συνιστάται η εγκατάσταση γεωθερμικών αντλιών θερμότητας (νερού-αέρα, νερού- νερού, εδάφους-αέρα ή εδάφους-νερού) διότι λειτουργούν με τουλάχιστον 30% υψηλότερη ενεργειακή απόδοση από αυτή των συστημάτων με αντλία θερμότητας αέρα-αέρα.

16. Εγκατάσταση συστημάτων ενεργειακής διαχείρισης κτιρίων (BMS) σε συνδυασμό με συστήματα αυτομάτου ελέγχου. Τα BMS είναι ολοκληρωμένα συστήματα ελέγχου των εγκαταστάσεων ενός κτιρίου τα οποία εξασφαλίζουν ομαλή λειτουργία των εγκαταστάσεων, βελτιστοποίηση των συνθηκών λειτουργίας και ελαχιστοποίηση της ενεργειακής κατανάλωσης. Τα συστήματα BMS αποτελούνται από τρία επίπεδα:

- Στο πρώτο επίπεδο βρίσκεται η κεντρική μονάδα ελέγχου, συνήθως ένας Ηλεκτρονικός Υπολογιστής, στον οποίο βρίσκεται εγκατεστημένο το πρόγραμμα γραφικής απεικόνισης, ελέγχου και διαχείρισης όλων των παραμέτρων. Όλες οι εγκαταστάσεις μπορούν να ελεγχθούν χρησιμοποιώντας γραφικά σε πραγματικό χρόνο, τα οποία δείχνουν την κατάσταση των συστημάτων και των μηχανημάτων του κτιρίου, την απόδοση κλπ. με απλό και κατανοητό τρόπο. Ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να προγραμματίσει τις ώρες λειτουργίας κανονικών και εφεδρικών μηχανημάτων (π.χ. ψυκτικές μονάδες, ανεμιστήρες κλπ), να επανεκκινήσει τα μηχανήματα μετά από διακοπή ρεύματος, να αλλάξει τις παραμέτρους (θερμοκρασία, υγρασία) στα διάφορα συστήματα ελέγχου κ.ά. Επίσης το σύστημα κεντρικού ελέγχου δίνει προειδοποιητικά σήματα (συναγερμό) σε περίπτωση βλάβης ή δυσλειτουργίας μηχανημάτων καθώς μηνύματα συντήρησης μετά από τη συμπλήρωση ορισμένων ωρών λειτουργίας κάθε μηχανήματος. Τέλος υπάρχει η δυνατότητα αποθήκευσης των δεδομένων ή των μετρήσεων και η απεικόνισή τους σε μορφή διαγραμμάτων, που δίνει στο χρήστη τη δυνατότητα να παρακολουθεί τη λειτουργία των συστημάτων, να καταγράφει την κατανάλωση ενέργειας και να παίρνει αποφάσεις για την βελτιστοποίηση της λειτουργίας.
- Στο δεύτερο επίπεδο υπάρχουν οι ηλεκτρονικοί ελεγκτές, που είναι εγκατεστημένοι σε καίρια σημεία του κτιρίου και διαθέτουν αυτόνομη ευφυΐα (μικροεπεξεργαστές). Οι ελεγκτές αυτοί προγραμματίζονται εκ των προτέρων, σύμφωνα με τη φιλοσοφία των συστημάτων ελέγχου, εκτελούν τις προγραμματισμένες εντολές μέσω αποθηκευμένων στη μνήμη τους αλγορίθμων και μπορούν να λειτουργούν αυτόνομα. Η κεντρική μονάδα μπορεί να τους ελέγχει, να μεταβάλλει τους αλγόριθμους τους, να δίνει νέες εντολές για ρύθμιση των συστημάτων, χρονοπρογραμματισμό κλπ.
- Στο τρίτο επίπεδο βρίσκονται οι περιφερειακές μονάδες, δηλαδή τα αισθητήρια (θερμοκρασίας, υγρασίας, πίεσης, ποιότητας αέρα), οι βαλβίδες, οι κινητήρες (πχ διαφραγμάτων) και γενικά ό,τι ελέγχεται από το σύστημα. Οι περιφερειακές μονάδες συνδέονται με τους ελεγκτές και αυτοί με τη σειρά τους συνδέονται με την κεντρική μονάδα ελέγχου με ένα κοινό δίκτυο επικοινωνίας. Με τα συστήματα BMS επιτυγχάνεται η βέλτιστη ενεργειακή συμπεριφορά ενός κτιρίου.

17. Τακτική συντήρηση των εγκαταστάσεων από ειδικευμένους τεχνίτες. Τα μηχανήματα και συσκευές που πρέπει να συντηρούνται είναι οι ψυκτικές μονάδες, οι λέβητες, οι αντλίες θερμότητας, οι ανεμιστήρες, τα φίλτρα, τα ψυκτικά και θερμαντικά στοιχεία, οι υγραντήρες, οι πύργοι ψύξης, οι αεραγωγοί, οι κλιματιστικές συσκευές και τα όργανα

αυτοματισμού και ελέγχου. Η συντήρηση, με την προληπτική ή έστω κατασταλτική αντιμετώπιση φθορών και αστοχιών, εξασφαλίζει ορθή λειτουργία, υψηλό βαθμό απόδοσης και αύξηση στη διάρκεια ζωής των εγκαταστάσεων.

Κεφάλαιο 3. Ενεργειακή Επιθεώρηση Νοσοκομειακής Μονάδας

3.1 Περιγραφή του υπό μελέτη κτιρίου

Για την εκπόνηση της διπλωματικής εργασίας, επιλέχθηκε η ενεργειακή επιθεώρηση μιας νοσοκομειακής μονάδας που διαθέτει υπόγειο, ισόγειο, έξι ορόφους και δώμα. Το Νοσοκομείο που επιλέχθηκε είναι το Παράρτημα του Νοσοκομείου «Παιδών Αγλαΐας & Παναγιώτη Κυριακού» το οποίο βρίσκεται επί της οδού Μεσογείων 24 στην Αθήνα. Τα νοσοκομεία είναι από τα πιο ενεργοβόρα κτίρια του τριτογενή τομέα. Έτσι, η μελέτη της ενεργειακής τους απόδοσης καθίσταται επιβεβλημένη, καθώς τα αποτελέσματα οδηγούν σε σημαντική μείωση των λειτουργικών εξόδων αλλά και των εκπομπών βλαβερών αερίων για την υγεία όπως είναι το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂).

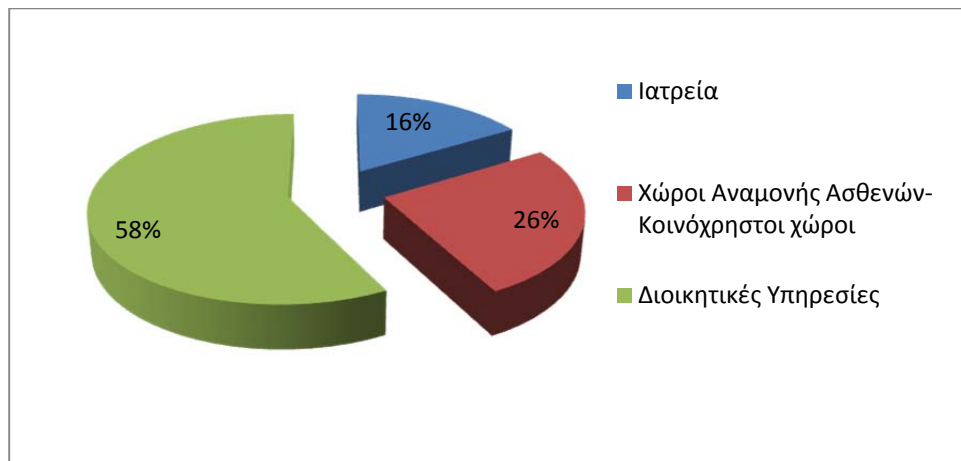
Το κτίριο κατασκευάστηκε το 1978 και λειτούργησε την ίδια χρονιά ως Ξενοδοχειακή Μονάδα Β' Κατηγορίας με την Ονομασία "City of Athens". Στις 24/11/1980 πέρασε στην Ιδιοκτησία του Νοσοκομείου «Παιδών Αγλαΐας & Παναγιώτη Κυριακού» οπότε και χρησιμοποιήθηκε αρχικά ως κατάλυμα για τις αδελφές νοσοκόμες και το προσωπικό του νοσοκομείου.

Σήμερα στεγάζει στο ισόγειο την υποδοχή και τις αίθουσες διδασκαλίας και κατάρτισης φοιτητών και ιατρών. Στον 1^ο όροφο βρίσκονται εξωτερικά ιατρεία, διαβητολογικά και αυτά της κοινωνικής ιατρικής. Στο 2^ο όροφο είναι τα εξωτερικά ιατρεία του τμήματος αύξησης και ανάπτυξης. Στον 3^ο και 4^ο όροφο στεγάζονται γραφεία διοικητικών/οικονομικών υπηρεσιών. Στον 5^ο όροφο υπάρχουν γραφεία διοικητικών υπηρεσιών και το σωματείο «Ανοιχτή Αγκαλιά» και, τέλος, στον 6^ο όροφο στεγάζονται γραφεία και εξωτερικά ιατρεία της μονάδας εφηβικής υγείας της Ιατρικής Σχολής Αθηνών. Στο υπόγειο βρίσκεται το λεβητοστάσιο, το ψυχροστάσιο, οι αποθήκες και οι τουαλέτες για το κοινό.



Εικόνα 3.1: Παράρτημα Νοσοκομείου Παιδών Αγλαΐας & Παναγιώτη Κυριακού

Το κτίριο βρίσκεται στην περιοχή των Αμπελόκηπων στην Αθήνα (Γεωγραφικό Πλάτος: 37°59'8.56"Β και Γεωγραφικό Μήκος: 23°45'46.29"Α). Ο συνολικός του όγκος είναι 7.780 m³ και η συνολική επιφάνεια 2.460 m². Πιο συγκεκριμένα, τα ιατρεία έχουν εμβαδόν 403 m², οι κοινόχρηστοι χώροι (χώροι αναμονής ασθενών και κλιμακοστάσιο) 637 m² και οι λοιποί χώροι (γραφεία) 1420 m² (Διάγραμμα 3.1)



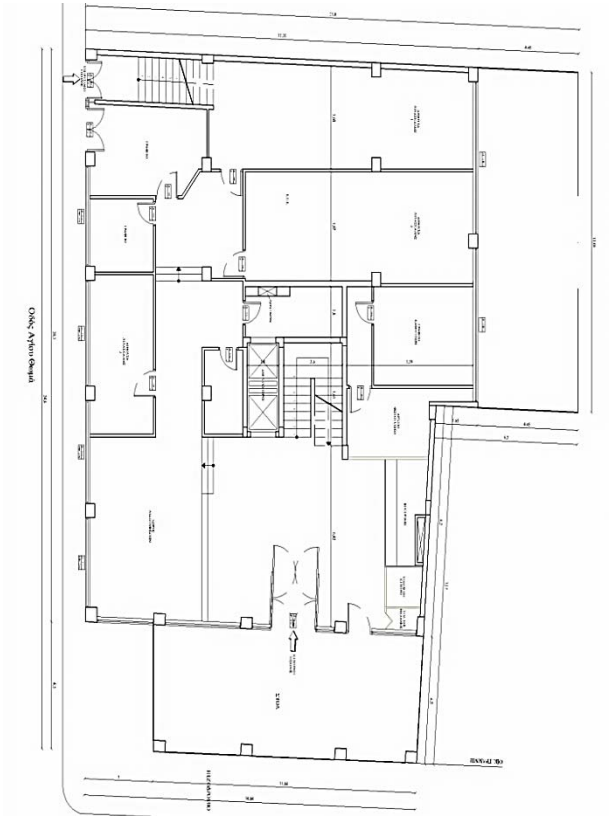
Διάγραμμα 3.1: Κατανομή Χρήσης Χώρων Νοσοκομείου Παίδων

Αναλυτικά, οι επιφάνειες και οι όγκοι των επιμέρους ορόφων του κτιρίου (εξαιρώντας τους εξωτερικούς χώρους και το κλιμακοστάσιο) δίδονται από τον παρακάτω Πίνακα 3.1:

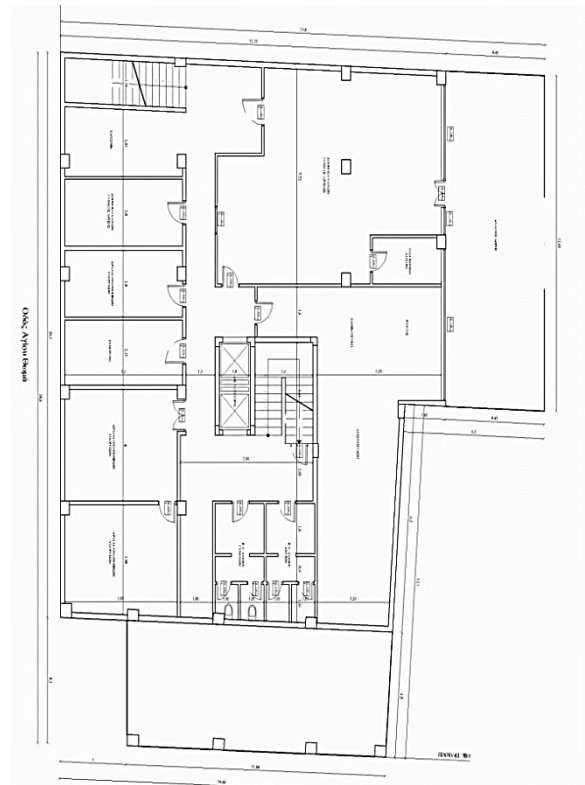
Πίνακας 3.1: Κατανομή Εμβαδού και Όγκου Νοσοκομείου ανά όροφο

Χώρος	Εμβαδόν (σε m ²)	Ύψος (σε m)	Όγκος (σε m ³)
Υπόγειο	323	3	969,0
Ισόγειο	323	3	969,0
1 ^{ος} Όροφος	249	2,90	722,1
2 ^{ος} Όροφος	323	2,90	936,7
3 ^{ος} Όροφος	323	2,90	936,7
4 ^{ος} Όροφος	323	2,90	936,7
5 ^{ος} Όροφος	323	2,90	936,7
6 ^{ος} Όροφος	232	2,90	672,8
Δώμα	41	2,70	110,7
Σύνολο	2.460		7.780,0

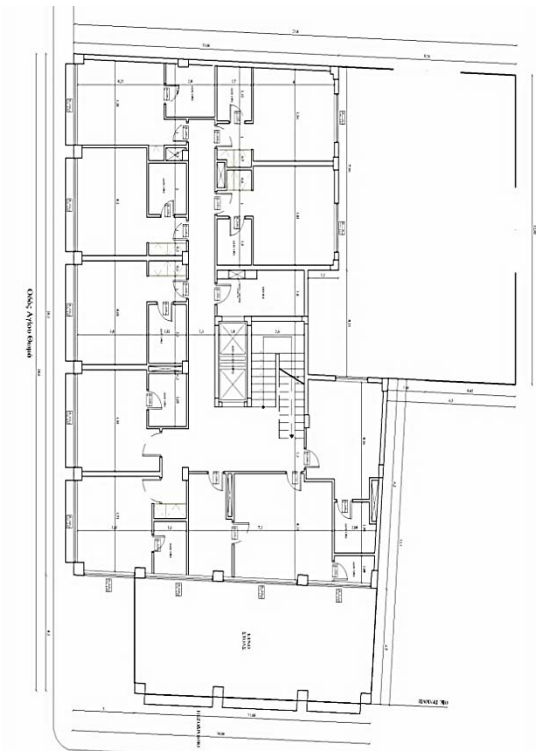
Στη συνέχεια, παρατίθενται οι κατόψεις των αντίστοιχων ορόφων:



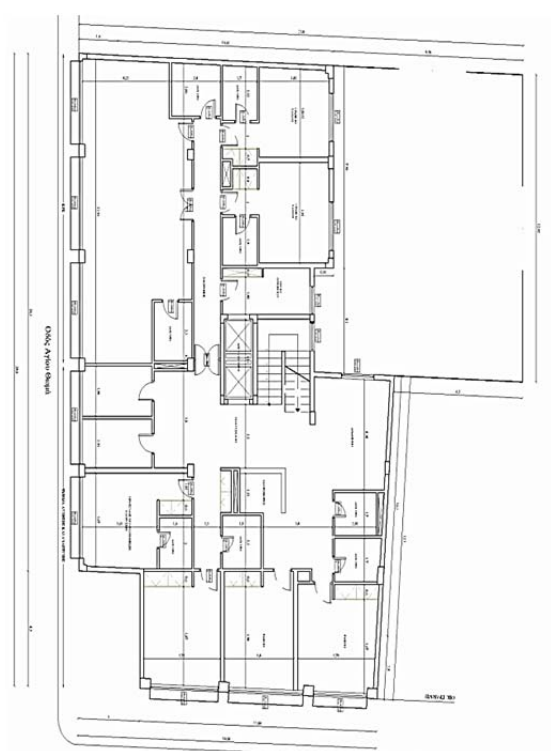
Σχήμα 3.1: Κάτοψη Υπογείου



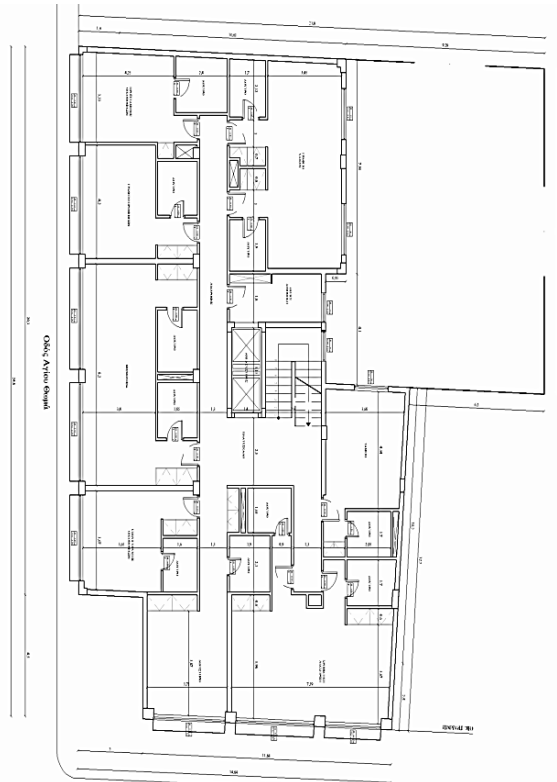
Σχήμα 3.2: Κάτοψη Ισογείου



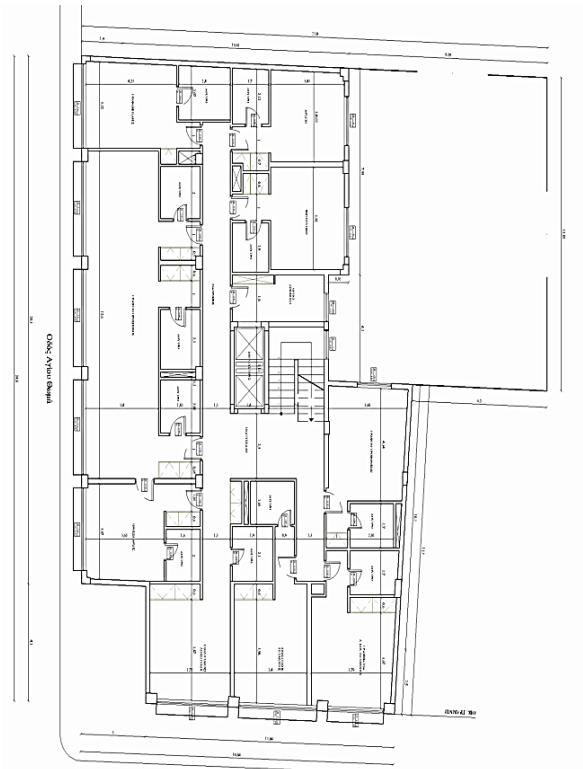
Σχήμα 3.3: Κάτοψη 1^{ου} Ορόφου



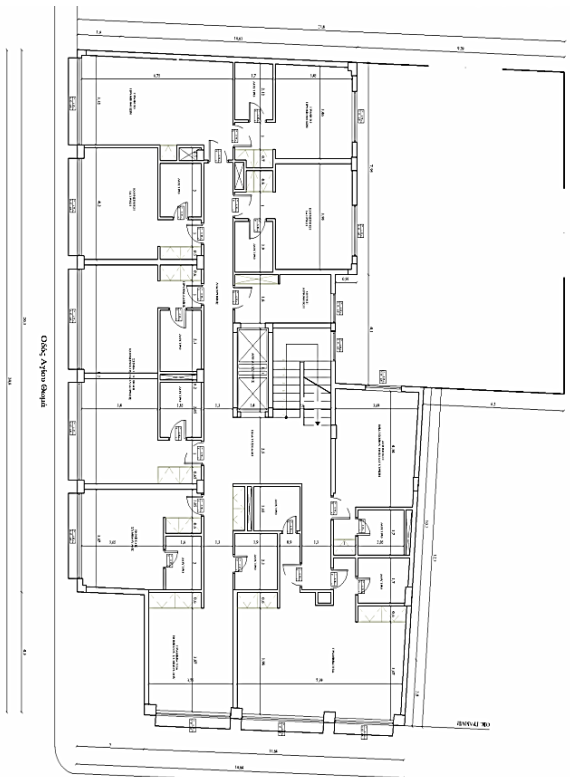
Σχήμα 3.4: Κάτοψη 2^{ου} Ορόφου



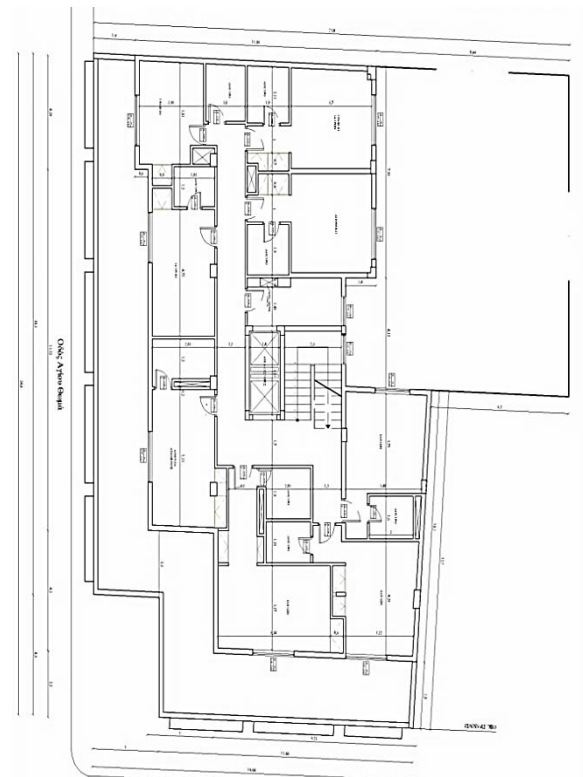
Σχήμα 3.5: Κάτοψη 3^{ου} Ορόφου



Σχήμα 3.6: Κάτοψη 4^{ου} Ορόφου



Σχήμα 3.7: Κάτοψη 5^{ου} Ορόφου



Σχήμα 3.8: Κάτοψη 6^{ου} Ορόφου

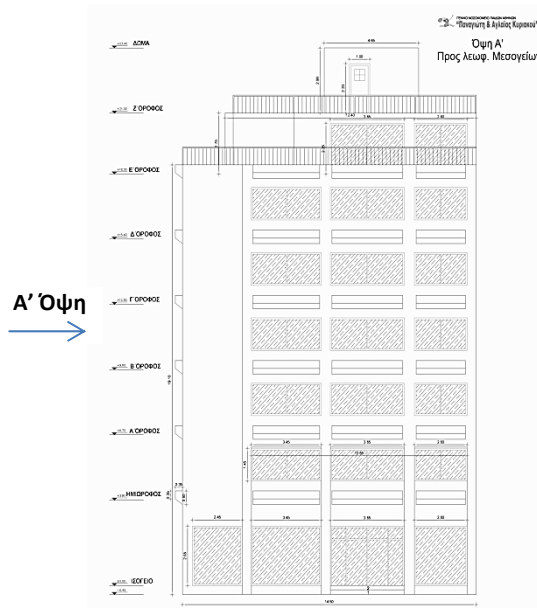
Το Νοσοκομείο έχει τρεις όψεις: Βόρεια προς την Λεωφόρο Μεσογείων (όψη Α'), Ανατολική προς την οδό Αγίου Θωμά (όψη Β') και Δυτική προς τον ακάλυπτο (όψη Γ'). Αναλυτικά οι επιφάνειες των επιμέρους όψεων:

Όψη Α' προς Μεσογείων (Βόρειος Προσανατολισμός) Σχήμα 3.9:

Συνολική Επιφάνεια Όψης = 372,5 m²

Επιφάνεια Υαλοπινάκων & Κουφωμάτων = 121,12 m²

Επιφάνεια τοιχίων Ε = 251,38 m²



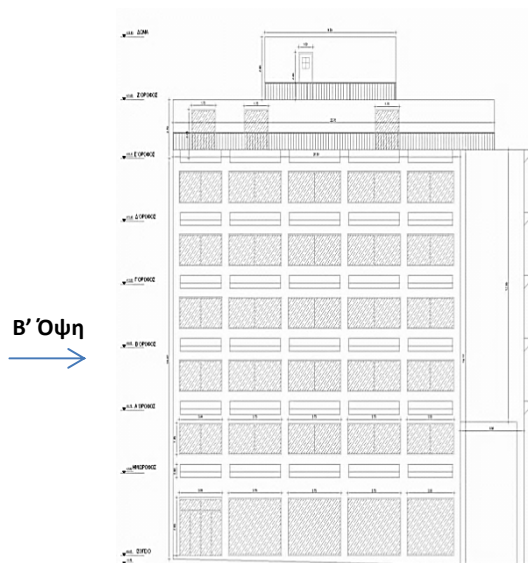
Σχήμα 3.9: Α' Όψη (Προς την λεωφ. Μεσογείων)

Όψη Β' προς Αγίου Θωμά (Ανατολικός Προσανατολισμός) Σχήμα 3.10:

Συνολική Επιφάνεια Όψης = 531,62 m²

Επιφάνεια Υαλοπινάκων & Κουφωμάτων = 187,91 m²

Επιφάνεια τοιχίων = 343,71 m²



Σχήμα 3.10: Β' Όψη (Προς οδό Αγ. Θωμά)

Όψη Γ' προς Ακάλυπτο (Δυτικός Προσανατολισμός) Σχήμα 3.11:

Συνολική Επιφάνεια Όψης = 359,50 m²

Επιφάνεια Υαλοπινάκων & Κουφωμάτων = 59,50 m²

Επιφάνεια τοιχίων = 300,00 m²



Γ' Όψη
→



Σχήμα 3.11: Γ' Όψη (Προς ακάλυπτο)

Όσον αφορά στα εξωτερικά ανοίγματα (παράθυρα), αυτά αποτελούν ένα σημαντικό ποσοστό της συνολικής επιφάνειας των τοίχων. Οι υαλοπίνακες της όψης Α' και της όψης Β' είναι διπλοί (από το 2009) και τα κουφώματα των υαλοστασίων είναι κατασκευασμένα από αλουμίνιο. Οι υαλοπίνακες της Γ' όψης είναι διπλοί παλαιού τύπου (από το 1978) και τα κουφώματα από αλουμίνιο. Στα βόρεια και στα ανατολικά παράθυρα της Β' και της Γ' όψης αντίστοιχα έχουν τοποθετηθεί κάθετες διατάξεις εξωτερικής σκίασης χειροκίνητα ρυθμιζόμενες, ενώ στα δυτικά παράθυρα του ακάλυπτου χώρου δεν υπάρχουν διατάξεις εξωτερικής σκίασης.

Από το 1978 οι αλλαγές που έχουν γίνει τόσο αρχιτεκτονικά όσο και ηλεκτρομηχανολογικά είναι ελάχιστες. Όσον αφορά στο αρχιτεκτονικό κομμάτι, έχουν ενοποιηθεί ορισμένοι χώροι (δωμάτια του παλαιού ξενοδοχείου) ώστε να δημιουργηθούν οι απαραίτητοι χώροι για τα ιατρεία και τα γραφεία. Στον ηλεκτρομηχανολογικό εξοπλισμό έχουν αλλάξει οι τέσσερις συμπιεστές της κεντρικής κλιματιστικής μονάδας το 2006, ο πύργος ψύξης το 2003 και οι δύο λέβητες και καυστήρες τον Νοέμβριο του 2009.

Οι μορφές ενέργειας που καταναλώνονται στο κτίριο είναι η ηλεκτρική ενέργεια και το πετρέλαιο κίνησης.

Το Νοσοκομείο διαθέτει κεντρικό σύστημα κλιματισμού με νερό. Για την θέρμανση του νερού χρησιμοποιούνται δύο λέβητες πετρελαίου Thermostaul ονομαστικής ισχύος 140.000 Kcal/h ο καθένας με καυστήρες Riello Guiliver RG45 ισχύος 390 W. Το σύστημα θέρμανσης λειτουργεί για δώδεκα μήνες σε εικοσιτετράωρη λειτουργία. Οι λέβητες και οι καυστήρες αντικαταστάθηκαν τον 11^ο του 2009. Για το ζεστό νερό χρήσης υπάρχουν δύο boiler των

1000 lit έκαστος θερμαινόμενοι με εναλλάκτες νερού από τους λέβητες (Εικόνα 3.2). Για την ψύξη του νερού χρησιμοποιείται ενιαίο συγκρότημα τεσσάρων συμπιεστών Bristol 3 Hp (2,3 kW) (Εικόνα 3.3) ο καθένας με ηλεκτρικό πίνακα οργάνων ασφαλούς και αυτομάτου λειτουργίας (Εικόνα 3.4) και πύργος ψύξεως βεβιασμένης κυκλοφορίας αέρος Fyrogenis τύπου ΠΦΒ 75 με παροχή 31500 M³/h και ηλεκτροκινητήρα 5,5 kW (Εικόνα 3.5). Το σύστημα ψύξης λειτουργεί από την τελευταία εβδομάδα του Μαΐου μέχρι τον Σεπτέμβρη σε εικοσιτετράωρη λειτουργία.

Ο κλιματισμός των χώρων του Νοσοκομείου επιτυγχάνεται τελικώς μέσω συσκευών «Fan-coil». Σε κάθε χώρο του Νοσοκομείου (Εικόνα 3.5) υπάρχουν μια ή περισσότερες κλιματιστικές συσκευές τύπου «Fan-coil». Κάθε μονάδα περιλαμβάνει ενιαίο συγκρότημα φυγόκεντρου ανεμιστήρα με μονοφασικό ηλεκτροκινητήρα, λεκάνη συλλογής συμπυκνωμάτων, φίλτρο αέρος μεταλλικό, διάφραγμα ρυθμίσεως νωπού και εξ ανακυκλοφορίας αέρος και όργανα χειρισμού και αυτοματισμού λειτουργίας (Εικόνα 3.6). Τα όργανα χειρισμού περιλαμβάνουν διακόπτη «χειμώνα-θέρους» και διακόπτη τριών ταχυτήτων του ηλεκτροκινητήρα, ενώ τα όργανα αυτοματισμού περιλαμβάνουν θερμοστάτη για την επιθυμητή ρύθμιση της θερμοκρασίας του χώρου.



Εικόνα 3.6: Χώρος Λεβητοστασίου

Συμπιεστές

Ηλεκτρικός Πίνακας



Εικόνα 3.3: Χώρος Συμπιεστών



Εικόνα 7.4: Ηλεκτρικός Πίνακας Ψυχοστασίου



Εικόνα 3.5: Πύργος Ψύξης

Fan-coil

Όργανα χειρισμού & αυτοματισμού λειτουργίας



Εικόνα 3.6: Τυπικός χώρος Νοσοκομείου



Εικόνα 3.6: Όργανα χειρισμού και αυτοματισμού λειτουργίας

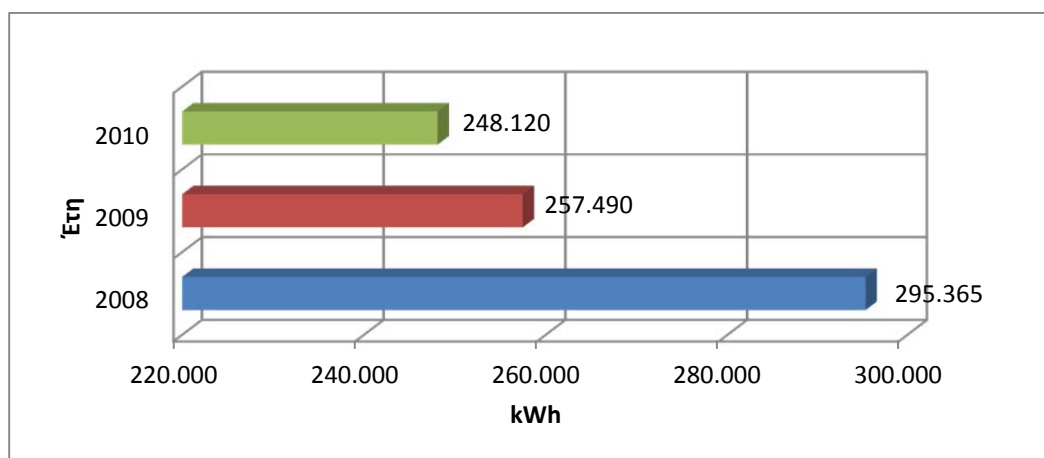
3.2 Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας

Η ηλεκτρική ενέργεια χρησιμοποιείται για το φωτισμό του κτιρίου, την ψύξη-θέρμανση και τις ηλεκτρικές συσκευές. Το Νοσοκομείο είναι καταναλωτής χαμηλής τάσης (ΧΤ) και το κόστος της ηλεκτρικής ενέργειας καθορίζεται με βάση το τιμολόγιο Γ22 της ΔΕΗ. Οι καταναλώσεις σε kWh από τα τιμολόγια της ΔΕΗ για τα έτη 2008, 2009, 2010 παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.2. Το σύνολο σε ευρώ (€) είναι άνευ φόρων. Η τιμή της kWh είναι διαφορετική το 2008 από το 2009 και 2010. Από 0,11200 €/kWh το 2008 σε 0,11529 €/kWh το 2009 και 2010.

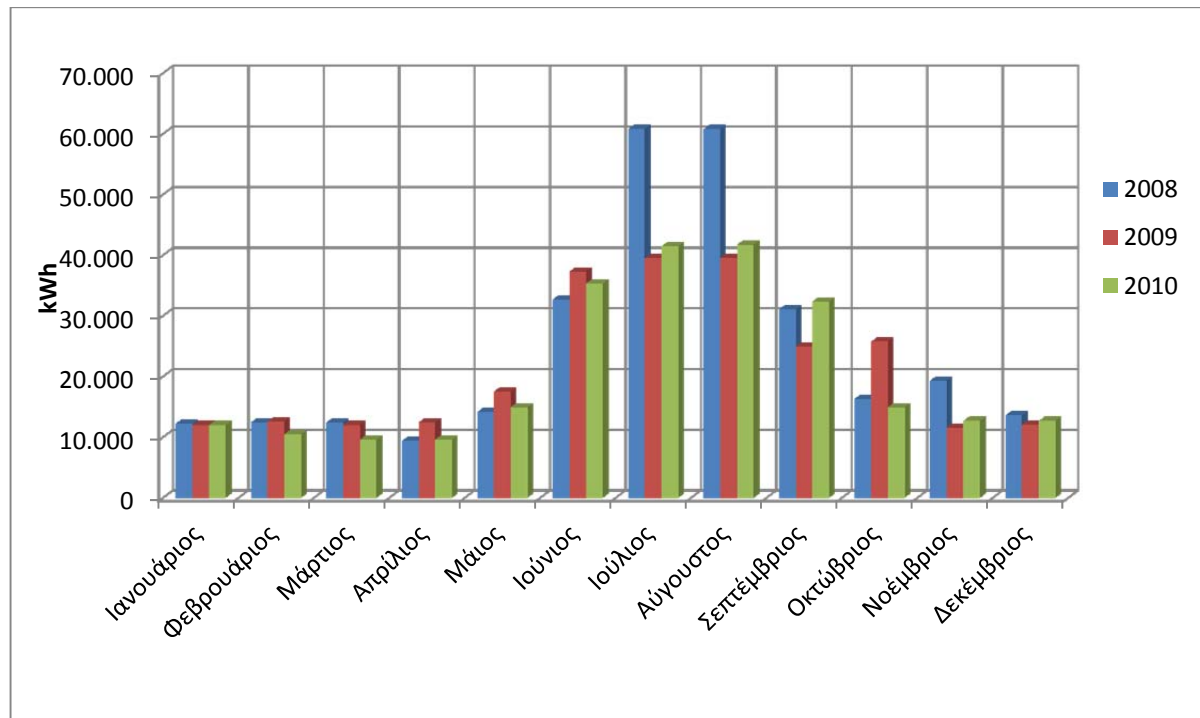
Πίνακας 3.8: Μηνιαία κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας (kWh) στο κτίριο

Μήνες	2008	2009	2010
Ιανουάριος	12.240	12.000	12.000
Φεβρουάριος	12.460	12.610	10.520
Μάρτιος	12.460	12.000	9.600
Απρίλιος	9.400	12.440	9.640
Μάιος	14.160	17.560	14.960
Ιούνιος	32.720	37.320	35.360
Ιούλιος	60.800	39.500	41.500
Αύγουστος	60.800	39.580	41.760
Σεπτέμβριος	31.080	25.000	32.400
Οκτώβριος	16.320	25.760	14.960
Νοέμβριος	19.320	11.600	12.710
Δεκέμβριος	13.605	12.120	12.710
Σύνολο	295.365	257.490	248.120

Ακολουθούν τα διαγράμματα της ετήσιας κατανάλωσης σε kWh (Διάγραμμα 3.2) και της μηνιαίας κατανάλωσης (Διάγραμμα 3.3) με βάση τα τιμολόγια της ΔΕΗ για την τελευταία τριετία.



Διάγραμμα 3.2: Ετήσια Κατανάλωση Ηλεκτρισμού βάση τιμολογίων ΔΕΗ τα έτη 2008,2009,2010



Διάγραμμα 3.3: Μηνιαία Κατανάλωση Ηλεκτρισμού βάση τιμολογίων ΔΕΗ τα έτη 2008,2009,2010

Από το Διάγραμμα 3.2 φαίνεται ότι ενώ για τα έτη 2009 και 2010 η διαφορά στις kWh είναι μικρή, η διαφορά του 2009 και 2010 από το έτος 2008 είναι σημαντική και γύρω στις 40.000 kWh. Από το επόμενο Διάγραμμα 3.3 παρατηρείται ότι ενώ η μηνιαία κατανάλωση του Νοσοκομείου είναι αρκετά σταθερή στην τριετία, τον Ιούνιο και τον Ιούλιο του 2008 έχουμε 20.000 kWh επιπλέον κατανάλωση από το 2009 και 2010. Από εκεί λοιπόν προκύπτει και η ετήσια διαφορά των 40.000 kWh που έχουν τα έτη 2009 και 2010 από το 2008. Η διαφορά αυτή οφείλεται στο γεγονός ότι το καλοκαίρι του 2008 σημειώθηκε πρόβλημα στο δίκτυο των συμπιεστών. Η κλιματιστική μονάδα του νοσοκομείου διαθέτει 4 συμπιεστές. Σε φυσιολογική λειτουργία επαρκούν μόνο οι 2 από τους 4 για όλο το καλοκαίρι. Οι άλλοι 2 λειτουργούν μόνο την ώρα της αιχμής το μεσημέρι ή όταν η θερμοκρασία περιβάλλοντος είναι αφύσικα υψηλή. Το καλοκαίρι του 2008 δούλευαν επί 24ώρου βάσεις και οι 4 συμπιεστές λόγω του προβλήματος. Η κατανάλωση επομένως ήταν η διπλάσια από την φυσιολογική. Το πρόβλημα διεγνώσθη έγκαιρα από την τεχνική υπηρεσία και με έναν χημικό καθαρισμό των συμπυκνωτών λύθηκε.

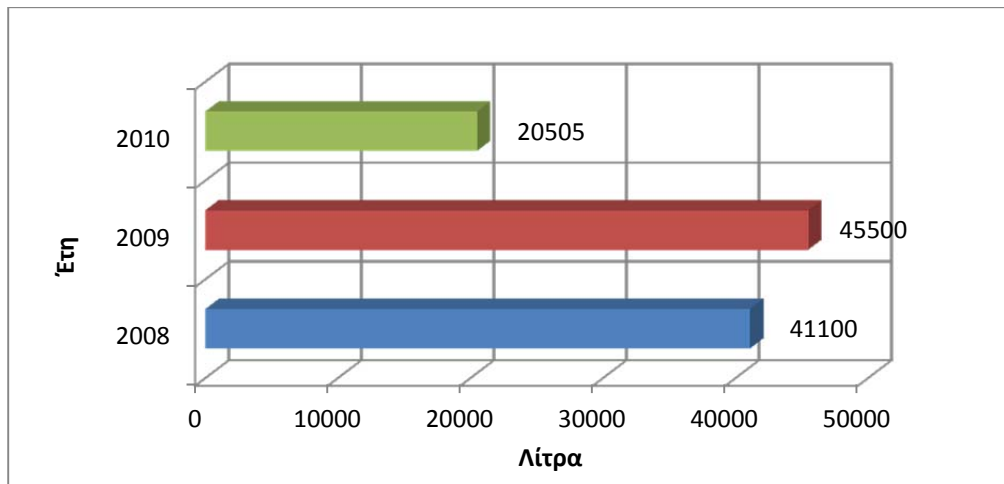
3.3 Κατανάλωση πετρελαίου

Για τους δύο λέβητες τα στοιχεία που προκύπτουν από τα τιμολόγια είναι τα εξής:

Πίνακας 3.3: Κατανάλωση πετρελαίου τελευταίας τριετίας

Πετρέλαιο	2008	2009	2010
Lit	34.430	45.500	20.505

Ακολουθούν τα διαγράμματα της ετήσιας κατανάλωσης πετρελαίου (Διάγραμμα 3.4)



Διάγραμμα 3.4: Ετήσια Κατανάλωση Πετρελαίου βάση τιμολογίων τα έτη 2008,2009,2010

Από το Διάγραμμα 3.4 παρατηρείται ότι ενώ το 2008 και το 2009 η κατανάλωση πετρελαίου κίνησης είναι περί των 40.000 λίτρων, το 2010 είναι μόλις στο μισό: 20.000 λίτρα. Αυτή η μεγάλη διαφορά οφείλεται πρωτίστως στην αλλαγή λεβήτων και καυστήρων πριν τον χειμώνα του 2010 με νέους πολύ πιο αποδοτικούς. Σύμφωνα με τις μετρήσεις από τον αναλυτή καυσαερίων η απόδοση των νέων λεβήτων αγγίζει το 93% ενώ στους παλιούς από το 1978 (30 ετών παλαιότητας) η απόδοση τους ήταν κάτω από 75% σύμφωνα με τα φύλλα συντήρησης του λεβητοστασίου το 2008 και 2009. Επιπροσθέτως, η υψηλή απόδοση των νέων καυστήρων οδηγεί σε πολύ μικρότερη κατανάλωση καυσίμου μιας και η ανάμιξη καυσίμου και αέρα είναι ιδανική. Σημαντικό ρόλο έπαιξαν βέβαια και οι ηπιότερες κλιματολογικές συνθήκες του 2010 σε σύγκριση με του 2009 και 2008.

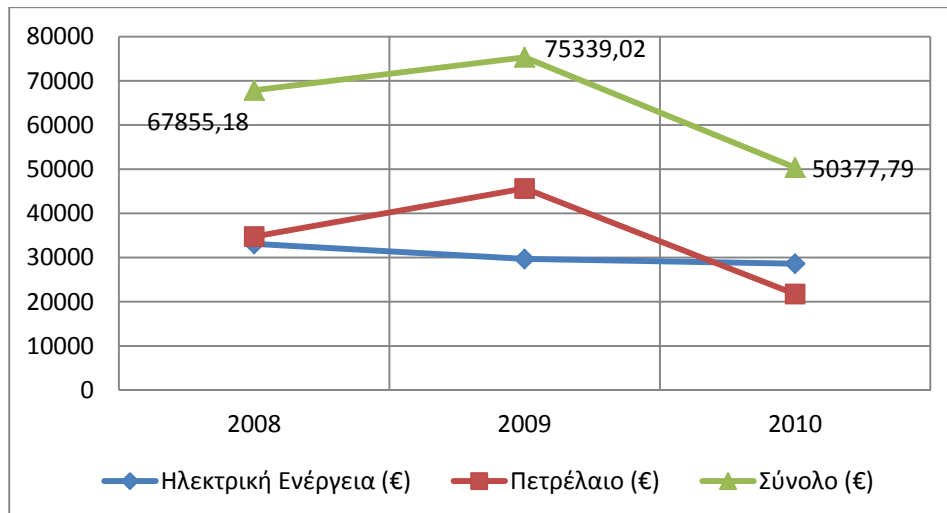
3.4 Κόστος ενεργειακής κατανάλωσης κτιρίου

Στον παρακάτω πίνακα 3.4 φαίνεται το κόστος των δύο μορφών ενέργειας του κτιρίου σε ευρώ/έτος για τα έτη 2008, 2009 και 2010.

Πίνακας 3.4: Κόστος ενέργειας € / έτος από τιμολόγια ΔΕΗ και Πετρελαίου τελευταίας τριετίας

	Ηλεκτρική Ενέργεια (€)	Πετρέλαιο (€)	Σύνολο (€)
2008	33.081	34.774	67.855
2009	29.686	45.653	75.339
2010	28.606	21.772	50.378

Το κόστος λοιπόν της ενεργειακής κατανάλωσης του κτιρίου για την περασμένη τριετία διαμορφώνεται ως ακολούθως (Διάγραμμα 3.5):



Διάγραμμα 3.5: Κόστος Ενεργειακής Κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας και πετρελαίου τελευταίας τριετίας

Από το Διάγραμμα 3.5 παρατηρείται αρχικά ότι το κόστος της ηλεκτρικής ενέργειας καθ' όλη την τριετία παραμένει σταθερό περί των 30.000€. Δεν συμβαίνει όμως το ίδιο και με το κόστος του πετρελαίου. Ενώ το 2008 είναι σχεδόν ίδιο με το κόστος της ηλεκτρικής ενέργειας, το 2009 αυξάνεται και αποκτά μια διαφορά της τάξεως των 15.000€. Η διαφορά αυτή οφείλεται αφενός στις δυσμενέστερες καιρικές συνθήκες τον χειμώνα του 2009 και αφετέρου στην πολύ κακή απόδοση των λεβήτων και των καυστήρων που έκλειναν πια τα 31 χρόνια λειτουργίας. Μετά την αντικατάστασή τους το 2010 με καινούργιους και λόγω των πιο ήπιων καιρικών συνθηκών το κόστος του πετρελαίου μειώθηκε στο μισό για πρώτη φορά μέσα στην τριετία και ήταν χαμηλότερο από το κόστος της ηλεκτρικής ενέργειας. Η μεγάλη αυτή μείωση του κόστους στο πετρέλαιο το 2010 εξηγεί και τη μεγάλη διαφορά του συνολικού κόστους ενέργειας του 2010 από τα έτη 2009 (-25.000€) και 2008 (-17.000€).

3.5 Κατανομή της κατανάλωσης ενέργειας ανά χρήση

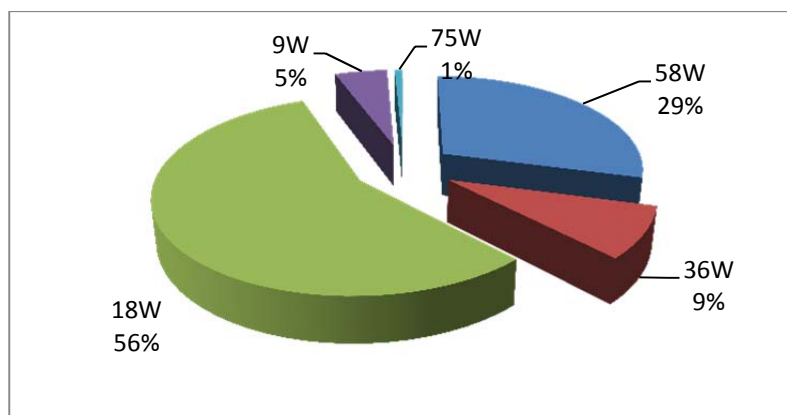
Για να είναι εφικτή μια εκτίμηση της ηλεκτρικής ενέργειας που καταναλώνεται στο κτίριο ανά όροφο, έγινε καταγραφή του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού του κτιρίου. Καταγράφηκε, λοιπόν, η εγκατεστημένη ισχύς, ενώ παράλληλα ζητήθηκαν πληροφορίες, από τους χρήστες του κτιρίου, σχετικά με το χρόνο λειτουργίας των συσκευών που καταναλώνουν ηλεκτρική ενέργεια. Έτσι, έγινε εκτίμηση της ηλεκτρικής ενέργειας που καταναλώνεται σε ένα χρόνο στο κτίριο (Kwh/έτος).

Παρακάτω παρουσιάζονται τα στοιχεία που προέκυψαν από τη καταγραφή. Η πρώτη ενότητα αφορά την ηλεκτρική ενέργεια για φωτισμό, η δεύτερη για θέρμανση και ψύξη και η τρίτη για τη λειτουργία ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών συσκευών.

3.5.1 Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για φωτισμό

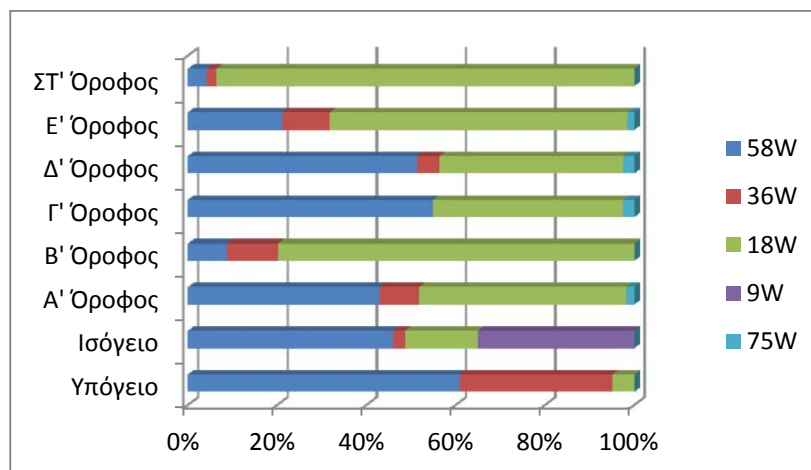
Η κατανάλωση ενέργειας για φωτισμό προκύπτει από την καταμέτρηση των φωτιστικών σωμάτων και της ισχύος τους σε κάθε χώρο του κτιρίου και από την εκτίμηση των ωρών λειτουργίας τους ετησίως ανάλογα με τη χρήση του χώρου.

Σύμφωνα με τα στοιχεία που συλλέχθηκαν κατά την ενεργειακή επιθεώρηση που διεξήχθη στο κτίριο, συνολικά μετρήθηκαν 525 λαμπτήρες: 153 λαμπτήρες φθορισμού T8 των 58W, 45 λαμπτήρες φθορισμού T8 των 36W και 297 λαμπτήρες φθορισμού T8 των 18W, 4 λαμπτήρες πυρακτώσεως των 75W, και 26 λαμπτήρες οικονομίας των 9W. Στο Διάγραμμα 3.7 που ακολουθεί παρουσιάζεται η ποσοστιαία κατανομή των λαμπτήρων ανά τύπο σε όλο το κτίριο.



Διάγραμμα 3.7: Κατανομή τύπου λαμπτήρων στο κτίριο

Στο Διάγραμμα 3.8 παρουσιάζεται η ποσοστιαία κατανομή του τύπου των λαμπτήρων ανά όροφο.



Διάγραμμα 3.8: Κατανομή τύπου λαμπτήρων στο κτίριο ανά όροφο

Από το Διάγραμμα 3.8 φαίνεται ότι ο Α', Β' και ΣΤ' όροφοι έχουν την πλειοψηφία σε λαμπτήρες των 18W ενώ οι υπόλοιποι σε λαμπτήρες των 58W. Αυτό συμβαίνει καθώς οι όροφοι αυτοί υπέστησαν και τις περισσότερες αλλαγές όταν πέρασε στην ιδιοκτησία του Νοσοκομείου το Ξενοδοχείο. Οι λαμπτήρες των 58W αντικαταστάθηκαν από λαμπτήρες των

18W. Η καταγραφή των λαμπτήρων για το Νοσοκομείο για τον κάθε όροφο παρουσιάζεται στους παρακάτω Πίνακες 3.5 έως 3.11.

