



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

Ενεργειακή Επιθεώρηση Κτιρίου Γραφείων

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Μαρίνα Ζακυνθινού

Επιβλέπων: Ιωάννης Ψαρράς
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Φεβρουάριος 2013



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

Ενεργειακή Επιθεώρηση Κτιρίου Γραφείων

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Μαρίνα Ζακυνθινού

Επιβλέπων: Ιωάννης Ψαρράς
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την ...^η Φεβρουαρίου 2013.

.....

Ον/μο Μέλος Δ.Ε.Π

.....

Ον/μο Μέλος Δ.Ε.Π

.....

Ον/μο Μέλος Δ.Ε.Π

Αθήνα, Φεβρουάριος 2013

.....

Μαρίνα Ζακυνθινού

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

Copyright © Μαρίνα Ζακυνθινού, 2013.

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

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

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

Περίληψη

Ο κτιριακός τομέας στην Ελλάδα καταναλώνει το 36% των συνολικών ενεργειακών πόρων και προκαλεί το $\frac{1}{3}$ περίπου των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) σε εθνικό επίπεδο. Σε ευρωπαϊκό επίπεδο, τα ελληνικά κτίρια έχουν τη μεγαλύτερη ενεργειακή κατανάλωση, υψηλότερη ακόμα και από χώρες με ψυχρότερο κλίμα όπως το Βέλγιο και τα Σκανδιναβικά κράτη. Κατά συνέπεια, είναι αδήριτη η ανάγκη εφαρμογής μέτρων ενεργειακού σχεδιασμού στα κτίρια, σύμφωνα με την οδηγία 2002/91/ΕΚ (EPBD, 2003) του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της Ευρωπαϊκής Ένωσης (αναδιατύπωση 2010/31/ΕΚ), η οποία οδήγησε και στην έκδοση του Κανονισμού Ενεργειακής Αποδοτικότητας Κτιρίων (Κ.Εν.Α.Κ.) (ν. 3661/2008) για την εναρμόνιση της Ελλάδας με την κοινοτική οδηγία.

Η εφαρμογή μέτρων ενεργειακής αποδοτικότητας σε κτίρια γραφείων μπορεί να αποδώσει σημαντικά οικονομικά οφέλη, τα οποία συμβάλλουν στη μείωση των λειτουργικών εξόδων της επιχείρησης. Επιπλέον, βοηθά στη βελτίωση της λειτουργίας του κτιρίου, μέσω της εξασφάλισης ενός καλύτερου επιπέδου άνεσης, ασφάλειας και αποδοτικότητας των εργαζομένων σε αυτό. Ταυτόχρονα, η διαχείριση του κτιρίου καθίσταται οικονομικότερη, ασφαλέστερη και πιο αξιόπιστη.

Αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η ενεργειακή επιθεώρηση ενός κτιρίου γραφείων. Η δομή της εργασίας συνίσταται σε τρία κύρια μέρη: Αρχικά, αποτυπώνεται το ενεργειακό προφίλ του υπό μελέτη κτιρίου, μέσα από την καταγραφή του εξοπλισμού και των ενεργειακών καταναλώσεων. Στη συνέχεια, εξετάζονται τα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά του κελύφους και η λειτουργία των εγκαταστάσεων, με τη βοήθεια καταγραφικού εξοπλισμού, και συγκεκριμένα, με τη χρήση θερμοκάμερας, αναλυτή καυσαερίων και αναλυτή ηλεκτρικής ενέργειας. Στο τρίτο μέρος προτείνονται επεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας, οι οποίες αξιολογούνται με τεchnοοικονομικά κριτήρια.

Λέξεις κλειδιά: Καλές πρακτικές, Ενεργειακή επιθεώρηση κτιρίων, Θερμοκάμερα, Αναλυτής καυσαερίων, Αναλυτής ηλεκτρικής ενέργειας, Δράσεις εξοικονόμησης ενέργειας

Abstract

The building sector in Greece accounts for 36% of the total energy consumption and about $\frac{1}{3}$ of carbon dioxide (CO₂) emissions. At European level, Greek buildings have the highest consumption, even higher than countries with colder climates such as Belgium and the Scandinavian countries. Consequently, it is quite necessary to implement measures for energy design in buildings, in accordance with the Directive 2002/91/EC (EPBD, 2003) of the European Parliament and the Council of the European Union (recast 2010/31/EC), which finally led to the adoption of “KENAK” (Greek Law 3661/2008) for the harmonization of Greece with the EU Directive.

The energy efficiency measures for office buildings can yield significant economic benefits, which help reduce operating costs of the companies. Moreover, they help improve the function of the building by ensuring a better level of comfort, safety and efficiency for the workers in it. At the same time, the management of the building is cheaper, safer and more reliable.

The subject of this thesis is the energy audit of an office building. Its structure consists of three main parts: First, the energy profile of the building is examined, by recording the equipment and energy consumptions occurring in it. In the second part, a review of the building construction and the operation of the electrical equipment is being tested using measuring instruments, such as infrared camera, gas analyzer and electrical energy analyzer. In the third part, there are actions being proposed to save energy and the expected on-coming profit is being estimated by means of techno-economical criteria.

Keywords: Good practices, Energy audit of buildings, Infrared camera, Gas analyzer, Electrical energy analyzer, Energy conservation

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 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 και την ευκαιρία που μου έδωσε να ασχοληθώ με ένα θέμα τόσο ενδιαφέρον και επίκαιρο.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες οφείλω, επίσης, στους επιβλέποντες την παρούσα διπλωματική, την κα Αλεξάνδρα Παπαδοπούλου, Διδάκτορα Ε.Μ.Π., και τον κ. Βαγγέλη Μαρινάκη, Υποψήφιο Διδάκτορα Ε.Μ.Π., για την πολύτιμη επιστημονική βοήθεια που μου παρείχαν σε όλη τη διάρκεια της συγγραφικής διαδικασίας.

Το ίδιο θερμά θα ήθελα να ευχαριστήσω όλα τα Διευθυντικά στελέχη της Εταιρείας που διαχειρίζεται το κτίριο που μελετήθηκε, για την άψογη συνεργασία μας και την ανεκτίμητη βοήθεια που μου προσέφεραν κατά την εκπόνηση της παρούσας εργασίας. Ιδιαίτερες ευχαριστίες οφείλω, επίσης, σε όλα τα μέλη του Τμήματος Συντήρησης της Εταιρείας, για τις χρήσιμες πληροφορίες που έθεσαν στη διάθεσή μου σχετικά με το υπό μελέτη κτίριο και την ουσιαστική τους βοήθεια στην αντιμετώπιση τεχνικών δυσκολιών.

Κλείνοντας, θα ήθελα να εκφράσω την ευγνωμοσύνη μου στην οικογένειά μου και να τους πω ένα μεγάλο ευχαριστώ για την έμπρακτη υπομονή, τις θυσίες και τη στήριξη που μου προσέφεραν με κάθε δυνατό τρόπο, σε όλη τη διάρκεια των σπουδών μου.

Μαρίνα Ζακυνθινού

Φεβρουάριος 2013

Στους γονείς μου,
Στάθη και Πηνελόπη

Πίνακας περιεχομένων

1. Εισαγωγή	13
1.1 Αντικείμενο – σκοπός	15
1.2 Φάσεις υλοποίησης	17
1.3 Οργάνωση τόμου.....	19
2. Καταγραφή καλών πρακτικών	23
2.1 Γενικά στοιχεία	25
2.2 Ηλεκτρικά οχήματα.....	29
2.3 Έργα ΑΠΕ	40
3. Ενεργειακή επιθεώρηση σε κτίριο γραφείων	47
3.1 Εισαγωγή.....	49
3.2 Περιγραφή του υπό μελέτη κτιρίου.....	49
3.2.1 Κατασκευαστικά χαρακτηριστικά	49
3.2.2 Ενεργειακές υποδομές	54
3.3 Μελέτη καταγεγραμμένων ενεργειακών καταναλώσεων	58
3.3.1 Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας.....	58
3.3.2 Κατανάλωση πετρελαίου	62
3.3.3 Κόστος ενεργειακών καταναλώσεων.....	63
3.4 Ανάλυση των ενεργειακών καταναλώσεων	66
3.4.1 Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για φωτισμό.....	66
3.4.2 Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας & πετρελαίου για θέρμανση/ψύξη.....	71
3.4.3 Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για ηλεκτρικές συσκευές.....	76
3.4.4 Κατανομή καταναλώσεων ανά είδος χρήσης και κτιριακό επίπεδο	79
3.5 Υπολογισμός θερμομονωτικής ικανότητας κτιριακού κελύφους	82
3.5.1 Μεθοδολογία.....	82
3.5.2 Συντελεστής θερμοπερατότητας δομικών στοιχείων.....	85
3.5.3 Συντελεστής θερμοπερατότητας ανά κτιριακό επίπεδο.....	92
3.5.4 Μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας κτιριακού κελύφους.....	95
4. Χρήση καταγραφικού εξοπλισμού.....	97
4.1 Θερμοκάμερα	99
4.1.1 Αρχή λειτουργίας	99
4.1.2 Όργανο μέτρησης.....	99

4.1.3	Παρουσίαση και σχολιασμός θερμογραφημάτων.....	102
4.1.4	Συμπεράσματα	116
4.2	Αναλυτής καυσασερίων	117
4.2.1	Διαδικασία μέτρησης	117
4.2.2	Όργανο μέτρησης.....	118
4.2.3	Ανάλυση των παραμέτρων	120
4.2.4	Αποτελέσματα μετρήσεων	123
4.3	Αναλυτής ηλεκτρικής ενέργειας	126
4.3.1	Γενικά.....	126
4.3.2	Όργανο μέτρησης.....	127
4.3.3	Αποτελέσματα των μετρήσεων	127
5.	Μελέτη επεμβάσεων εξοικονόμησης ενέργειας	141
5.1	Γενικά.....	143
5.2	Προτάσεις δράσεων ενεργειακής βελτιστοποίησης.....	143
5.2.1	Γενικές επεμβάσεις νοικοκυρέματος	143
5.2.2	Δράσεις για τον φωτισμό	144
5.2.3	Δράσεις για το κτιριακό κέλυφος	149
5.2.4	Δράσεις για το σύστημα θέρμανσης/ψύξης	155
5.2.5	Εγκατάσταση φωτοβολταϊκού συστήματος στην οροφή.....	156
5.3	Σύνοψη προτάσεων	158
6.	Συμπεράσματα και προοπτικές.....	161
6.1	Συμπεράσματα.....	163
6.2	Προοπτικές.....	167
	Βιβλιογραφία	169
	Παράρτημα Α	171
	Παράρτημα Β	197

1. Εισαγωγή

1.1 Αντικείμενο – σκοπός

Με τον όρο «ενεργειακή επιθεώρηση» περιγράφεται η διαδικασία του ελέγχου, της έρευνας και εκτίμησης των πραγματικών ροών ενέργειας και των παραγόντων που τις επηρεάζουν, με σκοπό την εξεύρεση μεθόδων εξοικονόμησης ενέργειας στον κτιριακό τομέα.

Στα πλαίσια της κοινοτικής οδηγίας 2002/91/EK «για την Ενεργειακή Απόδοση Κτιρίων» (αναδιατύπωση 2010/31/EK), η Ελλάδα είχε την υποχρέωση να εναρμονιστεί μέχρι τον Ιανουάριο του 2006 με την έκδοση και την εφαρμογή σχετικών νομοθετικών διατάξεων. Το πρώτο βήμα για την εναρμόνιση με την κοινοτική οδηγία ήταν η έκδοση του ν. 3661/2008 (ΦΕΚ Α' 89) «Μέτρα για τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης των κτιρίων και άλλες διατάξεις». Βάσει του νόμου, υπήρχε η υποχρέωση έκδοσης σχετικού Κανονισμού Ενεργειακής Αποδοτικότητας Κτιρίων στον οποίο, μεταξύ άλλων, καθορίζονταν οι ελάχιστες τεχνικές προδιαγραφές και απαιτήσεις ενεργειακής απόδοσης των νέων και ριζικά ανακαινιζόμενων κτιρίων, καθώς και η μεθοδολογία υπολογισμού της ενεργειακής απόδοσής τους.

Η συμμόρφωση προς τις απαιτήσεις της κοινοτικής οδηγίας δεν αποτελεί υποχρέωση της χώρας μόνο προς την Ευρωπαϊκή Ένωση, αλλά κυρίως προς τους πολίτες και το περιβάλλον. Ο κτιριακός τομέας καταναλώνει το 40% των συνολικών ενεργειακών πόρων σε ευρωπαϊκό επίπεδο. Επιπλέον, σχετίζεται με την πρόκληση του $\frac{1}{3}$ των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα. [1] Σε επίπεδο χωρών, συμβάλλει αρνητικά στη δημιουργία του *φαινομένου αστικής νησίδας*, δηλαδή της αύξησης της θερμοκρασίας των πόλεων σε σχέση με την ύπαιθρο, ενώ σε παγκόσμιο επίπεδο, επιτείνει το πρόβλημα του *φαινομένου του θερμοκηπίου*. Απόρροια των ανωτέρω, στα πλαίσια της κλιματικής αλλαγής, είναι να παρατηρούνται συχνά ακραία καιρικά φαινόμενα και καταστροφές, με ολέθριες οικονομικές και περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Επίσης, η εξάντληση των αποθεμάτων συμβατικών πόρων για την παραγωγή ενέργειας οδηγεί τόσο στη μείωση του φυσικού πλούτου όσο και σε καταστάσεις οικονομικής αστάθειας (π.χ. πετρελαϊκή κρίση).

Αντίθετα, η αποτελεσματική διαχείριση της ενέργειας προστατεύει άμεσα και έμμεσα το περιβάλλον, εξοικονομεί ενεργειακούς πόρους και, επιπλέον, συμβάλλει στην οικονομία όχι μόνο των χρηστών των κτιρίων αλλά και της ίδιας της χώρας. Πιο συγκεκριμένα, η εφαρμογή μέτρων ενεργειακής αποδοτικότητας σε κτίρια μπορεί να αποδώσει οφέλη στα τρία παρακάτω διακριτά επίπεδα:

- **Οικονομικά οφέλη**, τα οποία συμβάλλουν στη μείωση των λειτουργικών εξόδων ή στην αύξηση των κερδών της επιχείρησης. Αυτά πρέπει να αξιολογηθούν με βάση το κόστος της εφαρμογής των μέτρων ενεργειακής αποδοτικότητας.
- **Λειτουργικά οφέλη**, με τα οποία βελτιώνονται οι συνθήκες άνεσης στους χώρους κατοικίας και εργασίας, προάγοντας το επίπεδο ζωής πολλών ανθρώπων. Επίσης,

δημιουργούνται νέες θέσεις εργασίας στους τομείς που σχετίζονται με την ενεργειακή αποδοτικότητα των κτιρίων.

- **Περιβαλλοντικά οφέλη**, τα οποία αφορούν κυρίως τη μείωση των εκπομπών του CO₂ και άλλων ρύπων (αέρια θερμοκηπίου), τη βελτίωση της ασφάλειας του ενεργειακού εφοδιασμού, λόγω της απεξάρτησης από τις εισαγωγές καυσίμου, καθώς και τη διατήρηση των φυσικών πόρων.

Το καθένα από τα παραπάνω οφέλη αναμένεται να έχει αθροιστική επίπτωση μετά το πέρας της ενεργειακής επιθεώρησης κάθε κτιρίου. Έτσι, οι ενεργειακές επιθεωρήσεις είναι αποφασιστικής σημασίας για την εφαρμογή μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας και για την εξασφάλιση των στόχων της ενεργειακής διαχείρισης.

Η γενική διαδικασία μίας ενεργειακής επιθεώρησης περιλαμβάνει τρία στάδια για την καταγραφή και ανάλυση των ενεργειακών δεδομένων του κτιρίου που εξετάζεται:

- Στο **πρώτο στάδιο**, συλλέγονται πρωτογενή στοιχεία και πληροφορίες σχετικά με την υφιστάμενη και παρελθούσα ενεργειακή εικόνα, την κατασκευή και τη χρήση του υπό μελέτη κτιρίου. Στη συλλογή αυτών των δεδομένων χρήσιμη είναι η συμπλήρωση έντυπου ερωτηματολογίου από τους χρήστες του κτιρίου σχετικά με το ωράριο και τον τρόπο χρήσης του κτιρίου, αλλά και σχετικά έγγραφα που αφορούν το κτίριο, όπως λογαριασμοί καταναλώσεων, τιμολόγια καυσίμων, σχέδια, μελέτες κ.λπ.
- Το **δεύτερο στάδιο** της ενεργειακής επιθεώρησης περιλαμβάνει τον επιτόπιο έλεγχο του κελύφους και των ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων του κτιρίου. Η χρήση οργάνων μέτρησης, όπως θερμοκάμερας, αναλυτή καυσαερίων και αναλυτή ηλεκτρικής ενέργειας, συμβάλλει στον προσδιορισμό των κατασκευαστικών και λειτουργικών χαρακτηριστικών του κτιρίου.
- Το **τρίτο στάδιο** συνίσταται στη λεπτομερή ανάλυση των δεδομένων που έχουν συλλεχθεί και την πλήρη εξέταση των δράσεων που μπορούν να ληφθούν για την εξοικονόμηση ενέργειας στο κτίριο, βάσει τεχνοοικονομικών κριτηρίων. Στο τέλος της διαδικασίας της ενεργειακής επιθεώρησης, συντάσσεται μία πλήρης έκθεση του ενεργειακού ισοζυγίου του κτιρίου, καθώς και τεχνοοικονομική αξιολόγηση των επεμβάσεων που προτείνονται για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου.

Για τους σκοπούς της παρούσας διπλωματικής εργασίας, επιλέχθηκε ένα κτίριο γραφείων που βρίσκεται στην Αθήνα. Οι λόγοι που οδήγησαν στην επιλογή του συγκεκριμένου κτιρίου είναι αφενός το μέγεθός του και αφετέρου ο σύγχρονος τρόπος κατασκευής και λειτουργίας του. Πιο συγκεκριμένα, πρόκειται για ένα κτίριο συνολικής έκτασης άνω των 12.000 m², γεγονός που καθιστά την ενεργειακή του απόδοση πρωτεύουσας σημασίας με πολλαπλά οικονομικά και περιβαλλοντικά οφέλη. Όσο μεγαλύτερη είναι η ενεργειακή κατανάλωση ενός κτιρίου τόσο πολυτιμότερη είναι η οποιαδήποτε προσπάθεια εξοικονόμησης ενέργειας σε αυτό. Επίσης, στο κτίριο απασχολείται καθημερινά ένας αρκετά μεγάλος αριθμός

ανθρώπων (περισσότεροι από 100) και κρίνεται ιδιαίτερος ενδιαφέρουσα η μελέτη της ευαισθητοποίησης των χρηστών σε ζητήματα εξοικονόμησης ενέργειας. Επιπλέον, όσον αφορά τα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά της δομής του κτιρίου, είναι δεσπόζουσας σημασίας το γεγονός ότι το εν λόγω κτίριο αποτελεί ένα πρωτοποριακό για τα δεδομένα του κτιρίου, σύγχρονο και εξοπλισμένο με ενεργειακά συστήματα υψηλής τεχνολογίας, παρότι κατασκευάστηκε μέσα στην προηγούμενη 20ετία. Κατά συνέπεια, αποτελεί εξαιρετικά ενδιαφέρουσα πρόκληση η ανάλυση του ενεργειακού του προφίλ και η αξιολόγηση των μέτρων που έχουν ήδη εφαρμοστεί, με σκοπό τη βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητάς του και, κατ' επέκταση, η εξεύρεση νέων επεμβάσεων που θα είναι εφικτές, και φυσικά, συμφέρουσες.

Στα πλαίσια της εφαρμογής της ενεργειακής επιθεώρησης στο υπό μελέτη κτίριο, αρχικά συγκεντρώθηκαν κατά το δυνατόν περισσότερα στοιχεία για τον προσδιορισμό της ενεργειακής του εικόνας. Συγκεκριμένα, αρχικώς αντλήθηκαν πληροφορίες για την κατασκευαστική δομή του από τα αρχιτεκτονικά σχέδια και προηγούμενες μελέτες. Επιπλέον, εξήχθησαν χρήσιμες πληροφορίες από τα τιμολόγια ηλεκτρικής ενέργειας και πετρελαίου, σχετικά με τις καταναλώσεις της τριετίας 2009, 2010 και 2011. Η συμπλήρωση έντυπου ερωτηματολογίου από τους υπεύθυνους συντήρησης του κτιρίου υπήρξε, επίσης, καθοριστικής σημασίας για τον προσδιορισμό του καθεστώτος λειτουργίας του. Στη συνέχεια, έγινε επιτόπιος έλεγχος και καταγραφή των ηλεκτρικών φορτίων και του υφιστάμενου ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού, καθώς και διενέργεια μετρήσεων με καταγραφικό εξοπλισμό, που περιελάμβανε τη χρήση θερμοκάμερας, αναλυτή καυσαερίων και αναλυτή ηλεκτρικής ενέργειας. Όλα τα δεδομένα που συλλέχθηκαν με τους ανωτέρω τρόπους οδήγησαν στον προσδιορισμό του ενεργειακού προφίλ του κτιρίου και, κατόπιν, μελετήθηκαν ποικίλα σενάρια, τα οποία αξιολογήθηκαν για την κατάσχεση σχεδίου δράσεων εξοικονόμησης ενέργειας.

1.2 Φάσεις υλοποίησης

Η διαδικασία που ακολουθήθηκε για την εκπόνηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας συνοψίζεται σε 6 διακριτές φάσεις:

- *Φάση 1^η: Συλλογή στοιχείων από καλές πρακτικές που έχουν εφαρμοστεί στην Ευρώπη.*
Κατά τη διάρκεια της 1^{ης} φάσης, έγινε προσπάθεια να συγκεντρωθούν δεδομένα από διάφορα έργα καλών πρακτικών σε ευρωπαϊκές χώρες. Με τη βοήθεια του Διαδικτύου, αναζητήθηκαν εφαρμογές από τον τομέα της ενέργειας, με ιδιαίτερη έμφαση στα ηλεκτρικά οχήματα.
- *Φάση 2^η: Συλλογή δεδομένων από υφιστάμενα αρχιτεκτονικά σχέδια, σχετικές μελέτες, τιμολόγια ηλεκτρικής ενέργειας και καυσίμου.*

Στη διάρκεια αυτής της φάσης, αντλήθηκαν χρήσιμες πληροφορίες από τα έγγραφα που τηρούνται στο αρχείο του κτιρίου. Συγκεκριμένα, χρησιμοποιήθηκαν τα αρχιτεκτονικά σχέδια για τον προσδιορισμό των όψεων, της επιφάνειας, του όγκου και των επιμέρους χαρακτηριστικών όλων των χώρων του κτιρίου. Επίσης, αντλήθηκαν χρήσιμες πληροφορίες από τη μελέτη θερμομόνωσης που είχε συνταχθεί κατά την έκδοση της οικοδομικής άδειας του κτιρίου. Επιπλέον, συλλέχθηκαν δεδομένα σχετικά με την κατανάλωση της ηλεκτρικής ενέργειας και πετρελαίου από τα αντίστοιχα τιμολόγια της τελευταίας τριετίας και έγινε ανάλυση της ενεργειακής χρήσης και των αντίστοιχων δαπανών της συγκεκριμένης περιόδου.

- *Φάση 3^η: Καταγραφή των εγκατεστημένων ηλεκτρικών φορτίων, συμπλήρωση ερωτηματολογίου σχετικά με τις ώρες χρήσης και τη λειτουργία του κτιρίου και κατανομή ενεργειακών καταναλώσεων ανά χρήση.*

Στη διάρκεια της τρίτης φάσης της εργασίας έγινε πλήρης καταγραφή όλων των ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων και των ηλεκτρικών συσκευών που χρησιμοποιούνται στο κτίριο. Επίσης, βάσει σχετικού ερωτηματολογίου που συμπληρώθηκε από τους υπεύθυνους συντήρησης, εκτιμήθηκε ο χρόνος χρήσεως των επιμέρους ενεργειακών συστημάτων που απαρτίζουν τον εξοπλισμό του κτιρίου και καταστρώθηκαν σχετικά γραφήματα για την απεικόνιση των ενεργειακών καταναλώσεων ανά χώρο και ανά χρήση.

- *Φάση 4^η: Χρήση καταγραφικού εξοπλισμού για τον έλεγχο της κατασκευαστικής δομής του κτιριακού κελύφους και της λειτουργίας του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού.*

Στην τέταρτη φάση της διαδικασίας που ακολουθήθηκε, χρησιμοποιήθηκαν όργανα μέτρησης για τη διενέργεια μίας ποσοτικής και ποιοτικής ανάλυσης αφενός των ενεργειακών χρήσεων, αφετέρου της ποιότητας των παρεχόμενων υπηρεσιών. Αρχικά, ελήφθησαν θερμογραφήματα από όλους τους χώρους του κτιρίου με τη βοήθεια θερμοκάμερας. Στη συνέχεια, επιλέχθηκαν τα πιο ενδεικτικά εξ' αυτών και, ακολούθως, έγινε επεξεργασία των θερμογραφημάτων με τη χρήση ειδικού λογισμικού. Έτσι, κατέστη δυνατός ο εντοπισμός των θερμικών απωλειών στο κτίριο. Επιπλέον, εξετάστηκε η απόδοση της καύσης στους λέβητες και έγινε ανάλυση των καυσαερίων, με τη βοήθεια ηλεκτρονικού αναλυτή καυσαερίων. Τέλος, στον ηλεκτρικό πίνακα του κτιρίου συνδεσμολογήθηκε αναλυτής ηλεκτρικής ενέργειας για διάστημα 15 ημερών και ελήφθησαν στιγμιαίες και προγραμματισμένης διάρκειας μετρήσεις ανά φάση και στο σύνολο της τάσης, έντασης, φαινόμενης, ενεργού και αέργου ισχύος και του συντελεστή ισχύος ($\cos\phi$), για τον προσδιορισμό της ποιότητας ισχύος της ηλεκτρικής εγκατάστασης του κτιρίου.

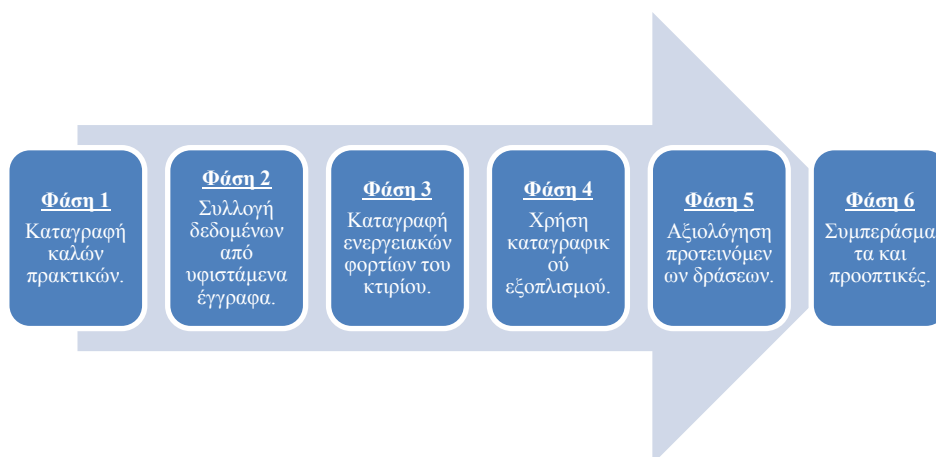
- *Φάση 5^η: Μελέτη προτεινόμενων δράσεων βελτιστοποίησης.*

Κατά τη φάση αυτή, μελετήθηκαν ποικίλες παρεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας του κτιρίου και αξιολογήθηκαν από οικονομική και ενεργειακή άποψη. Τα κριτήρια που ελήφθησαν υπόψιν είναι αυτά της Καθαρής Παρούσας Αξίας (Κ.Π.Α.), του Εσωτερικού Βαθμού Απόδοσης (Ε.Β.Α.) και της Έντοκης Περιόδου Αποπληρωμής (Ε.Π.Α.) της επένδυσης. Οι δράσεις που εξετάστηκαν ιεραρχήθηκαν βάσει της δυνατότητας υλοποίησής τους, της βιωσιμότητάς τους και των οικονομικοτεχνικών κριτηρίων που προαναφέρθηκαν.

- *Φάση 6^η: Συμπεράσματα και προοπτικές.*

Κατά τη διάρκεια της τελευταίας φάσης της εργασίας συνοψίστηκαν τα συμπεράσματα που εξήχθησαν από την οικονομοτεχνική μελέτη και εξετάστηκαν οι προοπτικές που αναδύονται από την παρούσα εργασία.

Εποπτικά, οι προαναφερθείσες 6 φάσεις εκπόνησης της παρούσας διπλωματικής εργασίας απεικονίζονται στο Διάγραμμα 1.1:



Διάγραμμα 1.1: Κύριες φάσεις ολοκλήρωσης της διπλωματικής εργασίας

1.3 Οργάνωση τόμου

Η παρούσα διπλωματική εργασία αποτελείται από 3 κύρια μέρη:

- Στο **πρώτο μέρος** γίνεται εκτενής περιγραφή του υπό μελέτη κτιρίου. Αρχικά, καταγράφονται τα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά και οι ενεργειακές του υποδομές. Στη συνέχεια, με τη χρήση δεδομένων που είτε αντλήθηκαν από έγγραφα είτε προέκυψαν από επιτόπιο έλεγχο, διαμορφώνεται η πλήρης ενεργειακή εικόνα του και καθίσταται δυνατή η αποτύπωση όλων των ενεργειακών ροών που λαμβάνουν χώρα στο κτίριο.
- Στο **δεύτερο μέρος** παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που προέκυψαν από τη χρήση καταγραφικού εξοπλισμού. Με τη βοήθεια της θερμοκάμερας εξετάζεται η θερμική μόνωση του κτιριακού κελύφους και εξάγονται σημαντικά

συμπεράσματα όσον αφορά τα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά του κτιρίου. Επίσης, παρατίθενται οι μετρήσεις που ελήφθησαν από τον αναλυτή καυσαερίων για τον έλεγχο της απόδοσης των λεβήτων. Επιπλέον, η χρήση αναλυτή ηλεκτρικής ενέργειας καθιστά δυνατό τον έλεγχο της ποιότητας της ηλεκτρικής εγκατάστασης του κτιρίου.

- Στο **τρίτο μέρος** προτείνονται επεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας και γίνεται αξιολόγησή τους με τεchnοοικονομικά κριτήρια. Η εργασία ολοκληρώνεται με την παρουσίαση των βέλτιστων δράσεων, καθώς και με τις δυνατότητες επέκτασης της παρούσας μελέτης.

Πιο αναλυτικά:

Το παρόν **πρώτο κεφάλαιο**, αποτελεί την εισαγωγή της διπλωματικής εργασίας, όπου παρατίθενται ο σκοπός και το αντικείμενο μελέτης που πραγματεύεται. Επίσης, γίνεται παρουσίαση των φάσεων ολοκλήρωσης και η δομή του τόμου.

Στο **δεύτερο κεφάλαιο** γίνεται καταγραφή διάφορων ευρωπαϊκών έργων που αποτέλεσαν καλές πρακτικές στον τομέα της ενέργειας και κυρίως στα ηλεκτρικά οχήματα. Για την κάθε εφαρμογή αναφέρονται οι στόχοι του έργου, τεχνικά και οικονομικά χαρακτηριστικά, καθώς και τα περιβαλλοντικά οφέλη που προέκυψαν από την υλοποίησή τους.

Στο **τρίτο κεφάλαιο** παρουσιάζεται το κτίριο που μελετήθηκε στα πλαίσια εκπόνησης της παρούσας εργασίας. Παρατίθενται αναλυτικά τα δεδομένα που συλλέχθηκαν από τα αρχιτεκτονικά σχέδια και τα τιμολόγια Δ.Ε.Η. και καυσίμου, πλήρης κατάλογος των ηλεκτρικών φορτίων και των ενεργειακών συστημάτων που διαθέτει το κτίριο, καθώς και πληροφορίες σχετικά με τον χρόνο χρήσης και τον τρόπο λειτουργίας του κτιρίου. Τέλος, το κεφάλαιο ολοκληρώνεται με την ανάλυση της θερμικής θωράκισης των δομικών στοιχείων και τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας του κτιρίου.

Στο **τέταρτο κεφάλαιο** παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των μετρήσεων που προέκυψαν από τη χρήση καταγραφικού εξοπλισμού. Αρχικά, περιγράφεται η λειτουργία της θερμοκάμερας και γίνεται λεπτομερής παρουσίαση του οργάνου που χρησιμοποιήθηκε. Η παράθεση των θερμογραφημάτων τόσο από το εσωτερικό όσο και από το εξωτερικό του κτιρίου συνοδεύεται από σχετικά σχόλια και παρατηρήσεις, και εξάγονται συμπεράσματα σχετικά με τις θερμικές απώλειες στο περίβλημα και στα ανοίγματά του. Με τον αναλυτή καυσαερίων προσδιορίστηκαν σημαντικές παράμετροι που σχετίζονται με την απόδοση των λεβήτων και τη σύνθεση των καυσαερίων. Τέλος, η χρήση του αναλυτή ηλεκτρικής ενέργειας κατέστησε δυνατή τη δημιουργία γραφημάτων που απεικονίζουν την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας, τη διακύμανση του συντελεστή ισχύος και την κατανάλωση ενεργού και αέργου ισχύος κατά τη χρονική περίοδο των μετρήσεων, ανά φάση και στο σύνολο των τριών φάσεων.

Στο **πέμπτο κεφάλαιο** εξετάζονται ποικίλες δυνατότητες δράσεων εξοικονόμησης ενέργειας που μπορούν να ληφθούν και αξιολογούνται βάσει των κριτηρίων της Καθαρής Παρούσας Αξίας, του Εσωτερικού Βαθμού Απόδοσης και της Έντοκης Περιόδου Αποπληρωμής.

Τέλος, στο **έκτο κεφάλαιο** ιεραρχούνται οι εξεταζόμενες επεμβάσεις του προηγούμενου κεφαλαίου και συνοψίζονται οι προτεινόμενες δράσεις. Η εργασία ολοκληρώνεται με μία γενική αποτίμηση της διαχείρισης ενέργειας στο συγκεκριμένο κτίριο καθώς και με τις δυνατότητες επέκτασης της παρούσας εργασίας.

2. Καταγραφή καλών πρακτικών

2.1 Γενικά στοιχεία

Ως «καλή πρακτική» χαρακτηρίζεται μία μέθοδος η οποία έχει εφαρμοσθεί και έχει αποδεδειγμένα καλά αποτελέσματα στον τομέα με τον οποίο σχετίζεται, ούτως ώστε να μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως κατευθυντήρια γραμμή σε άλλες, παρόμοιες εφαρμογές. Στόχος του παρόντος κεφαλαίου είναι η παρουσίαση ευρωπαϊκών έργων που αφορούν στον τομέα της ενέργειας και η υλοποίησή τους επέφερε σπουδαία αποτελέσματα.