Πίνακας 3.5: Καταγραφή φωτιστικών στο υπόγειο

Υπόγειο Φωτισμός					
Χώρος	Ώρες/ημέρα	Ημέρες/έτος	Αριθμός φωτιστικών σωματων	Ισχύς (W)/ φωτιστικό	Ηλεκτρική Ενέργεια (kWh/έτος)
WC κοινού	15	240	1	36	130
	15	240	2	18	130
Κοινόχρηστος χώρος	15	240	2	58	418
	15	240	1	36	130
Λεβητοστάσιο	10	240	9	58	1.253
Λοιποί χώροι	3	240	6	58	251
	3	240	12	36	311
Αποθήκες	3	240	8	58	334
ΣΥΝΟΛΟ					2.955
<i>Προσαύξηση +25% λόγω μαγνητικών Ballast</i>					3.694

Πίνακας 3.6: Καταγραφή φωτιστικών στο ισόγειο

Ισόγειο Φωτισμός					
Χώρος	Ώρες/ημέρα	Ημέρες/έτος	Αριθμός φωτιστικών σωματων	Ισχύς (W)/ φωτιστικό	Ηλεκτρική Ενέργεια (kWh/έτος)
Υποδοχή	15	240	26	9	842
	15	240	2	18	130
	15	240	2	36	259
	15	240	4	58	835
Αίθουσα Διδασκαλίας 1	3	240	6	58	251
Αίθουσα Διδασκαλίας 2	3	240	10	58	418
ΚΕΚ	3	240	6	58	251
Αποθήκες	3	240	4	58	167
Γραμματεία	3	240	4	58	167
ΣΥΝΟΛΟ					3.319
<i>Προσαύξηση +25% λόγω μαγνητικών Ballast</i>					4.149

Πίνακας 3.6: Καταγραφή φωτιστικών στον 1^ο Όροφο

1ος Όροφος Φωτισμός					
Χώρος	Ώρες/ημέρα	Ημέρες/έτος	Αριθμός φωτιστικών σωματων	Ισχύς (W)/ φωτιστικό	Ηλεκτρική Ενέργεια (kWh/έτος)
Διαβητολογικό εργαστήριο	10	240	4	58	557
Διαιτολόγος-Εκπαιδευτής	10	240	3	36	259
Πανελλήνια Ένωση Διαβήτη	10	240	12	18	518
Διαβητολογικό ιατρείο	10	240	4	58	557
Διαβητολογικό ιατρείο νοσ.	10	240	4	58	557
Διαβητολογικό ιατρείο βιβλιοθήκη	10	240	4	58	557
Κοινωνική παιδιατρική αναπτ. ιατρείο	8	240	2	58	223
Κοινωνική παιδιατρική επισκ. Υγείας	8	240	2	58	223
Κοινωνική παιδιατρική ιατρείο συνεντ.	8	240	2	58	223
Κοινωνική παιδιατρική μαθησιακές δυσκ.	8	240	2	58	223
Χωρός αναμόνης	10	240	2	36	173
	10	240	5	18	216
Κουζίνα	3	240	1	75	54
WC (=9)	3	240	9	18	117
ΣΥΝΟΛΟ					4.455
<i>Προσαύξηση +25% λόγω των μαγνητικών Ballast</i>					5.569

Πίνακας 3.7: Καταγραφή φωτιστικών στον 2^ο Όροφο

2ος Όροφος Φωτισμός					
Χώρος	Ώρες/ημέρα	Ημέρες/έτος	Αριθμός φωτιστικών σωματων	Ισχύς (W)/ φωτιστικό	Ηλεκτρική Ενέργεια (kWh/έτος)
Αναμονή	8	240	13	36	899
	8	240	4	18	138
Αίθουσα δισασκαλίας	8	240	8	58	891
Γραφείο 210	8	240	12	18	415
Γραφείο 211	8	240	12	18	415
Τμήμα Αύξησης & Ανάπτυξης ιατρείο 1	8	240	8	18	276
Τμήμα Αύξησης & Ανάπτυξης ιατρείο 2	8	240	8	18	276
Τμήμα Αύξησης & Ανάπτυξης ιατρείο 3	8	240	12	18	415
Τμήμα Αύξησης & Ανάπτυξης γρ. ιατρών	8	240	12	18	415
Ραφείο 1	8	240	2	58	223
Ραφείο 2	8	240	12	18	415
Κουζίνα	8	240	8	18	276
WC (=3)	2	240	3	18	26
ΣΥΝΟΛΟ					5.079
<i>Προσαύξηση +25% λόγω των μαγνητικών Ballast</i>					6.349

Πίνακας 3.8: Καταγραφή φωτιστικών στον 3^ο Όροφο

3ος Όροφος Φωτισμός					
Χώρος	Ώρες/ημέρα	Ημέρες/έτος	Αριθμός φωτιστικών σωματων	Ισχύς (W)/ φωτιστικό	Ηλεκτρική Ενέργεια (kWh/έτος)
Ταμείο	8	240	2	58	223
Χρηματική διαχείρισης	8	240	4	58	445
Λογιστήριο	8	240	2	58	223
Προισταμένη Οικ. Υπηρεσιών	8	240	2	58	223
Μισθοδοσία	11	240	4	58	612
Υποδιευθυντής Οικ.	8	240	2	58	223
Γραφείο υλικού	8	240	4	58	445
Κουζίνα	2	240	1	75	36
Αποθήκη	4	240	2	58	111
WC (=11)	2	240	11	18	95
Κοινόχρηστος χώρος	8	240	6	18	207
ΣΥΝΟΛΟ					2.844
<i>Προσαύξηση +25% λόγω των μαγνητικών Ballast</i>					3.555

Πίνακας 3.9: Καταγραφή φωτιστικών στον 4^ο Όροφο

4ος Όροφος Φωτισμός					
Χώρος	Ώρες/ημέρα	Ημέρες/έτος	Αριθμός φωτιστικών σωματων	Ισχύς (W)/ φωτιστικό	Ηλεκτρική Ενέργεια (kWh/έτος)
Γραμματέας Διευθ.	8	240	2	58	223
Διευθυντής	8	240	2	58	223
Υποδιευθυντής Οικ.	8	240	2	58	223
Γραφείο Προσωπικού	8	240	8	58	891
Αρχείο	8	240	2	58	223
Φωτοτυπικά μηχ.	8	240	2	58	223
Κουζίνα	2	240	1	75	36
Γραφείο	8	240	2	58	223
WC (=10)	2	240	10	18	86
Κοινόχρηστος χώρος	8	240	6	18	207
	8	240	2	36	138
ΣΥΝΟΛΟ					2.695
<i>Προσαύξηση +25% λόγω των μαγνητικών Ballast</i>					3.369

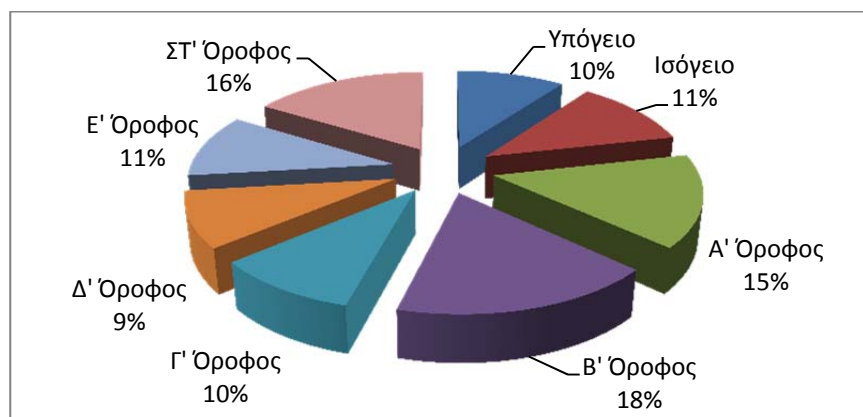
Πίνακας 3.10: Καταγραφή φωτιστικών στον 5^ο Όροφο

5ος Όροφος Φωτισμός					
Χώρος	Ώρες/ημέρα	Ημέρες/έτος	Αριθμός φωτιστικών σωματων	Ισχύς (W)/ φωτιστικό	Ηλεκτρική Ενέργεια (kWh/έτος)
Γραμματεία	8	240	4	58	445
Γραμματεία Νομικού Συμβούλου	8	240	2	58	223
Νομικός Σύμβουλος	8	240	2	58	223
Σωματείο Ανοιχτή Αγκαλιά 1	8	240	3	36	207
Σωματείο Ανοιχτή Αγκαλιά 2	8	240	2	58	223
Διευθ. Κοινωνικής Ιατρικής	6	240	2	58	167
Γραφείο Ψυχολόγων	6	240	2	58	167
Προσωπικό	9	240	2	36	156
	9	240	8	18	311
Κουζίνα	2	240	1	75	36
Αποθήκη Νοσηλευτριών	3	50	6	18	16
WC (=10)	2	240	10	18	86
Κοινόχρηστος χώρος	8	240	2	36	138
	8	240	20	18	691
ΣΥΝΟΛΟ					3.090
<i>Προσαύξηση +25% λόγω των μαγνητικών Ballast</i>					3.862

Πίνακας 3.11: Καταγραφή φωτιστικών στον 6^ο Όροφο

6ος Όροφος Φωτισμός					
Χώρος	Ώρες/ημέρα	Ημέρες/έτος	Αριθμός φωτιστικών σωματων	Ισχύς (W)/ φωτιστικό	Ηλεκτρική Ενέργεια (kWh/έτος)
Αίθουσα αναμονής	12	240	8	18	415
	12	240	2	36	207
Γραμματεία	12	240	8	18	415
Μονάδα εφηβικής υγείας	12	240	16	18	829
Γραφείο Ιατρών 1	12	240	12	18	622
Γραφείο Ιατρών 2	12	240	12	18	622
Δωμάτιο Καθαριστριας	8	240	2	58	223
Αποθήκη	2	240	2	58	56
Κουζίνα	2	240	4	18	35
WC	2	240	4	18	35
Κοινόχρηστος Χώρος	12	240	25	18	1.296
ΣΥΝΟΛΟ					4.754
<i>Προσαύξηση +25% λόγω των μαγνητικών Ballast</i>					5.942

Η κατανομή ενέργειας για φωτισμό ανά όροφο δίδεται από το παρακάτω διάγραμμα (Διάγραμμα 3.9):



Διάγραμμα 3.9: Κατανομή ενέργειας για φωτισμό ανά όροφο

Από το Διάγραμμα 3.9 παρατηρείται ότι την μεγαλύτερη κατανάλωση ενέργειας για φωτισμό έχει ο Α', Β' και ΣΤ' όροφος με ποσοστό 16% περίπου έκαστος, ενώ οι υπόλοιποι όροφοι Γ', Δ', Ε' έχουν κατανάλωση με ποσοστό 10% περίπου έκαστος. Αυτό συμβαίνει πρωτίστως, γιατί στους ορόφους Α', Β' και ΣΤ' στεγάζονται τα εξωτερικά ιατρεία, όπου το ωράριο είναι μέχρι τις 18:00, ενώ στους ορόφους Γ', Δ', Ε' γραφεία των διοικητικών υπηρεσιών όπου το ωράριο είναι μέχρι τις 14:00 και, δευτερευόντως, καθώς στα ιατρεία οι ανάγκες για φωτισμό είναι μεγαλύτερες απ' ότι στα γραφεία και η εγκατεστημένη ισχύς μεγαλύτερη. Στο ισόγειο, όπου στεγάζεται η υποδοχή, και στο υπόγειο, όπου στεγάζονται τουαλέτες για το κοινό, αποθήκες, το λεβητοστάσιο και το ψυχοστάσιο, η κατανάλωση είναι σε ποσοστό 10% περίπου έκαστος, ίδια δηλαδή με την κατανάλωση των γραφείων και μικρότερη από την κατανάλωση των εξωτερικών ιατρείων. Η κατανάλωση είναι μικρότερη από αυτή των ιατρείων παρ' όλο που λειτουργεί με το ίδιο ωράριο, καθώς οι απαιτήσεις για φωτισμό είναι πολύ μικρότερες και, κατά συνέπεια, και η εγκατεστημένη ισχύς είναι μικρότερη.

3.5.2 Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για θέρμανση/ψύξη

Η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για την θέρμανση/ψύξη προέκυψε από την καταμέτρηση των fan coil σε κάθε χώρο και όροφο του κτιρίου, σύμφωνα με τα στοιχεία που συλλέχθηκαν από το προσωπικό του Νοσοκομείου παρουσιάζονται στους Πίνακες (Πίνακες 3.12 έως 3.19). Επίσης, έχει συμπεριληφθεί και ο ηλεκτρομηχανολογικός εξοπλισμός του κεντρικού κλιματισμού (καυστήρες: 2 x Guiliver RG45, συμπιεστές: 4 x Συμπιεστές 3 HP BRISTOL, κυκλοφορητές για το ζεστό και κρύο νερό Wilo και BAUKNECHT)

Πίνακας 3.12: Εκτιμώμενη ενεργειακή κατανάλωση για τον κλιματισμό του Υπογείου

Υπόγειο Θέρμανση/Ψύξη					
Χώρος	Ώρες/ημέρα	Ημέρες/έτος	Αριθμος και είδος συσκευών	Ισχύς (W)/ είδος	Ηλεκτρική Ενέργεια (kWh/έτος)
Ζεστό Νερό Χρήσης	12	360	Κυκλοφορητής WILO TOP S 40/4	90	389
	12	360	Κυκλοφορητής WILO TOP S 30/7	90	389
Θέρμανση (λεβητοστάσιο)	12	210	Κυκλοφορητής WILO TOP S 50/7	350	882
	12	210	Κυκλοφορητής WILO TOP S 50/4	180	454
Καυστήρες για Θέρμανση και Ζεστό Νερό Χρήσης	10	360	2 x Guiliver RG45 καυστήρες πετρελαίου	390	2.808
Ψύξη (κλιματιστική)	12	150	Κυκλοφορητής WILO IL 50/130-3/2	2900	5.220
	12	150	Κυκλοφορητής BAUKNECHT RF	3000	5.400
	12	150	Κυκλοφορητής BAUKNECHT RF	4000	7.200
	12	150	Πύργος Ψύξης BAUKNECHT RF	5500	9.900
	12	150	4 x Συμπιεστές 3 HP BRISTOL	2250	16.200
ΣΥΝΟΛΟ					48.841

Πίνακας 3.13: Εκτιμώμενη ενεργειακή κατανάλωση για τον κλιματισμό του Ισογείου

Ισόγειο Θέρμανση/Ψυξη					
Χώρος	Ώρες/ημέρα	Ημέρες/έτος	Αριθμός κλιματιστικών μονάδων Fun Coils	Ισχύς (W)/ Fun Coil: από 55W->145W	Ηλεκτρική Ενέργεια (kWh/έτος)
Υποδοχή	12	240	1	120	346
Αίθουσα Διδασκαλίας 1	12	240	2	120	691
Αίθουσα Διδασκαλίας 2	12	240	1	120	346
Κεντρική Μονάδα Funcoil	12	240	1	4.000	11.520
ΣΥΝΟΛΟ					12.902

Πίνακας 3.14: Εκτιμώμενη ενεργειακή κατανάλωση για τον κλιματισμό του 1^{ου} Ορόφου

1ος Όροφος Θέρμανση/Ψυξη					
Χώρος	Ώρες/ημέρα	Ημέρες/έτος	Αριθμός κλιματιστικών μονάδων Fun Coils	Ισχύς (W)/ Fun Coil: από 55W->145W	Ηλεκτρική Ενέργεια (kWh/έτος)
Διαβητολογικό εργαστήριο	6	240	1	120	173
Διαβητολόγος-Εκπαιδευτής	6	240	1	120	173
Πανελλήνια Ένωση Διαβήτη	6	240	1	120	173
Διαβητολογικό ιατρείο	6	240	1	120	173
Διαβητολογικό ιατρείο νοσ.	6	240	1	120	173
Διαβητολογικό ιατρείο βιβλιοθήκη	6	240	1	120	173
Κοινωνική παιδιατρική αναπτ. ιατρείο	6	240	1	120	173
Κοινωνική παιδιατρική επισκ. Υγείας	6	240	1	120	173
Κοινωνική παιδιατρική ιατρείο συνεντ.	6	240	1	120	173
Κοινωνική παιδιατρική μαθ. δυσκολίες	6	240	1	120	173
Χώρος αναμονής	6	240	1	120	173
ΣΥΝΟΛΟ					1.901

Πίνακας 3.15: Εκτιμώμενη ενεργειακή κατανάλωση για τον κλιματισμό του 2^{ου} Ορόφου

2ος Όροφος Θέρμανση/Ψυξη					
Χώρος	Ώρες/ημέρα	Ημέρες/έτος	Αριθμός κλιματιστικών μονάδων Fun Coils	Ισχύς (W)/ Fun Coil: από 55W->145W	Ηλεκτρική Ενέργεια (kWh/έτος)
Αναμονή	6	240	1	120	173
Αίθουσα διδασκαλίας	6	240	3	120	518
Γραφείο 210	6	240	1	120	173
Γραφείο 211	6	240	1	120	173
Τμήμα Αύξησης & Ανάπτυξης ιατρείο 1	6	240	1	120	173
Τμήμα Αύξησης & Ανάπτυξης ιατρείο 2	6	240	1	120	173
Τμήμα Αύξησης & Ανάπτυξης ιατρείο 3	6	240	1	120	173
Τμήμα Αύξησης & Ανάπτυξης γρ. ιατρών	6	240	1	120	173
Ραφείο 1	6	240	1	120	173
Ραφείο 2	6	240	1	120	173
ΣΥΝΟΛΟ					2.074

Πίνακας 3.16: Εκτιμώμενη ενεργειακή κατανάλωση για τον κλιματισμό του 3^{ου} Ορόφου

3ος Όροφος Θέρμανση/Ψυξη					
Χώρος	Ώρες/ημέρα	Ημέρες/έτος	Αριθμός κλιματιστικών μονάδων Fun Coils	Ισχύς (W)/ Fun Coil: από 55W->145W	Ηλεκτρική Ενέργεια (kWh/έτος)
Ταμείο	6	240	1	120	173
Χρηματική διαχείριση	6	240	2	120	346
Λογιστήριο	6	240	1	120	173
Προισταμένη Οικ. Υπηρεσιών	6	240	1	120	173
Μισθοδοσία	6	240	2	120	346
Υποδιευθυντής Οικ.	6	240	1	120	173
Γραφείο υλικού	6	240	2	120	346
Αποθήκη	2	240	1	120	58
ΣΥΝΟΛΟ					1.786

Πίνακας 3.17: Εκτιμώμενη ενεργειακή κατανάλωση για τον κλιματισμό του 4^{ου} Ορόφου

4ος Όροφος Θέρμανση/Ψυξη					
Χώρος	Ώρες/ημέρα	Ημέρες/έτος	Αριθμός κλιματιστικών μονάδων Fun Coils	Ισχύς (W)/ Fun Coil: από 55W->145W	Ηλεκτρική Ενέργεια (kWh/έτος)
Γραμματέας Διευθ.	6	240	1	120	173
Διευθυντής	6	240	1	120	173
Υποδιευθυντής Οικ.	6	240	1	120	173
Γραφείο Προσωπικού	6	240	4	120	691
Αρχείο	6	240	1	120	173
Φωτοτυπικά μηχ.	6	240	1	120	173
Γραφείο	6	240	1	120	173
ΣΥΝΟΛΟ					1.728

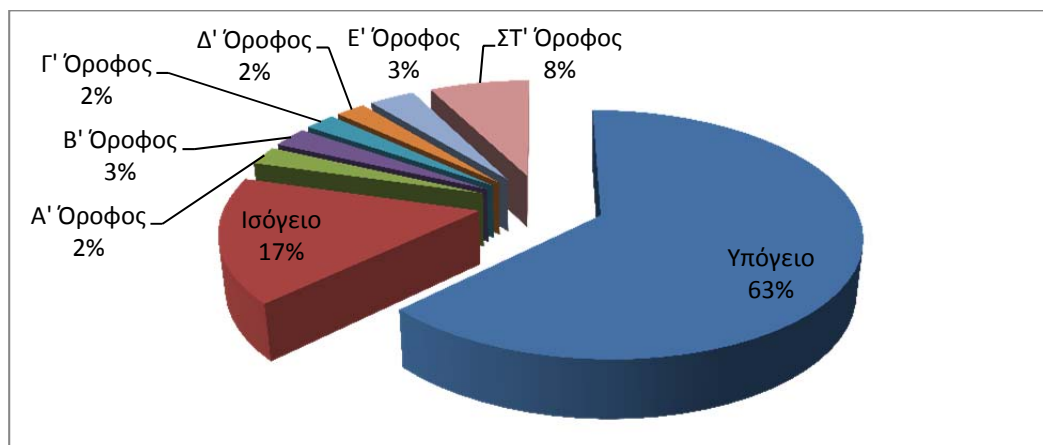
Πίνακας 3.18: Εκτιμώμενη ενεργειακή κατανάλωση για τον κλιματισμό του 5^{ου} Ορόφου

5ος Όροφος Θέρμανση/Ψυξη					
Χώρος	Ώρες/ημέρα	Ημέρες/έτος	Αριθμός κλιματιστικών μονάδων Fun Coils & Air Conditions	Ισχύς (W)/ Fun Coil: από 55W->145W	Ηλεκτρική Ενέργεια (kWh/έτος)
Γραμματεία	6	240	2	120	346
Γραμματεία Νομ. Συμβούλου	6	240	1	120	173
Νομικός Σύμβουλος	6	240	1	120	173
Σωματείο Ανοιχτή Αγκαλιά 1	6	240	1	120	173
Σωματείο Ανοιχτή Αγκαλιά 2	6	240	1	120	173
Διευθ. Κοινωνικής Ιατρικής	6	240	1	120	173
Γραφείο Ψυχολόγων	6	240	1	120	173
Προσωπικό	6	240	1	120	173
	5	240	1 AC 9000 btu	775	930
Αποθήκη Νοσηλευτριών	6	240	1	120	173
ΣΥΝΟΛΟ					2.658

Πίνακας 3.19: Εκτιμώμενη ενεργειακή κατανάλωση για τον κλιματισμό του 6^{ου} Όροφου

6ος Όροφος Θέρμανση/Ψυξη					
Χώρος	Ώρες/ημέρα	Ημέρες/έτος	Αριθμός κλιματιστικών μονάδων Fun Coils & Air Conditions	Ισχύς (W)/ Fun Coil: από 55W->145W	Ηλεκτρική Ενέργεια (kWh/έτος)
Αίθουσα αναμονής	1	240	2	120	58
	6	240	1	775	1116
Γραμματεία	1	240	1	120	29
	6	240	1	775	1116
Μονάδα εφηβικής υγείας	1	240	1	120	29
	6	240	1	775	1116
Γραφείο Ιατρών 1	1	240	1	120	29
	6	240	1	775	1116
Γραφείο Ιατρών 2	1	240	1	120	29
	6	240	1	775	1116
Δωμάτιο Καθαρίστριας	1	240	1	120	29
Αποθήκη	1	240	1	120	29
Κουζίνα	1	240	1	120	29
ΣΥΝΟΛΟ					5.839

Η κατανομή ενέργειας για κλιματισμό ανά όροφο δίδεται από το παρακάτω διάγραμμα (Διάγραμμα 3.10) :

**Διάγραμμα 3.10: Κατανομή ενέργειας για κλιματισμό ανά όροφο**

Από το Διάγραμμα 3.10 παρατηρείται αρχικά ότι το υπόγειο του Νοσοκομείου καταναλώνει την περισσότερη ενέργεια για κλιματισμό (63%) παρόλο που δεν υπάρχουν κλιματιστικές συσκευές «Fan-coil». Η κατανάλωση αυτή οφείλεται στον ηλεκτρομηχανολογικό εξοπλισμό που χρειάζεται για να πραγματοποιηθεί ο κλιματισμός. Στους καυστήρες, τους συμπιεστές, τον πύργο ψύξης και τους κυκλοφορητές για το θερμό και ψυχρό νερό στο δίκτυο των σωληνώσεων. Ο κλιματισμός στο υπόγειο, στις τουαλέτες του κοινού, παρόλο που δεν υπάρχουν συσκευές κλιματισμού, επιτυγχάνεται τελικώς το χειμώνα από την διαφεύγουσα θερμότητα από τις σωληνώσεις του θερμού νερού, το καλοκαίρι ο χώρος δροσίζεται με φυσικό τρόπο καθώς το υπέδαφος είναι αρκετά ψυχρότερο. Ακολούθως, μεγάλη κατανάλωση έχει και το ισόγειο (17%). Αυτό συμβαίνει καθώς στο ισόγειο, που στεγάζεται η υποδοχή και οι αίθουσες διδασκαλίας, βρίσκεται κεντρική μονάδα Fan-coil ισχύος 4 kW. Η μονάδα αυτή λειτουργεί ημερησίως 12 ώρες περίπου. Από τον 1^ο μέχρι και τον 5^ο όροφο η κατανάλωση της ηλεκτρικής ενέργειας είναι ίδια και σε ποσοστό περίπου 2% της συνολικής για κάθε όροφο (1,8 kWh). Αυτό είναι λογικό, καθώς οι κλιματιζόμενοι χώροι έχουν ίσο

εμβαδόν με ίδιες απαιτήσεις για κλιματισμό και τα ωράρια εργασίας των υπαλλήλων είναι περίπου ίδια. Ο 6^{ος} όροφος, όμως, διαφοροποιείται σημαντικά από τους υπόλοιπους έχοντας περίπου τέσσερις φορές μεγαλύτερη κατανάλωση ενέργειας παρόλο που είναι μικρότερος κατά 100 τ.μ. (9%). Αυτό συμβαίνει καθώς στον όροφο αυτό έχουν εγκατασταθεί κλιματιστικά τύπου «split» και δεν χρησιμοποιείται ο κεντρικός κλιματισμός. Η καταναλισκόμενη ισχύς υπολογίστηκε με τον εξής τρόπο: ισχύει $1 \text{ Btu/h} = 2,931 \times 10^{-4} \text{ kW}$. Άρα, για κλιματιστικό $9.000 \text{ Btu/h} = 2,6379 \text{ kW}$ (η ισχύς του κλιματιστικού).

Η κατανάλωση προκύπτει από το βαθμό απόδοσης της συσκευής. Έστω, ότι για ένα κλιματιστικό ισχύει:

- Συντελεστής ισχύος ψύξης (EER) : 3,23
- Συντελεστής ισχύος θέρμανσης (COP) : 3,61

Άρα, η κατανάλωση για ψύξη είναι: $2,6379 / 3,23 = 0,816687 \text{ kW} = 820 \text{ W}$ περίπου και για θέρμανση: $2,6379 / 3,61 = 0,73072 \text{ kW} = 730 \text{ W}$ περίπου. Επειδή χρησιμοποιήθηκε κοινός πίνακας για την θέρμανση/ψύξη, η ισχύς που θεωρήθηκε για τα κλιματιστικά των 9.000 Btu είναι ο μέσος όρος της κατανάλωσης για ψύξη και για θέρμανση (775 W). Τέλος, ο 6^{ος} όροφος είναι ο τελευταίος με αποτέλεσμα το καλοκαίρι και το χειμώνα να υπάρχει απώλεια θερμότητας από το δώμα.

3.5.3 Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για ηλεκτρικές συσκευές

Ο εξοπλισμός του Νοσοκομείου αποτελείται κυρίως από φυγόκεντρους αναλυτές αίματος, ηλεκτρονικές ζυγαριές, ηλεκτρονικούς υπολογιστές, δικτυακούς κόμβους (servers), εκτυπωτές και λοιπές περιφερειακές συσκευές (fax, scanner, φωτοτυπικά) και, τέλος, ραπτομηχανές. Αναλυτικά, τα στοιχεία των καταναλώσεων παρουσιάζονται στους Πίνακες 3.19 έως 3.21. Στην κατηγορία αυτή, στη στήλη ισχύος και στις στήλες ωρών και μερών λειτουργίας γίνεται διαχωρισμός για τις δυο καταστάσεις λειτουργίας των συσκευών, κανονικής λειτουργίας και αναμονής (Standby). Στον ηλεκτρονικό εξοπλισμό έχουν συμπεριληφθεί οι ηλεκτροκινητήρες των ανελκυστήρων (Εικόνα 3.7). Ο ηλεκτροκινητήρας για τον ανελκυστήρα κοινού είναι μάρκας Sabiem 72040168 ABEGG 10 ίππων (HP) και για το Προσωπικό ίδιας μάρκας Sabiem 73260450 ABEGG 7,6 ίππων (HP).



Εικόνα 3.7: Ηλεκτροκινητήρες για τους ανελκυστήρες

Πίνακας 3.19: Εκτιμώμενη ενεργειακή κατανάλωση ηλεκτρικών συσκευών Υπογείου

Υπόγειο Ηλεκτρικές Συσκευές					
Χώρος	Ώρες/ημέρα	Ημέρες/έτος	Αριθμος και είδος συσκευών	Ισχύς (W)/ είδος	Ηλεκτρική Ενέργεια (kWh/έτος)
Ανελκυστήρας Κοινού	7	240	Sabiem 72040168 ABEGG 10 HP	7460	12.533
Ανελκυστήρας Προσωπικού	7	240	Sabiem 73260450 ABEGG 7,6 HP	5670	9.526
ΣΥΝΟΛΟ					22.058

Πίνακας 3.20: Εκτιμώμενη ενεργειακή κατανάλωση ηλεκτρικών συσκευών Ισογείου

Ισόγειο Ηλεκτρικές Συσκευές					
Χώρος	Ώρες/ημέρα	Ημέρες/έτος	Αριθμος και είδος συσκευών	Ισχύς (W)/ είδος	Ηλεκτρική Ενέργεια (kWh/έτος)
Αίθουσα Διδασκαλίας 1	2	240	1 TV	100	48
	2	240	1 Video	40	19
Αίθουσα Διδασκαλίας 2	2	240	4 Projectors	300	576
Γραμματεία	2	240	2 Η/Υ	300	288
ΣΥΝΟΛΟ					931

Πίνακας 3.21: Εκτιμώμενη ενεργειακή κατανάλωση ηλεκτρικών συσκευών 1^{ου} Ορόφου

1ος Όροφος Ηλεκτρικές Συσκευές					
Χώρος	Ώρες/ημέρα	Ημέρες/έτος	Αριθμος και είδος συσκευών	Ισχύς (W)/ είδος	Ηλεκτρική Ενέργεια (kWh/έτος)
Διαβητολόγος-Εκπαιδευτής	10	240	1 Η/Υ (laptop)	90	216
	24	360	1 Ψυγείο		350
Πανελλήνια Ένωση Διαβήτη	10	240	1 Η/Υ	300	720
	2	240	1 Εκτυπωτές	350	168
	22	240	standby	8	42
	6	240	Φυγόκεντρος αναλυτής αίματος TDL-50B	50	72
	3	240	1 TV	40	29
Διαβητολογικό ιατρείο	10	240	1 Η/Υ	300	2.160
	2	240	1 Φαξ	350	168
	22	240	standby	8	42
	24	360	1 Ψυγείο		350
Διαβητολογικό ιατρείο νοσ.	10	240	1 Η/Υ	300	720
	2	240	1 Εκτυπωτές	350	168
	22	240	standby	8	127
	2	240	1 Φαξ	350	168
	22	240	standby	8	42
6	240	2 Αναλυτές Αίματος	50	72	
Διαβητολογικό ιατρείο βιβλιοθήκη	10	240	1 Η/Υ	300	720
Κοινωνική παιδιατρική αναπτ. Ιατρείο	3	90	1 καλοριφέρ ηλεκτρικό	350	95
Κοινωνική παιδιατρική επισκ. υγείας	8	240	1 Η/Υ	300	576
	2	240	1 Εκτυπωτές	350	168
	22	240	standby	8	42
Κοινωνική παιδιατρική μαθ. Δυσκολίες	3	90	1 καλοριφέρ ηλεκτρικό	350	95
	8	240	1 Η/Υ	300	576
	2	240	2 Εκτυπωτές	350	336
	22	240	standby	8	84
Κουζίνα	24	360	2 Ψυγεία		1.000
	3	240	1 βραστήρας	1000	720
	3	240	1 καφετιέρα	1000	720
	3	240	1 κουζίνακι	1000	720
	24	240	1 Δικτυακός Κόμβος	3000	17.280
	ΣΥΝΟΛΟ				

Πίνακας 3.21: Εκτιμώμενη ενεργειακή κατανάλωση ηλεκτρικών συσκευών 2^{ου} Ορόφου

2ος Όροφος Ηλεκτρικές Συσκευές					
Χώρος	Ώρες/ημέρα	Ημέρες/έτος	Αριθμος και είδος συσκευών	Ισχύς (W)/ είδος	Ηλεκτρική Ενέργεια (kWh/έτος)
Αίθουσα διδασκαλίας	8	240	2 Η/Υ	300	1.152
Γραφείο 210	8	240	1 Η/Υ	300	576
	2	240	1 Εκτυπωτής standby	350	168
	22	240		8	42
	2	240	1 Φαξ standby	350	168
	6	240		8	12
	2	240	1 Scanner standby	100	48
	22	240		8	42
Γραφείο 211	8	240	1 Η/Υ	300	576
	2	240	1 Εκτυπωτής standby	350	168
	22	240		8	42
	2	240	1 Φαξ standby	350	168
	22	240		8	42
	2	240	1 Scanner standby	100	48
	22	240		8	42
Τμήμα Αύξησης & Ανάπτυξης ιατρείο 1	3	240	1 Ηλ. Ζυγαριά	30	22
	8	240	1 Ραδιόφωνο	5	10
Τμήμα Αύξησης & Ανάπτυξης ιατρείο 2	8	240	1 Ηλ. Ζυγαριά	30	58
Τμήμα Αύξησης & Ανάπτυξης γρ. ιατρών	24	360	2 Ψυγεία		1.000
	8	240	1 Η/Υ	300	576
	2	240	1 Εκτυπωτής standby	350	168
	22	240		8	42
Ραφείο 1	8	240	2xSinger ραπτομηχανές	30	115
	8	240	1 ψυγείο		350
Ραφείο 2	8	240	2xSinger ραπτομηχανές	31	119
ΣΥΝΟΛΟ					5.754

Πίνακας 3.21: Εκτιμώμενη ενεργειακή κατανάλωση ηλεκτρικών συσκευών 3^{ου} Ορόφου

3ος Όροφος Ηλεκτρικές Συσκευές					
Χώρος	Ώρες/ημέρα	Ημέρες/έτος	Αριθμος και είδος συσκευών	Ισχύς (W)/ είδος	Ηλεκτρική Ενέργεια (kWh/έτος)
Ταμείο	8	240	1 Η/Υ	300	576
	2	240	1 Εκτυπωτής standby	350	168
	22	240		8	42
	2	240	1 Φαξ standby	350	168
	22	240		8	42
Χρηματική διαχείριση	8	240	4 Η/Υ	300	2.304
	2	240	4 Εκτυπωτές standby	350	672
	22	240		8	169
	2	240	1 Φαξ standby	350	168
	22	240		8	42
Λογιστήριο	8	240	3 Η/Υ	300	1.728
	2	240	1 Εκτυπωτής standby	350	168
	6	240		8	12
Μισθοδοσία	8	240	4 Η/Υ	300	2.304
	2	240	3 Εκτυπωτές standby	350	504
	22	240		8	127
	2	240	1 Φαξ standby	350	168
	22	240		8	42
	24	240	server αρχείων	250	1.440
	24	240	1 Ψυγείο		350
Υποδιευθυντής Οικ.	8	240	1 Η/Υ	300	576
	2	240	1 Εκτυπωτής standby	350	168
	22	240		8	42
Γραφείο υλικού	8	240	4 Η/Υ	300	2.304
	2	240	3 Εκτυπωτές standby	350	504
	22	240		8	127
Κουζίνα	24	240	1 Δικτυακός Κόμβος	3000	17.280
Αποθήκη	24	240	server αρχείων	250	1.440
ΣΥΝΟΛΟ					33.635

Πίνακας 3.21: Εκτιμώμενη ενεργειακή κατανάλωση ηλεκτρικών συσκευών 4^{ου} Ορόφου

4ος Όροφος Ηλεκτρικές Συσκευές					
Χώρος	Ώρες/ημέρα	Ημέρες/έτος	Αριθμος και είδος συσκευών	Ισχύς (W)/ είδος	Ηλεκτρική Ενέργεια (kWh/έτος)
Γραμματέας Διευθ.	8	240	2 Η/Υ	300	1.152
	2	240	1 Εκτυπωτής standby	350	168
	22	240		8	42
Διευθυντής	8	240	1 Η/Υ	300	576
	2	240	1 Εκτυπωτής standby	350	168
	22	240		8	42
Υποδιευθυντής Οικ.	8	240	1 Η/Υ	300	576
	2	240	1 Εκτυπωτής standby	350	168
	22	240		8	42
Γραφείο Προσωπικού	8	240	8 Η/Υ	300	4.608
	2	240	6 Εκτυπωτές standby	350	1.008
	22	240		8	253
Φωτοτυπικά μηχ.	3	240	1 Φωτοτυπικό Adler KM 3530 (operational/standby/sleep mode)	950	684
	5	240		160	192
	16	240	16	61	
	3	240	1 Φωτοτυπικό Adler CD 1030 (operational/standby/sleep mode)	850	612
	5	240		150	180
	16	240		16	61
Κουζίνα	24	240	1 Ψυγείο		350
ΣΥΝΟΛΟ					10.945

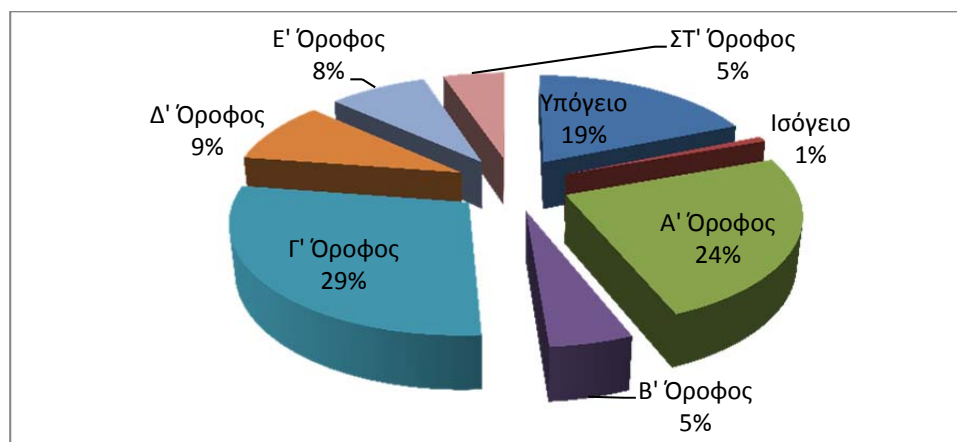
Πίνακας 3.21: Εκτιμώμενη ενεργειακή κατανάλωση ηλεκτρικών συσκευών 5^{ου} Ορόφου

5ος Όροφος Ηλεκτρικές Συσκευές					
Χώρος	Ώρες/ημέρα	Ημέρες/έτος	Αριθμος και είδος συσκευών	Ισχύς (W)/ είδος	Ηλεκτρική Ενέργεια (kWh/έτος)
Γραμματεία	8	240	3 Η/Υ	300	1.728
	2	240	2 Εκτυπωτές standby	350	336
	22	240		8	84
	2	240	1 Φαξ standby	350	168
	22	240		8	42
Γραμματεία Νομ. Συμβούλου	8	240	1 Η/Υ	300	576
	2	240	1 Εκτυπωτής standby	350	168
	22	240		8	42
	2	240	1 Φαξ standby	350	168
	22	240		8	42
	2	240	1 Scanner standby	350	168
	22	240		8	42
Σωματείο Ανοχή Αγκαλιά 1	8	240	3 Η/Υ	300	1.728
	2	240	2 Εκτυπωτής standby	350	336
	22	240		8	84
Προσωπικό	9	240	4 Η/Υ	300	2.592
	2	240	2 Εκτυπωτές standby	350	336
	22	240		8	84
	2	240	1 Scanner standby	350	168
	22	240		8	42
	24	240	1 Ψυγείο		350
Κουζίνα	24	240	1 Ψυγείο		350
ΣΥΝΟΛΟ					9.637

Πίνακας 3.21: Εκτιμώμενη ενεργειακή κατανάλωση ηλεκτρικών συσκευών 6^{ου} Ορόφου

6ος Όροφος Ηλεκτρικές Συσκευές					
Χώρος	Ώρες/ημέρα	Ημέρες/έτος	Αριθμός και είδος συσκευών	Ισχύς (W)/ είδος	Ηλεκτρική Ενέργεια (kWh/έτος)
Αίθουσα αναμονής	12	240	1 TV	100	288
	3	240	1 Ηλ. Ζυγαριά	30	22
Γραμματεία	12	240	1 Η/Υ	300	864
	2	240	1 Εκτυπωτής standby	650	312
	22	240		8	42
	2	240	1 Φαξ	350	168
	22	240	standby	8	42
Μονάδα εφηβικής υγείας	12	240	1 Η/Υ	300	864
Γραφείο Ιατρών 1	12	240	1 Η/Υ	300	864
Γραφείο Ιατρών 2	12	240	1 Η/Υ	300	864
Κουζίνα	24	240	2 Ψυγείο		750
	2	240	1 καφετιέρα	1000	480
	2	240	1 βραστήρας	1000	480
Δωμάτιο Καθαρίστριας	5	240	1 TV	100	120
ΣΥΝΟΛΟ					6.040

Η κατανομή ενέργειας για τις ηλεκτρικές συσκευές ανά όροφο δίδεται από το παρακάτω διάγραμμα (Διάγραμμα 3.11) :



Διάγραμμα 3.11: Κατανομή ενέργειας για ηλεκτρικές συσκευές ανά όροφο

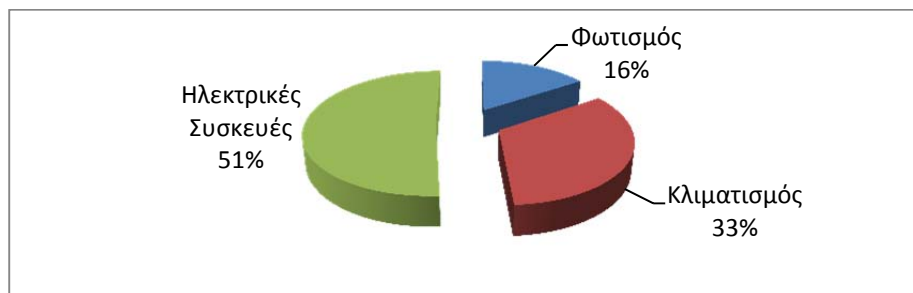
Από το Διάγραμμα 3.11 παρατηρείται ότι η ενέργεια για την χρήση ηλεκτρικών συσκευών καταναλώνεται κατά κύριο λόγο στον 1^ο και 3^ο όροφο με ποσοστό περίπου 26% της συνολικής κατανάλωσης. Η κατανάλωση αυτή οφείλεται κυρίως στους δικτυακούς κόμβους που υπάρχουν. Ακολουθεί το υπόγειο με ποσοστό 19% επί της συνολικής κατανάλωσης λόγω των ηλεκτροκινητήρων των ανελκυστήρων. Τέλος, η κατανάλωση στους υπόλοιπους ορόφους κυμαίνεται γύρω από το 7% της συνολικής εκτός από το ισόγειο όπου η κατανάλωση ενέργειας για ηλεκτρικές συσκευές ανέρχεται σε ποσοστό 1% της συνολικής, καθώς εκεί βρίσκεται η υποδοχή και οι αίθουσες διδασκαλίας οι οποίες δεν λειτουργούν συχνά.

3.5.4 Κατανομή καταναλώσεων ανά είδος χρήσης και όροφο

Στον Πίνακα 3.22 γίνεται ταξινόμηση των καταναλώσεων που υπολογίστηκαν παραπάνω ανά κατηγορία χρήσης με τα αντίστοιχα ποσοστά στο Διάγραμμα 3.12

Πίνακας 3.22: Εκτιμώμενες Καταναλώσεις ανά είδος χρήσης (KWh)

Φωτισμός	36.489
Κλιματισμός	77.729
Ηλεκτρικές Συσκευές	117.746
Σύνολο	231.964



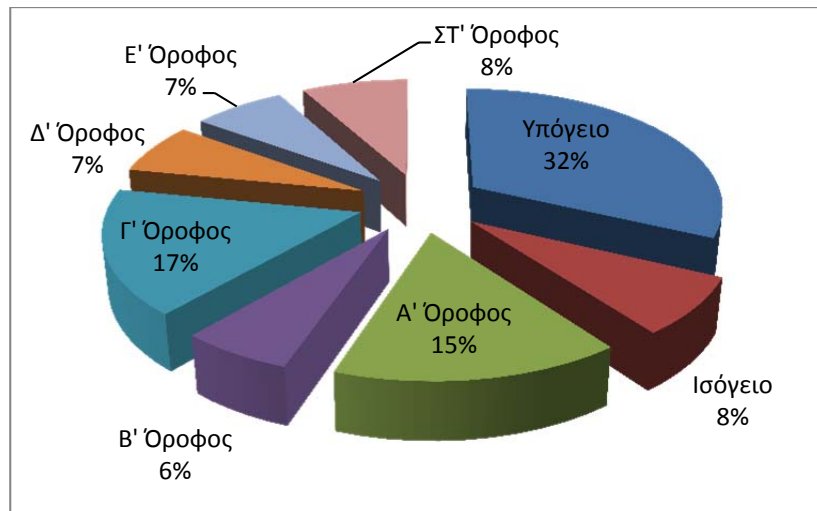
Διάγραμμα 3.12: Ποσοστό κατανάλωσης ανά είδος χρήσης

Από τα παραπάνω φαίνεται ότι το μεγαλύτερο μερίδιο στην κατανάλωση κατέχει ο ηλεκτρολογικός εξοπλισμός, ακολουθεί ο κλιματισμός και τέλος ο φωτισμός του κτιρίου. Η συνολική εκτιμώμενη κατανάλωση υπολογίστηκε στις 233.000 kWh. Η κατανάλωση ενέργειας βάσει τιμολογίων ανέρχεται στις 248.000 kWh για το 2010. Η απόκλιση λοιπόν της εκτιμώμενης καταναλισκόμενης ενέργειας είναι πολύ μικρή και της τάξεως του 0.06% (15.000 kWh)

Στον Πίνακα 3.23 γίνεται ταξινόμηση των καταναλώσεων ανά όροφο με τα αντίστοιχα ποσοστά στο Διάγραμμα 3.13.

Πίνακας 3.23 Συνολικές εκτιμώμενες καταναλώσεις ανά όροφο

Υπόγειο	74.593
Ισόγειο	17.983
Α' Όροφος	36.216
Β' Όροφος	14.177
Γ' Όροφος	38.976
Δ' Όροφος	16.042
Ε' Όροφος	16.157
ΣΤ' Όροφος	17.821
Σύνολο	231.964



Διάγραμμα 3.13: Ποσοστό εκτιμώμενης κατανάλωσης ανά όροφο

Από το Διάγραμμα 3.13 παρατηρείται ότι το μεγαλύτερο ποσοστό κατανάλωσης ενέργειας έχει με 32% (75 kWh) το υπόγειο μιας και σε αυτό βρίσκεται το λεβητοστάσιο, το ψυχοστάσιο και οι ηλεκτροκινητήρες των ανελκυστήρων. Ακολουθούν, με ποσοστό περίπου 16% (37 kWh), ο 1^{ος} και ο 3^{ος} όροφος, καθώς στους ορόφους αυτούς βρίσκονται δικτυακοί κόμβοι και, τέλος, ακολουθούν οι υπόλοιποι όροφοι και το ισόγειο, τα οποία δεν έχουν κάποιον ιδιαίτερα ενεργοβόρο ηλεκτρολογικό εξοπλισμό, με ποσοστό περίπου 7% (16 kWh).

3.6 Υπολογισμός συντελεστή θερμικής περατότητας κτιρίου

3.6.1 Μεθοδολογία υπολογισμού

3.6.1.1 Συνοπτική παρουσίαση της υπολογιστικής διαδικασίας

Στο παρόν κεφάλαιο γίνεται μελέτη της θερμομόνωσης του κτιρίου σύμφωνα με τον κανονισμό θερμικών μονώσεων Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 2010 (Τεχνική οδηγία τεχνικού επιμελητηρίου Ελλάδας).

Τα βασικά φυσικά μεγέθη που συναντώνται στις μελέτες θερμομόνωσης είναι τα εξής:

Συντελεστής Θερμικής Αγωγιμότητας (λ):

Είναι η ποσότητα θερμότητας που περνά στη μονάδα του χρόνου μέσα από τις απέναντι πλευρές ενός κύβου πλευράς 1 m από ομογενές υλικό, όταν η διαφορά θερμοκρασίας των επιφανειών αυτών διατηρείται σταθερή στον 1 °C. Μονάδα: W/mK

Συντελεστής Θερμοδιαφυγής (Λ):

Είναι η ποσότητα θερμότητας που περνά στη μονάδα του χρόνου από επιφάνεια 1 m² ενός δομικού στοιχείου πάχους d, όταν η διαφορά θερμοκρασίας των απέναντι πλευρών του διατηρείται σταθερή στον 1 °C. Μονάδα: W/m²K (Αντίσταση Θερμοδιαφυγής (1/ Λ))

Συντελεστής Θερμικής Μετάβασης (α):

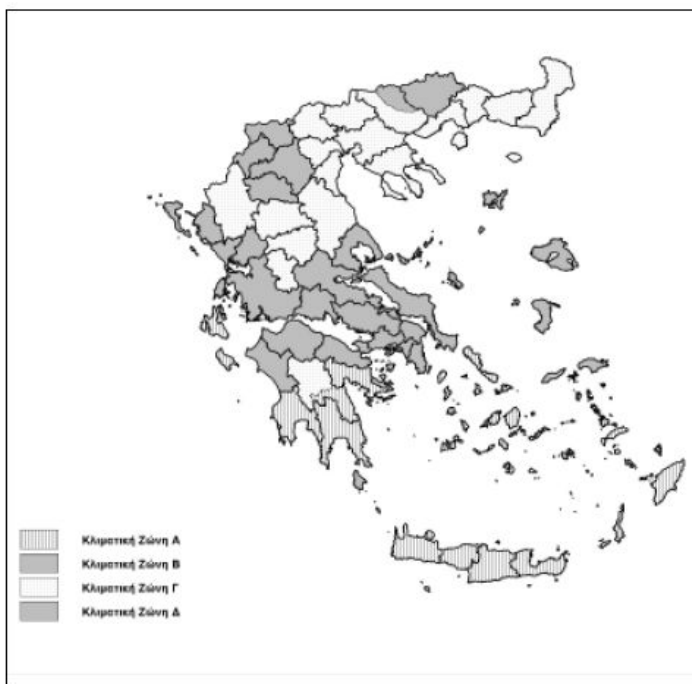
Είναι η ποσότητα θερμότητας που μεταβιβάζεται στη μονάδα του χρόνου από την επιφάνεια 1 m^2 ενός δομικού στοιχείου στον αέρα (ή αντίστροφα) που ακίνητος εφάπτεται επάνω του, όταν η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ στοιχείου-αέρα διατηρείται σταθερή στον $1 \text{ }^\circ\text{C}$. Μονάδα: $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ (Αντίσταση Θερμικής Μετάβασης ($1/\alpha$))

Συντελεστής Θερμοπερατότητας (K):

Είναι η ποσότητα θερμότητας που περνά στη μονάδα του χρόνου μέσα από 1 m^2 ενός δομικού στοιχείου πάχους d , όταν η διαφορά θερμοκρασίας του ακίνητου αέρα που εφάπτεται στις δύο πλευρές του διατηρείται σταθερή στον $1 \text{ }^\circ\text{C}$. Μονάδα: $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ (Αντίσταση Θερμοπερατότητας ($1/K$))

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

1. Αρχικώς, ελέγχεται η επάρκεια των διαφανών και αδιαφανών δομικών στοιχείων του κτιριακού κελύφους, μέσω του προσδιορισμού του συντελεστή θερμοπερατότητας τους (U), ο οποίος δεν πρέπει να υπερβαίνει τις μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές που ορίζει ο Κ.Εν.Α.Κ. (Πίνακας 3.23) ανάλογα με τις κλιματικές ζώνες της ελληνικής επικράτειας (Εικόνα 3.8). Ειδικότερα, οφείλουν να είναι θερμομονωμένα και να εξετάζονται ως προς τη θερμική τους επάρκεια όλα τα δομικά στοιχεία του κελύφους, που περικλείουν τη θεωρούμενη ως θερμαινόμενη περιοχή τους κελύφους, όπως αυτή ορίζεται κάθε φορά.
2. Έπειτα, ελέγχεται η θερμική επάρκεια του κτιριακού κελύφους συνολικά μέσω του προσδιορισμού του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας του κτιρίου (U_m), ο οποίος οφείλει να είναι μικρότερος από τη μέγιστη τιμή που ορίζει ο Κ.Εν.Α.Κ. (Πίνακας 3.24).



ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΖΩΝΗ	ΝΟΜΟΙ
ΖΩΝΗ Α	Ηρακλείου, Χανίων, Ρεθύμνου, Λασιθίου, Κυκλάδων, Δωδεκανήσου, Σάμου, Μεσσηνίας, Λακωνίας, Αργολίδας, Ζακύνθου, Κεφαλληνίας & Ιθάκης, Κύθηρα & νησιά Σαρωνικού (Αττικής), Αρκαδίας (πεδινή)
ΖΩΝΗ Β	Αττικής (εκτός Κυθήρων & νησιών Σαρωνικού), Κορινθίας, Ηλείας, Αχαΐας, Αιτωλο-ακαρνανίας, Φθιώτιδας, Φωκίδας, Βοιωτίας, Ευβοίας, Μαγνησίας, Λέσβου, Χίου, Κέρκυρας, Λευκάδας, Θεσπρωτίας, Πρέβεζας, Άρτας
ΖΩΝΗ Γ	Αρκαδίας (ορεινή), Ευρυτανίας, Ιωαννίνων, Λάρισας, Καρδίτσας, Τρικάλων, Πιερίας, Ημαθίας, Πέλλης, Θεσσαλονίκης, Κιλκίς, Χαλκιδικής, Σερρών (εκτός ΒΑ τμήματος), Καβάλας, Ξάνθης, Ροδόπης, Έβρου
ΖΩΝΗ Δ	Γρεβενά, Κοζάνη, Καστοριά, Φλώρινα, Σερρών (ΒΑ τμήμα), Δράμας

Εικόνα 3.8: Σχηματική απεικόνιση κλιματικών ζωνών ελληνικής επικράτειας με τους νομούς (Πηγή: ΚΕΝΑΚ)

Πίνακας 3.22: Τιμές συντελεστών θερμικής μετάβασης (Πηγή ΚΕΝΑΚ)

Α/Α	Δομικό στοιχείο	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	Εξωτερικοί τοίχοι και παράθυρα (προς εξωτ. αέρα)	7,70	25,00	0,13	0,04
2	Τοίχος που συνορεύει με μη θερμαινόμενο χώρο	7,70	7,70	0,13	0,13
3	Τοίχος σε επαφή με έδαφος	7,70	–	0,13	0,00
4	Στέγη, δώμα (ανερχόμενη ροή θερμότητας)	10,00	25,00	0,10	0,04
5	Οροφή που συνορεύει με μη θερμαινόμενο χώρο (ανερχόμενη ροή θερμότητας)	10,00	10,00	0,10	0,10
6	Δάπεδο επάνω από ανοικτή διάβαση (πιλοτή) (κατερχόμενη ροή θερμότητας)	5,88	25,00	0,17	0,04
7	Δάπεδο επάνω από μη θερμαινόμενο χώρο (κατερχόμενη ροή θερμότητας)	5,88	5,88	0,17	0,17
8	Δάπεδο σε επαφή με το έδαφος	5,88	–	0,17	0,00

Πίνακας 3.23: Μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας διαφόρων δομικών στοιχείων ανά κλιματική ζώνη. (Πηγή: ΚΕΝΑΚ)

ΔΟΜΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ	ΣΥΜ-ΒΟΛΟ	Συντελεστής θερμοπερατότητας [W/(m ² K)]			
		ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΖΩΝΗ			
		A	B	Γ	Δ
Εξωτερική οριζόντια ή κεκλιμένη επιφάνεια σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα (οροφές)	U _D	0,50	0,45	0,40	0,35
Εξωτερικοί τοίχοι σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	U _w	0,60	0,50	0,45	0,40
Δάπεδα σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα (pilotis)	U _{DL}	0,50	0,45	0,40	0,35
Δάπεδα σε επαφή με το έδαφος ή με κλειστούς μη θερμαινόμενους χώρους	U _G	1,20	0,90	0,75	0,70
Εξωτερικοί τοίχοι σε επαφή με μη θερμαινόμενους χώρους ή με το έδαφος	U _{WE}	1,50	1,00	0,80	0,70
Ανοίγματα (παράθυρα, πόρτες μπαλκονιών κα)	U _F	3,20	3,00	2,80	2,60
Γυάλινες προσόψεις κτιρίων μη ανοιγόμενες και μερικώς ανοιγόμενες	U _{GF}	2,20	2,00	1,80	1,80

Πίνακας 3.24: Μέγιστος επιτρεπόμενος μέσος συντελεστής (U_m). (Πηγή: ΚΕΝΑΚ)

F/V (m ⁻¹)	Μέγιστος επιτρεπόμενος μέσος συντελεστής (U _m) σε 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

3.6.1.2 Υπολογισμός συντελεστών θερμοπερατότητας αδιαφανών δομικών στοιχείων

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

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

Όπου:

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

n : το πλήθος στρώσεων του δομικού στοιχείου,

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

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

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

$R_{ai} [(m^2K) / W]$: η αντίσταση θερμικής μετάβασης που προβάλλει το επιφανειακό στρώμα αέρα στη μετάδοση της θερμότητας από το δομικό στοιχείο προς το εξωτερικό περιβάλλον,

$R_{ai} [(m^2K) / W]$: η θερμική αντίσταση του στρώματος αέρα σε τυχόν υφιστάμενο διάκενο ανάμεσα στις στρώσεις του δομικού στοιχείου, με την προϋπόθεση ότι ο αέρας του διακένου δεν επικοινωνεί με το εξωτερικό περιβάλλον και θεωρείται πρακτικά ακίνητος.

3.6.1.3 Υπολογισμός συντελεστών θερμοπερατότητας διαφανών δομικών στοιχείων

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

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

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

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

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

3.6.1.4 Υπολογισμός του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας

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

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

Όπου:

$U_m [W / (m^2 K)]$: ο μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας όλου του κτιρίου,

n : το πλήθος των επί μέρους δομικών στοιχείων στο κέλυφος του κτιρίου,

k : το πλήθος των θερμογεφυρών που αναπτύσσονται στα εξωτερικά ή εσωτερικά όρια κάθε επιφάνειας F του κελύφους,

$A_j [m^2]$: το εμβαδόν επιφάνειας που καταλαμβάνει το κάθε δομικό στοιχείο στη συνολική επιφάνεια του κελύφους του κτιρίου,

U_j : ο συντελεστής θερμοπερατότητας του κάθε δομικού στοιχείου j του κελύφους του κτιρίου,

$l_j [m]$: το συνολικό μήκος του κάθε τύπου θερμογέφυρας που αναπτύσσεται στο περίβλημα του κτιρίου,

Ψ_j : ο συντελεστής γραμμικής θερμοπερατότητας του κάθε τύπου θερμογέφυρας που αναπτύσσεται στο περίβλημα του κτιρίου,

b : μειωτικός συντελεστής

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

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

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

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

3.6.1.5 Παρατηρήσεις – Διευκρινίσεις

Το Νοσοκομείο κατασκευάστηκε το 1978. Ο νόμος για την θερμομόνωση θεσπίστηκε το 1979, αποτέλεσμα του οποίου είναι η απουσία μελέτης θερμομόνωσης του Νοσοκομείου. Ο συντελεστής υπολογίστηκε εκ του μηδενός.

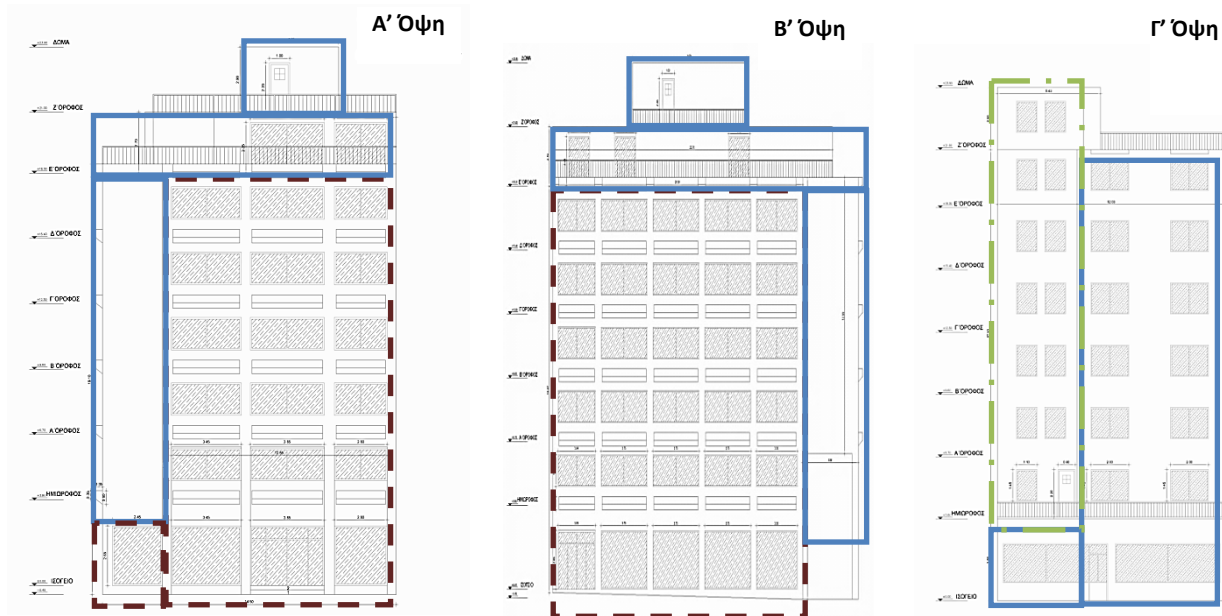
Το υπόγειο του κτιρίου θεωρήθηκε σαν μη θερμαινόμενος χώρος και, κατά συνέπεια, δεν συμπεριλαμβάνεται στους υπολογισμούς των εμβαδών και του λόγου F/V. Αντίθετα, οι κοινόχρηστοι χώροι (ο χώρος της εισόδου του κτιρίου, το κλιμακοστάσιο και η απόληξη του στο δώμα) θεωρήθηκαν θερμαινόμενοι και ως εκ τούτου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

Το υπό μελέτη κτίριο έρχεται σε επαφή πλευρικά με όμορο κτίριο (εκ δεξιών μέχρι τον 6^ο). Σύμφωνα με την παράγραφο 2.1.7 της Τ.Ο.ΤΕΕ και λόγω του ότι δεν είναι γνωστό αν οι χώροι των όμορων κτιρίων είναι θερμαινόμενοι ή μη, θεωρήθηκε ότι το αντίστοιχο δομικό στοιχείο έρχεται σε επαφή με μη θερμαινόμενο χώρο.

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

3.6.2 Υπολογισμός συντελεστών θερμοπερατότητας αδιαφανών δομικών στοιχείων του κτιρίου

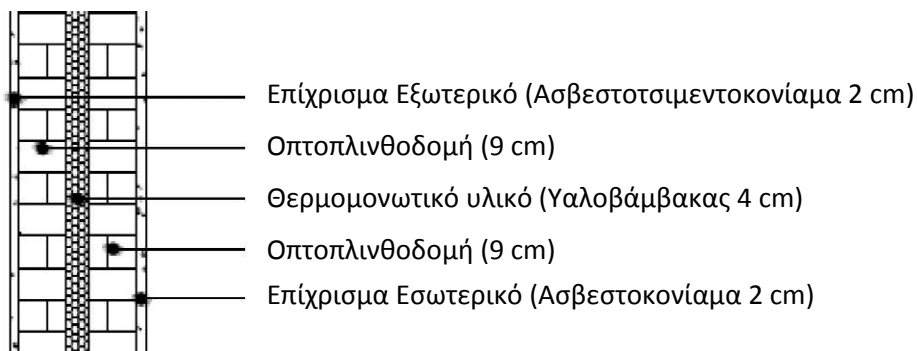
Το πρώτο δομικό στοιχείο που μελετάται είναι η εξωτερική τοιχοποιία (τοιχοί πληρώσεως). Η εξωτερική τοιχοποιία της όψης Α' προς την Μεσογείων (Βορινή) και της όψης Β' προς την Αγίου Θωμά (Ανατολική) αποτελείται από δύο διαφορετικούς τύπους δόμησης. Ο πρώτος με τοίχο πληρώσεως 26 cm και ο δεύτερος με τοίχο πληρώσεως 24 cm. Η εξωτερική τοιχοποιία της όψης Γ' προς τον ακάλυπτο αποτελείται και αυτή από δύο διαφορετικούς τύπους δόμησης. Με τοίχο πληρώσεως 26 cm και με τοίχο πληρώσεως 20 cm. Συνολικά λοιπόν, για το Νοσοκομείο υπάρχουν τρεις διαφορετικοί τύποι εξωτερικής τοιχοποιίας με 26, 24 και 20 cm, όπως φαίνεται στην Εικόνα 3.8.



Εικόνα 3.8: Τρεις όψεις του Νοσοκομείου με σημειωμένο τον τύπο εξωτερικής τοιχοποιίας.

Με το μπλε χρώμα (ενιαία): 26 cm - με το κόκκινο χρώμα (διακεκομμένη): 24 cm – με το πράσινο χρώμα (παύλα-τελεία): 20 cm

Στο Σχήμα 3.12 φαίνεται η τομή του δομικού στοιχείου των 26 cm με τα διαφορετικά δομικά υλικά που το απαρτίζουν.



Σχήμα 3.12: Τομή εξωτερικής τοιχοποιίας 26 cm

Στον Πίνακα 3.25 αναγράφονται τα πάχη των δομικών υλικών της εξωτερικής τοιχοποιίας 26 cm και ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητάς τους. Μέσω αυτών υπολογίζεται η θερμική αντίσταση κάθε στρώσης δομικού στοιχείου και από το άθροισμα τους προκύπτει η συνολική θερμική αντίσταση (R_L) του δομικού στοιχείου.

Πίνακας 3.25: Υπολογισμός θερμικής αντίστασης της εξωτερικής τοιχοποιίας 26 cm

Στρώσεις Δομικού Στοιχείου	Πάχος στρώσεως (di)	Συντ. Θερμικής Αγωγιμότητας (λi)	Θερμ. Αντίσταση (di/λi)
	m	W / (mK)	(m ² K) / W
Ασβεστοσιμεντοκονίαμα	0,02	0,87	0,023
Οπτοπλινθοδομή	0,09	0,52	0,173
Γαλοβάμβακας	0,04	0,041	0,976
Οπτοπλινθοδομή	0,09	0,52	0,173
Ασβεστοκονίαμα	0,02	0,87	0,023
Σύνολο	Σ _d = 0,26		R _λ = 1,368

Οι αντιστάσεις θερμικής μετάβασης θερμομόνωσης σύμφωνα με τον Πίνακα 3.22 προκύπτουν:

$$R_i \text{ (εσωτερικά)} = 0,13 \text{ (m}^2\text{K) / W}$$

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

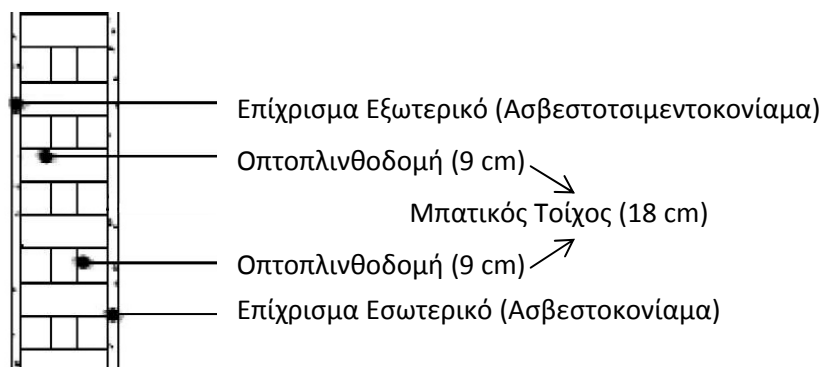
Από τα παραπάνω ο συντελεστής θερμοπερατότητας υπολογίζεται:

$$U = \frac{1}{R_i + R_a + R_{\lambda}} = 0,65 \frac{W}{m^2K}$$

Η μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή, όπως δίνεται στον Πίνακα 3.23 της Τ.Ο.ΤΕΕ (Τεχνική Οδηγία του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας) για κτίρια της Ζώνης Β, είναι $U_{\max} = 0,5 \text{ W / (m}^2\text{K)}$, επομένως το δομικό στοιχείο δεν πληροί τις προδιαγραφές.

Για την εξωτερική τοιχοποιία των 20cm έχουμε:

Στο Σχήμα 3.13 φαίνεται η τομή του δομικού στοιχείου των 20 cm με τα διαφορετικά δομικά υλικά που το απαρτίζουν.



Σχήμα 3.13: Τομή εξωτερικής τοιχοποιίας 20 cm

Στον Πίνακα 3.26 αναγράφονται τα πάχη των δομικών υλικών της εξωτερικής τοιχοποιίας 20 cm και ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητάς τους. Μέσω αυτών υπολογίζεται η θερμική

αντίσταση κάθε στρώσης δομικού στοιχείου και από το άθροισμα τους προκύπτει η συνολική θερμική αντίσταση (R_{λ}) του δομικού στοιχείου.

Πίνακας 3.26: Υπολογισμός θερμικής αντίστασης της εξωτερικής τοιχοποιίας 20 cm

Στρώσεις Δομικού Στοιχείου	Πάχος στρώσεως (d_i)	Συντ. Θερμικής Αγωγιμότητας (λ_i)	Θερμ. Αντίσταση (d_i/λ_i)
	m	W / (mK)	(m ² K) / W
Ασβεστοσιμεντοκονίαμα	0,02	0,87	0,023
Οπτοπλινθοδομή	0,09	0,52	0,173
Οπτοπλινθοδομή	0,09	0,52	0,173
Ασβεστοκονίαμα	0,02	0,87	0,023
Σύνολο	$\Sigma_d = 0,22$		$R_{\lambda} = 0,392$

Οι αντιστάσεις θερμικής μετάβασης θερμομόνωσης σύμφωνα με τον Πίνακα 3.22 προκύπτουν:

$$R_i \text{ (εσωτερικά)} = 0,13 \text{ (m}^2\text{K) / W}$$

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

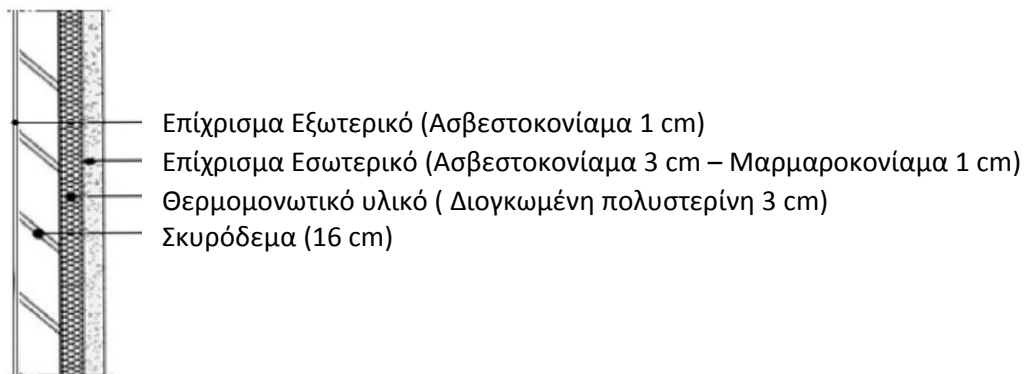
Από τα παραπάνω ο συντελεστής θερμοπερατότητας υπολογίζεται:

$$U = \frac{1}{R_i + R_a + R_{\lambda}} = 1,78 \frac{W}{m^2K}$$

Η μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή, όπως δίνεται στον Πίνακα 3.23 της Τ.Ο.ΤΕΕ για κτίρια της Ζώνης Β είναι $U_{\max} = 0,5 \text{ W / (m}^2\text{K)}$, επομένως το δομικό στοιχείο δεν πληροί τις προδιαγραφές.

Για την εξωτερική τοιχοποιία των 23cm έχουμε:

Στο Σχήμα 3.14 φαίνεται η τομή του δομικού στοιχείου των 24 cm με τα διαφορετικά δομικά υλικά που το απαρτίζουν.



Σχήμα 3.14: Τομή εξωτερικής τοιχοποιίας 24 cm

Στον Πίνακα 3.27 αναγράφονται τα πάχη των δομικών υλικών της εξωτερικής τοιχοποιίας 20 cm και ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας τους. Μέσω αυτών υπολογίζεται η θερμική

αντίσταση κάθε στρώσης δομικού στοιχείου και από το άθροισμα τους προκύπτει η συνολική θερμική αντίσταση (R_{λ}) του δομικού στοιχείου.

Πίνακας 3.27: Υπολογισμός θερμικής αντίστασης της εξωτερικής τοιχοποιίας 24 cm

Στρώσεις Δομικού Στοιχείου	Πάχος στρώσεως (di)	Συντ. Θερμικής Αγωγιμότητας (λi)	Θερμ. Αντίσταση (di/λi)
	m	W / (mK)	(m ² K) / W
Ασβεστοκονίαμα	0,01	0,87	0,115
Οπλισμένο σκυρόδεμα	0,16	2,03	0,079
Διογκωμένη πολυστερίνη	0,03	0,04	0,75
Ασβεστοκονίαμα-Μαρμαροκονίαμα	0,04	0,87	0,046
Σύνολο	$\Sigma_d = 0,24$		$R_{\lambda} = 0,99$

Οι αντιστάσεις θερμικής μετάβασης θερμομόνωσης σύμφωνα με τον Πίνακα 3.22 προκύπτουν:

$$R_i \text{ (εσωτερικά)} = 0,13 \text{ (m}^2\text{K) / W}$$

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

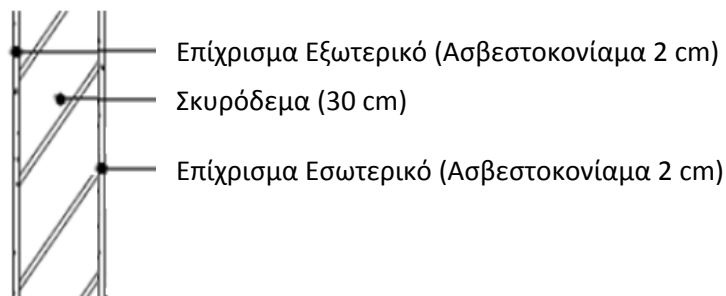
Από τα παραπάνω ο συντελεστής θερμοπερατότητας υπολογίζεται:

$$U = \frac{1}{R_i + R_a + R_{\lambda}} = 0,86 \frac{W}{m^2K}$$

Η μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή, όπως δίνεται στον Πίνακα 3.23 της Τ.Ο.ΤΕΕ για κτίρια της Ζώνης Β είναι $U_{\max} = 0,5 \text{ W / (m}^2\text{K)}$, επομένως το δομικό στοιχείο δεν πληροί τις προδιαγραφές.

Το δεύτερο δομικό στοιχείο που εξετάζεται είναι οι κρεμάσεις δοκών (τοιχοποιία, στύλοι).

Στο Σχήμα 3.15 φαίνεται η τομή του δομικού στοιχείου με τα διαφορετικά δομικά υλικά που το απαρτίζουν:



Σχήμα 3.15: Τομή των κρεμάσεων δοκών

Στον Πίνακα 3.28 αναγράφονται τα πάχη των δομικών υλικών των κρεμάσεων των δοκών και ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητάς τους. Μέσω αυτών υπολογίζεται όμοια με

προηγουμένως η θερμική αντίσταση κάθε στρώσης δομικού στοιχείου και από το άθροισμα τους προκύπτει η συνολική θερμική αντίσταση (R_{λ}) του δομικού στοιχείου.

Πίνακας 3.28: Υπολογισμός θερμικής αντίστασης των κρεμάσεων δοκών

Στρώσεις Δομικού Στοιχείου	Πάχος στρώσεως (di)	Συντ. Θερμικής Αγωγιμότητας (λi)	Θερμ. Αντίσταση (di/λi)
	m	W / (mK)	(m ² K) / W
Ασβεστοκονίαμα	0.02	0.87	0.023
Οπλισμένο σκυρόδεμα	0.30	2.03	0.148
Ασβεστοκονίαμα	0.02	0.87	0.023
Σύνολο	$\Sigma_d = 0.34$		$R_{\lambda} = 0.194$

Οι αντιστάσεις θερμικής μετάβασης θερμομόνωσης σύμφωνα με τον Πίνακα 3.22 προκύπτουν:

$$R_i \text{ (εσωτερικά)} = 0,13 \text{ (m}^2\text{K) / W}$$

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

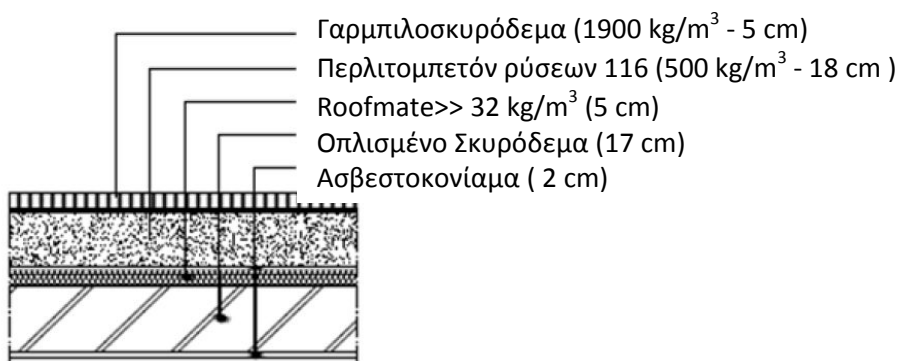
Από τα παραπάνω ο συντελεστής θερμοπερατότητας υπολογίζεται:

$$U = \frac{1}{R_i + R_a + R_{\lambda}} = 2,75 \frac{W}{m^2K}$$

Η μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή, όπως δίνεται στον Πίνακα 3.23 της Τ.Ο.ΤΕΕ για κτίρια της Ζώνης Β είναι $U_{\max} = 0,5 \text{ W / (m}^2\text{K)}$, επομένως το δομικό στοιχείο δεν πληροί τις προδιαγραφές. Για την ακρίβεια, είναι πολύ εκτός των ορίων. Αυτό συμβαίνει, καθώς οι κρεμάσεις δοκών είναι τελείως αμόνωτες.

Το τρίτο δομικό στοιχείο που εξετάζεται είναι τα δώματα:

Στο Σχήμα 3.16 φαίνεται η τομή του δομικού στοιχείου με τα διαφορετικά δομικά υλικά που το απαρτίζουν.



Σχήμα 3.16: Τομή του δώματος

Πίνακας 3.29: Υπολογισμός θερμικής αντίστασης του δώματος

Στρώσεις Δομικού Στοιχείου	Πάχος στρώσεως (di)	Συντ. Θερμικής Αγωγιμότητας (λi)	Θερμ. Αντίσταση (di/λi)
	m	W / (mK)	(m ² K) / W
Γαρμπιλοσκυρόδεμα	0.05	1.10	0.045
Περλιτομπετόν ρύσεων 116	0.18	0.15	1.2
Roofmate	0.05	0.03	1.67
Οπλισμένο Σκυρόδεμα	0.17	2.03	0.083
Ασβεστοκονίαμα	0.02	0.87	0.023
Σύνολο	0.47		3.021

Οι αντιστάσεις θερμικής μετάβασης θερμομόνωσης σύμφωνα με τον Πίνακα 3.22 προκύπτουν:

$$R_i \text{ (εσωτερικά)} = 0,13 \text{ (m}^2\text{K) / W}$$

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

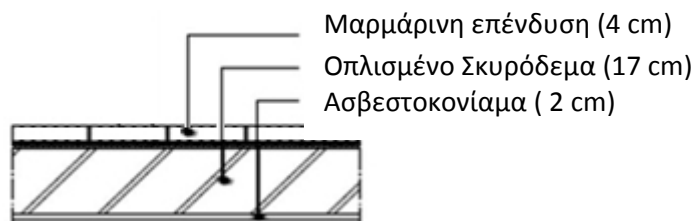
Από τα παραπάνω ο συντελεστής θερμοπερατότητας υπολογίζεται:

$$U = \frac{1}{R_i + R_a + R_{\Lambda}} = 0,31 \frac{W}{m^2K}$$

Η μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή, όπως δίνεται στον Πίνακα 3.23 της Τ.Ο.ΤΕΕ για κτίρια της Ζώνης Β είναι $U_{\max} = 0,45 \text{ W / (m}^2\text{K)}$, επομένως το δομικό στοιχείο πληροί τις προδιαγραφές.

Το τέταρτο και τελευταίο δομικό στοιχείο που εξετάζεται είναι τα δάπεδα:

Στο Σχήμα 3.17 φαίνεται η τομή του δομικού στοιχείου με τα διαφορετικά δομικά υλικά που το απαρτίζουν.



Σχήμα 3.17: Τομή του δαπέδου

Πίνακας 3.30: Υπολογισμός θερμικής αντίστασης του δαπέδου

Στρώσεις Δομικού Στοιχείου	Πάχος στρώσεως (di)	Συντ. Θερμικής Αγωγιμότητας (λi)	Θερμ. Αντίσταση (di/λi)
	m	W / (mK)	(m ² K) / W
Μαρμάρινη επένδυση	0,04	3,5	0,011
Οπλισμένο Σκυρόδεμα	0,17	2,03	0,083
Ασβεστοκονίαμα	0,02	0,87	0,023
Σύνολο	0,47		0,0117

Οι αντιστάσεις θερμικής μετάβασης θερμομόνωσης σύμφωνα με τον Πίνακα 3.22 προκύπτουν:

$$R_i \text{ (εσωτερικά)} = 0,13 \text{ (m}^2\text{K)} / W$$

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

Από τα παραπάνω ο συντελεστής θερμοπερατότητας υπολογίζεται:

$$U = \frac{1}{R_i + R_a + R_L} = 3,48 \frac{W}{m^2K}$$

Η μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή, όπως δίνεται στον Πίνακα 3.23 της Τ.Ο.ΤΕΕ για κτίρια της Ζώνης Β είναι $U_{\max} = 0,45 \text{ W} / (\text{m}^2\text{K})$, επομένως το δομικό στοιχείο δεν πληροί τις προδιαγραφές.

3.6.3 Υπολογισμός συντελεστών θερμοπερατότητας διαφανών δομικών στοιχείων του κτιρίου

Πίνακας 3.31: Τυπικές τιμές συντελεστών θερμοπερατότητας (πηγή: Τ.Ο.ΤΕΕ / EN ISO 100077-1)

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
Τριπλή	Χωρίς επίστρωση χαμηλής εκπομπής	0,89	4-6-4-6-4	2,3	2,1	1,8
			4-8-4-8-4	2,1	1,9	1,7
			4-12-4-12-4	1,9	1,8	1,6
	Με επίστρωση χαμηλής εκπομπής δύο φύλλων	≤0,1	4-6-4-6-4	1,7	1,3	1,0
			4-8-4-8-4	1,4	1,1	0,8
			4-12-4-12-4	1,1	0,9	0,6
	Με επίστρωση χαμηλής εκπομπής δύο φύλλων	≤0,05	4-6-4-6-4	1,6	1,2	0,9
			4-8-4-8-4	1,3	1,0	0,7
			4-12-4-12-4	1,0	0,8	0,5

Στα ανοίγματα των ορόφων της όψης Α' προς την Μεσογείων (Βορινή) και της όψης Β' προς την Αγίου Θωμά (Ανατολική) υπάρχουν δίδυμοι μονωτικοί υαλοπίνακες με διάκενο αέρα 6

6mm επί μεταλλικού πλαισίου χωρίς θερμοδιακοπή χρονολογίας 2009, ενώ στα ανοίγματα των ορόφων της όψης Γ' προς τον ακάλυπτο χώρο υπάρχουν παλαιού τύπου δίδυμοι μονωτικοί υαλοπίνακες με διάκενο αέρα 6 mm επί μεταλλικού πλαισίου χωρίς θερμοδιακοπή χρονολογίας 1978. Σύμφωνα με τον πίνακα 3.31 ισχύει $U_w = 3.3 \text{ W} / (\text{m}^2\text{K})$ και με βάση τον πίνακα της Τ.Ο.ΤΕΕ για την ζώνη Β πρέπει να ισχύει: $U_{w\max} = 3 \text{ W}$

Κατά συνέπεια το δομικό στοιχείο δεν πληροί τις απαιτούμενες προδιαγραφές.

3.6.4 Υπολογισμός θερμομόνωσης περιβλήματος

Για τον υπολογισμό του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας του κτιρίου είναι απαραίτητα τα αναλυτικά m^2 των διαφόρων όψεων του Νοσοκομείου

Για την όψη Α' προς την Μεσογείων (Εικόνα 3.15) έχουμε:

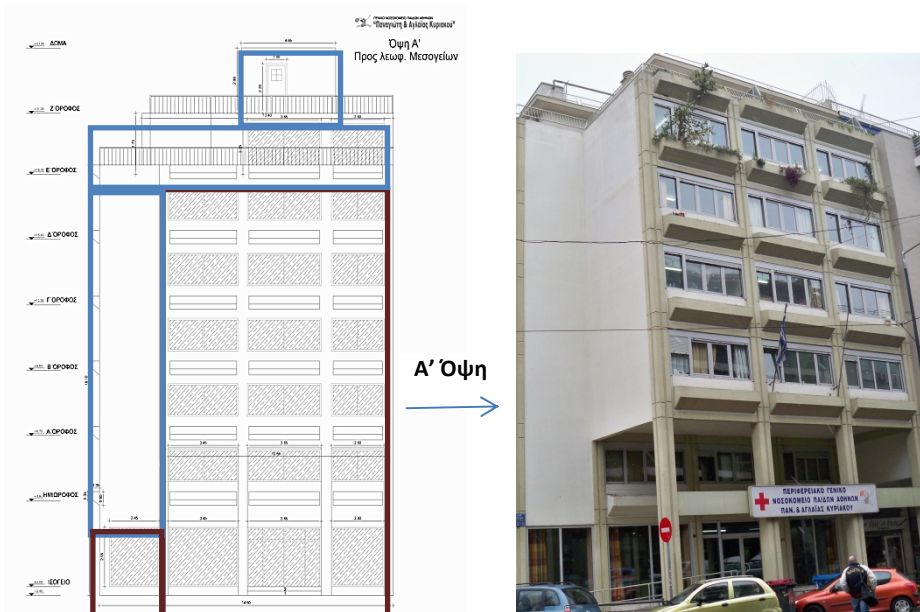
Συνολική Επιφάνεια Όψης = $372,5 \text{ m}^2$

Επιφάνεια Υαλοπινάκων ($101,12 \text{ m}^2$) & Κουφωμάτων (20 m^2) = $121,12 \text{ m}^2$

Επιφάνεια εξωτερικής τοιχοποιίας συνολική = $251,38 \text{ m}^2$

Επιφάνεια τοιχίων 26 cm = $94,38 \text{ m}^2$ (μπλε χρώμα)

Επιφάνεια τοιχίων 24 cm = 157 m^2 (κόκκινο χρώμα)



Εικόνα 3.15: Όψη Α' Με το μπλε χρώμα: 26 cm - με το κόκκινο χρώμα: 24 cm

Για την όψη Όψη Β΄ προς Αγίου Θωμά (Εικόνα 3.16) :

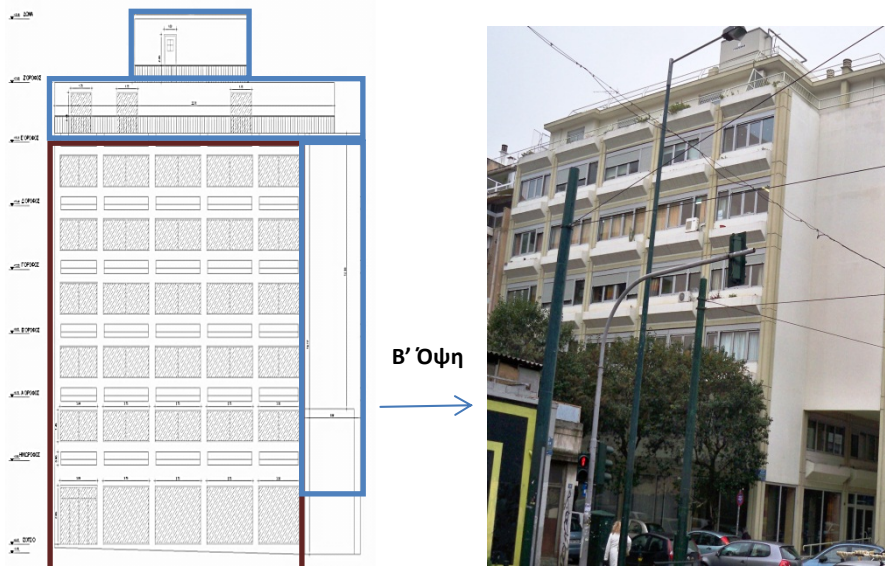
Συνολική Επιφάνεια Όψης = 531,62 m²

Επιφάνεια Υαλοπινάκων (172,91 m²) & Κουφωμάτων (15 m²) = 187,91 m²

Επιφάνεια εξωτερικής τοιχοποιίας συνολική = 343,71 m²

Επιφάνεια τοιχίων 26 cm = 148,47 m² (μπλε χρώμα)

Επιφάνεια τοιχίων 24 cm = 201,24 m² (κόκκινο χρώμα)



Εικόνα 3.16: Όψη Β΄ Με το μπλε χρώμα: 26 cm - με το κόκκινο χρώμα: 24 cm

Για την όψη Γ΄ προς Ακάλυπτο (Εικόνα 3.17):

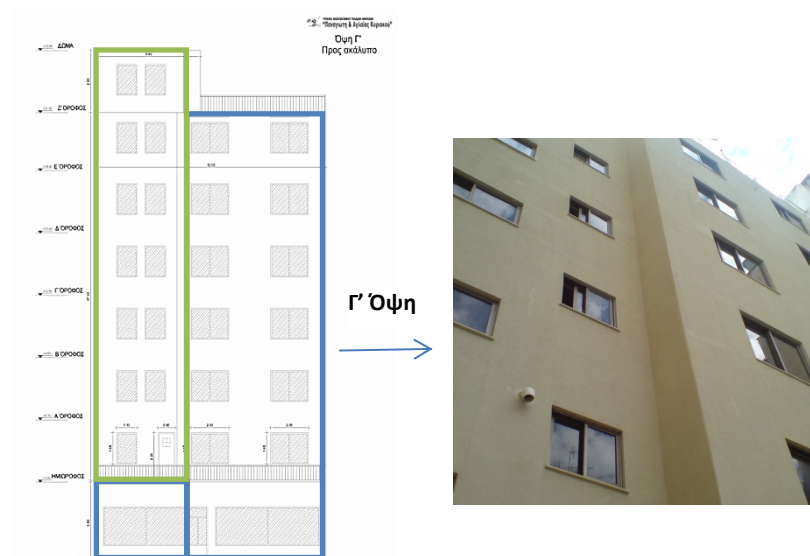
Συνολική Επιφάνεια Όψης = 359,50 m²

Επιφάνεια Υαλοπινάκων (51,50 m²) & Κουφωμάτων (8 m²) = 59,50 m²

Επιφάνεια εξωτερικής τοιχοποιίας συνολική = 300,00 m²

Επιφάνεια τοιχίων 26 cm = 212,14 m² (μπλε χρώμα)

Επιφάνεια τοιχίων 20 cm = 87,86 m² (πράσινο χρώμα)



Εικόνα 3.17: Όψη Γ΄ Με το μπλε χρώμα: 26 cm– με το πράσινο χρώμα: 20 cm

Οι οριζόντιες επιφάνειες και οι όροφοι που χωρίζουν θερμαινόμενο χώρο από τον ελεύθερο αέρα είναι η βεράντα του 6^{ου} με 91 m² και η ταράτσα με 191 m². Το συνολικό εμβαδόν τους είναι ίσο με 282 m². Τέλος, χρειάζεται το εμβαδόν για τις δυο εξωτερικές μεταλλικές πόρτες. Η πόρτα του δώματος ισούται με 2,20 m² και τις κουζίνες του 1^{ου} ορόφου προς τον ακάλυπτο με 1,98 m². Το συνολικό εμβαδόν για τις μεταλλικές πόρτες ανέρχεται στα 4,18 m². Κατά αυτόν τον τρόπο, στον Πίνακα 3.32 προέκυψαν τα ακόλουθα αποτελέσματα:

Πίνακας 3.32: Θερμομόνωση περιβλήματος

α/α	Δομικό στοιχείο	Επιφάνεια A _j σε m ²	Συντελεστής θερμοπερατότητας U _j σε W/m ² K	A _j * U _j
1	Εξωτερικοί τοίχοι 26 cm	453,99	0,65	295,09
2	Εξωτερικοί τοίχοι 24cm	358,24	0,86	308,09
3	Εξωτερικοί τοίχοι 20 cm	87,86	1,78	156,39
4	Δίδυμος Υαλοπίνακας 6mm αέρα	325,53	3,3	1074,25
5	Κούφωμα με φύλλα αλουμινίου	43	5,81	249,83
6	Εξωτερική πόρτα από μέταλλο	4,18	6	25,08
7	Δάπεδο σε επαφή με το έδαφος	323	3,48	1124,04
8	Οριζόντιες επιφάνειες και οροφές που χωρίζουν θερμαινόμενο χώρο από τον ελεύθερο αέρα	282	0,31	87,42
Σύνολο		1877,80		3320,19

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

Πίνακας 3.33: Επιτρεπόμενος μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας σε συνάρτηση με το λόγο περιβάλλουσας επιφάνειας κτιρίου προς τον όγκο του

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

Το Νοσοκομείο ανήκει στη Ζώνη Β. Ο συνολικός περιεχόμενος όγκος του κτιρίου είναι: V = Σ (εμβαδόν επιφάνειας (F)* ύψος (H)) = 7.780,00 m³ (Πίνακας 3.1). Η συνολική επιφάνεια υπολογίστηκε παραπάνω ίση με 1.877,8 m². Από το πηλίκο F/V που προκύπτει, θα

προσδιοριστεί ο επιτρεπόμενος μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας βάσει του Πίνακα 3.33. Για τα δεδομένα του κτιρίου προκύπτει:

$$\frac{F}{V} = \frac{1.877,8}{7.780,0} = 0,24 \text{ m}^{-1}$$

και από τον Πίνακα 3.33 μέσω γραμμικής παρεμβολής, η τιμή αυτή αντιστοιχεί σε μέγιστο επιτρεπόμενο συντελεστή θερμοπερατότητας $U_{m,max} = 1,111 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Τελικά, το Νοσοκομείο παρουσιάζει μέσο συντελεστή θερμοπερατότητας ίσο με:

$$U_m = \frac{\sum_{j=1}^n A_j * U_j * b}{\sum_{j=1}^n A_j} = \frac{3.320,19}{1.877,8} = 1,77 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Στον υπολογισμό του U_m δε λήφθηκε καθόλου υπόψη ο υπολογισμός των θερμογεφυρών στα όρια του κελύφους. Ο μειωτικός συντελεστής στην περίπτωση αυτή είναι παντού $b=1$. Ένας απλός τρόπος για να ληφθούν υπόψη οι θερμογέφυρες στο μέσο συντελεστή θερμοπερατότητας είναι η προσαύξηση του τελευταίου κατά 0,1. Έτσι, τελικώς προκύπτει:

$$U_m = 1,87 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Η τιμή αυτή υπερβαίνει την μέγιστη επιτρεπόμενη ($U_{m,max}=0,9 \text{ W/m}^2\text{K}$) και το κτίριο κρίνεται θερμομονωτικά ενεργοβόρο. Η υπέρβαση του μέσου επιτρεπόμενου συντελεστή θερμοπερατότητας ήταν όντως αναμενόμενη, καθώς το κτίριο δεν είναι επαρκώς θερμομονωμένο.

3.6.5 Συμπεράσματα

Το κτίριο χτίστηκε το 1978 και μέχρι σήμερα δεν έχει υποστεί καμία βελτιωτική παρέμβαση σε ότι αφορά την θερμομόνωση του εκτός από τα νέα κουφώματα με τους δίδυμους υαλοπίνακες στις δύο κύριες όψεις το έτος 2009.

Το αποτέλεσμα της μελέτης θερμομόνωσης ήταν αναμενόμενο. Τα επιμέρους δομικά στοιχεία δεν πληρούν τις προδιαγραφές και είναι αρκετά εκτός των ορίων σύμφωνα με την οδηγία του Τ.Ο.ΤΕΕ.. Τα δομικά στοιχεία, όπως η εξωτερική τοιχοποιία και τα δάπεδα σε επαφή με το έδαφος, είναι ελλιπώς θερμομονωμένα και ο φέρον οργανισμός του κτιρίου εντελώς αμόνωτος. Μόνο οι οριζόντιες επιφάνειες και οι οροφές που χωρίζουν θερμαινόμενο χώρο από τον ελεύθερο αέρα είναι εντός των επιτρεπτών ορίων.

Κεφάλαιο 4. Αποτελέσματα Μετρήσεων με Καταγραφικό Εξοπλισμό

4.1 Θερμογράφιση

4.1.1 Εισαγωγή

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

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

4.1.2 Βασικά στοιχεία λειτουργίας μιας θερμοκάμερας

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

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

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

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

4.1.3 Διαδικασία λήψης θερμοφωτογραφιών

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

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

4.1.4 Ιδανικές συνθήκες θερμογράφησης

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

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

- Για αρκετές ώρες πριν την έναρξη της θερμογραφικής απεικόνισης και για όσο διάστημα είναι σε εξέλιξη, το σχετικό τμήμα του κτιρίου δεν πρέπει να φωτίζεται απευθείας από την ηλιακή ακτινοβολία, γι' αυτό το λόγο οι πρώτες πρωινές ώρες (7:00-10:00) είναι ιδανικότερες
- Ιδανικά, για τον εντοπισμό διαρροών αέρα στο κτίριο, απαιτείται αρνητική πίεση στο εσωτερικό της κατασκευής περίπου 10-50 Pa.

4.1.5 Θερμογέφυρες

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

Σύμφωνα με το πρότυπο ISO/DIS 14683, οι θερμογέφυρες διακρίνονται σε δύο τύπους: γραμμικές και σημειακές. Οι γραμμικές θερμογέφυρες έχουν ομοιόμορφη διατομή κατά μία διάσταση, ενώ οι σημειακές δεν έχουν σε καμία διάσταση. Για τις ανάγκες του ενεργειακού επιθεωρητή, δίνεται έμφαση στις γραμμικές θερμογέφυρες γιατί έχουν μεγαλύτερη συγκριτικά επίδραση στη θερμική συμπεριφορά του κτιριακού κελύφους. Οι σημειακές θερμογέφυρες εμφανίζονται στις ενώσεις των θερμογεφυρών και η επίδρασή τους στις θερμικές ανταλλαγές, είναι συχνά πολύ αμελητέα.

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

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

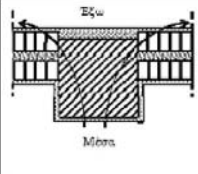
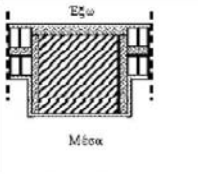
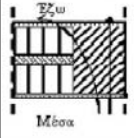
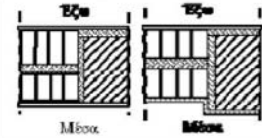
- Κατασκευαστικούς λόγους που καθιστούν δυσχερή ή πρακτικά αδύνατη την πλήρη θερμομονωτική προστασία της κατασκευής

- Αλλαγή της σύνθεσης των υλικών ή της διαδοχής των στρώσεων ενός φαινομενικά ενιαίου δομικού στοιχείου (π.χ. σημείο συναρμογής στοιχείου του φέροντος οργανισμού και τοιχοποιίας πλήρωσης)
- Διακοπή της συνέχειας της θερμομονωτικής στρώσης σε κάποια θέση του εξωτερικού περιβλήματος
- Συνάντηση δύο κάθετων μεταξύ τους δομικών στοιχείων, των οποίων η πλήρης θερμομονωτική προστασία είναι δυσχερής ή πρακτικά ανέφικτη
- Απουσία θερμομονωτικής στρώσης ή μείωση του πάχους της
- Διέδρες ή τρίεδρες εξωτερικές γωνίες, εμβαδό της εξωτερικής επιφάνειας των οποίων αντιστοιχεί πολύ μικρότερο εμβαδό εσωτερικής επιφάνειας

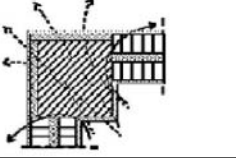
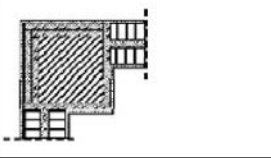
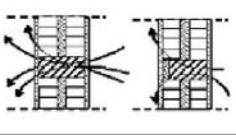
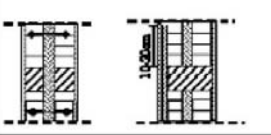
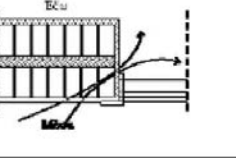
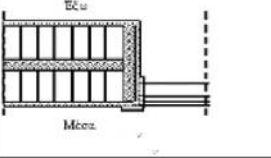
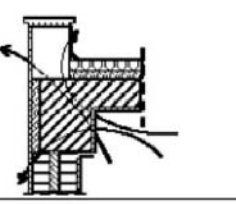
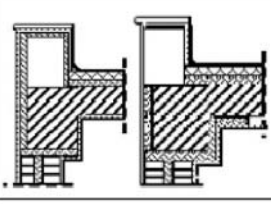
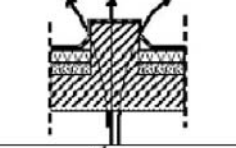
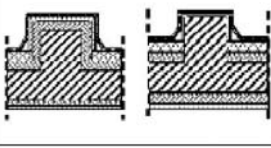
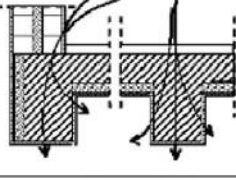
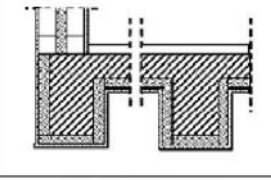
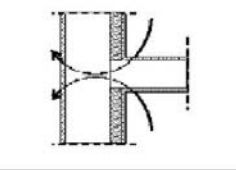
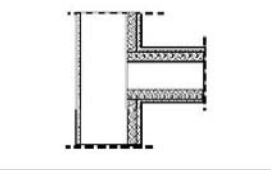
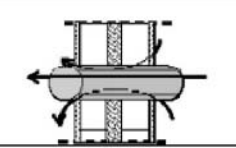
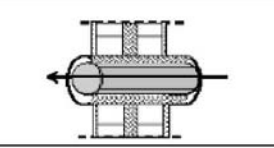
Γενική κατεύθυνση για την αποφυγή εμφάνισης θερμογεφυρών σε μία κατασκευή αποτελεί η πλήρης θερμική προστασία της. Ωστόσο, πρακτικά δεν είναι εφικτή η κατασκευή ενός συμβατικού κτιρίου χωρίς τη δημιουργία θερμογεφυρών. Αυτό ισχύει όχι απαραίτητα επειδή δε θα έχει εκπονηθεί σωστά η προβλεπόμενη από τον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

Επισημαίνεται ότι σε ορισμένες περιπτώσεις, η αποφυγή των θερμογεφυρών είναι οικονομικά ασύμφορη, καθώς το όφελος από την εξάλειψή τους είναι δυσανάλογα μικρό σε σχέση με τη συνθετότητα και το κόστος των λύσεων για την αντιμετώπισή τους.