Οι κυριότερες πηγές από τις οποίες αντλήθηκαν οι πληροφορίες είναι διάφορες ευρωπαϊκές ιστοσελίδες όπου παρουσιάζουν συγκεντρωμένα ευρωπαϊκά προγράμματα που είχαν θετικά αποτελέσματα και, στην περίπτωση που έχει κατασκευασθεί, η αντίστοιχη ιστοσελίδα καθενός project ξεχωριστά. Πιο συγκεκριμένα, οι κύριες πηγές του διαδικτύου που χρησιμοποιήθηκαν είναι οι εξής:

- **Successful and Sustainable Energy Investments in the Central-Eastern and South-Eastern European Region** (<http://www.energy-bestpractice.eu/>): Υπό τον συντονισμό του Energia Klub, τα μέλη του AGREE.NET και η πολωνική οργάνωση Polski Klub Ekologiczny έλαβαν μέρος στη συλλογή βέλτιστων πρακτικών σε έργα ΑΠΕ. Από το 1990, το Energia Klub έχει προωθήσει σε μεγάλο βαθμό διάφορες τεχνολογίες που εξασφαλίζουν τη βέλτιστη διαχείριση της ενέργειας, σε επίπεδο παραγωγής και κατανάλωσης, με θετικές επιπτώσεις στην οικονομία, το περιβάλλον και την κοινωνία.
- **The European Association of local authorities inventing their energy future** (<http://www.energy-cities.eu/>): Στόχος της οργάνωσης αυτής είναι η ενίσχυση του ρόλου και των ικανοτήτων των ευρωπαϊκών φορέων στον τομέα της βιώσιμης ενέργειας, η εκπροσώπηση των συμφερόντων και η επιρροή των πολιτικών που ακολουθούνται μέσω των προτάσεων που γίνονται από όργανα της Ευρωπαϊκής Ένωσης στους τομείς της ενέργειας για κάθε κράτος-μέλος, η προστασία του περιβάλλοντος και η αστική πολιτική καθώς και η ανάπτυξη και προώθηση πρωτοβουλιών, μέσω της ανταλλαγής εμπειριών, της μεταφοράς τεχνογνωσίας και της υλοποίησης κοινών σχεδίων.
- **The CIVITAS Initiative (“City-Vitality-Sustainability”)** (<http://www.civitas-initiative.org/>): Η πρωτοβουλία αυτή ξεκίνησε το 2002 και ο θεμελιώδης στόχος της είναι να υποστηρίξει τις πόλεις να υιοθετήσουν φιλόδοξα μέτρα και πολιτικές για τις δημόσιες μεταφορές. Προς την επίτευξη του στόχου αυτού, η CIVITAS ενθαρρύνει τη χρήση καινοτόμων τεχνολογιών και προωθεί στρατηγικές πολιτικές με στόχο τη δημιουργία βιώσιμου αστικού δικτύου μεταφορών.
- **The urban mobility portal** (<http://www.eltis.org/>): Το δίκτυο αυτό διευκολύνει την ανταλλαγή πληροφοριών, γνώσεων και εμπειριών στον τομέα της αστικών μεταφορών. Απευθύνεται σε άτομα που εργάζονται στον τομέα των μεταφορών, καθώς και σε συναφείς επιστημονικού κλάδους, όπως η υγεία, η ενέργεια, οι περιβαλλοντικές επιστήμες κ.ά. Το δίκτυο Eltis υποστηρίζει τη δημιουργία

συστημάτων αστικών συγκοινωνιών που χρησιμοποιούν λιγότερη ενέργεια και παράγουν λιγότερες εκπομπές, με στόχο τη βελτίωση των μεταφορών και κατ' επέκταση, της ποιότητας ζωής των πολιτών της Ευρώπης.

- **European Network of Electric Vehicles and Transferring Expertise (ENEVATE) (www.enevate.eu/):** Η συγκεκριμένη δράση έχει ως στόχο τη διευκόλυνση και υποστήριξη των κρατών της Βορειο-Δυτικής Ευρώπης στην καθιέρωση των ηλεκτρικών οχημάτων στις μεταφορές. Προς τούτο, οργανώνει και ενθαρρύνει δομημένες διακρατικές συνεργασίες μεταξύ των δημόσιων αρχών και των εκπροσώπων των ιδιωτικών επιχειρήσεων, σκοπεύοντας στην ανταλλαγή γνώσεων και εμπειριών στη χρήση των ηλεκτρικών οχημάτων.

Επιπλέον, για κάθε επιμέρους έργο που συμπεριλήφθηκε στην παρούσα εργασία, χρησιμοποιήθηκαν πληροφορίες από την αντίστοιχη ιστοσελίδα του έργου (εάν υπήρχε). Έγινε προσπάθεια ώστε να συγκεντρωθούν όσο το δυνατόν πληρέστερες πληροφορίες για το κάθε έργο καλής πρακτικής. Πιο συγκεκριμένα, αναζητήθηκαν πληροφορίες σχετικά με τα γενικά στοιχεία του κάθε έργου, όπως η χώρα υλοποίησης, ο πληθυσμός της περιοχής εφαρμογής και η κατηγορία του έργου. Έπειτα, συγκεντρώθηκαν τα τεχνικά και οικονομικά στοιχεία που αφορούν το κάθε έργο, όπως το συνολικό κόστος, ο ανάδοχος και το καθεστώς χρηματοδότησης, η τωρινή κατάσταση του έργου (δηλαδή εάν έχει ολοκληρωθεί ή βρίσκεται υπό εξέλιξη), η διάρκεια, οι συνολικές ετήσιες μειώσεις εκπομπών που έχουν επιτευχθεί ή αναμένεται να επιτευχθούν κ.ά.

Οι κύριοι τομείς που σχετίζονται με τα έργα καλών πρακτικών που παρουσιάζονται στο παρόν κεφάλαιο είναι τα ηλεκτρικά οχήματα και έργα ΑΠΕ. Στην πρώτη κατηγορία, στην οποία δόθηκε ιδιαίτερη έμφαση στα πλαίσια της παρούσας εργασίας, περιλαμβάνονται η χρήση της ηλεκτρικής ενέργειας σε επιβατηγά αυτοκίνητα, στις δημόσιες συγκοινωνίες καθώς και σε ποδήλατα, με χρήση καινοτόμων τεχνολογιών και συνδυαστικά με ΑΠΕ, όπως Φ/Β συστοιχιών. Στα έργα ΑΠΕ περιλαμβάνονται η παραγωγή ενέργειας από βιομάζα, συστήματα γεωθερμίας, ηλιακοί συλλέκτες, καθώς και η αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας.

Στη συνέχεια, παρουσιάζονται οι πίνακες που χρησιμοποιήθηκαν για την οργάνωση των πληροφοριών. Τα έργα καλής πρακτικής που αφορούν ηλεκτρικά οχήματα περιλαμβάνουν πληροφορίες σχετικά με το είδος των οχημάτων και το πλήθος τους. Αντίθετα, στην περίπτωση των έργων ΑΠΕ, τα πεδία αυτά αντικαθίστανται από την εγκατεστημένη ισχύ και την ετήσια παραγόμενη ενέργεια της κάθε εφαρμογής. Τα υπόλοιπα πεδία είναι κοινά και για τις δύο κατηγορίες έργων καλής πρακτικής.

Πίνακας 2.1: Πίνακας παρουσίασης έργων για ηλεκτρικά οχήματα

ΓΕΝΙΚΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ		
Ονομασία έργου:	Τύπος έργου:	
	Ηλεκτρικά οχήματα	
Χώρα:		
Τοποθεσία:	Πληθυσμός:	
ΤΕΧΝΙΚΑ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ		
Συνολικό κόστος:		
Είδος οχήματος:	Πλήθος οχημάτων:	
Τωρινή κατάσταση:	Έτος ολοκλήρωσης:	
Διάρκεια έργου:		
Συνολική μείωση εκπομπών:		
Χρηματοδότηση:	Ανάδοχος έργου:	
ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΈΡΓΟΥ		
Στόχοι:		
Χαρακτηριστικά:		
Link:		

Πίνακας 2.2: Πίνακας παρουσίασης έργων ΑΠΕ

ΓΕΝΙΚΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ		
Ονομασία έργου:	Τύπος έργου:	
	ΑΠΕ	
Χώρα:		
Τοποθεσία:	Πληθυσμός:	
ΤΕΧΝΙΚΑ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ		
Συνολικό κόστος:		
Εγκατεστημένη ισχύς:	Ετήσια παραγόμενη ενέργεια:	
Τωρινή κατάσταση:	Έτος ολοκλήρωσης:	
Διάρκεια έργου:		
Συνολική μείωση εκπομπών:		
Χρηματοδότηση:	Ανάδοχος έργου:	
ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΈΡΓΟΥ		
Στόχοι:		
Χαρακτηριστικά:		
Link:		

Η διαλογή των πληροφοριών που επιλέχθηκαν να παρουσιαστούν έγινε ώστε να καλυφθούν όσο ήταν εφικτό τα περισσότερα από τα βασικά στοιχεία των έργων. Τα στοιχεία αυτά είναι τόσο οι γενικές πληροφορίες και τα τεχνικά και οικονομικά χαρακτηριστικά, αλλά και οι στόχοι και οι επιμέρους πληροφορίες για την περιγραφή της κάθε εφαρμογής. Ωστόσο, κατά το στάδιο συγκέντρωσης όλων των απαραίτητων πληροφοριών παρουσιάστηκαν μερικές δυσκολίες. Δεν στάθηκε δυνατό να βρεθούν

όλα τα στοιχεία των τεχνικών και οικονομικών χαρακτηριστικών όλων των έργων, είτε διότι κάποια από αυτά υλοποιήθηκαν πριν αρκετά χρόνια, είτε διότι βρίσκονται ακόμη σε στάδιο εξέλιξης. Επίσης, υπάρχουν έργα για τα οποία δεν κατέστη δυνατή η εύρεση πληροφοριών σχετικά με το συνολικό κόστος τους ή την επιτευχθείσα -ή αναμενόμενη- συνολική μείωση εκπομπών CO₂ διότι δεν δημοσιοποιήθηκαν σχετικές αναφορές στις ιστοσελίδες που φιλοξενούν έργα καλών πρακτικών. Παρ' όλα αυτά, οι πληροφορίες που αντλήθηκαν μπορούν να φανούν αρκετά χρήσιμες σε όσους αποφασίσουν να υλοποιήσουν ένα παρόμοιο έργο στο μέλλον, διότι θα έχουν πληροφορίες και πιθανά σχέδια δράσης, καθώς και τρόπους αντιμετώπισης πιθανών προβλημάτων, όπως παρουσιάζονται στις επόμενες παραγράφους.

2.2 Ηλεκτρικά οχήματα

ΓΕΝΙΚΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ		
Ονομασία έργου: e-mobility Berlin	Τύπος έργου: Ηλεκτρικά οχήματα	
Χώρα: Γερμανία		
Τοποθεσία: Βερολίνο	Πληθυσμός: 3,44 εκατ.	
ΤΕΧΝΙΚΑ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ		
Συνολικό κόστος: 130 εκατ. €		
Είδος οχήματος: επιβατηγά αυτοκίνητα και ποδήλατα	Πλήθος οχημάτων: 45 αυτοκίνητα (Toyota Prius Plug-in Hybrid, Smart ED, BMW Mini E, Citroen C1 elec., Citroen C-Zero/Peugeot iOn, Mitsubishi i-MiEV, Mercedes-Benz Vito E-Cell) και 50 ηλεκτρικά ποδήλατα (pedelec)	
Τωρινή κατάσταση: Ολοκληρώθηκε	Έτος ολοκλήρωσης: 2011	
Διάρκεια έργου: 2 έτη		
Συνολική μείωση εκπομπών:		
Χρηματοδότηση: Γερμανική κυβέρνηση	Ανάδοχος έργου: Rheinisch-Westfälisches Elektrizitätswerk AG (RWE)	
ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΈΡΓΟΥ		
Στόχοι: Από το 2009, οι εταιρείες Daimler και RWE, υποστηριζόμενες από τη γερμανική κυβέρνηση, έχουν προωθήσει σε μεγάλο βαθμό την ηλεκτροκίνηση στους δρόμους του Βερολίνου. Η Daimler έχει συνεισφέρει πάνω από 100 smart και Mercedes-Benz ηλεκτρικά αυτοκίνητα στο σύστημα, εκ των οποίων όλα κινούνται με πολύ αποδοτικές επαναφορτιζόμενες μπαταρίες ιόντων λιθίου. Τα οχήματα θα μπορούσαν να εκμισθωθούν ως στόλος σε επιχειρήσεις και ιδιώτες πελάτες, συνθέτοντας ένα πλήρως εξοπλισμένο μοντέλο μεταφορών. Παράλληλα, η RWE έχει εγκαταστήσει περίπου 76 σταθμού φόρτισης σε κεντρικά σημεία, όπως είναι οι χώροι στάθμευσης, εμπορικά κέντρα και οι σιδηροδρομικοί σταθμοί. Το αποτέλεσμα είναι η δημιουργία ενός έξυπνου ηλεκτρικού δικτύου με υποδομές φόρτισης σε δημόσιους χώρους.		
Χαρακτηριστικά: Η πρωτοποριακή ιδέα στην ηλεκτροκίνηση προσφέρει μία ολοκληρωμένη λύση, που συνδυάζει τα ηλεκτρικά οχήματα για απεριόριστη χρήση κάθε ημέρα και τις πλήρως εξοπλισμένες υποδομές φόρτισης. Το smart fortwo electric drive είναι το πρώτο ηλεκτρικό αυτοκίνητο σε όλον τον κόσμο το οποίο είναι εξοπλισμένο με ένα έξυπνο σύστημα διαχείρισης φόρτισης και πρωτοποριακή τεχνολογία ιόντων λιθίου. Συνδυάζει την απολαυστική οδήγηση με μηδενικές εκπομπές ρύπων σε φάσμα 135 χιλιομέτρων, διαδρομή αρκετά μεγαλύτερη από τη μέση για καθημερινή χρήση σε αστικό περιβάλλον.		
Link: https://www.rwe-mobility.com/web/cms/en/1157924/rwe-emobility/		

ΓΕΝΙΚΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ		
Ονομασία έργου: Trolley project	Τύπος έργου: Ηλεκτρικά οχήματα	
Χώρα: Εννέα συμμετέχοντες από Αυστρία, Τσεχία, Γερμανία, Ιταλία, Πολωνία, Ουγγαρία		
Τοποθεσία: Σάλτσμπουργκ (Αυστρία), Μπρνό (Τσεχία), Εμπερσβάλντε (Γερμανία), Πάρμα (Ιταλία), Λάιπτσικ (Γερμανία), Γδύνια και Γκντάνσκ (Πολωνία), Σέγκεντ (Ουγγαρία)	Πληθυσμός: Σάλτσμπουργκ (145.000), Μπρνό (378.965), Εμπερσβάλντε (42.144), Πάρμα (187.214), Λάιπτσικ (530.000), Γδύνια (249.139), Γκντάνσκ (740.000), Σέγκεντ (162.889). Σύνολο: 2,45 εκατ.	
ΤΕΧΝΙΚΑ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ		
Συνολικό κόστος: 4,2 εκατ. €		
Είδος οχήματος: Τρόλεϋ	Πλήθος οχημάτων:	
Τωρινή κατάσταση: Υπό εξέλιξη	Έτος ολοκλήρωσης: Ιανουάριος 2013 (αναμένεται)	
Διάρκεια έργου: 3 έτη		
Συνολική μείωση εκπομπών:		
Χρηματοδότηση: Πρόγραμμα Κεντρικής Ευρώπης και Ευρωπαϊκό Ταμείο Περιφερειακής Ανάπτυξης	Ανάδοχος έργου:	
ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΈΡΓΟΥ		
Στόχοι: Το πρόγραμμα Trolley συμβάλλει στη βελτίωση της ποιότητας των μεταφορών από και προς τις χώρες της Κεντρικής Ευρώπης, αλλά και μεταξύ των χωρών αυτών. Δίδεται ιδιαίτερη έμφαση στις αστικές μεταφορές. Έχοντας μία ολοκληρωμένη προσέγγιση, το έργο θέτει έναν κύριο στόχο: την προώθηση των τρόλεϋ ως το πιο οικονομικό μέσο μεταφοράς με μηδενικές εκπομπές ρύπων, για τη δημιουργία βιώσιμου δικτύου μεταφορών στις πόλεις και περιφέρειες της Κεντρικής Ευρώπης.		
Χαρακτηριστικά: Τα τρόλεϋ που χρησιμοποιούνται στα πλαίσια του προγράμματος έχουν μηδενικές εκπομπές τοπικών ρύπων και λειτουργούν με πολύ λίγο θόρυβο και περιορισμένους κραδασμούς. Επίσης, δεν χάνουν ενέργεια, όσο λειτουργούν στις χαμηλότερες δυνατές στροφές (ρελαντί) ευρισκόμενα στις στάσεις μετεπιβίβασης, ενώ μπορούν να αξιοποιήσουν την ενέργεια πέδησης, εξοικονομώντας έτσι το 25% της ενεργειακής τους κατανάλωσης. Τα τρόλεϋ αυτά έχουν τη χαμηλότερη δυνατή κατανάλωση των μη ανανεώσιμων πόρων (50% λιγότερη σε σύγκριση με τα νηζελοκίνητα λεωφορεία) και είναι 100% φιλικά προς το περιβάλλον κατά τη χρήση ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Συνεπώς, η ηλεκτρική ενέργεια που απαιτείται για την τροφοδότηση των τρόλεϋ μπορεί ουσιαστικά να παραχθεί από οποιαδήποτε διαθέσιμη πηγή.		
Link: http://www.trolley-project.eu/		

ΓΕΝΙΚΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ		
Ονομασία έργου: TRENDSETTER	Τύπος έργου: Ηλεκτρικά οχήματα	
Χώρα: Πέντε συμμετοχές από Αυστρία, Γαλλία, Ουγγαρία, Τσεχία και Σουηδία		
Τοποθεσία: Γκρατς (Αυστρία), Λίλλη (Γαλλία), Πεκς (Ουγγαρία), Πράγα (Τσεχία), Στοκχόλμη (Σουηδία)	Πληθυσμός: Γκρατς (255.354), Λίλλη (266.014), Πεκς (156.801), Πράγα (1,2 εκατ.), Στοκχόλμη (1,37 εκατ.) Σύνολο: 3,25 εκατ.	
ΤΕΧΝΙΚΑ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ		
Συνολικό κόστος:		
Είδος οχήματος: επιβατηγά αυτοκίνητα και αστικά λεωφορεία	Πλήθος οχημάτων:	
Τωρινή κατάσταση: Ολοκληρώθηκε	Έτος ολοκλήρωσης: 2006	
Διάρκεια έργου: 4 έτη		
Συνολική μείωση εκπομπών: 57.000 tn CO ₂ ετησίως		
Χρηματοδότηση: Ευρωπαϊκή Ένωση	Ανάδοχος έργου:	
ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΈΡΓΟΥ		
Στόχοι: Στο πλαίσιο του προγράμματος TRENDSETTER, τέθηκαν σε εφαρμογή 52 συγκεκριμένα μέτρα σε διαφορετικούς θεματικούς τομείς. Τα μέτρα αυτά επικεντρώνονται στην κατάστροση προηγμένων προγραμμάτων διαχείρισης των μεταφορών και στη δημιουργία καθαρού στόλου οχημάτων. Το έργο προώθησε επίσης τη χρήση των δημοσίων μέσων μεταφοράς και άλλων εναλλακτικών λύσεων για την αντικατάσταση του ιδιωτικού επιβατηγού αυτοκινήτου, όπως επίσης και νέες προσεγγίσεις στο θέμα της διανομής προϊόντων. Επιπλέον, η αύξηση της αποδοχής των βιοκαυσίμων από τα αστικά δίκτυα μεταφοράς ενθάρρυνε τους πολιτικούς και κοινωνικούς φορείς να χρησιμοποιήσουν καινοτόμες, χαμηλού θορύβου και χαμηλών εκπομπών ρύπων τεχνολογίες.		
Χαρακτηριστικά: Το έργο επικεντρώθηκε τόσο στα βαρέα οχήματα (λεωφορεία, φορτηγά και ημιφορτηγά) όσο και στα ιδιωτικά επιβατηγά αυτοκίνητα. Το πρόγραμμα περιελάμβανε οκτώ πακέτα εργασίας σε δύο μεγάλους τομείς: • καλύτερη διαχείριση των μεταφορών, και • καθαρούς στόλους οχημάτων, με οικονομικά και ενεργειακά αποδοτικά οχήματα. Η συνολική εξοικονόμηση ενέργειας για όλες τις πόλεις που συμμετείχαν στο έργο ανήλθε κατά μέσο όρο σε 250 TJ ετησίως.		
Link: http://www.civitas-initiative.org/index.php?id=70&proj_id=5		

ΓΕΝΙΚΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ		
Ονομασία έργου: Enebate		
Τύπος έργου: Ηλεκτρικά οχήματα		
Χώρα: Συμμετοχές από Βόρεια και Δυτική Ευρώπη		
Τοποθεσία: Ολλανδία, Βέλγιο, Γερμανία, Ηνωμένο Βασίλειο, Ιρλανδία, Γαλλία	Πληθυσμός: Ολλανδία (16,48 εκατ.), Βέλγιο (11 εκατ.), Γερμανία (81,73 εκατ.), Ηνωμένο Βασίλειο (62,64 εκατ.), Ιρλανδία (4,49 εκατ.), Γαλλία (65,44 εκατ.) <i>Σύνολο:</i> 241,78 εκατ.	
ΤΕΧΝΙΚΑ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ		
Συνολικό κόστος: 5,04 εκατ. €		
Είδος οχήματος: ιδιωτικά αυτοκίνητα, αστικά λεωφορεία και φορτηγά	Πλήθος οχημάτων:	
Τωρινή κατάσταση: Υπό εξέλιξη	Έτος ολοκλήρωσης: 30 Ιουνίου 2013 (αναμένεται)	
Διάρκεια έργου: 4,5 έτη		
Συνολική μείωση εκπομπών:		
Χρηματοδότηση: Ευρωπαϊκό Ταμείο Περιφερειακής Ανάπτυξης	Ανάδοχος έργου: AutomotiveNL, Helmond, και 19 ακόμη συμμετέχοντες	
ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΈΡΓΟΥ		
Στόχοι: Ο γενικός στόχος του Enebate είναι να διευκολύνει και να υποστηρίξει την ταχεία εισαγωγή της ηλεκτροκίνησης στην Βορειοδυτική Ευρώπη, μέσω δομημένων διακρατικών συνεργασιών μεταξύ των δημόσιων αρχών, των κέντρων επιστημών και καινοτομίας, καθώς και των εκπροσώπων των επιχειρήσεων. Το πρόγραμμα έχει ως στόχο την προώθηση της καινοτομίας για την ανάπτυξη των ηλεκτρικών οχημάτων στον τομέα της Βορειοδυτικής Ευρώπης και να του δώσει ένα ανταγωνιστικό πλεονέκτημα στην παγκόσμια αγορά της ηλεκτροκίνησης. Έχει, επίσης, ως στόχο να ενισχύσει την υλοποίηση της βιώσιμης ενεργειακής υποδομής που απαιτείται για την εφαρμογή της ηλεκτροκίνησης. Προωθεί καινοτόμες πράσινες λύσεις στον τομέα των μεταφορών και, τέλος, ενημερώνει και ασκεί επίδραση στη διαμόρφωση των πολιτικών δράσεων, στις ρυθμιστικές αρχές και τους καταναλωτές, προκειμένου να επιταχυνθεί η εισαγωγή και η αποδοχή των ηλεκτρικών οχημάτων ως βασικός παράγοντας για την επίτευξη της επείγουσας περιβαλλοντικής πρόκλησης μείωσης των εκπομπών ρύπων. Το πεδίο εφαρμογών του προγράμματος καλύπτει το πλήρες φάσμα των αστικών μεταφορών, συμπεριλαμβανομένων των ιδιωτικών και δημοσίων οχημάτων, όπως και στη μεταφορά φορτίων.		
Χαρακτηριστικά: Το Enebate θα ενισχύσει το δυναμικό καινοτομιών στις χώρες της Βορειοδυτικής Ευρώπης, συνδυάζοντας την ανάπτυξη των περιφερειακών αρμοδιοτήτων, τις πρωτοποριακές τεχνολογίες, την γνώση, τις δεξιότητες και τις αλυσίδες παραγωγής και εφοδιασμού. Θα στηρίξει την ανάπτυξη της νομοθεσίας, της πολιτικής και της ευαισθητοποίησης του κοινού.		
Link: www.enebate.eu/		

ΓΕΝΙΚΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ			
Ονομασία έργου: Ηλεκτρικά ποδήλατα		Τύπος έργου: Ηλεκτρικά οχήματα	
Χώρα: Γαλλία			
Τοποθεσία: Fontenay-le-Comte	Πληθυσμός: 15.188		
ΤΕΧΝΙΚΑ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ			
Συνολικό κόστος: 5.000 €			
Είδος οχήματος: Ποδήλατα		Πλήθος οχημάτων: 5	
Τωρινή κατάσταση: Ολοκληρώθηκε		Έτος ολοκλήρωσης: 2009	
Διάρκεια έργου: 1 έτος			
Συνολική μείωση εκπομπών:			
Χρηματοδότηση:		Ανάδοχος έργου:	
ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΈΡΓΟΥ			
Στόχοι: Η προώθηση της αντικατάστασης του αυτοκινήτου ως μέσο μεταφοράς από ηλεκτρικά ποδήλατα, για τη μετακίνηση των δημοτικών υπαλλήλων του Fontenay-le-Comte.			
Χαρακτηριστικά: Ο Δήμος του Fontenay-le-Comte απέκτησε το 2009 πέντε ηλεκτρικά ποδήλατα, ως μέρος της περιβαλλοντικής πολιτικής της πόλης. Τα ποδήλατα, τα οποία παρέχονται κυρίως στους εργαζόμενους της πόλης, έχουν αυτονομία που επιτρέπει την εύκολη μετακίνηση εντός της περιοχής. Υπεύθυνος για την ολοκλήρωση του έργου είναι ο αντιδήμαρχος της πόλης. Οι προδιαγραφές που δημιουργήθηκαν κατά το παρελθόν χρησιμοποιήθηκαν για να γίνει η επιλογή των μοντέλων των ποδηλάτων, ώστε να είναι βέλτιστη η σχέση ποιότητας και κόστους. Το μοναδιαίο κόστος του ενός ποδηλάτου ανήλθε σε περίπου 1.000 €.			
Link: http://www.energy-cities.eu/db/fontenay-le-comte2_582_en.pdf			

ΓΕΝΙΚΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ		
Ονομασία έργου: Δημόσιες μεταφορές	Τύπος έργου: Ηλεκτρικά οχήματα	
Χώρα: Πορτογαλία		
Τοποθεσία: Φουντσάλ	Πληθυσμός: 50.000 (επιβάτες)	
ΤΕΧΝΙΚΑ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ		
Συνολικό κόστος: 1 εκατ. €		
Είδος οχήματος: mini-bus τύπου Gulliver	Πλήθος οχημάτων: 4	
Τωρινή κατάσταση: Ολοκληρώθηκε	Έτος ολοκλήρωσης: 2006	
Διάρκεια έργου: 1 έτος		
Συνολική μείωση εκπομπών:		
Χρηματοδότηση: κατά 50% από ευρωπαϊκούς κοινοτικούς πόρους	Ανάδοχος έργου: Horários do Funchal, Transportes Públicos, S.A.	
ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΈΡΓΟΥ		
Στόχοι: • Ενίσχυση των δημόσιων μεταφορών στο Φουντσάλ, ιδιαίτερα για τα άτομα με περιορισμένη κινητικότητα και για τους χρήστες χώρων στάθμευσης αυτοκινήτων • Αποσυμφόρηση και μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και του θορύβου στο κέντρο της πόλης του Φουντσάλ • Ανάδειξη της σημασίας των νέων τεχνολογιών για χρήση τους στα μέσα μαζικής μεταφοράς • Βελτίωση της ποιότητας ζωής στο ιστορικό τμήμα της πόλης, σε συνδυασμό με τη βελτίωση της συνολικής εικόνας των μέσων μαζικής μεταφοράς.		
Χαρακτηριστικά: Ο στόλος αποτελείται από τέσσερα mini-buses τύπου Gulliver που τροφοδοτούνται από συσσωρευτές Zebra μεγάλης χωρητικότητας (επαρκείς για αποστάσεις περίπου 100 km), γεγονός που καθιστά τα συγκεκριμένα οχήματα αυτόνομα, ώστε να μπορούν να ταξιδεύουν κατά μήκος του κέντρου της πόλης για μεγάλο χρονικό διάστημα. Η πορεία τους είναι σχετικά μικρή (5 km) και διαπερνά μέσα από περιοχές όπου είναι συγκεντρωμένες πολλές οικονομικές δραστηριότητες της πόλης. Έχοντας κατανάλωση μόνο 0,15 kW ανά χιλιόμετρο, η υπηρεσία μέσων μαζικής μεταφοράς παρουσιάζει εξαιρετικά χαμηλό λογαριασμό ηλεκτρικής ενέργειας (0,1 €/km), ενώ για τα αντίστοιχα συμβατικά οχήματα που χρησιμοποιούνται στην Πορτογαλία το κόστος ανέρχεται σε 0,64 €/km. Στις τιμές αυτές, ωστόσο, θα πρέπει να συνυπολογισθούν τα κόστη συντήρησης (0,3 €/km).		
Link: http://www.energy-cities.eu/db/funchal_577_en.pdf		

ΓΕΝΙΚΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ		
Ονομασία έργου: Δημόσιες μεταφορές	Τύπος έργου: Ηλεκτρικά οχήματα	
Χώρα: Ισπανία		
Τοποθεσία: Figueres	Πληθυσμός: 44.765	
ΤΕΧΝΙΚΑ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ		
Συνολικό κόστος: 240.000 € (το πρώτο όχημα)		
Είδος οχήματος: Υπό εξέλιξη	Πλήθος οχημάτων:	
Τωρινή κατάσταση: Υπό εξέλιξη	Έτος ολοκλήρωσης: 2019 (αναμένεται)	
Διάρκεια έργου: 12 έτη		
Συνολική μείωση εκπομπών:		
Χρηματοδότηση: Δημοτικό Συμβούλιο του Figueres, η Δημόσια Αρχή του Girona και η Κυβέρνηση της Καταλονίας	Ανάδοχος έργου:	
ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΈΡΓΟΥ		
Στόχοι: Το έργο αποσκοπεί στην εφαρμογή του μεσοπρόθεσμου σχεδίου, το οποίο βασίζεται στην ενσωμάτωση των ηλεκτρικών μέσων μαζικής μεταφοράς, την αποφυγή δημιουργίας νέων χώρων στάθμευσης, την κατασκευή ποδηλατοδρόμων, την επέκταση των πεζόδρομων και τη δημιουργία ενός δικτύου αστικών μεταφορών, με στόχο τη μείωση της ρύπανσης, τη μείωση του θορύβου και τη βελτίωση της πρόσβασης στο κέντρο της πόλης του Figueres.		
Χαρακτηριστικά: Η πρώτη ενέργεια ήταν η αγορά του πρώτου ηλεκτρικού λεωφορείου στην Καταλονία. Προκειμένου να εξασφαλισθεί η οικολογική βιωσιμότητα του έργου αυτού, έχει επίσης ξεκινήσει η εγκατάσταση των Φ/Β πάνελ σε διάφορα δημοτικά κτίρια. Με αυτόν τον τρόπο, η ενέργεια που καταναλώνεται κατά τη φόρτιση των ηλεκτρικών οχημάτων θα επιστρέφεται στο εθνικό δίκτυο. Το δεύτερο ηλεκτρικό λεωφορείο τέθηκε σε λειτουργία πριν από τον Νοέμβριο του 2009, ενώ έγιναν περαιτέρω προσθήκες στον στόλο το 2010 και το 2011. Ταυτόχρονα, προκειμένου να εξασφαλιστεί η συνοχή του έργου, το Δημοτικό Συμβούλιο έχει αγοράσει έναν αριθμό από ηλεκτρικές μοτοσικλέτες για ένα πιλοτικό πρόγραμμα στο οποίο οι δημοτικοί υπάλληλοι και εργαζόμενοι στην τοπική αστυνομία ταξιδεύουν εντός της πόλης με αυτά τα οχήματα. Το Figueres είναι η πρώτη πόλη της Καταλονίας και η πέμπτη ισπανική πόλη που έθεσε σε λειτουργία ηλεκτρικό λεωφορείο. Χάρη στο περιορισμένο μέγεθός του, είναι ιδανικό για τους στενούς δρόμους που μέχρι τώρα ήταν απρόσιτοι από τα συμβατικά μέσα μαζικής μεταφοράς. Αν και το αρχικό κόστος του οχήματος φαίνεται υψηλό, η λειτουργία του είναι εξαιρετικά οικονομική, υπολογισμένη σε περίπου 7,5 € ημερησίως. Επιπλέον, πρόκειται για ένα όχημα μηδενικών εκπομπών ρύπων και μηδενικής ακουστικής ρύπανσης απολύτως.		
Link: http://www.energy-cities.eu/db/figueres1_577_en.pdf		

ΓΕΝΙΚΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ		
Ονομασία έργου: Σύστημα ανάκτησης ενέργειας από τραμ		
Χώρα: Κροατία		
Τοποθεσία: Ζάγκρεμπ	Πληθυσμός: 780.000	
ΤΕΧΝΙΚΑ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ		
Συνολικό κόστος:		
Είδος οχήματος: τραμ	Πλήθος οχημάτων: 70	
Τωρινή κατάσταση: Ολοκληρώθηκε	Έτος ολοκλήρωσης: 2009	
Διάρκεια έργου: 4 έτη		
Συνολική μείωση εκπομπών:		
Χρηματοδότηση: Δημοτική Αρχή του Ζάγκρεμπ	Ανάδοχος έργου: Crotram	
ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΈΡΓΟΥ		
Στόχοι: Η περιοχή του Ζάγκρεμπ αποσκοπούσε στη χρησιμοποίηση αποδοτικότερων τραμ που θα ενισχύσουν τον δημόσιο στόλο μεταφορών, ώστε τα μέσα μαζικής μεταφοράς να γίνουν πιο προσιτά στους πολίτες. Αυτό επετεύχθη με τη σταδιακή αντικατάσταση του υφιστάμενου στόλου με τα προηγμένης τεχνολογίας κλιματιζόμενα τραμ χαμηλωμένου δαπέδου.		
Χαρακτηριστικά: Το δημόσιο σύστημα μεταφορών του Ζάγκρεμπ (ZET) ξεκίνησε μία μεγάλης κλίμακας ανανέωση του στόλου το 2005, με την εισαγωγή 100 νέων τραμ έως το 2009. Εκτός του ότι είναι πιο προσιτά και ελκυστικά, τα οχήματα αυτά παράγουν λιγότερο θόρυβο σε σχέση με τα προηγούμενα. Ένα ιδιαίτερα ενδιαφέρον χαρακτηριστικό τους είναι το σύστημα ανάκτησης ενέργειας, με το οποίο παράγεται ηλεκτρική ενέργεια κατά την πέδηση, και στη συνέχεια τροφοδοτείται στο εθνικό δίκτυο. Το συγκεκριμένο προσόν, καθώς και η κατασκευή των οχημάτων με ελαφρύτερα υλικά, συμβάλλουν καθοριστικά στην αύξηση της ενεργειακής τους απόδοσης. Το ZET εισήγαγε 70 ακόμη ενεργειακά αποδοτικά τραμ έως το 2009. Κάθε τραμ αποτελείται από 5 τμήματα, με 2 κρεμαστά και 3 σε λειτουργική βάση. Είναι κατασκευασμένο από ατσάλι, με τμήματα από πολυεστέρα. Το μήκος του είναι 32 m, με κλιματιζόμενους χώρους για τους επιβάτες και τον οδηγό. Η μέγιστη ταχύτητα που μπορεί να αναπτύξει φτάνει τα 70 km/h. Είναι χωρητικότητας 202 επιβατών, εκ των οποίων οι 48 καθήμενοι. Στην περίπτωση που δεν υπάρχει άλλο τραμ εν κινήσει σε κάποιον συγκεκριμένο ενεργειακό τομέα, ένα μέρος της ενέργειας που ανακτάται παραμένει στις αντιστάσεις πέδησης και φεύγει υπό μορφή θερμότητας από το σύστημα, ενώ το υπόλοιπο μέρος επιστρέφεται στο τραμ μέσω των σταθμών ανόρθωσης.		
Link: http://www.civitas-initiative.org/docs/1_3_D1_Implementation_status_report_on_70_new_energy_efficient_trams.pdf		

ΓΕΝΙΚΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ		
Ονομασία έργου: Φόρτιση ηλεκτρικού λεωφορείου με επαγωγή	Τύπος έργου: Ηλεκτρικά οχήματα	
Χώρα: Ολλανδία		
Τοποθεσία:	Πληθυσμός:	
ΤΕΧΝΙΚΑ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ		
Συνολικό κόστος:		
Είδος οχήματος: ηλεκτρικό λεωφορείο	Πλήθος οχημάτων: 1	
Τωρινή κατάσταση: Ολοκληρώθηκε	Έτος ολοκλήρωσης: 2012	
Διάρκεια έργου:		
Συνολική μείωση εκπομπών:		
Χρηματοδότηση:		Ανάδοχος έργου:
ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΈΡΓΟΥ		
Στόχοι: Στα πλαίσια του πιλοτικού προγράμματος του έργου, τέθηκε σε κανονική λειτουργία ένα ηλεκτρικό λεωφορείο μήκους 12 m, διανύοντας 288 km ημερησίως. Το όχημα διαθέτει τη δυνατότητα άμεσης φόρτισης δι' επαγωγής.		
Χαρακτηριστικά: Για πρώτη φορά, χωρίς την ύπαρξη μέσου μεταφοράς της ηλεκτρικής ενέργειας δι' επαφής, τέθηκε σε λειτουργία η επαγωγική φόρτιση σε ένα 12-μέτρων ηλεκτρικό λεωφορείο. Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό, διότι τα περισσότερα λεωφορεία που χρησιμοποιούνται σήμερα στην Ευρώπη έχουν 12-14 m μήκος. Η επαγωγική μεταφορά ενέργειας (Inductive Power Transfer, IPT) είναι μία μέθοδος μεταφοράς ενέργειας για ηλεκτρικά οχήματα, η οποία λειτουργεί με σύζευξη διά μαγνητικού συντονισμού. Το σύστημα αποτελείται από δύο κύρια μέρη: Ένα πρωτεύον πηνίο στον δρόμο, το οποίο συνδέεται στο δίκτυο, και ένα στους τροχούς του πελάτη που βρίσκονται κάτω από το όχημα. Η μέθοδος IPT βασίζεται σε σύντομη αλλά κανονική φόρτιση κατά τη διάρκεια λειτουργίας. Το λεωφορείο που κατασκευάστηκε για τη δοκιμή των πεδίων έχει ισχύ 120 kW και φορτίζεται στις στάσεις των λεωφορείων μέσα σε λίγα λεπτά. Η μπαταρία φορτίζεται πλήρως κατά τη διάρκεια της νύχτας. Κατά τη διάρκεια της ημέρας, ανάλογα με τον εξοπλισμό των στάσεων που επισκέπτεται το λεωφορείο, η μπαταρία του φορτίζεται κατά 10-15%, όσο οι επιβάτες επιβιβάζονται και αποβιβάζονται από αυτό. Το σύστημα χαρακτηρίζεται από άνεση και ασφάλεια και εξασφαλίζει ότι το ηλεκτρικό φορτίο μπορεί να βρίσκεται σε λειτουργία για 18 ώρες. Ο οδηγός του λεωφορείου μπορεί να παρακολουθεί τη διαδικασία φόρτισης εύκολα σε μία οθόνη. Διακοπές ή ηλεκτρικά ατυχήματα, βανδαλισμοί και κλοπές μετάλλων είναι ανύπαρκτα λόγω της φύσης του συστήματος. Η αυξημένη διαθεσιμότητα των οχημάτων και η δυνατότητα να λειτουργούν με εξαιρετικά μειωμένο κόστος είναι τα βασικότερα πλεονεκτήματα του έργου. Ανάλογα με το μέγεθος του στόλου των λεωφορείων και τον αριθμό των σταθμών φόρτισης, η αγορά ενός ηλεκτρικού λεωφορείου επαγωγικής φόρτισης αποσβένεται εντός τριών έως τεσσάρων ετών.		
Link: http://www.eltis.org/index.php?id=13&lang1=en&study_id=3625		

ΓΕΝΙΚΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ		
Ονομασία έργου: EcoMobile	Τύπος έργου: Ηλεκτρικά οχήματα	
Χώρα: Ιταλία		
Τοποθεσία: Τρέντο	Πληθυσμός: 150.000	
ΤΕΧΝΙΚΑ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ		
Συνολικό κόστος: 151.400 €		
Είδος οχήματος: Επιβατηγά αυτοκίνητα	Πλήθος οχημάτων: 10	
Τωρινή κατάσταση: Ολοκληρώθηκε	Έτος ολοκλήρωσης: Ιούνιος 2006	
Διάρκεια έργου: 1 έτος		
Συνολική μείωση εκπομπών:		
Χρηματοδότηση: Χορηγία ύψους 168.000 € από την UniCredit Bank	Ανάδοχος έργου: Ο Δήμος του Τρέντο και η “Trentino Mobilità”	
ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΈΡΓΟΥ		
Στόχοι: Ο συγκεκριμένος στόλος οχημάτων παρέχεται δωρεάν και διαθέτει καινοτόμο τεχνολογία για ένα καθαρό σύστημα αστικών συγκοινωνιών με μηδενικές εκπομπές ρύπων και χαμηλά επίπεδα θορύβου. Επομένως, αυτά τα οχήματα είναι βέλτιστα ενεργειακά και ιδανικά για τα ήδη επιβαρυνόμενα αστικά κέντρα. Η τοπική αστυνομία διαθέτει καθημερινά 10-15 άδειες πρόσβασης στο ιστορικό κέντρο της πόλης, προκειμένου να περιορισθεί η κυκλοφορία σε αυτήν την περιοχή. Αυτό σημαίνει ότι κάθε χρόνο εκδίδονται περίπου 3.200 νέες άδειες. Ο κύριος στόχος του “EcoMobile” είναι να προσφέρει εναλλακτικές ,ιδανικές υπηρεσίες μεταφοράς για το κέντρο της πόλης, για καθαρότερο περιβάλλον.		
Χαρακτηριστικά: Η διοίκηση της πόλης του Τρέντο παρέχει δωρεάν 10 νέα ηλεκτρικά αυτοκίνητα. Τα οχήματα αυτά μπορούν να χρησιμοποιηθούν από οποιονδήποτε κατέχει άδεια οδήγησης. Βρίσκονται σταθμευμένα σε έναν κεντρικό σταθμό της πόλης. Οποιοσδήποτε ενδιαφερόμενος δεν χρειάζεται ειδική άδεια από την αστυνομία για να τα οδηγήσει. Το μόνο που απαιτείται είναι μία αρχική εγγραφή. Η τηλεφωνική κράτηση μέσω δωρεάν τηλεφωνικής κλήσης μία ώρα νωρίτερα είναι απαραίτητη. Υπάρχουν δύο τύποι αυτοκινήτων που παρέχονται από τη διοίκηση της πόλης: ο ένας τύπος διαθέτει 4 θέσεις και ο άλλος διαθέτει 2 θέσεις, αλλά μεγαλύτερο χώρο φόρτωσης. Έτσι, ανάλογα με τις διαφορετικές ανάγκες, υπάρχει το κατάλληλο αυτοκίνητο για τον κάθε ενδιαφερόμενο. Το μοναδιαίο κόστος του μοντέλου 4 θέσεων είναι 15.900 € και του μοντέλου των 2 θέσεων είναι 14.000 €. Συνολικά, διατίθενται 6 αυτοκίνητα τεσσάρων θέσεων και 4 αυτοκίνητα δύο θέσεων. Η μέγιστη ταχύτητά τους είναι περίπου 40 km/h και έχουν αυτονομία από 50 km (για το μοντέλο των 4 θέσεων) έως 70 km (το μοντέλο των 2 θέσεων). Η πλήρης φόρτιση της μπαταρίας τους διαρκεί περίπου 8 ώρες.		
Link: http://www.eltis.org/index.php?id=13&lang1=en&study_id=1240		

ΓΕΝΙΚΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ		
Ονομασία έργου: Δημόσιες μεταφορές	Τύπος έργου: Ηλεκτρικά οχήματα	
Χώρα: Ιταλία		
Τοποθεσία: Ρώμη	Πληθυσμός: 2.800.000	
ΤΕΧΝΙΚΑ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ		
Συνολικό κόστος: 300.000 €		
Είδος οχήματος: ηλεκτρικά mini-bus	Αριθμός οχημάτων: 10	
Τωρινή κατάσταση: Ολοκληρώθηκε	Έτος ολοκλήρωσης: 2006	
Διάρκεια έργου:		
Συνολική μείωση εκπομπών:		
Χρηματοδότηση:	Ανάδοχος έργου: “ΑΤΑC”	
ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΈΡΓΟΥ		
Στόχοι: Τα ηλεκτρικά λεωφορεία κυκλοφορούν στη Ρώμη από το 1989, ενώ από το 1996 λειτουργεί ένας μεγάλος στόλος από 42 οχήματα (λεωφορεία μήκους 5 μέτρων, μέγιστης χωρητικότητας 27 επιβατών, εξοπλισμένα με μπαταρίες μολύβδου-οξέως 585 Ah και αυτονομία 45 km). Βρίσκονται υπό λειτουργία 3 γραμμές με συνολική παραγωγή 1.200.000 οχηματο-χιλιομέτρων ετησίως (το οποίο σημαίνει περίπου 1% των υπηρεσιών που παρέχεται από το εθνικό δίκτυο).		
Χαρακτηριστικά: Η εταιρεία “ΑΤΑC” έχει θέσει σε λειτουργία 400 λεωφορεία τύπου CNG, 51 ηλεκτρικά λεωφορεία, 12 υβριδικά και τα υπόλοιπα είναι νηζελοκίνητα, εκ των οποίων τα περισσότερα είναι συμβατά με το τους όρους του EURO III. Στα σχέδια της εταιρείας είναι η λειτουργία επιπλέον 36 ηλεκτρικών οχημάτων μεσαίου μεγέθους. Τα χαρακτηριστικά των οχημάτων που έχουν ήδη τεθεί σε λειτουργία είναι τα εξής: • Μέγιστο μήκος: 5,1 m • Μέγιστο πλάτος: 2,3 m • Χωρητικότητα επιβατών: 27+1 • Θέσεις: 8 • Κινητήρας: 24,5 kW • Τάση: 72 V • Αυτονομία: 45 km • Η βέλτιστη λειτουργία τους επιτυγχάνεται όταν η μπαταρία τους επαναφορτίζεται κάθε 190 km ημερησίως.		
Link: http://www.eltis.org/index.php?id=13&lang1=en&study_id=800		

2.3 Έργα ΑΠΕ

ΓΕΝΙΚΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ		
Ονομασία έργου: Παραγωγή ενέργειας από βιομάζα	Τύπος έργου: ΑΠΕ	
Χώρα: Πολωνία		
Τοποθεσία: Λουμπάν	Πληθυσμός: 22.137	
ΤΕΧΝΙΚΑ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ		
Συνολικό κόστος: 1.552.650 €		
Εγκατεστημένη ισχύς: 8 MW	Ετήσια παραγόμενη ενέργεια:	
Τωρινή κατάσταση: Ολοκληρώθηκε	Έτος ολοκλήρωσης: 2001	
Διάρκεια έργου: 4 έτη		
Συνολική μείωση εκπομπών: 93,8 tn CO ₂ ετησίως		
Χρηματοδότηση: 43% δωρεά EkoFundusz, 20% Voivodeship Environmental Protection and Water Management (WFOŚiGW)	Ανάδοχος έργου: Διάφοροι κατασκευαστές υπό την εποπτεία της πολωνικής κυβέρνησης	
ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΈΡΓΟΥ		
Στόχοι: Οι κύριοι στόχοι της επένδυσης, η οποία ξεκίνησε το 1997, ήταν να μειωθεί η ατμοσφαιρική ρύπανση που προκαλείται από την καύση του άνθρακα σε λέβητες, να περιοριστεί η κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση στην πόλη και να προωθηθεί νέα οικολογική τεχνολογία παραγωγής θερμικής ενέργειας από την καύση άχυρου.		
Χαρακτηριστικά: Η επένδυση υλοποιήθηκε σε δύο φάσεις. Στην πρώτη φάση του έργου, μεταξύ των ετών 1997 και 1999, περιλαμβάνονται οι ακόλουθες δράσεις: Κατασκευή του λέβητα καύσης άχυρου (συνολικής ισχύος 1 MW) με αποθήκη άχυρου (800 m ²), αγορά ειδικού τύπου τρακτέρ για την περισυλλογή και την τροφοδότηση του άχυρου στον λέβητα, εκκαθάριση 7 λεβήτων των 748 kW και κατασκευή 7 κέντρων διανομής με εναλλάκτες θερμότητας με συνδέσεις θερμότητας και εκσυγχρονισμός 28 κέντρων διανομής συνολικής ισχύος 12,4 MW. Η δεύτερη φάση του προγράμματος υλοποιήθηκε κατά το διάστημα 2000-2001 και σε αυτήν περιλαμβάνονται οι εξής εργασίες: Κατασκευή λεβήτων συνολικής ισχύος 7 MW (2 λέβητες καύσης άχυρου, τύπου WCO 160S - 3,5 MW), όπου περιέχεται ο τεχνολογικός εξοπλισμός, καθώς και κτίριο λεβητοστασίου και αποθήκη άχυρου (1.000 m ²), αγορά 2 συγκροτημάτων υψηλής πίεσης τρακτέρ.		
Link: http://www.energy-bestpractice.eu/eng/lengy/main_pl_luban.html		

ΓΕΝΙΚΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ		
Ονομασία έργου: Παραγωγή ενέργειας από βιομάζα	Τύπος έργου: ΑΠΕ	
Χώρα: Τσεχία		
Τοποθεσία: Λίμπερεκ - Jindřichovice pod Smrkem	Πληθυσμός: 150	
ΤΕΧΝΙΚΑ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ		
Συνολικό κόστος: 105.000 € (για τους λέβητες βιομάζας)		
Εγκατεστημένη ισχύς: 150 kW + 200 kW _{th}	Ετήσια παραγόμενη ενέργεια: 2.400 GJ	
Τωρινή κατάσταση: Ολοκληρώθηκε	Έτος ολοκλήρωσης: 2002	
Διάρκεια έργου:		
Συνολική μείωση εκπομπών: 1.500 tn CO ₂ ετησίως		
Χρηματοδότηση: 60% εμπορικό δάνειο	Ανάδοχος έργου: Συμμετοχή κοινοτικών φορέων και ιδιωτικών εταιρειών	
ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΈΡΓΟΥ		
Στόχοι: Η επένδυση σε 2 λέβητες βιομάζας, συνολικής θερμικής ισχύος 350 kW_{th}, είχε ως στόχο την αντικατάσταση των λεβήτων άνθρακα κατά τη διάρκεια μίας συνολικής ανακατασκευής του συστήματος θέρμανσης. Η θερμότητα από την καύση των ξύλινων τσιπ παρέχεται σε 5 κοινόχρηστα κτίρια. Εκτός από τη σημαντικά μειωμένη ατμοσφαιρική ρύπανση, το έργο απέδωσε οικονομικά οφέλη για την κοινότητα και παρείχε απασχόληση σε πάνω από 15 εποχιακούς εργαζόμενους. Επίσης, κατασκευάστηκε ένα αιολικό πάρκο σύμφωνα με την ενεργειακή στρατηγική της αυτάρκειας, που αποτελείται από 2 ανεμογεννήτριες των 600 kW και αποδίδει ένα καθαρό ετήσιο εισόδημα που υπερβαίνει τα 30.000 € στον προϋπολογισμό της απομακρυσμένης κοινότητας με τους 600 κατοίκους. Πλησίον της μίας ανεμογεννήτριας είναι κατασκευασμένο ένα ξύλινο σπίτι χαμηλής κατανάλωσης ενέργειας, το οποίο φιλοξενεί κέντρο πληροφόρησης τουριστών και προσελκύει πάνω από 10.000 επισκέπτες κάθε χρόνο. Οι λέβητες βιομάζας τέθηκαν σε λειτουργία το 2002 και οι ανεμογεννήτριες το 2003.		
Χαρακτηριστικά: Από τους 2 λέβητες βιομάζας, ο ένας έχει ισχύ 200 kW_{th} και ο δεύτερος 150 kW_{th}. Λειτουργούν με την καύση ξύλινων τσιπ που προέρχονται από εργασίες καθαρισμού στα δημοτικά δάση. Οι λέβητες είναι κατασκευασμένοι από την TRACTANT FABRI, μία τσέχικη εταιρία. Η ετήσια παραγωγή ενέργειας ανέρχεται σε περίπου 2.400 GJ και επομένως εξοικονομούνται περίπου 420 τόνοι λιγνίτη μέσα σε ένα χρόνο.		
Link: http://www.energy-bestpractice.eu/eng/cseh/main_cz_jindr.html		

ΓΕΝΙΚΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ		
Ονομασία έργου: Σύστημα αντλιών θερμότητας	Τύπος έργου: ΑΠΕ	
Χώρα: Πολωνία		
Τοποθεσία: Mszczonów	Πληθυσμός: 6.310	
ΤΕΧΝΙΚΑ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ		
Συνολικό κόστος: 3,16 εκατ. €		
Εγκατεστημένη ισχύς: 6,4 MWW	Ετήσια παραγόμενη ενέργεια: 37.000 GJ	
Τωρινή κατάσταση: Ολοκληρώθηκε	Έτος ολοκλήρωσης: Μάιος 2000	
Διάρκεια έργου: 4 έτη		
Συνολική μείωση εκπομπών: 74,8%		
Χρηματοδότηση: Polish EcoFund και τραπεζικά δάνεια		Ανάδοχος έργου: Hove and Olsen I/S Denmark
ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΈΡΓΟΥ		
Στόχοι: Τον Αύγουστο του 1996, η Πολωνική Επιτροπή για την Επιστημονική Έρευνα και ο Δήμος Mszczonów άρχισαν να διερευνούν τις δυνατότητες για την ανάπτυξη ενός γεωθερμικού σταθμού, μέσω της ανακατασκευής του υφιστάμενου στην περιοχή του Mszczonów. Μία γεώτρηση της δεκαετίας του 1970, βάθους 4,1 km, επιλέχθηκε για σκοπούς εκμετάλλευσης. Ο γεωθερμικός υδροφορέας βρίσκεται σε ένα στρώμα κρητιδικού ψαμμίτη, το οποίο περιέχει υψηλής ποιότητας πόσιμο νερό (η συγκέντρωση των συνολικών διαλυμένων στερεών (TDS) είναι μικρότερη από 1 g/l). Αυτή ήταν μία πολύ σημαντική εμπειρία, δεδομένου ότι υπάρχουν χιλιάδες παρόμοια εγκαταλελειμμένα πηγάδια στην Πολωνία και μερικά από αυτά έχουν μεγάλες δυνατότητες για την αξιοποίηση της γεωθερμικής ενέργειας. Οι κύριοι στόχοι του έργου είναι οι εξής: • Ανακατασκευή του πίδακα Mszczonów IG-1, διαμορφώνοντας τεχνικές προϋποθέσεις που εξασφαλίζουν την μακροπρόθεσμη λειτουργία. • Πρόσβαση του γεωθερμικού ορίζοντα. Ενεργοποίηση της παραγωγής νερού και σταθεροποίηση των χημικών παραμέτρων του παραγόμενου νερού. • Δημιουργία μίας σύγχρονης πηγής θερμικής ενέργειας που βασίζεται σε μια αντλία απορρόφησης (με χρήση νερού 40 °C ως πηγή χαμηλής θερμότητας). • Βέλτιστη αμφίδρομη χρήση του γεωθερμικού νερού για θέρμανση και ύδρευση.		
Χαρακτηριστικά: Το εργοστάσιο, συνολικής ισχύος 10,2 MW_{th}, λειτουργεί με μία αντλία θερμότητας απορρόφησης (συνολικής εγκατεστημένης ισχύος 2,7 MW) και έναν λέβητα φυσικού αερίου υψηλής θερμοκρασίας ισχύος 1,8 MW. Το σύστημα αυτό λειτουργεί σε συνδυασμό με 2 λέβητες φυσικού αερίου χαμηλής θερμοκρασίας (συνολικής εγκατεστημένης ισχύος 4,6 MW) και ένα ψυγείο των 0,6 MW_{th} τελευταίας τεχνολογίας. Η ποσότητα θερμικής ενέργειας που παράγεται από την εταιρεία θέρμανσης στο Mszczonów είναι 37.000 GJ ετησίως, προερχόμενη 40% από γεωθερμία και 60% φυσικό αέριο. Κατά την περίοδο θέρμανσης, περίπου το 30-35% των συνολικών πωλήσεων θερμικής ενέργειας προέρχεται από γεωθερμικό νερό (27 TJ το 2003). Όταν ψύχεται στην αντλία θερμότητας, το γεωθερμικό νερό είναι κατάλληλο για πόση (TDS 0,5 g/l).		
Link: http://www.energy-bestpractice.eu/eng/lengy/main_pl_mszczonov.html		

ΓΕΝΙΚΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ		
Ονομασία έργου: Παροχή υπηρεσιών φωτισμού	Τύπος έργου: ΑΠΕ	
Χώρα: πΓΔΜ		
Τοποθεσία: Κοϊάκι	Πληθυσμός: 38.092	
ΤΕΧΝΙΚΑ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ		
Συνολικό κόστος: 62.000 €		
Εγκατεστημένη ισχύς: 2,55 kW Φ/Β και 1,5 kW Α/Γ	Ετήσια παραγόμενη ενέργεια: 4.653 kWh	
Τωρινή κατάσταση: Ολοκληρώθηκε	Έτος ολοκλήρωσης: Μάρτιος 2006	
Διάρκεια έργου: 1 έτος		
Συνολική μείωση εκπομπών: 22,08 tn CO ₂		
Χρηματοδότηση: Υπουργείο Περιβάλλοντος πΓΔΜ, Δημόσια Επιχείρηση Ύδρευσης του Κοϊάκι και GTZ	Ανάδοχος έργου: Κοινότητα Κοϊάκι	
ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΈΡΓΟΥ		
Στόχοι: Πριν την κατασκευή του έργου, ο δήμος κατανάλωνε 24.132 kWh ηλεκτρικής ενέργειας από το δίκτυο για τη λειτουργία των φωτεινών σηματοδοτών, τον φωτισμό ενός πάρκου και των πεζοδρομίων. Τώρα, μόνον 4.653 kWh χρησιμοποιούνται για τους ίδιους σκοπούς, ενέργεια προερχόμενη από Φ/Β πάνελ.		
Χαρακτηριστικά: Ο εξοπλισμός που χρησιμοποιείται για τους φωτεινούς σηματοδότες είναι ο ακόλουθος:		
• 6 μονάδες Φ/Β 150 W, 12 V, έκαστη • ένας συσσωρευτής 230 Ah, 12 V • ένας inverter 400 W • ένας ελεγκτής φόρτισης 30 A, 24 V • 3 ομάδες φωτισμού αυτοκινητοδρόμων (D=200 mm) • 8 ομάδες φωτισμού πεζοδρομίων (D=200 mm)		
Για τον φωτισμό του πάρκου “Goceva Suma”:		
• 4 μονάδες Φ/Β 75 W, 12 V, έκαστη • 4 συσσωρευτές 38 Ah, 12 V • 4 μονάδες ελεγκτών φόρτισης 10 A, 12 V, • 4 μονάδες λαμπτήρων εξοικονόμησης ενέργειας 15 W, 12 V		
Για τον φωτισμό του πεζοδρομίου στον κόλπο του ποταμού Kocani “Kocanska reka”:		
• 18 μονάδες Φ/Β 75 W, 12 V, έκαστη • 18 συσσωρευτές 38 Ah, 12 V • 18 μονάδες ελεγκτών φόρτισης 10 A, 12 V • 18 timers • 18 μονάδες λαμπτήρων εξοικονόμησης ενέργειας 15 W, 12 V, έκαστος		
Link: http://www.energy-bestpractice.eu/eng/maked/main_mac_kocani_nap.html		

ΓΕΝΙΚΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ		
Ονομασία έργου: STRABAG House	Τύπος έργου: ΑΠΕ	
Χώρα: Αυστρία		
Τοποθεσία: Βιέννη	Πληθυσμός: 2.000.000	
ΤΕΧΝΙΚΑ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ		
Συνολικό κόστος:		
Εγκατεστημένη ισχύς: 2.079 kW	Ετήσια παραγόμενη ενέργεια: 4.600 MWh	
Τωρινή κατάσταση: Ολοκληρώθηκε	Έτος ολοκλήρωσης: 2003	
Διάρκεια έργου: 1 έτος		
Συνολική μείωση εκπομπών:		
Χρηματοδότηση: Austrian Institute of Technology	Ανάδοχος έργου: “Arsenal research”	
ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΈΡΓΟΥ		
Στόχοι: Το κτίριο θερμαίνεται από ενδοδαπέδια θερμαντικά σώματα και ψύχεται μέσω ψυκτικών μέσων από μικρο-διάτρητη λαμαρίνα τοποθετημένων στην οροφή. Ο στόχος του έργου ήταν η κατασκευή ενός κτιρίου στο οποίο δεν απαιτείται πρόσθετη παροχή ηλεκτρικής ενέργειας για τις ανάγκες των γραφείων και των καταστημάτων, εκτός από την ηλεκτρική ενέργεια που απαιτείται για τη λειτουργία του συστήματος παροχής ενέργειας. Για τον σκοπό αυτόν, συλλέχθηκαν και αναλύθηκαν πραγματικά δεδομένα που σχετίζονται με τη λειτουργία του συστήματος παροχής ενέργειας του κτιρίου.		
Χαρακτηριστικά: Το Strabag House κατασκευάστηκε ως πολύ-λειτουργικός χώρος γραφείων συνολικής επιφάνειας 21.000 m². Οι ενεργειακές ανάγκες για θέρμανση και ψύξη καλύπτονται μέσω συστήματος αντλιών θερμότητας, ψυκτικής ισχύος 3×693 kW. Οι τρεις αντλίες θερμότητας συνδέονται σε έναν κοντινό εναλλάκτη θερμότητας, ο οποίος είναι εγκατεστημένος μερικώς στην κατασκευή του κτιρίου και κατά το υπόλοιπο σε 250 τοπικούς χώρους. Η θερμική ενέργεια διανέμεται μέσω 800 κυλωμάτων. Κατά τη διάρκεια του 2ου χρόνου λειτουργίας (2005), τα αποτελέσματα κατέδειξαν έναν Εποχιακό Δείκτη Αποδοτικότητας (Seasonal Performance Factor, SPF) ίσο με 2,6 για το συνολικό ενεργειακό σύστημα. Το κτίριο έχει ύψος 50 m και διαιρείται σε 32 επίπεδα, με 18.000 m² για χώρους γραφείων και 3.000 m² για καταστήματα και εμπορική χρήση. Το μοντέλο των αντλιών θερμότητας που χρησιμοποιήθηκε είναι TRANE RTWB 222. Η περίοδος αποπληρωμής του έργου εκτιμάται στα 3,4 έτη.		
Link: http://www.groundmed.eu/hp_best_practice_database/database/653/		

ΓΕΝΙΚΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ		
Ονομασία έργου: Οικολογικά κτίρια	Τύπος έργου: ΑΠΕ	
Χώρα: Γαλλία		
Τοποθεσία: Echirolles	Πληθυσμός: 35.383	
ΤΕΧΝΙΚΑ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ		
Συνολικό κόστος: 5.733.000 €		
Εγκατεστημένη ισχύς:	Ετήσια παραγόμενη ενέργεια:	
Τωρινή κατάσταση: Ολοκληρώθηκε	Έτος ολοκλήρωσης: 2010	
Διάρκεια έργου: 1 έτος		
Συνολική μείωση εκπομπών: 264 tn CO ₂ ετησίως		
Χρηματοδότηση: Ίδια κεφάλαια OPAC38 (952.000 €), επιχορηγήσεις (3.489.000 €) και δάνεια (1.292.000 €)	Ανάδοχος έργου:	
ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΈΡΓΟΥ		
Στόχοι: Ο κύριος στόχος του έργου ήταν η παραγωγή ενέργειας από βιομάζα για την υποκατάσταση της ηλεκτρικής τηλεθέρμανσης που ήταν δύσκολο να ικανοποιηθεί με συμβατικό τρόπο. Επίσης, το έργο στόχευε στην ανάπτυξη οικονομικών εφαρμογών και στην υιοθέτηση τεχνικών λύσεων από παρόμοιες εφαρμογές Α.Π.Ε. σε άλλες κατοικημένες περιοχές. Οι εκπομπές CO₂ αναμένεται να μειωθούν στην περιοχή, χάρη στη χρήση της βιομάζας για το σύστημα τηλεθέρμανσης (για τα παλαιότερα κτίρια) και ηλιακής θέρμανσης (για τα νεότερα κτίρια). Τα δύο δίκτυα είναι συνδεδεμένα μεταξύ τους. Ανάμεσα στις νέες κατοικίες, οι 59 αναμένεται να αναγνωριστούν ως Υψηλής Περιβαλλοντικής Ποιότητας (High Environmental Quality, HQE).		
Χαρακτηριστικά: Η περιοχή Echirolles είναι ένα βιομηχανικό προάστιο της Grenoble, στα νότια της πόλης. Οι υπάρχουσες κατοικίες χρονολογούνται από 2 περιόδους, στην πρώτη συμπεριλαμβάνονται 58 χαμηλά κτίσματα που κατασκευάστηκαν το 1927 και στη δεύτερη ανήκουν 6 οικοδομικά τετράγωνα με διαμερίσματα του 1992/93. Υπάρχουν συνολικά 362 κατοικίες. Τα διαμερίσματα, πριν από την εφαρμογή του έργου, θερμαίνονταν αυτόνομα και υπήρχαν έντονα προβλήματα υγρασίας, κακής μόνωσης και μη ικανοποιητικού αερισμού. Κατά τη διάρκεια του έργου, αντικαταστάθηκαν όλες οι στέγες, προστέθηκε εξωτερική μόνωση και έγινε εγκατάσταση διπλών υαλοπινάκων σε πόρτες και παράθυρα. Η μόνωση αποτελείται από εξωτερική στρώση πάχους 10 cm υαλοβάμβακα ή πολυστερίνης. Σε όλα τα παλαιά κτίρια, εκτός από 2, προστέθηκε εξωτερική μόνωση. Στα 2 κτίρια που εξαιρούνται, τοποθετήθηκε εσωτερική μόνωση. Για τις ανάγκες θέρμανσης, υιοθετήθηκε ένα σουηδικό μοντέλο, κατά το οποίο κατασκευάστηκαν υποσταθμοί σε κάθε κτίριο, προσφέροντας πολλά πλεονεκτήματα στο παραδοσιακό γαλλικό μοντέλο, κερδίζοντας σε χρόνο και χρήματα. Υπολογίζεται ότι από την ολοκλήρωση του έργου, επιτεύχθηκε μείωση της κατανάλωσης ενέργειας κατά 5.000 kWh ετησίως.		
Link: http://www.energy-cities.eu/db/echirolles_582_en.pdf		

ΓΕΝΙΚΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ		
Ονομασία έργου: Συμπαράγωγή θερμότητας και ηλεκτρισμού	Τύπος έργου: ΑΠΕ	
Χώρα: Γερμανία		
Τοποθεσία: Neustrelitz	Πληθυσμός: 21.126	
ΤΕΧΝΙΚΑ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ		
Συνολικό κόστος:		
Εγκατεστημένη ισχύς: 18 MW _{th} + 7,5 MW _{el}	Ετήσια παραγόμενη ενέργεια: 4,2 MWh ηλεκτρισμού + 2,2 MWh θερμότητας	
Τωρινή κατάσταση: Ολοκληρώθηκε	Έτος ολοκλήρωσης: 2005	
Διάρκεια έργου: 2 έτη		
Συνολική μείωση εκπομπών:		
Χρηματοδότηση: Ίδια κεφάλαια του Δήμου, Ευρωπαϊκό Ταμείο Περιφερειακής Ανάπτυξης, Ομοσπονδιακό κράτος Mecklenburg - Δυτικής Πομερανίας	Ανάδοχος έργου: Stadtwerke Neustrelitz GmbH	
ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΈΡΓΟΥ		
Στόχοι: Το έργο στόχευε στην κατασκευή σταθμού συμπαράγωγής θερμότητας και ηλεκτρισμού από Α.Π.Ε. Οι κύριοι άξονες του έργου ήταν: • η κατασκευή σταθμού παραγωγής CHP για τις ανάγκες τηλεθέρμανσης του Δήμου • η τροφοδότηση ενέργειας με τοπικές, ανανεώσιμες πηγές παραγωγής ενέργειας • η ενημέρωση και η συμμετοχή της τοπικής κοινωνίας σε θέματα ενέργειας • η επέκταση της παραγόμενης ενέργειας από Α.Π.Ε. μέσω σταθμών βιοαερίου		
Χαρακτηριστικά: Το 2005, η δημοτική αρχή του Neustrelitz ξεκίνησε τη λειτουργία ενός σταθμού συμπαράγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας. Η θερμική ισχύς εξόδου είναι 18 MW _{th} και η ηλεκτρική 7,5 MW _{el} . Η θερμική ενέργεια που παράγεται από τον σταθμό παραγωγής καλύπτει το 80% της ζήτησης της περιοχής για θέρμανση, μέσω της οποίας τροφοδοτείται το 34% όλων των κτιρίων της πόλης. Η κατασκευή του νέου σταθμού βιομάζας ήταν αποτέλεσμα του υψηλού κόστους λειτουργίας του υφιστάμενου σταθμού παραγωγής με αέριο. Σύμφωνα με τη γερμανική νομοθεσία (EEG) εξασφαλίζεται μία σταθερή αποζημίωση για την παραγωγή ενέργειας από βιομάζα, συνεπώς ο Δήμος του Neustrelitz είχε ένα επιπλέον κίνητρο για την κατασκευή του έργου. Για την παραγωγή ενέργειας χρησιμοποιούνται τεμαχίδια ξύλου από την τοπική δασική έκταση, ως η οικονομικότερη λύση. Όταν ο σταθμός παραγωγής λειτουργεί πλήρως απαιτούνται 85.000 τόνοι από τεμαχίδια ξύλου σε ένα έτος. Λόγω θετικών προγενέστερων εμπειριών, τέθηκε σε λειτουργία και ένας δεύτερος σταθμός παραγωγής από Α.Π.Ε.. Ο σταθμός βιοαερίου κατασκευάστηκε υπό την αιγίδα του Δήμου του Neustrelitz, σε συνεργασία με τη γειτονική κοινότητα του Rechlin. Η εγκατάσταση τροφοδοτείται με 8.000 τόνους ενσιρωμένου αραβόσιτου ετησίως, για την παραγωγή 4,2 MWh ηλεκτρισμού και 2,2 MWh θερμότητας, σε διάρκεια ενός έτους.		
Link: http://www.baltic-ecoregion.eu/index.php?node_id=110.192&lang_id=1		

3. Ενεργειακή επιθεώρηση σε κτίριο γραφείων

3.1 Εισαγωγή

Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζονται τα ενεργειακά δεδομένα που αφορούν το υπό μελέτη κτίριο. Στόχος αυτού του κεφαλαίου είναι η καταγραφή και ανάλυση του ενεργειακού προφίλ του κτιρίου, ούτως ώστε να διερευνηθούν στη συνέχεια οι προοπτικές βελτίωσης της ενεργειακής αποδοτικότητάς του.

Στο Παράρτημα Α παρατίθενται όλα τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την καταγραφή των ηλεκτρικών φορτίων καθώς και σχετικοί υπολογισμοί μεγεθών που αναλύονται στο παρόν κεφάλαιο.

3.2 Περιγραφή του υπό μελέτη κτιρίου

3.2.1 Κατασκευαστικά χαρακτηριστικά

Στο κτίριο που μελετήθηκε στεγάζονται τα γραφεία μιας Εταιρείας που εδρεύει στην Αθήνα. Το κτίριο δεν βρίσκεται σε άμεση επαφή με κανένα άλλο κτίριο, παρότι βρίσκεται σε περιβάλλον συνεχούς δόμησης, χωρίς ελεύθερο χώρο εκτός από δρόμους (Εικόνα 3.1). Με βάση την κύρια πρόσοψη, το κτίριο έχει νοτιοανατολικό προσανατολισμό. Στον περιβάλλοντα χώρο υπάρχουν δύο υψηλότερα από αυτό κτίρια, ένα στη βορειοανατολική και ένα στη νοτιοδυτική του όψη, τα οποία σκιάζουν κατά τις πρωινές και απογευματινές ώρες, ένα μικρό μέρος από τις αντίστοιχες πλευρές του κτιρίου. Επειδή όμως βρίσκονται σε αρκετή απόσταση από αυτό δεν αποτελούν εμπόδια που να μειώνουν τη δυνατότητα ροής του ανέμου για φυσικό αερισμό. Στον περιβάλλοντα χώρο του κτιρίου και εντός του ιδιόκτητου οικοπέδου, υπάρχει κήπος με χαμηλά φυτά, τα οποία δεν σκιάζουν κανένα μέρος του κτιρίου κατά τη διάρκεια της ημέρας. Παρ' όλα αυτά, όπως θα αναφερθεί και παρακάτω, δεν είναι δυνατή η αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού στο εσωτερικό του κτιρίου, λόγω του ότι οι υαλοπίνακες είναι χαμηλής εκπομπής (low-e), και κατά συνέπεια δεν επιτρέπουν σε μεγάλο ποσοστό τη διείσδυση της φωτεινής ακτινοβολίας από τον ήλιο στο εσωτερικό του κτιρίου.



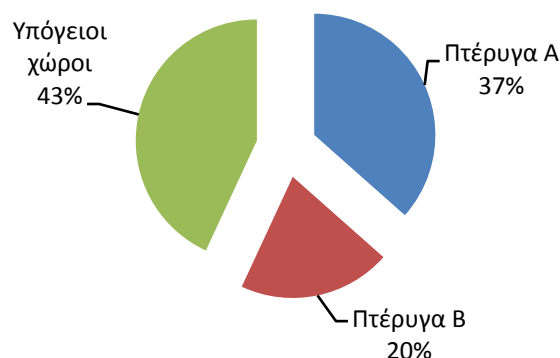
Εικόνα 3.1: Αεροφωτογραφία της περιοχής όπου βρίσκεται το υπό μελέτη κτίριο

[Πηγή: Google Earth]

Το κτίριο κατασκευάστηκε το 1995 και άρχισε να χρησιμοποιείται το 2001. Στα γραφεία του στεγάζονται οι διοικητικές υπηρεσίες μίας Ναυτιλιακής Εταιρείας, και δεν έχει γίνει καμία αλλαγή ιδιοκτησίας ή χρήσης του κτιρίου από την εποχή της κατασκευής του, δεδομένης, άλλωστε, και της μικρής χρονικής περιόδου που χρησιμοποιείται. Για τον ίδιο λόγο, δεν έχει γίνει ακόμη καμία ανακαίνιση ή προσθήκη από την έναρξη της λειτουργίας του.