Οι διαφορετικές περιπτώσεις θερμογεφυρών μπορούν να ομαδοποιηθούν σε επιμέρους γενικότερες κατηγορίες με κατ' εξοχήν κριτήριο τις δυνατότητες επέμβασης για βελτίωση της ενεργειακής συμπεριφοράς των δομικών στοιχείων. Στην πινακοποίηση που ακολουθεί (Σχήμα 4.2.1, 4.2.2) δίνονται επιγραμματικά οι βασικότερες κατηγορίες θερμογεφυρών, η σχηματική παράσταση της θέσης τους και τεχνικές επεμβάσεις για τον κατά το δυνατόν και περιορισμό των θερμικών απωλειών από αυτές:

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

Σχήμα 4.2.1: Κατηγορίες θερμογεφυρών με σχηματική παράσταση της θέσης τους και τεχνικές επεμβάσεων για τον κατά το δυνατόν περιορισμό των θερμικών απωλειών από αυτές

<p>Αυξημένες θερμικές απώλειες λόγω διαφοράς εμβαδού στις δύο όψεις των γωνιακών δομικών στοιχείων</p>		
<p>Οι περίδεσμοι ενίσχυσης σε δικέλυφη τοιχοποιία με θερμομόνωση στον πυρήνα</p>		
<p>Διακοπή της θερμομόνωσης στις παραστάδες, στα υπέρθυρα των ανοιγμάτων και στις ποδιές των παραθύρων</p>		
<p>Οι απωλήξεις των εξωτερικών δομικών στοιχείων (στηθαία στα δώματα, αντισταμμένα δοκάρια και διπλά στηθαία για τη διαμόρφωση αρμών διαστολής)</p>		
		
<p>Τα ενδιάμεσα και περιμετρικά δοκάρια στις θέσεις των δοκών στην οροφή υπογείου ή πιλοτής</p>		
<p>Διακοπή της συνέχειας της θερμομονωτικής στρώσης σε θέση εγκάρσιας συναρμογής εξωτερικού κελύφους με εσωτερικό τοίχο</p>		
<p>Οπτόπλινθοι με τις οπές κάθετα στο εξωτερικό περιβλήμα του κτιρίου</p>		
<p>Η προέκταση των φερόντων στοιχείων πέραν του κύριου όγκου του κτιρίου (πρόβολοι)</p>		
<p>Τα σημεία διέλευσης σωληνώσεων ύδρευσης, αποχέτευσης, κεντρικής θέρμανσης, αερίου, καμινάδων, αεραγωγών κτλ.</p>		

Σχήμα 4.2.2: Κατηγορίες θερμογεφυρών με σχηματική παράσταση της θέσης τους και τεχνικές επεμβάσεων για τον κατά το δυνατόν περιορισμό των θερμικών απωλειών από αυτές

4.1.6 Θερμοκάμερα

Τα μοντέλα της θερμοκάμερας που χρησιμοποιήθηκαν για την εκπόνηση της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας είναι η υπέρυθρη κάμερα FLIR B40 και FLIR B50. Το τελευταίο μοντέλο φαίνεται και στην παρακάτω εικόνα (Εικόνα 4.1.6.1).



Εικόνα 4.1: Flir B50

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

Η κάμερα υπέρυθρων μετράει και απεικονίζει την υπέρυθρη ακτινοβολία που εκπέμπεται από ένα αντικείμενο. Η ακτινοβολία αυτή είναι συνάρτηση της επιφανειακής θερμοκρασίας του αντικειμένου, άρα επιτρέπει στην κάμερα με κατάλληλο λογισμικό να υπολογίζει και να εμφανίζει την εν λόγω θερμοκρασία. Η κατανομή θερμοκρασιών σε διάφορες επιφάνειες απεικονίζεται μέσω γραφικών εικόνων. Τα θερμογραφήματα της θερμοκάμερας μπορούν να αποθηκευτούν σε ηλεκτρονική συσκευή αποθήκευσης. Στη συνέχεια, χρησιμοποιώντας το λογισμικό Flir QuickReport της εταιρίας Flir Systems, οι εικόνες μπορούν να επεξεργαστούν περαιτέρω σε υπολογιστή, έτσι ώστε να εξαχθούν ασφαλή συμπεράσματα. Συγκεκριμένα, η χρήση του λογισμικού δίνει τη δυνατότητα για επεξεργασία των εικόνων, δημιουργία ισόθερμων, προσδιορισμός θερμότερου και ψυχρότερου σημείου, αλλαγή του εύρους κλίμακας της θερμοκρασίας, αλλαγή της χρωματικής παλέτας κ.ά. Η χρήση του λογισμικού και η επεξεργασία των εικόνων είναι αναπόσπαστο κομμάτι υπέρυθρης θερμογραφίας και παίζει καθοριστικό ρόλο για τη σωστή ερμηνεία των θερμογραφημάτων.

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

- Συντελεστής εκπομπής του αντικειμένου
- Φαινόμενη θερμοκρασία ανάκλασης
- Απόσταση του αντικειμένου
- Σχετική υγρασία
- Θερμοκρασία της ατμόσφαιρας

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

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

4.1.7 Διεξαγωγή των μετρήσεων

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

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

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

Για τη θερμογράφιση του κτιριακού κελύφους κανονικά πρέπει να επιλέγεται μία μέρα που να είναι κρύα και συννεφιασμένη, για την αποφυγή της θέρμανσης των τοίχων από την προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία (η χρήση εξωτερικών θερμικών πηγών είναι επιθυμητή μόνο στις περιπτώσεις της ενεργητικής θερμογραφίας). Σε ιδανικές συνθήκες, για αρκετές ώρες πριν από την έναρξη της θερμογραφικής απεικόνισης και για όσο διάστημα συνεχίζεται αυτή, το σχετικό τμήμα του κτιρίου δεν πρέπει να φωτίζεται απ' ευθείας από τον ήλιο. Ακόμα, θα πρέπει η εσωτερική θερμοκρασία να είναι αρκετά μεγαλύτερη από την εξωτερική, τουλάχιστον +10 °C, έτσι ώστε να είναι δυνατόν να εντοπιστούν οι απώλειες θερμότητας από το κέλυφος του κτιρίου καθώς και τα σημεία όπου η υπάρχουσα μόνωση είναι υποβαθμισμένη.

Στη συγκεκριμένη περίπτωση, η διαδικασία θερμογράφισης διεξήχθη συνολικά 2 φορές στο Νοσοκομείο:

- Η 1^η πραγματοποιήθηκε Παρασκευή 11 Μαρτίου 2011 κατά τις πρωινές ώρες με εξωτερική θερμοκρασία 9°C, εσωτερική θερμοκρασία 22 έως 25°C και υγρασία 45% και η 2^η πραγματοποιήθηκε Τρίτη 15 Μαρτίου 2011 κατά τις πρωινές ώρες με εξωτερική θερμοκρασία 16°C, εσωτερική θερμοκρασία 22 έως 25°C και υγρασία 47%.

- Κατά την 1^η θερμογράφιση εξήχθησαν και τα περισσότερα αποτελέσματα καθώς είχαμε διαφορά εσωτερικής και εξωτερικής θερμοκρασίας άνω των 10°C

4.1.8 Παρουσίαση και σχολιασμός θερμογραφημάτων

Πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις αρχικά στο εξωτερικό κτιριακό κέλυφος και στη συνέχεια στο εσωτερικό του κτιριακού κελύφους.

Στην επεξεργασία των θερμογραφημάτων με το λογισμικό Flir QuickReport, ορίστηκαν οι παράμετροι ως εξής:

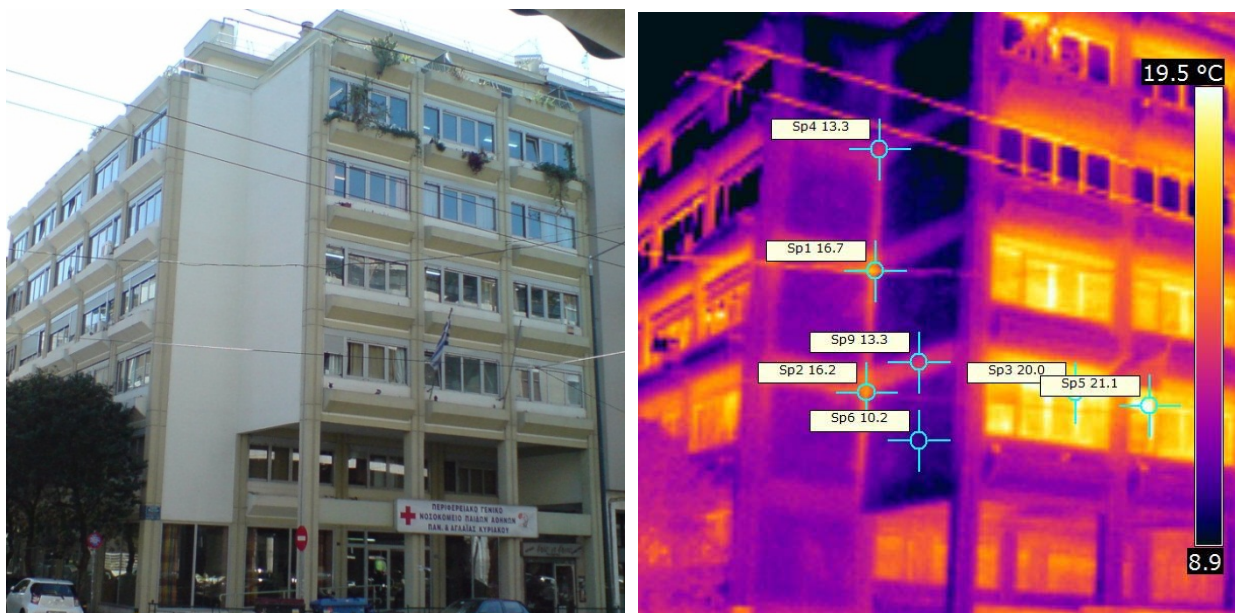
- $\epsilon = 0,97$
- Θερμοκρασία ατμόσφαιρας: όπως μετρήθηκε με το υγρασιόμετρο σχετική υγρασία: όπως μετρήθηκε με το υγρασιόμετρο
- Θερμοκρασία ανάκλασης: όπως μετρήθηκε με τη θερμοκάμερα πάνω σε μία λεία επίπεδη επιφάνεια καλυμμένη με αλουμινοχαρτό.

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

Από την 1^η θερμογράφιση (Παρασκευή 11 Μαρτίου 2011 κατά τις πρωινές ώρες με εξωτερική θερμοκρασία 9°C, εσωτερική θερμοκρασία 22 έως 25°C και υγρασία 45%) που πραγματοποιήθηκαν στο Νοσοκομείο προκύπτουν οι εξής παρατηρήσεις:

4.1.8.1 Θερμογράφιση κελύφους

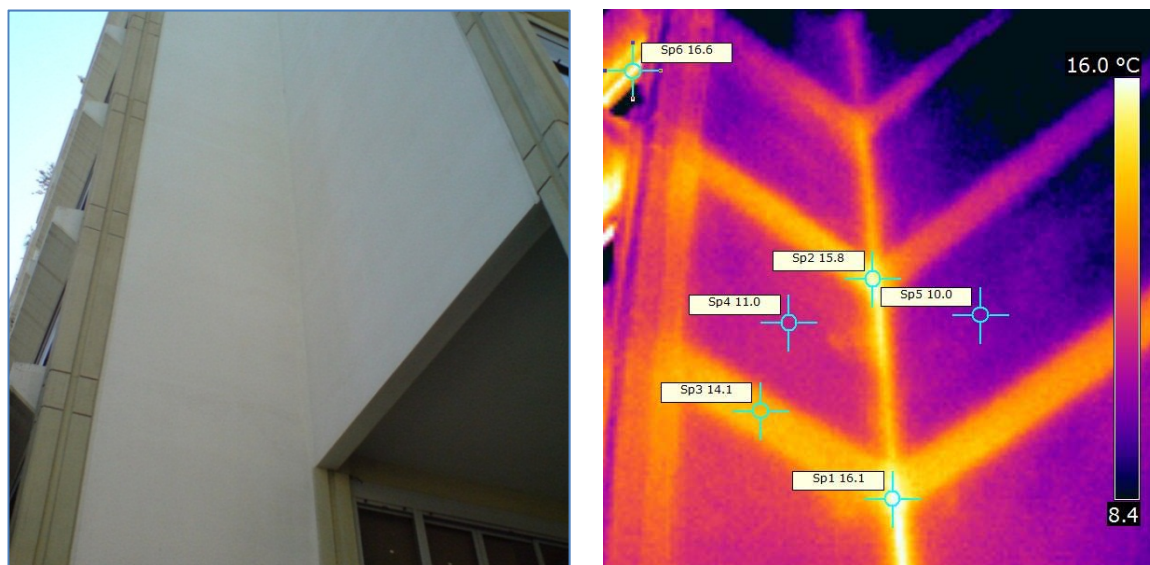
Στην Εικόνα 4.2 φαίνεται μια γενική άποψη των κύριων όψεων του Νοσοκομείου:



Εικόνα 4.2: Γενική άποψη των κύριων όψεων του Νοσοκομείου (Λεωφ. Μεσογείων και Αγίου Θωμά)

Στην Εικόνα 4.3 φαίνονται καλύτερα οι θερμογέφυρες στα σημεία συναρμογής των στοιχείων του φέροντος οργανισμού και της τοιχοποιίας πλήρωσης. Στις θερμογέφυρες

έχουμε θερμοκρασία 16°C. Επίσης φαίνεται ότι ο φέρον οργανισμός του κτιρίου είναι αμόνωτος έχοντας θερμοκρασία 14°C ενώ η τοιχοποιία πλήρωσης που είναι μερικώς μονωμένη έχει θερμοκρασία μόλις 10°C:

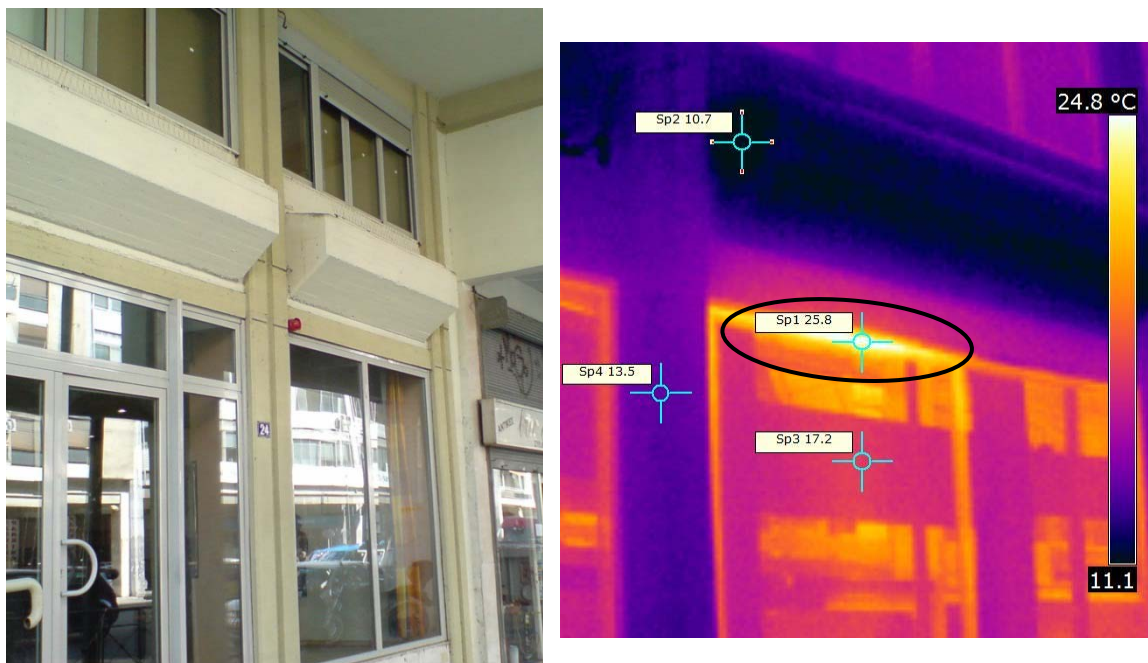


Εικόνα 4.3: Λεπτομέρεια των όψεων επί της Λεωφ. Μεσογείων και Αγίου Θωμά

Στις Εικόνες 4.4 & 4.5 διαπιστώνεται ένα σημαντικό πρόβλημα διαφεύγουσας θερμοκρασίας από τα κουφώματα των καινούργιων διπλών υαλοπινάκων στο ισόγειο λόγο λανθασμένης τοποθέτησης. Ο τοίχος δεν ενώνεται με το κούφωμα αφήνοντας 2mm κενό με αποτέλεσμα την ύπαρξη ροής αέρα από το εσωτερικό προς το εξωτερικό:

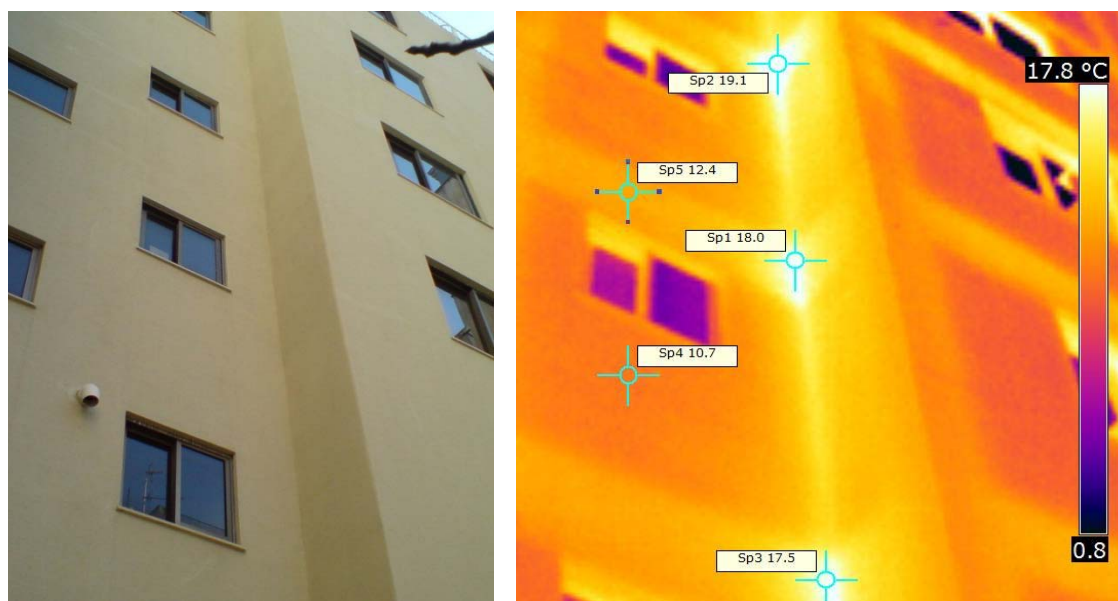


Εικόνα 4.4: Όψη των υαλοπινάκων/κουφωμάτων του ισογείου επί της οδού Αγίου Θωμά



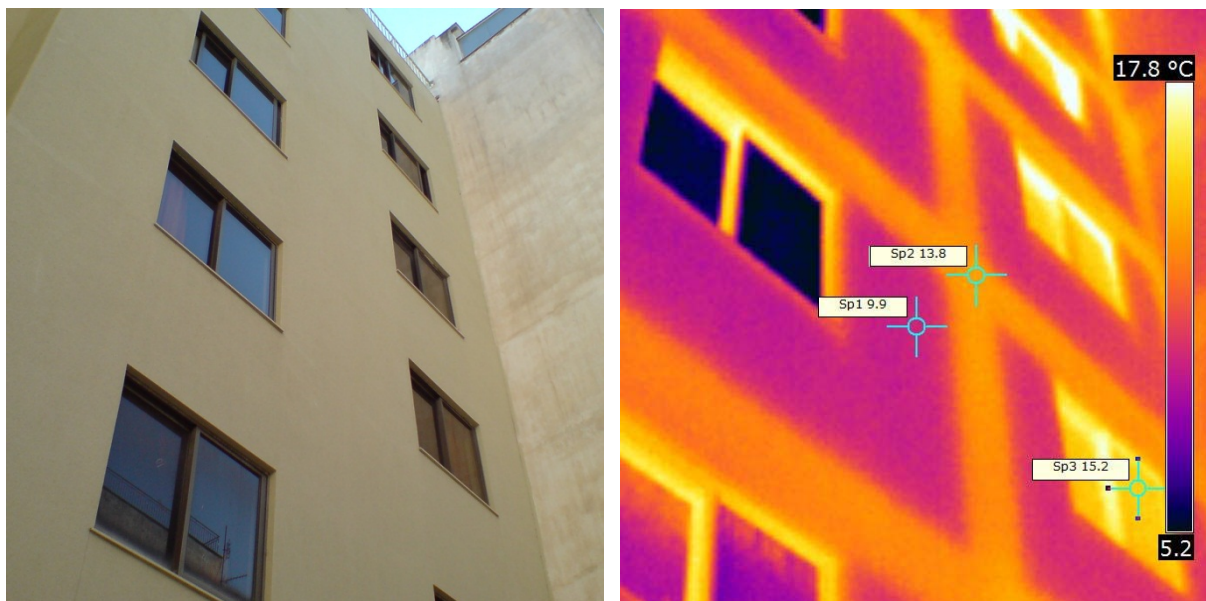
Εικόνα 4.5: Όψη των υαλοπινάκων/κουφωμάτων του ισογείου επί της Λεωφ. Μεσογείων

Στις Εικόνες 4.6 & 4.7 εμφανίζεται το εξωτερικό τμήμα του acáλυπτου. Στις θερμογέφυρες έχουμε θερμοκρασία 18°C, το αμόνωτο σκυρόδεμα είναι στους 13°C και η τοιχοποιία πλήρωσης στους 10°C:



Εικόνα 4.6: Όψη του acáλυπτου χώρου

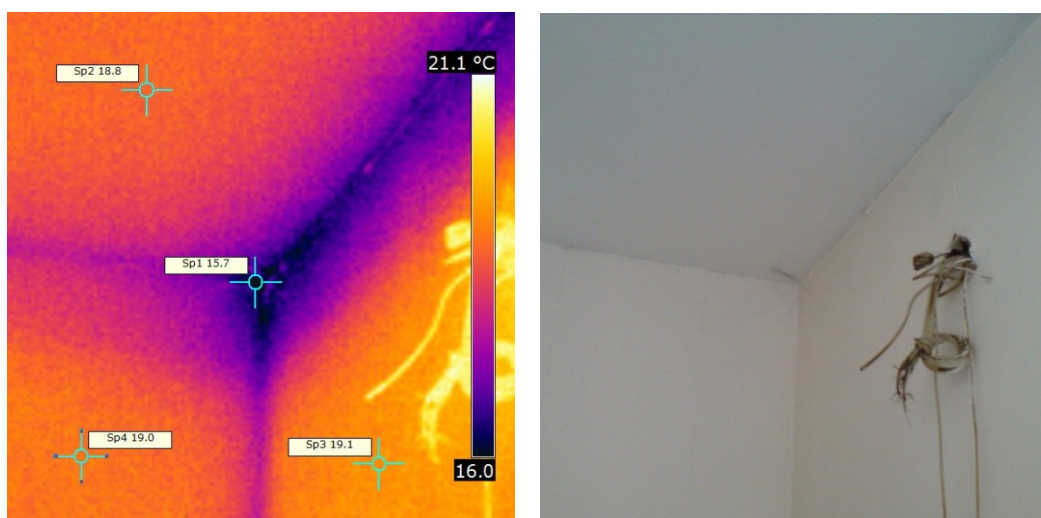
Στην Εικόνα 4.7 παρατηρείται επίσης την κακή μόνωση των παλαιών κουφωμάτων και υαλοπινάκων που χρήζουν αλλαγή. Επίσης παρατηρούμε ότι και στον acáλυπτο ο φέρον οργανισμός του κτιρίου είναι αμόνωτος, ενώ τα τοιχία πλήρωσης έχουν κάποια σχετική μόνωση:



Εικόνα 4.7: Όψη του ακάλυπτου χώρου

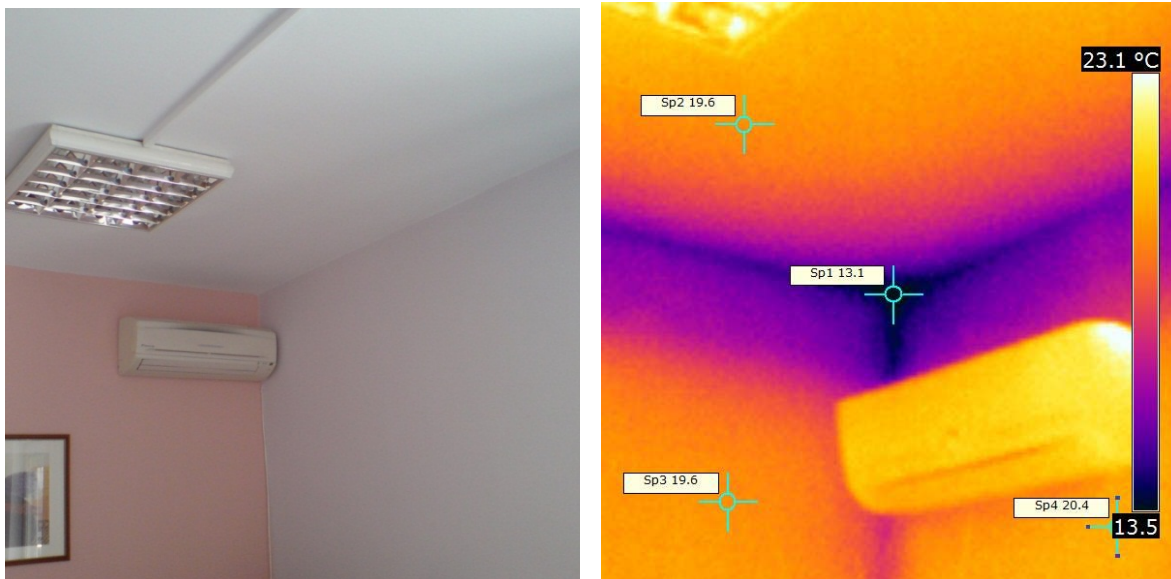
4.1.8.2 Εσωτερική Θερμογράφιση

Στην Εικόνα 4.8 φαίνεται μια γωνία από το δώμα του κτιρίου και είναι εμφανές ότι λόγω ασυνέχειας της θερμομόνωσης, έχουμε θερμογέφυρα στο σημείο ένωσης διαφορετικών υλικών. Ενώ τα τοιχία είναι στους 20°C το σημείο σύνδεσης είναι στους 16°C:



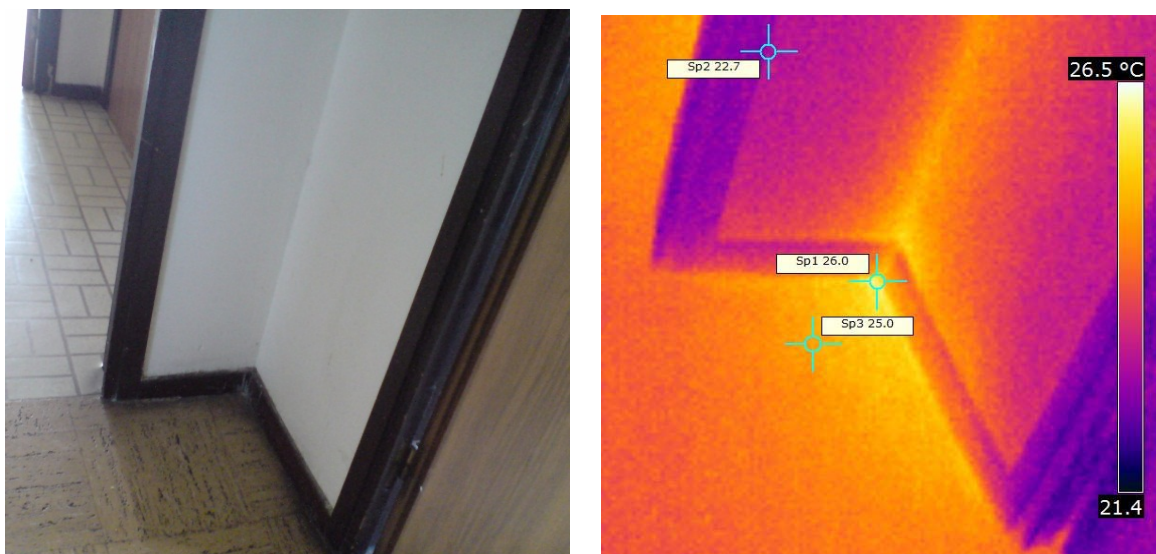
Εικόνα 4.8: Όψη της γωνίας του δώματος

Το ίδιο πρόβλημα σημειώνεται και στον 6^ο όροφο στην Εικόνα 4.9. Ενώ τα τοιχία είναι στους 20°C, το σημείο σύνδεσης των διαφορετικών υλικών τοιχοποιίας είναι στους 13°C:



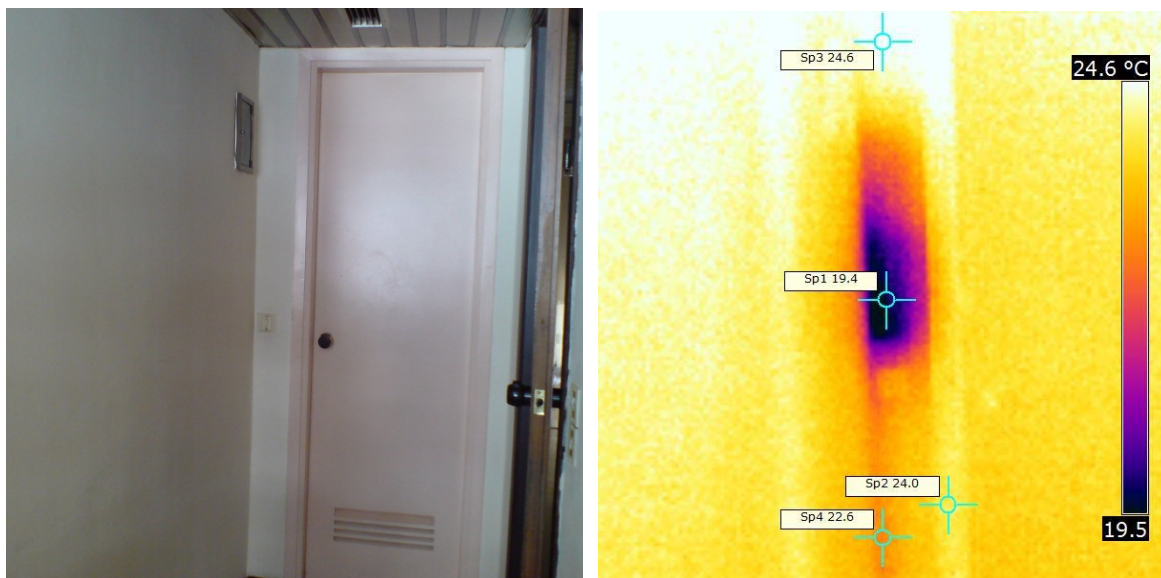
Εικόνα 4.9: Όψη γωνίας γραφείου του 6^{ου} ορόφου

Στην Εικόνα 4.10 παρατηρείται το αμόνωτο δάπεδο των ορόφων και την ύπαρξη θερμογέφυρας. Ενώ τα τοιχία είναι στους 22°C το δάπεδο είναι στους 25°C και η γωνιά στους 26°C:



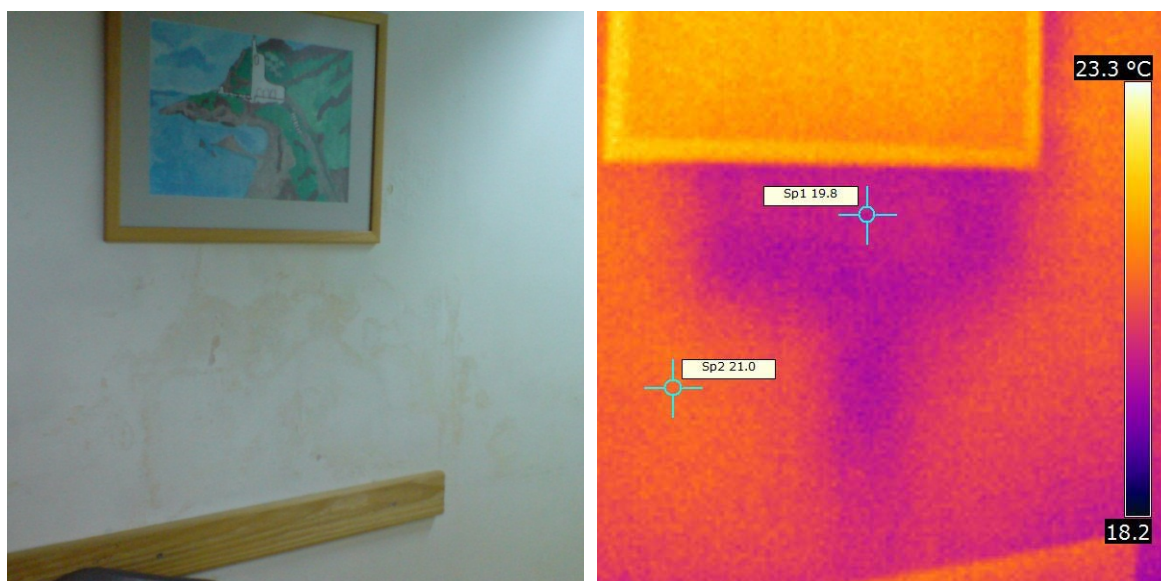
Εικόνα 4.10: Όψη δαπέδου 4^{ου} ορόφου

Στην Εικόνα 4.10 διακρίνεται υγρασία (με το σκούρο χρώμα) στον 5^ο όροφο λόγω διαρροής από τα υδραυλικά του μπάνιου. Ενώ τα τοιχία είναι στους 24°C στο σημείο της υγρασίας είναι 19°C:



Εικόνα 4.11: Όψη τοιχίου 5^{ου} ορόφου

Και στην Εικόνα 4.12 παρατηρείται υγρασία (το σκουρότερο χρώμα/μοβ) από τα υδραυλικά του μπάνιου:

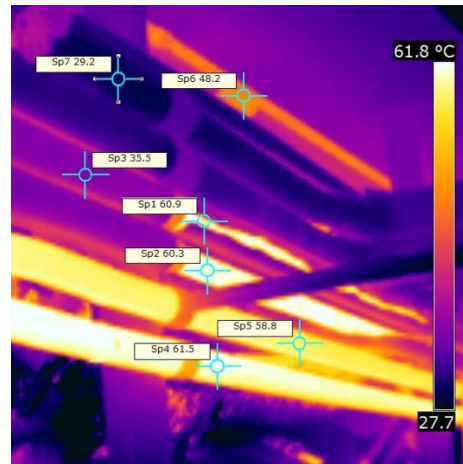


Εικόνα 4.12: Όψη τοιχίου 1^{ου} ορόφου του Διαβητολογικού

Στις επόμενες τρεις όψεις του λεβητοστασίου 1,2 και 3 στην Εικόνα 4.13 φαίνονται τα προβλήματα της φθαρμένης μόνωσης στους σωλήνες νερού του λεβητοστασίου και η ανάγκη αντικατάστασης τους. Ενώ στα σημεία όπου η μόνωση είναι καλή έχουμε 30°C, στα σημεία που έχει καταστραφεί είναι στους 60°C+:

Εικόνα 4.13: Όψεις 1,2 και 3 λεβητοστασίου στο υπόγειο

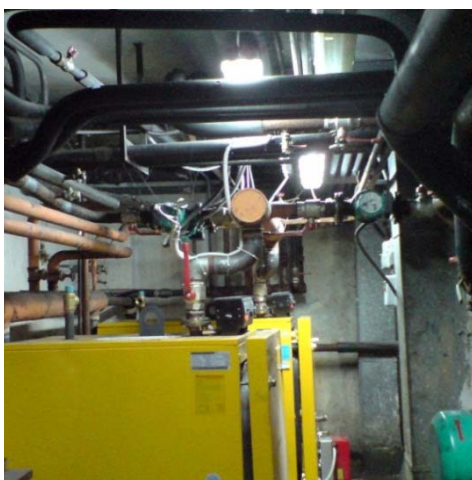
1.



2.

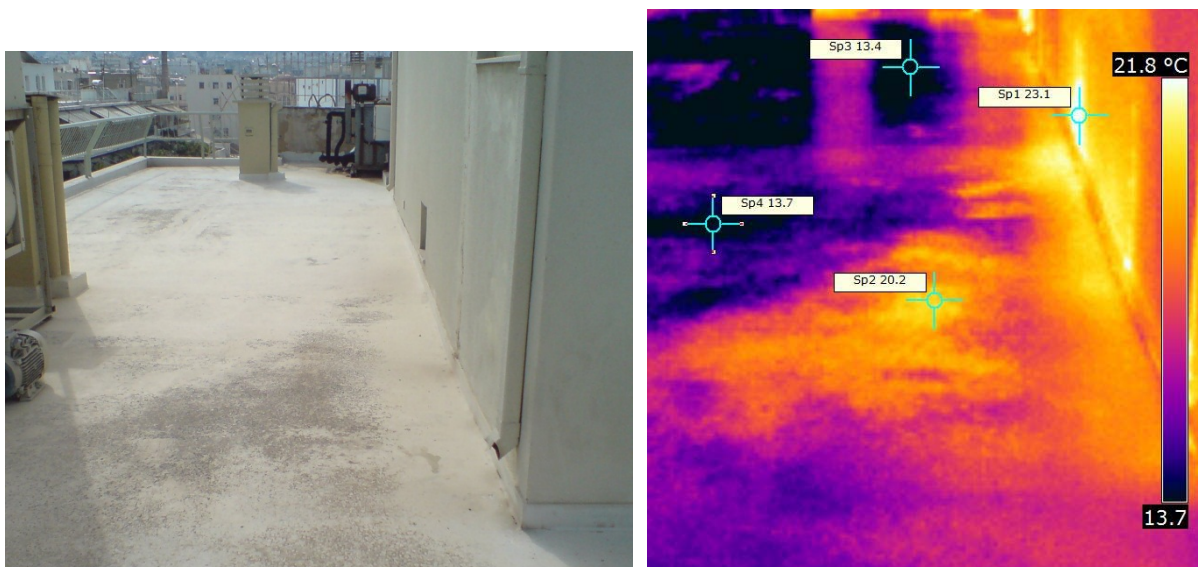


3.



Από την 2^η θερμογράφιση (Τρίτη 15 Μαρτίου 2011 κατά τις πρωινές ώρες με εξωτερική θερμοκρασία 16°C, εσωτερική θερμοκρασία 22 έως 25°C και υγρασία 47%) που πραγματοποιήθηκε στο Νοσοκομείο προκύπτουν οι εξής παρατηρήσεις:

Η Εικόνα 4.14 τραβήχτηκε με μικρή ηλιοφάνεια. Στην ταράτσα παρατηρούμε ύπαρξη υγρασίας στις περιοχές με την μεγαλύτερη θερμοκρασία καθώς το νερό λόγω της ηλιοφάνειας ζεσταίνεται γρηγορότερα με αποτέλεσμα την αύξηση της θερμοκρασίας στους 20°C έναντι των 13°C της φυσιολογικής θερμοκρασίας για το δώμα την δεδομένη στιγμή:



Εικόνα 4.14: Όψη δώματος

Στην Εικόνα 4.15 παρατηρούνται οι θερμικές απώλειες από την παλαιά θήρα και κούφωμα για την έξοδο στο δώμα. Ενώ τα τοιχεία έχουν θερμοκρασία περιβάλλοντος 16°C η πόρτα είναι στους 21°C (όσο και η εσωτερική θερμοκρασία):



Εικόνα 4.15: Όψη της θύρας εισόδου στο δώμα

Τέλος διαπιστώνεται ότι υπάρχει πρόβλημα θερμοδιαφυγής από τα κουτιά των περιελισσόμενων περσίδων των κουφωμάτων από μέσα προς τα έξω (Εικόνα 4.16). Ενώ η εξωτερική θερμοκρασία είναι γύρω στους 16° C παρατηρούμε ότι από τα κουτιά των περσίδων υπάρχει σοβαρή απώλεια θερμότητας καθώς ο θερμαινόμενος εσωτερικός αέρας τα έχει ζεστάνει στους 22,3° C.



Εικόνα 4.16: Όψη επί της οδού Αγίου Θωμά

4.1.9 Συμπεράσματα

Συνοπτικά και συγκεντρωτικά τα προβλήματα που προέκυψαν από την θερμογράφιση του Νοσοκομείου είναι τα εξής:

1. Έλλειψη θερμομόνωσης σε όλα τα στοιχεία του φέροντα οργανισμού του κτιρίου.
2. Θερμογέφυρες εξωτερικά του κτιρίου λόγω διακοπής της συνέχειας της θερμομονωτικής στρώσης στο σημείο σύνδεσης στοιχείου του φέροντος οργανισμού και της τοιχοποιίας πλήρωσης.
3. Θερμογέφυρες εσωτερικά του κτιρίου λόγω της διακοπής της συνέχειας της θερμομονωτικής στρώσης στο σημείο της εγκάρσιας σύνδεσης του εξωτερικού κελύφους με τον εσωτερικό τοίχο.
4. Ελαττωματική εγκατάσταση καινούργιων κουφωμάτων στο επίπεδο του ισογείου και θερμοδιαφυγή από τα κουτιά των περιελισσόμενων περσίδων των κουφωμάτων των νέων υαλοπινάκων σε όλους τους ορόφους.
5. Θερμικές απώλειες από τα παλαιά κουφώματα και υαλοπίνακες από την μεριά του ακάλυπτου και από την παλαιά πόρτα στο δώμα.
6. Υγρασία από το ελαττωματικό δίκτυο των υδραυλικών στα μπάνια.
7. Φθαρμένη μόνωση στους σωλήνες νερού του δικτύου του συστήματος κεντρικής θέρμανσης/ψύξης.

4.2 Αναλυτής Καυσαερίων

4.2.1 Μετρητική διαδικασία

4.2.1.1 Όργανο μέτρησης

Η μέτρηση της απόδοσης καύσης του λέβητα καθώς και της ανάλυσης των καυσαερίων πραγματοποιήθηκε με τον αναλυτή KANE 900 PLUS. (Εικόνα 4.17)



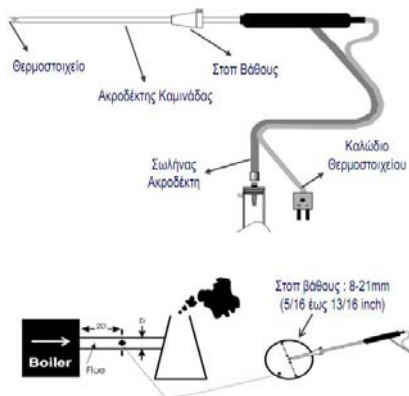
Εικόνα 4.17: Ηλεκτρονικός Αναλυτής Καυσαερίων KANE 900 PLUS

4.2.1.2 Περιγραφή μετρητικής διαδικασίας

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

Για τη λήψη των μετρήσεων εισάγεται το ακροφύσιο δειγματοληψίας (Εικόνα 4.18) του αναλυτή στην τρύπα δειγματοληψίας της καπνοδόχου φροντίζοντας ώστε αυτό να βρίσκεται περίπου στο μέσο της διατομής. Ο αναλυτής έχει τη δυνατότητα να παίρνει στιγμιαίες μετρήσεις οι οποίες αποθηκεύονται και στη συνέχεια τις ανακτώνται μέσω υπολογιστή ενώ υπάρχει και η επιλογή να ληφθεί η μέση τιμή των μετρήσεων που λαμβάνονται όσο ο αναλυτής είναι εν λειτουργία στο συγκεκριμένο λέβητα.

Ειδικότερα ο αναλυτής μετρά την θερμοκρασία περιβάλλοντος και καυσαερίων και υπολογίζει μεταξύ άλλων την περιεκτικότητά τους σε O₂, CO, CO₂, SO₂, NO και NO_x καθώς επίσης και τις απώλειες του λέβητα μαζί με την αποδοτικότητά του. Για τον υπολογισμό του δείκτη αιθάλης χρησιμοποιήθηκε μια ειδική τρύπα μέσω της οποίας απορροφάται σε ειδικό χαρτί μέρος των καυσαερίων το οποίο αναλόγως με την απόχρωση που εμφανίζεται στο χαρτί μας παραπέμπει στον κατάλληλο δείκτη της κλίμακας Brigon (Εικόνα 4.19).



Εικόνα 4.18: Μετρήσεις καυσαερίων λεβήτων με αναλυτή καυσαερίων



Εικόνα 4.19: Εργαλείο Brigon Smoke

4.2.2 Καταγραφή αποτελεσμάτων

Το Νοσοκομείο Παιδών περιλαμβάνει δύο όμοιους λέβητες Diesel ονομαστικής ισχύος 140.000 Kcal/h ο καθένας. Οι λέβητες χρησιμοποιούνται τόσο για το κεντρικό σύστημα θέρμανσης όσο και για το ζεστό νερό χρήσης. Κατά συνέπεια λειτουργούν εναλλάξ όλο τον χρόνο, κάθε μέρα και όλο το 24-ώρο. Οι λέβητες και οι καυστήρες αντικαταστάθηκαν τον Δεκέμβρη του 2009 (Εικόνα 4.20). Τα χαρακτηριστικά του καθενός είναι τα εξής:

Λέβητες:

- Μάρκα: Thermostahl S.A.
- Model: LD 140
- Output: 140.000 Kcal/h
- Fire Surface: 4,5 m
- Water Contents: 225 lt
- Temperature Range: 65-90 °C
- Operation Press: 4 BAR, Max 6 BAR
- Efficiency: 92%

Καυστήρες:

- Μάρκα: Riello Burners
- Model: Gulliver RG4S
- Thermal power: 118,5 – 237 kW
- Motor: Run current 2A-2730 rpm
- Absorbed electrical power: 0,39 kW



Εικόνα 4.20: Λέβητες / Καυστήρες Νοσοκομείου

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

Πίνακας 4.1: Οι μετρήσεις του αναλυτή καυσαερίων

Κτίριο	Νοσοκομείο Παίδων Α. & Π. Κυριακού, Μεσογείων 24	
Ονομαστική Ισχύς Λέβητα	140.000 kcal/h (Αριστερά)	140.000 kcal/h (Δεξιά)
Ημερομηνία	27-04-11	
Ώρα	12:12:40	12:21:40
Είδος Καυσίμου	Diesel Κίνησης	
Διαφορά θερμοκρασίας	160 °C	101 °C
Θερμοκρασία Καυσαερίων	186 °C	129 °C
Θερμοκρασία Χώρου	25.8 °C	27.5 °C
Οξυγόνο -O ₂	5.6 %	4.5 %
Διοξείδιο του άνθρακα -CO ₂	11.4 %	12.2 %
SMOKE (<i>Brigon smoke scale 0-9</i>)	3	1
Μονοξείδιο του άνθρακα -CO	5 ppm	11 ppm
Μονοξείδιο του αζώτου -NO	61 ppm	61 ppm
Οξειδία του αζώτου -NOx	64 ppm	64 ppm
Περίσσεια αέρα –λ	36,6%	27,4%
Απώλειες Καυσαερίων	7.1 %	4.2 %
Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης – EFF (N)	92.9 %	95.8 %

Τα όρια καλής λειτουργίας της κεντρικής θέρμανσης σύμφωνα με το Φύλο Εφημερίδας Κυβέρνησης 369/Β/24.5.93 (ΥΠ. ΑΟΦ. ΑΡ. ΟΙΚ. 10315/93) παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.2:

Πίνακας 4.2: Όρια καλής λειτουργίας κεντρικής θέρμανσης

Θερμοκρασία Καυσαερίων	180 -280°C
Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης	80% min
CO ₂	10% min
Δείκτης Αιθάλης	0-1 Bacharat

4.2.3 Ανάλυση των παραμέτρων

Απόδοση Καύσης (Βαθμός Απόδοσης)

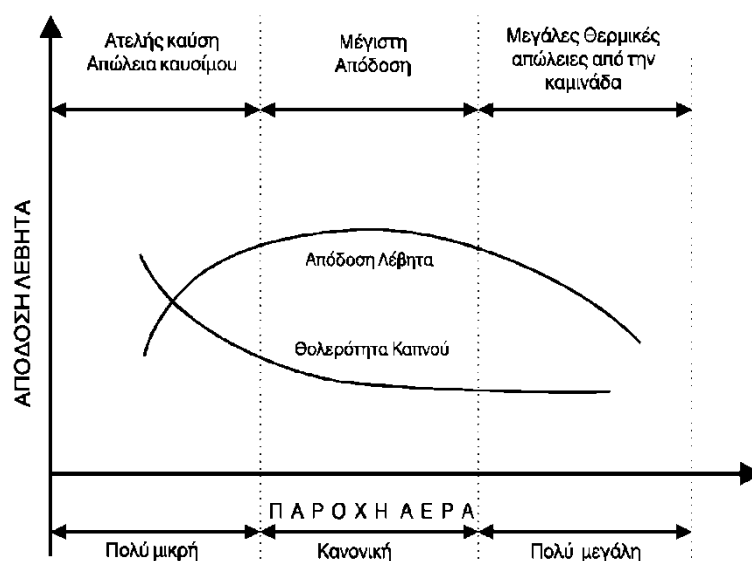
Η απόδοση καύσης εκφράζει το ποσοστό της ενέργειας του καυσίμου που αποδίδεται σαν χρήσιμη θερμική ενέργεια. Ο βαθμός απόδοσης εκφράζει το ποσοστό από το καύσιμο που καταναλώνεται στο λέβητα, το οποίο αξιοποιείται πράγματι για την παραγωγή ατμού ή την θέρμανση νερού. Ένα μέρος της ενέργειας του καυσίμου μένει ανεκμετάλλευτο α) λόγω απαγωγής των θερμών καυσαερίων στο περιβάλλον, β) λόγω ατελούς καύσης γ) λόγω θέρμανσης κάποιας ποσότητας αέρα. και δ) λόγω απωλειών από τα τοιχώματα του λέβητα. Η τιμή της απόδοσης καύσης επηρεάζεται από όλα τα χαρακτηριστικά της καύσης και αποτελεί τον πιο αποτελεσματικό δείκτη για την πιστοποίηση της καλής λειτουργίας του καυστήρα. Κατά συνέπεια η απόδοση καύσης πρέπει να πλησιάζει την τιμή 100.

Θερμοκρασία καυσαερίων

Οι απώλειες θερμότητας από τα καυσαέρια είναι οι μεγαλύτερες και οι σημαντικότερες από τις συνολικές απώλειες ολόκληρου του συστήματος. Οι απώλειες από τα καυσαέρια είναι όμως, τις περισσότερες φορές, αυτές που ευκολότερα μπορούν να ελεγχθούν και να περιοριστούν με απλή ρύθμιση της αναλογίας αέρα/ καυσίμου που χρησιμοποιείται στο λέβητα. Η θερμοκρασία απαγωγής των καυσαερίων πρέπει να είναι πάνω από μία τέτοια θερμοκρασία έτσι ώστε να αποφεύγονται οι συμπυκνώσεις των καυσαερίων που οδηγούν σε διαβρώσεις και επίσης όχι πολύ υψηλή για να μην αυξάνονται οι θερμικές απώλειες των καυσαερίων. Διαβρώσεις δημιουργούνται από την συμπύκνωση της υγρασίας η οποία με το τριοξείδιο του Θείου (SO_3) που περιέχεται στα καυσαέρια δημιουργεί θειικό οξύ (H_2SO_4). Το τριοξείδιο του Θείου (SO_3) παράγεται από την καύση του θείου προς διοξείδιο του θείου (SO_2), το οποίο με την περίσσεια αέρα οξειδώνεται προς τριοξείδιο (SO_3).

Συντελεστής Lambda (Περίσσεια αέρα)

Είναι ο λόγος του παρεχόμενου αέρα στον καυστήρα προς τον στοιχειομετρικά απαιτούμενο για ιδανική καύση. Στοιχειομετρική καύση έχουμε όταν όλος ο άνθρακας, το υδρογόνο και το θείο του καυσίμου καίγονται προς διοξείδιο του άνθρακος, νερό και διοξείδιο του θείου με το ελάχιστο ποσό οξυγόνου. Για τον συνήθη τύπο μαζούτ η ποσότητα του οξυγόνου που απαιτείται για στοιχειομετρική καύση είναι περίπου 3,2 Kg οξυγόνου ανά Kg καυσίμου. Επειδή όμως ο αέρας περιέχει 21% κατ' όγκο (ή 23% κατά βάρος οξυγόνου), απαιτούνται θεωρητικά 13,8 Kg αέρα/ Kg καυσίμου. Όλη η ποσότητα του οξυγόνου καίγεται κατά την διάρκεια της καύσης ενώ το άζωτο απομακρύνεται προς την καμινάδα αφού προηγουμένως θερμανθεί απάγοντας έτσι σημαντικά ποσά θερμότητας προς το περιβάλλον. Για να γίνει πλήρης καύση θα πρέπει να υπάρχει πλήρης ανάμιξη του καυσίμου με τον αέρα, έτσι ώστε κάθε μόριο καυσίμου να έλθει σε επαφή με κάθε μόριο οξυγόνου και να ενωθούν. Όμως τόσο τέλεια ανάμιξη καυσίμου με οξυγόνο στην πράξη είναι αδύνατη. Για το λόγο αυτό θα πρέπει στον χώρο καύσης να υπάρχει περισσότερο οξυγόνο από το θεωρητικά απαιτούμενο στοιχειομετρικό για να επιτευχθεί πλήρης καύση. Διαφορετικά η καύση θα είναι ατελής με αποτέλεσμα την παραγωγή μονοξειδίου του άνθρακα ή και απαγωγής άκαυστου καυσίμου υπό μορφή αιθάλης.