Η συνολική επιφάνεια του κτιρίου είναι 12.874 m^2 . Το κτίριο υπεργείως χωρίζεται σε δύο πτέρυγες, Α και Β, οι οποίες συνδέονται μεταξύ τους με εξωτερική σκάλα. Η επιφάνεια της πτέρυγας Α είναι 4.704 m^2 και της πτέρυγας Β είναι 2.624 m^2 . Κάθε πτέρυγα διαθέτει ισόγειο, ημιόροφο και 6 ορόφους. Υπογείως βρίσκονται τέσσερις ενιαίοι χώροι σε τέσσερα ξεχωριστά κτιριακά επίπεδα, συνολικού εμβαδού 5.546 m^2 . Συνολικά, δηλαδή, το κτίριο αποτελείται από 12 κτιριακά επίπεδα. Η πρόσβαση στο εσωτερικό του κτιρίου είναι δυνατή από δύο κύριες εισόδους, μία σε κάθε πτέρυγα. Παρότι αυτές οι δύο πτέρυγες εξωτερικά φαίνονται ως δύο ξεχωριστά κτίρια, στην πραγματικότητα αποτελούν ένα ενιαίο κτίριο: υπάρχει ενιαία οικοδομική άδεια, εκδίδεται κοινό τιμολόγιο ηλεκτρικής ενέργειας, υπάρχει κοινό λεβητοστάσιο, κοινοί χώροι στάθμευσης κ.λπ. Η κάθε πτέρυγα στεγάζει διαφορετικού αντικειμένου γραφεία.

Στο Διάγραμμα 3.1 φαίνεται η κατανομή των χώρων του οικοδομήματος. Η πτέρυγα Α καταλαμβάνει το 37% του συνολικού εμβαδού, η πτέρυγα Β το 20% και οι 4 υπόγειοι χώροι αποτελούν το 43% του κτιρίου.



Διάγραμμα 3.1: Κατανομή των χώρων του κτιρίου

Το υπό μελέτη κτίριο συνιστά, όπως προαναφέρθηκε, ένα μεγάλο γραφείων. Στους χώρους γραφείων που βρίσκονται στις Πτέρυγες Α και Β στεγάζονται συνολικά 14 Τμήματα της Εταιρείας που διαχειρίζεται το κτίριο.

Πιο αναλυτικά, στο ισόγειο της πτέρυγας Α βρίσκονται η Αίθουσα Υποδοχής, η Ναυτολογία και το Τμήμα Ελέγχου. Στον ημιόροφο στεγάζεται ο ηλεκτρομηχανολογικός εξοπλισμός. Στον 1^ο όροφο βρίσκεται η Αίθουσα Σεμιναρίων και το Εστιατόριο. Στον 2^ο όροφο βρίσκεται το Τμήμα Εφοδιασμού και Ασφάλειας. Στον 3^ο όροφο είναι το Λογιστήριο. Στον 4^ο όροφο είναι το Τεχνικό Τμήμα. Στον 5^ο όροφο είναι το Νομικό Τμήμα και στον 6^ο όροφο τα Διευθυντικά γραφεία. Η κατανομή των χώρων στην πτέρυγα Β έχει ως ακολούθως: στο ισόγειο βρίσκεται η Αίθουσα Υποδοχής και η Ναυτολογία. Στον ημιόροφο είναι το Τμήμα Συντήρησης. Ο 1^{ος} όροφος είναι κενός. Στον 2^ο όροφο είναι το Τμήμα Εφοδιασμού και Ασφάλειας. Στον 3^ο όροφο είναι το Λογιστήριο, στον 4^ο το Τεχνικό Τμήμα, στον 5^ο είναι το Τμήμα Λειτουργίας και στον 6^ο όροφο είναι τα Διευθυντικά γραφεία.

Το κτίριο, όπως προαναφέρθηκε, διαθέτει συνολικά 4 υπόγεια. Το 1^ο υπόγειο (επίπεδο -1) χρησιμοποιείται ως αποθηκευτικός χώρος. Στο 2^ο υπόγειο (επίπεδο -2) είναι τοποθετημένος ο ηλεκτρομηχανολογικός εξοπλισμός (μετασχηματιστής, εφεδρική γεννήτρια), το λεβητοστάσιο, ορισμένες από τις κλιματιστικές μονάδες, οι δεξαμενές του πετρελαίου, χώροι στάθμευσης και το φυλάκιο του χώρου στην είσοδο. Το 3^ο και 4^ο υπόγειο (επίπεδα -3 και -4, αντίστοιχα) διαθέτουν αποκλειστικά χώρους στάθμευσης. Τα ανωτέρω συνοψίζονται στον Πίνακα 3.1, όπου αναγράφονται οι κύριοι χώροι κάθε κτιριακού επιπέδου, εξαιρουμένων των βοηθητικών και των κοινόχρηστων χώρων τους.

Πίνακας 3.1: Εσωτερικοί χώροι ανά κτιριακό επίπεδο

4 ^ο Υπόγειο	Χώροι στάθμευσης
3 ^ο Υπόγειο	Χώροι στάθμευσης
2 ^ο Υπόγειο	- Φυλάκιο - Ηλεκτρομηχανολογικοί χώροι - Χώροι στάθμευσης

1 ^ο Υπόγειο	• Αποθηκευτικός χώρος	
	<i>Πτέρυγα Α</i>	<i>Πτέρυγα Β</i>
Ισόγειο	• Reception • Control room • Ναυτολογία • Ταχυδρομείο • Εξωτ. εργασίες	• Reception • Ναυτολογία
Ημιόροφος	• Ηλεκτρομηχανολογικός χώρος	• Τμήμα Συντήρησης
1^{ος} Όροφος	• Αίθουσα σεμιναρίων • Εστιατόριο	Κενός
2^{ος} Όροφος	• Invoice Control • Supply Department • Spare Department • ISM • Radio Department • Emergency Department • Training	• Insurance Department • IT Department • Invoice control • Supply Department
3^{ος} Όροφος	• Λογιστήριο	• Λογιστήριο
4^{ος} Όροφος	• Technical Department • Operation Department	• Technical Department
5^{ος} Όροφος	• Computer room • Νομικό Τμήμα • Γραφ. Διοίκησης • Meeting room • Chartering	• Operation Department
6^{ος} Όροφος	• Αίθουσα συμβουλίου • Γραφ. Διευθυντών	• Αίθουσα συμβουλίου • Γραφ. Διευθυντών
Δώμα	• Μηχανοστάσιο ανελκυστήρων	• Μηχανοστάσιο ανελκυστήρων

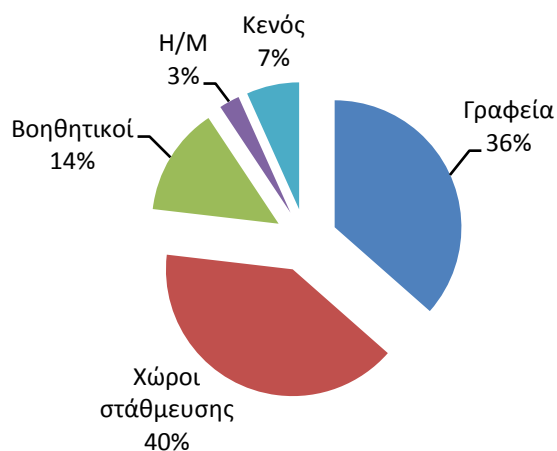
Στον Πίνακα 3.2 επισημαίνονται τα στοιχεία που αφορούν τις διαστάσεις του κτιρίου.

Πίνακας 3.2: Επιφάνεια και όγκος των κτιριακών επιπέδων

Χώρος	Εμβαδόν [m ²]		Μέσο ύψος [m]	Όγκος [m ³]
Υπόγειο -4	1.762		3,40	5.991
Υπόγειο -3	1.762		3,40	5.991
Υπόγειο -2	1.762		3,40	5.991
Υπόγειο -1	260		3,40	884
	<i>Πτέρυγα Α</i>	<i>Πτέρυγα Β</i>		
Ισόγειο	583	323	2,90	2.627
Ημιόροφος	583	323	2,05	1.857
1 ^{ος} Όροφος	583	323	2,90	2.627
2 ^{ος} Όροφος	583	323	2,90	2.627

3 ^{ος} Όροφος	583	323	2,90	2.627
4 ^{ος} Όροφος	583	323	2,90	2.627
5 ^{ος} Όροφος	583	323	2,90	2.627
6 ^{ος} Όροφος	583	323	2,90	2.627
Δώμα	40	40	2,60	208
Σύνολο	12.874		38,55	39.311

Το Διάγραμμα 3.2 είναι ενδεικτικό της κατανομής των χώρων του κτιρίου ανάλογα με τη χρήση τους. Το εμβαδόν του χώρου για την καθεμία από τις κατηγορίες αυτές φαίνεται στον Πίνακα 3.3.



Διάγραμμα 3.2: Κατανομή χώρων ανά είδος χρήσης

Πίνακας 3.3: Επιφάνεια χώρων ανά είδος χρήσης

Κατηγορία χώρου	Γραφεία	Χώροι στάθμευσης	Βοηθητικοί – Κοινόχρηστοι	Η/Μ χώροι	Κενός
Συνολική επιφάνεια	4.698 m ²	5.195 m ²	1.780 m ²	336 m ²	865 m ²

Παρατηρείται, λοιπόν, ότι οι χώροι στάθμευσης αντιστοιχούν στο 40% του συνόλου του κτιρίου ενώ το 36% της συνολικής επιφάνειας του κτιρίου καταλαμβάνεται από χώρους γραφείων, που είναι και η κύρια λειτουργία του.

Αξίζει να σημειωθεί ότι η διαμόρφωση των χώρων που χρησιμοποιούνται ως γραφεία αλλάζει τακτικά, ανάλογα με τις ανάγκες της Εταιρείας. Στην παρούσα εργασία, έχει ληφθεί υπόψιν η διαρρύθμιση των χώρων όπως αυτή ίσχυε κατά τη διάρκεια της συγγραφής της εργασίας αυτής. Ωστόσο, τα εξαγόμενα συμπεράσματα δεν θα διαφοροποιηθούν με την όποια ενδεχόμενη μελλοντική αναδιάταξη των χώρων των γραφείων, αφού ο διαχωρισμός τους γίνεται με κινητά διαχωριστικά πετάσματα.

Όσον αφορά την εξωτερική άποψη του κτιρίου, στις 4 όψεις του είναι τοποθετημένα συνολικά 458 υαλοστάσια, εκ των οποίων τα 374 είναι ανοιγόμενα και τα υπόλοιπα είναι ερμητικά. Οι υαλοπίνακες είναι Cool-Lite πολλαπλών στρώσεων, χαμηλής εκπομπής, διπλοί και ανακλαστικού τύπου. Αυτό πρακτικά σημαίνει ότι στην εσωτερική επιφάνεια του εξωτερικού γυαλιού έχει τοποθετηθεί μία επίστρωση χαμηλής εκπεμπιμότητας, η οποία εμφανίζει υψηλή ανακλαστικότητα στο υπέρυθρο τμήμα της ηλιακής ακτινοβολίας. Δεν υπάρχουν διατάξεις εξωτερικής σκίασης σε καμία όψη του κτιρίου, παρά μόνο εσωτερικές λευκές κουρτίνες, που ανοίγονται/κλείνονται κατά βούληση από τους εργαζόμενους. Το υλικό των πλαισίων των υαλοστασίων (κούφωμα) είναι αλουμίνιο. Αξίζει να επισημανθεί πως οι υαλοπίνακες ανοίγονται σπάνια από τους χρήστες του κτιρίου, διότι, όπως θα αναφερθεί παρακάτω, ο εξαερισμός γίνεται από κεντρικό σύστημα μέσω καναλιού με εσωτερικούς ανεμιστήρες για την ανανέωση του αέρα σε όλους τους χώρους.

Όσον αφορά τη λειτουργία του, το κτίριο χρησιμοποιείται τις καθημερινές από 314 εργαζομένους. Το ωράριο λειτουργίας των γραφείων της Εταιρείας είναι 5 εργάσιμες ημέρες από Δευτέρα έως Παρασκευή, από τις 7:00 το πρωί έως τις 17:00 το απόγευμα. Επιπλέον, υπάρχουν υπάλληλοι που απασχολούνται έως τις 21:00 το βράδυ για τον καθαρισμό ή των χώρων ή τη συντήρηση του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού. Το Σάββατο το κτίριο υπολειτουργεί, καθώς προσέρχονται μόνο οι υπάλληλοι της Εταιρείας που απασχολούνται στα Τμήματα Emergency, Control και Συντήρησης. Στις επίσημες αργίες (14 ημέρες συνολικά σε ένα έτος) και τις Κυριακές, το μέγαρο παραμένει κλειστό. Στη διάρκεια, δηλαδή, ενός έτους τα γραφεία της Εταιρείας λειτουργούν κανονικά 247 ημέρες τον χρόνο, από 14 περίπου ώρες την ημέρα. Τον υπόλοιπο χρόνο που τα γραφεία είναι κλειστά, λειτουργεί ο εξωτερικός φωτισμός κατά τις νυχτερινές ώρες. Επίσης, όλα τα συστήματα ασφαλείας του κτιρίου λειτουργούν επί 24ώρου βάσεως.

3.2.2 Ενεργειακές υποδομές

Οι μορφές ενέργειας που χρησιμοποιούνται στο κτίριο είναι ο ηλεκτρισμός και το πετρέλαιο θέρμανσης.

Η ηλεκτρική ενέργεια παρέχεται στο κτίριο μέσω υποσταθμού Μέσης Τάσης (Μ.Τ.) της Δ.Ε.Η. ο οποίος βρίσκεται στο μηχανοστάσιο του κτιρίου, στο 2^ο υπόγειο. Η συμφωνημένη ισχύς παροχής με τη Δ.Ε.Η είναι 1000 kVA. Ο υποβιβασμός της τάσης στα 400 V γίνεται μέσω δύο όμοιων μετασχηματιστών ξηρού τύπου μάρκας “ABB”, με ονομαστικό λόγο τάσεων 20 kV/400 V, παράλληλα συνδεδεμένων μεταξύ τους (Εικόνα 3.2). Η ονομαστική ισχύς καθενός από τους μετασχηματιστές είναι 500 kVA. Η ηλεκτρική εγκατάσταση του κτιρίου διαθέτει συστοιχία πυκνωτών συνδεδεμένων παράλληλα με τα επαγωγικά φορτία για την αντιστάθμιση της αέργου ισχύος και τη βελτίωση του συντελεστή ισχύος.

Σε περιπτώσεις διακοπής της παρεχόμενης ισχύος από τους μετασχηματιστές, π.χ. λόγω συντήρησης της ηλεκτρικής εγκατάστασης, το κτίριο τροφοδοτείται από γεννήτρια που είναι τοποθετημένη στο 2^ο υπόγειο του κτιρίου. Το ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος (H/Z) είναι μάρκας “PETROGEN” και έχει ισχύ ονομαστικής λειτουργίας 12 kVA, ώστε να καλύπτει τις ανάγκες των κρίσιμων φορτίων του κτιρίου. Ο τύπος του βενζινοκινητήρα είναι CH18 και το καύσιμο που καταναλώνει είναι αμόλυβδη βενζίνη. Στις διατάξεις ελέγχου της γεννήτριας περιλαμβάνονται -μεταξύ άλλων- ηλεκτρονικά όργανα μέτρησης τάσης, ρεύματος, συχνότητας, θερμικές ασφάλειες και ηλεκτρικός εκκινητής.



Εικόνα 3.2: Μετασχηματιστές

Το κτίριο διαθέτει κεντρικό σύστημα κλιματισμού με νερό, ρυθμιζόμενο από το κεντρικό σύστημα διαχείρισης ενέργειας του κτιρίου (Building Energy Management System, B.E.M.S.). Μέσω ειδικού λογισμικού και αισθητήρων στον ηλεκτρομηχανολογικό εξοπλισμό και τους χώρους του κτιρίου, γίνεται αυτόματα η ρύθμιση του παρεχόμενου θερμού ή ψυχρού αέρα στους κλιματιζόμενους χώρους του κτιρίου. Επιπροσθέτως, υπάρχουν τοποθετημένοι ανιχνευτές στους λέβητες, τους ψύκτες, τις κλιματιστικές μονάδες, τις αντλίες και τους κυκλοφορητές για την ανίχνευση βλαβών του συστήματος και την ειδοποίηση προς το Τμήμα Συντήρησης για την άμεση διόρθωσή τους.

Το σύστημα διανομής θέρμανσης/ψύξης είναι τετρασωλήνιο με θερμαντικά σώματα νερού και τοπικές κλιματιστικές μονάδες ανεμιστήρα-στοιχείου (Fan-Coil Units, F.C.U.). Για τη θέρμανση του νερού χρησιμοποιούνται 4 υπερπιεστικοί χαλύβδινοι λέβητες πετρελαίου “FYROGENIS”. Οι δύο εξ’ αυτών (εφεξής λέβητες A1 και A2) καλύπτουν τις ανάγκες θέρμανσης της πτέρυγας Α και οι άλλοι δύο τροφοδοτούν το σύστημα θέρμανσης της πτέρυγας Β (εφεξής λέβητες B1 και B2). Η ονομαστική θερμική ισχύς καθενός από τους λέβητες A1 και A2 είναι 130.000 kcal/h, ή -ισοδύναμα- 151 kW. Η παροχή του καυσίμου είναι 13,8 kg/h και η μέγιστη θερμοκρασία νερού είναι 90 °C. Οι αντίστοιχες τιμές για τους λέβητες B1 και B2 είναι οι εξής: Η ονομαστική θερμικής ισχύς του καθενός είναι 90.000 kcal/h ή -ισοδύναμα- 105 kW). Η παροχή του καυσίμου είναι 13,8 kg/h και η μέγιστη θερμοκρασία νερού είναι 90 °C. Οι 4 καυστήρες είναι ίδιοι και για τους 4 λέβητες,

μάρκας “InterFyro B30(L)” της εταιρείας “Bentone”. Η παροχή καυσίμου είναι 6,0-17,3 kcal/h.

Η κάλυψη των αναγκών του κτιρίου για Ζεστό Νερό Χρήσης (Ζ.Ν.Χ.) γίνεται μέσω του κεντρικού λέβητα θέρμανσης, ενώ παράλληλα υπάρχει εφεδρική ηλεκτρική αντίσταση σε κάθε όροφο του κτιρίου, που χρησιμοποιείται όμως σπάνια, λόγω της λειτουργίας του κτιρίου ως μεγάλου γραφείων.

Οι κλιματιστικές μονάδες χρησιμοποιούνται τόσο για τις ανάγκες θέρμανσης/ψύξης όσο και για τον αερισμό και εξαερισμό των χώρων. Πιο συγκεκριμένα, στο κτίριο είναι εγκατεστημένο ένα σύστημα *προκλιματισμού*, ώστε ο νωπός αέρας που διοχετεύεται μέσω των αεραγωγών προσαγωγής προ-θερμαίνεται ή προ-ψύχεται, ανάλογα με τις καιρικές συνθήκες που επικρατούν. Για την κίνηση του νερού μέσα στις σωληνώσεις του θερμού και του ψυχρού νερού, υπάρχουν αντλίες και κυκλοφορητές που διανέμουν το νερό στους διάφορους κλάδους της κατανάλωσης. Οι ηλεκτρικοί κινητήρες των αντλιών είναι ασύγχρονοι τριφασικοί και ο έλεγχος των στροφών τους γίνεται από *inverters*, που αλλάζουν τη συχνότητα του εναλλασσόμενου ρεύματος της παροχής τους. Οι ηλεκτροκινητήρες είναι ρυθμισμένοι έτσι ώστε να λειτουργούν σε σχετικά χαμηλή ταχύτητα, κατά την οποία η λειτουργία του συστήματος των Fan-Coil Units βελτιστοποιείται.



Εικόνα 3.3: Καυστήρας



Εικόνα 3.4: Κλιματιστικές μονάδες



Εικόνα 3.5: Κυκλοφορητές ζεστού νερού

Για τον δροσισμό των χώρων, χρησιμοποιούνται οχτώ πύργοι ψύξεως από τέσσερις συμπιεστές ο καθένας, οι οποίοι βρίσκονται στην οροφή του κτιρίου. Κάθε πτέρυγα του κτιρίου χρησιμοποιεί τους τέσσερις από τους οχτώ ψύκτες, για την κάλυψη των αναγκών της σε δροσισμό.

Ο κλιματισμός των χώρων του κτιρίου επιτυγχάνεται τελικώς μέσω τερματικών συσκευών Fan-Coil Units. Σε κάθε χώρο του κτιρίου υπάρχουν μία ή περισσότερες κλιματιστικές συσκευές τύπου Fan-Coil Units. Κάθε μονάδα περιλαμβάνει θερμοστάτη και όργανα χειρισμού και αυτοματισμού λειτουργίας, για τον καθορισμό της επιθυμητής θερμοκρασίας. Η συνήθης θερμοκρασία στους χώρους είναι ρυθμισμένη στους 22 – 24 °C.

Εκτός των ανωτέρω, το κτίριο διαθέτει επιπλέον ανεξάρτητο σύστημα ψύξης με τοπικές αυτόνομες κλιματιστικές μονάδες για την ψύξη των χώρων όπου λειτουργούν ευαίσθητες ηλεκτρονικές συσκευές (Computer Room στον 2^ο, 3^ο και 5^ο όροφο του κτιρίου), καθώς και στους χώρους των γραφείων των Διευθυντών Τμημάτων του 6^{ου} ορόφου για αυτονομία θέρμανσης/ψύξης, κατά βούληση, από τους χρήστες.



Εικόνα 3.6: Ψύκτης



Εικόνα 3.7: Συμπιεστές

Το σύστημα θέρμανσης/ψύξης λειτουργεί τις μέρες που τα γραφεία είναι ανοιχτά, από τις 6:00 το πρωί έως τις 21:00 το απόγευμα, και η ρύθμισή του ελέγχεται από το κεντρικό σύστημα ελέγχου και διαχείρισης ενέργειας του κτιρίου (B.E.M.S.).

Στο κτίριο λειτουργούν συνολικά τέσσερις ανελκυστήρες της εταιρείας “OTIS”, δύο για κάθε πτέρυγα. Εξυπηρετούν όλα τα κτιριακά επίπεδα, από τον 6^ο όροφο ως το 4^ο υπόγειο, εκτός του ημιορόφου. Είναι τύπου τροχαλίας και με χωρητικότητα έως 10 ατόμων.

Όλα τα φωτιστικά που είναι τοποθετημένα στο κτίριο έχουν σύστημα ανακλαστήρων και χρησιμοποιούνται κατά κόρον λαμπτήρες φθορισμού. Επειδή ο τύπος των υαλοπινάκων περιορίζει σημαντικά τη διείσδυση της φωτεινής ακτινοβολίας του ήλιου στο εσωτερικό των χώρων, τα φωτιστικά είναι πάντοτε αναμμένα κατά τις ώρες λειτουργίας του κτιρίου. Στον περιβάλλοντα χώρο, επίσης, περιμετρικά των προσόψεων υπάρχουν προβολείς για τη φωταγώγηση και την ασφάλεια του κτιρίου.

3.3 Μελέτη καταγεγραμμένων ενεργειακών καταναλώσεων

Στην παρούσα παράγραφο γίνεται η παρουσίαση και μελέτη των καταγεγραμμένων ενεργειακών καταναλώσεων του κτιρίου, όπως αυτή προέκυψε κατά το χρονικό διάστημα 2009 – 2011. Τα στοιχεία κατανάλωσης που συλλέχθηκαν αφορούν την ηλεκτρική ενέργεια και το πετρέλαιο και συγκεντρώθηκαν από τα μηνιαία τιμολόγια της Δ.Ε.Η. και της εταιρείας προμήθειας πετρελαίου, αντίστοιχα.

3.3.1 Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας

Στο υπό μελέτη κτίριο, η ηλεκτρική ενέργεια καταναλώνεται για τον φωτισμό και τον κλιματισμό των χώρων, καθώς και για τη λειτουργία των ηλεκτρικών συσκευών. Το εν λόγω κτίριο συνδέεται στο δίκτυο μέσης τάσης και το κόστος της ηλεκτρικής ενέργειας που καταναλώνει καθορίζεται βάσει του τιμολογίου B1 της Δ.Ε.Η.

Στον Πίνακα 3.4 παρουσιάζονται οι καταναλώσεις ηλεκτρικής ενέργειας και ισχύος μέσης τάσης για τα έτη 2009, 2010 και 2011, όπως καταγράφηκαν στα αντίστοιχα τιμολόγια της Δ.Ε.Η.

Πίνακας 3.4: Μηνιαία κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας και ισχύος (2009-2011)

Μήνες	2009		2010		2011	
	Ενέργεια (kWh)	Ισχύς (kW)	Ενέργεια (kWh)	Ισχύς (kW)	Ενέργεια (kWh)	Ισχύς (kW)
Ιανουάριος	106.800	324	103.200	264	124.800	333
Φεβρουάριος	110.400	289	106.800	298	110.400	327
Μάρτιος	96.000	274	103.200	297	110.400	327
Απρίλιος	103.200	310	108.000	281	106.800	302
Μάιος	118.800	333	120.000	337	129.600	412
Ιούνιος	134.400	387	140.400	401	144.000	477
Ιούλιος	147.600	405	158.400	443	162.000	504
Αύγουστος	152.400	405	171.600	426	162.000	460
Σεπτέμβριος	134.400	380	160.800	425	159.600	463
Οκτώβριος	123.600	341	128.400	373	120.000	427
Νοέμβριος	110.400	298	117.600	382	118.800	308
Δεκέμβριος	115.200	284	145.200	393	120.000	341
Σύνολο	1.453.200	4.035	1.563.600	4.324	1.568.400	4.684

Από τα στοιχεία του ανωτέρω πίνακα εξάγεται το συμπέρασμα πως ετησίως καταναλώνονται στο κτίριο κατά μέσο όρο 1.528 MWh ηλεκτρικής ενέργειας, ενώ από το 2009 έως το 2011 παρατηρείται μία συνεχώς αυξανόμενη τάση της ποσότητας ισχύος και ενέργειας που καταναλώνονται.

Ο μηνιαίος συντελεστής ισχύος, όπως καταγράφηκε στα τιμολόγια της Δ.Ε.Η., στη διάρκεια της ανωτέρω τριετίας φαίνεται στον Πίνακα 3.5.

Πίνακας 3.5: Μηνιαίος συντελεστής ισχύος ηλεκτρικής ενέργειας (2009-2011)

2009	cosφ	2010	cosφ	2011	cosφ
Ιανουάριος	0,973	Ιανουάριος	0,969	Ιανουάριος	0,950
Φεβρουάριος	0,965	Φεβρουάριος	0,963	Φεβρουάριος	0,950
Μάρτιος	0,967	Μάρτιος	0,957	Μάρτιος	0,951
Απρίλιος	0,966	Απρίλιος	0,958	Απρίλιος	0,954
Μάιος	0,960	Μάιος	0,950	Μάιος	0,938
Ιούνιος	0,947	Ιούνιος	0,944	Ιούνιος	0,928
Ιούλιος	0,944	Ιούλιος	0,921	Ιούλιος	0,919
Αύγουστος	0,938	Αύγουστος	0,920	Αύγουστος	0,924
Σεπτέμβριος	0,947	Σεπτέμβριος	0,920	Σεπτέμβριος	0,919
Οκτώβριος	0,955	Οκτώβριος	0,937	Οκτώβριος	0,987
Νοέμβριος	0,960	Νοέμβριος	0,948	Νοέμβριος	0,996
Δεκέμβριος	0,963	Δεκέμβριος	0,949	Δεκέμβριος	1,000

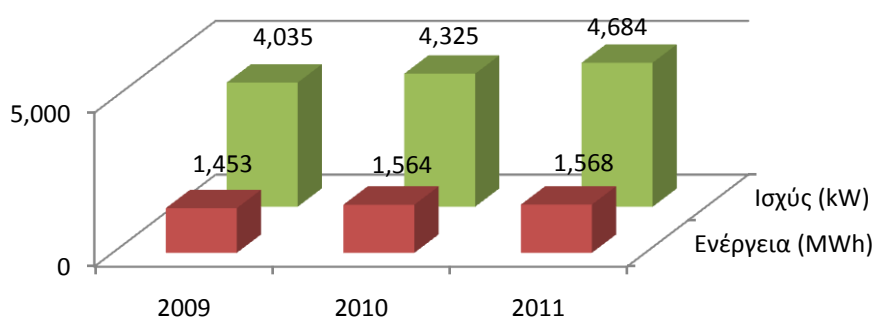
Για καλύτερη εποπτεία, η διακύμανση του συντελεστή ισχύος κατά τη διάρκεια κάθε μήνα της τελευταίας τριετίας (2009-2011) απεικονίζεται στο Διάγραμμα 3.3.

**Διάγραμμα 3.3: Μέσος μηνιαίος cos φ (2009-2011)**

Από το Διάγραμμα 3.3 παρατηρείται πως, κατά τη διάρκεια της τελευταίας τριετίας, ο συντελεστής ισχύος βρισκόταν πάντα πάνω από την τιμή 0,91. Σημειώνεται ότι η Δ.Ε.Η. έχει θεσπίσει όρια στο συντελεστή ισχύος, κάτω από τα οποία η χρέωση προσανξάνεται αναλόγως της απόκλισης από την επιτρεπόμενη τιμή. Συγκεκριμένα, ένας «καλός» συντελεστής ισχύος θεωρείται το όριο $\cos\phi \geq 0,95$, και ως ιδανικός συντελεστής ισχύος νοείται ο μοναδιαίος. Από την κατανομή των διακυμάνσεων του cosφ που καταγράφηκε στο υπό μελέτη κτίριο, διαπιστώνεται ότι το ανωτέρω όριο τηρήθηκε σε ποσοστό 56% των μηνιαίων τιμών που καταγράφηκαν την τελευταία τριετία. Από το Διάγραμμα 3.3 παρατηρείται ακόμη ότι το σύστημα αντιστάθμισης απέδωσε εξαιρετικά τους τελευταίους μήνες του 2011, και ιδιαίτερα τον Δεκέμβριο

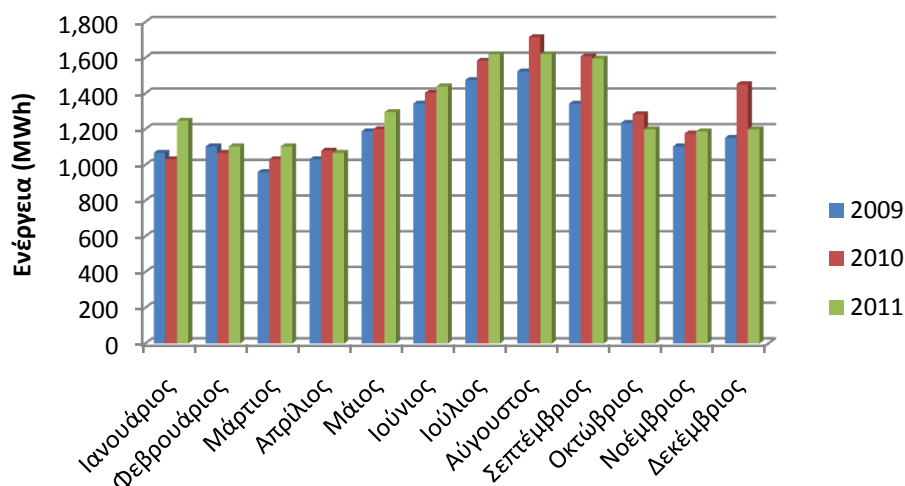
του έτους αυτού, οπότε επετεύχθη μοναδιαίος συντελεστής ισχύος. Σύμφωνα με πληροφορίες που αντλήθηκαν από το Τμήμα Συντήρησης του κτιρίου, την περίοδο αυτή έγινε αντικατάσταση ενός διακόπτη ο οποίος ήλεγχε τη ζεύξη και την απόζευξη μίας εκ των βαθμίδων των πυκνωτών και ο οποίος είχε υποστεί βλάβη. Πέραν της αντικατάστασής του, έγινε και λεπτομερής συντήρηση της ηλεκτρικής εγκατάστασης του κτιρίου, και ρυθμίστηκαν όλες οι σχετικές παράμετροι του συστήματος στις βέλτιστες τιμές τους (μεταξύ αυτών, και η χωρητικότητα των πυκνωτών αντιστάθμισης). Είναι, επίσης, εμφανής στο ανωτέρω διάγραμμα η περιοδικότητα εμφάνισης χαμηλότερων τιμών συντελεστή ισχύος κατά τους θερινούς μήνες της τελευταίας τριετίας. Τούτο δικαιολογείται από το γεγονός ότι σε περιόδους υψηλότερης θερμοκρασίας γίνεται αυξημένη χρήση των κλιματιστικών μονάδων (Air-Condition, A/C), των οποίων η λειτουργία των ηλεκτρικών κινητήρων συνεπάγεται –εκτός από αύξηση της ζήτησης της ενεργού ισχύος- αύξηση και της αέργου ισχύος, λόγω του επαγωγικού τους χαρακτήρα.

Παρακάτω παρατίθεται το διάγραμμα της ετήσιας κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας και ισχύος κατά την τελευταία τριετία:



Διάγραμμα 3.4: Ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας και ηλεκτρικής ισχύος (2009-2011)

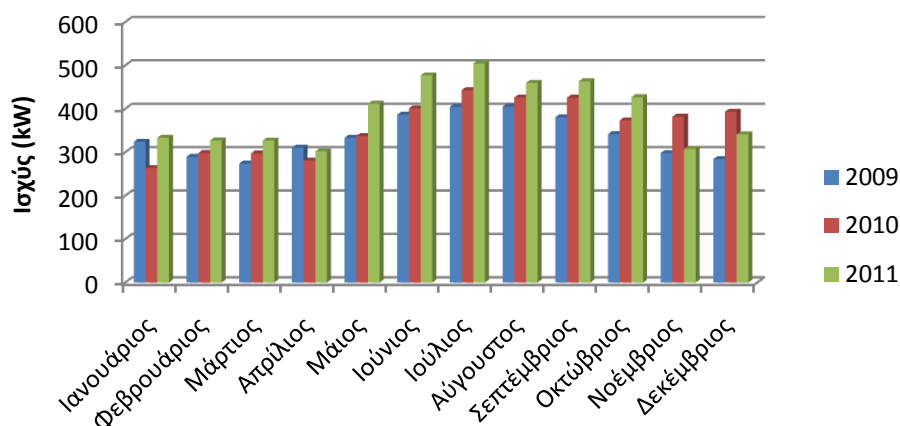
Συνολικά, στη διάρκεια της τελευταίας τριετίας παρατηρείται μία αύξηση της κατανάλωσης ενέργειας και ισχύος. Στα επόμενα, αναλύεται η κατανάλωση αυτή σε μηνιαία βάση για τα τελευταία 3 έτη.



Διάγραμμα 3.5: Μηνιαία κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας (2009-2011)

Το Διάγραμμα 3.5 αναπαριστά την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας που καταγράφηκε ανά μήνα τα τελευταία τρία έτη. Στο ανωτέρω διάγραμμα δεν σημειώνονται μεγάλες αποκλίσεις στις μηνιαίες καταναλώσεις από το 2009 έως το 2011. Παρατηρείται αύξηση της κατανάλωσης κατά τους θερινούς μήνες και στα τρία έτη, η οποία αποδίδεται στη λειτουργία του συστήματος ψύξης μέσω των κλιματιστικών μονάδων του κτιρίου, το οποίο είναι ιδιαίτερα ενεργοβόρο. Ωστόσο, αξιοσημείωτη είναι η αυξημένη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας τον Δεκέμβριο του 2010. Σύμφωνα με πληροφορίες που αντλήθηκαν από τους υπεύθυνους του Τμήματος Συντήρησης, την περίοδο αυτή διενεργήθηκε μία σειρά σεμιναρίων σε όλους τους υπαλλήλους της εταιρείας, με αποτέλεσμα να αυξηθούν κατά πολύ ο αριθμός των ατόμων και οι ώρες χρήσης του κτιρίου. Η αύξηση της κατανάλωσης αποδίδεται στη ζήτηση μεγαλύτερων φορτίων για φωτισμό και θέρμανση, καθώς και στη λειτουργία περισσότερων ηλεκτρονικών συσκευών (ηλεκτρονικοί υπολογιστές, προτζέκτορες, στερεοφωνικές εγκαταστάσεις κ.λπ.). Αντίστοιχα σεμινάρια διοργανώθηκαν τον Ιανουάριο του επόμενου έτους (2011), με αποτέλεσμα να σημειωθεί μία μικρή αύξηση στην κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας σε σχέση με αυτήν που καταγράφηκε την ίδια περίοδο κατά τα προηγούμενα έτη.