Σχήμα 4.3: Διάγραμμα σχέσης παροχής αέρα προς την απόδοση του λέβητα και την θολερότητα των καυσαερίων.

Το ποσοστό της περίσσειας αέρα παίζει σημαντικό ρόλο στην απόδοση του λέβητα. Όταν υπάρχει μικρή περίσσεια αέρα η καύση είναι ατελής υπάρχει απώλεια καυσίμου και ο λέβητας "καπνίζει" ενώ αντίθετα όσο μεγαλύτερη είναι η περίσσεια αέρα τόσο περισσότερος αέρας περνάει από τον θάλαμο καύσης προς την καμινάδα και τόσο μεγαλύτερη είναι η ποσότητα θερμότητας που απάγεται προς το περιβάλλον. Και στις δύο περιπτώσεις η απόδοση του λέβητα είναι μειωμένη.

Η ατελής καύση που οφείλεται σε παροχή αέρα μικρότερη από την κανονική γίνεται εύκολα αντιληπτή εξαιτίας του καπνού που εκπέμπεται. Επίσης καύση με ποσότητα αέρα μικρότερη από την κανονική, συνεπάγεται και άλλες λειτουργικές δυσκολίες. Αυτός είναι και ο κυριότερος λόγος που αρκετοί λέβητες λειτουργούν με μεγάλη περίσσεια αέρα που δίνει διαυγή καυσαέρια και σταθερότερη λειτουργία. Έτσι όμως έχουμε αυξημένες απώλειες και επομένως μικρότερο βαθμό απόδοσης του λέβητα. (Σχήμα 4.3)

Μονοξείδιο του Άνθρακα

Είναι η ποσότητα CO που περιέχεται στα καυσαέρια σαν προϊόν ατελούς καύσης. Η τιμή της δίνεται σε μέρη όγκου ανά εκατομμύριο (Parts Per Million), σε κανονικές συνθήκες (Θερμοκρασία 0°C και πίεση 1 Atm) και πρέπει να είναι ελάχιστη. Όταν τα καυσαέρια περιέχουν:

- CO ή καπνό, χωρίς οξυγόνο σημαίνει ότι γίνεται ατελής καύση λόγω μικρής παροχής αέρα στον θάλαμο καύσης.
- CO ή καπνό, και συγχρόνως οξυγόνο μπορεί να οφείλεται σε δύο αιτίες:
 1. Κανονική παροχή αέρα στον θάλαμο καύσης αλλά κακή ανάμιξη αέρα- καυσίμου.

2. Μικρή παροχή αέρα στον θάλαμο καύσης, ενώ συγχρόνως εισροή δευτερογενή αέρα από διαρροές λόγω της υποπίεσης στον θάλαμο καύσης.

Αιθάλη (Καπνός)

Εκφράζει την περιεκτικότητα των καυσαερίων σε άκαυστο καύσιμο και μετράται σε μονάδες της κλίμακας Bacharach (εμείς χρησιμοποιήσαμε την κλίμακα Brigon). Η τιμή του θα πρέπει να πλησιάζει το 0 της κλίμακας. Σε αντίθετη περίπτωση ισχύει ότι και στην περίπτωση που το CO είναι αυξημένο.

Ποσότητα Οξειδίων Αζώτου

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

Ποσότητα Διοξειδίου του Θείου

Είναι η ποσότητα SO₂ που περιέχεται στα καυσαέρια, εκφρασμένη σε ppm. Η τιμή του εξαρτάται κυρίως από την περιεκτικότητα θείου στο καύσιμο και θα πρέπει να είναι όσο το δυνατόν μικρότερη.

Θερμικές Απώλειες Καύσης

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

4.2.4 Συμπεράσματα

Από τον πίνακα 1 φαίνεται αμέσως ότι ενώ για τον 1^ο λέβητα η θερμοκρασία των καυσαερίων είναι φυσιολογική, στον 2^ο λέβητα η θερμοκρασία τους είναι αρκετά χαμηλή (129^ο C). Η χαμηλή θερμοκρασία όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, δημιουργεί συμπυκνώσεις στα καυσαέρια που οδηγούν σε διαβρώσεις. Μετά από ενημέρωση της τεχνικής υπηρεσίας για το εν λόγω πρόβλημα, διαπιστώθηκε δυσλειτουργία στο σύστημα ψεκασμού πετρελαίου του λέβητα. Η δυσλειτουργία αυτή εξηγεί γιατί οι περισσότερες τιμές του δεξιού λέβητα ήταν εκτός των φυσιολογικών τιμών. Αναλυτικότερα:

Ο βαθμός απόδοσης σύμφωνα με τον κατασκευαστή και για τους δύο λέβητες είναι 92%. Ο αριστερά λέβητας έχει πολύ καλό βαθμό απόδοσης 92,9% που είναι λίγο μεγαλύτερος από του κατασκευαστή. Η διαφορά αυτή οφείλεται στο καύσιμο που χρησιμοποιείται. Αντί πετρελαίου θέρμανσης, χρησιμοποιείται πετρέλαιο κίνησης που είναι και πιο αποδοτικό. Για τον δεξιό όμως λέβητα είναι αφύσικα υψηλός 95,8% και δεν πρέπει να τον λάβουμε υπόψη μας καθώς λόγω του προβλήματος η θερμοκρασία καυσαερίων είναι πολύ μικρή και κατά συνέπεια δεν έχουμε απώλειες καυσαερίων.

Η περίσσεια αέρα είναι και για τους δύο κανονική ($\lambda=1,37$ στον δεξιά και $\lambda=1,28$ στον αριστερά)

Η ποσότητα οξυγόνου είναι κανονική και στους δύο λέβητες.

Η ποσότητα CO είναι φυσιολογική προς υψηλή στον αριστερό λέβητα ενώ μη φυσιολογική και πολύ υψηλή στον δεξιό λέβητα. Η υψηλή τιμή στον δεξιό λέβητα σημαίνει ότι η ανάμιξη του καυσίμου με τον αέρα δεν είναι καθόλου καλή. Αυτό εξηγείτε λόγο του ελαττωματικού ψεκασμού του πετρελαίου.

Η αιθάλη (καπνός) ενώ είναι φυσιολογική στον λέβητα που έχει το πρόβλημα, στον αριστερά είναι υψηλή κάτι που σημαίνει ότι παρ' όλο που όλες οι τιμές από τον αναλυτή είναι στα επιτρεπτά όρια, έχουμε άκαυστο καύσιμο άρα η καύση δεν γίνεται σωστά.

Επίσης προτάθηκε για άμεση εφαρμογή :

- Η άμεση αντικατάσταση των ελαττωματικών μπεκ στον δεξιό λέβητα και επανέλεγχος λειτουργίας του με τον αναλυτή καυσαερίων και
- Ο έλεγχος στο σύστημα ψεκασμού πετρελαίου του αριστερού λέβητα και επανέλεγχος με τεστ καπνού.

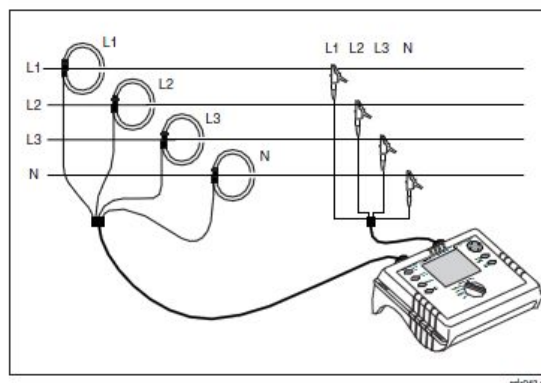
4.3 Αναλυτής ηλεκτρικής ενέργειας

4.3.1 Γενικά στοιχεία

Ο αναλυτής ηλεκτρικής ενέργειας είναι ένα όργανο που χρησιμοποιείται για τις μετρήσεις ηλεκτρικών μεγεθών.



Εικόνα 4.21: Ηλεκτρικός Αναλυτής Ενέργειας Fluke 1735



Εικόνα 4.22: Συνδεσμολογία αστέρα

Οι μετρήσεις περιλαμβάνουν στιγμιαίες και προγραμματισμένης διάρκειας μετρήσεις ανά φάση και στο σύνολο τάσης, έντασης, φαινόμενης άεργου και ενεργού ισχύος, συνφ, ενέργειας. Οι μετρήσεις είναι στιγμιαίες και ανανεώνονται ανάλογα με τον χρόνο καταγραφής. Επίσης υπάρχει η δυνατότητα αποθήκευσης των μετρήσεων στη μνήμη (memory rack) για μεγάλο χρονικό διάστημα. Εκτός από τις προγραμματισμένης διάρκειας μετρήσεις, ο αναλυτής ενέργειας προσφέρει και στιγμιαίες μετρήσεις. Οι αποθηκευμένες στη μνήμη (memory rack) μετρήσεις αναλύονται και επεξεργάζονται με το λογισμικό πακέτο FLUKE Power Log 2.9.2 Software. Από τα αποτελέσματα αυτά δημιουργούνται γραφήματα στα οποία απεικονίζεται η απορρόφηση ισχύος κατά την χρονική περίοδο της μέτρησης καθώς και η διακύμανση του συνφ. Ακόμη αναγράφεται και η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας σε kWh του μετρούμενου μηχανήματος για την συγκεκριμένη χρονική περίοδο καθώς και η άεργος ισχύς ανά φάση και στο σύνολο των τριών φάσεων.

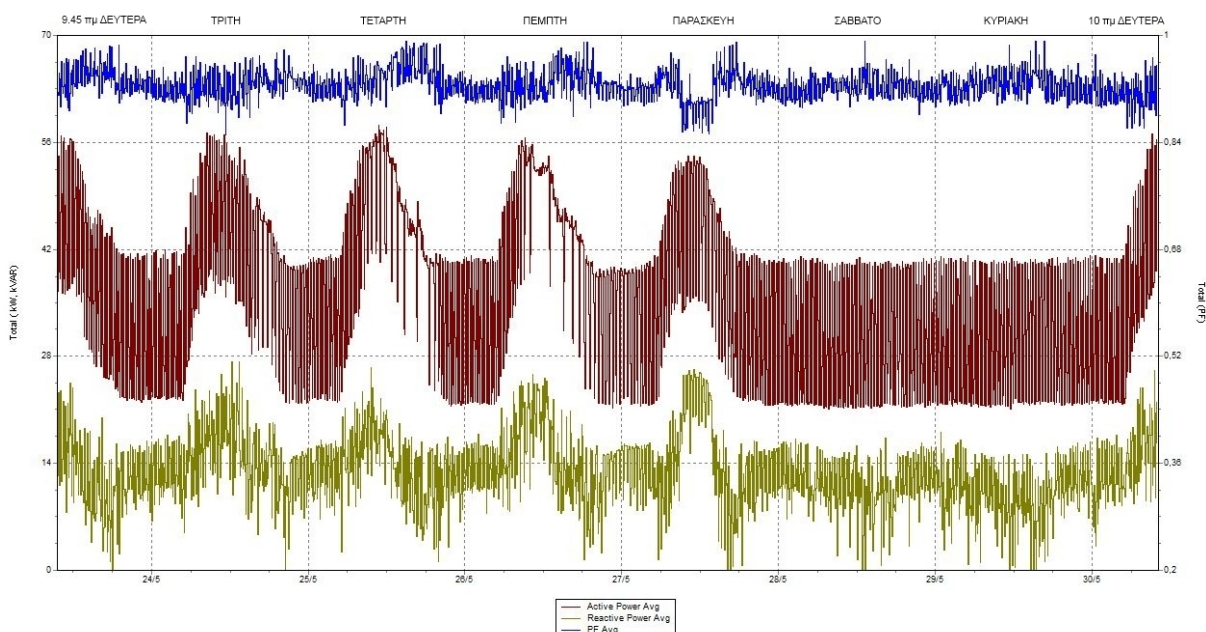
Για τους σκοπούς της ενεργειακής επιθεώρησης στο Νοσοκομείο χρησιμοποιήθηκε ο αναλυτής ηλεκτρικής ενέργειας Fluke 1735 (Εικόνα 4.21). Ο αναλυτής συνδέθηκε στην κεντρική παροχή χαμηλής τάσης του Νοσοκομείου σε συνδεσμολογία αστέρα (3 φάσεις L1, L2, L3 και ουδέτερος N – Εικόνα 4.22). Οι στιγμιαίες μετρήσεις (ανά πεντάλεπτο) πραγματοποιήθηκαν την τελευταία εβδομάδα του Μαΐου 2011, από τη Δευτέρα 23/5 στις 9:45 έως τη Δευτέρα 30/5 στις 10:00. Επισημαίνεται ότι την εβδομάδα αυτή μπήκε σε λειτουργία η κλιματιστική μονάδα του Νοσοκομείου που αποτελείται από 4 συμπιεστές Bristol 3 Hp (2,3 kW) ο καθένας και τον πύργο ψύξης με μοτέρ 5,5 kW.

4.3.2 Χρήση του αναλυτή ηλεκτρικής ενέργειας

4.3.2.1 Ενεργός ισχύς, άεργος ισχύς και συντελεστής ισχύος

Η ανάλυση των δεδομένων συνοδεύεται και από τη γραφική τους απεικόνιση, που βοηθά ιδιαίτερα στη σύγκριση μεγεθών μεταξύ τους. Παρουσιάζονται και σχολιάζονται τα γραφήματα των διακυμάνσεων της καταναλισκόμενης και απορροφούμενης ισχύος, κατά τη διάρκεια της μιας εβδομάδας που αναφέρθηκε, όπως επίσης και της διακύμανσης του συντελεστή ισχύος, αλλά και αυτά της τάσης και του ρεύματος (ανά φάση). Σε όλα τα διαγράμματα απεικονίζονται οι μέσες τιμές των μεγεθών.

Αρχικά παρουσιάζονται τα διαγράμματα του συντελεστή ισχύος, της ενεργού ισχύος (ισχύς που καταναλώνεται) και της άεργου ισχύος (ισχύς που απορροφάται) συγκεντρωτικά και για όλη την εβδομάδα (Εικόνα 4.23)

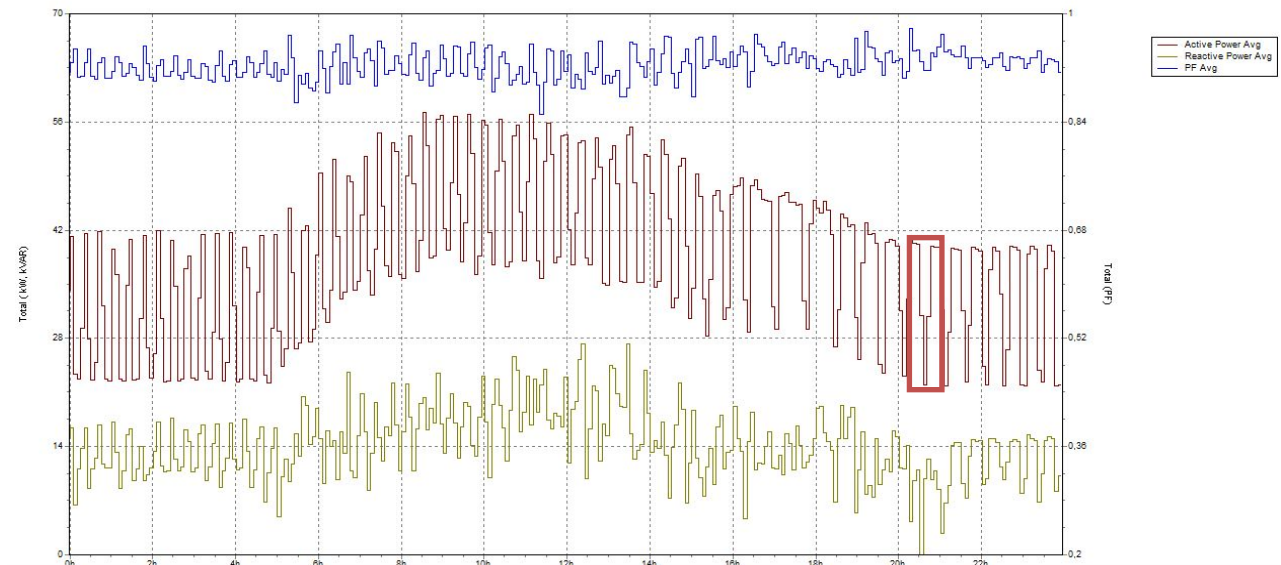


Εικόνα 4.23: Μέση ενεργός, άεργος ισχύς και διακύμανση $\cos\phi$ της εβδομάδας του Μαΐου

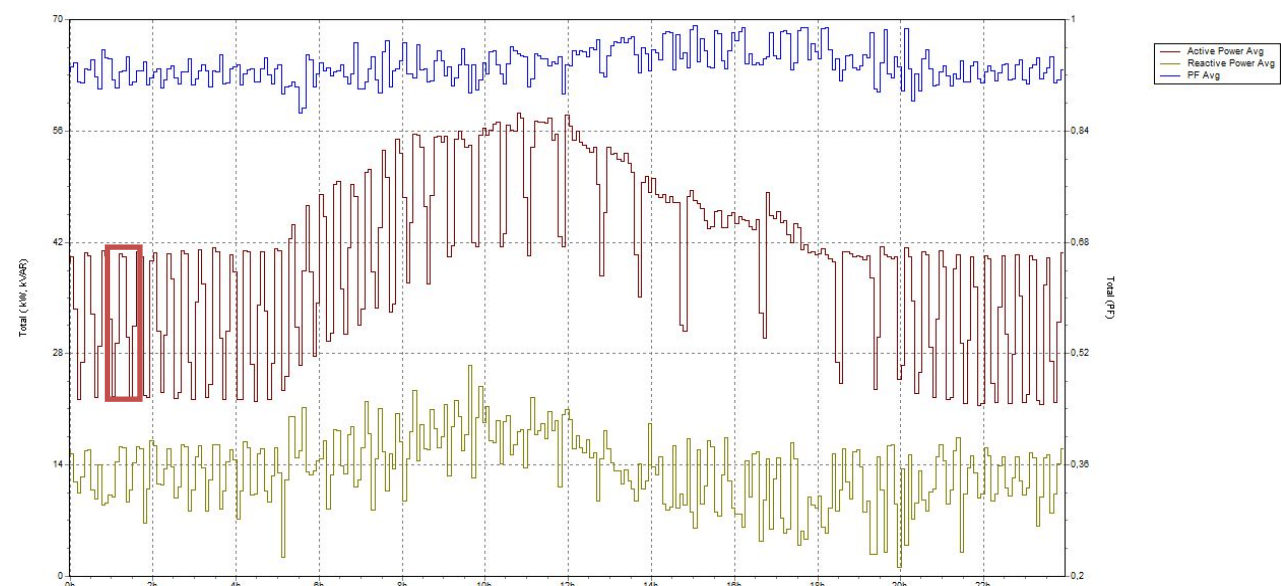
Από την Εικόνα 4.23 παρατηρείται ότι η κατανάλωση για το συνολικό φορτίο το εν λόγω διάστημα ακολούθησε φυσιολογική πορεία όλες τις μέρες. Οι αυξομειώσεις της ενεργού και άεργου ισχύος ήταν εν γένει ομοιόμορφες. Η κατανάλωση αρχίζει να αυξάνεται από τις 06:00 το πρωί, όπου και αρχίζει το ωράριο εργασίας. Αυξάνεται στη συνέχεια σταδιακά καθώς πληθαίνει ο αριθμός των ατόμων που εισέρχονται στο Νοσοκομείο και στις 12:00 που το κτίριο λειτουργεί κανονικά έχουμε το φορτίο αιχμής που ανέρχεται περί των 58 kW. Αξίζει να αναφέρουμε ότι επειδή ο αναλυτής τοποθετήθηκε την τελευταία εβδομάδα του Μαΐου, οι υψηλότερες θερμοκρασίες κυμαίνονταν το μεσημέρι γύρω στους 25°C με αποτέλεσμα το φορτίο να μην αυξάνεται περαιτέρω τις ώρες αυτές. Στις 18:00 όπου οι περισσότεροι χρήστες έχουν αποχωρήσει από το κτίριο, η κατανάλωση μειώνεται και τελικά σταθεροποιείται στο φορτίο βάσης του νοσοκομείου που ανέρχεται στα 21 kW. Το

Σαββατοκύριακο το Νοσοκομείο δεν λειτουργεί και συνεπώς η κατανάλωση κυμαίνεται μόνιμα στο φορτίο βάσης.

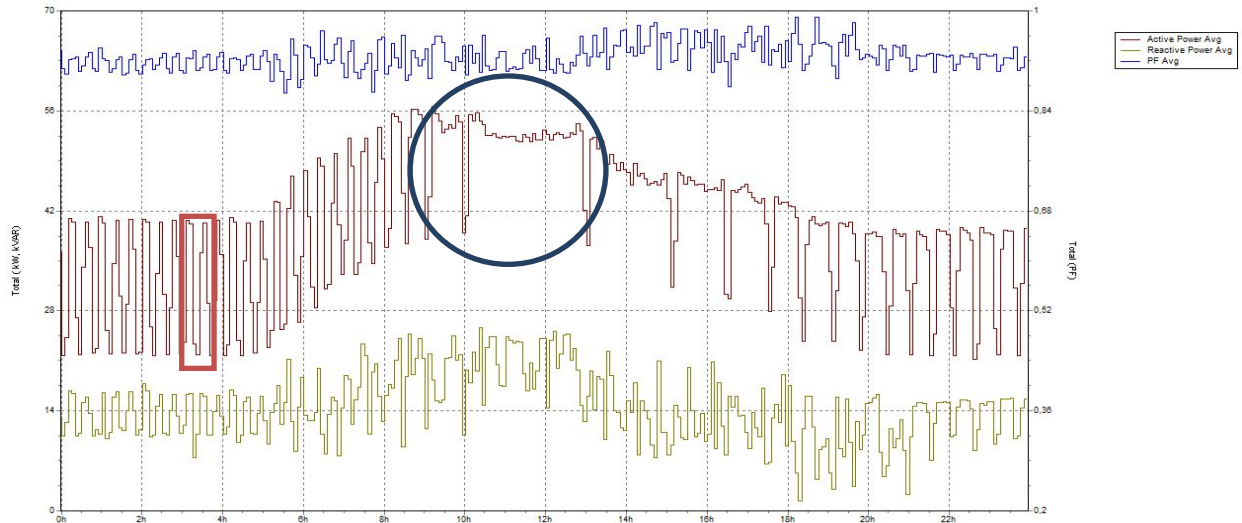
Αυτό που χρίζει περαιτέρω ανάλυση είναι η συνεχής αυξομείωση του φορτίου ανά μικρό χρονικό διάστημα της τάξεως των 19 kW. Η κατανάλωση αυτή είναι πολύ σημαντική καθώς είναι ίση με το φορτίο βάσης του Νοσοκομείου. Αυτή η εικόνα επαναλαμβάνεται σε γενικές γραμμές όλες τις ημέρες και τα Σαββατοκύριακα. Για να καταλάβουμε την σημαντική πηγή αυτής της κατανάλωσης, παρουσιάζονται στην συνέχεια τα διαγράμματα με την μεταβολή των τριών μεγεθών (συντελεστή ισχύος, ενεργού και άεργου ισχύος) κάθε μέρας χωριστά.



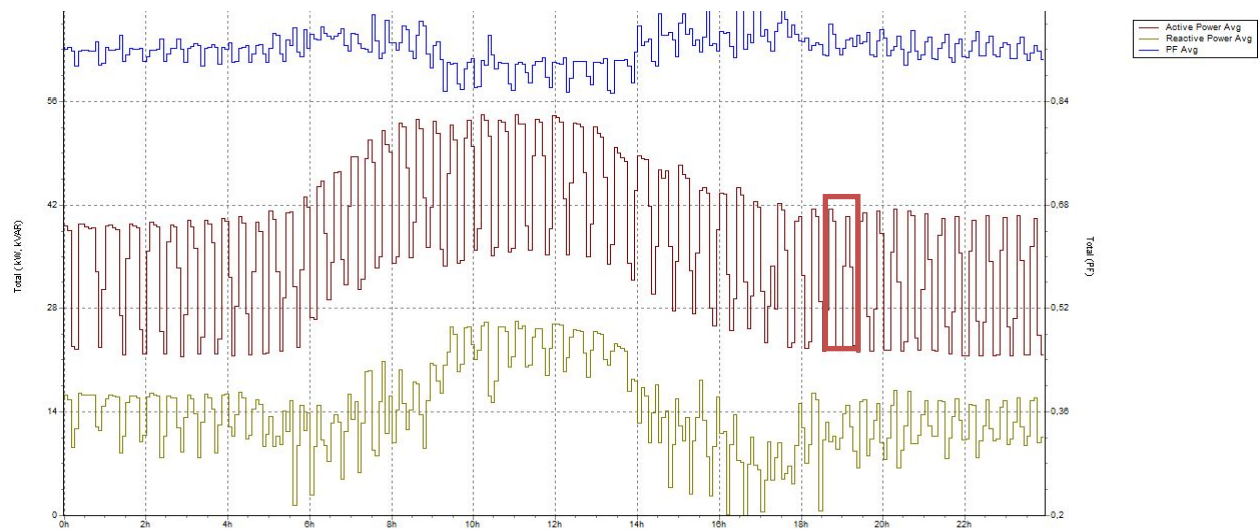
Εικόνα 4.24: Μέση ενεργός, άεργος ισχύς και διακύμανση cosφ Τρίτη 24/5/2011



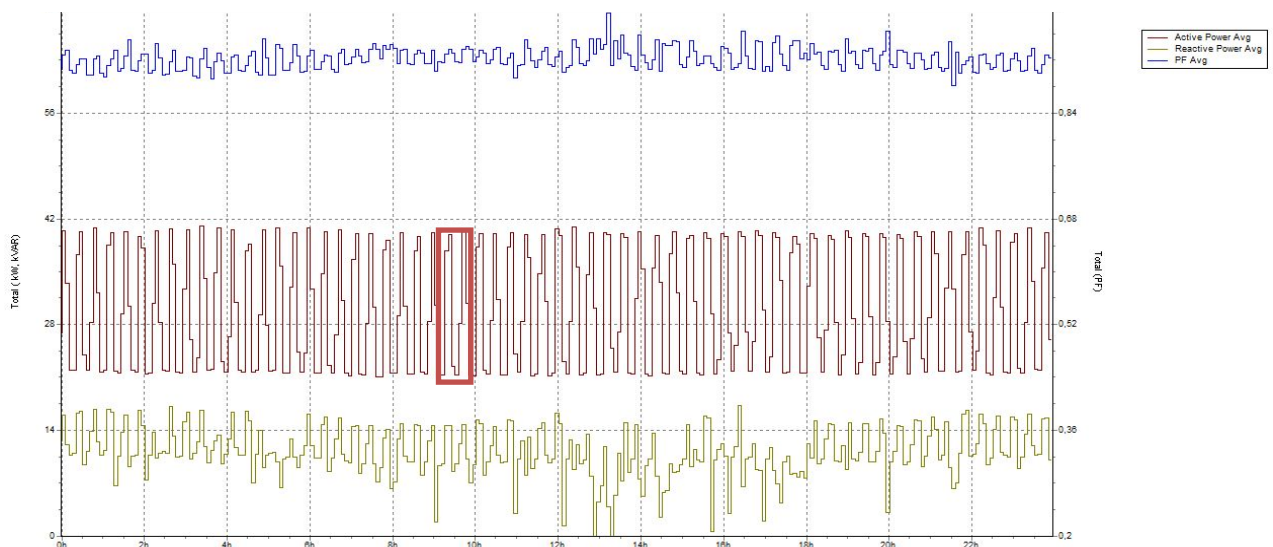
Εικόνα 4.25: Μέση ενεργός, άεργος ισχύς και διακύμανση cosφ Τετάρτη 25/5/2011



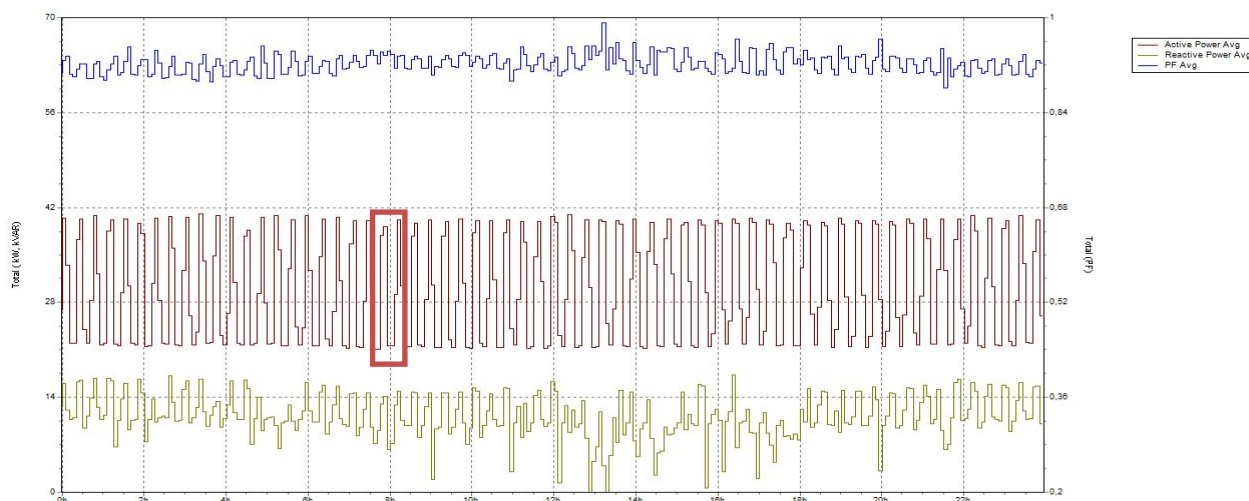
Εικόνα 4.26: Μέση ενεργός, άεργος ισχύς και διακύμανση cosφ Πέμπτη 26/5/2011



Εικόνα 4.27: Μέση ενεργός, άεργος ισχύς και διακύμανση cosφ Παρασκευή 27/5/2011



Εικόνα 4.28: Μέση ενεργός, άεργος ισχύς και διακύμανση cosφ Σάββατο 28/5/2011



Εικόνα 4.29: Μέση ενεργός, άεργος ισχύς και διακύμανση cosφ Κυριακή 29/5/2011

Από τις παραπάνω Εικόνες 4.24 έως 4.29, που αφορούν ημερήσιες καταναλώσεις, παρατηρείται ότι τις ημέρες και ώρες που το Νοσοκομείο δεν λειτουργεί (Δευτέρα έως Παρασκευή 20:00 - 6:00 και όλο το Σάββατο και την Κυριακή) το φορτίο βάσης αυξομειώνεται περιοδικά από τα 21 kW στα 40 kW μέσα σε ένα 20λεπτο περίπου. Από τα παραλληλόγραμμα που έχουν επισημανθεί επάνω στα διαγράμματα, παρατηρείται ότι ο αναλυτής απεικονίζει την άνοδο και την κάθοδο των 19 kW μέσα σε 4 μετρήσεις (ανά πέντε λεπτά η κάθε μια όπως έχει αναφερθεί). Χρειάζονται 2 μετρήσεις για την άνοδο και 2 μετρήσεις για την κάθοδο. Δηλαδή 10 λεπτά για να αυξηθεί το φορτίο κατά 19 kW και 10 λεπτά για να επιστρέψει στην προηγούμενη τιμή του.

Μετά από συζήτηση με την τεχνική υπηρεσία το μόνο μεγάλο φορτίο που είναι σε λειτουργία κάθε μέρα της εβδομάδος και όλη την ημέρα είναι η κεντρική κλιματιστική μονάδα. Όπως αναφέρθηκε προηγούμενος η κεντρική κλιματιστική μονάδα αποτελείται από 4 συμπιεστές των 3 Hp (2,3 kW) ο καθένας. Η κλιματιστική βάζει σε λειτουργία τους συμπιεστές έναν-έναν κάθε φορά. Μέτα το 1^ο πεντάλεπτο η κλιματιστική έχει βάλει σε λειτουργία τους δύο συμπιεστές και μετά το 2^ο πεντάλεπτο έχουν μπει και οι τέσσερις. Αντίστοιχα στο 3^ο πεντάλεπτο έχουν βγει από την λειτουργία οι δύο συμπιεστές και στο 4^ο και οι τέσσερις με αποτέλεσμα το φορτίο να επιστρέφει στην αρχική του τιμή.

Επομένως κατά την πλήρη λειτουργία της ψυκτικής μονάδας έχουμε $4 \times 2,3 = 9,2$ kW για τους συμπιεστές και 5,5 kW για τον πύργο ψύξης. Σύνολο $9,2 + 5,5 = 14,7$ kW, μαζί με τους κυκλοφορητές για το κρύο νερό και για το δίκτυο η κατανάλωση ανέρχεται στα 19 kW.

Αυτό που προβληματίζει είναι ότι η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται γρήγορα και περιοδικά όλη την εβδομάδα σε περίπου 20 λεπτά. Αυτό εξηγείται λόγω της φυσιολογικής θερμοκρασίας της εποχής: 26° C κατά μέσο όρο τις μεσημεριανές ώρες όλη την εβδομάδα με αποτέλεσμα οι χρήστες του κτιρίου να μην χρησιμοποιούν σχεδόν καθόλου την ψύξη. Επειδή λοιπόν το φορτίο για την ψύξη ήταν πολύ μικρό, το νερό στο δίκτυο παρέμενε σε αρκετά χαμηλή θερμοκρασία και κοντά στην επιθυμητή (15,2° C) με αποτέλεσμα η κλιματιστική να πιάνει την επιθυμητή θερμοκρασία του κρύου νερού πολύ γρήγορα και να

σταματάει. Χρειαζόταν μόλις δέκα λεπτά για να φέρει το νερό στην επιθυμητή θερμοκρασία.

Στην Εικόνα 4.26, έχει επισημανθεί με κύκλο το μεγαλύτερο διάστημα που δεν υπάρχει αυξομείωση του φορτίου κατά 19 kW. Στο διάστημα αυτό η κλιματιστική παρέμεινε σε λειτουργία για 3,5 ώρες από τις 10:00 μέχρι τις 1:30. Εκείνη την ημέρα της εβδομάδος (Πέμπτη 26/5) η θερμοκρασία έφτασε τους 29° C με αποτέλεσμα να υπάρχει κανονική ζήτηση φορτίου και να δουλεύει η μονάδα φυσιολογικά.

Μια γενική παρατήρηση επί των παραπάνω διαγραμμάτων Εικόνες (4.24 έως 4.29) είναι ότι ο Συντελεστής Ισχύος κυμαίνεται από 0,9 μέχρι 1. Η τιμή αυτή είναι άριστη και οφείλεται στους πυκνωτές αντιστάθμισης που διαθέτει το Νοσοκομείο (Εικόνα 4.30).



Εικόνα 4.30: Πυκνωτές αντιστάθμισης για τον συντελεστή ισχύος

4.3.2.1 Αρμονικές ρεύματος και τάσης

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

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

Ορισμένα μη γραμμικά φορτία είναι:

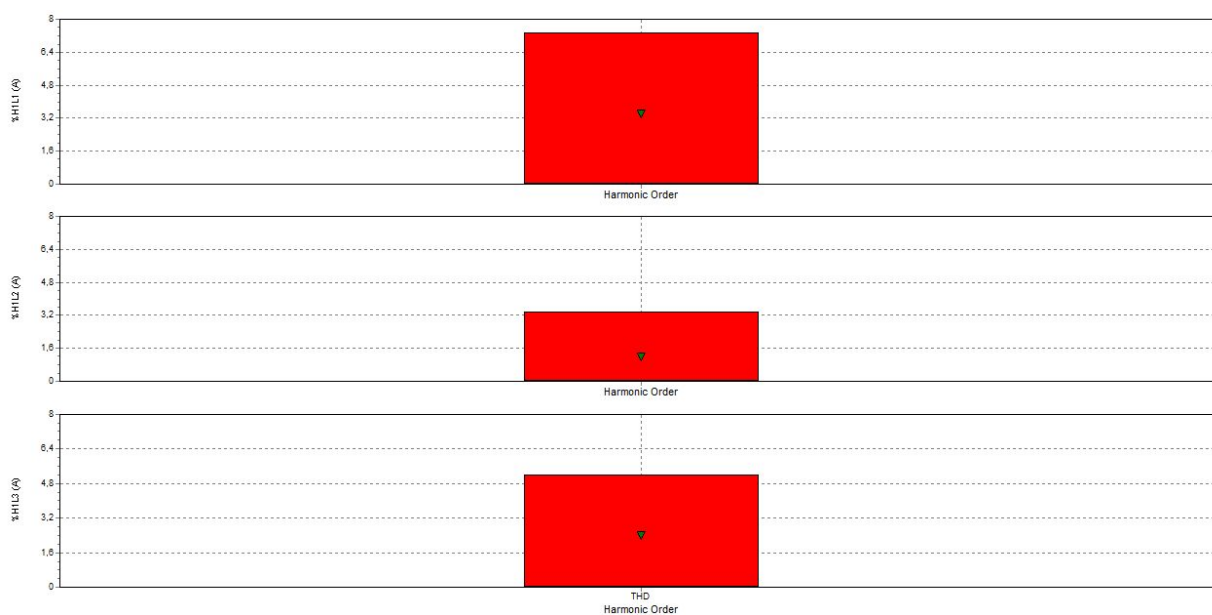
- Φορτία με ηλεκτρονικά ισχύος: ανορθωτές, PLC, κ.α.
- Φορτία που χρησιμοποιούν ηλεκτρικό τόξο: φούρνοι τήξης και λάμπες φθορισμού
- Φορτία που χρησιμοποιούν ηλεκτρονικά: τηλεοράσεις, φούρνοι μικροκυμάτων, φωτοαντιγραφικά, ηλεκτρονικοί υπολογιστές, εκτυπωτές κτλ.

Οι επιπτώσεις των αρμονικών συνδέονται με την αύξηση είτε του πλάτους είτε της ενεργού τιμής είτε του φάσματος τόσο της τάσης όσο και της έντασης. Ειδικά οι αρμονικές του ρεύματος συντελούν στην αύξηση της άεργης ισχύος. Αυτό συνεπάγεται μεγαλύτερο ρεύμα για μία δεδομένη ενεργό ισχύ. Έτσι οι αρμονικές αυξάνουν τις απώλειες ενέργειας στα καλώδια και στους μετασχηματιστές. Επίσης, καθώς ρέουν στα καλώδια δημιουργούν αντίστοιχες πτώσεις τάσης. Εάν η σύνθετη αντίδραση του καλωδίου είναι μεγάλη τότε δημιουργείται και παραμόρφωση της τάσης με αρμονικές.

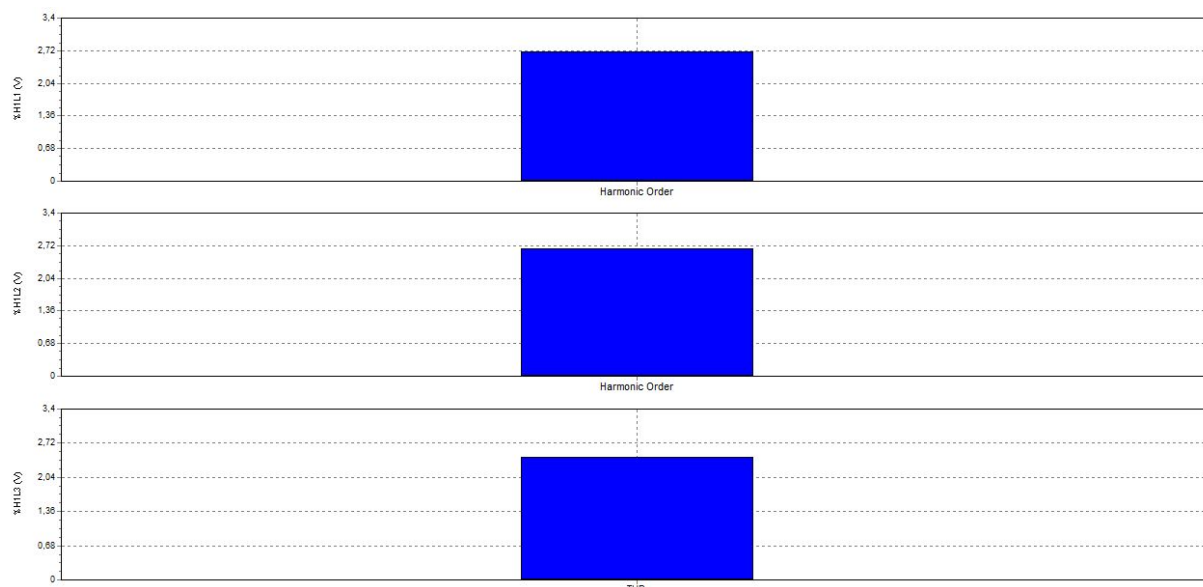
Εξαιτίας των αρμονικών ενδέχεται να λειτουργήσουν λανθασμένα συσκευές προστασίας, ειδικά αυτές που χρησιμοποιούν θερμικά μοντέλα. Αν ο υπολογισμός της ενεργού τιμής της έντασης γίνεται χρησιμοποιώντας την μέγιστη τιμή της κυματομορφής της, αυξάνεται η πιθανότητα λάθους και ανεπιθύμητης λειτουργίας της προστασίας. Για τον ίδιο λόγο λάθη παρουσιάζονται και σε μετρητικές συσκευές. Οι αρμονικές επίσης είναι η αιτία για προβλήματα στην λειτουργία ηλεκτρονικών συστημάτων. Οι αρμονικές επίσης προκαλούν υπερφόρτιση (δηλαδή υπερθέρμανση) και αυξάνουν τις δονήσεις και τον θόρυβο (μηχανική καταπόνηση) σε συσκευές όπως μετασχηματιστές, μηχανές και πίνακες χαμηλής τάσης. Μακροχρόνια οι αρμονικές προκαλούν πρόωρη γήρανση των συσκευών. Οι αρμονικές επίσης υπερθερμαίνουν τον αγωγό ουδετέρου καθώς προστίθενται και δίνουν ρεύματα κατά πολύ μεγαλύτερα από όταν τα φορτία είναι γραμμικά. Οι πυκνωτές είναι επίσης ευαίσθητοι στις αρμονικές ιδιαίτερα αν η συχνότητα του συνδυασμού πυκνωτή και δικτύου παροχής μέχρι το σημείο σύνδεσης είναι ίδια με την αρμονική που παράγεται από το φορτίο. Κάτω από αυτές τις συνθήκες προκαλείται συντονισμός, αύξηση του μεγέθους της αρμονικής, υπερθέρμανση του πυκνωτή και ενδεχομένως καταστροφή του διηλεκτρικού του υλικού ή λειτουργία της προστασίας του (συνήθως ασφάλεια) και αποσύνδεση του. Η μέτρηση των αρμονικών (αντίθετα από τις μετρήσεις βυθίσεις τάσης, διακοπών και υπερτάσεων) γίνεται υπολογίζοντας τον μέσο όρο των αρμονικών για κάποιο χρονικό διάστημα ανά τακτά χρονικά διαστήματα. Δύο μεγέθη που χρησιμοποιούνται ευρέως, ως άμεση εικόνα της ποιότητας του δικτύου σε ένα συγκεκριμένο σημείο, είναι η συνολική διαταραχή λόγω αρμονικών (Total Harmonic Distortion, THD) τόσο για την τάση όσο και για το ρεύμα. Προκύπτει από την ρίζα του αθροίσματος των τετραγώνων του πλάτους κάθε αρμονικής διαιρεμένου με το τετράγωνο της συνιστώσας στην θεμελιώδη συχνότητα (50 Hz). Το μέγεθος αυτό χρησιμοποιείται επίσης και για τον καθορισμό ορίων που αφορούν τις αρμονικές. Συγκεκριμένα σύμφωνα με τις διεθνείς προδιαγραφές, τα όρια που ορίζονται για τις αρμονικές THD ρεύματος και τάσης είναι $THD (A) \leq 8\%$ και $THD (V) \leq 2\%$.

Οι αρμονικές συνδέονται άμεσα με τον συντελεστή ισχύος. Ο πραγματικός συντελεστής ισχύος είναι ο μέσος όρος της ενεργού ισχύος προς το γινόμενο της ενεργού τάσης με την ενεργό ένταση. Σε περιβάλλον χωρίς αρμονικές ο πραγματικός συντελεστής ισχύος (ΣΙ) ισούται με το συνημίτονο της γωνίας μεταξύ της τάσης και της έντασης (ΣΙ μετατόπισης). Η ύπαρξη αρμονικών οδηγεί σε μείωση του πραγματικού ΣΙ καθώς αυξάνεται η ενεργός τάση αλλά κυρίως η ενεργός ένταση. Για την αντιμετώπιση των προβλημάτων που προκαλούνται από αρμονικές μπορούν να χρησιμοποιηθούν φίλτρα τα οποία παγιδεύουν τις αρμονικές και δεν τους επιτρέπουν να διεισδύσουν στο δίκτυο. Το φίλτρο είναι συνδυασμός πυκνωτή και πηνίου και απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή στην επιλογή των χαρακτηριστικών του διότι υπάρχει κίνδυνος αντί να μειωθεί το πρόβλημα των αρμονικών αυτό να αυξηθεί. Σε αρκετές περιπτώσεις είναι απαραίτητη η επανεκτίμηση της θέσης των πυκνωτών στο δίκτυο. Η εγκατάσταση νέου πυκνωτή πρέπει να γίνεται αφού πρώτα διαπιστωθεί μέσω μελέτης ότι οι επικρατούσες αρμονικές δεν συμπίπτουν με τις συχνότητες συντονισμού που δημιουργεί ο πυκνωτής. Τα φίλτρα συμβάλουν και στην αντιστάθμιση της άεργης ισχύος. Προκειμένου να μειωθεί η υπερθέρμανση μετασχηματιστών πρέπει να επαναυπολογιστεί το φορτίο τους συνεκτιμώντας την μόλυνση από τις αρμονικές. Επίσης, οι αγωγοί ουδετέρου θα πρέπει να υπολογιστούν ανάλογα, αν προορίζονται για χρήση σε περιβάλλον με αρμονικές, όπως είναι τα γραφεία.

Παρακάτω ακολουθούν τα διαγράμματα των αρμονικών της τάσης και του ρεύματος όπως προέκυψαν από τον αναλυτή ενέργειας.



Εικόνα 4.31: Αρμονικές ρεύματος THD κάθε φάσης για την εβδομάδα του Μαΐου



Εικόνα 4.32: Αρμονικές ρεύματος THD κάθε φάσης για την εβδομάδα του Μαΐου

Παρατηρείται από την Εικόνα 4.31 πως οι αρμονικές THD της έντασης της κάθε φάσης για την τελευταία εβδομάδα του Μαΐου πληρούν την προδιαγραφή THD (A) $\leq 8\%$. Οι αρμονικές της τάσης ξεπερνούν κατά ελάχιστο και στις τρεις φάσεις την προδιαγραφή THD (V) $\leq 2\%$. Οι καλές αυτές τιμές οφείλονται στην ύπαρξη των πυκνωτών αντιστάθμισης που αντισταθμίζουν την άεργο ισχύ. Όπως αναφέραμε ο συντελεστής ισχύος με τις αρμονικές βρίσκεται σε απόλυτη συσχέτιση. Αποδεικνύεται λοιπόν και στην περίπτωση αυτή ότι έχοντας καλό συντελεστή ισχύος έχουμε κα εντός των ορίων των προδιαγραφών τις αρμονικές ρεύματος και τάσης.

4.3.3 Συμπεράσματα

Με την χρήση του αναλυτή ηλεκτρικής ενέργειας διαπιστώθηκε μια πολύ σημαντική πηγή κατανάλωσης ηλεκτρικού ρεύματος που τις ώρες που το Νοσοκομείο δεν λειτουργεί διπλασιάζεται το φορτίο βάσης του. Το φορτίο βάσης αυξομειώνεται περιοδικά από τα 21 kW στα 40 kW μέσα σε ένα 20λεπτο περίπου. Η απώλεια αυτή οφείλεται στους συμπιεστές της ψυκτικής μονάδας.

Από την άλλη, τόσο συντελεστής ισχύος όσο και οι αρμονικές ρεύματος και τάσης βρίσκονται εντός των ορίων των προδιαγραφών, κάτι που οφείλεται στην ύπαρξη πυκνωτών αντιστάθμισης.

Κεφάλαιο 5. Προτάσεις Δράσεων Ενεργειακής Βελτιστοποίησης

5.1 Εισαγωγή

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

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

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

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

Εν γένει, οι δράσεις εξοικονόμησης ενέργειας που προτείνονται βάσει των συμπερασμάτων που προέκυψαν από τη διαδικασία του ενεργειακού ελέγχου, κατατάσσονται στις εξής τρεις κατηγορίες :

- Δράσεις νοικοκυρέματος. Είναι μέτρα χωρίς ειδική χρηματοδότηση ή επένδυση κεφαλαίου. Τα μέτρα αυτά εφαρμόζονται σε τακτική βάση και εντάσσονται στη συνήθη λειτουργία και συντήρηση του κτιρίου. Συχνά έχουν σχέση με την αλλαγή συμπεριφοράς των χρηστών του κτιρίου.
- Δράσεις χαμηλού κόστους. Είναι εφάπαξ επεμβάσεις που μπορούν να χρηματοδοτηθούν από τον υπάρχοντα ετήσιο προϋπολογισμό του εκάστοτε κτιρίου. Το κόστος των επεμβάσεων αποπληρώνεται συχνά σε σύντομο χρονικό διάστημα (εντός της ίδιας διαχειριστικής χρονιάς και συνήθως σε λιγότερο από δύο χρόνια).
- Δράσεις ανακατασκευής. Είναι εφάπαξ επεμβάσεις έντασης κεφαλαίου λόγω του σημαντικού αρχικού κόστους για την εφαρμογή τους και της μέσης ή μακράς περιόδου αποπληρωμής τους. Οι επεμβάσεις προϋποθέτουν τεχνοοικονομική μελέτη αξιολόγησης.

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

5.2 Κριτήρια επιλογής

Η αξιολόγηση και η επιλογή των προτάσεων γίνεται μέσω διεξοδικής ανάλυσης των ελλείψεων και των αναγκών του κτιρίου βάσει της μελέτης που προηγήθηκε στα προηγούμενα κεφάλαια. Λαμβάνονται κάθε φορά υπόψη ποικίλοι παράγοντες όπως η τοποθεσία του κτιρίου, οι βιοκλιματικές συνθήκες της περιοχής, οι δυνατότητες εφαρμογής των μέτρων αλλά και οι εργασιακές συνθήκες με γνώμονα πάντα τη βέλτιστη κάλυψη των αναγκών των εργαζομένων. Η επιλογή του εκάστοτε εξοπλισμού γίνεται βάσει συγκεκριμένων τεχνικών προδιαγραφών (ειδικά χαρακτηριστικά, παρεχόμενη εγγύηση, έξοδα συντήρησης κλπ) και πάντα κατόπιν συμβουλής εξειδικευμένου προσωπικού σε κάθε τομέα εφαρμογής, με στόχο τον καλύτερο δυνατό συνδυασμό αξιοπιστίας, απόδοσης και τιμής. Σε κάθε περίπτωση, υπολογίζεται η εκτιμώμενη ενεργειακή εξοικονόμηση και το άμεσο οικονομικό όφελος που θα προκύψει σε ετήσια βάση, συνυπολογίζοντας και τη βελτίωση των εργασιακών συνθηκών (πχ. καλύτερα επίπεδα φωτισμού, θέρμανσης κλπ).

Ωστόσο η διαδικασία επιλογής βασίζεται κατά κύριο λόγο στα βασικά οικονομικά κριτήρια της Καθαρής Παρούσας Αξίας (ΚΠΑ), του Εσωτερικού Βαθμού Απόδοσης (ΕΒΑ) και της Έντοκης Περιόδου Αποπληρωμής (ΕΠΑ) της επένδυσης.

5.2.1 Κριτήριο της Καθαρής Παρούσας Αξίας (ΚΠΑ-NPV)- Ανάπτυξη εφαρμογής για κινητά με λειτουργικό σύστημα Android

Η Καθαρή Παρούσα Αξία (ΚΠΑ) είναι το κύριο οικονομικό κριτήριο για την αξιολόγηση μιας επένδυσης. Ο τύπος υπολογισμού είναι ο εξής:

$$ΚΠΑ = -K + \sum_{i=1}^N \frac{Fi}{(1+d)^i} + \frac{YA_N}{(1+d)^N}$$

- K : Κόστος αρχικής επένδυσης
- Fi : Ετήσιο καθαρό όφελος
- N : Διάρκεια ζωής επένδυσης (έτη)
- d : Επιτόκιο αναγωγής σε παρούσα αξία
- YA : Η υπολειμματική αξία της επένδυσης στο τέλος της διάρκειας ζωής της

Για τον προσδιορισμό της βιωσιμότητας της επένδυσης ισχύει:

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

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

Εφαρμογή για κινητά τηλέφωνα με λειτουργικό σύστημα Android

Στα πλαίσια της διπλωματικής εργασίας και με πρωτοβουλία του γράφοντος, αναπτύχθηκε μια πλήρως λειτουργική εφαρμογή για κινητά τηλέφωνα με λειτουργικό σύστημα Android. Σκοπός της εφαρμογής είναι ο υπολογισμός του κριτηρίου της Καθαρής Παρούσας Αξίας, ώστε να ελέγχεται άμεσα η βιωσιμότητα ή όχι μιας επένδυσης.

Η εν λόγω εφαρμογή, που ονομάστηκε Investment Calculator (η συντομογραφία της: IC_NPV), βοήθησε και επιτάχυνε την επιλογή των επενδύσεων στην παρούσα διπλωματική εργασία και αναμένεται να τύχει ευρείας αποδοχής από τους χρήστες «έξυπνων» τηλεφώνων που θέλουν να αξιολογήσουν άμεσα, εύκολα και αξιόπιστα την βιωσιμότητα ή όχι οποιασδήποτε οικονομικής επένδυσης (στον μικροοικονομικό τομέα).

Επισημαίνεται ότι όλες οι εικόνες που αναφέρονται στην παρούσα παράγραφο 5.2.1 είναι screenshots από τον υπολογιστή και το κινητό τηλέφωνο του γράφοντος.

Γιατί σε λειτουργικό σύστημα Android η εφαρμογή;

Τα τελευταία χρόνια βιώνουμε μία επανάσταση των έξυπνων κινητών τηλεφώνων (smartphones), τα οποία ενσωματώνουν πλέον αρκετές δυνατότητες. Τα λειτουργικά συστήματα των συσκευών αυτών ποικίλουν, με το Android της Google να περιλαμβάνεται τη στιγμή αυτή στο μεγαλύτερο ποσοστό των smartphones της αγοράς. Επίσημα στοιχεία δείχνουν ότι η ιστοσελίδα της Google, Android Market, που περιέχει όλες τις εφαρμογές για Android περιλαμβάνει αυτή τη στιγμή περισσότερες από 250.000 εφαρμογές. Το Android OS αποτελεί ένα λειτουργικό σύστημα το οποίο χρησιμοποιείται τα τελευταία χρόνια σε ολοένα και αυξανόμενο αριθμό κινητών τηλεφώνων (smartphones), καθώς και σε ηλεκτρονικές ταμπλέτες (tablet pc's). Όλες οι λειτουργίες του κινητού τηλεφώνου ελέγχονται από εφαρμογές (applications) τις οποίες οι χρήστες μπορούν να κατεβάσουν και να εγκαταστήσουν ελεύθερα. Αξίζει να σημειωθεί ότι το Android OS αποτελεί ελεύθερο λογισμικό ανοιχτού κώδικα (free and open source software), πράγμα που σημαίνει ότι οι κατασκευαστές κινητών τηλεφώνων ή άλλων ηλεκτρονικών συσκευών έχουν τη δυνατότητα να το χρησιμοποιήσουν στα προϊόντα τους ελεύθερα και χωρίς κόστος.

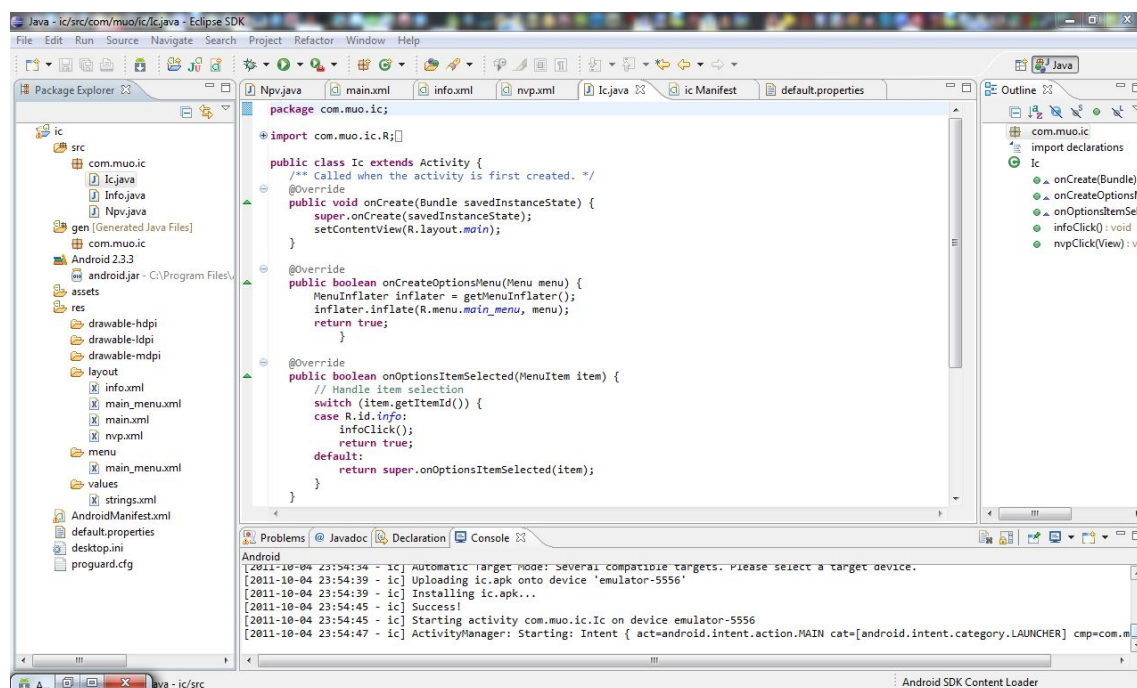
Συνοπτικά λοιπόν οι λόγοι που οδήγησαν στην επιλογή του συγκεκριμένου λειτουργικού είναι οι εξής:

- Το Android τη στιγμή αυτή χρησιμοποιείται στο μεγαλύτερο ποσοστό smartphones της αγοράς, ενώ περίπου 550.000 νέες συσκευές Android ενεργοποιούνται καθημερινά.
- Ο αριθμός αυτός αυξάνεται ανά εβδομάδα περίπου κατά 4,4% με πρόβλεψη για 1,5 εκατομμύριο καθημερινών ενεργοποιήσεων νέων συσκευών περί τα τέλη του 2011.

- Οι μεγαλύτερες εταιρίες κατασκευής κινητών τηλεφώνων, όπως Sony Ericsson, Samsung, LG, HTC, Motorola, υιοθετούν το λειτουργικό αυτό σύστημα σε όλο και περισσότερες συσκευές τους
- Το Android Market τη στιγμή αυτή διαθέτει πάνω από 250.000 εφαρμογές, με περισσότερα από 6 δισεκατομμύρια downloads συνολικά

Προγραμματιστικά εργαλεία

Η γλώσσα προγραμματισμού που χρησιμοποιείται για την κατασκευή εφαρμογών Android είναι η Java. Τους τελευταίους μήνες γίνονται προσπάθειες για να συμπεριληφθούν και άλλες γλώσσες όπως η C και C++. Βασική προϋπόθεση της κατασκευής είναι να υπάρχουν τα αντίστοιχα εργαλεία της γλώσσας προγραμματισμού που θα χρησιμοποιηθούν και συγκεκριμένα το Java Development Kit (JDK). Ακόμη, είναι αναγκαίο ένα ολοκληρωμένο περιβάλλον ανάπτυξης (integrated development environment ή IDE) για να γίνει μεταγλώττιση των προγραμματάτων, όπως το Eclipse (Εικόνα 5.1).



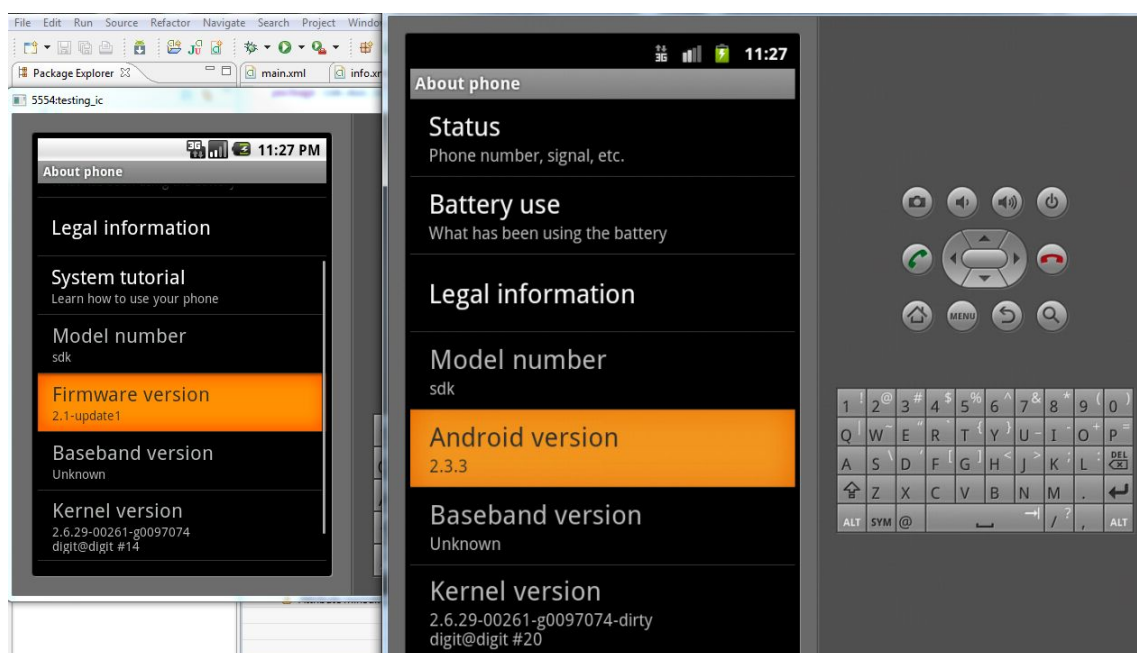
Εικόνα 5.1: Περιβάλλον ανάπτυξης Eclipse

Το βασικότερο εργαλείο αποτελεί το Android SDK (software development kit) το οποίο ουσιαστικά παρέχει τα επιπλέον εργαλεία ώστε να μπορεί να γράφει κώδικας συγκεκριμένα για την κατασκευή εφαρμογής Android. Η σύνδεση του Android SDK με το γραφικό περιβάλλον (Eclipse) γίνεται μέσω μίας επέκτασης (Android Development Tools ή ADT Plugin) που εγκαθιστάται στο Eclipse, ώστε να μπορεί να μεταγλωττιστεί η εφαρμογή και έπειτα να τρέξει.

Καθώς το λειτουργικό σύστημα Android κυκλοφορεί σε διάφορες εκδόσεις (με πιο γνωστές τις "Eclair", "Froyo", "Gingerbread" και "Honeycomb"), καθίσταται σαφές ότι η κάθε έκδοση θα χρησιμοποιεί και ορισμένα διαφορετικά προγραμματιστικά εργαλεία. Έτσι, μέσα από

την ADT Plugin μπορεί να εγκατασταθούν τα εργαλεία για την υλοποίηση εφαρμογής σε οποιαδήποτε έκδοση. Για παράδειγμα, αν είναι επιθυμητό η εφαρμογή να είναι συμβατή και σε παλαιότερες εκδόσεις του Android, τότε θα πρέπει να εγκατασταθούν τα αντίστοιχα εργαλεία και να δοκιμαστεί η εφαρμογή στις εκδόσεις αυτές.

Για να δοκιμαστεί η εφαρμογή και να φανούν τα αποτελέσματά της, χρειάζεται κάποιος προσομοιωτής κινητού τηλεφώνου στον υπολογιστή. Τη λύση δίνει μία εικονική συσκευή Android (Android Virtual Device ή AVD) η οποία ουσιαστικά αποτελεί προσομοιωτή τόσο software όσο και hardware ενός κινητού τηλεφώνου με λειτουργικό σύστημα Android. Στην Εικόνα 5.2 φαίνονται δύο εικονικές συσκευές που τρέχουν εκδόσεις Android, η αριστερή τρέχει παλαιά έκδοση Android 2.1 (Eclair) και η δεξιά την καινούργια έκδοση Android 2.3.3 (Gingerbread). Η συσκευή αυτή εγκαθίσταται μέσα από την ADT Plugin, από όπου ρυθμίζονται πολλές παράμετροί της όπως: την έκδοση Android που θα χρησιμοποιεί, το μέγεθος της οθόνης, το μέγεθος της κάρτας SD και της cache, καθώς και άλλα χαρακτηριστικά. Σε κάθε περίπτωση, υπάρχει η δυνατότητα να εκτελούνται οι εφαρμογές σε φυσική συσκευή, όπως κινητό τηλέφωνο ή tablet pc, που χρησιμοποιεί το λειτουργικό σύστημα Android.



Εικόνα 5.2: Εικονικές συσκευές Android διαφορετικής έκδοσης στο menu ρυθμίσεις

Στο σημείο αυτό, πρέπει να σημειωθεί ότι όλα τα παραπάνω προγραμματιστικά εργαλεία διατίθενται ελεύθερα στο διαδίκτυο από τους κατασκευαστές τους, τα οποία μπορούν να κατέβουν και να χρησιμοποιηθούν χωρίς κόστος.

Το πρόγραμμα: Investment Calculator (IC_NVP)

Η εφαρμογή IC_NVP αποτελείται από τρεις activities: τη **main**, την **nvp** και την **info**.

Η **main** παρουσιάζει την κεντρική οθόνη της εφαρμογής (welcome screen) όπως φαίνεται στην Εικόνα 5.3. Ο χρήστης πατώντας το κουμπί «Υπολογισμός Επένδυσης (ΚΠΑ) / Investment Calculator (NPV)» οδηγείται στην activity nvp. Ο κώδικας της Main.java βρίσκεται στο Παράρτημα του τόμου.



Εικόνα 5.3: Activity Main (Κεντρική οθόνη εφαρμογής)

Η **nvp** χειρίζεται την είσοδο δεδομένων και τον υπολογισμό του αποτελέσματος όπως φαίνεται στην Εικόνα 5.4 (έχουν ενωθεί δυο screenshots ώστε να φαίνεται όλη η activity σε μια εικόνα). Η **nvp** έχει δύο κουμπιά. Το 1^ο: «Υπολογισμός Επένδυσης / Calculate Investment», υπολογίζει μετά την είσοδο των δεδομένων πόση είναι η καθαρή παρούσα αξία και εάν τελικά η επένδυση καθίσταται βιώσιμη ή όχι (Εικόνα 5.5) και το 2^ο: «Καθαρισμός Δεδομένων / Clear fields» που διαγράφει τις εισόδους του χρήστη ώστε να υπολογίσει εκ νέου μια καινούργια επένδυση. Εάν ο χρήστης δεν έχει εισάγει όλα τα δεδομένα και πατήσει το κουμπί υπολογισμού, τότε επιστρέφει στην οθόνη ένα μήνυμα που γράφει «Ανεπαρκή Δεδομένα / Insufficient data» όπως φαίνεται στην Εικόνα 5.6. Ο κώδικας της Nvp.java βρίσκεται στο Παράρτημα του τόμου.

3G 1:05

IC_NPV

$$ΚΠΑ = -K + \sum_{i=1}^N \frac{Fi}{(1+d)^i} + \frac{YA_N}{(1+d)^N}$$

K: Κόστος Αρχικής Επένδυσης / Cost of Initial Investment (€)

Fi: Ετήσιο Καθαρό Όφελος / Annual Net Benefit (€)

N: Διάρκεια Ζωής Επένδυσης / Lifetime Investment (έτη-years)

d: Επιτόκιο Αναγωγής / Discount Rate (%)

YA: Υπολειμματική Αξία Επένδυσης / Residual Value of Investment (€)

ΚΠΑ / NPV

Υπολογισμός Επένδυσης / Calculate Investment

Καθαρισμός Δεδομένων / Clear Fields

Εικόνα 5.4: Activity NVP

3G 8:59

IC_NPV

1000

N: Διάρκεια Ζωής Επένδυσης / Lifetime Investment (έτη-years)

10

d: Επιτόκιο Αναγωγής / Discount Rate (%)

5

YA: Υπολειμματική Αξία Επένδυσης / Residual Value of Investment (€)

0

ΚΠΑ / NPV

1522 (Βιώσιμη Επ./Profitable Inv.)

Υπολογισμός Επένδυσης / Calculate Investment

Καθαρισμός Δεδομένων / Clear Fields

Εικόνα 5.5 : Αποτέλεσμα υπολογισμού επένδυσης



Εικόνα 5.6: Μήνυμα στον χρήστη όταν ξεχάσει να εισαγάγει κάποιο δεδομένο

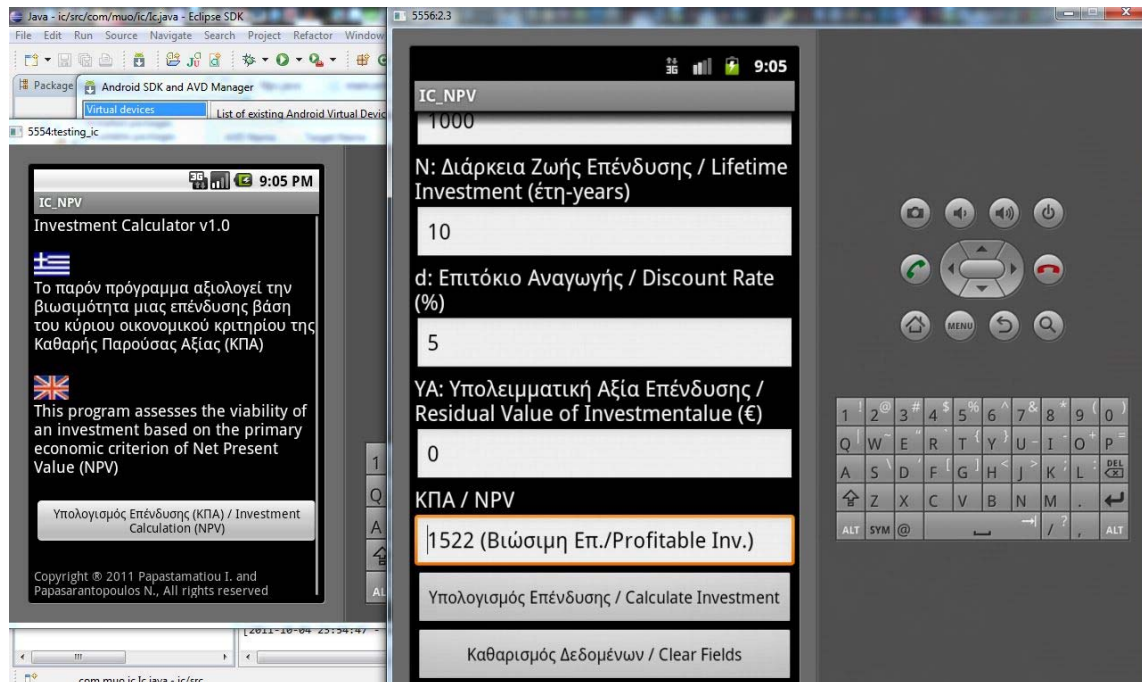
Η **info** παρουσιάζει μια οθόνη με πληροφορίες σχετικά με την εφαρμογή και καλείται όταν ο χρήστης πατήσει το κουμπί «menu» στην κεντρική οθόνη της εφαρμογής. Επίσης, πατώντας το email για της προτάσεις και της παρατηρήσεις ο χρήστης, ανοίγει απευθείας ο default email client για άμεση αποστολή (Εικόνα 5.7). Ο κώδικας της Info.java βρίσκεται στο Παράρτημα του τόμου.



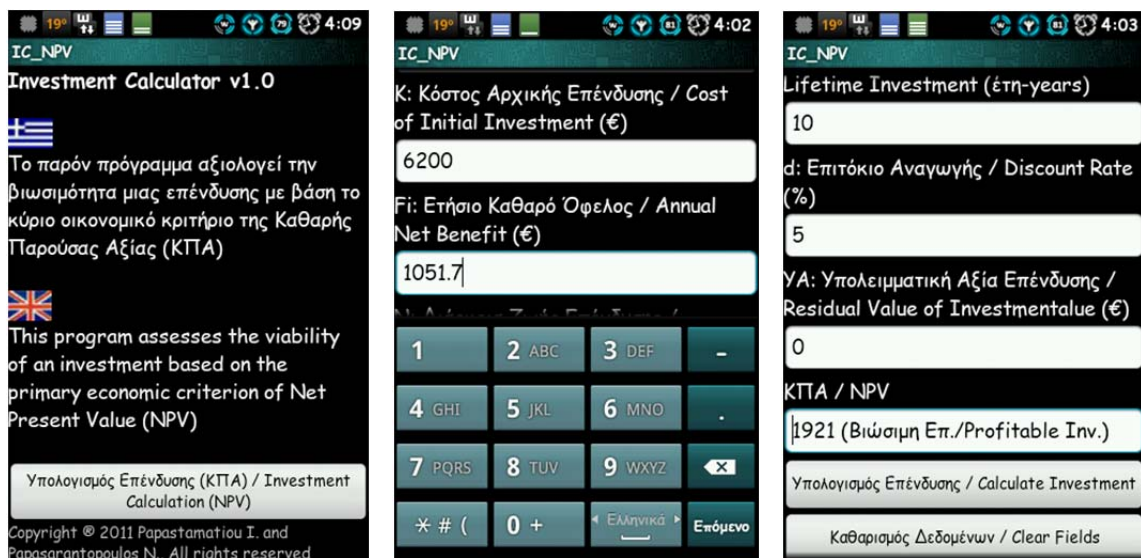
Εικόνα 5.7: Activity Info

Η εφαρμογή είναι εξ' ολοκλήρου γραμμένη σε Java, ενώ το layout της επιβάλλεται από.xml αρχεία, ακριβώς όπως ορίζουν τα πρότυπα κάθε Android εφαρμογής.

Είναι συμβατή με όλα τα smartphones τα οποία χρησιμοποιούν Android εκδόσεων 2.1 και εφεξής και έχει δοκιμαστεί τόσο σε περιβάλλον emulator (Windows και Linux) κινητού με Android v2.1 και κινητού με Android v2.3 (Εικόνα 5.8) όσο και με φυσική συσκευή μάρκας LG, μοντέλου Optimus One P500 και έκδοσης λειτουργικού v2.3.5 (την πιο πρόσφατη έκδοση) (Εικόνα 5.9)



Εικόνα 5.9: Εικονικές συσκευές Android διαφορετικής έκδοσης που τρέχουν το πρόγραμμα Investment Calculator



Εικόνα 5.4: Screenshots IC_NPV σε κινητό τηλέφωνο LG Optimus One P500

5.2.2 Κριτήριο του Εσωτερικού Βαθμού Απόδοσης (EBA-IRR)

Το κριτήριο του Εσωτερικού Βαθμού Απόδοσης (EBA) είναι η τιμή του επιτοκίου αγοράς που μηδενίζει την παρούσα αξία μιας σειράς πληρωμών. Για την εύρεση του πρακτικά εξισώνεται η καθαρή παρούσα αξία με μηδέν.

$$ΚΠΑ_{(d=EBA)} = 0$$

Για τον προσδιορισμό της βιωσιμότητας της επένδυσης ισχύει:

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

Το κριτήριο του EBA παρουσιάζει αρκετά πλεονεκτήματα σε σχέση με το κριτήριο της ΚΠΑ γι' αυτό και συχνά προτιμάται για την αξιολόγηση της απόδοσης μιας επένδυσης. Ωστόσο πολλές φορές, ιδιαίτερα όταν πρόκειται για σύγκριση επενδύσεων διαφορετικών μεγεθών ενδέχεται να μη δώσει απολύτως σωστά αποτελέσματα.

5.2.3 Κριτήριο της Έντοκης Περιόδου Αποπληρωμής (EPA-DPB)

Το κριτήριο της Έντοκης Περιόδου Αποπληρωμής (EPA) 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. Για τον προσδιορισμό της EPA λύνεται η εξίσωση:

$$ΚΠΑ_{(N=EPA)} = 0$$

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

5.3 Προτεινόμενες δράσεις βελτίωσης της ενεργειακής αποδοτικότητας

5.3.1 Δράσεις για το φωτισμό

Ο τομέας του φωτισμού αποτελεί σημαντικό παράγοντα που επιδρά στη λειτουργικότητα και κατά συνέπεια στην παραγωγικότητα μιας μονάδας. Ιδιαίτερα στα Νοσοκομεία, όπου η φύση της εργασίας απαιτεί υψηλά επίπεδα φωτεινότητας και καλής ποιότητας φωτισμό, οι εγκατάσταση φωτισμού οφείλει να είναι πολύ προσεγμένη.

Όπως προέκυψε από την κατανομή ηλεκτρισμού, η κατανάλωση ενέργειας στο φωτισμό του Νοσοκομείου αποτελεί το 17% της συνολικής κατανάλωσης ρεύματος στο κτίριο, ένα ποσοστό αρκετά υψηλό που αφήνει αρκετά περιθώρια βελτίωσης της κατανάλωσης ρεύματος για φωτισμό.

Στις δράσεις νοικοκυρέματος και κατόπιν της επιθεωρήσεως του χώρου εντάσσονται τα ακόλουθα μέτρα:

- Άμεση αντικατάσταση των λαμπτήρων πυρακτώσεων 75W στις κουζίνες του 1^{ου}, 3^{ου}, 4^{ου} και 5^{ου} ορόφου με καινούργιους λαμπτήρες ενεργειακά αποδοτικούς
- Καθαρισμός των λαμπτήρων και των φωτιστικών, ώστε να βελτιστοποιείται η απόδοσή τους.
- Τακτικός καθαρισμός των γυάλινων επιφανειών στα παράθυρα. Με τον καθαρισμό θα υπάρξει η δυνατότητα μεγαλύτερης διείσδυσης της ηλιακής ακτινοβολίας και επομένως η ανάγκη χρήσης τεχνητού φωτισμού θα περιοριστεί. Γενικά η αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού στοχεύει στην επίτευξη οπτικής άνεσης μέσα στο κτίριο και στην εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας αλλά συμβάλλει και στη γενικότερη βελτίωση των συνθηκών διαβίωσης μέσα στους χώρους, συνδυάζοντας φως, θέα, δυνατότητα αερισμού, αξιοποίηση και ρύθμιση της εισερχόμενης ηλιακής ακτινοβολίας.

Η απόδοση μιας εγκατάστασης φωτισμού μειώνεται λόγω της επικάλυψης ρύπων στις επιφάνειες των φωτιστικών και των λαμπτήρων, της γήρανσης των υλικών των φωτιστικών τα οποία συμμετέχουν στην εκπομπή φωτός (ανακλαστήρες, περσίδες, διαχύτες κ.λπ.) καθώς και της γήρανσης των λαμπτήρων και των ballast. Οι παράγοντες αυτοί συνιστούν τον συντελεστή συντήρησης της εγκατάστασης φωτισμού ο οποίος εκφράζει τη μείωση της απόδοσής της σε σχέση με την αρχική. Έχει διαπιστωθεί ότι η μείωση του φωτισμού στις πλημμελώς συντηρημένες εγκαταστάσεις υπερβαίνει το 40%, ενώ, αν η συντήρηση είναι τακτική, τότε η μείωση δεν υπερβαίνει το 25% [19]. Από μετρήσεις που έχουν γίνει σε τυπικούς επαγγελματικούς χώρους, εξήχθη το συμπέρασμα ότι εξοικονομείται ενέργεια της τάξης του 15%, εάν τα φωτιστικά καθαρίζονται ανά έτος με ταυτόχρονη αντικατάσταση του 1/3 των λαμπτήρων (έστω και αν λειτουργούν). Σημειώνεται ότι η απόδοση των απλών λαμπτήρων φθορισμού μειώνεται κατά 30% όταν υπερβούν το 70% της διάρκειας ζωής τους (ο βαθμός μείωσης εξαρτάται από τον τύπο του λαμπτήρα και το είδος της έναυσης). Αρκετοί κατασκευαστές παρέχουν, πέραν της μέσης διάρκειας ζωής, την οικονομική διάρκεια ζωής η οποία υποδηλώνει το χρόνο λειτουργίας πέραν του οποίου η λειτουργία του λαμπτήρα είναι ασύμφορη.

Στα πλαίσια βελτίωσης των εργασιακών συνθηκών και μείωσης της κατανάλωσης προτείνονται λύσεις στην συνέχεια χαμηλού κόστους ή και ανακατασκευής με σημαντικά οφέλη τόσο για το Νοσοκομείο όσο και για το περιβάλλον.

5.3.1.1 Αντικατάσταση ηλεκτρονικών διατάξεων έναυσης (ballast)

Σαν πρώτη δράση εξοικονόμησης προτείνεται η χρησιμοποίηση ηλεκτρονικών διατάξεων έναυσης (Εικόνα 5.2) αντί των συμβατικών μαγνητικών (Εικόνα 5.1).



Εικόνα 5.1: Μαγνητικό ballast [18]



Εικόνα 5.2: Ηλεκτρονικό ballast [18]

Τα πλεονεκτήματα της χρήσης ηλεκτρονικών ballast έναντι των συμβατικών είναι τα εξής:

1. Εξοικονόμηση ενέργειας μέχρι 25%. Το ποσοστό αυτό προκύπτει από τη σύγκριση της κατανάλωσης μιας εγκατάστασης φωτισμού στην οποία χρησιμοποιούνται συμβατικά ballast με την κατανάλωση που θα είχε η ίδια εγκατάσταση, (ίδια φωτιστικά, ίδιοι λαμπτήρες) εάν χρησιμοποιούνταν ηλεκτρονικά ballast. Η μειωμένη κατανάλωση στη δεύτερη περίπτωση αποδίδεται κυρίως στους εξής λόγους: καλύτερη απόδοση του λαμπτήρα, χαμηλότερη κατανάλωση ενέργειας στο λαμπτήρα και μικρότερες απώλειες ενέργειας στο ballast. Σημειώνεται ότι το ενεργειακό κέρδος της τάξης του 25% μπορεί να αυξηθεί ακόμη περισσότερο, εάν ληφθεί υπ' όψιν ότι υπολογίσθηκε με αναφορά στην ονομαστική απόδοση του λαμπτήρα που παρέχουν οι κατασκευαστές για λειτουργία με συμβατικό ballast, ενώ είναι γνωστό ότι αρκετά ballast του εμπορίου εμφανίζουν σημαντικά μικρότερες αποδόσεις.
2. Έμμεσα οφέλη που αφορούν τη χρησιμοποίηση τεχνολογιών εξοικονόμησης ενέργειας οι οποίες μπορούν να λειτουργήσουν μόνο με ηλεκτρονικά ballast:
 - Δυνατότητα ρύθμισης της φωτεινότητας του λαμπτήρα (dimming) μέσω αισθητήρων και ρυθμιστών φωτισμού (dimmers). Η ρύθμιση αυτή είναι αδύνατη με συμβατικά ballast. Το χαρακτηριστικό αυτό, αλλά γενικότερα, η δυνατότητα ρύθμισης και ελέγχου του φωτιστικού με σήματα χαμηλής τάσης στο ballast, καθιστούν τα φωτιστικά κατάλληλα για τη λειτουργία τους με απλούς αυτοματισμούς. Η εξοικονόμηση ενέργειας που μπορεί να επιτευχθεί με τοπικά συστήματα dimming κυμαίνεται από 10% έως 20% ανάλογα με τη χρήση του χώρου.
 - Δυνατότητα ένταξης της εγκατάστασης φωτισμού σε σύστημα κεντρικής διαχείρισης κτιρίων (BMS). Η δυνατότητα αυτή θα ήταν αδύνατη με συμβατικά ηλεκτρομαγνητικά ballast διότι αυτά, πρακτικά, δεν συνεργάζονται με τα συστήματα BMS. Η εξοικονόμηση ενέργειας με συστήματα BMS κυμαίνεται από 10% έως 35% ανάλογα με τη χρήση του χώρου (η εξοικονόμηση αυτή δεν είναι προσθετική στην αντίστοιχη που επιτυγχάνεται με το dimming αλλά την εμπεριέχει).

3. Η φωτεινή ροή του λαμπτήρα αυξάνεται όταν λειτουργεί με ηλεκτρονικό ballast σε σχέση με τη φωτεινή ροή που παράγεται όταν αυτός λειτουργεί με συμβατικό ηλεκτρομαγνητικό ballast. Η πραγματική απόδοση των λαμπτήρων κυμαίνεται συνήθως σε ποσοστά 80%-95% της ονομαστικής (ballast factor B.F.=0,8-0,95). Επομένως, η ονομαστική απόδοση των λαμπτήρων δεν μπορεί να επιτευχθεί με τα συμβατικά ηλεκτρομαγνητικά ballast. Αντιθέτως, τα ηλεκτρονικά ballast ανυψώνουν την απόδοση των λαμπτήρων κατά 12% περίπου (B.F.=1,12). Αυτό αυτομάτως σημαίνει ότι μια εγκατάσταση φωτισμού που λειτουργεί με ηλεκτρονικά ballast (B.F.=1,12) απαιτεί $(112-95)/95=18\%$ περίπου λιγότερα φωτιστικά από την ίδια εγκατάσταση (ίδιος χώρος, ίδια φωτιστικά) με ηλεκτρομαγνητικά ballast καλής ποιότητας (B.F.=0,95). Το πλεονέκτημα αυτό των ηλεκτρονικών ballast είναι αξιοποιήσιμο κυρίως στις νέες εγκαταστάσεις οι οποίες μπορούν να υλοποιηθούν με λιγότερα φωτιστικά χωρίς να μειώνεται η στάθμη φωτισμού και να υποβαθμίζεται η ποιότητά του. Το όφελος τότε είναι μεγαλύτερο, διότι όχι μόνο μειώνεται το κόστος λειτουργίας (εξοικονόμηση ενέργειας και μείωση του κόστους συντήρησης) αλλά και το κόστος εγκατάστασης (λιγότερα φωτιστικά).
4. Δυνατότητα λειτουργίας περισσότερων λαμπτήρων (έως τέσσερις) με ένα μόνο ηλεκτρονικό ballast και κατά συνέπεια μικρότερες απώλειες. Αντιθέτως, το συμβατικό ηλεκτρομαγνητικό ballast δεν μπορεί να λειτουργήσει με περισσότερους των δύο λαμπτήρων. Χαρακτηριστικά αναφέρεται το παράδειγμα τυπικού φωτιστικού 4x18W το οποίο λειτουργεί με δύο συμβατικά ballast (ένα ballast ανά δύο λαμπτήρες σε σειρά) ενώ με ένα ηλεκτρονικό ballast όταν αντικαταστήσει τα δύο συμβατικά.
5. Το ηλεκτρονικό ballast διακόπτει τη λειτουργία του όταν ο λαμπτήρας δεν λειτουργεί (για παράδειγμα λόγω γήρανσης) ενώ το συμβατικό ballast εξακολουθεί να διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα και να καταναλώνει ενέργεια.
6. Μεγαλώνει σημαντικά η διάρκεια ζωής των λαμπτήρων (έως 50%). Άρα, μειώνεται στο ήμισυ το κόστος αντικατάστασης των λαμπτήρων, παρόλο που αυτό δεν είναι πάντα εγγυημένο.

Σύμφωνα με τα στοιχεία που συλλέχθηκαν κατά την ενεργειακή επιθεώρηση που διεξήχθη στο Νοσοκομείο, συνολικά μετρήθηκαν 495 λαμπτήρες φθορισμού T8: 153 λαμπτήρες φθορισμού T8 των 58W, 45 λαμπτήρες φθορισμού T8 των 36W και 297 λαμπτήρες φθορισμού T8 των 18W. Για να πραγματοποιηθεί οικονομική αξιολόγηση της επένδυσης, θα θεωρηθεί ότι το κόστος ενός ηλεκτρονικού ballast είναι 20 € και το κόστος εργασίας αντικατάστασης στο ποσό των 5 €. Το κάθε ballast τροφοδοτεί δύο λαμπτήρες, άρα για 495 λαμπτήρες φθορισμού χρειαζόμαστε 248 ballast. Το αρχικό κόστος της επένδυσης ανέρχεται στα 6.200 € ($K = 248 * 25 \text{ €} = 6.200$).

Στους υπολογισμούς που έγιναν στο Κεφάλαιο 3, οι καταναλώσεις για χρήσεις φωτισμού ανέρχονται στις 36.489 kWh ετησίως. Μια εξοικονόμηση της τάξης του 25% από την αλλαγή των ballast αντιστοιχεί σε $36.489 * 0,25 = 9.122,25$ kWh ετησίως. Η ετήσια

εξοικονόμηση με βάση τις τιμές που αναγράφονται στα τιμολόγια της ΔΕΗ (Γ22 – 0,11529 €/kWh) υπολογίζεται ως εξής: $F_i = 9.122,25 \text{ kWh} * 0,11529 \text{ €/kWh} = 1.051,7 \text{ €}$

Αναλυτικά οι υπολογισμοί στον πίνακα:

Πίνακας 5.1 : Υπολογισμός για την εγκατάσταση ηλεκτρονικών ballast

Αρχικό Κόστος Επένδυσης (Κ)	6.200 €
Επιτόκιο Αναγωγής (d)	5 %
Διάρκεια ζωής της Επένδυσης (N)	10 έτη
Ετήσια Εξοικονόμηση (Fi)	1.052 €
ΚΠΑ (Καθαρή Παρούσα Αξία)	1.923 €
EBA (Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης)	11 %
ΕΠΑ (Εντοκη Περίοδος Αποπληρωμής)	7,15 έτη

$KPA = 6.200 \text{ €} > 0$, $EBA = 11 \% > d$, η επένδυση λοιπόν κρίνεται συμφέρουσα.

5.3.1.2 Αντικατάσταση λαμπτήρων φθορισμού T8 με T5

Οι λαμπτήρες T5 αποτελούν τη νέα γενιά λαμπτήρων φθορισμού. Λειτουργούν μόνο με ηλεκτρονικό ballast, άρα τα φωτιστικά με λαμπτήρες αυτού του τύπου έχουν όλα τα πλεονεκτήματα που αναφέρθηκαν σχετικά με τα ηλεκτρονικά ballast. Οι διαστάσεις των λαμπτήρων T5 (διάμετρος σωλήνα 5/8"~16mm) είναι διαφορετικές από τις διαστάσεις των λαμπτήρων T8 (διάμετρος σωλήνα 8/8"~26mm), άρα δεν είναι δυνατόν να γίνει αντικατάσταση σε υφιστάμενα φωτιστικά.



Εικόνα 5.3: Λαμπτήρες Φθορισμού T5 και T8

Η απόδοση του συστήματος λαμπτήρα T5 και ballast (ηλεκτρονικού - απαραίτητα) μπορεί να προσεγγίσει τα 92 lm/W, αναλόγως του τύπου και της ονομαστικής ισχύος του λαμπτήρα. Η απόδοση του συμβατικού συστήματος λαμπτήρα T8 και ballast (ηλεκτρομαγνητικού) δεν μπορεί να υπερβεί τα 76 lm/W. Άρα, η απόδοση των λαμπτήρων T5 μπορεί να είναι έως και 21% υψηλότερη της απόδοσης των λαμπτήρων T8 με συμβατικό ballast. Με τους λαμπτήρες T5 επιτυγχάνεται εξοικονόμηση της τάξεως του 28%.

Όπως προαναφέρθηκε, για να γίνει αντικατάσταση με λαμπτήρες T5 πρέπει να γίνει εγκατάσταση νέων φωτιστικών σωμάτων. Το κόστος είναι 15 € ανά φωτιστικό, 2 € για τον

λαμπτήρα, 20 € για το ηλεκτρονικό Ballast (για δύο λαμπτήρες, άρα 10 € για έναν) και το κόστος για εργατικά 5 € ανά λαμπτήρα άρα το συνολικό κόστος ανά λαμπτήρα ανέρχεται στα 32 €. Στο κτίριο υπάρχουν 495 λαμπτήρες φθορισμού T8, άρα το αρχικό κεφάλαιο για την αντικατάσταση ballast και λαμπτήρων είναι $K = 495 * 32 \text{ €} = 15.840 \text{ €}$.

Η τωρινή κατανάλωση των λαμπτήρων είναι 36.489 kWh ετησίως. Μια εξοικονόμηση της τάξης του 28% από την αλλαγή των λαμπτήρων και των ballast αντιστοιχεί σε $36.489 * 0,28 = 10.217 \text{ kWh}$ ετησίως. Η ετήσια εξοικονόμηση με βάση τις τιμές που αναγράφονται στα τιμολόγια της ΔΕΗ (Γ22 – 0,11529 €/kWh) υπολογίζεται ως εξής: $F_i = 10.217 \text{ kWh} * 0,11529 \text{ €/kWh} = 1.178 \text{ €}$

Αναλυτικά οι υπολογισμοί στον Πίνακα 5.2:

Πίνακας 5.2 : Υπολογισμός για την εγκατάσταση λαμπτήρων φθορισμού T5

Αρχικό Κόστος Επένδυσης (K)	15.800 €
Επιτόκιο Αναγωγής (d)	5 %
Διάρκεια ζωής της Επένδυσης (N)	10 έτη
Ετήσια Εξοικονόμηση (Fi)	1.178 €
ΚΠΑ (Καθαρή Παρούσα Αξία)	- 6.704 €
EBA (Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης)	-5%
ΕΠΑ (Έντοκη Περίοδος Αποπληρωμής)	22,76 έτη

ΚΠΑ = -6.704 € < 0, EBA= -5 % < d, η επένδυση κρίνεται μη συμφέρουσα.

5.3.1.4 Εγκατάσταση αισθητήρων κίνησης

Ένα είδος αισθητήρων που μπορεί να χρησιμοποιηθεί είναι οι αισθητήρες παρουσίας (ή αισθητήρες κίνησης) οι οποίοι διακόπτουν τη λειτουργία των φωτιστικών, όταν δεν ανιχνεύουν την παρουσία ή κίνηση ατόμων στο χώρο για ένα προκαθορισμένο χρονικό διάστημα. Όταν ανιχνεύσουν κίνηση, επαναφέρουν τα φώτα σε λειτουργία (Εικόνα 5.4).

Οι αισθητήρες παρουσίας μπορεί να είναι:

- Αυτόνομοι ή και συνδεδεμένοι σε σύστημα ελέγχου και μπορούν να τοποθετηθούν σε τοίχο ή σε οροφή. Αυτοί ήταν οι πρώτοι τύποι ανιχνευτών παρουσίας που χρησιμοποιήθηκαν και παραμένουν ιδιαίτερα δημοφιλείς. Η εγκατάστασή τους απαιτεί διάνοιξη της οροφής ή του τοίχου, δεδομένου ότι πρέπει να καλωδιωθούν με το σύστημα ηλεκτρική παροχής. Αυτό συνεπάγεται σχετικά υψηλό κόστος εγκατάστασης, όταν η εγκατάσταση γίνεται εκ των υστέρων (στις περιπτώσεις ανακαινίσεων).
- Είτε υπάρχουν όλα τα εξαρτήματα στο ίδιο κεντρικό πίνακα-σημείο και να μπορούν εύκολα να καλωδιωθούν σε υπάρχοντα κουτιά στον χώρο. Αυτή είναι πιο πρόσφατη τεχνολογία, η οποία χρησιμοποιείται κυρίως σε μικρούς χώρους γραφείων, σε περιπτώσεις ανακαινίσης, με αντικατάσταση των κοινών διακοπών τοίχου. Έχουν

περιορισμένη ευελιξία δεδομένου ότι η θέση του πίνακα είναι σταθερή, συνήθως σε ύψος 110 εκ. από τη στάθμη του δαπέδου. Ένα άλλο μειονέκτημα είναι το ότι οι διαχωριστικοί τοίχοι και τα έπιπλα μπορεί να περιορίσουν την εμβέλειά του. Ωστόσο, σε κατάλληλους χώρους οι πίνακες είναι πολύ οικονομικοί δεδομένης της χαμηλής τιμής τους και το κόστος εγκατάστασης είναι σχεδόν αμελητέο.



Εικόνα 5.4: Αισθητήρες κίνησης για φωτισμό [18]

Κριτήριο για την επιλογή ενός συστήματος ελέγχου παρουσίας είναι η χρήση του χώρου. Οι ενδεικνυόμενες εφαρμογές για συστήματα ελέγχου παρουσίας είναι οι χώροι στους οποίους η χρήση είναι διακοπτόμενη ή απρόβλεπτη, π.χ. χώροι φωτοτυπικών, αποθήκες, υπηρεσιακοί διάδρομοι.

Για το λόγο αυτό, οι αισθητήρες παρουσίας θα τοποθετηθούν στο Νοσοκομείο στους διαδρόμους των ορόφων (1^{ου} έως 6^{ου}), στις κουζίνες των ορόφων, στο λεβητοστάσιο, και στο χώρο των φωτοτυπικών του 4^{ου} ορόφου, όπου η χρήση τους είναι σημαντική.

Στους διαδρόμους υπάρχουν συνολικά 85 φωτιστικά (19 x 36 W και 66 x 18W) καταναλώνοντας ηλεκτρική ενέργεια το έτος με βάση την καταγραφή 4.103 kWh.

Στις κουζίνες υπάρχουν συνολικά 16 φωτιστικά (4 x 75 W και 12 x 18) καταναλώνοντας ηλεκτρική ενέργεια το έτος με βάση την καταγραφή 473 kWh.

Στο λεβητοστάσιο υπάρχουν 9 φωτιστικά των 58 W καταναλώνοντας ηλεκτρική ενέργεια το έτος με βάση την καταγραφή 1.253 kWh.

Στο χώρο των φωτοτυπικών του 4^{ου} ορόφου υπάρχουν 2 φωτιστικά των 58 W καταναλώνοντας ηλεκτρική ενέργεια το έτος με βάση την καταγραφή 223 kWh.

Επομένως, το αρχικό κόστος για την εγκατάσταση περιλαμβάνει δυο αισθητήρες ανά όροφο για τους διαδρόμους, άρα 12 αισθητήρες. Για τις κουζίνες 6 αισθητήρες, για το λεβητοστάσιο 2 και για τον χώρο των φωτοτυπικών 1. Συνολικά χρειάζονται 21 αισθητήρες κίνησης. Άρα, εάν ο ένας κοστίζει μαζί με την εγκατάσταση 70 € (15 € ο αισθητήρας και 55 € εγκατάσταση), το αρχικό κόστος της επένδυσης ανέρχεται: $K = 70 * 21 = 1470 \text{ €}$

Η εκτιμώμενη ενεργειακή εξοικονόμηση μπορεί να φτάσει μέχρι και το 45% δεδομένου ότι αυτοί οι χώροι φωτίζονται συνεχώς χωρίς να χρειάζεται. Η ετήσια κατανάλωση για τα φωτιστικά που επιλέχτηκαν για να εγκατασταθούν οι αισθητήρες είναι: $4.130 + 473 + 1253 + 223 = 6.079 \text{ kWh}$, άρα ετήσια εξοικονόμηση $6.079 * 0,45 = 2.735,55 \text{ kWh}$. Με βάση τις τιμές που αναγράφονται στα τιμολόγια της ΔΕΗ (Γ22 – 0,11529 €/kWh) η εξοικονόμηση υπολογίζεται ως εξής: $Fi = 2.735,55 \text{ kWh} * 0,11529 \text{ €/kWh} = 315,4 \text{ €}$

Αναλυτικά οι υπολογισμοί στον Πίνακα 5.3:

Πίνακας 5.3: Υπολογισμός για την εγκατάσταση αισθητήρων παρουσίας

Αρχικό Κόστος Επένδυσης (Κ)	1.470 €
Επιτόκιο Αναγωγής (d)	5 %
Διάρκεια ζωής της Επένδυσης (N)	10 έτη
Ετήσια Εξοικονόμηση (Fi)	315 €
ΚΠΑ (Καθαρή Παρούσα Αξία)	962 €
EBA (Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης)	16,95 %
ΕΠΑ (Εντοκη Περίοδος Αποπληρωμής)	5,44 έτη

ΚΠΑ = 962 € > 0, EBA= 16,95 % > d, η επένδυση λοιπόν κρίνεται συμφέρουσα.

5.3.2 Δράσεις για το κτιριακό κέλυφος

Όπως υπολογίστηκε στο 3^ο Κεφάλαιο, το Νοσοκομείο κρίθηκε ενεργοβόρο και μη επαρκώς θερμομονωμένο, καθώς υπερβαίνει αρκετά τον μέσο επιτρεπόμενο συντελεστή θερμοπερατότητας που ορίζει η Τ.Ο.Τ.ΕΕ. Αυτό ήταν αναμενόμενο, καθώς κατασκευάστηκε το 1978 και μέχρι σήμερα δεν έχει υποστεί καμία βελτιωτική παρέμβαση σε ότι αφορά την θερμομόνωση του, εκτός από τα νέα κουφώματα και τους υαλοπίνακες στις δύο κύριες όψεις του το 2009.

Από τα συμπεράσματα στο Κεφάλαιο 3.6.5 τα βασικά προβλήματα του Νοσοκομείου είναι η εξωτερική τοιχοποιία που είναι ελλιπώς θερμομονωμένη, ο φέρον οργανισμός του κτιρίου που είναι εντελώς αμόνωντος και, τέλος, οι υαλοπίνακες που δεν πληρούν τα επιτρεπτά όρια για την ζώνη Β' που ανήκει το κτίριο. Μόνο οι οριζόντιες επιφάνειες και οι οροφές που χωρίζουν θερμαινόμενο χώρο από τον αέρα ήταν εντός των επιτρεπτών ορίων.

Στις δράσεις νοικοκυρέματος αναφέρονται κάποια μέτρα μηδενικού κόστους που στόχο έχουν να μειώσουν την ενεργειακή κατανάλωση και να βελτιώσουν την ενεργειακή απόδοση του κτιριακού κελύφους. Τα μέτρα αυτά αναφέρονται στα προβλήματα που προέκυψαν κατά την διάρκεια της θερμογράφησης. Πιο συγκεκριμένα :

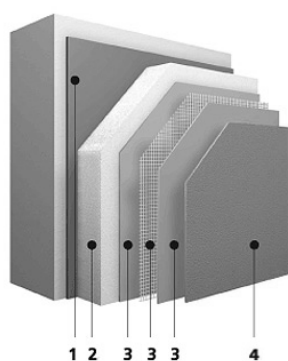
- Έλεγχος και επισκευή της ελαττωματικής εγκατάστασης των καινούργιων κουφωμάτων των δύο κύριων όψεων υαλοπινάκων.
- Έλεγχος και επισκευή της μόνωσης από τις περιελισσόμενες περσίδες και κουφώματα των δύο κύριων όψεων.
- Αντικατάσταση των δύο παλαιών μεταλλικών εξωτερικών θυρών, της ταράτσας και του ακαλύπτου.
- Ευαισθητοποίηση των χρηστών για ορθολογική χρήση των διατάξεων σκίασης σε σχέση με την εποχή και τον προσανατολισμό του, εκτιθέμενου στην ηλιακή ακτινοβολία, ανοίγματος και των μηχανισμών επαναφοράς των ανοιγμάτων.

Στην συνέχεια προτείνονται λύσεις ανακατασκευής για την βελτίωση του κτιριακού κελύφους και την αντιμετώπιση των βασικών προβλημάτων.

5.3.2.1 Θερμομόνωση εξωτερικής τοιχοποιίας σε όλο το κέλυφος

Η θερμομόνωση της εξωτερικής τοιχοποιίας περιλαμβάνει την τοποθέτηση θερμομονωτικών πλακών εξωτερικά από τα δομικά στοιχεία (πχ. τούβλα-μπετό ή παλιός σοβάς) και επίστρωση τους με έτοιμα λεπτά, βιομηχανικώς παραγόμενα ελαστικά επιχρίσματα (αντί για συμβατικό σοβά).