Ακολουθεί το αντίστοιχο διάγραμμα κατανάλωσης ηλεκτρικής ισχύος (Διάγραμμα 3.6):

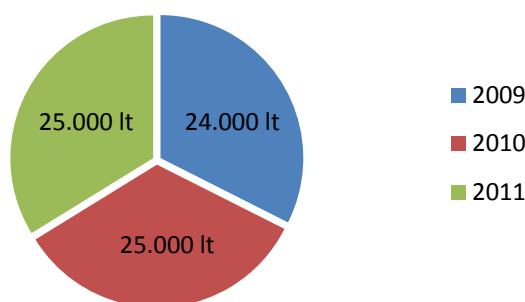


Διάγραμμα 3.6: Μηνιαία κατανάλωση ηλεκτρικής ισχύος (2009-2011)

Στο παραπάνω διάγραμμα φαίνεται μία αυξητική τάση της κατανάλωσης ισχύος κατά τους θερινούς μήνες του 2011, σε σχέση με τους αντίστοιχους μήνες των δύο προηγούμενων ετών. Κατόπιν συζήτησης με τους υπεύθυνους του Τμήματος Συντήρησης, τούτο οφείλεται στο γεγονός ότι στις αρχές του 2011 έγινε επέκταση των χώρων που χρησιμοποιούνται ως γραφεία, με αποτέλεσμα να χρειαστεί να τοποθετηθούν συνολικά 18 καινούριες αυτόνομες κλιματιστικές μονάδες σε χώρους που προηγουμένως ήταν κενοί. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα την αύξηση της ισχύος που είναι εγκατεστημένη στο κτίριο, και αυτό φάνηκε κυρίως κατά τους θερινούς μήνες στα τιμολόγια της Δ.Ε.Η. διότι αυτήν την περίοδο χρησιμοποιήθηκαν περισσότερο. Αντίθετα, τους μήνες Νοέμβριο και Δεκέμβριο του 2010 φαίνεται ότι καταναλώθηκαν αισθητά μεγαλύτερα ποσά ισχύος σε σχέση με την κατανάλωση του 2009 και του 2011. Σύμφωνα με το Τμήμα Συντήρησης του κτιρίου, την περίοδο αυτή υπέστη βλάβη το σύστημα των λεβήτων πετρελαίου. Συγκεκριμένα, διαπιστώθηκε δυσλειτουργία στο σύστημα ψεκασμού πετρελαίου στο λέβητα, με αποτέλεσμα οι ανάγκες σε θέρμανση να ικανοποιούνται μέσω των αυτόνομων κλιματιστικών μονάδων τύπου air-condition. Μετά την αποκατάσταση του προβλήματος, το σύστημα τέθηκε ξανά σε κανονική λειτουργία.

3.3.2 Κατανάλωση πετρελαίου

Στο δεύτερο υπόγειο του κτιρίου υπάρχει το λεβητοστάσιο, όπου βρίσκονται τέσσερις λέβητες για την κεντρική θέρμανση και την παραγωγή Ζεστού Νερού Χρήσης. Τα δεδομένα που προκύπτουν από τα αντίστοιχα τιμολόγια αγοράς πετρελαίου θέρμανσης τα έτη 2009, 2010 και 2011 απεικονίζονται στο Διάγραμμα 3.7.



Διάγραμμα 3.7: Ετήσια κατανάλωση πετρελαίου θέρμανσης (2009-2011)

Το ανωτέρω διάγραμμα καταδεικνύει πως οι ενεργειακές ανάγκες του κτιρίου σε πετρέλαιο θέρμανσης παραμένουν σχεδόν σταθερές, και η μικρή απόκλιση που παρουσιάζεται στην αγορά πετρελαίου το 2009 σε σχέση με τα έτη 2010 και 2011 πιθανόν να οφείλεται σε διαθεσιμότητα αποθέματος πετρελαίου από το προηγούμενο έτος. Η διαφορά των 1.000 λίτρων είναι, πάντως, μικρή σε σχέση με την τάξη μεγέθους των 25.000 λίτρων πετρελαίου, και για αυτόν τον λόγο κρίνεται σταθερή η κατανάλωση πετρελαίου θέρμανσης την τελευταία τριετία στο υπό μελέτη κτίριο.

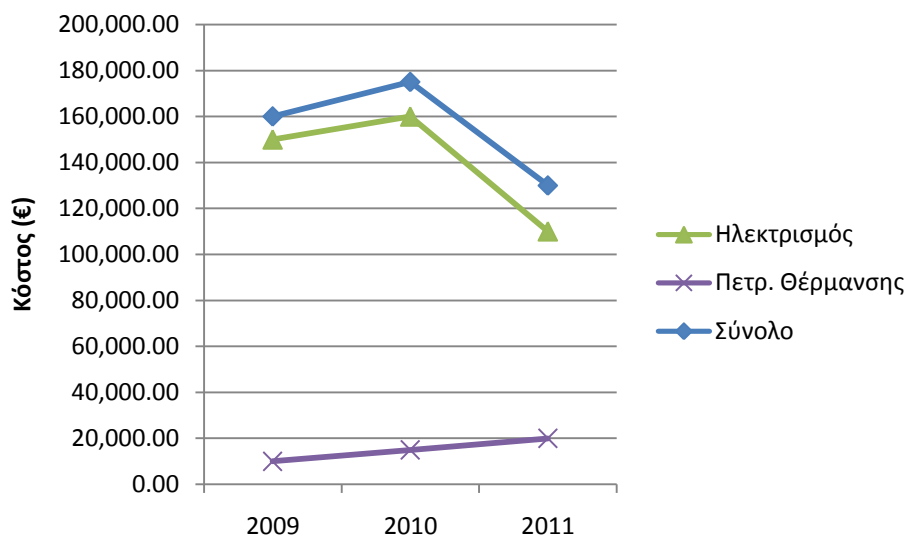
3.3.3 Κόστος ενεργειακών καταναλώσεων

Στον Πίνακα 3.6 συνοψίζεται το κόστος από την κατανάλωση των δύο ενεργειακών μορφών που χρησιμοποιούνται για τη λειτουργία του κτιρίου, δηλαδή του ηλεκτρισμού και του πετρελαίου θέρμανσης.

Πίνακας 3.6: Κόστος ενεργειακών πόρων (2009-2011)

Έτος	Κόστος ηλεκ. ενέργειας (€)	Κόστος πετρελαίου θέρμανσης (€)	Συνολικό κόστος (€)
2009	151.768,88	10.780,82	162.549,70
2010	163.791,92	15.444,94	179.236,86
2011	111.625,15	21.040,00	132.665,15

Το συνολικό κόστος όλων των ενεργειακών μορφών που χρησιμοποιούνται για τη λειτουργία του εξεταζόμενου κτιρίου, για καλύτερη εποπτεία, μπορεί να αναπαρασταθεί γραφικά ως ακολούθως (Διάγραμμα 3.8):

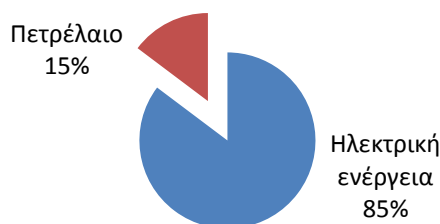


Διάγραμμα 3.8: Κόστος ενεργειακών πόρων (2009-2011)

Για την εξαγωγή ορθών συμπερασμάτων περί του κόστους των ενεργειακών πόρων που καταναλώνονται στο κτίριο, θα πρέπει να ληφθούν υπόψιν τόσο το μέγεθος των καταναλώσεων όσο και οι διακυμάνσεις των τιμών αγοράς των συγκεκριμένων ενεργειακών μορφών.

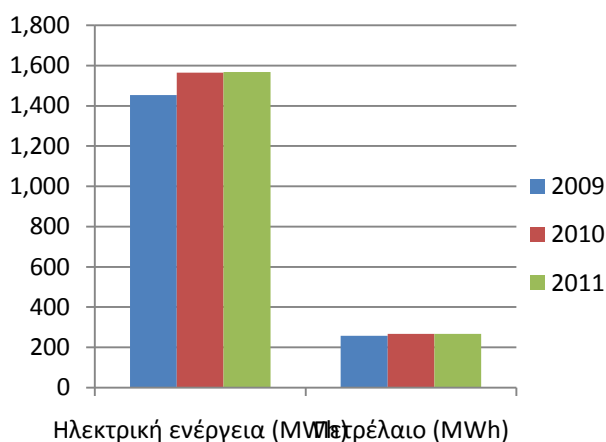
Επισημαίνεται ότι η τιμολόγηση της ηλεκτρικής ενέργειας και ισχύος σύμφωνα με το τιμολόγιο B1 της Δ.Ε.Η. άλλαξε το 2011, σε σχέση με τις τιμές που ίσχυαν το 2009 και το 2010. Συγκεκριμένα, ο τρόπος υπολογισμού της τιμής πώλησης της ηλεκτρικής ενέργειας από τη Δ.Ε.Η. από 1^{ης} Ιανουαρίου 2011 εφαρμόζεται ως εξής: Η χρέωση της ισχύος διακρίνεται σε κλιμάκια θερινής και χειμερινής περιόδου, ενώ η χρέωση της ενέργειας εξαρτάται από το ωράριο, τις εργάσιμες ημέρες, τα Σαββατοκύριακα και τις αργίες. Οι τιμές αυτές διαφοροποιούνται σε σχέση με τα τιμολόγια που ίσχυαν το 2009 και το 2010, όπου η χρεωστέα ζήτηση ισχύος είχε διαφορετική τιμή, ενώ η χρέωση της ενέργειας ήταν εξαρτώμενη από κλιμάκια μεγέθους καταναλώσεων. Όσον αφορά το πετρέλαιο, η τιμή αγοράς του είναι διαρκώς αυξανόμενη την τελευταία τριετία, όμως η τιμή αγοράς του το 2011 ήταν χαμηλότερη σε σύγκριση με το 2010, λόγω ευνοϊκής συμφωνίας που επετεύχθη με την εταιρεία προμήθειας πετρελαίου.

Στο Διάγραμμα 3.9 παρουσιάζεται η κατανομή της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας και πετρελαίου, όπως προέκυψε από τον μέσο όρο των ετών 2009-2011. Παρατηρείται ότι η κύρια ενεργειακή πηγή του κτιρίου είναι η ηλεκτρική ενέργεια.



Διάγραμμα 3.9: Κατανομή κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας και πετρελαίου (2009-2011)

Στο Διάγραμμα 3.10 απεικονίζεται η κλιμάκωση της ετήσιας κατανάλωσης ανά είδος χρησιμοποιούμενης ενέργειας.



Διάγραμμα 3.10: Διακύμανση της ετήσιας κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας και πετρελαίου (2009-2011)

Παρατηρείται, λοιπόν, ότι η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας αυξήθηκε το 2010 κατά 7,6% σε σχέση με το 2009, ενώ το 2011 η καταναλισκόμενη ποσότητα ηλεκτρικής ενέργειας παρέμεινε σχεδόν η ίδια με το 2010 (ποσοστό αύξησης 0,3%). Όσον αφορά το πετρέλαιο, η κατανάλωσή του το 2009 ήταν κατά 4% μικρότερη σε σχέση με το 2010 και το 2011, οπότε παρέμεινε σταθερή.

Από όλα τα ανωτέρω, συνάγεται το συμπέρασμα πως το επίπεδο των ενεργειακών καταναλώσεων σε ηλεκτρική ενέργεια και πετρέλαιο είχε ελαφρώς αυξανόμενη τάση κατά το διάστημα της τελευταίας τριετίας, ενώ το κόστος τους ήταν ελαφρώς μειωμένο το 2011 σε σχέση με το 2010. Αυτό οφείλεται κυρίως στην περίοδο αγοράς του πετρελαίου το 2010 (Νοέμβριος), οπότε η τιμή του ήταν ιδιαίτερα υψηλή, ενώ το έτος 2011 αγοράστηκε τον Απρίλιο, όταν επικρατούσαν σχετικά χαμηλότερες τιμές και στην αλλαγή της τιμολογιακής πολιτικής της Δ.Ε.Η. το 2011.

3.4 Ανάλυση των ενεργειακών καταναλώσεων

Στην παρούσα παράγραφο αναλύονται τα δεδομένα που συλλέχθηκαν από την επιτόπια καταγραφή των ηλεκτρικών φορτίων που χρησιμοποιούνται στο κτίριο. Συγκεκριμένα, γίνεται μία εκτίμηση της καταναλισκόμενης ενέργειας ανά είδος χρήσης: φωτισμός, θέρμανση/ψύξη και λειτουργία ηλεκτρικών/ηλεκτρονικών συσκευών. Για τον σκοπό αυτό, εκτός από την καταγραφή της εγκατεστημένης ισχύος των ηλεκτρικών φορτίων που διεξήχθη στα πλαίσια της ενεργειακής επιθεώρησης του κτιρίου, χρησιμοποιήθηκαν και πληροφορίες που αντλήθηκαν από τους υπεύθυνους Συντήρησης του κτιρίου σχετικά με τον χρόνο χρήσης αυτών των ηλεκτρικών φορτίων. Η εκτίμηση της ενεργειακής κατανάλωσης αναφέρεται σε περίοδο ενός έτους. Υπενθυμίζεται πως τα δεδομένα της καταγραφής των ηλεκτρικών φορτίων του κτιρίου, καθώς και οι αναλυτικοί υπολογισμοί για την εκτίμηση της καταναλισκόμενης ενέργειας ανά χρήση αναγράφονται στο Παράρτημα Α.

Στο παρόν υποκεφάλαιο, αρχικά, γίνεται εκτίμηση της κατανάλωσης ενέργειας για φωτισμό, στη συνέχεια για τη θέρμανση και την ψύξη και, τέλος, για τη λειτουργία των ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών συσκευών.

3.4.1 Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για φωτισμό

Από την καταγραφή των φωτιστικών που διαθέτει το κτίριο, προέκυψαν τα εξής δεδομένα: Στο κτίριο είναι εγκατεστημένα συνολικά 2.823 φωτιστικά, τα οποία διακρίνονται στις κατηγορίες που αναγράφονται στον Πίνακα 3.7.

Πίνακας 3.7: Κατηγορίες φωτιστικών που χρησιμοποιούνται στο υπό μελέτη κτίριο

Πλήθος	Περιγραφή φωτιστικού	Τύπος λαμπτήρων	Αριθμός λαμπτήρων	Ισχύς λαμπτήρα (W)	Συνολική ισχύς φωτιστικού (W)
2	Προβολέας	μεταλλικών ατμών αλογονιδίων (HQI)	1	250	250
62	Κήπου χωνευτό	spot	1	50	50
56	Μάντρα κήπου	PL	1	18	18
393	Υπογείων & Η/Μ	φθορισμού (T8)	2	58	116
242	Υπογείων & Η/Μ	φθορισμού (T8)	2	36	72
976	Οροφής γραφείων	φθορισμού (T8)	4	18	72

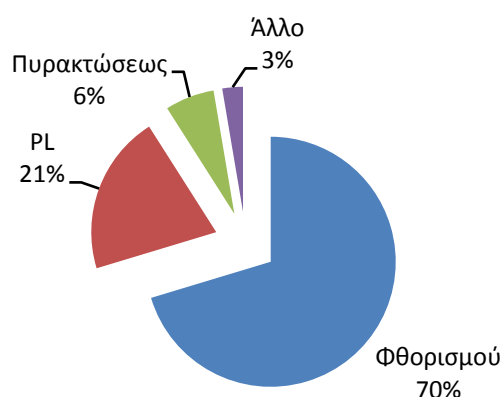
194	Οροφής (εσωτερικού)	PL	2	13	26
78	Οροφής (εσωτερικού)	PL	2	18	36
582	Οροφής & μαρκίζας	PL	2	26	52
29	Δαπέδου	R111 αλογόνου	1	50	50
160	Απλίκια (διαδρόμων)	πυρακτώσεως	1	60	60
49	Απλίκια (reception)	πυρακτώσεως	1	50	50

Λαμβάνοντας υπόψιν το πλήθος και το είδος των λαμπτήρων που είναι τοποθετημένοι σε καθένα από τα ανωτέρω φωτιστικά, προκύπτει ο Πίνακας 3.8, στον οποίο ομαδοποιούνται οι λαμπτήρες που χρησιμοποιούνται στο κτίριο, ανάλογα με την αρχή λειτουργίας και την ισχύ τους.

Πίνακας 3.8: Κατηγορίες λαμπτήρων που χρησιμοποιούνται στο υπό μελέτη κτίριο

Τύπος λαμπτήρα	Ισχύς ενός λαμπτήρα (W)	Πλήθος
Μεταλλικών ατμών αλογονιδίων (HQI)	250	2
Spot	50	62
PL	18	212
PL	13	388
PL	26	1164
Φθορισμού	58	786
Φθορισμού	36	484
Φθορισμού	18	3.904
Αλογόνου	50	29
Πυρακτώσεως	60	160
Πυρακτώσεως	50	49
Σύνολο:		7.240

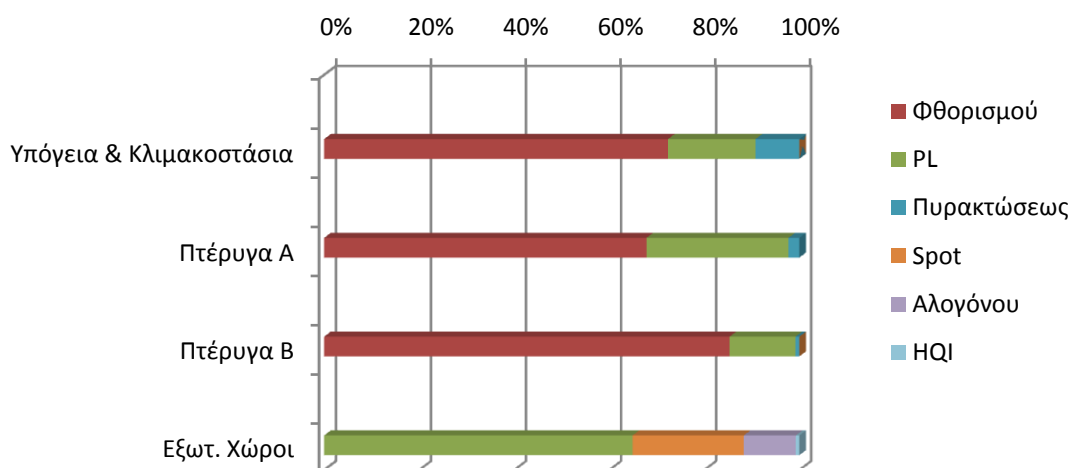
Έτσι, γραφικά διαμορφώνεται η ακόλουθη κατανομή των λαμπτήρων που είναι εγκατεστημένοι στο υπό μελέτη κτίριο:



Διάγραμμα 3.11: Κατανομή ισχύος ανά τύπο λαμπτήρων

Όπως φαίνεται και στο Διάγραμμα 3.11, το 70% της συνολικής εγκατεστημένης ισχύος για φωτισμό προέρχεται από λαμπτήρες φθορισμού, το 21% αντιστοιχεί σε λαμπτήρες τύπου PL, το 6% σε λαμπτήρες πυρακτώσεως και το υπόλοιπο 3% περιλαμβάνει spot (2%), λαμπτήρες αλογόνου (1%) και HQI (σχεδόν 0%). Η μεγάλη αυτή διαφορά δικαιολογείται από το γεγονός ότι σε όλους τους χώρους των γραφείων χρησιμοποιούνται σε συντριπτική πλειοψηφία αποκλειστικά λαμπτήρες φθορισμού.

Στο Διάγραμμα 3.12 παρουσιάζεται η ποσοστιαία κατανομή κάθε τύπου λαμπτήρων ανά χώρο στο κτίριο.



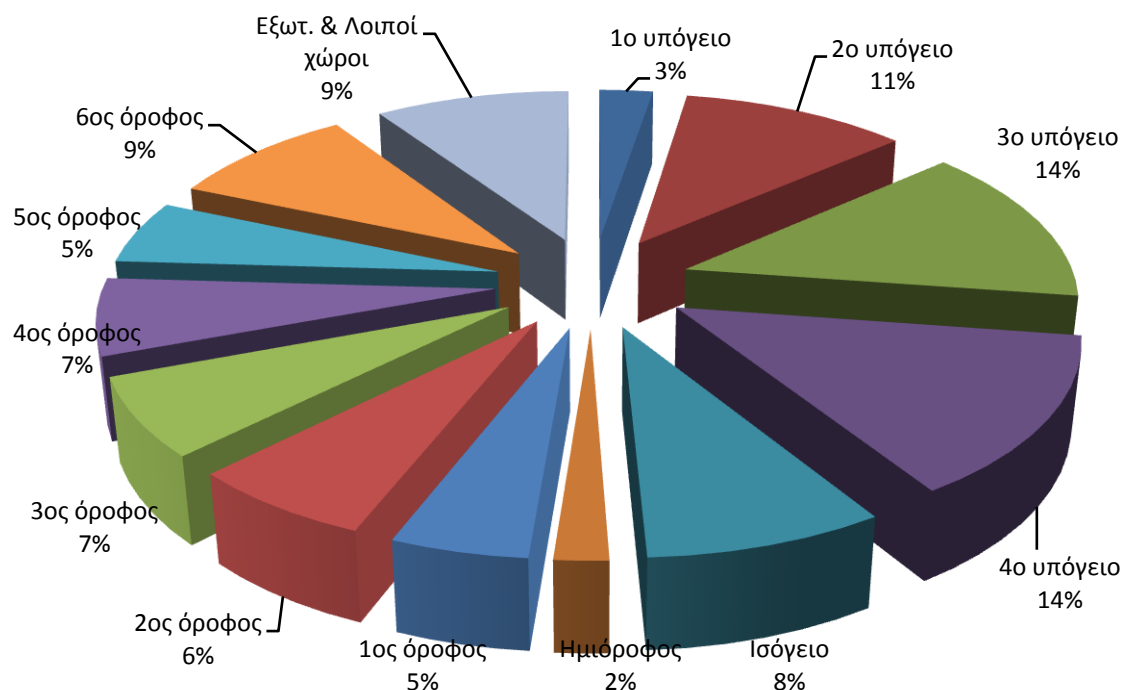
Διάγραμμα 3.12: Ποσοστιαία κατανομή κάθε τύπου λαμπτήρων ανά χώρο στο κτίριο

Διαπιστώνεται, λοιπόν, ότι στα τέσσερα υπόγεια που διαθέτει το κτίριο χρησιμοποιούνται κατά κόρον λαμπτήρες φθορισμού των 58 W, και σε μικρότερο ποσοστό λαμπτήρες των 36 W. Η χρήση των χώρων αυτών ως θέσεις στάθμευσης υπαγορεύει ανάγκη για φωταγωγήση, χωρίς να απαιτείται, όμως, κάποια ιδιαίτερη οπτική άνεση. Στις πτέρυγες Α και Β, όπου το συντριπτικό ποσοστό της επιφάνειάς τους χρησιμοποιείται ως γραφεία, είναι εγκατεστημένοι κυρίως λαμπτήρες φθορισμού

των 18 W. Στους εξωτερικούς χώρους, υπερτερούν αριθμητικά οι λαμπτήρες PL των 26 W, οι οποίοι χρησιμοποιούνται τόσο για τον φωτισμό των προσόψεων (και τη δυνατότητα καταγραφής από τις κάμερες ασφαλείας) όσο και διακοσμητικά στη μαρκίζα του κτιρίου.

Βάσει της καταγραφής των φωτιστικών που χρησιμοποιούνται στο κτίριο και των πληροφοριών που παρασχέθηκαν από τους υπεύθυνους Συντήρησης σχετικά με τον χρόνο χρήσης τους, προκύπτουν οι Πίνακες Α.2-Α.6 του Παραρτήματος Α. Εκτιμάται ότι το σύνολο της ετήσιας κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας για φωτισμό σε όλο το κτίριο ανέρχεται στις 482.843 kWh.

Η κατανομή της εκτιμώμενης ηλεκτρικής ενέργειας που δαπανάται για φωτισμό ανά όροφο φαίνεται στο Διάγραμμα 3.13.



Διάγραμμα 3.13: Κατανομή ενέργειας για φωτισμό ανά όροφο

Από το ανωτέρω διάγραμμα φαίνεται ότι τη μεγαλύτερη κατανάλωση ενέργειας για φωτισμό έχουν το 2^ο, 3^ο και 4^ο υπόγειο, με ποσοστό 11%, 14% και 14%, αντίστοιχα. Υπενθυμίζεται εδώ ότι οι υπόγειοι χώροι αντιστοιχούν στο 43% της συνολικής επιφάνειας του κτιρίου (Διάγραμμα 3.1), όμως η μεγάλη κατανάλωση ενέργειας για φωτισμό οφείλεται περισσότερο στο μεγάλο χρονικό διάστημα που χρειάζεται να φωτίζονται κατά τη διάρκεια της ημέρας οι συγκεκριμένοι χώροι, παρά στην εγκατεστημένη ισχύ για φωτισμό σε αυτούς. Πράγματι, ενώ στα υπόγεια είναι τοποθετημένα περίπου 52 kW για φωτισμό (27% της συνολικής εγκατεστημένης ισχύος για φωτισμό σε όλο το κτίριο), και χρησιμοποιούνται μόνο τα μισά εξ' αυτών διότι η φωταγωγή των υπογείων δεν είναι ιδιαίτερα απαιτητική λόγω της χρήσης τους ως χώροι στάθμευσης, στην πτέρυγα Α είναι εγκατεστημένα 77 kW (ποσοστό

41%) και στην πτέρυγα Β περίπου 45 kW (ποσοστό 24%), η ποσοστιαία κατανάλωση ενέργειας για φωτισμό σε αυτούς τους χώρους είναι, αντίστοιχα: 41%, 33% και 17%. Τα παραπάνω φαίνονται συγκεντρωτικά στον Πίνακα 3.9.

Πίνακας 3.9: Απόλυτες και ποσοστιαίες τιμές της εγκατεστημένης ισχύος για φωτισμό ανά χώρο και της αντίστοιχης -κατ' εκτίμηση- κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας

Χώρος	Εγκατεστημένη ισχύς για φωτισμό		Εκτιμώμενη κατανάλωση ενέργειας για φωτισμό	
	(kW)	%	(kWh)	%
Υπόγειοι χώροι	51,796	27%	198.131	41%
Πτέρυγα Α	77,290	41%	158.144	33%
Πτέρυγα Β	44,552	24%	81.089	17%
Εξωτ. & Λοιποί χώροι	15,890	8%	45.480	9%
ΣΥΝΟΛΟ	Συνολική εγκατεστημένη ισχύς για φωτισμό: 189,528 kW	100%	Συνολική εκτιμώμενη ετήσια κατανάλωση ηλεκτρ. ενέργειας για φωτισμό: 482.844 kWh	100%

Στους εξωτερικούς χώρους καταναλώνεται το 9% της συνολικής εκτιμώμενης ετήσιας κατανάλωσης ενέργειας για φωτισμό, και τούτο αποδίδεται στο γεγονός ότι το εξωτερικό του κτιρίου φωταγωγείται όλες ανεξαιρέτως τις νυχτερινές ώρες του έτους, για μέση διάρκεια 10 ωρών σε ένα 24ωρο, ώστε να είναι δυνατή η καταγραφή των δεδομένων από τις κάμερες ασφαλείας, αλλά και για διακοσμητικούς λόγους. Επίσης, η διάρκεια των ωρών που λειτουργούν τα φωτιστικά του 6^{ου} ορόφου οδηγεί σε ποσοστό 8% της συνολικής εκτιμώμενης ηλεκτρικής ενέργειας για φωτισμό σε αυτά, και τούτο διότι εκεί στεγάζονται τα γραφεία των Διευθυντών, όπου η εγκατεστημένη ισχύς για φωτιστικά είναι αυξημένη σε σχέση με τους υπόλοιπους ορόφους. Στον ίδιο λόγο αποδίδεται και το παρόμοιο ποσοστό (8%) που καταναλώνεται στο ισόγειο, ότι, δηλαδή, ενώ η διάρκεια λειτουργίας των φωτιστικών είναι παρόμοια, είναι μεγαλύτερη η εγκατεστημένη ισχύς σε σχέση με τους υπόλοιπους χώρους. Πράγματι, οι χώροι υποδοχής και στις δύο πτέρυγες διαθέτουν περίπου 16 kW εγκατεστημένη ισχύ για φωτισμό, ενώ οι υπόλοιποι όροφοι γραφείων έχουν εγκατεστημένα κατά μέσο όρο 12 kW φωτιστικών. Η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για φωτισμό στους ορόφους από τον 1^ο έως τον 5^ο, όπου στεγάζονται τα γραφεία των εργαζομένων στην Εταιρεία, είναι ισοκαταμερισμένη, με ποσοστό που κυμαίνεται από 5% έως 7% στον κάθε όροφο. Όπως έχει προαναφερθεί, τα γραφεία των υπαλλήλων έχουν ομοιόμορφα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά και το ωράριο απασχόλησης των εργαζομένων είναι κοινό για την πλειοψηφία των εργαζομένων. Κατά συνέπεια, η ανωτέρω κατανομή ενέργειας για φωτισμό ανά όροφο ήταν αναμενόμενη.

3.4.2 Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας & πετρελαίου για θέρμανση/ψύξη

Για την εκτίμηση της καταναλισκόμενης ενέργειας για τη θέρμανση και ψύξη των χώρων, αρχικά καταμετρήθηκε το σύνολο των εγκατεστημένων θερμικών φορτίων ανά χώρο και στη συνέχεια, βάσει των πληροφοριών που αντλήθηκαν από το Τμήμα Συντήρησης του κτιρίου σχετικά με τις ώρες χρήσης τους, υπολογίστηκε η ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για θέρμανση/ψύξη.

Λόγω της γεωγραφικής θέσης στην οποία βρίσκεται το υπό μελέτη κτίριο -μέσα σε πυκνοκατοικημένη περιοχή της Αθήνας- οι κλιματολογικές συνθήκες που επικρατούν δεν εμφανίζουν ιδιαίτερα ακραίες τιμές στη μεγαλύτερη διάρκεια του έτους. Εκτιμάται, λοιπόν, πως το υπό μελέτη κτίριο έχει ανάγκη για θέρμανση περίπου 3 μήνες κάθε έτος, και ανάγκες για ψύξη, επίσης 3 μήνες ανά έτος. Το υπόλοιπο διάστημα του έτους επικρατούν -σε γενικές γραμμές- ήπιες καιρικές συνθήκες, μειώνοντας έτσι τις ανάγκες για τεχνητή θέρμανση/ψύξη. Όπως έχει προαναφερθεί στην Παράγραφο 3.2.2, στο κτίριο υπάρχει ένα είδος προκλιματισμού για την ανανέωση του αέρα, ώστε να προσάγεται και να ανακυκλοφορεί φρέσκος αέρας εντός του κτιρίου, ο οποίος διερχόμενος αρχικά από τις κλιματιστικές μονάδες θερμαίνεται ή ψύχεται, ανάλογα με τις εξωτερικές καιρικές συνθήκες που επικρατούν, και κατόπιν διανέμεται περιμετρικά στους χώρους του κτιρίου μέσω αεραγωγών διανομής. Η λειτουργία των εγκαταστάσεων για τον προκλιματισμό ισομοιράσθηκε στις ανάγκες για θέρμανση και ψύξη, διότι η χρήση του προκλιματισμού γίνεται καθ' όλη τη διάρκεια του έτους.

Σύμφωνα με τα παραπάνω, για τον υπολογισμό της ενέργειας που καταναλώνεται για τη θέρμανση του κτιρίου (συμπεριλαμβανομένης της ενέργειας για Z.N.X.), αθροίστηκαν τα ποσά ενέργειας που προέρχονται από:

- air-conditions (λειτουργία θέρμανσης)
- αντλίες (για θέρμανση και Z.N.X.)
- αντλίες προκλιματισμού (κατά το ήμισυ)
- κλιματιστικές μονάδες (κατά το ήμισυ)
- Fan-Coil Units (κατά το ήμισυ)

Κατά τον υπολογισμό της καταναλισκόμενης ενέργειας για ψύξη, προσμετρήθηκαν οι καταναλώσεις που προέρχονται από:

- air-conditions (λειτουργία ψύξης)
- ψύκτες
- συμπιεστές
- αντλίες (για ψύξη)
- αντλίες προκλιματισμού (κατά το ήμισυ)
- κλιματιστικές μονάδες (κατά το ήμισυ)

- Fan-Coil Units (κατά το ήμισυ)

Στους Πίνακες Α.8 - Α.15 του Παραρτήματος Α παρουσιάζονται τα εγκατεστημένα θερμικά φορτία ανά χώρο στο κτίριο, καθώς και η κατ' εκτίμηση κατανάλωση ενέργειας που προκαλείται από τη χρήση τους.

Λόγω της σύνδεσης του συστήματος θέρμανσης/ψύξης με κεντρικό σύστημα διαχείρισης ενέργειας στο κτίριο (B.E.M.S.), προβλέπεται από την Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2010 «Αναλυτικές εθνικές προδιαγραφές παραμέτρων για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης κτιρίων και την έκδοση του Πιστοποιητικού Ενεργειακής Απόδοσης», διόρθωση της εκτιμώμενης ενέργειας που καταναλώνεται για τις ανωτέρω λειτουργίες μέσω ενός συντελεστή διόρθωσης, ανάλογα με τις διατάξεις αυτομάτου ελέγχου που χρησιμοποιούνται και τη λειτουργία του κτιρίου. Οι σχετικοί πίνακες βρίσκονται στην παράγραφο 5.2 της ανωτέρω Τεχνικής Οδηγίας, και για το υπό μελέτη κτίριο επιλέγεται η τιμή 0,8 για τις εγκαταστάσεις θέρμανσης/ψύξης και η τιμή 0,93 για τα βοηθητικά συστήματα θέρμανσης/ψύξης. Αυτούσιοι, μεταφέρονται και στους ακόλουθους πίνακες:

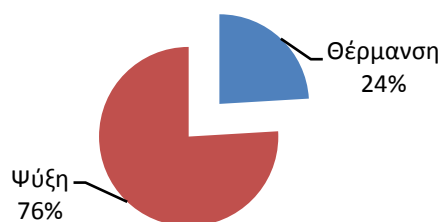
Πίνακας 3.10: Συντελεστές διόρθωσης κατανάλωσης ενέργειας για θέρμανση/ψύξη, με χρήση διατάξεων αυτόματου ελέγχου [Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2010]

Βασικές κατηγορίες κτηρίου	Συντελεστής διόρθωσης $f_{BAC, hc}$			
	Α	Β	Γ	Δ
Κατοικία	0,81	0,88	1	1,10
Προσωρινή διαμονή	0,68	0,85	1	1,31
Συνάθροισης κοινού	0,68	0,77	1	1,23
Εκπαίδευσης	0,50	0,75	1	1,24
Υγείας & κοινωνικής πρόνοιας	0,86	0,91	1	1,31
Σωφρονισμού	0,81	0,88	1	1,10
Εμπορίου	0,47	0,73	1	1,56
Γραφείων	0,70	0,80	1	1,51
Βιομηχανία - Βιοτεχνίας	0,47	0,73	1	1,56
Αποθήκευσης	0,68	0,77	1	1,23
Στάθμευσης αυτοκινήτων & πρατήρια υγρών καυσίμων	0,47	0,73	1	1,56

Πίνακας 3.11: Συντελεστές διόρθωσης κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας βοηθητικών συστημάτων θέρμανσης/ψύξης, με χρήση διατάξεων αυτόματου ελέγχου [Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2010]

Βασικές κατηγορίες κτηρίου	Συντελεστής διόρθωσης $f_{BAC,el}$			
	A	B	Γ	Δ
Κατοικία	0,92	0,93	1	1,08
Προσωρινή διαμονή	0,90	0,95	1	1,07
Συνάθροισης κοινού	0,92	0,96	1	1,04
Εκπαίδευσης	0,89	0,94	1	1,06
Υγείας & κοινωνικής πρόνοιας	0,96	0,98	1	1,05
Σωφρονισμού	0,92	0,93	1	1,08
Εμπορίου	0,91	0,95	1	1,08
Γραφείων	0,87	0,93	1	1,10
Βιομηχανία - Βιοτεχνίας	0,91	0,95	1	1,08
Αποθήκευσης	0,92	0,96	1	1,04
Στάθμευσης αυτοκινήτων & πρατήρια υγρών καυσίμων	0,91	0,95	1	1,08

Από τους αναλυτικούς υπολογισμούς που παρατίθενται στο Παράρτημα Α, εκτιμάται πως η συνολική ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για θέρμανση/ψύξη στο κτίριο ανέρχεται σε περίπου 721.226 kWh το χρόνο. Για καλύτερη εποπτεία, το ποσοστό κατανάλωσης για θέρμανση και ψύξη φαίνεται στο Διάγραμμα 3.14.