Στο σενάριο αυτό προτείνεται το εξής σύστημα:



Εικόνα 5.5: Θερμομόνωση εξωτερικής τοιχοποιίας (επεξεργασμένη εικόνα από το σύστημα StoTherm Classic)

1. Συγκολλητικά υλικά, τσιμεντοειδούς βάσης κόλλα, ενισχυμένη με πολυμερή συστατικά (ρητίνες), σε κατανάλωση 2,0 - 4,0 kg/m
2. Μονωτικές πλάκες διογκωμένης πολυστερίνης διαστάσεων 1,00x0,50μ, πάχους 3cm, EPS 100 (20kg/m³), λ=0,036 W/m*Κ
3. Αντιαλκαλικό υαλόπλεγμα ενίσχυσης, βάρους 161 gr/m, ±10 % κατά DIN 53854, 100cm με άνοιγμα καρέ 3,5 x 4,0 mm
4. Τελικό επίχρισμα ακρυλικής βάσης με διάφορα αδρανοί (για λεία επιφάνεια), ενισχυμένου με ρητίνες, σε καταναλώσεις που κυμαίνονται από 1,8kg/m²/3mm έως 5kg/m²/3mm πάχος επιχρίσματος 30 mm.

Τα στοιχεία των συντελεστών θερμικής αγωγιμότητας για το σενάριο που προτείνεται υπάρχουν στον ακόλουθο Πίνακα 5.4

Πίνακας 5.4: Θερμικές αντιστάσεις εξωτερικής θερμομόνωσης

Στρώσεις Δομικού Στοιχείου	Πάχος Στρώσεως	Συντελεστής Θερμικής Αγωγιμότητας λ σε W/mK	Θερμική Αντίσταση d/λ σε m ² K/W
Επίχρισμα εξωτερικό (ασβεστοκονίαμα)	0,02	0,87	0,02
Θερμομονωτικό Επίχρισμα (σοβά)	0,03	0,08	0,37
Γαλόπλεγμα	0,02	0,05	0,44
Πλάκες Πολυστερίνης	0,03	0,04	0,83
Κόλλα	0,02	0,19	0,1
Επίχρισμα εσωτερικό (ασβεστοκονίαμα)	0,02	0,87	0,02
Σύνολο	0,14		1,78

Επομένως η αντίσταση θερμοδιαφυγής είναι ίση με 1,78 m²K/W. Οι αντιστάσεις θερμικής μετάβασης θερμομόνωσης σύμφωνα με τον Πίνακα 3.22 προκύπτουν:

$$R_i \text{ (εσωτερικά)} = 0,13 \text{ (m}^2\text{K)} / \text{W}$$

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

Από τα παραπάνω, ο συντελεστής θερμοπερατότητας υπολογίζεται ως εξής για τα τρία είδη εξωτερικής τοιχοποιίας του Νοσοκομείου (Πίνακας 5.5)

Πίνακας 5.5: Υπολογισμός συντ. θερμοπερατότητας για τα είδη εξωτερικής τοιχοποιίας του Νοσοκομείου

	Τρέχουσα Θερμική Αντίσταση (m ² K) / W	Θερμική Αντίσταση εξ. Θερμομόνωσης (m ² K) / W	Νέα Θερμική Αντίσταση R _Λ (m ² K) / W	U=1/(R _i +R _a +R _Λ) W/(m ² K)
Εξωτερική τοιχοποιία 26 cm	1,368	1,78	3,15	0,30
Εξωτερική τοιχοποιία 24 cm	0,99	1,78	2,77	0,34
Εξωτερική τοιχοποιία 20 cm	0,392	1,78	2,17	0,43

Σε κάθε περίπτωση λοιπόν, ο συντελεστής θερμοπερατότητας είναι πολύ μικρότερος από την μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή, όπως δίνεται στον Πίνακα 3.23 της Τ.Ο.ΤΕΕ για κτίρια της Ζώνης Β που ισούται με U_{max} = 0,5 W / (m²K).

Οι επιφάνειες της τοιχοποιίας του κτιρίου και ο προσανατολισμός δίνονται στον Πίνακα 5.6 που ακολουθεί.

Πίνακας 5.6: Εξωτερική επιφάνεια του κτιρίου ανά προσανατολισμό

Όψη - Προσανατολισμός	Σύνολο (m ²)
Προς Μεσογείων - Βόρεια	251,38
Προς Αγίου Θωμά - Ανατολική	343,71
Προς τον ακάλυπτο χώρο- Δυτική	300,00
Σύνολο	895,09

Για τον υπολογισμό της εξοικονόμησης ενέργειας είναι απαραίτητο να υπολογιστούν οι απώλειες του κελύφους πριν και μετά την θερμομόνωση.

Θερμικές απώλειες σε ένα κτίριο προκαλούνται από τη μετάδοση θερμότητας του αέρα ενός εσωτερικού χώρου προς την ατμόσφαιρα ή προς ψυχρότερους γειτονικούς χώρους ή/και αντίστροφα. Με την θερμομόνωση ενός κτιρίου επιδιώκεται να μειωθεί ο χρόνος (ταχύτητα) ανταλλαγής της θερμότητας μέσα από τα τοιχώματα. Η θερμική διαφορά εσωτερικών και εξωτερικών χώρων, τείνει να εξισορροπηθεί σύμφωνα με την γενική εξίσωση θερμικής ροής:

$$Q = k \cdot F \cdot \Delta T \text{ (W)}$$

Δηλαδή, όταν υπάρχει μία επιφάνεια με διαφορά θερμοκρασίας σε κάθε πλευρά, η θερμική ροή (Q) μέσα από το στοιχείο (επιφάνεια) δίνεται από το γινόμενο, της επιφάνειας (F), τη διαφορά θερμοκρασίας (ΔT), και το συντελεστή θερμοπερατότητας (k). Οπότε, το ενεργειακό φορτίο που προστίθεται σε ένα κτίριο με τη θέρμανση και τη ψύξη, αποσκοπεί στην αναπλήρωση των θερμικών φορτίων που διαφεύγουν. Από την εξίσωση προκύπτει, ότι για χαμηλότερες τιμές του k, (για σταθερή επιφάνεια και διαφορά θερμοκρασίας), συνεπάγεται χαμηλότερη διαφυγή θερμικών φορτίων και συνεπώς λιγότερη δαπανώμενη ενέργεια για τη διατήρηση της διαφοράς θερμοκρασίας. Στις μελέτες θερμομόνωσης χρησιμοποιείται ο συντελεστής αντίστασης θερμοπερατότητας, που ορίζεται ως το αντίστροφο του k, (1/k), και εξαρτάται άμεσα από τον συντελεστή αντίστασης θερμοδιαφυγής (Λ).

Οι υπολογισμοί των απωλειών παρουσιάζονται αναλυτικά στους Πίνακες 5.7 και 5.8.

Οι μηνιαίες θερμοκρασίες της ατμόσφαιρας προέρχονται από στατιστικές της Εθνικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας [30] (Ε.Μ.Υ). Τέλος, σαν ώρες λειτουργίας της θέρμανσης τους ψυχρούς και της ψύξης τους θερμούς μήνες, έχει θεωρηθεί συμβατικά 12ωρο λειτουργίας των γραφείων επί 22 εργάσιμες μέρες το μήνα (συνολικά 264 ώρες/μήνα). Για τον υπολογισμό των απωλειών ανά μήνα χρησιμοποιήθηκε ο τύπος:

$$Q = U \cdot A \cdot \Delta T, \text{ όπου}$$

U : Συντελεστής θερμοπερατότητας εξωτερικού κελύφους,

A : Επιφάνεια Τοιχοποιίας (ανάλογα με το είδος της τοιχοποιίας),

ΔT : Διαφορά θερμοκρασίας εσωτερικού και εξωτερικού χώρου

Στον Πίνακα 5.7 γίνεται υπολογισμός των απωλειών πριν την εφαρμογή της θερμομόνωσης και στον Πίνακα 5.8 γίνεται υπολογισμός των απωλειών μετά την εφαρμογή της.

Πίνακας 5.7: Υπολογισμός απωλειών πριν την θερμομόνωση

Μήνας	Τοιχοποιία	Επιφ. (A) m ²	Συντ. Θερμοπερα τότητας (U) W/m ² K	Εσωτερική Θερμοκρα σία (K)	Θερμοκρα σία Ατμόσφαι ρας (K)	Θερμότητα /ώρα Q=U*A*n	Απώλειες /μήνα (kWh)
Ιανουάριος							
	Εξ. Τοίχος 26 cm	453,99	0,65	297	283,3	4.043	1.067
	Εξ. Τοίχος 24 cm	358,24	0,86	297	283,3	4.221	1.114
	Εξ. Τοίχος 20 cm	87,86	1,78	297	283,3	2.143	566
Φεβρουάριος							
	Εξ. Τοίχος 26 cm	453,99	0,65	297	283,6	3.954	1.044
	Εξ. Τοίχος 24 cm	358,24	0,86	297	283,6	4.128	1.090
	Εξ. Τοίχος 20 cm	87,86	1,78	297	283,6	2.096	553
Μάρτιος							
	Εξ. Τοίχος 26 cm	453,99	0,65	297	285,3	3.453	911
	Εξ. Τοίχος 24 cm	358,24	0,86	297	285,3	3.605	952
	Εξ. Τοίχος 20 cm	87,86	1,78	297	285,3	1.830	483
Απρίλης							
	Εξ. Τοίχος 26 cm	453,99	0,65	297	288,9	2.390	631
	Εξ. Τοίχος 24 cm	358,24	0,86	297	288,9	2.495	659
	Εξ. Τοίχος 20 cm	87,86	1,78	297	288,9	1.267	334
Μάιος							
	Εξ. Τοίχος 26 cm	453,99	0,65	297	293,7	974	257
	Εξ. Τοίχος 24 cm	358,24	0,86	297	293,7	1.017	268
	Εξ. Τοίχος 20 cm	87,86	1,78	297	293,7	516	136
Ιούνιος							
	Εξ. Τοίχος 26 cm	453,99	0,65	297	298,2	354	93
	Εξ. Τοίχος 24 cm	358,24	0,86	297	298,2	370	98
	Εξ. Τοίχος 20 cm	87,86	1,78	297	298,2	188	50

	20 cm						
Ιούλιος							
	Εξ. Τοίχος 26 cm	453,99	0,65	297	301	1.180	312
	Εξ. Τοίχος 24 cm	358,24	0,86	297	301	1.232	325
	Εξ. Τοίχος 20 cm	87,86	1,78	297	301	626	165
Αύγουστος							
	Εξ. Τοίχος 26 cm	453,99	0,65	297	300,8	1.121	296
	Εξ. Τοίχος 24 cm	358,24	0,86	297	300,8	1.171	309
	Εξ. Τοίχος 20 cm	87,86	1,78	297	300,8	594	157
Σεπτέμβριος							
	Εξ. Τοίχος 26 cm	453,99	0,65	297	297,2	59	16
	Εξ. Τοίχος 24 cm	358,24	0,86	297	297,2	62	16
	Εξ. Τοίχος 20 cm	87,86	1,78	297	297,2	31	8
Οκτώβριος							
	Εξ. Τοίχος 26 cm	453,99	0,65	297	292,5	1.328	351
	Εξ. Τοίχος 24 cm	358,24	0,86	297	292,5	1.386	366
	Εξ. Τοίχος 20 cm	87,86	1,78	297	292,5	704	186
Νοέμβριος							
	Εξ. Τοίχος 26 cm	453,99	0,65	297	288,4	2.538	670
	Εξ. Τοίχος 24 cm	358,24	0,86	297	288,4	2.650	699
	Εξ. Τοίχος 20 cm	87,86	1,78	297	288,4	1.345	355
Δεκέμβριος							
	Εξ. Τοίχος 26 cm	453,99	0,65	297	285	3.541	935
	Εξ. Τοίχος 24 cm	358,24	0,86	297	285	3.697	976
	Εξ. Τοίχος 20 cm	87,86	1,78	297	285	1.877	495
Σύνολο απωλει ών							16.945

Πίνακας 5.8: Υπολογισμός απωλειών μετά την θερμομόνωση σε όλη την τοιχοποιία

Μήνας	Τοιχοποιία	Επιφ. (A) m ²	Συντελεστής Θερμοπερατότητας (U) W/m ² K	Εσωτερική Θερμοκρασία (K)	Θερμοκρασία Ατμόσφαιρας (K)	Θερμότητα/ώρα Q=U*A*n	Απώλειες /μήνα (kWh)
Ιανουάριος							
	Εξ. Τοίχος 26 cm	453,99	0,3	297	283,3	1.866	493
	Εξ. Τοίχος 24 cm	358,24	0,34	297	283,3	1.669	441
	Εξ. Τοίχος 20 cm	87,86	0,43	297	283,3	518	137
Φεβρουάριος							
	Εξ. Τοίχος 26 cm	453,99	0,3	297	283,6	1.825	482
	Εξ. Τοίχος 24 cm	358,24	0,34	297	283,6	1.632	431
	Εξ. Τοίχος 20 cm	87,86	0,43	297	283,6	506	134
Μάρτιος							
	Εξ. Τοίχος 26 cm	453,99	0,3	297	285,3	1.594	421
	Εξ. Τοίχος 24 cm	358,24	0,34	297	285,3	1.425	376
	Εξ. Τοίχος 20 cm	87,86	0,43	297	285,3	442	117
Απρίλης							
	Εξ. Τοίχος 26 cm	453,99	0,3	297	288,9	1.103	291
	Εξ. Τοίχος 24 cm	358,24	0,34	297	288,9	987	260
	Εξ. Τοίχος 20 cm	87,86	0,43	297	288,9	306	81
Μάιος							
	Εξ. Τοίχος 26 cm	453,99	0,3	297	293,7	449	119
	Εξ. Τοίχος 24 cm	358,24	0,34	297	293,7	402	106
	Εξ. Τοίχος 20 cm	87,86	0,43	297	293,7	125	33
Ιούνιος							
	Εξ. Τοίχος 26 cm	453,99	0,3	297	298,2	163	43
	Εξ. Τοίχος 24 cm	358,24	0,34	297	298,2	146	39
	Εξ. Τοίχος 20 cm	87,86	0,43	297	298,2	45	12

	20 cm						
Ιούλιος							
	Εξ. Τοίχος 26 cm	453,99	0,3	297	301	545	144
	Εξ. Τοίχος 24 cm	358,24	0,34	297	301	487	129
	Εξ. Τοίχος 20 cm	87,86	0,43	297	301	151	40
Αύγουστος							
	Εξ. Τοίχος 26 cm	453,99	0,3	297	300,8	518	137
	Εξ. Τοίχος 24 cm	358,24	0,34	297	300,8	463	122
	Εξ. Τοίχος 20 cm	87,86	0,43	297	300,8	144	38
Σεπτέμβριος							
	Εξ. Τοίχος 26 cm	453,99	0,3	297	297,2	27	7
	Εξ. Τοίχος 24 cm	358,24	0,34	297	297,2	24	6
	Εξ. Τοίχος 20 cm	87,86	0,43	297	297,2	8	2
Οκτώβριος							
	Εξ. Τοίχος 26 cm	453,99	0,3	297	292,5	613	162
	Εξ. Τοίχος 24 cm	358,24	0,34	297	292,5	548	145
	Εξ. Τοίχος 20 cm	87,86	0,43	297	292,5	170	45
Νοέμβριος							
	Εξ. Τοίχος 26 cm	453,99	0,3	297	288,4	1.171	309
	Εξ. Τοίχος 24 cm	358,24	0,34	297	288,4	1.047	277
	Εξ. Τοίχος 20 cm	87,86	0,43	297	288,4	325	86
Δεκέμβριος							
	Εξ. Τοίχος 26 cm	453,99	0,3	297	285	1.634	431
	Εξ. Τοίχος 24 cm	358,24	0,34	297	285	1.462	386
	Εξ. Τοίχος 20 cm	87,86	0,43	297	285	453	120
Σύνολο απωλειών							6.598

Η εξοικονομούμενη ενέργεια που προκύπτει από την θερμομόνωση αντιστοιχεί πρακτικά σε μείωση της ενέργειας που ξοδεύεται για θέρμανση (πετρέλαιο θέρμανσης για τον λέβητα και ηλεκτρική ενέργεια για τα fan-coils) τους μήνες Οκτώβριο έως Απρίλιο και της ενέργειας για την ψύξη των ορόφων (ηλεκτρική ενέργεια για τους συμπιεστές και τα fan-coils) τους μήνες Μάιο έως Σεπτέμβριο. Έτσι η συνολική εξοικονόμηση εκτιμάται στις $16.945 - 6.598 = 10.347$ kWh. Στους Πίνακες 5.9 και 5.10 υπολογίζονται οι απώλειες πριν και μετά την θερμομόνωση.

Πίνακας 5.9: Απώλειες για θέρμανση και ψύξη πριν την θερμομόνωση

Απώλειες (kWh)	
Θέρμανση	14.438
Ψύξη	2.507
Σύνολο	16.945

Πίνακας 5.10: Απώλειες για θέρμανση και ψύξη μετά την θερμομόνωση

Απώλειες (kWh)	
Θέρμανση	5.622
Ψύξη	976
Σύνολο	6.598

Άρα, η συνολική εξοικονόμηση για την θέρμανση είναι $14.438 - 5.622 = 8.816$ kWh και η συνολική εξοικονόμηση για την ψύξη είναι $2.507 - 976 = 1.531$ kWh

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

- Αναμενόμενη εξοικονόμηση από μείωση αναγκών **θέρμανσης = 8.816 kWh**
Οι ανάγκες αυτές καλύπτονται από το πετρέλαιο για τους λέβητες και την ηλεκτρική ενέργεια από τα fan-coils. Επειδή το πετρέλαιο μετριέται σε lt και η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας σε kWh θα μετατραπούν τα lt σε kWh ώστε να υπάρχει κοινή βάση. Η θερμογόνο δύναμη του πετρελαίου θέρμανσης είναι περίπου 10.000 kcal/lt. Μια kWh ισούται με περίπου 860 kcal. Επομένως, σύμφωνα με το 4^ο Κεφάλαιο και τον αναλυτή καυσαερίων, ο βαθμός απόδοσης του λέβητα $n = 92\%$, το σύστημα θέρμανσης λοιπόν για να αποδώσει μια θερμική kWh χρειάζεται:

$$\frac{860 \text{ KCal}}{10.000 \frac{\text{KCal}}{\text{lt}} * 0,92} = 0,1 \text{ lt}$$

Για την θερινή περίοδο του 2010 χρησιμοποιήθηκαν 20.000 lt πετρελαίου. Άρα $20.000 * 0,1 = 2.000$ kWh. Ενώ από τα fan-coils των ορόφων και του ισογείου καταναλώθηκαν περίπου 13.500 kWh. Δηλαδή το 87 % της κατανάλωσης οφείλεται στην ηλεκτρική

ενέργεια και το 13 % στο πετρέλαιο. Επομένως εξοικονομούνται $8.816 * 0,87 = 7.670$ kWh ηλεκτρικής ενέργειας και $8.816 * 0,13 = 1.146$ kWh πετρελαίου.

Μια kWh ηλεκτρικής ενέργειας κοστίζει 0,11529 €/kWh και μια θερμική kWh από πετρέλαιο (κίνησης) κοστίζει 1,3 €/kWh, επομένως το ετήσιο κέρδος υπολογίζεται στα $(7.670 \text{ kWh} * 0,11529 \text{ €/kWh}) + (1.146 \text{ kWh} * 1,3 \text{ €/kWh}) = 884 \text{ €} + 1490 \text{ €} = 2.374 \text{ €}$

- Αναμενόμενη εξοικονόμηση από μείωση αναγκών **ψύξης = 1.531 kWh**

Οι ανάγκες αυτές καλύπτονται αποκλειστικά από την χρήση ηλεκτρικής ενέργειας για τα fan-coils και τα κλιματιστικά. Άρα, αφού μια kWh ηλεκτρικής ενέργειας κοστίζει 0,11529 €/kWh, το ετήσιο κέρδος υπολογίζεται στα $1.531 \text{ kWh} * 0,11529 \text{ €/kWh} = 177 \text{ €}$

Αρά συνολικά το ετήσιο κέρδος εξοικονόμησης είναι $F_i = 2.374 \text{ €} + 177 \text{ €} = 2.551 \text{ €}$. Το κόστος για την εφαρμογή του σεναρίου ανέρχεται στα 40 €/m^2 . Δηλαδή $K = 895,09 \text{ m}^2 * 40 \text{ €/m}^2 = 35.804 \text{ €}$

Αναλυτικά οι υπολογισμοί στον Πίνακα 5.11:

Πίνακας 4.11: Υπολογισμός για την εξωτερική θερμομόνωση όλου του κελύφους

Αρχικό Κόστος Επένδυσης (K)	35.804 €
Επιτόκιο Αναγωγής (d)	5 %
Διάρκεια ζωής της Επένδυσης (N)	25 έτη
Ετήσια Εξοικονόμηση (Fi)	2.551 €
ΚΠΑ (Καθαρή Παρούσα Αξία)	150 €
EBA (Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης)	5 %
ΕΠΑ (Εντοκη Περίοδος Αποπληρωμής)	24,8 έτη

ΚΠΑ = 150 € > 0, EBA= 5 % = d, η επένδυση λοιπόν κρίνεται οριακά συμφέρουσα.

Μπορεί η επένδυση να είναι οριακά βιώσιμη, αλλά συστήνεται ανεπιφύλακτα καθώς το κτίριο θα εναρμονιστεί με το κανονισμό ενεργειακής απόδοσης κτιρίων και η μόνωση θα διαρκέσει όσο και η ζωή του κτιρίου.

5.3.2.2 Θερμομόνωση εξωτερικής τοιχοποιίας στις δυο από τις τρεις όψεις του Νοσοκομείου

Το Νοσοκομείο αποτελείται από τρεις όψεις όπως έχει αναφερθεί σε προηγούμενο Κεφάλαιο. Οι δύο κύριες όψεις είναι προς την Λεωφ. Μεσογείων και προς την οδό Αγίου Θωμά, η τρίτη βλέπει στον ακάλυπτο. Τα ιατρεία και τα γραφεία βρίσκονται ως επί το πλείστον στις δυο κύριες όψεις. Επίσης, λόγω πυκνής δόμησης ο ακάλυπτος δεν είναι εκτεθειμένος στον ήλιο τους καλοκαιρινούς μήνες σε αντίθεση με τις δύο κύριες όψεις. Έτσι, θα μελετηθεί ένα σενάριο για εξωτερική θερμομόνωση μόνο στις δύο κύριες όψεις μιας και είναι πιο απαραίτητο. Με αυτόν τον τρόπο αυτομάτως θα μειωθεί το αυξημένο αρχικό κόστος επένδυσης κατά $300 \text{ m}^2 * 40 \text{ €/m}^2 = 12.000 \text{ €}$

Η μεθοδολογία υπολογισμού είναι ίδια με αυτή της προηγούμενης παραγράφου. Δεδομένου ότι η όψη προς τον ακάλυπτο δεν θα μονωθεί, θα αφαιρεθεί από τον Πίνακα 5.7 των απωλειών η εξωτερική τοιχοποιία της όψης. Οπότε αφαιρείται εντελώς η τοιχοποιία των 20 cm (αφού είναι η μόνη όψη που περιλαμβάνει αυτή την τοιχοποιία) και 212,14 m² από την τοιχοποιία των 26 cm (τα δεδομένα βρίσκονται στην Παράγραφο 3.6.4). Προκύπτει λοιπόν ο Πίνακας 5.12:

Πίνακας 5.12: Υπολογισμός απωλειών πριν την θερμομόνωση

Μήνας	Τοιχοποιία	Επιφ. (A) m ²	Συντ. Θερμοπερατότητας (U) W/m ² K	Εσωτερική Θερμοκρασία (K)	Θερμοκρασία Ατμόσφαιρας (K)	Θερμότητα/ώρα Q=U*A*n	Απώλειες /μήνα (kWh)
Ιανουάριος							
	Εξ. Τοίχος 26 cm	241,85	0,65	297	283,3	2.154	569
	Εξ. Τοίχος 24 cm	358,24	0,86	297	283,3	4.221	1.114
Φεβρουάριος							
	Εξ. Τοίχος 26 cm	241,85	0,65	297	283,6	2.107	556
	Εξ. Τοίχος 24 cm	358,24	0,86	297	283,6	4.128	1.090
Μάρτιος							
	Εξ. Τοίχος 26 cm	241,85	0,65	297	285,3	1.839	486
	Εξ. Τοίχος 24 cm	358,24	0,86	297	285,3	3.605	952
Απρίλης							
	Εξ. Τοίχος 26 cm	241,85	0,65	297	288,9	1.273	336
	Εξ. Τοίχος 24 cm	358,24	0,86	297	288,9	2.495	659
Μάιος							
	Εξ. Τοίχος 26 cm	241,85	0,65	297	293,7	519	137
	Εξ. Τοίχος 24 cm	358,24	0,86	297	293,7	1.017	268
Ιούνιος							
	Εξ. Τοίχος 26 cm	241,85	0,65	297	298,2	189	50
	Εξ. Τοίχος 24 cm	358,24	0,86	297	298,2	370	98
Ιούλιος							
	Εξ. Τοίχος 26 cm	241,85	0,65	297	301	629	166
	Εξ. Τοίχος 24 cm	358,24	0,86	297	301	1.232	325

	24 cm						
Αύγουστος							
	Εξ. Τοίχος 26 cm	241,85	0,65	297	300,8	597	158
	Εξ. Τοίχος 24 cm	358,24	0,86	297	300,8	1.171	309
Σεπτέμβριος							
	Εξ. Τοίχος 26 cm	241,85	0,65	297	297,2	31	8
	Εξ. Τοίχος 24 cm	358,24	0,86	297	297,2	62	16
Οκτώβριος							
	Εξ. Τοίχος 26 cm	241,85	0,65	297	292,5	707	187
	Εξ. Τοίχος 24 cm	358,24	0,86	297	292,5	1.386	366
Νοέμβριος							
	Εξ. Τοίχος 26 cm	241,85	0,65	297	288,4	1.352	357
	Εξ. Τοίχος 24 cm	358,24	0,86	297	288,4	2.650	699
Δεκέμβριος							
	Εξ. Τοίχος 26 cm	241,85	0,65	297	285	1.886	498
	Εξ. Τοίχος 24 cm	358,24	0,86	297	285	3.697	976
Σύνολο απωλειών							10.380

Από τον Πίνακα 5.8 θα αφαιρεθεί όλη η επιφάνεια της όψης προς τον ακάλυπτο που είναι 300 m² και 212,14 m² από την τοιχοποιία των 26 cm, όπως προηγουμένως. Προκύπτει λοιπόν ο Πίνακας 5.13:

Πίνακας 5.13: Υπολογισμός απωλειών μετά την θερμομόνωση

Μήνας	Τοιχοποιία	Επιφ. (A) m ²	Συντ. Θερμοπερατότητας (U) W/m ² K	Εσωτερική Θερμοκρασία (K)	Θερμοκρασία Ατμόσφαιρας (K)	Θερμότητα α/ώρα Q=U*A*n	Απώλειες /μήνα (kWh)
Ιανουάριος							
	Εξ. Τοίχος 26 cm	241,85	0,3	297	283,3	994	262
	Εξ. Τοίχος 24 cm	358,24	0,34	297	283,3	1.669	441
Φεβρουάριος							
	Εξ. Τοίχος 26 cm	241,85	0,3	297	283,6	972	257

	Εξ. Τοίχος 24 cm	358,24	0,34	297	283,6	1.632	431
Μάρτιος							
	Εξ. Τοίχος 26 cm	241,85	0,3	297	285,3	849	224
	Εξ. Τοίχος 24 cm	358,24	0,34	297	285,3	1.425	376
Απρίλης							
	Εξ. Τοίχος 26 cm	241,85	0,3	297	288,9	588	155
	Εξ. Τοίχος 24 cm	358,24	0,34	297	288,9	987	260
Μάιος							
	Εξ. Τοίχος 26 cm	241,85	0,3	297	293,7	239	63
	Εξ. Τοίχος 24 cm	358,24	0,34	297	293,7	402	106
Ιούνιος							
	Εξ. Τοίχος 26 cm	241,85	0,3	297	298,2	87	23
	Εξ. Τοίχος 24 cm	358,24	0,34	297	298,2	146	39
Ιούλιος							
	Εξ. Τοίχος 26 cm	241,85	0,3	297	301	290	77
	Εξ. Τοίχος 24 cm	358,24	0,34	297	301	487	129
Αύγουστος							
	Εξ. Τοίχος 26 cm	241,85	0,3	297	300,8	276	73
	Εξ. Τοίχος 24 cm	358,24	0,34	297	300,8	463	122
Σεπτέμβριος							
	Εξ. Τοίχος 26 cm	241,85	0,3	297	297,2	15	4
	Εξ. Τοίχος 24 cm	358,24	0,34	297	297,2	24	6
Οκτώβριος							
	Εξ. Τοίχος 26 cm	241,85	0,3	297	292,5	326	86
	Εξ. Τοίχος 24 cm	358,24	0,34	297	292,5	548	145
Νοέμβριος							
	Εξ. Τοίχος 26 cm	241,85	0,3	297	288,4	624	165
	Εξ. Τοίχος 24 cm	358,24	0,34	297	288,4	1.047	277

Δεκέμβριος							
	Εξ. Τοίχος 26 cm	241,85	0,3	297	285	871	230
	Εξ. Τοίχος 24 cm	358,24	0,34	297	285	1.462	386
Σύνολο απωλειών							4.336

Η εξοικονομούμενη ενέργεια που προκύπτει από την θερμομόνωση αντιστοιχεί πρακτικά σε μείωση της ενέργειας που ξοδεύεται για θέρμανση (πετρέλαιο θέρμανσης για τον λέβητα και ηλεκτρική ενέργεια για τα fan-coils) τους μήνες Οκτώβριο έως Απρίλιο και της ενέργειας για την ψύξη των ορόφων (ηλεκτρική ενέργεια για τους συμπιεστές και τα fan-coils) τους μήνες Μάιο έως Σεπτέμβριο. Έτσι η συνολική εξοικονόμηση εκτιμάται στις $10.379,66 - 3.586,45 = 11.508,55$ kWh. Στους Πίνακες 5.14 και 5.15 υπολογίζονται οι απώλειες πριν και μετά την θερμομόνωση.

Πίνακας 5.14: Απώλειες για θέρμανση και ψύξη πριν την θερμομόνωση

Απώλειες (kWh)	
Θέρμανση	8.844
Ψύξη	1.536
Σύνολο	10.380

Πίνακας 5.15: Απώλειες για θέρμανση και ψύξη μετά την θερμομόνωση

Απώλειες (kWh)	
Θέρμανση	3.694
Ψύξη	641
Σύνολο	4.336

Άρα η συνολική εξοικονόμηση για την θέρμανση είναι $8.844 - 3.694 = 5.150$ kWh και η συνολική εξοικονόμηση για την ψύξη είναι $1.536 - 641 = 895$ kWh

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

- Αναμενόμενη εξοικονόμηση από μείωση αναγκών **θέρμανσης = 5.150 kWh**. Οι ανάγκες αυτές καλύπτονται από το πετρέλαιο για τους λέβητες και την ηλεκτρική ενέργεια από τα fan-coils. Επειδή το πετρέλαιο μετριέται σε lt και η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας σε kWh θα μετατραπούν τα lt σε kWh ώστε να υπάρχει κοινή βάση. Όπως αποδείχθηκε προηγουμένως, μια θερμική kWh χρειάζεται 0,1 lt πετρέλαιο. Το 87 % της κατανάλωσης οφείλεται στην ηλεκτρική ενέργεια και το 13 % στο πετρέλαιο. Επομένως εξοικονομούνται $5.150 * 0,87 = 4.481$ kWh ηλεκτρικής ενέργειας και $5.150 * 0,13 = 670$ kWh πετρελαίου. Μια kWh ηλεκτρικής ενέργειας κοστίζει 0,11529 €/kWh και μια

Θερμική kWh από πετρέλαιο (κίνησης) κοστίζει 1,3 €/kWh, επομένως το ετήσιο κέρδος υπολογίζεται στα $(4.481 \text{ kWh} * 0,11529 \text{ €/kWh}) + (670 \text{ kWh} * 1,3 \text{ €/kWh}) = 517 \text{ €} + 871 \text{ €} = 1.388 \text{ €}$

- Αναμενόμενη εξοικονόμηση από μείωση αναγκών ψύξης = 895 kWh. Οι ανάγκες αυτές καλύπτονται αποκλειστικά από την χρήση ηλεκτρικής ενέργειας για τα fan-coils και τα κλιματιστικά. Άρα, αφού μια kWh ηλεκτρικής ενέργειας κοστίζει 0,11529 €/kWh, το ετήσιο κέρδος υπολογίζεται στα $895 \text{ kWh} * 0,11529 \text{ €/kWh} = 103 \text{ €}$

Αρά συνολικά το ετήσιο κέρδος εξοικονόμησης είναι $F_i = 1.388 \text{ €} + 103 \text{ €} = 1.491 \text{ €}$.

Το κόστος για την εφαρμογή του σεναρίου ανέρχεται στα 40 €/m². Δηλαδή $K = 595,09 \text{ m}^2 * 40 \text{ €/m}^2 = 23.804 \text{ €}$

Αναλυτικά οι υπολογισμοί στον Πίνακα 5.16:

Πίνακας 5.16 : Υπολογισμός για την εξωτερική θερμομόνωση τμήματος του κελύφους

Αρχικό Κόστος Επένδυσης (K)	23.804 €
Επιτόκιο Αναγωγής (d)	5 %
Διάρκεια ζωής της Επένδυσης (N)	25 έτη
Ετήσια Εξοικονόμηση (Fi)	1.491 €
ΚΠΑ (Καθαρή Παρούσα Αξία)	-2.790 €
EBA (Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης)	3,8 %
EPA (Εντοκη Περίοδος Αποπληρωμής)	32,8 έτη

ΚΠΑ = -2.790 € < 0, EBA= 3,8 % < d, η επένδυση κρίνεται μη βιώσιμη παρόλο που το αρχικό κεφάλαιο μειώθηκε κατά 12.000 €. Αυτό συναίβει λόγω της αρκετά μειωμένης σε σχέση με πριν ετήσιας εξοικονόμησης. Η πλήρης θερμομόνωση, λοιπόν, κρίνεται πιο συμφέρουσα λύση.

5.3.2.3 Αντικατάσταση υαλοπινάκων (της όψης προς τον ακάλυπτο)

Στην Ελλάδα, από την ισχύ του Κανονισμού Θερμομόνωσης του 1979 είναι υποχρεωτική η χρήση διπλών υαλοπινάκων σε νέα κτίρια, έτσι ώστε να πληρούνται οι απαιτήσεις του Κανονισμού. Για τα παλαιά κτίρια, κτισμένα εν γένει πριν το 1979, η αντικατάσταση των μονών υαλοπινάκων με διπλούς, με πιθανή αντικατάσταση και των κουφωμάτων, αποτελεί μια σημαντική τεχνική εξοικονόμησης ενέργειας. Η αντικατάσταση των παλιών παραθύρων με νέα, ενεργειακά αποδοτικά με διπλά τζάμια, αν και έχει κάποιο κόστος, μπορεί να ανατρέψει κατά ένα πολύ μεγάλο ποσοστό την κακή ενεργειακή απόδοση του κτιρίου, με πολλαπλά οφέλη, ενεργειακά, περιβαλλοντικά και οικονομικά. Εκτός από την εξοικονόμηση ενέργειας που επιφέρουν τα παράθυρα με διπλά τζάμια λόγω μειωμένων θερμικών ανταλλαγών με το περιβάλλον, παρουσιάζουν και μια σειρά από πλεονεκτήματα, όπως: το ότι μειώνουν την ακτινοβολία από ή προς τον εσωτερικό χώρο, καθώς παρουσιάζουν επιφανειακή θερμοκρασία πλησιέστερη με αυτή των άλλων επιφανειών του χώρου και περιορίζουν τα ρεύματα του αέρα κοντά στο παράθυρο με αποτέλεσμα να

προσφέρουν βελτιωμένες συνθήκες θερμικής άνεσης, αποτρέπουν τη συμπύκνωση υδρατμών το χειμώνα στην επιφάνειά τους, αλλά και μειώνουν το θόρυβο.

Στο Νοσοκομείο όπως έχει αναφερθεί, οι υαλοπίνακες και τα κουφώματα στις δύο κύριες όψεις (προς την Λεωφ. Μεσογείων και προς την Αγίου Θωμά) έχουν αντικατασταθεί το 2009 με καινούργιους δίδυμους υαλοπίνακες με κουφώματα αλουμινίου. Η όψη προς τον ακάλυπτο έχει ακόμα τους παλιούς δίδυμους υαλοπίνακες με μεταλλικό κούφωμα από το 1978 οπότε και κατασκευάστηκε το κτίριο. Οι υαλοπίνακες του 1978 μπορεί να έχουν τον ίδιο συντελεστή θερμοπερατότητας ($3,3 \text{ W/m}^2\text{K}$ για πάχος διακένου αέρα 6mm) με τα σύγχρονα, αλλά η φθορά και η γήρανση των υλικών (μόνωση κλπ) έχει χαμηλώσει αρκετά την απόδοσή τους. Αυτός ήταν και ο λόγος που οδήγησε στην αντικατάστασή τους αρχικά από τις δύο κύριες όψεις και είναι προς αντικατάσταση και προς την όψη του ακαλύπτου.

Τόσο οι υαλοπίνακες και τα κουφώματα που αλλάχθηκαν με νέα όσο και τα παλιά έχουν συντελεστή θερμοπερατότητας $3,3 \text{ W/m}^2\text{K}$. Σύμφωνα με την Τ.Ο.ΤΕΕ, το επιτρεπτό όριο για την ζώνη Β είναι $3 \text{ W/m}^2\text{K}$. Σαν πρόταση εξοικονόμησης ενέργειας δεν μπορεί να προταθεί προφανώς η αντικατάσταση των υαλοπινάκων και των κουφωμάτων που αντικαταστάθηκαν το 2009 αλλά μόνο η αντικατάσταση των παλαιών από την όψη του ακαλύπτου. Ανεξάρτητα από το αποτέλεσμα της επένδυσης, γιατί θα χρησιμοποιηθεί ο συντελεστής θερμοπερατότητας των $3,3 \text{ W/m}^2\text{K}$ (που δεν ισχύει προφανώς λόγω τριακονταετούς γήρανσης των υλικών) η επένδυση κρίνεται αναγκαία, καθώς θα επιφέρει σημαντική μείωση απωλειών και βελτίωση των συνθηκών εργασίας.

Στο σενάριο αυτό προτείνεται η αλλαγή των υφιστάμενων υαλοπινάκων της όψης προς τον ακάλυπτο με καινούργια διπλά τζάμια χωρίς επίστρωση χαμηλής εκπομπής, τύπου 4-12-4 με αέρα. Ο καινούργιος συντελεστής θερμοπερατότητας ισούται με $2,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ και είναι εντός των προδιαγραφών της Τ.Ο.ΤΕΕ..

Ο τρόπος υπολογισμού που ακολουθείται είναι ίδιος με τις προηγούμενες Παραγράφους 5.3.2.1 και 5.3.2.2 που αφορούσαν την θερμομόνωση της εξωτερικής τοιχοποιίας. Οι πίνακες υπολογισμού είναι απλούστεροι καθώς πριν την αντικατάσταση ισχύει συντελεστής θερμοπερατότητας: $U = 3,3 \text{ W/m}^2\text{K}$ (Πίνακας 5.17) και μετά την αντικατάσταση $U = 2,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ (Πίνακας 5.18). Το εμβαδόν και στις δύο περιπτώσεις είναι σταθερό και ίσο με $A = 51,50 \text{ m}^2$.

Πίνακας 5.17: Υπολογισμός απωλειών υαλοπινάκων πριν την αντικατάστασή τους ($U = 3,3 \text{ W/m}^2\text{K}$)

Μήνας	Εσωτερική Θερμοκρασία (Κ)	Θερμοκρασία Ατμόσφαιρας (Κ)	Θερμότητα/ώρα $Q=U*A*\eta$	Απώλειες/μήνα (kWh)
Ιανουάριος	297	283,3	2.328	615
Φεβρουάριος	297	283,6	2.277	601
Μάρτιος	297	285,3	1.988	525
Απρίλης	297	288,9	1.377	363
Μάιος	297	293,7	561	148

Ιούνιος	297	298,2	204	54
Ιούλιος	297	301	680	179
Αύγουστος	297	300,8	646	170
Σεπτέμβριος	297	297,2	34	9
Οκτώβριος	297	292,5	765	202
Νοέμβριος	297	288,4	1.462	386
Δεκέμβριος	297	285	2.039	538
Σύνολο απωλειών				3.791

Πίνακας 5.18: Υπολογισμός απωλειών υαλοπινάκων πριν την αντικατάστασή τους ($U = 2,8$ W/m^2K)

Μήνας	Εσωτερική Θερμοκρασία (K)	Θερμοκρασία Ατμόσφαιρας (K)	Θερμότητα/ώρα $Q=U*A*n$	Απώλειες/μήνα (kWh)
Ιανουάριος	297	283,3	1.976	522
Φεβρουάριος	297	283,6	1.932	510
Μάρτιος	297	285,3	1.687	445
Απρίλης	297	288,9	1.168	308
Μάιος	297	293,7	476	126
Ιούνιος	297	298,2	173	46
Ιούλιος	297	301	577	152
Αύγουστος	297	300,8	546	143
Σεπτέμβριος	297	297,2	29	8
Οκτώβριος	297	292,5	649	171
Νοέμβριος	297	288,4	1.240	327
Δεκέμβριος	297	285	1.730	457
Σύνολο απωλειών				3.217

Η εξοικονομούμενη ενέργεια που προκύπτει από την θερμομόνωση αντιστοιχεί πρακτικά σε μείωση της ενέργειας που ξοδεύεται για θέρμανση (πετρέλαιο θέρμανσης για τον λέβητα και ηλεκτρική ενέργεια για τα fan-coils) τους μήνες Οκτώβριο έως Απρίλιο και της ενέργειας για την ψύξη των ορόφων (ηλεκτρική ενέργεια για τους συμπιεστές και τα fan-coils) τους μήνες Μάιο έως Σεπτέμβριο. Έτσι, η συνολική εξοικονόμηση εκτιμάται στις $3.791 - 3.217 = 574$ kWh. Στους Πίνακες 5.19 και 5.20 υπολογίζονται οι απώλειες πριν και μετά την θερμομόνωση.

Πίνακας 5.19: Απώλειες για θέρμανση και ψύξη πριν την θερμομόνωση

Απώλειες (kWh)	
Θέρμανση	3.230
Ψύξη	561
Σύνολο	3.791

Πίνακας 5.20: Απώλειες για θέρμανση και ψύξη μετά την θερμομόνωση

Απώλειες (kWh)	
Θέρμανση	2.741
Ψύξη	476
Σύνολο	3.217

Άρα η συνολική εξοικονόμηση για την θέρμανση είναι $3.230 - 2.741 = 489$ kWh και η συνολική εξοικονόμηση για την ψύξη είναι $561 - 476 = 85$ kWh

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

- Αναμενόμενη εξοικονόμηση από μείωση αναγκών **θέρμανσης = 489 kWh**. Οι ανάγκες αυτές καλύπτονται από το πετρέλαιο για τους λέβητες και την ηλεκτρική ενέργεια από τα fan-coils. Επειδή το πετρέλαιο μετριέται σε lt και η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας σε kWh θα μετατραπούν τα lt σε kWh ώστε να υπάρχει κοινή βάση. Όπως αποδείχθηκε προηγουμένως μια θερμική kWh χρειάζεται 0,1 lt πετρέλαιο. Το 87 % της κατανάλωσης οφείλεται στην ηλεκτρική ενέργεια και το 13 % στο πετρέλαιο. Επομένως εξοικονομούνται $489 * 0,87 = 426$ kWh ηλεκτρικής ενέργειας και $489 * 0,13 = 64$ kWh πετρελαίου. Μια kWh ηλεκτρικής ενέργειας κοστίζει 0,11529 €/kWh και μια θερμική kWh από πετρέλαιο (κίνησης) κοστίζει 1,3 €/kWh, επομένως το ετήσιο κέρδος υπολογίζεται στα $(426 \text{ kWh} * 0,11529 \text{ €/kWh}) + (64 \text{ kWh} * 1,3 \text{ €/kWh}) = 49 \text{ €} + 83 \text{ €} = 132 \text{ €}$
- Αναμενόμενη εξοικονόμηση από μείωση αναγκών **ψύξης = 85 kWh**. Οι ανάγκες αυτές καλύπτονται αποκλειστικά από την χρήση ηλεκτρικής ενέργειας για τα fan-coils και τα κλιματιστικά. Άρα, αφού μια kWh ηλεκτρικής ενέργειας κοστίζει 0,11529 €/kWh, το ετήσιο κέρδος υπολογίζεται στα $85 \text{ kWh} * 0,11529 \text{ €/kWh} = 10 \text{ €}$

Άρα, συνολικά το ετήσιο κέρδος εξοικονόμησης είναι $F_i = 132 \text{ €} + 10 \text{ €} = 142 \text{ €}$.

Το κόστος για την εφαρμογή του σεναρίου ανέρχεται στα 100 €/m^2 . Δηλαδή $K = 51,5 \text{ m}^2 * 100 \text{ €/m}^2 = 5.150 \text{ €}$

Αναλυτικά οι υπολογισμοί στον Πίνακα 5.21:

Πίνακας 5.1: Υπολογισμός για την αντικατάσταση των υαλοπινάκων

Αρχικό Κόστος Επένδυσης (K)	5.150 €
Επιτόκιο Αναγωγής (d)	5 %
Διάρκεια ζωής της Επένδυσης (N)	15 έτη
Ετήσια Εξοικονόμηση (Fi)	142 €
ΚΠΑ (Καθαρή Παρούσα Αξία)	-3.149 €
EBA (Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης)	-2,7 %
EPA (Εντοκη Περίοδος Αποπληρωμής)	>50 έτη

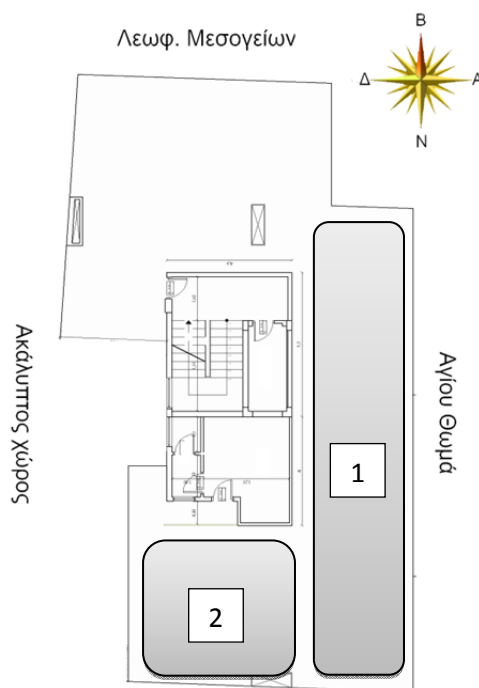
ΚΠΑ = - 3.149 € < 0, EBA > 50 έτη, η επένδυση δεν κρίνεται βιώσιμη. Το αποτέλεσμα ήταν δεδομένο όπως αναφέρθηκε προηγούμενος καθώς χρησιμοποιήθηκε για συντελεστής θερμοπερατότητας 3,3 W/m²K που δεν ισχύει λόγω τριακονταετούς γήρανσης των υλικών. Η επένδυση θεωρείται αναγκαία καθώς θα επιφέρει σημαντική μείωση απωλειών ενέργειας και βελτίωση των συνθηκών εργασίας.

5.3.3 Εγκατάσταση φωτοβολταϊκών γεννητριών στην οροφή του κτιρίου

Το Νοσοκομείο διαθέτει μεγάλο και αναξιοποίητο χώρο στην οροφή του. Σε συνδυασμό με τον ευνοϊκό προσανατολισμό, την μηδενική σκίαση του και τα υψηλά ετήσια ποσοστά ηλιοφάνειας της περιοχής το καθιστούν μια πολύ ελκυστική επένδυση για παραγωγή ανανεώσιμης ενέργειας μέσω φωτοβολταϊκών στοιχείων.

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

Ο διαθέσιμος χώρος της οροφής είναι 101,5 m². Με κριτήριο την μεγιστοποίηση της εκμετάλλευσης της διαθέσιμης ελεύθερης επιφάνειας επιλέγονται οι χώροι 1, 2 όπως φαίνονται στην Εικόνα 5.1. Στους χώρους αυτούς μπορούν να τοποθετηθούν τα φωτοβολταϊκά πλαίσια (Φ/Β) με πλήρως Νότιο προσανατολισμό (μεγιστοποίηση ενεργειακών απολαβών) και ώστε μην έχουν καμία σκίαση καθ' όλη την διάρκεια της ημέρας (ούτε από την δόμηση των γύρω πολυκατοικιών, ούτε και από το δώμα). Ο χώρος 1 είναι 53,4 m² και ο χώρος 2 είναι 34,32 m². Το σύνολο λοιπόν της επιφάνειας που θα καταλαμβάνουν τα Φ/Β είναι 87,72 m².



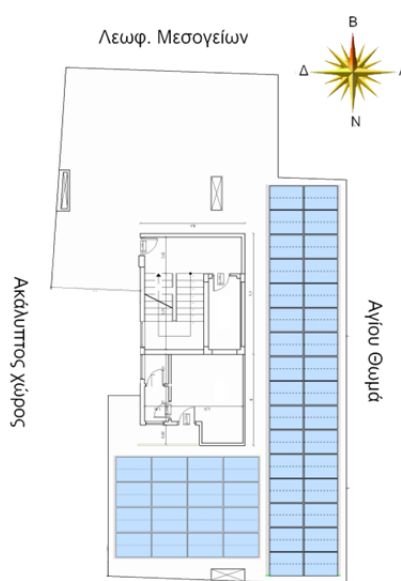
Εικόνα 5.1: Κάτοψη οροφής με σημειωμένο τον προσανατολισμό και την πρόταση εγκατάστασης των Φ/Β πλαισίων.

Στον προτεινόμενο χώρο του δώματος μπορούν να τοποθετούν 66 πάνελ (φωτοβολταϊκές γεννήτριες) πάνω σε κατάλληλα στηρικτικά συστήματα. Στο βασικό φωτοβολταϊκό εξοπλισμό περιλαμβάνονται ακόμα και οι μετατροπείς ισχύος (Inverter) που μετατρέπουν το DC ρεύμα από τα πάνελ σε AC ώστε να μπορεί να απορροφηθεί από το δίκτυο.

Συγκεκριμένα, η Φ/Β γεννήτρια αποτελείται από 48 Φ/Β πλαίσια μονοκρυσταλλικού πυριτίου των 200 Wp έκαστο. Η συνολική ονομαστική ισχύς ισούται με 9,6 kWp. Το σύστημα στήριξης των πλαισίων θα γίνει με βάσεις σταθερής κλίσης, ρυθμισμένη στις 30° ώστε να μεγιστοποιείται η ετήσια ενεργειακή απολαβή από τον ήλιο. Δεδομένου ότι η εγκατάσταση θα γίνει σε επίπεδη ταράτσα θα πρέπει να έχει υψηλή μηχανική αντοχή, αντοχή στις ανεμοπιέσεις αλλά και χαμηλό βάρος ώστε να μην επιβαρύνει τη στατικότητα του κτιρίου.

Το υποσύστημα των μετατροπέων αποτελείται από τρεις μονοφασικούς αντιστροφείς ονομαστικής ισχύος 3,1 kW συνδεδεμένους σε αστέρα, ώστε το Φ/Β σύστημα να μην επιδεινώνει τυχόν ασύμμετρες φορτίσεις του τριφασικού συστήματος παροχής. Η συνολική ισχύς του τριφασικού αντιστροφέα ισούται με 9,3 kW.

Στην Εικόνα 5.2 φαίνεται η κάτοψη της οροφής με την προτεινόμενη Φ/Β εγκατάσταση. Στον χώρο 1 έχουν τοποθετηθεί 32 Φ/Β πλαίσια και στον χώρο 2 16 Φ/Β πλαίσια. Το κάθε πλαίσιο είναι 1,6 x 1,075 m² και η συνολική τους επιφάνεια 82,6 m².