Διάγραμμα 3.14: Κατανομή της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας για θέρμανση και ψύξη

Το ανωτέρω διάγραμμα είναι ενδεικτικό της μεγάλης κατανάλωσης που δαπανάται για την ψύξη των χώρων. Αυτό οφείλεται, κυρίως, στη μεγάλη ισχύ των ψυκτών, το φορτίο των οποίων είναι σχεδόν 5 φορές μεγαλύτερο από τη συνολική εγκατεστημένη ισχύ όλων των ηλεκτρικών συσκευών που χρησιμοποιούνται στο κτίριο. Περίπου το ¼ (24%) της ηλεκτρικής ενέργειας που δαπανάται για τον κλιματισμό των χώρων αφορά τη θέρμανση και το Ζ.Ν.Χ., ενώ τα υπόλοιπα ¾ (76%) καταναλώνονται για τον δροσισμό των χώρων. Ωστόσο, δεν έχει συμπεριληφθεί η ενέργεια που αποδίδει η καύση του πετρελαίου στους λέβητες προς παραγωγή θέρμανσης και Ζ.Ν.Χ., μιας και το Διάγραμμα 3.14 αφορά μόνο στην κατανάλωση της ηλεκτρικής ενέργειας. Στα επόμενα, λαμβάνεται υπόψιν και η ενέργεια που προέρχεται από την καύση του πετρελαίου, με αποτέλεσμα η κατανομή των ενεργειακών πόρων σε θέρμανση και ψύξη να μεταβάλλεται.

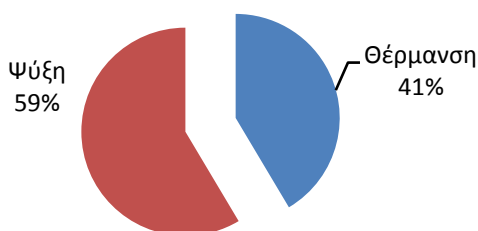
Για να συμπεριληφθεί η ενέργεια που αποδίδεται από την καύση του πετρελαίου για τη θέρμανση των χώρων καθώς και για την παραγωγή Ζ.Ν.Χ. ισχύουν τα εξής: Σύμφωνα με τα τιμολόγια αγοράς πετρελαίου, το 2011 αγοράστηκαν 25.000 lt πετρελαίου θέρμανσης, εκ των οποίων υπολογίζεται ότι χρησιμοποιήθηκαν τα 20.000 lt και τα υπόλοιπα παρέμειναν ως απόθεμα για την επόμενη χρονιά, σύμφωνα με τις πληροφορίες από τους υπεύθυνους συντήρησης. Από την καύση αυτής της ποσότητας του πετρελαίου παράγονται 214.200 kWh (όπου έχουν ληφθεί υπόψιν η κατώτερη θερμογόνο δύναμη του πετρελαίου περίπου στις 11,9 kWh/lt καθώς και ο βαθμός απόδοσης των λεβήτων 90%). Στο Διάγραμμα 3.16 αναπαρίσταται γραφικά η συμμετοχή του πετρελαίου και της ηλεκτρικής ενέργειας για τη θέρμανση των χώρων.



Διάγραμμα 3.15: Κατανομή χρήσης ηλεκτρικής ενέργειας και πετρελαίου για τη θέρμανση των χώρων

Παρατηρείται ότι το πετρέλαιο συμμετέχει σε ποσοστό 55% για την κάλυψη των αναγκών σε θέρμανση του κτιρίου, ενώ η ηλεκτρική ενέργεια που δαπανάται για τον ίδιο λόγο συμμετέχει σε ποσοστό 45%. Αυτό οφείλεται αφενός στην καλή απόδοση που έχουν και οι τέσσερις λέβητες (κατά μέσο όρο 90%) και αφετέρου στη χαμηλή ηλεκτρική κατανάλωση των αντλιών και των Fan-Coil Units.

Εν κατακλείδι, η κατανομή της συνολικής καταναλισκόμενης ενέργειας (ηλεκτρικής ενέργειας και πετρελαίου) για θέρμανση και ψύξη προκύπτει όπως φαίνεται στο Διάγραμμα 3.17.

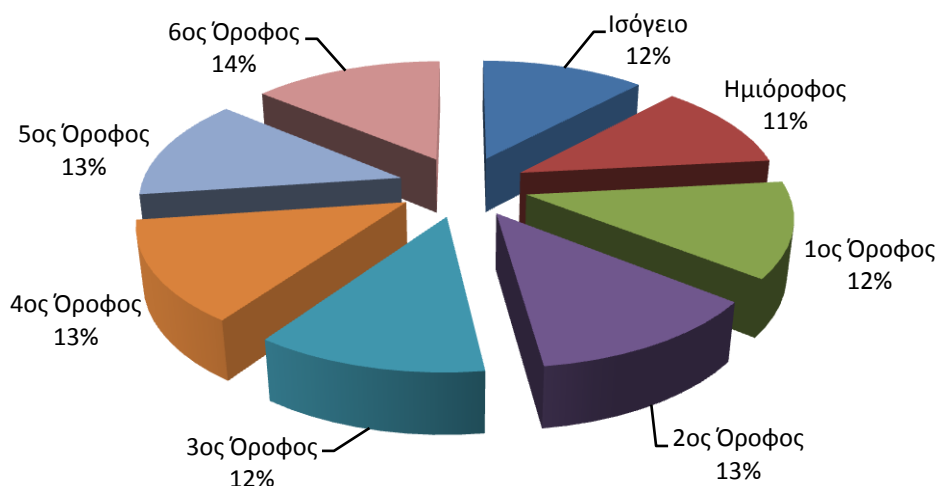


Διάγραμμα 3.16: Κατανομή συνολικής καταναλισκόμενης ενέργειας (ηλεκτρικής ενέργειας και πετρελαίου) για θέρμανση και ψύξη

Από το Διάγραμμα 3.16 φαίνεται ότι για την ψύξη δαπανάται το 59% ενώ για τη θέρμανση το 41% της συνολικής ενέργειας που χρησιμοποιείται για θέρμανση/ψύξη στο κτίριο. Παρατηρείται, δηλαδή, ότι η λειτουργία των ψυκτών συνεισφέρει στο μεγαλύτερο ποσοστό στην κατανάλωση ενέργειας για τον κλιματισμό των χώρων,

ενώ η συνολική κατανάλωση για θέρμανση είναι χαμηλότερη σε σχέση με το Διάγραμμα 3.15, διότι το μεγαλύτερο ποσοστό της θέρμανσης οφείλεται στην καύση του πετρελαίου και όχι στην ηλεκτρική ενέργεια που δαπανάται σε κλιματιστικές μονάδες, αντλίες και Fan-Coil Units, των οποίων η ισχύς είναι κατά πολύ χαμηλότερη από αυτή των ψυκτών.

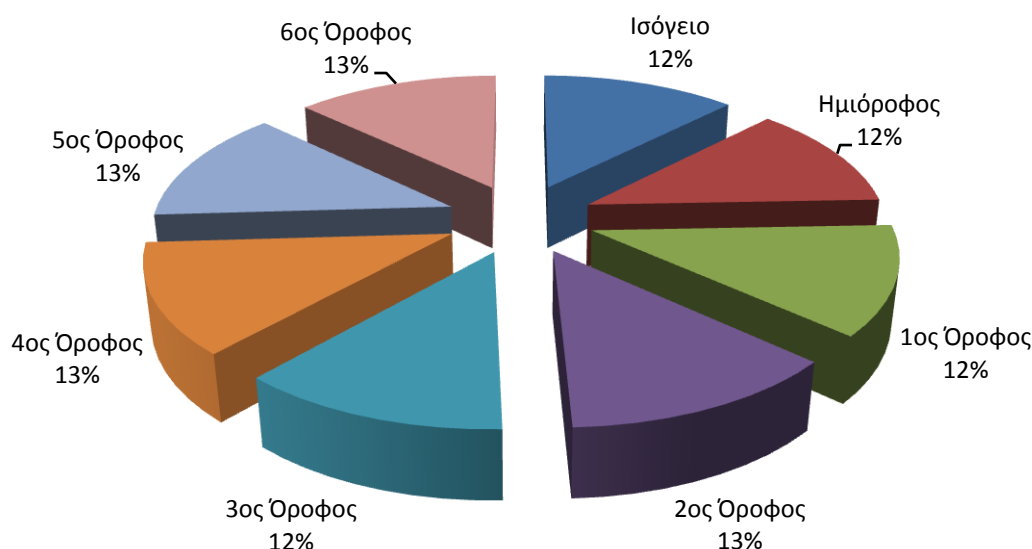
Στο Διάγραμμα 3.17 φαίνεται η κατανομή της ηλεκτρικής ενέργειας για θέρμανση στους επιμέρους ορόφους του κτιρίου.



Διάγραμμα 3.17: Κατανομή ηλεκτρικής ενέργειας για θέρμανση ανά όροφο

Επισημαίνεται ότι για την κατανομή της ηλεκτρικής ενέργειας που καταναλώνεται για θέρμανση στα επιμέρους κτιριακά επίπεδα, θεωρήθηκε ότι η ενέργεια που καταναλώνεται από τις Κεντρικές Κλιματιστικές Μονάδες (Κ.Κ.Μ.) ισομοιράζεται σε όλους τους ορόφους του κτιρίου που εξυπηρετούν, όπως και η ενέργεια που δαπανάται από τις αντλίες για θέρμανση και Ζ.Ν.Χ. Αντίθετα, η κατανάλωση που προέρχεται από air-condition, Fan-Coil Units και τοπικές κλιματιστικές μονάδες ελήφθη υπόψιν και προσμετρήθηκε αναλόγως στους επιμέρους ορόφους που εξυπηρετούν (υπενθυμίζεται ότι οι αναλυτικοί υπολογισμοί παρατίθενται στο Παράρτημα Α). Βάσει των ανωτέρω, λοιπόν, και δεδομένης της ομοιομορφίας των ορόφων του κτιρίου ως προς το εμβαδόν, το ωράριο λειτουργίας και τον τρόπο χρήσης τους, είναι λογική η ισοκατανομή που εμφανίζεται στο Διάγραμμα 3.17. Το ποσοστό της καταναλισκόμενης ενέργειας για θέρμανση σε κάθε όροφο κυμαίνεται από 11% έως 14%. Ο ημιόροφος, μέρος του οποίου είναι μονίμως κενό και δεν έχει μεγάλες ανάγκες για θέρμανση, έχει τη μικρότερη συμμετοχή στη συνολική κατανάλωση ενέργειας. Αντίθετα, ο 6^{ος} όροφος που διαθέτει μεγάλο αριθμό ανεξάρτητων συσκευών air-condition για την αυτόνομη ρύθμιση της θερμοκρασίας των χώρων αυτών από τους χρήστες τους, συγκεντρώνει το υψηλότερο ποσοστό κατανάλωσης ενέργειας για θέρμανση (14%), χωρίς όμως αξιοσημείωτη απόκλιση από τον μέσο όρο των υπόλοιπων επιπέδων (13%).

Η κατανομή της ηλεκτρικής ενέργειας που καταναλώνεται για την ψύξη του κτιρίου ανά όροφο φαίνεται στο Διάγραμμα 3.18.



Διάγραμμα 3.18: Κατανομή ηλεκτρικής ενέργειας για ψύξη ανά όροφο

Από το ανωτέρω διάγραμμα φαίνεται ότι η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για ψύξη είναι περίπου ίδια σε κάθε επίπεδο του κτιρίου, και σε ποσοστό 12% με 13% έκαστη (δηλαδή περίπου 68 MWh ηλεκτρικής ενέργειας κατά μέσο όρο, ετησίως). Η κατανάλωση που οφείλεται στον ηλεκτρομηχανολογικό εξοπλισμό για την παραγωγή της ενέργειας αυτής ισομοιράσθηκε σε όλα τα επίπεδα του κτιρίου, ενώ λήφθηκαν υπόψιν τα ακριβή στοιχεία των καταναλώσεων των A/C, κλιματιστικών μονάδων και των Fan-Coil Units κάθε ορόφου. Κατά συνέπεια, η ομοιόμορφη κατανομή ήταν αναμενόμενη, καθώς όλα τα επίπεδα του κτιρίου έχουν ίσο εμβαδό, με ίδιες απαιτήσεις για ψύξη και παρόμοιους χρόνους λειτουργίας. Ελάχιστη διαφοροποίηση (της τάξης του 1%) παρουσιάζουν οι όροφοι που διαθέτουν συγκεντρωμένες ευαίσθητες ηλεκτρονικές συσκευές, οι οποίες απαιτούν για την καλή λειτουργία τους συγκεκριμένες απαιτήσεις ψύξης (5^{ος} όροφος), καθώς και το ανώτερο επίπεδο (6^{ος} όροφος) για δύο λόγους: πρώτον, λόγω της ελλιπούς θερμομόνωσης της οροφής στην Πτέρυγα Α (θα αναλυθεί εκτενώς στην Παράγραφο 3.5), η οποία επιφέρει μεγαλύτερες ανάγκες ενεργειακής κατανάλωσης για ψύξη και, δεύτερον, λόγω των μεγάλων Αιθουσών Συμβουλίου στον όροφο αυτό, όπου η ύπαρξη πολλών ατόμων τις περισσότερες μέρες του έτους στην αίθουσα συνιστά -αθροιστικά- αξιοσημείωτη πηγή θερμότητας.

3.4.3 Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για ηλεκτρικές συσκευές

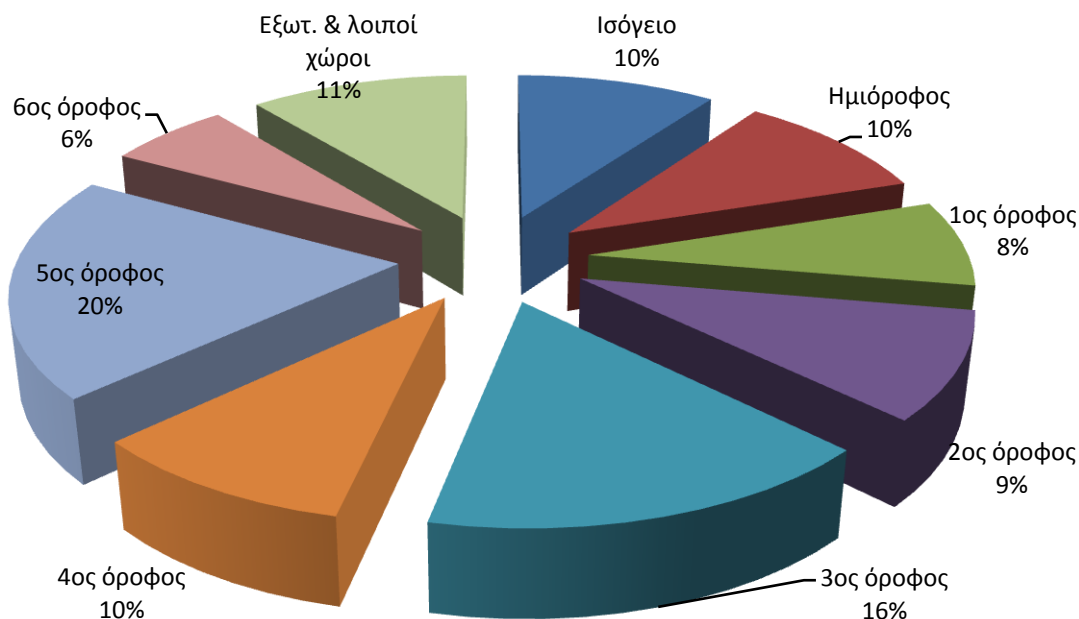
Η συντριπτική πλειοψηφία των ηλεκτρικών συσκευών που χρησιμοποιούνται στο κτίριο αφορά τον εξοπλισμό των γραφείων, και συγκεκριμένα αποτελείται κυρίως από Ηλεκτρονικούς Υπολογιστές (H/Y), δικτυακούς κόμβους (servers), φωτοτυπικά/εκτυπωτικά μηχανήματα και άλλες περιφερειακές συσκευές. Επίσης, στα

ηλεκτρικά φορτία αυτής της κατηγορίας συμπεριλαμβάνονται -μεταξύ άλλων- και οι ανελκυστήρες, τα συστήματα ασφαλείας (κάμερες, καταγραφικά, σύστημα πυρόσβεσης), καθώς και οι στερεοφωνικές/μικροφωνικές εγκαταστάσεις του κτιρίου. Όλες οι κατηγορίες ηλεκτρικών συσκευών που χρησιμοποιούνται στο κτίριο συγκεντρώνονται στον Πίνακα 3.12.

Πίνακας 3.12: Καταγραφή ηλεκτρικών φορτίων

Είδος	Πλήθος	Συνολική εγκατεστημένη ισχύς (kW)
H/Y	244	78,8
δικτυακοί κόμβοι	3	9
φωτοτυπικά μηχανήματα	34	51
εκτυπωτές	84	39,4
fax	4	0,8
TV	5	1
προτζέκτορες	3	0,9
dvd	3	0,15
video	3	0,15
μικροφωνική εγκ/ση	3	1,8
στερεοφωνική εγκ/ση	3	2,7
καταγραφικά	13	0,52
κάμερες ασφαλείας	62	0,31
monitor	44	3,3
αυτόματοι πωλητές	1	1,8
καφετιέρες	14	15,5
θερμαντήρες	1	1,5
ψυγεία	14	2,4
ηλεκ. κουζίνες	14	18
τοστιέρες	7	5,6
ψύκτες νερού	12	7,2
ανελκυστήρες	4	43
Σύνολο		347,3

Η συνολική ονομαστική εγκατεστημένη ισχύς των φορτίων αυτών στο κτίριο είναι 347,3 kW. Αναλυτικά, ο τρόπος υπολογισμού της καταναλισκόμενης ενέργειας για ένα έτος φαίνεται στους Πίνακες Α.16-Α.20 του Παραρτήματος Α και η κατανομή της ενέργειας που δαπανάται κατά τη χρήση τους, βάσει των ωρών λειτουργίας τους, φαίνεται γραφικά στο Διάγραμμα 3.19.



Διάγραμμα 3.19: Κατανομή ενέργειας για ηλεκτρ. συσκευές ανά όροφο

Από το ανωτέρω διάγραμμα, φαίνεται ότι το μεγαλύτερο ποσοστό της καταναλισκόμενης ενέργειας για ηλεκτρικές και ηλεκτρονικές συσκευές στο κτίριο δαπανάται στον 5^ο όροφο, και λίγο λιγότερο στον 3^ο. Αυτό οφείλεται στην ύπαρξη των δικτυακών κόμβων στους αντίστοιχους ορόφους, οι οποίοι λειτουργούν αδιάλειπτα όλο το έτος. Οι υπόλοιποι όροφοι έχουν ομοιόμορφη κατανομή της ενέργειας που καταναλώνουν, και το ποσοστό συμμετοχής τους σε αυτήν είναι από 6% έως 10%. Τα κοινά χαρακτηριστικά τους στην ενεργειακή κατανάλωση οφείλονται αφενός στην ομοιόμορφη αρχιτεκτονική κατασκευή των χώρων (και οι έξι όροφοι έχουν ίδια επιφάνεια) αφετέρου στα κοινά ωράρια απασχόλησης των εργαζομένων σε αυτούς τους χώρους. Ο ημιόροφος, παρότι ένα μεγάλο μέρος του μένει κλειστό όλο το χρόνο, συμμετέχει στην κατανάλωση ενέργειας εξίσου με τους υπόλοιπους ορόφους λόγω της λειτουργίας ενός ακόμη δικτυακού κόμβου στον χώρο αυτό.

Αξιοσημείωτη, επίσης, είναι η κατανάλωση των ανελκυστήρων με ποσοστό 11% της συνολικής κατανάλωσης όλου του κτιρίου (μέσα σε αυτό το ποσοστό περιλαμβάνεται και η κατανάλωση που προκύπτει από τις κάμερες ασφαλείας στο εξωτερικό του κτιρίου, αλλά η συμμετοχή τους είναι αρκετά μικρή συγκρινόμενη με την ενέργεια των ανελκυστήρων). Το ποσοστό συμμετοχής των ανελκυστήρων και των καμερών ασφαλείας συνυπολογίστηκε στην κατανάλωση των εξωτερικών και λοιπών χώρων (βλ. Παράρτημα Α).

3.4.4 Κατανομή καταναλώσεων ανά είδος χρήσης και κτιριακό επίπεδο

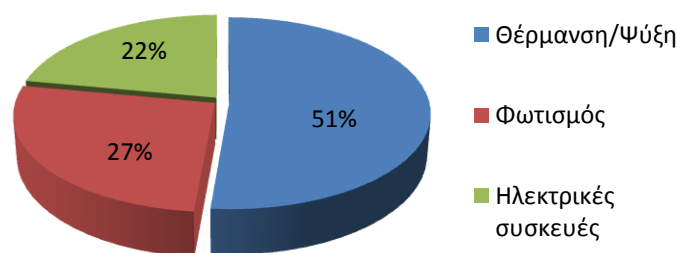
Στον Πίνακα 3.13 συνοψίζονται οι ενεργειακές καταναλώσεις που εκτιμήθηκαν παραπάνω ανά κατηγορία χρήσης σε όλο το κτίριο για ένα έτος.

Πίνακας 3.13: Εκτιμώμενη ετήσια κατανάλωση ενεργειακών πόρων ανά είδος χρήσης

Είδος χρήσης	Ηλεκτρική ενέργεια (kWh)	Πετρέλαιο (kWh)
Φωτισμός	482.843	-
Θέρμανση/Ψύξη	721.226	214.200
Ηλεκτρικές συσκευές	401.299	-
Σύνολο	1.605.368	214.200

Στα τιμολόγια ηλεκτρικής ενέργειας της Δ.Ε.Η. καταγράφηκε πως το 2011 καταναλώθηκαν στο κτίριο συνολικά 1.568.400 kWh ηλεκτρικής ενέργειας. Παρατηρείται, λοιπόν, μία απόκλιση μεταξύ της εκτιμώμενης κατανάλωσης ηλεκτρισμού που προηγήθηκε στις προηγούμενες παραγράφους και στην πραγματική ένδειξη του μετρητή της Δ.Ε.Η. για το έτος 2011, της τάξης του 2,36%. Το σφάλμα αυτό οφείλεται στο γεγονός πως κατά τον υπολογισμό της ενέργειας που καταναλώνεται ανά χρήση στο κτίριο, κάποιες καταναλώσεις *υπερεκτιμήθηκαν* ενώ κάποιες άλλες *υπο-εκτιμήθηκαν*. Αυτό έχει ως συνέπεια την εμφάνιση κάποιου σχετικού σφάλματος κατά τον υπολογισμό της συνολικής κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας, που όμως λόγω της μικρής τιμής του, υποδηλώνει μια αρκετά καλή προσέγγιση των πραγματικών καταναλώσεων που λαμβάνουν χώρα στο κτίριο.

Η γραφική αναπαράσταση της ταξινόμησης των καταναλώσεων ανά κατηγορία χρήσης φαίνεται στο Διάγραμμα 3.20.



Διάγραμμα 3.20: Κατανομή της ενεργειακής κατανάλωσης ανά είδος χρήσης

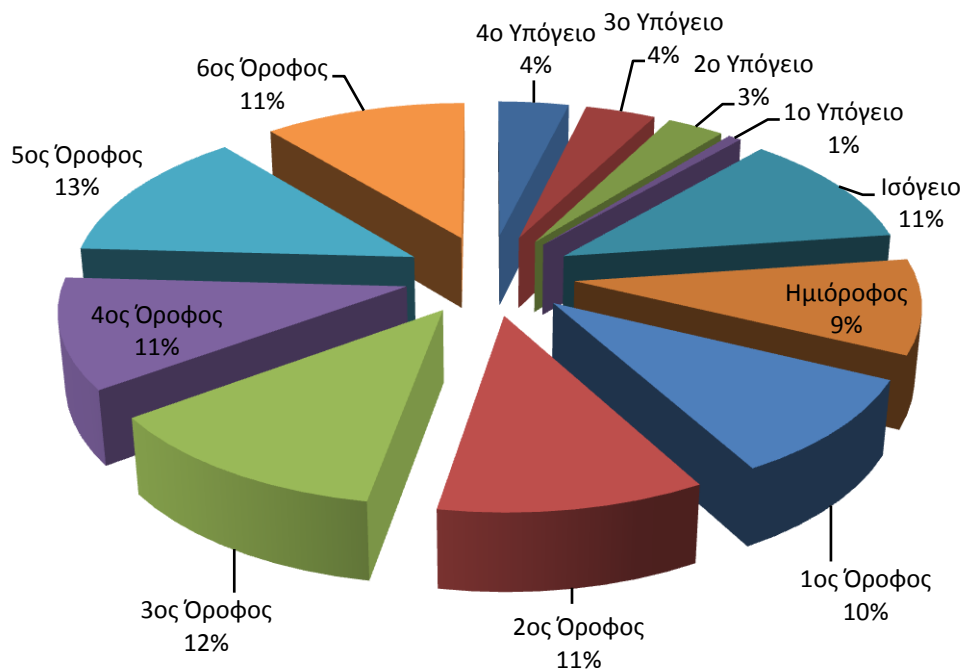
Από την καταγραφή όλων των ηλεκτρικών φορτίων, των εγκατεστημένων συστημάτων και του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού που διενεργήθηκε για τις ανάγκες της παρούσας εργασίας, σε συνδυασμό με τις εκτιμήσεις για τον χρόνο λειτουργίας τους, εκτιμάται ότι ετησίως καταναλώνονται στο κτίριο 1.819.568 kWh

προερχόμενες από ηλεκτρική ενέργεια και πετρέλαιο. Εξ αυτών, το 51% χρησιμοποιείται για τη θέρμανση, την ψύξη και τον κλιματισμό των χώρων. Για τον φωτισμό των εσωτερικών και εξωτερικών χώρων δαπανάται το 27% της συνολικής καταναλισκόμενης ενέργειας, ενώ το μικρότερο ποσοστό (22%) εκτιμάται πως καταναλώνεται λόγω της χρήσης των ηλεκτρικών συσκευών που βρίσκονται στο κτίριο. Η μεγάλη κατανάλωση για θέρμανση/ψύξη μπορεί να συσχετιστεί και με τις θερμικές απώλειες που εντοπίστηκαν με τη χρήση θερμοκάμερας και παρατίθενται στο επόμενο κεφάλαιο, αλλά και με τον υπολογισθέντα μέσο συντελεστή θερμοπερατότητας του κτιριακού κελύφους, ο οποίος υπερβαίνει την επιτρεπόμενη τιμή που προβλέπεται από την Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701/1-2010 (βλ. Παράγραφο 3.5.4).

Συγκεντρώνοντας τα αποτελέσματα των υπολογισμών που προέκυψαν στις προηγούμενες παραγράφους, παρουσιάζεται η συγκεντρωτική ενεργειακή κατανάλωση που λαμβάνει χώρα ανά είδος χρήσης και ανά κτιριακό επίπεδο. Στο Διάγραμμα 3.21 γίνεται γραφική αναπαράσταση των αποτελεσμάτων αυτών, όπου λαμβάνονται υπόψιν μόνο οι εσωτερικοί χώροι των επιπέδων. Ποσοτικά, η ενεργειακή κατανάλωση των επιμέρους επιπέδων ανά είδος χρήσης στο κτίριο φαίνεται στον Πίνακα 3.14.

Πίνακας 3.14: Συγκεντρωτική κατανάλωση ανά κτιριακό επίπεδο

Επίπεδο	Φωτισμός (kWh)	Θέρμανση (kWh)	Ψύξη (kWh)	Ηλεκτρ. συσκευές (kWh)	Σύνολο (kWh)
4 ^ο Υπόγειο	66.273	-	-	-	66.273
3 ^ο Υπόγειο	66.273	-	-	-	66.273
2 ^ο Υπόγειο	53.013	-	-	874	53.887
1 ^ο Υπόγειο	12.571	-	-	-	12.571
Ισόγειο	40.184	47.596	67.984	40.026	195.790
Ημιόροφος	9.104	46.392	65.635	40.351	161.482
1 ^{ος} Όροφος	23.010	48.111	67.336	30.808	169.265
2 ^{ος} Όροφος	31.608	48.165	69.772	38.100	187.645
3 ^{ος} Όροφος	32.673	47.338	66.759	65.089	211.859
4 ^{ος} Όροφος	31.953	49.409	68.190	38.731	188.283
5 ^{ος} Όροφος	26.688	49.663	71.198	79.704	227.253
6 ^{ος} Όροφος	44.015	51.030	70.846	24.529	190.420
Εξωτ. & Λοιποί χώροι	45.479	-	-	43.961	89.440
Σύνολο	482.844	387.704	547.720	401.299	1.819.568

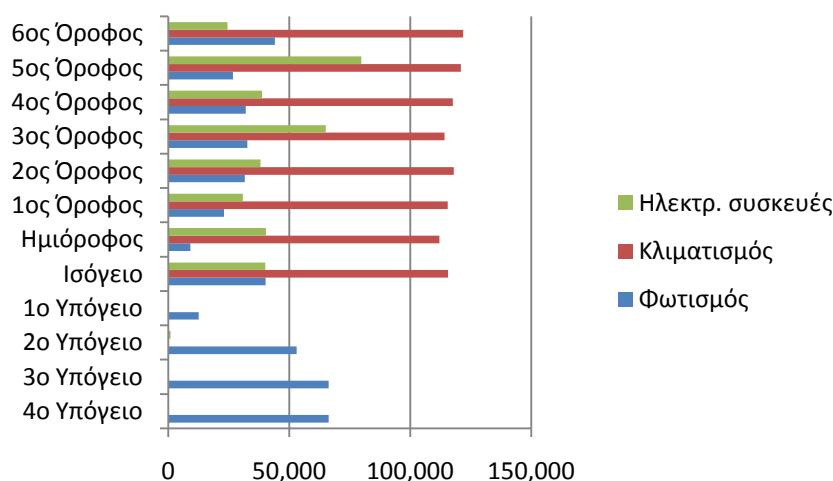


Διάγραμμα 3.21: Κατανομή της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας ανά κτιριακό επίπεδο

Παρατηρείται ότι η μεγαλύτερη κατανάλωση λαμβάνει χώρα στους ορόφους που έχουν αυξημένη εγκατεστημένη ισχύ ευαίσθητων ηλεκτρονικών φορτίων, και κατά συνέπεια, αυξημένες ανάγκες για ψύξη των χώρων αυτών. Η κατανομή της συνολικής ενέργειας στο ισόγειο και τους έξι ορόφους που στεγάζονται τα γραφεία είναι αρκετά ομοιόμορφη, με ποσοστό 11% - 13% έκαστος. Αυτό είναι απόρροια του γεγονότος ότι όλοι οι όροφοι είναι ίσοι σε εμβαδόν, χρησιμοποιούνται για τους ίδιους λόγους (χώροι γραφείων) και οι εργαζόμενοι σε αυτά έχουν παρόμοια ωράρια εργασίας. Ο ημιόροφος συμμετέχει σε ποσοστό 9% της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας στο κτίριο, κι αυτό διότι ένα μεγάλο μέρος του είναι μονίμως κενό, συνεπώς δεν χρησιμοποιείται καθ' όλη τη διάρκεια του έτους, διαθέτει όμως έναν δικτυακό κόμβο. Η κατανάλωση των υπογείων προέρχεται κυρίως από τις ανάγκες φωτισμού, οι οποίες όμως δεν είναι ιδιαίτερα απαιτητικές ούτε σε ένταση, ούτε και σε χρόνο λειτουργίας.

Στο Διάγραμμα 3.22 απεικονίζεται το σύνολο των ενεργειακών καταναλώσεων ανά κατηγορία και κτιριακό επίπεδο. Είναι εμφανές πως το μεγαλύτερο μέρος της ενέργειας που καταναλώνεται οφείλεται στη θέρμανση και ψύξη των κλιματιζόμενων χώρων (ισόγειο έως 6^{ος} όροφος) και αποτελεί το 51% της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας στο κτίριο. Επιπλέον, η κατανάλωση για φωτισμό εκτιμάται πως συμμετέχει σε ποσοστό 27% στη συνολική κατανάλωση ενέργειας, και οι 482.843 kWh που υπολογίστηκαν στα προηγούμενα είναι ισοκαταναμημένες στους χώρους των γραφείων, με εξαίρεση τον ημιόροφο, του οποίου μεγάλο τμήμα είναι κενός χώρος. Επίσης, ο 6^{ος} όροφος έχει μεγαλύτερη κατανάλωση σε φωτισμό, λόγω των Διευθυντικών γραφείων όπου στεγάζονται εκεί και των Αιθουσών συμβουλίου, όπου η εγκατεστημένη ισχύς των φωτιστικών είναι αυξημένη σε σχέση με τους υπόλοιπους

ορόφους γραφείων. Όσον αφορά την κατανάλωση των ηλεκτρικών συσκευών, υπολογίστηκε στα προηγούμενα ότι καταναλώνουν 401.299 kWh ετησίως. Όπως φαίνεται και στο Διάγραμμα 3.22, η κατανάλωση των ηλεκτρικών συσκευών είναι παρόμοια στους χώρους που χρησιμοποιούνται ως γραφεία, και σχεδόν μηδενική στα υπόγεια όπου υπάρχουν μόνο οι κάμερες ασφαλείας, των οποίων όμως η κατανάλωση είναι αμελητέα. Σημαντική διαφοροποίηση, όμως, παρουσιάζουν ο 3^{ος} και ο 5^{ος} όροφος, λόγω των δικτυακών κόμβων που είναι τοποθετημένοι σε αυτούς τους χώρους. Τέλος, η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας και στα 4 υπόγεια είναι παρόμοια μεταξύ τους και οφείλεται (σχεδόν) αποκλειστικά στην κάλυψη των αναγκών φωταγώγησης των χώρων στάθμευσης. Εξαίρεση αποτελεί το επίπεδο -1, όπου χρησιμοποιείται ως αποθηκευτικός χώρος, και το εμβαδόν του είναι σημαντικά μικρότερο σε σχέση με την επιφάνεια που καλύπτουν τα άλλα τρία υπόγεια. Για αυτόν τον λόγο, έχει μειωμένη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας σε φωτισμό, έναντι των υπολοίπων.



Διάγραμμα 3.22: Κατανομή της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας ανά είδος χρήσης και κτιριακό επίπεδο

3.5 Υπολογισμός θερμομονωτικής ικανότητας κτιριακού κελύφους

3.5.1 Μεθοδολογία

Για τον έλεγχο της θερμομόνωσης, λαμβάνονται υπόψιν τα εξής δεδομένα για το κτιριακό κέλυφος:

- Κλιματική ζώνη στην οποία ανήκει
- Δομικά στοιχεία της κατασκευής
 - το εμβαδόν που καταλαμβάνει το κάθε δομικό στοιχείο

- ο χώρος με τον οποίο έρχονται σε επαφή
- ο τύπος κατασκευής του
- Φέρων οργανισμός
 - το εμβαδόν φέροντος οργανισμού
 - ο τύπος κατασκευής του
- Οροφή
 - το εμβαδόν οροφής
 - ο τύπος κατασκευής της
- Δάπεδο
 - το εμβαδόν του δαπέδου
 - ο τύπος κατασκευής του
 - ο χώρος με τον οποίο έρχεται σε επαφή
- Ανοίγματα
 - το εμβαδόν ανοιγμάτων
 - ο τύπος κάθε ανοίγματος
- Θερμογέφυρες

Σύμφωνα με τον Κ.Εν.Α.Κ., η ελληνική επικράτεια διαιρείται σε τέσσερις κλιματικές ζώνες με βάση τις βαθμοημέρες θέρμανσης. Στον Πίνακα 3.15, που ακολουθεί, κατατάσσονται οι νομοί της Ελλάδας στις επιμέρους ζώνες (από τη θερμότερη προς την ψυχρότερη).

Πίνακας 3.15: Νομοί της Ελλάδας ανά κλιματική ζώνη

Κλιματική Ζώνη	Νομοί
Ζώνη Α	Ηράκλειο, Χανιά, Ρέθυμνο, Λασιθί, Κυκλάδες, Δωδεκάνησα, Σάμος, Μεσσηνία, Λακωνία, Αργολίδα, Ζάκυνθος, Κεφαλονιά, Ιθάκη
Ζώνη Β	Κορινθία, Ηλεία, Αχαΐα, Αιτωλοακαρνανία, Φθιώτιδα, Φωκίδα, Βοιωτία, Αττική, Εύβοια, Μαγνησία, Σποράδες, Λέσβος, Χίος, Κέρκυρα, Λευκάδα, Θεσπρωτία, Πρέβεζα, Άρτα
Ζώνη Γ	Αρκαδία, Ευρυτανία, Ιωάννινα, Λάρισα, Καρδίτσα, Τρίκαλα, Πιερία, Ημαθία, Πέλλα, Θεσσαλονίκη, Κιλκίς, Χαλκιδική, Σέρρες, Καβάλα, Δράμα, Θάσος, Σαμοθράκη, Ξάνθη, Ροδόπη, Έβρος
Ζώνη Δ	Γρεβενά, Κοζάνη, Καστοριά, Φλώρινα

Κατά συνέπεια, βάσει του χάρτη με τις κλιματικές ζώνες της Ελλάδας του Κ.Εν.Α.Κ., προκύπτει ότι το υπό μελέτη κτίριο υπάγεται στην Β κλιματική ζώνη της Ελλάδας.

Επίσης, σύμφωνα με την Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701 – 1/2010, γίνεται η εξής διάκριση των κτιρίων ως προς την περίοδο έκδοσης της οικοδομικής άδειας:

- **1^η κατηγορία:** Περιλαμβάνει τα κτίρια για τα οποία εκδόθηκε οικοδομική άδεια πριν από την εφαρμογή του Κανονισμού Θερμομόνωσης Κτιρίων (4 Ιουλίου 1979) και, τυπικά, η περίοδος οριοθετείται από την 1^η Ιανουαρίου 1980.

- **2^η κατηγορία:** Περιλαμβάνει τα κτίρια των οποίων η οικοδομική άδεια εκδόθηκε την περίοδο 1979 – 2010.
- **3^η κατηγορία:** Περιλαμβάνει τα κτίρια για τα οποία εκδόθηκε άδεια μετά την εφαρμογή του Κ.Εν.Α.Κ. (2010).

Το κτίριο κατασκευάστηκε το 1995, συνεπώς ανήκει στη 2^η κατηγορία. Την περίοδο της κατασκευής του ήταν, λοιπόν, σε ισχύ ο Κανονισμός Θερμομόνωσης Κτιρίων, γι' αυτό και πριν τη συγγραφή της παρούσας διπλωματικής εργασίας είχε ήδη συνταχθεί μελέτη θερμομόνωσης για το κτίριο από αρμόδιο Μηχανικό, κατά τη διαδικασία έκδοσης της οικοδομικής άδειας. Όπως ορίζεται στην Παράγραφο 3.2.2. της Τεχνικής Οδηγίας του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδος «Αναλυτικές εθνικές προδιαγραφές παραμέτρων για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης κτιρίων και την έκδοση του Πιστοποιητικού Ενεργειακής Απόδοσης» (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε./2010), οι τιμές των συντελεστών θερμοπερατότητας λαμβάνονται ως *δεδομένοι*, βάσει της προηγούμενης μελέτης θερμομόνωσης, και συνεπώς, στην παρούσα εργασία παρουσιάζονται σύμφωνα με τις απαιτήσεις της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε.

Για την ανάλυση της θερμικής επάρκειας του κελύφους ελήφθησαν υπόψιν μόνο οι θερμαινόμενοι χώροι του κτιρίου. Σε αυτούς περιλαμβάνονται το ισόγειο, ο ημιόροφος και οι όροφοι 1^{ος} έως 6^{ος}. Δηλαδή, τα τέσσερα υπόγεια τμήματα του κτιρίου δεν συμπεριλήφθηκαν στους υπολογισμούς διότι δεν διαθέτουν συστήματα θέρμανσης/ψύξης.

Σύμφωνα με την Παράγραφο 3.2.2.6. της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701 – 1/2010, κατά τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας των κτιρίων που έχουν κατασκευαστεί στο χρονικό διάστημα που ίσχυε ο Κ.Θ.Κ., θα πρέπει να συνυπολογίζεται η επίδραση των *θερμογεφυρών* για τον έλεγχο της θερμικής επάρκειας του κτιριακού κελύφους. Προσεγγιστικά, αυτές λαμβάνονται υπόψιν προσανξάνοντας τον συντελεστή θερμοπερατότητας κάθε δομικού στοιχείου κατά $\Delta U = 0,10 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, εξαιρουμένων των κουφωμάτων και των δομικών στοιχείων που βρίσκονται σε επαφή με το έδαφος.

Συγκεντρωτικά, οι συνολικές επιφάνειες και ο όγκος των επιμέρους στοιχείων των θερμαινόμενων χώρων δίδονται στον Πίνακα 3.16.

Πίνακας 3.16: Κατανομή επιφανειών και όγκος στους θερμαινόμενους χώρους

Επιφάνεια θερμαινόμενων χώρων	6.896 m ²
Επιφάνεια εξωτερικών τοίχων	2.928 m ²
Επιφάνεια ανοιγμάτων (παράθυρα – πόρτες)	1.522 m ²
Όγκος	20.246 m ³

Πιο συγκεκριμένα, η πτέρυγα Α έχει συνολική επιφάνεια εξωτερικών τοίχων 1.707 m², συνολική επιφάνεια ανοιγμάτων 760 m², και όγκο 13.361 m³. Κάθε όροφος στην πτέρυγα Α έχει εμβαδόν 539 m². Αντίστοιχα, στην πτέρυγα Β η συνολική επιφάνεια

των εξωτερικών τοίχων είναι 1.221 m^2 , η επιφάνεια των ανοιγμάτων είναι 762 m^2 και η πτέρυγα Β έχει όγκο 6.885 m^3 . Κάθε όροφος της πτέρυγας Β είναι 323 m^2 .

3.5.2 Συντελεστής θερμοπερατότητας δομικών στοιχείων

Το κτιριακό κέλυφος του κτιρίου αποτελείται από τους εξής τύπους δομικών στοιχείων:

- **Εξωτερική τοιχοποιία:** Πρόκειται για οπτοπλινθοδομή και έχει συνολικό πάχος 30 cm. Εσωτερικά έχει επένδυση με μονωτικό υλικό (ντάου). Είναι σε επαφή με τον αέρα του εξωτερικού περιβάλλοντος.
- **Δοκοί – υποστυλώματα:** Είναι κατασκευασμένα με οπλισμένο σκυρόδεμα, πάχους 82 cm. Στο εσωτερικό τους έχει τοποθετηθεί μονωτικό υλικό. Βρίσκονται σε επαφή με τον αέρα του εξωτερικού περιβάλλοντος.
- **Οροφή πτέρυγας Α:** Αποτελείται από γαρμπιλομωσαϊκό, στεγανωτικό υλικό, μπετόν κλίσης, μόνωση, πλάκα και επίχρισμα. Το συνολικό πάχος των υλικών είναι 40 cm.
- **Οροφή πτέρυγας Β:** Η σύνθεση των υλικών είναι ακριβώς ίδια με την οροφή της πτέρυγας Α, με τη διαφορά πως το πάχος του μονωτικού υλικού που χρησιμοποιήθηκε στην πτέρυγα Β είναι κατά 4 cm μεγαλύτερο από την πτέρυγα Α.
- **Δάπεδο σε Μ.Θ.Χ.:** Είναι το δάπεδο που έρχεται σε επαφή με Μη Θερμαινόμενο Χώρο (Μ.Θ.Χ.) και είναι κατασκευασμένο από οπλισμένο σκυρόδεμα 15. Το συνολικό πάχος των υλικών που το συνθέτουν είναι 27 cm.
- **Ανοίγματα:** Έχουν διπλούς υαλοπίνακες σε μεταλλικά πλαίσια, χωρίς θερμοδιακοπή και διατάξεις εξωτερικής σκίασης.

Οι μέγιστες τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας που επιτρέπονται βάσει της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε./2010 «Θερμοφυσικές ιδιότητες δομικών υλικών και έλεγχος της θερμομονωτικής επάρκειας των κτιρίων» για τα ανωτέρω δομικά στοιχεία, στη Β κλιματική ζώνη όπου εμπίπτει και το υπό μελέτη κτίριο, παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.17. Στον Πίνακα 3.18, ακολούθως, αναγράφονται οι μέγιστες τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας των κτιρίων, βάσει των διαστάσεών τους, ανά κλιματική ζώνη.

Πίνακας 3.17: Μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας των δομικών στοιχείων που αφορούν το υπό μελέτη κτίριο (κλιματική ζώνη Β)

Δομικό στοιχείο	Σύμβολο	Μέγιστος επιτρεπόμενος συντελεστής θερμοπερατότητας [$\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$]
Εξωτερική τοιχοποιία	$U_{V,W}$	0,50
Δοκοί – υποστυλώματα	$U_{V,W}$	0,50
Οροφή πτέρυγας Α	$U_{V,D}$	0,45
Οροφή πτέρυγας Β	$U_{V,D}$	0,45

Δάπεδο σε Μ.Θ.Χ.	U_{V-G}	0,90
Ανοίγματα	U_{V-F}	3,00

Πίνακας 3.18: Μέγιστος επιτρεπόμενος μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας U_m κτιρίου για τις τέσσερις κλιματικές ζώνες στην Ελλάδα

$A/V \text{ (m}^{-1}\text{)}$	Μέγιστος επιτρεπόμενος μέσος συντελεστής (U_m) σε $[W/m^2 \cdot K]$			
	Ζώνη Α	Ζώνη Β	Ζώνη Γ	Ζώνη Δ
$\leq 0,2$	1,26	1,14	1,05	0,96
0,3	1,20	1,09	1,00	0,92
0,4	1,15	1,03	0,95	0,87
0,5	1,09	0,98	0,90	0,83
0,6	1,03	0,93	0,86	0,78
0,7	0,98	0,88	0,81	0,73
0,8	0,92	0,83	0,76	0,69
0,9	0,86	0,78	0,71	0,64
$\geq 1,0$	0,81	0,73	0,66	0,60

Στη συνέχεια, ακολουθούν οι υπολογισμοί για την εξαγωγή του συντελεστή θερμοπερατότητας κάθε δομικού στοιχείου του κελύφους του κτιρίου. Οι τιμές των αντιστάσεων θερμικής μετάβασης R_i και R_a προκύπτουν από την προαναφερθείσα Τ.Ο.Τ.Ε.Ε./2010 και συνοψίζονται στον Πίνακα 3.19.

Πίνακας 3.19: Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης για τα δομικά στοιχεία του υπό μελέτη κτιρίου

Δομικό στοιχείο	Αντιστάσεις θερμικής μετάβασης	
	$R_i [(m^2 \cdot K)/W]$	$R_a [(m^2 \cdot K)/W]$
Εξωτερικοί τοίχοι και παράθυρα (προς εξωτ. αέρα)	0,13	0,04
Στέγη, δώμα (ανερχόμενη ροή θερμότητας)	0,10	0,04
Δάπεδο επάνω από Μ.Θ.Χ. (κατερχόμενη ροή θερμότητας)	0,17	0,17

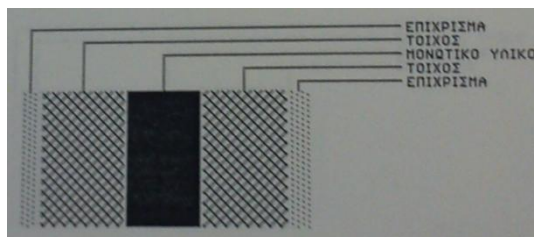
Ακολουθεί ο υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας για τα διάφορα δομικά στοιχεία του κελύφους:

Δομικό στοιχείο: Εξωτερική τοιχοποιία

Πίνακας 3.20: Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας εξωτερικής τοιχοποιίας

A/A	Υλικό	Πάχος d [m]	Συντελεστής $\lambda [W/(m \cdot K)]$	$d/\lambda [(m^2 \cdot K)/W]$
1	Επίχρισμα	0,02	0,872	0,023
2	Οπτόπλινθοι	0,09	0,523	0,172
3	Μονωτικό υλικό	0,08	0,041	1,951
4	Οπτόπλινθοι	0,09	0,523	0,172

5	Επίχρισμα	0,02	0,872	0,023
Σύνολο		0,30		2,341



Σχήμα 3.1: Σκαρίφημα του τύπου κατασκευής της εξωτερικής τοιχοποιίας

Οι αντιστάσεις θερμικής μετάβασης είναι:

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

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

Από τα παραπάνω, ο συντελεστής θερμοπερατότητας υπολογίζεται:

$$U = \frac{1}{R_i + \sum_{j=1}^n R_j + R_a} = 0,3982 \text{ W / (m}^2\text{K)}$$

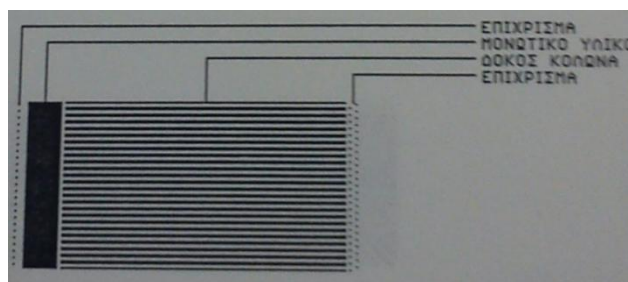
$$\xrightarrow{+0,1 \text{ λόγω θερμογεφυρών}} U_{V,W} = 0,4982 \text{ W / (m}^2\text{K)} < U_{V,W, \max} = 0,50 \text{ W / (m}^2\text{K)}$$

Παρατηρείται ότι ο συντελεστής θερμοπερατότητας της εξωτερικής τοιχοποιίας είναι μικρότερος από τον μέγιστο επιτρεπόμενο. Το γεγονός αυτό υποδεικνύει πως η θερμομόνωση αυτού του δομικού στοιχείου είναι ικανοποιητική. Θα πρέπει, βέβαια, να αναφερθεί ότι η απόκλιση του από την μέγιστη τιμή είναι λιγότερο από ένα εκατοστό, αλλά από την ασφαλή πλευρά.

Δομικό στοιχείο: Δοκοί – Υποστυλώματα

Πίνακας 3.21: Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας δοκών-υποστυλωμάτων

A/A	Υλικά	Πάχος d [m]	Συντελεστής λ [W/(m·K)]	d/λ [(m ² ·K)/W]
1	Επίχρισμα	0,02	0,872	0,023
2	Μονωτικό υλικό	0,08	0,041	1,951
3	Δοκός κολώνα	0,70	2,035	0,344
4	Επίχρισμα	0,02	0,872	0,023
Σύνολο		0,82		2,341



Σχήμα 3.2: Σκαρίφημα του τύπου κατασκευής των δοκών - υποστυλωμάτων

Οι αντιστάσεις θερμικής μετάβασης είναι:

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

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

Από τα παραπάνω, ο συντελεστής θερμοπερατότητας υπολογίζεται:

$$U = \frac{1}{R_i + \sum_{j=1}^n R_j + R_a} = 0,3982 \text{ W / (m}^2\text{K)}$$

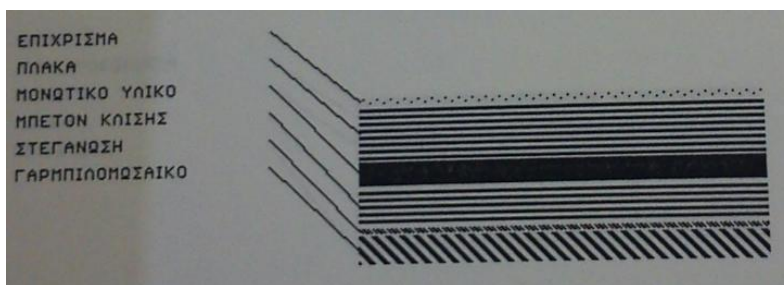
$$\xrightarrow{+0,1 \text{ λόγω θερμογεφυρώων}} U_{V_W} = 0,4982 \text{ W / (m}^2\text{K)} < U_{V_W, \max} = 0,50 \text{ W / (m}^2\text{K)}$$

Παρατηρείται ότι ο συντελεστής θερμοπερατότητας για δοκούς – υποστυλώματα είναι μικρότερος από τον μέγιστο επιτρεπόμενο. Το γεγονός αυτό υποδεικνύει πως η θερμομόνωση αυτού του δομικού στοιχείου είναι ικανοποιητική.

Δομικό στοιχείο: Οροφή πτέρυγας Α

Πίνακας 3.22: Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας οροφής πτέρυγας Α

A/A	Υλικά	Πάχος d [m]	Συντελεστής λ [W/(m·K)]	d/λ [(m ² ·K)/W]
1	Επίχρισμα	0,02	0,872	0,023
2	Πλάκα	0,14	2,035	0,069
3	Μονωτικό υλικό	0,06	0,041	1,463
4	Μπετόν κλίσης	0,10	0,349	0,287
5	Στεγάνωση	0,01	0,175	0,057
6	Γαρμπιλομωσαϊκό	0,07	0,640	0,109
Σύνολο		0,40		2,008



Σχήμα 3.3: Σκαρίφημα του τύπου κατασκευής της οροφής της πτέρυγας Α

Οι αντιστάσεις θερμικής μετάβασης είναι:

$$R_i = 0,10 \text{ (m}^2\text{K)} / \text{W}$$

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

Από τα παραπάνω, ο συντελεστής θερμοπερατότητας υπολογίζεται:

$$U = \frac{1}{R_i + \sum_{j=1}^n R_j + R_a} = 0,4655 \text{ W / (m}^2\text{K)}$$

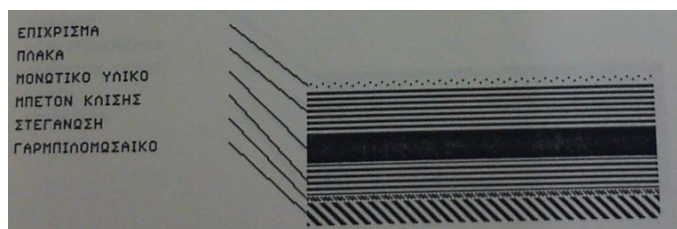
$$\xrightarrow{+0,1 \text{ λόγω θερμογεφυρών}} U_{V_D} = 0,5655 \text{ W / (m}^2\text{K)} > U_{V_D, \max} = 0,45 \text{ W / (m}^2\text{K)}$$

Παρατηρείται ότι ο συντελεστής θερμοπερατότητας της οροφής στην πτέρυγα Α είναι μεγαλύτερος από τον μέγιστο επιτρεπόμενο. Το γεγονός αυτό υποδεικνύει πως η θερμομόνωση αυτού του δομικού στοιχείου, οριακά, δεν πληροί τις προδιαγραφές. Αξιοσημείωτο είναι, πάντως, το γεγονός ότι η απόκλιση από το ισχύον όριο του Κ.Εν.Α.Κ. δεν είναι ιδιαίτερα μεγάλη.

Δομικό στοιχείο: Οροφή πτέρυγας Β

Πίνακας 3.23: Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας οροφής πτέρυγας Β

A/A	Υλικά	Πάχος d [m]	Συντελεστής λ [W/(m·K)]	d/λ [(m ² ·K)/W]
1	Επίχρισμα	0,02	0,872	0,023
2	Πλάκα	0,14	2,035	0,069
3	Μονωτικό υλικό	0,10	0,041	2,439
4	Μπετόν κλίσης	0,10	0,349	0,287
5	Στεγάνωση	0,01	0,175	0,057
6	Γαρμπιλομωσαϊκό	0,07	0,640	0,109
Σύνολο		0,44		2,984



Σχήμα 3.4: Σκαρίφημα του τύπου κατασκευής της οροφής της πτέρυγας Β

Οι αντιστάσεις θερμικής μετάβασης είναι:

$$R_i = 0,10 \text{ (m}^2\text{K)} / \text{W}$$

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

Από τα παραπάνω, ο συντελεστής θερμοπερατότητας υπολογίζεται:

$$U = \frac{1}{R_i + \sum_{j=1}^n R_j + R_a} = 0,3201 \text{ W / (m}^2\text{K)}$$

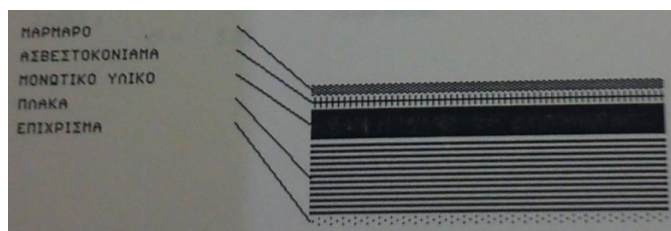
$$\xrightarrow{+0,1 \text{ λόγω θερμογεφυρών}} U_{V_D} = 0,4201 \text{ W / (m}^2\text{K)} < U_{V_D, \max} = 0,45 \text{ W / (m}^2\text{K)}$$

Παρατηρείται ότι ο συντελεστής θερμοπερατότητας της οροφής είναι μικρότερος από τον μέγιστο επιτρεπόμενο. Το γεγονός αυτό υποδεικνύει ότι το συγκεκριμένο δομικό στοιχείο πληροί τις προδιαγραφές θερμομόνωσης. Αυτό δικαιολογείται από το γεγονός ότι η στρώση του μονωτικού υλικού έχει μεγαλύτερο πάχος (κατά 4 cm) από τη στρώση που τοποθετήθηκε στην οροφή της πτέρυγας Α, και αυτό είναι αρκετό για να θερμομονωθεί επαρκώς η οροφή της πτέρυγας Β του κτιρίου.

Δομικό στοιχείο: Δάπεδο σε Μ.Θ.Χ.

Πίνακας 3.24: Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας δαπέδου σε Μ.Θ.Χ.

A/A	Υλικά	Πάχος d [m]	Συντελεστής λ [W/(m·K)]	d/λ [(m ² ·K)/W]
1	Μάρμαρο	0,02	3,489	0,006
2	Ασβεστοκονίαμα	0,02	0,872	0,023
3	Μονωτικό υλικό	0,06	0,041	1,474
4	Πλάκα	0,15	2,035	0,074
5	Επίχρισμα	0,02	0,872	0,023
Σύνολο		0,27		1,599



Σχήμα 3.5: Σκαρίφημα του τύπου κατασκευής του δαπέδου σε Μ.Θ.Χ.

Οι αντιστάσεις θερμικής μετάβασης είναι:

$$R_i = 0,17 \text{ (m}^2\text{K) / W}$$

$$R_a = 0,17 \text{ (m}^2\text{K) / W}$$

Από τα παραπάνω, ο συντελεστής θερμοπερατότητας υπολογίζεται:

$$U_{V-G} = \frac{1}{R_i + \sum_{j=1}^n R_j + R_a} = 0,5157 \text{ W / (m}^2\text{K)} < U_{V-G, \max} = 0,90 \text{ W / (m}^2\text{K)}$$

Παρατηρείται ο συντελεστής θερμοπερατότητας των δαπέδων σε Μ.Θ.Χ. είναι εντός του επιτρεπόμενου ορίου, και μάλιστα αρκετά μικρότερος από τη μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή. Συνεπώς, η θερμομόνωση αυτού του δομικού στοιχείου πληροί τις προδιαγραφές θερμομόνωσης σε εξαιρετικά ικανοποιητικό βαθμό.

Δομικό στοιχείο: Ανοίγματα

Τα παράθυρα του κτιρίου έχουν μονό κούφωμα αλουμινίου χωρίς θερμοδιακοπή, με διπλούς υαλοπίνακες. Το διάκενο είναι από αέρα και οι διαστάσεις των υαλοπινάκων και του διακένου είναι 3-6-3. Επίσης, οι υαλοπίνακες διαθέτουν στρώση χαμηλής εκπομπής, ώστε ο συντελεστής σκίασης να είναι μικρότερος από 0,35. Ο συντελεστής θερμοπερατότητας των ανοιγμάτων λαμβάνεται από τον Πίνακα 3.25 (ο οποίος αναγράφεται στην παράγραφο 3.2.3.4. της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701 – 1/2010), ίσος με 3,60 W/(m²K).

Πίνακας 3.25: Τυπικές τιμές συντελεστή θερμοπερατότητας κουφωμάτων U_{V-F} [σε $W/(m^2.K)$], όπου έχει επισημανθεί σε πλαίσιο ο συντελεστής που αντιστοιχεί στα κουφώματα του υπό μελέτη κτιρίου

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

Στη συνέχεια, η τιμή αυτή συγκρίνεται με τη μέγιστη επιτρεπόμενη από τον Πίνακα 3.17: $U_{V-F} = 3,6 W/(m^2.K) > U_{V-F, \max} = 3 W/(m^2.K)$. Άρα, τα εξωτερικά κουφώματα δεν ικανοποιούν τις απαιτήσεις θερμομονωτικής προστασίας του Κανονισμού. (Υπενθυμίζεται ότι στα κουφώματα δεν προβλέπεται προσαύξηση κατά $0,1 W/(m^2.K)$ για τον συνυπολογισμό των θερμογεφυρών, σύμφωνα με την Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701 – 1/2010).

3.5.3 Συντελεστής θερμοπερατότητας ανά κτιριακό επίπεδο

Στην παρούσα παράγραφο, υπολογίζεται ο συντελεστής θερμοπερατότητας του κατακόρυφου κελύφους κάθε κτιριακού επιπέδου. Τα οριζόντια στοιχεία (δάπεδο, οροφή) θα μελετηθούν στον υπολογισμό του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας του κτιριακού κελύφους συνολικά, στην επόμενη παράγραφο.

Για κάθε κτιριακό επίπεδο, πολλαπλασιάζεται η επιφάνεια που καταλαμβάνει το κάθε δομικό στοιχείο επί τον συντελεστή θερμοπερατότητας του εκάστοτε δομικού στοιχείου, όπως αυτός υπολογίστηκε στην προηγούμενη παράγραφο. Κατόπιν, τα γινόμενα αυτά αθροίζονται και διαιρούνται με το σύνολο της επιφάνειας που

καλύπτουν τα δομικά στοιχεία κάθε επιπέδου του κτιρίου. Ο λόγος αυτός ισούται με τον συντελεστή θερμοπερατότητας του κατακόρυφου κελύφους ανά επίπεδο του κτιρίου.

Ισόγειο

Πίνακας 3.26: Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας ισόγειου

Δομικό στοιχείο	Επιφάνεια A [m ²]	Συντελεστής θερμοπερατότητας U [W / (m ² ·K)]	b	U * A * b
εξωτερική τοιχοποιία	453	0,4982	1	226
δοκοί-υποστυλώματα	113	0,4982	1	56
ανοίγματα	399	3,6000	1	1.436
Σύνολο	Σ A = 965 m²			Σ(U * A * b) = 1718 W / K

$$U_{m, \text{ισ.}} = \frac{\sum U * A * b}{\sum A} = 1,7803 \text{ W} / \text{m}^2 \cdot \text{K}$$

Ημιόροφος

Πίνακας 3.27: Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας ημιόροφου

Δομικό στοιχείο	Επιφάνεια A [m ²]	Συντελεστής θερμοπερατότητας U [W / (m ² ·K)]	b	U * A * b
εξωτερική τοιχοποιία	202	0,4982	1	101
δοκοί-υποστυλώματα	50	0,4982	1	25
ανοίγματα	177	3,6000	1	637
Σύνολο	Σ A = 429 m²			Σ(U * A * b) = 763 W / K

$$U_{m, \text{ημ.}} = \frac{\sum A * F * b}{\sum A} = 1,7786 \text{ W} / \text{m}^2 \cdot \text{K}$$

1^{ος} όροφος

Πίνακας 3.28: Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας 1^{ου} ορόφου

Δομικό στοιχείο	Επιφάνεια A [m ²]	Συντελεστής θερμοπερατότητας U [W / (m ² ·K)]	b	U * A * b
-----------------	-------------------------------	--	---	-----------

εξωτερική τοιχοποιία	369	0,4982	1	184
δοκοί-υποστυλώματα	92	0,4982	1	46
ανοίγματα	154	3,6000	1	554
Σύνολο	$\Sigma A = 615 \text{ m}^2$			$\Sigma(U * A * b) = 784 \text{ W / K}$

$$U_{m, 105} = \frac{\Sigma U * A * b}{\Sigma A} = 1,2748 \text{ W / m}^2 \cdot K$$

2^{ος} όροφος – 5^{ος} όροφος

Ο συντελεστής θερμοπερατότητας U_m των ορόφων από τον 2^ο έως τον 5^ο είναι ίδιος και για τους τέσσερις αυτούς ορόφους, λόγω της αρχιτεκτονικής και κατασκευαστικής ομοιομορφίας τους.

Πίνακας 3.29: Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας ορόφων 2^{ος} – 5^{ος}

Δομικό στοιχείο	Επιφάνεια A [m ²]	Συντελεστής θερμοπερατότητας U [W / (m ² K)]	b	U * A * b
εξωτερική τοιχοποιία	376	0,4982	1	187
δοκοί-υποστυλώματα	94	0,4982	1	47
ανοίγματα	164	3,6000	1	590
Σύνολο	$\Sigma A = 634 \text{ m}^2$			$\Sigma(U * A * b) = 824 \text{ W / K}$

$$U_{m, 205-505} = \frac{\Sigma U * A * b}{\Sigma A} = 1,2997 \text{ W / m}^2 \cdot K$$

6^{ος} όροφος

Πίνακας 3.30: Υπολογισμός συντελεστή θερμοπερατότητας 6^{ου} ορόφου

Δομικό στοιχείο	Επιφάνεια A [m ²]	Συντελεστής θερμοπερατότητας U [W / (m ² K)]	b	U * A * b
εξωτερική τοιχοποιία	400	0,4982	1	199
δοκοί-υποστυλώματα	99	0,4982	1	49
ανοίγματα	136	3,6000	1	490
Σύνολο	$\Sigma A = 635 \text{ m}^2$			$\Sigma(U * A * b) = 738 \text{ W / K}$

$$U_{m, 6ος} = \frac{\sum U \cdot A \cdot b}{\sum A} = 1,1622 \text{ W/m}^2 \cdot K$$

Ο μειωμένος συντελεστής θερμοπερατότητας του 6^{ου} ορόφου, σε σχέση με τους υπόλοιπους πέντε, οφείλεται στο γεγονός ότι ειδικά ο 6^{ος} όροφος της πτέρυγας Β έχει λιγότερα ανοίγματα (και συνεπώς μεγαλύτερη επιφάνεια τοίχων). Υπενθυμίζεται δε, ότι κατά τον υπολογισμό των συντελεστών θερμοπερατότητας των δομικών στοιχείων, ο οποίος υπολογίστηκε στην προηγούμενη παράγραφο, διαπιστώθηκε πως οι τοίχοι έχουν εξαιρετικά ικανοποιητική θερμομόνωση ενώ τα ανοίγματα δεν πληρούν τις προδιαγραφές που ορίζονται από τον Κ.Εν.Α.Κ.

3.5.4 Μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας κτιριακού κελύφους

Κατά παρόμοιο τρόπο, θα υπολογιστεί ο μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας του κτιριακού κελύφους συνολικά. Η διαφορά εδώ είναι πως θα ληφθούν υπόψιν τόσο τα κατακόρυφα όσο και τα οριζόντια στοιχεία του κελύφους.

Πίνακας 3.31: Υπολογισμός μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας κτιριακού κελύφους

Στοιχείο	Επιφάνεια A [m ²]	Συντελεστής θερμοπερατότητας U [W/(m ² .K)]	b	U * A * b
Ισόγειο	965	1,7803	1,0	1.718
Ημιόροφος	430	1,7786	1,0	765
1 ^{ος} όροφος	615	1,2748	1,0	784
2 ^{ος} όροφος	634	1,2997	1,0	824
3 ^{ος} όροφος	634	1,2997	1,0	824
4 ^{ος} όροφος	634	1,2997	1,0	824
5 ^{ος} όροφος	634	1,2997	1,0	824
6 ^{ος} όροφος	635	1,1622	1,0	738
Οροφή (πτέρυγα Α)	539	0,5655	1,0	305
Οροφή (πτέρυγα Β)	323	0,4201	1,0	136
Δάπεδο σε Μ.Θ.Χ.	862	0,5157	0,5	222
Σύνολο	6.905			7.964

$$U_m = \frac{\sum U \cdot A \cdot b}{\sum A} = 1,15 \text{ W/m}^2 \cdot K$$

Ο λόγος της περιβάλλουσας επιφάνειας του κτιρίου προς τον όγκο του είναι: A/V = 0,29 m⁻¹. Από τον Πίνακα 3.18 και με γραμμική παρεμβολή, προκύπτει ότι η μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας του κτιρίου είναι U_{m, max} = 1,10 (W/m².K). Άρα, U_m > U_{m, max}.

Παρατηρείται, λοιπόν, ότι ο μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας του κτιριακού κελύφους του κτιρίου είναι *ελαφρώς μεγαλύτερος* από τον μέγιστο επιτρεπόμενο, σύμφωνα με τα ισχύοντα όρια του Κ.Εν.Α.Κ.

Σημείωση: Πράγματι, ο έλεγχος που διενεργήθηκε με την κάμερα υπέρυθρων (βλ. Κεφάλαιο 4) κατέδειξε ορισμένα προβλήματα απωλειών θερμότητας, ιδιαίτερος έντονα στα κουφώματα των θυρών και των παραθύρων. Έτσι, επιβεβαιώνεται και πρακτικά ο μεγάλος συντελεστής θερμοπερατότητας των ανοιγμάτων που υπολογίστηκε κατά την παρούσα μελέτη θερμομόνωσης, καθώς και η μη συμμόρφωση της τιμής του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας ολόκληρου του κτιριακού κελύφους (στο σύνολό του) με τις προδιαγραφές του Κ.Εν.Α.Κ.

4. Χρήση καταγραφικού εξοπλισμού

4.1 Θερμοκάμερα

Η θερμοκάμερα είναι το όργανο που χρησιμοποιείται κατά τη διεξαγωγή θερμογραφικού ελέγχου. Η θερμογραφία είναι μία μέθοδος με την οποία προσδιορίζονται οι θερμοκρασίες που αναπτύσσονται στις επιφάνειες διαφόρων υλικών. Η μέθοδος αυτή βρίσκει εφαρμογή στην κατασκευή και μελέτη κτιρίων, διότι αποτελεί ένα εξαιρετικό εργαλείο για τον έλεγχο της θερμικής θωράκισης του κτιριακού κελύφους.

4.1.1 Αρχή λειτουργίας

Με τη θερμογραφία ανιχνεύεται η εκπομπή θερμικής ακτινοβολίας και προκύπτει οπτική απεικόνιση του θερμικού σήματος (θερμογράφημα).

Η θερμογραφία βασίζεται στην αρχή ότι κάθε επιφάνεια εκπέμπει ενέργεια με τη μορφή της θερμοκρασιακής ακτινοβολίας. Το μήκος κύματος που εκπέμπεται εξαρτάται από τη θερμοκρασία. Αυξανόμενης της θερμοκρασίας, το μήκος κύματος γίνεται βραχύτερο και, στην περίπτωση πολύ μεγάλων θερμοκρασιών, βρίσκεται στο ορατό φάσμα (π.χ. πυρακτωμένα άκρα βελόνας). Στη θερμοκρασία δωματίου, το μήκος κύματος της ακτινοβολίας είναι της τάξεως των 10 μm (συνεπώς, στην υπέρυθη περιοχή του φάσματος). Η ακτινοβολία ανιχνεύεται με κατάλληλες ανιχνευτικές διατάξεις (θερμοκάμερες) οι οποίες παράγουν ηλεκτρικό σήμα ανάλογο της προσπίπτουσας ακτινοβολίας, το οποίο με κατάλληλη βαθμονόμηση εκφράζεται σε θερμοκρασία.

Με τη θερμογραφία καθίσταται δυνατό να εντοπιστούν θερμικές γέφυρες στο κτιριακό κέλυφος, σημεία διαφυγής θερμού αέρα από το κτίριο, αγωγοί θερμού/κρύου νερού ή αέρα μέσα στην κατασκευή ενός κτιρίου, εντοπισμός διαφορετικών κατασκευαστικών υλικών, ύπαρξη νερού μέσα στα υλικά, καθώς και υποεπιφανειακές ανωμαλίες στα υλικά.