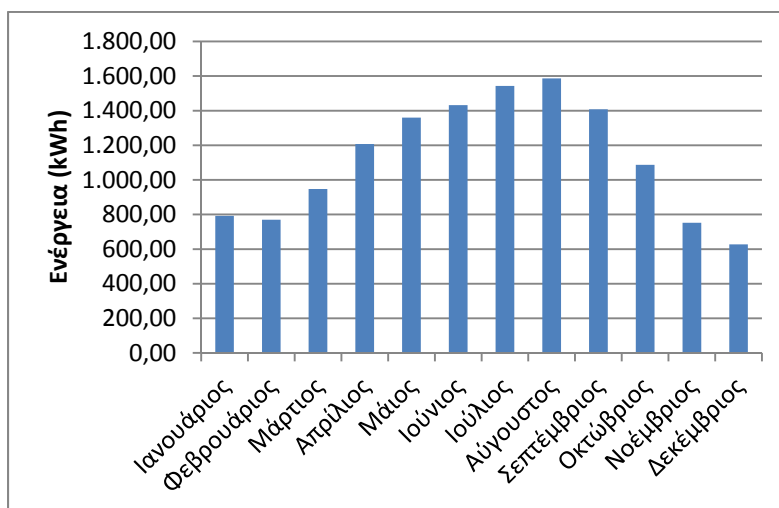
Εικόνα 5.2: Κάτοψη της οροφής με την Φ/Β εγκατάσταση

Με βάση τα παραπάνω και σύμφωνα με τα αποτελέσματα του εξειδικευμένου λογισμικού προσομοίωσης PVSYST V5.53 [31] του Πανεπιστημίου της Γενεύης, η αναμενόμενη ετήσια ενεργειακή απολαβή του Φ/Β συστήματος είναι: **13.513 kWh**.

Οι αναμενόμενες συνολικές απώλειες της εγκατάστασης υπολογίζονται περίπου στο 20% της ονομαστικής ισχύος. Στον Πίνακα 5.22 και στο Διάγραμμα 5.1 παρουσιάζονται οι εκτιμήσεις ενεργειακής απόδοσης σε μηνιαία βάση.

Πίνακας 5.22: Εκτιμήσεις μηνιαίας ενεργειακής απόδοσης

Μήνας	Μέση Ημερήσια Παραγωγή (KWh)	Μέση Μηνιαία Παραγωγή (KWh)
Ιανουάριος	25,26	792
Φεβρουάριος	27,51	770
Μάρτιος	30,53	947
Απρίλιος	40,25	1.207
Μάιος	43,87	1.360
Ιούνιος	47,14	1.432
Ιούλιος	49,78	1.543
Αύγουστος	51,17	1.586
Σεπτέμβριος	46,94	1.408
Οκτώβριος	35,08	1.087
Νοέμβριος	25,07	752
Δεκέμβριος	20,24	627
Μ.Ο.	36,90	1.125
Σύνολο		13.511



Διάγραμμα 5.1: Μηνιαία ενεργειακή απολαβή του Φ/Β

Το συνολικό κόστος της επένδυσης (+ΦΠΑ) ανέρχεται στα 35.180 € (η τιμή προέκυψε από πραγματική προσφορά) και τα αναμενόμενα ετήσια έσοδα για τον πρώτο χρόνο υπολογίζονται 7.431 € για τιμή αγοράς της KWh από τη ΔΕΗ στα 0,55 € (η τιμή θα μειώνεται κατά 5% ετησίως για τις συμβάσεις συμψηφισμού από 1/1/2012 μέχρι 31/12/2019) [28].

Η αξιολόγηση της επένδυσης θα γίνει για χρηματοδότηση με ίδια κεφάλαια. Στους υπολογισμούς που φαίνονται στον Πίνακα 5.23 το επιτόκιο αναγωγής είναι όπως προηγούμενα 5% ενώ στο ετήσιο όφελος υπολογίζεται μια αύξηση 25% επί του πληθωρισμού (ο πληθωρισμός θεωρήθηκε 3,3% [29]). Οικονομική διάρκεια ζωής της επένδυσης είναι τα 25 έτη. Η οικονομική ανάλυση αφορά ίδια κεφάλαια, η επένδυση ωστόσο μπορεί να γίνει και με πλήρη χρηματοδότηση υπό μορφή δανείου, είτε με εκχώρηση σύμβασης (χωρίς εμπράγματη εξασφάλιση και εγγύηση), είτε με προσημείωση ακινήτου με χαμηλότερο όμως επιτόκιο.

Πίνακας 5.23: Υπολογισμός Καθαρών Ταμειακών Ροών (ΚΤΡ) για πληθωρισμό 3,3 %

Έτος	Τιμή KWh	Παραγόμενες KWh	Ετήσια Έσοδα (€)	Αποπληθωρισμένες ΚΤΡ (€)	Ανηγμένες ΚΤΡ (€)
1	0,55	13.511	7.431,05	7.193,66	6.851,10
2	0,55	13.511	7.492,36	7.021,30	6.368,53
3	0,56	13.511	7.554,17	6.853,08	5.919,95
4	0,56	13.511	7.616,49	6.688,88	5.502,96
5	0,57	13.511	7.679,33	6.528,62	5.115,35
6	0,57	13.511	7.742,68	6.372,20	4.755,03
7	0,58	13.511	7.806,56	6.219,53	4.420,10
8	0,58	13.511	7.870,96	6.070,51	4.108,76
9	0,59	13.511	7.935,90	5.925,07	3.819,35
10	0,59	13.511	8.001,37	5.783,10	3.550,32
11	0,60	13.511	8.067,38	5.644,55	3.300,25
12	0,60	13.511	8.133,94	5.509,31	3.067,79
13	0,61	13.511	8.201,04	5.377,31	2.851,70
14	0,61	13.511	8.268,70	5.248,47	2.650,83
15	0,62	13.511	8.336,92	5.122,72	2.464,12
16	0,62	13.511	8.405,70	4.999,98	2.290,55
17	0,63	13.511	8.475,04	4.880,19	2.129,21
18	0,63	13.511	8.544,96	4.763,26	1.979,23
19	0,64	13.511	8.615,46	4.649,14	1.839,82
20	0,64	13.511	8.686,53	4.537,75	1.710,23
21	0,65	13.511	8.758,20	4.429,02	1.589,76
22	0,65	13.511	8.830,45	4.322,91	1.477,79
23	0,66	13.511	8.903,31	4.219,33	1.373,69
24	0,66	13.511	8.976,76	4.118,24	1.276,93
25	0,67	13.511	9.050,82	4.019,57	1.186,99
Σύνολο					81.600,35

$KPA = -35.180 + 81.600,35 = 46.420,35 \text{ €} > 0$, $EBA = 12\%$ $EPA = 6,2 \text{ έτη}$

Η επένδυση λοιπόν κρίνεται βιώσιμη και αρκετά συμφέρουσα.

5.3.4 Δράσεις για την θέρμανση / ψύξη του κτιρίου

Το Νοσοκομείο όπως έχει περιγραφεί (Κεφάλαιο 3.1) διαθέτει κεντρικό σύστημα κλιματισμού μόνο με νερό. Το σύστημα αυτό για την θέρμανση του νερού χρησιμοποιεί δύο λέβητες πετρελαίου Thermostaul ονομαστικής ισχύος 140.000 Kcal/h ο καθένας με καυστήρες Riello Guiliver RG45 ισχύος 390 W. Το σύστημα θέρμανσης λειτουργεί για δώδεκα μήνες επί εικοσιτετραώρου βάσεως. Οι λέβητες και οι καυστήρες αντικαταστάθηκαν τον 11^ο του 2009. Για το ζεστό νερό χρήσης υπάρχουν δύο boiler των 1000 lit έκαστος θερμαινόμενοι με εναλλάκτες νερού από τους λέβητες. Για την ψύξη του νερού χρησιμοποιείται ενιαίο συγκρότημα τεσσάρων συμπιεστών Bristol 3 Hp (2,3 kW) ο καθένας και πύργος ψύξεως βεβιασμένης κυκλοφορίας αέρος Fyrogenis τύπου ΠΦΒ 75 με παροχή 31500 M³/h με ηλεκτροκινητήρα 5,5 kW (Εικόνα 3.5). Το σύστημα ψύξης λειτουργεί από την τελευταία εβδομάδα του Μαΐου μέχρι και τον Σεπτέμβρη σε εικοσιτετράωρη λειτουργία.

Ο κλιματισμός των χώρων του Νοσοκομείου επιτυγχάνεται τελικώς μέσω συσκευών «Fan-coil».

Οι λύσεις που προτάσσονται στην συνέχεια προκύπτουν από τον διεξοδικό έλεγχο που έγινε κατά την ενεργειακή επιθεώρηση και από τα αποτελέσματα των καταγραφικών οργάνων.

5.3.4.1 Εγκατάσταση φυσικού αερίου

Η εγκατάσταση φυσικού αερίου για τη θέρμανση του κτιρίου είναι η πρώτη λύση που προτείνεται καθώς απαιτεί το μικρότερο δυνατό αρχικό κεφάλαιο και είναι εύκολα υλοποιήσιμη. Η πρόσβαση στο φυσικό αέριο είναι εφικτή στην περιοχή που βρίσκεται το Νοσοκομείο. Για την εγκατάσταση απαιτείται αλλαγή μόνων των καυστήρων καθώς οι ήδη υπάρχοντες δεν είναι συμβατοί για χρήση φυσικού αερίου. Αντιθέτως, οι λέβητες είναι συμβατοί για χρήση φυσικού αερίου.

Το κόστος δύο νέων καυστήρων φυσικού αερίου ανέρχεται στα 3.600 € με την εγκατάσταση.

Τα τέλη σύνδεσης στην Εταιρεία Παροχής Αερίου Αττικής είναι 630 €. Η εσωτερική εγκατάσταση (βάνες και σωληνώσεις μήκους 12 μ από το μετρητή μέχρι τις συσκευές) είναι της τάξης των 700 €. Επομένως το αρχικό κόστος επένδυσης είναι 4.930 € με το Φ.Π.Α. (23%) έχουμε Αρχικό Κόστος Επένδυσης $K = 6.064$ € (οι υπολογισμοί έγιναν με βάση την εφαρμογή στην ηλεκτρονική σελίδα της εταιρείας «Φυσικό Αέριο Αττικής» [22]).

Η εξοικονομούμενη ενέργεια προκύπτει από την μείωση της τιμής του καυσίμου καθώς βάσει νόμου το φυσικό αέριο τιμολογείται σταθερά 20% χαμηλότερα από την τιμή του πετρελαίου [22]. Η θερμογόνος δύναμη του φυσικού αερίου είναι περίπου ίδια με αυτή του πετρελαίου, δηλαδή ένα lt πετρελαίου παράγει ίδια θερμότητα με ένα m³ φυσικού

αερίου ενώ το κόστος αγοράς του τελευταίου είναι σημαντικά χαμηλότερο (-20%). Για τιμή του πετρελαίου στα 1,3€/lt, το κόστος του φυσικού αερίου ανέρχεται στα 1,04€/ m³.

Στο σενάριο που μελετάται, αν θεωρηθεί ως μέση κατανάλωση πετρελαίου θέρμανσης του κτιρίου τα 20.500 lt που αγοράστηκαν το 2010 (δεν λαμβάνουμε υπόψη τα λίτρα που καταναλώθηκαν το 2008 και 2009, καθώς οι καυστήρες και λέβητες αντικαταστάθηκαν στο τέλος του 2009), το κόστος θέρμανσης με τους υπάρχοντες λέβητες πετρελαίου (τιμή πετρελαίου 1,3€/lt) θα ήταν $1,3 * 20.500 = 26.650$ €, σημαντικά αυξημένο σε σχέση με άλλες χρονιές. Το αντίστοιχο κόστος αγοράς φυσικού αερίου που θα απέδιδε την ίδια θερμότητα, είναι περίπου $1,04 * 20.500 = 21.320$ € (+ΦΠΑ) δηλαδή Ετήσια Εξοικονόμηση Fi = 5.330 € λιγότερα.

Αναλυτικά οι υπολογισμοί στον Πίνακα 5.24:

Πίνακας 5.24 : Υπολογισμός για την εγκατάσταση φυσικού αερίου

Αρχικό Κόστος Επένδυσης (K)	6.064 €
Επιτόκιο Αναγωγής (d)	5 %
Διάρκεια ζωής της Επένδυσης (N)	10 έτη
Ετήσια Εξοικονόμηση (Fi)	5.330 €
ΚΠΑ (Καθαρή Παρούσα Αξία)	35.093 €
ΕΠΑ (Έντοκη Περίοδος Αποπληρωμής)	1,2 έτη

ΚΠΑ = 35.093 € > 0, ΕΠΑ λίγο μεγαλύτερη του 1 έτους.

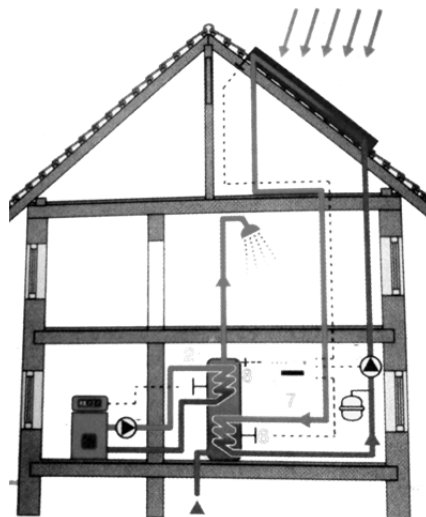
Η επένδυση λοιπόν κρίνεται αρκετά συμφέρουσα καθώς η απόσβεση του αρχικού κόστους θα έρθει λίγο μετά το τέλος του πρώτου χρόνου. Για τον λόγο αυτό, το σενάριο κατατάσσεται στις δράσεις χαμηλού κόστους αφού η αποπληρωμή του αρχικού κεφαλαίου γίνεται σε λιγότερο από 2 χρόνια.

5.3.4.2 Εγκατάσταση ηλιακών συλλεκτών

Η δράση αυτή έχει ως σκοπό να απαλλάξει τους λέβητες / καυστήρες από το ζεστό νερό χρήσης για το μεγαλύτερο δυνατό χρονικό διάστημα. Το λεβητοστάσιο λειτουργεί όλο το χρόνο επί 24ωρης βάσης για να εξασφαλίσει ζεστό νερό για τα fan-coils αλλά και για το ζεστό νερό χρήσης. Αυτό σημαίνει ότι τους θερινούς μήνες οι λέβητες / καυστήρες συνεχίζουν την λειτουργία τους αποκλειστικά για το ζεστό νερό χρήσης. Το σύστημα ήταν έτσι σχεδιασμένο, καθώς το κτίριο ήταν αρχικά ξενοδοχείο και είχε αυξημένες ανάγκες για ζεστό νερό. Το Νοσοκομείο χρησιμοποιεί πλέον το ζεστό νερό χρήσης μόνο για τον καθαρισμό των χεριών και από τις καθαρίστριες για τον καθαρισμό του χώρου.

Στο σενάριο αυτό θα εξεταστεί λοιπόν η εγκατάσταση ηλιακών συλλεκτών στο δώμα μόνο, και όχι boiler καθώς θα χρησιμοποιηθεί το ήδη υπάρχον στο χώρο του λεβητοστασίου. Το σύστημα που προτείνεται φαίνεται στην Εικόνα 5.3. Οι συλλέκτες πάνω στο δώμα και τα υπάρχοντα boiler και λέβητες στο υπόγειο ως έχουν. Το κέρδος που θα επιφέρει το εν λόγω

σενάριο είναι πολύ σημαντικό, γιατί οι λέβητες την καλοκαιρινή περίοδο (Μάιος έως Σεπτέμβριος) θα παραμείνουν ανενεργοί ενώ το χειμώνα θα δίνουν ζεστό νερό χρήσης μόνο στην περίπτωση που οι συλλέκτες αδυνατούν να φέρουν το νερό στην επιθυμητή θερμοκρασία. Αυτό σημαίνει ότι τους πέντε μήνες που οι λέβητες θα παραμείνουν εκτός λειτουργίας θα εξοικονομηθούν 3.000 lt πετρελαίου και 58,5 kWh (υπολογίστηκε 2 ώρες την ημέρα λειτουργία του καυστήρα). Για τον χειμώνα δεν μπορεί να υπολογιστεί η εξοικονόμηση καθώς παράγεται ζεστό νερό και για τα fan-coil. Άρα η ετήσια εξοικονόμηση την θερινή περίοδο είναι $3.500 * 1,3 = 3.900 \text{ €}$ (για το πετρέλαιο) και $58,5 * 0,11529 = 7 \text{ €}$ (για την ηλεκτρική ενέργεια). Συνολικά έχουμε ετήσιο όφελος $F_i = 3.907 \text{ €}$.



Εικόνα 5.3: Προτεινόμενο σύστημα σεναρίου [35]

Για την τροφοδοσία του boiler των 1000 lt, θα χρησιμοποιηθούν 8 ηλιακοί συλλέκτες μαύρης βαφής 300 € έκαστος (Εικόνα 5.4), 4 βάσεις των 40 € η κάθε μία (1 βάση στηρίζει 2 συλλέκτες) και ένας διαφορικός θερμοστάτης των 200 € ο οποίος θα ελέγχει την θερμοκρασία του ζεστού νερού από τους συλλέκτες και από τους λέβητες δίνοντας πάντα προτεραιότητα στους συλλέκτες. Το σύνολο ανέρχεται στα 2.400 (συλλέκτες) + 160 (βάσεις) + 200 (διαφορικός θερμοστάτης) = 2.760 €, μαζί με το Φ.Π.Α και το κόστος εργασίας που ανέρχεται στα 1.000 €, το αρχικό κόστος της επένδυσης είναι: $K = 3.395 + 1.000 = 4.395 \text{ €}$



Εικόνα 5.4: Ηλιακοί συλλέκτες μαύρης βαφής [12]

Αναλυτικά οι υπολογισμοί στον Πίνακα 5.25:

Πίνακας 5.25 : Υπολογισμός για την εγκατάσταση ηλιακών συλλεκτών

Αρχικό Κόστος Επένδυσης (Κ)	4.395 €
Επιτόκιο Αναγωγής (d)	5 %
Διάρκεια ζωής της Επένδυσης (N)	10 έτη
Ετήσια Εξοικονόμηση (Fi)	3.907 €.
ΚΠΑ (Καθαρή Παρούσα Αξία)	25.774 €
ΕΠΑ (Έντοκη Περίοδος Αποπληρωμής)	1,1 έτη

ΚΠΑ = 25.774 € > 0, ΕΠΑ λίγο μεγαλύτερη του 1 έτους.

Η επένδυση κρίνεται αρκετά συμφέρουσα και, όπως η προηγούμενη, κατατάσσεται στις δράσεις χαμηλού κόστους, καθώς η απόσβεση του αρχικού κόστους θα έρθει λίγο μετά το τέλος του πρώτου χρόνου.

5.3.4.3 Εγκατάσταση χρονοδιακόπτη για την λειτουργία του συστήματος ψύξης

Με την χρήση του αναλυτή καυσαερίων στο Κεφάλαιο 4.3 διαπιστώθηκε μια πολύ σημαντική πηγή κατανάλωσης ηλεκτρικού ρεύματος κατά τους θερινούς μήνες όπου τις ώρες που το Νοσοκομείο δεν λειτουργεί, από της 21:00 μέχρι τις 6:00 καθημερινές και όλο το Σαββατοκύριακο, διπλασιάζεται το φορτίο βάσης του. Το φορτίο βάσης του Νοσοκομείου αυξομειώνεται περιοδικά από τα 21 kW στα 40 kW (+19 kW) μέσα σε ένα 20λεπτο περίπου. Η απώλεια αυτή των 19 kW βρέθηκε ότι οφείλεται στους συμπιεστές της ψυκτικής μονάδας.

Στο σενάριο αυτό θα εξεταστεί λοιπόν η εγκατάσταση χρονοδιακόπτη (Εικόνα 5.4) κατά την διάρκεια των θερινών μηνών, από τον Μάιο μέχρι και τον Σεπτέμβριο, τις καθημερινές από τη Δευτέρα έως και Πέμπτη από της 21:00 το βράδυ μέχρι της 6:00 το πρωί (36 ώρες), και από την Παρασκευή μέχρι τις 6:00 το πρωί της επόμενης Δευτέρας (57 ώρες). Την εβδομάδα λοιπόν ο χρονοδιακόπτης θα διακόπτει την λειτουργία των συμπυκνωτών 93 ώρες και για τους θερινούς μήνες συνολικά 372 ώρες/μήνα * 5 μήνες = 1.860 ώρες. Τις ώρες αυτές καταναλώνονται συνολικά 1.860h * 19 kW = 35.340 kWh. Η ετήσια εξοικονόμηση προκύπτει τελικά $Fi = 35.340 * 0,11529 = 4.074€$



Εικόνα 5.4: Ψηφιακός ημερήσιος / εβδομαδιαίος χρονοδιακόπτης ράγας [13]

Η αγορά και η εγκατάσταση ενός χρονοδιακόπτη στην κεντρική παροχή του συστήματος ψύξης (περιλαμβάνει: συμπιεστές, κυκλοφορητές, πύργος ψύξης κλπ) θα στοιχίσει μόλις 150 € με το κόστος εργασίας.

Αναλυτικά οι υπολογισμοί στον Πίνακα 5.26:

Πίνακας 5.26 : Υπολογισμός για την εγκατάσταση χρονοδιακόπτη στην λειτουργία του συστήματος ψύξης

Αρχικό Κόστος Επένδυσης (Κ)	150 €
Επιτόκιο Αναγωγής (d)	5 %
Διάρκεια ζωής της Επένδυσης (N)	10 έτη
Ετήσια Εξοικονόμηση (Fi)	4.074 €
ΚΠΑ (Καθαρή Παρούσα Αξία)	31.308 €

ΚΠΑ = 31.308 > 0. Η δράση αυτή χαμηλού κόστους είναι άκρως συμφέρουσα καθώς, με μηδενικό σχεδόν αρχικό κόστος, αποφέρει πολύ σημαντικό κέρδος.

5.4 Σύνοψη Προτάσεων

Στο κεφάλαιο αυτό προτάθηκαν συνολικά 10 δράσεις που αφορούσαν τον φωτισμό, το κτιριακό κέλυφος, την θέρμανση και ψύξη καθώς και λοιπές δράσεις όπως την εγκατάσταση των Φ/Β πλαισίων. Στον Πίνακα 5.27 που ακολουθεί παρουσιάζονται συνοπτικά μαζί με τους υπολογισθέντες οικονομικούς δείκτες. Υπενθυμίζεται ότι σε όλες τις επενδύσεις θεωρήθηκε διάρκεια ζωής N=10 χρόνια (εκτός από την εγκατάσταση των Φ/Β γεννητριών όπου θεωρήθηκε N=25 χρόνια και τις επεμβάσεις για το κτιριακό κέλυφος όπου θεωρήθηκε N=15 χρόνια).

Πίνακας 5.27: Προτεινόμενες δράσεις ενεργειακής εξοικονόμησης

Προτεινόμενη Δράση	Αρχικό Κόστος (€)	Ετήσιο Όφελος (€)	ΚΠΑ (€)	ΕΒΑ (%)	ΕΠΑ (έτη)
Φωτισμός (N=10)					
Αντικατάσταση μαγνητικών Ballast με ηλεκτρονικά	6.200	1.052	1.923	11	7,15
Αντικατάσταση λαμπτήρων T8 με T5	15.800	1.178	-6.704	<0	22,76
Εγκατάσταση αισθητήρων κίνησης	1.470	315	962	17	4,14
Κτιριακό κέλυφος (N=25)					
Εξωτερική θερμομόνωση όλου του κελύφους	35.804	2.551	150	5	24,8
Εξωτερική θερμομόνωση τμήματος του κελύφους	23.804	1.491	-2.790	3,8	32,8
Αντικατάσταση παλαιών υαλοπινάκων	5.150	142	-3.149	<0	>50
Θέρμανση / Ψύξη (N=10)					
Εγκατάσταση Φυσικού Αερίου	6.064	5.330	35.093	-	1,2
Εγκατάσταση ηλιακών συλλεκτών για ΖΝΧ	4.395	3.907	25.774	-	1,1
Εγκατάσταση χρονοδιακόπτη στο σύστημα ψύξης	150	4.074	31.308	-	<< 1 έτος
Λοιπές δράσεις (N=25)					
Εγκατάσταση Φ/Β γεννητριών στο Δώμα	35.180	(Μεταβλητή) Τον 1 ^ο χρόνο: 6.851,10	46.420	12	6,2

Από τον παραπάνω πίνακα προκύπτει ότι οι πιο συμφέρουσες επενδύσεις (με την μεγαλύτερη ΚΠΑ) είναι αυτές που αφορούν την Θέρμανση/ψύξη του Νοσοκομείου αφού και οι τρεις έχουν πολύ μικρό κόστος αρχικού κεφαλαίου και ο χρόνος απόσβεσης είναι πολύ σύντομος, περίπου ένα έτος. Είναι εκπληκτικό ότι με ένα αρχικό κεφάλαιο της τάξης

των 10.608,7 €, τα κέρδη μέσα σε μια δεκαετία θα φτάσουν το ποσό των 90.000 € (εάν πραγματοποιηθούν και οι τρεις δράσεις μαζί). Αξίζει να παρατηρήσουμε ότι, παρόλο που οι συγκεκριμένες επενδύσεις είναι χαμηλού κόστους, είναι πολύ πιο συμφέρουσες από αρκετές δράσεις ανακατασκευής.

Ακολουθούν οι επενδύσεις που αφορούν τον φωτισμό. Οι δύο από τις τρεις προτεινόμενες δράσεις (αντικατάσταση των μαγνητικών ballast από ηλεκτρονικά και εγκατάσταση αισθητήρων κίνησης) είναι εύκολα υλοποιήσιμες, αρκετά προσοδοφόρες και η απόσβεση τους γίνεται σε μικρό χρονικό διάστημα. Μάλιστα, ενδέχεται το αρχικό κόστος της επένδυσης να είναι ακόμα μικρότερο εάν η αγορά συνοδευτεί από κάποια έκπτωση όπως συνηθίζεται σε παρόμοιες περιπτώσεις. Το ετήσιο όφελος θα είναι μεγαλύτερο, εάν η βελτιωτική αυτή δράση συνοδευτεί από την ευαισθητοποίηση των εργαζομένων στην αποφυγή αλόγιστης χρήσης του φωτισμού.

Όσον αφορά το κτιριακό κέλυφος, από τον υπολογισμό του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας και τη θερμογράφιση του κτιρίου διαπιστώθηκαν προβλήματα που καθιστούν το κτίριο αρκετά εκτός των ορίων που ορίζει ο κανονισμός (Τ.Ο.ΤΕΕ.). Συγκεκριμένα η εξωτερική τοιχοποιία είναι ελλειπώς θερμομονωμένη, ο φέρον οργανισμός του κτιρίου είναι εντελώς αμόνωτος και οι υαλοπίνακες δεν πληρούν τα επιτρεπτά όρια για την ζώνη Β' που ανήκει το κτίριο. Προτάθηκαν λοιπόν δράσεις για την θερμομόνωση του Νοσοκομείου τόσο ολική όσο και μερική (μόνο στις δύο κύριες όψεις του, προς την Λεωφ. Μεσογείων και προς την Αγίου Θωμά) και αντικατάσταση των παλαιών διπλών υαλοπινάκων της όψης προς τον ακάλυπτο. Από τις τρεις δράσεις μόνο η εφαρμογή της εξωτερικής θερμομόνωσης σε όλο το κέλυφος αποτελεί βιώσιμη επένδυση. Η δράση αυτή ανακατασκευής, αποτελεί μια συμφέρουσα επένδυση καθώς η μόνωση διαρκεί όσο και η διάρκεια ζωής του κτιρίου. Αυτό που αξίζει να σημειωθεί είναι ότι στην δράση μερικής θερμομόνωσης παρόλο που το αρχικό κεφάλαιο είναι σημαντικά μικρότερο η επένδυση κρίνεται τελικώς μη βιώσιμη. Όσον αφορά την αντικατάσταση των παλαιών διπλών υαλοπινάκων (του 1978), συστήνεται η αντικατάστασή τους καθώς θα επιφέρει σημαντική μείωση απωλειών ενέργειας και βελτίωση των συνθηκών εργασίας.

Τέλος, εξετάστηκε η επένδυση σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και συγκεκριμένα σε φωτοβολταϊκές γεννήτριες όπου ο πληθωρισμός θεωρήθηκε με βάση τα τωρινά δεδομένα ίσος με 3,3%. Η επένδυση σε Φ/Β γεννήτριες κρίνεται βιώσιμη και προσοδοφόρα, με την αποπληρωμή της να ολοκληρώνεται πριν από το 1/4 της συνολικής διάρκειας ζωής της (25 έτη).

Κεφάλαιο 6. Συμπεράσματα και Προοπτικές

6.1 Συμπεράσματα

Η ενεργειακή επιθεώρηση που διεξήχθη στα πλαίσια εκπόνησης της παρούσας διπλωματικής έδωσε μια σαφή εικόνα του ενεργειακού προφίλ της νοσοκομειακής μονάδας φανερώνοντας τις ελλείψεις σε βασικούς τομείς, αλλά και επισημαίνοντας τις δυνατότητες βελτίωσης της ενεργειακής αποδοτικότητας.

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

- **Το κτιριακό κέλυφος δεν παρέχει επαρκή μόνωση. Βιώσιμη η δράση εξωτερικής θερμομόνωσής του.**

Όπως υπολογίστηκε στο 3^ο Κεφάλαιο, το Νοσοκομείο κρίθηκε ενεργοβόρο και μη επαρκώς θερμομονωμένο, καθώς υπερβαίνει αρκετά τον μέσο επιτρεπόμενο συντελεστή θερμοπερατότητας που ορίζει η Τ.Ο.Τ.ΕΕ. Αυτό ήταν αναμενόμενο, καθώς κατασκευάστηκε το 1978 και μέχρι σήμερα δεν έχει υποστεί καμία βελτιωτική παρέμβαση σε ότι αφορά την θερμομόνωση του, εκτός από τα νέα κουφώματα και τους δίδυμους υαλοπίνακες στις δύο κύριες όψεις του, προς την Λεωφ. Μεσογείων και προς την Αγίου Θωμά το 2009.

Για τον λόγο αυτό, προτάθηκαν δράσεις για την εξωτερική θερμομόνωση -τόσο ολική όσο και μερική (μόνο στις δύο κύριες όψεις του, προς την Λεωφ. Μεσογείων και προς την Αγίου Θωμά)- και αντικατάσταση των παλαιών διπλών υαλοπινάκων της όψης προς τον ακάλυπτο χώρο. Από τις τρεις δράσεις, μόνο η εφαρμογή της εξωτερικής θερμομόνωσης στο σύνολο του κελύφους αποτελεί βιώσιμη επένδυση και συστήνεται καθώς η μόνωση διαρκεί όσο και η διάρκεια ζωής του κτιρίου και το Νοσοκομείο, με αυτόν το τρόπο θα εναρμονιστεί με το κανονισμό ενεργειακής απόδοσης κτιρίων. Επισημαίνεται ακόμα πως μια πιο διεξοδική μελέτη της θερμομόνωσης (λόγω της παραδοχής που έγινε σχετικά με τις θερμογέφυρες) θα έδινε ίσως ακριβέστερα αποτελέσματα και ενδεχομένως οι επενδύσεις ανακατασκευής να ήταν πιο συμφέρουσες καθώς θα είχαν μεγαλύτερο ετήσιο όφελος και μικρότερη περίοδο αποπληρωμής.

- **Βελτιωτικές δράσεις χαμηλού κόστους στην θέρμανση/ψύξη θα προσφέρουν σημαντικότερη εξοικονόμηση ενέργειας και μεγάλο οικονομικό κέρδος.**

Οι προσεχείς αυξήσεις στην τιμή του πετρελαίου θέρμανσης καθιστούν επιτακτική την αναζήτηση λύσεων τόσο για τον περιορισμό χρήσης του, όσο και για εναλλακτικές λύσεις θέρμανσης.

Οι προτεινόμενες λύσεις αφορούν την εγκατάσταση φυσικού αερίου, ηλιακών συλλεκτών για το ζεστό νερό χρήσης (ΖΝΧ) και εγκατάσταση χρονοδιακόπτη στο σύστημα ψύξης. Και οι τρεις επενδύσεις έχουν πολύ μικρό αρχικό κόστος, καθώς αξιοποιούν την ήδη υπάρχουσα σύγχρονη εγκατάσταση θέρμανσης/ψύξης (λέβητες και συμπιεστές τελευταίας τεχνολογίας), και μεγάλο ετήσιο όφελος. Αποτέλεσμα αυτών είναι να γίνεται η αποπληρωμή του αρχικού κεφαλαίου της κάθε επένδυσης να γίνεται σε ένα χρόνο περίπου και οι επενδύσεις να είναι άκρως συμφέρουσες.

- **Βελτιωτικές δράσεις στο φωτισμό θα προσφέρουν σημαντική εξοικονόμηση.**

Όπως αναφέρθηκε και στην ανάλυση του προηγούμενου κεφαλαίου, λόγω της συνεχούς χρήσης των φωτιστικών σωμάτων μια επένδυση σε ηλεκτρονικά Ballast θα μείωνε σημαντικά το κόστος κατανάλωσης για χρήσεις φωτισμού.

Τέλος, άκρως συμφέρουσα είναι η επένδυση σε αισθητήρες κίνησης σε χώρους όπου ο φωτισμός παραμένει συνεχώς ανοιχτός παρά την απουσία εργαζομένων σε αυτούς, όπως στους διαδρόμους των ορόφων (1^{ου} έως 6^{ου}), στις κουζίνες αυτών, στο λεβητοστάσιο και στο χώρο των φωτοτυπικών του 4^{ου} ορόφου.

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

Εάν υπογραφεί σύμβαση με τη ΔΕΗ πριν την αλλαγή της τιμολόγησης (δηλαδή πριν την 1/1/2012), η εγκατάσταση φ/β γεννητριών στο δώμα του κτιρίου είναι μια επένδυση με μεγάλη διάρκεια ζωής που θα αποφέρει σημαντικό οικονομικό όφελος στην επιχείρηση μακροπρόθεσμα, ενώ η απόσβεση της εκτιμάται στα 6,2 χρόνια, εάν η επένδυση γίνει με ίδια κεφάλαια. Τέλος, υπάρχει πάντα και η δυνατότητα ολικής χρηματοδότησης της επένδυσης με μορφή δανείου.

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

Καθοριστικής σημασίας στη μείωση των καταναλώσεων και στην ορθολογική χρήση των ηλεκτρικών συσκευών και των συστημάτων θέρμανσης είναι η ευαισθητοποίηση του προσωπικού για αυτά τα ζητήματα. Συνίσταται η αποφυγή άσκοπης χρήσης του φωτισμού σε περιπτώσεις που ο φυσικός φωτισμός είναι επαρκής, η σύνεση στη χρήση ηλεκτρικών συσκευών και κλιματισμού (π.χ. απενεργοποίηση τους όταν δεν χρησιμοποιούνται) και, τέλος, η λήψη δράσεων με στόχο τη βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας όπως τα προαναφερθέντα προτεινόμενα μέτρα.

6.2 Προοπτικές

Η παρούσα διπλωματική εργασία είχε διττό σκοπό, αφ' ενός, την μείωση των ενεργειακών καταναλώσεων και κατά συνέπεια του λειτουργικού κόστους της δημόσιας Νοσοκομειακής Μονάδας και αφ' ετέρου, την προστασία του περιβάλλοντος μειώνοντας τις ρυπογόνες εκπομπές.

Κατά την εκπόνηση της ενεργειακής επιθεώρησης του κτιρίου, το κύριο πρόβλημα που παρουσιάστηκε ήταν η απουσία προηγούμενης μελέτης θερμομόνωσης. Μια πιο διεξοδική μελέτη θερμομόνωσης, χωρίς την παραδοχή που έγινε σχετικά με τις θερμογέφυρες και με ειδικό εξοπλισμό για πλήρη ανάλυση της τοιχοποιίας, θα έδινε ίσως ακριβέστερα αποτελέσματα ώστε να σχηματισθεί ένα πιο πλήρες ενεργειακό προφίλ για το Νοσοκομείο.

Μια ακόμη προοπτική που διαφαίνεται είναι η περαιτέρω ανάπτυξη της πρωτότυπης ελληνικής εφαρμογής "Investment Calculator (using NPV)" που αναπτύχθηκε στα πλαίσια

της διπλωματικής εργασίας, με προσθήκη επιπλέον οικονομικών κριτηρίων όπως του Εσωτερικού Βαθμού Απόδοσης (ΕΒΑ) και της Έντοκης Περιόδου Αποπληρωμής (ΕΠΑ), ώστε να αποτελέσει ένα σημαντικό εργαλείο για την αξιολόγηση μιας επένδυσης.

Σε κάθε περίπτωση τα αποτελέσματα της εργασίας δείχνουν πόσο σημαντική είναι η ενεργειακή επιθεώρηση στα Νοσοκομεία. Εάν αναλογιστούμε ότι η συγκεκριμένη νοσοκομειακή μονάδα είναι από τις μικρές στον ελλαδικό χώρο και με την παρούσα διπλωματική εργασία μπορεί να επιτευχθεί σημαντικότερη εξοικονόμηση ενέργειας με μεγάλο οικονομικό και περιβαλλοντικό κέρδος, τότε άμεσα προκύπτει η αναγκαιότητα της ενεργειακής επιθεώρησης στις μεγάλες νοσοκομειακές μονάδες με αποτέλεσμα πολλαπλάσια οφέλη για το Δημόσιο τομέα.

Βιβλιογραφία

1. Faye McQuinston, Jerald D. Parker, 'Θέρμανση, Αερισμός και Κλιματισμός: Σχεδιασμός και Ανάλυση', Μετάφραση: Νικόλαος Μαλαχίας, Επιμέλεια: Μιχαήλ Βραχόπουλος, ΙΩΝ, Αθήνα 2003
2. Σταμάτης Δ. Πέρδιος, 'Επεμβάσεις Εξοικονόμησης Ενέργειας σε κτίρια, αθλητικά κέντρα, βιομηχανίες, μεταφορές Τόμος Α', ΤεκδοΤΙΚΗ, Αθήνα 2007
3. Σταμάτης Δ. Πέρδιος, 'Επεμβάσεις Εξοικονόμησης Ενέργειας σε κτίρια, αθλητικά κέντρα, βιομηχανίες, μεταφορές Τόμος Β', ΤεκδοΤΙΚΗ, Αθήνα 2007
4. Παναγιώτης Γ. Χαρώνης, 'Μηχανολογικές Εγκαταστάσεις Κτιρίων', Σύγχρονη Εκδοτική, Αθήνα 2003
5. Whitman, Johnson, Tomczyk, Επιμέλεια Κώστας Χαρακλεάς, 'Εγκαταστάσεις Κλιματισμού, 4^η Έκδοση, ΙΩΝ, Περιστέρι 2004
6. Κ.Τ. Παπακώστας, 'Εξοικονόμηση Ενέργειας σε συστήματα θέρμανσης και κλιματισμού', επίσημο site του ΤΕΕ:
http://portal.tee.gr/portal/page/portal/TEE_HOME, Αθήνα 2010
7. Faber and Kells, 'Heating and Air-conditioning of Buildings', 9th Edition revised by D.R. Oughton, S. Hodgkinson, BH, Oxford 2002
8. Σταμάτης Δ. Πέρδιος, 'Τα μυστικά για την ενεργειακή βελτίωση του ακινήτου σας', ΤεκδοΤΙΚΗ, Αθήνα 2010
9. Σημειώσεις: Διαχείρισης Ενέργειας και Περιβαλλοντική Πολιτική, Εργαστήριο Συστημάτων και Αποφάσεων και Διοίκησης Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών, ΕΜΠ, Αθήνα 2005
10. Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ), 'Οδηγός Εξοικονόμησης Ενέργειας στα Συστήματα HVAC', Ευρωπαϊκή Επιτροπή Γενική Δ/ση V Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο, Υπουργείο Εργασίας Δ/ση Κοινωνικών Πρωτοβουλιών (από το επίσημο site του ΚΑΠΕ στην καρτέλα Εκδόσεις ΚΑΠΕ <http://www.cres.gr/kape/publications/download.htm>)
11. Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ), 'Οδηγός Εξοικονόμησης Ενέργειας Στη Βιομηχανική Ψύξη', Ευρωπαϊκή Επιτροπή Γενική Δ/ση V Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο, Υπουργείο Εργασίας Δ/ση Κοινωνικών Πρωτοβουλιών (από το επίσημο site του ΚΑΠΕ στην καρτέλα Εκδόσεις ΚΑΠΕ <http://www.cres.gr/kape/publications/download.htm>)

12. Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ), 'Οδηγός Καύσης Λεβήτων και Κλιβάνων - Φούρνων', Ευρωπαϊκή Επιτροπή Γενική Δ/ση V Ευρωπαϊκό Κοινοτικό Ταμείο, Υπουργείο Εργασίας Δ/ση Κοινοτικών Πρωτοβουλιών (από το επίσημο site του ΚΑΠΕ στην καρτέλα Εκδόσεις ΚΑΠΕ <http://www.cres.gr/kape/publications/download.htm>)
13. Σταμάτης Δ. Πέρδιος, 'Οικονομική Αξιολόγηση Επεμβάσεων για Εξοικονόμηση Ενέργειας', ΤεκΔΟΤΙΚΗ, Αθήνα 2005
14. Νόμος 3661 - Μέτρα για τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης των κτιρίων (Σχέδιο Κανονισμού για Ενεργειακή Αποδοτικότητα των κτιρίων- ΚΕΝΑΚ)
15. Τεχνική Οδηγία Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας «Θερμοφυσικές ιδιότητες δομικών υλικών και έλεγχος της θερμομονωτικής επάρκειας των κτιρίων», Α' Έκδοση 2010
16. Τεχνική Οδηγία Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας «Αναλυτικές Εθνικές προδιαγραφές παραμέτρων για τον υπολογισμό της Ενεργειακής Απόδοσης κτιρίων και την έκδοση του πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης"», Α' Έκδοση 2010
17. Δημήτριος Βασιλείου, Νικόλαος Ηρειώτης: «Χρηματοοικονομική Διοίκηση, θεωρία και πρακτική», Εκδόσεις Rosili, Αθήνα 2008
18. Επίσημη Ιστοσελίδα της εταιρείας «elektronik.gr» http://www.elektronik.gr/eshop/index.php?main_page=index&cPath=68_228_504_14_13
19. Φ.Β Τοπαλή, «Εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας σε εγκαταστάσεις φωτισμού εσωτερικών χώρων» www.technicalreview.gr/index.php?option=com_content&task=view&id=42
20. Επίσημη Ιστοσελίδα της εταιρείας «Νάιδος Clima» <http://www.naidos.com/products/solar/index.html>
21. Επίσημη Ιστοσελίδα της εταιρείας «Bosch Ελλάδας» <http://www.bosch-climate.gr/products/solar-energy/solar-collectors/solar-5000-tf.html>
22. Επίσημη Ιστοσελίδα του οργανισμού «Αέριο Αττικής»: <http://www.aerioattikis.gr/gr/%CE%A6%CF%85%CF%83%CE%B9%CE%BA%CF%8C-%CE%91%CE%AD%CF%81%CE%B9%CE%BF-%CE%91%CF%84%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%AE%CF%82-%CE%91%CE%95/>
23. Επίσημη Ιστοσελίδα της εταιρείας «Αντωνίου» <http://antoniou24.skrouzstore.gr/p.PSifiakos-imerisios-evdomadiaios-chronodiakoptis-ragas-TS-GE2.25282.html>
24. Επίσημη Ιστοσελίδα της εταιρείας «Τηλεθέρμανση Ε.Π.Ε.» <http://www.telethermanssi.gr/default.asp>

25. Επίσημη Ιστοσελίδα της εταιρείας «ο υδραυλικός & εγκαταστάτης»
http://www.ydravlikos.gr/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=1080:--aermec---calda-&catid=32&Itemid=38
26. Επίσημη Ιστοσελίδα της εταιρείας «Τεχνομηχανική Ε.Π.Ε.» <http://www.tmltd.gr/>
27. Επίσημη Ιστοσελίδα της εταιρείας «Marco Pumps Π. Μαρκομιχάλης & Υιός Α.Ε.Β.Ε.»
<http://www.marcopumps.gr/gr/index.html>
28. Επίσημη Ιστοσελίδα «Loan24»: <http://www.loan24.gr/Photovoltaics.asp>
29. Επίσημη Ιστοσελίδα «Ελληνικής Στατιστική Υπηρεσίας»:
<http://www.statistics.gr/portal/page/portal/ESYE>
30. Επίσημη Ιστοσελίδα «Εθνικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας»:
http://www.hnms.gr/hnms/english/climatology/climatology_region_diagrams.html?dr_city=Athens_Hellinikon&dr_region=ClimAttiki
31. Επίσημη Ιστοσελίδα «PVSYST Studies, Sizing and Simulations» <http://www.pvsyst.com/>
32. Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ), 'Οδηγός Εξοικονόμησης Ενέργειας μέσω της Θερμομόνωσης', Ευρωπαϊκή Επιτροπή Γενική Δ/ση V Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο, Υπουργείο Εργασίας Δ/ση Κοινωνικών Πρωτοβουλιών (από το επίσημο site του ΚΑΠΕ στην καρτέλα Εκδόσεις ΚΑΠΕ <http://www.cres.gr/kape/publications/download.htm>)
33. Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ), 'Οδηγός Ηλιακού Κλιματισμού', Ευρωπαϊκή Επιτροπή Γενική Δ/ση V Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο, Υπουργείο Εργασίας Δ/ση Κοινωνικών Πρωτοβουλιών (από το επίσημο site του ΚΑΠΕ στην καρτέλα Εκδόσεις ΚΑΠΕ <http://www.cres.gr/kape/publications/download.htm>)
34. Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ), 'Οδηγοί Ενεργειακής Επιθεώρησης', Ευρωπαϊκή Επιτροπή Γενική Δ/ση V Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο, Υπουργείο Εργασίας Δ/ση Κοινωνικών Πρωτοβουλιών (από το επίσημο site του ΚΑΠΕ στην καρτέλα Εκδόσεις ΚΑΠΕ <http://www.cres.gr/kape/publications/download.htm>)
35. Bricle Siegfried, Harterich Nanfred, Jungman Friedrich, Merkle Herkle, Helmut Schulerkar, Uhr Ulich, Επιμέλεια Ελληνικής Έκδοσης Μελέτης Βούλγαρης, 'Ίδρευση και Θέρμανση Ποσιμου Νερού, Αποχέτευσης και Εγκαταστάσεις Υγιεινής', 2^η Ελληνική Έκδοση, ΙΩΝ, Περιστέρι 2004
36. Επίσημη Ιστοσελίδα «Sunera Photovoltaic Home Systems»:
<http://www.sunera.gr/?gclid=CM73ksHj66sCFQdI3godO06OMQ>

Παράρτημα

Κώδικας IC. Java

```
package com.muο.ic;

import com.muο.ic.R;

import android.content.DialogInterface;
import android.content.Intent;
import android.app.Activity;
import android.app.AlertDialog;
import android.os.Bundle;
import android.view.View;
import android.view.Menu;
import android.view.MenuInflater;
import android.view.MenuItem;

public class Ic extends Activity {
    /** Called when the activity is first created. */
    @Override
    public void onCreate(Bundle savedInstanceState) {
        super.onCreate(savedInstanceState);
        setContentView(R.layout.main);
    }

    @Override
    public boolean onCreateOptionsMenu(Menu menu) {
        MenuInflater inflater = getMenuInflater();
        inflater.inflate(R.menu.main_menu, menu);
        return true;
    }

    @Override
    public boolean onOptionsItemSelected(MenuItem item) {
        // Handle item selection
        switch (item.getItemId()) {
            case R.id.info:
                infoClick();
                return true;
            default:
                return super.onOptionsItemSelected(item);
        }
    }

    public void infoClick()
    {
        Intent i = new Intent(this, com.muο.ic.Info.class);
        startActivity(i);
    }

    public void nvpClick(View button)
    {
        Intent i = new Intent(this, com.muο.ic.Npv.class);
```

```
        startActivity(i);
    }

    public void alert(){
        AlertDialog.Builder builder = new AlertDialog.Builder(this);
        builder.setMessage("Are you sure you want to exit?")
        .setCancelable(false)
        .setPositiveButton("Yes", new DialogInterface.OnClickListener() {
            public void onClick(DialogInterface dialog, int id) {
                lc.this.finish();
            }
        })
        .setNegativeButton("No", new DialogInterface.OnClickListener() {
            public void onClick(DialogInterface dialog, int id) {
                dialog.cancel();
            }
        });
        AlertDialog alert = builder.create();
        alert.show();
    }
}
```

Κώδικας Npv. Java

```
package com.muoi.ic;

import com.muoi.ic.R;
import java.lang.Math;
import android.app.Activity;
import android.os.Bundle;
import android.view.View;
import android.widget.EditText;
import android.app.AlertDialog;
import android.content.DialogInterface;

public class Npv extends Activity {
    /** Called when the activity is first created. */
    @Override
    public void onCreate(Bundle savedInstanceState) {
        super.onCreate(savedInstanceState);
        setContentView(R.layout.nvp);
    }

    public void clearFields(View button)
    {
        final EditText data1Field = (EditText) findViewById(R.id.editText1);
        final EditText data2Field = (EditText) findViewById(R.id.editText2);
        final EditText data3Field = (EditText) findViewById(R.id.editText3);
        final EditText data4Field = (EditText) findViewById(R.id.editText4);
        final EditText data5Field = (EditText) findViewById(R.id.editText5);
        final EditText data6Field = (EditText) findViewById(R.id.editText6);
        data1Field.setText("");
        data2Field.setText("");
        data3Field.setText("");
        data4Field.setText("");
    }
}
```



```

        data5Field.setText("");
        data6Field.setText("");
    }

    public void npvInstruction(View button)
    {
        double npv=calculateNPV();
        showResult(npv);
    }

    public double calculateNPV()
    {
        /*retrieve data from interface*/
        final EditText data1Field = (EditText) findViewById(R.id.editText1);
        String data1 = data1Field.getText().toString();
        final EditText data2Field = (EditText) findViewById(R.id.editText2);
        String data2 = data2Field.getText().toString();
        final EditText data3Field = (EditText) findViewById(R.id.editText3);
        String data3 = data3Field.getText().toString();
        final EditText data4Field = (EditText) findViewById(R.id.editText4);
        String data4 = data4Field.getText().toString();
        final EditText data5Field = (EditText) findViewById(R.id.editText5);
        String data5 = data5Field.getText().toString();
        /*check data validation*/

        if(data1.length()<=0 || data2.length()<=0 || data3.length()<=0 || data4.length()<=0 || data5.length()<=0)
        {
            alert();
            return 0;
        }
        else
        {
            float kostosArxikisEpendysis = Float.parseFloat(data1);
            float etisioKatharoOfelos= Float.parseFloat(data2);
            float investmentLifeSpan= Float.parseFloat(data3);
            float epitokio= Float.parseFloat(data4)/100;
            float ypoleimmatikiAxia= Float.parseFloat(data5);

            /*start calculation*/
            double sum=0;
            for (int i=1;i<=investmentLifeSpan;i++)
            {
                sum=sum+(etisioKatharoOfelos/Math.pow(1+epitokio,i));
            }
            double npv=-
            kostosArxikisEpendysis+sum+(ypoleimmatikiAxia/(Math.pow(1+epitokio,investmentLifeSpan)));
            return (npv);
        }
    }

    public void showResult(double npv)
    {
        final EditText edittext= (EditText) findViewById(R.id.editText6);
        if(npv>=0)
            edittext.setText(""+Math.round(npv)+" (Βιώσιμη Επ./Profitable Inv.)");
    }

```

```
        else
            editText.setText(""+Math.round(npv)+" (Μη βιώσιμη Επ./Non Profitable Inv.)");
    }

    public void alert(){
        AlertDialog.Builder builder = new AlertDialog.Builder(this);
        builder.setMessage("Μη επαρκή δεδομένα / Insufficient data")
        .setCancelable(false)
        .setNegativeButton("OK", new DialogInterface.OnClickListener() {
            public void onClick(DialogInterface dialog, int id) {
                dialog.cancel();
            }
        });
        AlertDialog alert = builder.create();
        alert.show();
    }
}
```

Κώδικας Info. Java

```
package com.muoi;

import com.muoi.R;
import android.app.Activity;
import android.os.Bundle;

public class Info extends Activity {
    /** Called when the activity is first created. */
    @Override
    public void onCreate(Bundle savedInstanceState) {
        super.onCreate(savedInstanceState);
        setContentView(R.layout.info);
    }
}
```