Οι φυσικές παράμετροι που επηρεάζουν την υπέρυθη ακτινοβολία που μετράται κατά τη θερμογράφιση είναι: α) η ικανότητα εκπομπής υπέρυθρης ακτινοβολίας της επιφάνειας (εκφράζεται από τον συντελεστή εκπομπής και συγκρίνεται με εκείνη του μέλανος σώματος), β) η επιφανειακή θερμοκρασία, γ) η θερμική αγωγιμότητα, δ) η θερμοχωρητικότητα, ε) το πάχος του θερμαινόμενου στρώματος, και στ) η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας. Σημειώνεται ότι τα δομικά υλικά έχουν -γενικά- μεγάλο συντελεστή εκπομπής (μεγαλύτερο από 0,8). Οι μετρήσεις επηρεάζονται, επίσης, από την απόσταση μεταξύ του οργάνου μέτρησης και του εξεταζόμενου υλικού.

4.1.2 Όργανο μέτρησης

Το μοντέλο της θερμοκάμερας που χρησιμοποιήθηκε για τις ανάγκες της παρούσας εργασίας είναι η κάμερα υπέρυθρων FLIR B50 (Εικόνα 4.1).



Εικόνα 4.1: Κάμερα υπέρυθρων FLIR B50

Οι κάμερες υπέρυθρων μετρούν και απεικονίζουν την υπέρυθρη ακτινοβολία που εκπέμπεται από ένα αντικείμενο. Το γεγονός ότι η ακτινοβολία αυτή είναι συνάρτηση της επιφανειακής θερμοκρασίας του αντικειμένου επιτρέπει στην κάμερα να υπολογίζει και να εμφανίζει την εν λόγω θερμοκρασία.

Η υπέρυθρη κάμερα μπορεί να εντοπίζει θερμοκρασιακές διακυμάνσεις ακόμη και της τάξεως του 0,1 K και να παράγει γραφικές εικόνες που να απεικονίζουν με σαφήνεια την κατανομή θερμοκρασιών στις επιφάνειες κτιρίων. Κατά τη διενέργεια μιας ενεργειακής επιθεώρησης, η θερμοκάμερα χρησιμοποιείται τόσο για τον έλεγχο του κτιριακού κελύφους όσο και των ηλεκτρικών εγκαταστάσεων.

4.1.2.1 Διεξαγωγή των μετρήσεων

Κατά τη διάρκεια των μετρήσεων, για την καλύτερη δυνατή ακρίβεια πρέπει να υπάρχουν όσο το δυνατό μεγαλύτερες διαφορές θερμοκρασιών ανάμεσα στο εσωτερικό της κατασκευής και το περιβάλλον. Ο ιδανικότερος χρόνος μέτρησης είναι το χειμώνα, ημέρα με ελάχιστη ή, κατά προτίμηση, καθόλου ηλιοφάνεια. Η προς μέτρηση επιφάνεια πρέπει να είναι κατά το δυνατόν κάθετη προς τον άξονα της μέτρησης.

Η θερμογραφία εξυπηρετεί τον ενεργειακό επιθεωρητή στο να ερμηνεύσει την κατάσταση αλλά και μερικές φορές το είδος των υλικών που βρίσκονται στην κατασκευή. Ποιοτικά, βοηθάει στις περιπτώσεις που αναγράφονται στον Πίνακα 4.1.

Πίνακας 4.1: Περιπτώσεις εφαρμογής υπέρυθρης θερμογράφησης και ιδανικές συνθήκες κατά τη μέτρηση

Εντοπισμός κατάστασης	Ιδανικές συνθήκες
θερμικές γέφυρες (κακή μόνωση)	ελάχιστη ή καθόλου ηλιακή ακτινοβολία
διαφυγή θερμού αέρα μέσα από την κατασκευή	- αποκατάσταση θερμικής ισορροπίας σε ένα κτίριο για αρκετό χρονικό διάστημα - ύπαρξη μεγάλων θερμοκρασιακών διαφορών ανάμεσα στον εσωτερικό και τον εξωτερικό χώρο του κτιρίου
εντοπισμός αγωγών	ροή ζεστού ή ψυχρού υγρού ή αέρα μέσα στους αγωγούς
ύπαρξη διαφορετικών υλικών πίσω	καθαρός ουρανός

από ενιαία επιφάνεια (π.χ. ξύλο, πέτρα ή σκυρόδεμα κάτω από μία ενιαία επιχρισμένη επιφάνεια)	- έντονη ηλιακή ακτινοβολία - ασθενείς άνεμοι - η θερμοκρασία εδάφους να είναι πάνω από 0 °C - κατά τη νυχτερινή θερμογράφηση, δεν θα πρέπει να υπάρχουν σύννεφα (διότι αντανακλούν την υπέρυθη ακτινοβολία) - η θερμογράφηση θα πρέπει να γίνεται όταν ο ρυθμός μεταβολής της θέρμανσης ή της ψύξης είναι μεγάλος, δηλαδή είτε νωρίς το πρωί είτε αμέσως μετά τη δύση του ηλίου
ύπαρξη εσωτερικών ανωμαλιών, κενών ή ρωγμών σε επιφάνειες (π.χ. σε καταστρώματα γεφυρών)	
εντοπισμός υγρασίας στα υλικά	

Όσον αφορά την κατάσταση του υλικού το οποίο πρόκειται να θερμογραφηθεί, απαιτείται να είναι καθαρή η επιφάνειά του από ξένα υλικά (σκόνη, σωματίδια κ.λπ.) καθώς και να μην γίνεται έλεγχος σε επιφάνειες με νερό, πάγο ή χιόνι. Οι υγρές επιφάνειες θα πρέπει πρώτα να στεγνώσουν επί τουλάχιστον ένα εικοσιτετράωρο (εκτός των περιπτώσεων ανίχνευσης νερού μέσα στα υλικά).

Για την καλύτερη απεικόνιση των θερμογραφημάτων που ελήφθησαν κατά την εκπόνηση της παρούσας εργασίας, έγινε επεξεργασία των εικόνων με το λογισμικό “Flir Quick Report” που συνοδεύει τη θερμοκάμερα που χρησιμοποιήθηκε. Οι σχετικές παράμετροι ορίστηκαν ως εξής:

- Συντελεστής ανάκλασης $\varepsilon = 0,97$
- 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 αλουμινόχαρτο

Στα πλαίσια της ενεργειακής επιθεώρησης, διενεργήθηκαν συνολικά τρεις επισκέψεις στο κτίριο για τη θερμογράφηση των χώρων εσωτερικά και εξωτερικά. Σημειώνεται ότι δεν κατέστη δυνατή η καταγραφή όλων των όψεων του κτιρίου, λόγω της γειτνιάσής του με οικοπέδα ξένης ιδιοκτησίας. Η πρώτη θερμογράφηση διεξήχθη την 31^η Μαρτίου 2012, η 2^η στις 10 Απριλίου 2012 και η 3^η θερμογράφηση έγινε στις 11 Απριλίου 2012. Οι καιρικές συνθήκες που επικρατούσαν κατά τις ώρες της καταγραφής των θερμογραφημάτων συνοψίζονται στον Πίνακα 4.2.

Πίνακας 4.2: Συνθήκες υπό τις οποίες διενεργήθηκαν οι θερμογραφήσεις στο κτίριο

	Ημερομηνία	Ωρα	Εξωτερική θερμοκρασία	Εσωτερική θερμοκρασία	Υγρασία
1 ^η θερμογράφηση	31/03/2012	07:00 – 10:00	15 °C	19,2 – 22,7 °C	38 %
2 ^η θερμογράφηση	10/04/2012	17:00 – 21:00	10 °C	18,7 – 21,8 °C	42 %

3 ^η θερμογράφιση	11/04/2012	07:00 – 10:00	12 °C	18,6 – 21,6 °C	40 %
--------------------------------	------------	------------------	-------	----------------	------

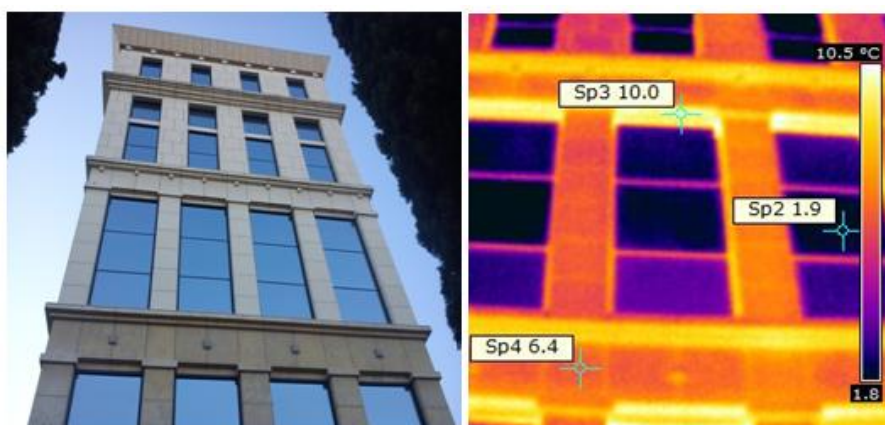
4.1.3 Παρουσίαση και σχολιασμός θερμογραφημάτων

Στις επόμενες εικόνες παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που ελήφθησαν με τη χρήση της θερμοκάμερας από το εξωτερικό και το εσωτερικό του κτιρίου και δίδονται σχετικές παρατηρήσεις και σχόλια επ' αυτών.

4.1.3.1 Θερμογράφιση κελύφους

Για να εντοπιστούν οι περιοχές στις οποίες υπάρχουν διαφορές στη μεταφορά θερμότητας από το κέλυφος ενός κτιρίου (θερμικές γέφυρες), προσδιορίζονται οι κατανομές θερμοκρασιών στις διάφορες περιοχές του κελύφους.

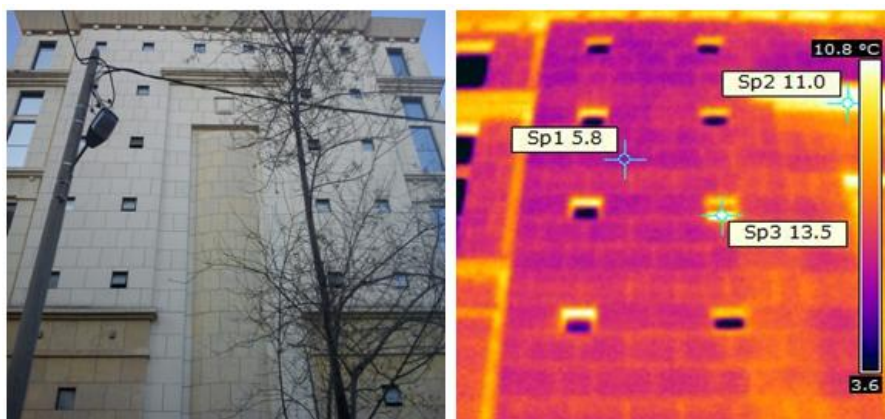
Στην Εικόνα 4.2 φαίνεται η βόρεια όψη της πτέρυγας Α. Όπως προαναφέρθηκε, με τη θερμογραφία αναγνωρίζονται τα υλικά με διαφορετική θερμική αντίσταση που βρίσκονται στο ίδιο κατασκευαστικό μέλος λόγω της διαφορετικής ταχύτητας μεταφοράς της θερμότητας. Έτσι, οι αισθητές θερμοκρασιακές διαφορές που παρατηρούνται, οφείλονται στα διαφορετικά υλικά από τα οποία είναι κατασκευασμένο το κτίριο και κρίνονται φυσιολογικές και αναμενόμενες. Οι μικρότερες αποκλίσεις της θερμοκρασίας σε περιοχές του κτιρίου που έχουν κατασκευασθεί από το ίδιο υλικό αποδίδονται στη διαφορετική εκπομπή θερμότητας που έχει απορροφηθεί κατά τη διάρκεια της ημέρας από το κτίριο, δεδομένης της διαφορετικής έκθεσης του κάθε σημείου στον ήλιο. Συνεπώς, οι περιοχές που είναι εντελώς εκτεθειμένες στον ήλιο εκπέμπουν περισσότερη θερμότητα από τις περιοχές που βρίσκονται υπό σκιά κατά τη διάρκεια της ημέρας.



Εικόνα 4.2: Όψη του κτιρίου προς Βορρά (πτέρυγα Α)

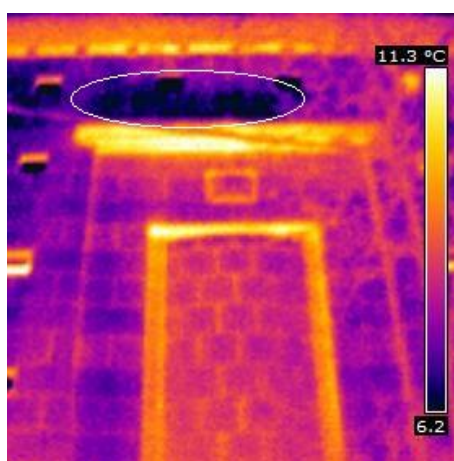
Στην Εικόνα 4.3 παρουσιάζονται το θερμογράφημα και η ψηφιακή φωτογραφία της βόρειας όψης της πτέρυγας Α. Οι θερμοκρασιακές διαφορές στα διάφορα σημεία της

όψεως αυτής οφείλονται στα διαφορετικά υλικά κατασκευής των επιμέρους σημείων της επιφανείας αυτής, και αρχικώς δεν μαρτυρούν απώλειες θερμότητας. Γενικά, η αύξηση της θερμοκρασίας στην εξωτερική πλευρά σε έναν -κατά τα άλλα- ομοιογενή τοίχο προκύπτει στην περίπτωση που έχει αποκολληθεί ή διαβραχεί η μόνωση, με αποτέλεσμα να μειώνεται η θερμομονωτική ικανότητα.



Εικόνα 4.3: Όψη του κτιρίου προς Βορρά (πτέρυγα Β)

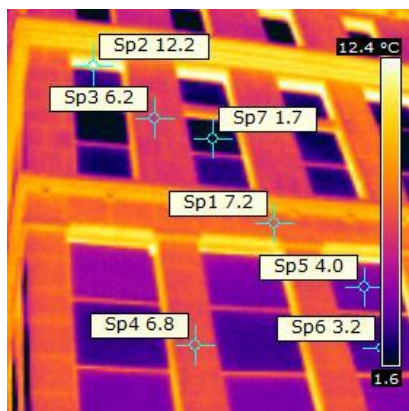
Η ακόλουθη όμως εστίαση στο σημείο κάτω από το γείσο της ταράτσας (Εικόνα 4.4), μαρτυρά ύπαρξη υγρασίας στο αριστερό τμήμα. Το πρόβλημα γίνεται ορατό με τη θερμοκάμερα λόγω του ότι η περιοχή αυτή έχει διαφορετικές ιδιότητες αγωγής θερμότητας από το «υγιές» τμήμα και, συνεπώς, παρουσιάζει διαφορετική ικανότητα αποθήκευσης της θερμότητας από ότι το γύρω υλικό. Πιθανολογείται πως η αιτία του προβλήματος είναι η συγκέντρωση όμβριων υδάτων στο επάνω μέρος του διακοσμητικού γείσου, λόγω ανεπαρκούς διαστασιολόγησης της ποδιάς απορροής, με αποτέλεσμα το νερό να έχει διεισδύσει στο σκυρόδεμα άνωθεν του διακοσμητικού αυτού στεγάστρου.



Εικόνα 4.4: Λεπτομέρεια της εξωτερικής τοιχοποιίας, όπου επισημαίνεται η ύπαρξη υγρασίας επάνω από το διακοσμητικό γείσο

Το θερμογράφημα της Εικόνας 4.5 είναι επίσης ενδεικτικό των θερμοκρασιακών διαφορών που οφείλονται στα διαφορετικά υλικά κατασκευής του κτιρίου.

Παρατηρείται ότι οι υαλοπίνακες έχουν θερμοκρασία περίπου 4 °C, το γείσο των παραθύρων βρίσκεται γύρω στους 12 °C και τα στοιχεία του φέροντος οργανισμού στους 6,5 °C.



Εικόνα 4.5: Όψη των υαλοπινάκων, των κουφωμάτων και της εξωτερικής τοιχοποιίας

Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός πως – όπως φαίνεται και στο ανωτέρω θερμογράφημα – ο επάνω όροφος έχει γενικά χαμηλότερες θερμοκρασίες στα αντίστοιχα σημεία με τον κάτω όροφο. Οι διαφορές αυτές έχουν εύρος 0,5 – 1,5 °C, ανάλογα με το υλικό κατασκευής και τη θερμική του αγωγιμότητα. Η αιτία ενδεχομένως να οφείλεται στο ότι κατά τη διάρκεια της θερμογράφησης (απογευματινές ώρες) είχαν αποχωρήσει οι εργαζόμενοι του επάνω ορόφου, ενώ ο κάτω όροφος εξακολουθούσε να λειτουργεί.

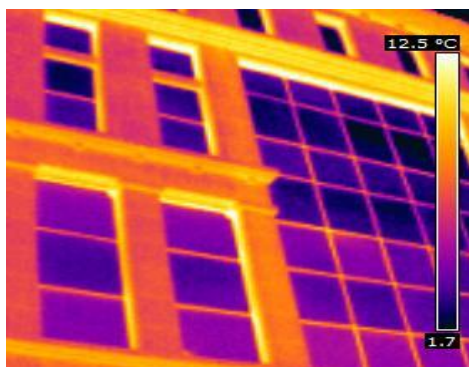
Η δυτική όψη του κτιρίου σε ψηφιακή φωτογραφία και η θερμογράφησή της φαίνονται στην Εικόνα 4.6



Εικόνα 4.6: Δυτική όψη του κτιρίου

Στην Εικόνα 4.6 διαπιστώνεται έντονη διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ των διαφορετικών υλικών και παρατηρείται απώλεια θερμότητας από τον φέροντα οργανισμό του κτιρίου (κίτρινες οριζόντιες περιοχές στο ανωτέρω θερμογράφημα), όπως ήταν αναμενόμενο.

Στην Εικόνα 4.7, φαίνονται σε μεγαλύτερη λεπτομέρεια οι συνδέσεις των υαλοστασίων με επαρκώς μονωμένα στοιχεία του φέροντος οργανισμού. Δεν παρατηρείται κάποιο αξιοσημείωτο πρόβλημα απωλειών θερμότητας.



Εικόνα 4.7: Θερμογράφημα της ένωσης των υαλοστασίων και του φέροντος οργανισμού

Στην Εικόνα 4.8 παρουσιάζεται η νότια όψη του κτιρίου (πτέρυγα Α). Στο θερμογράφημα διακρίνονται ευκρινώς η περιοχή του φέροντος οργανισμού (θερμή περιοχή, κίτρινο χρώμα), η οποία παρουσιάζει μικρή θερμική αντίσταση και υψηλή θερμοκρασία, σε αντίθεση με τις περιοχές που είναι δομημένες με οπτόπλινθους και παρουσιάζουν μεγάλη θερμική αντίσταση (χαμηλή θερμοκρασία, μωβ χρώμα). Οι υαλοπίνακες έχουν τη χαμηλότερη θερμοκρασία και φαίνονται με σκούρο μωβ χρώμα στο θερμογράφημα. Αυτό δείχνει ότι δεν υφίσταται σημαντική διαρροή θερμότητας από το εσωτερικό προς το εξωτερικό του κτιρίου.



Εικόνα 4.8: Νότια όψη του κτιρίου (πτέρυγα Α)

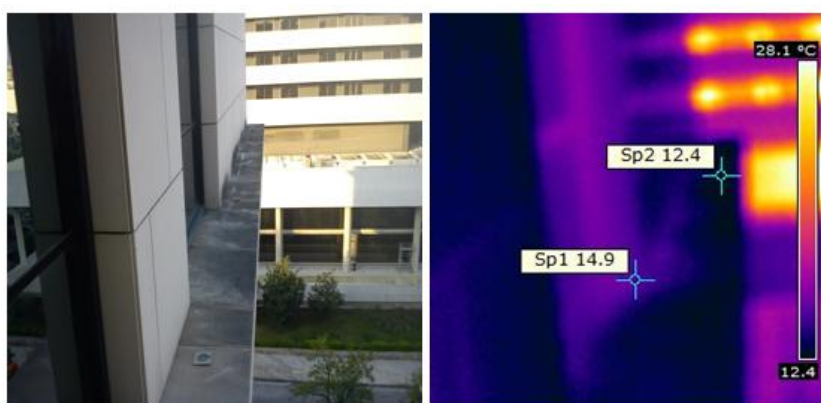
Τέλος, στην Εικόνα 4.9 φαίνεται η ανατολική όψη του κτιρίου (πτέρυγα Α), όπου η θερμογράφησή της δεν είναι τόσο ενδεικτική όσο οι προηγούμενες, λόγω της άμεσης έκθεσης της επιφάνειας αυτής στο φως το ήλιου.



Εικόνα 4.9: Ανατολική όψη του κτιρίου

Με τη θερμογραφία μπορεί να εντοπιστεί η ύπαρξη νερού ή υγρασίας σε δομικά υλικά (π.χ. ύπαρξη νερού μέσω των τριχοειδών από το έδαφος). Η κίνηση του νερού μέσω των τριχοειδών, καθώς επίσης και η διαφορετική θερμική του συμπεριφορά λόγω μεγάλης θερμοχωρητικότητάς του, έχει σαν συνέπεια θερμοκρασιακές διαφορές στην επιφάνεια της κατασκευής. Έτσι, κατά τις πρώτες πρωινές και κατά τις πρώτες βραδινές ώρες, το νερό βρίσκεται σε διαφορετική θερμοκρασία εκείνη του υλικού. Λόγω αυτού εντοπίζεται μέσα στα υλικά με τη βοήθεια των θερμογραφημάτων.

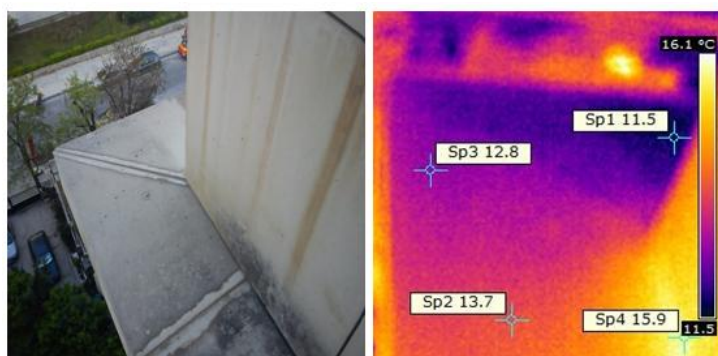
Με τη χρήση της κάμερας υπέρυθρων εντοπίζεται η ζημιά από την υγρασία στο περβάζι που βρίσκεται στο κάτω μέρος των παραθύρων (Εικόνα 4.10). Πιθανολογείται πως η καταρρακτώδης βροχή διεισδύει ανάμεσα στην τοιχοποιία της πρόσοψης και το γείσο, λόγω κατασκευαστικών ατελειών στους αρμούς. Ενδεχομένως, η προσθήκη σοβατεπί με γείσο και η τοποθέτηση καναλιού αποστράγγισης να διορθώσει το πρόβλημα, αποτρέποντας έτσι τη δίοδο του νερού προς το εσωτερικό του σκυροδέματος.



Εικόνα 4.10: Λεπτομέρεια της επιφάνειας που έχει υγρασία στο περβάζι των παραθύρων του 2^{ου} ορόφου

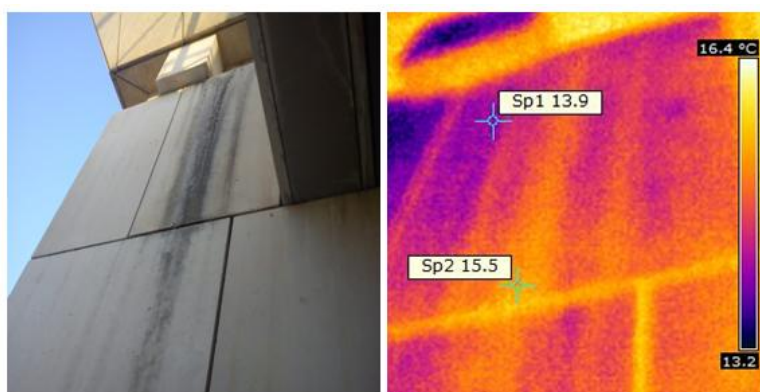
Πρόβλημα υγρασίας υπάρχει και σε διάφορα άλλα σημεία της εξωτερικής επιφάνειας του κτιρίου. Ενδεικτικά, στην Εικόνα 4.11 φαίνεται –και στην ψηφιακή και στην υπέρυθρη εικόνα– η ζημιά που έχει υποστεί το γείσο της εξωτερικής τοιχοποιίας. Η

βροχή χτυπά την πρόσοψη υπό γωνία και διαπερνά τον σοβά μέσα από τους αρμούς, προκαλώντας τελικώς ανομοιομορφία στη θερμοκρασία του γείσου. Αξίζει να σημειωθεί πως οι περιοχές που έχουν μεγαλύτερη θερμοκρασία (16 °C) είναι κοντά στο σημείο σύνδεσης της εξωτερικής τοιχοποιίας με το γείσο, γεγονός που μαρτυρά τη διαφυγή θερμότητας από το εσωτερικό προς το εξωτερικό του κτιρίου μέσω των αρμών. Σημειώνεται ότι κατά τη διάρκεια της θερμογράφησης στο εσωτερικό του κτιρίου επικρατούσε θερμοκρασία περίπου 18 °C, ενώ στο εξωτερικό περιβάλλον η θερμοκρασία ήταν στους 10 °C. Αυτό, λοιπόν, καταδεικνύει σημαντική απώλεια θερμότητας λόγω κακής σύνδεσης των κατασκευαστικών υλικών του κτιριακού κελύφους.



Εικόνα 4.11: Υγρασία στην ποδιά της εξωτερικής τοιχοποιίας

Παρόμοια προβλήματα υγρασίας φαίνονται και στις επόμενες εικόνες. Επειδή, γενικά, το κτίριο παρουσιάζει προβλήματα υγρασίας στους εξωτερικούς τοίχους, συστήνεται η τοποθέτηση συστήματος αποστράγγισης των νερών από την ταράτσα και κάθε γείσο, καθώς και ο έλεγχος της στεγανοποίησης στα σημεία σύνδεσης του σοβά με την υποκείμενη τοιχοποιία από αρμόδιο τεχνικό.



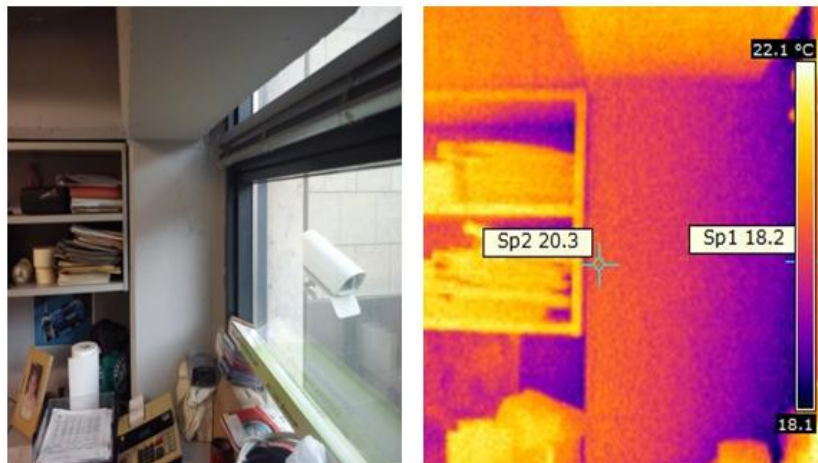
Εικόνα 4.12: Υγρασία στην εξωτερική τοιχοποιία κάτω από τη μαρκίζα

4.1.3.2 Εσωτερική θερμογράφηση

Ακολούθως παρουσιάζονται τα θερμογραφήματα που κατεγράφησαν από το εσωτερικό του κτιρίου.

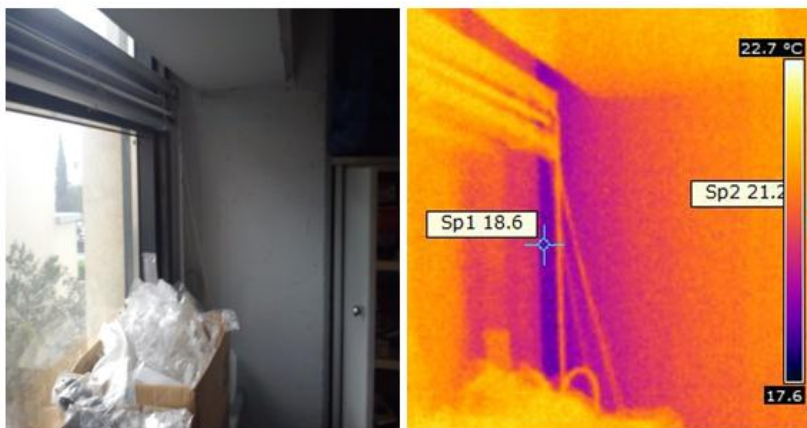
Κατά τον συνήθη ποιοτικό έλεγχο των κατασκευών με τη θερμογραφία, είναι δυνατός ο εντοπισμός τυχόν διαρροής θερμού αέρα από την κατασκευή. Στο σημείο διαφυγής του αέρα, η εξωτερική παρειά του τοίχου είναι περισσότερο θερμή από την υπόλοιπη τοιχοποιία ενώ η εσωτερική παρειά του τοίχου παρουσιάζει μικρότερη θερμοκρασία από την υπόλοιπη τοιχοποιία. Χαρακτηριστικά σημεία τέτοιων διαφυγών είναι οι αρμοί των κουφωμάτων των παραθύρων ή θυρών και οι αρμοί μεταξύ στέγης και τοιχοποιίας.

Στις επόμενες εικόνες φαίνεται η διείσδυση αέρα στον εσωτερικό χώρο των γραφείων που βρίσκονται στον ημιόροφο. Το τμήμα του τοίχου που βρίσκεται πιο κοντά στο παράθυρο έχει χαμηλότερη θερμοκρασία (18,2 °C) από την περιοχή που είναι πιο απομακρυσμένη από αυτό (με θερμοκρασία περίπου 20,3 °C) (Εικόνα 4.13). Αυτό οφείλεται στον ψυχρό αέρα που εισέρχεται από έξω προς το εσωτερικό του κτιρίου, διαμέσου των ατελειών που προέκυψαν κατά την τοποθέτηση των κουφωμάτων. Θα πρέπει, βέβαια, να επισημανθεί ότι τέλεια εφαρμογή είναι αδύνατον να εφαρμοστεί σε καμία κατασκευή, γι' αυτό και η συγκεκριμένη απώλεια θερμότητας θεωρείται φυσιολογική και αναμενόμενη. Είναι γνωστό πως τα κουφώματα των παραθύρων δεν είναι σχεδόν ποτέ εφικτό να εφαρμόσουν τέλεια με την τοιχοποιία λόγω των ανωμαλιών που δημιουργούνται στο κτίσιμο του τοίχου (ένωση οπτόπλινθων) και γι' αυτό είναι αναμενόμενο να παρατηρούνται απώλειες θερμότητας γύρω από τα παράθυρα.



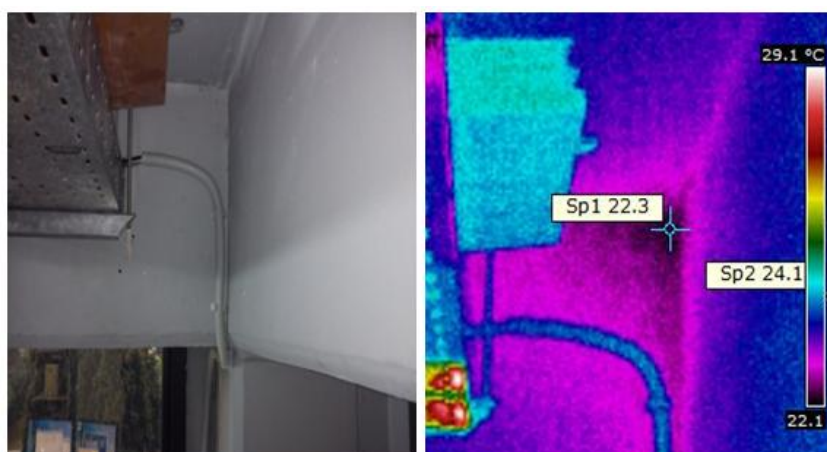
Εικόνα 4.13: Διείσδυση αέρα από παράθυρο γραφείου στον ημιόροφο

Εντελώς ανάλογο είναι το φαινόμενο που συμβαίνει σε παρακείμενο παράθυρο ενός διπλανού γραφείου στον ημιόροφο και παρουσιάζεται στην Εικόνα 4.14. Οι παρατηρήσεις για το θερμογράφημα είναι όμοιες με πριν και κρίνεται πως δεν συντρέχει λόγος για οιαδήποτε ενέργεια επιδιόρθωσης. Επισημαίνεται ότι η θερμοκρασιακή διαφορά στην επιφάνεια του τοίχου μεταξύ αυτής που βρίσκεται κοντά στο παράθυρο και της πιο απομακρυσμένης είναι περίπου 2,6 °C. Πιο συγκεκριμένα, ο τοίχος κοντά στο παράθυρο έχει θερμοκρασία 18,6 °C, ενώ πιο εσωτερικά, προς το γραφείο, έχει θερμοκρασία 21,2 °C.



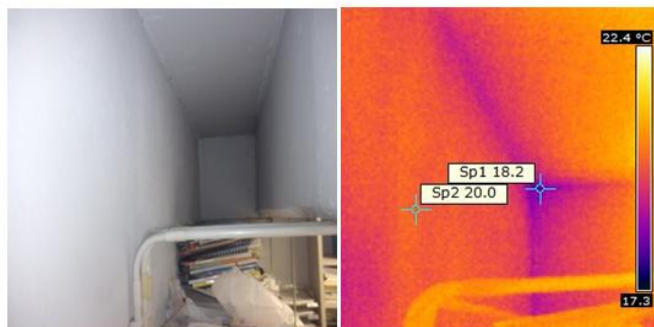
Εικόνα 4.14: Διείσδυση αέρα από παράθυρο γραφείου στον ημιόροφο

Στην Εικόνα 4.15 φαίνεται το φαινόμενο της θερμογέφυρας που δημιουργείται στο σημείο σύνδεσης των τοίχων με την οροφή, από χώρο γραφείων που βρίσκονται στον ημιόροφο. Ενώ ο τοίχος έχει θερμοκρασία 24,1 °C, το σημείο σύνδεσης βρίσκεται σε θερμοκρασία 22,3 °C.



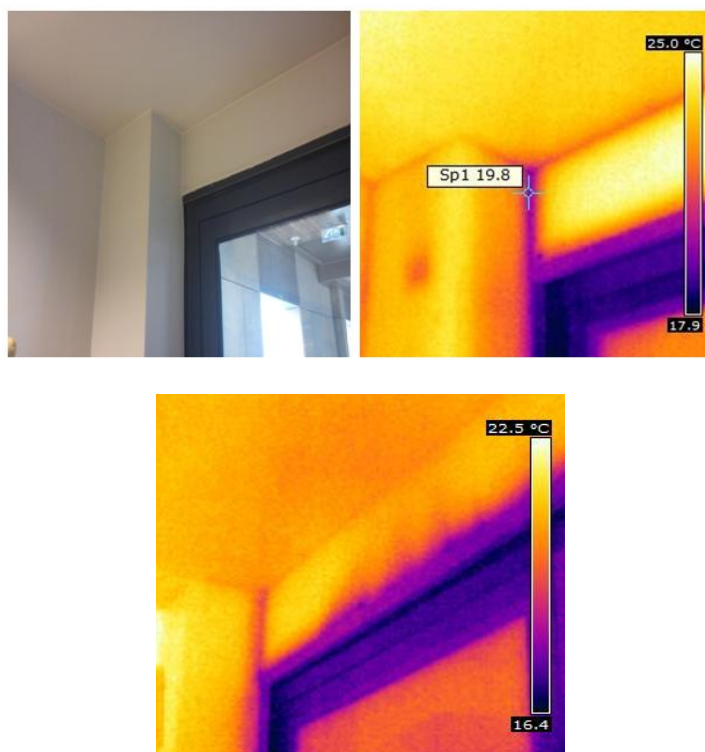
Εικόνα 4.15: Θερμογράφημα της ένωσης των τοίχων με την οροφή

Η περίπτωση της θερμογέφυρας γίνεται εμφανής και στην επόμενη εικόνα. Η θερμοκρασία στο σημείο ένωσης των τοίχων και της οροφής είναι 18,2 °C, ενώ η θερμοκρασία της παρακείμενης τοιχοποιίας κυμαίνεται περί τους 20 °C.



Εικόνα 4.16: Θερμογέφυρα στην γωνιά που ενώνονται οι τοίχοι και το ταβάνι

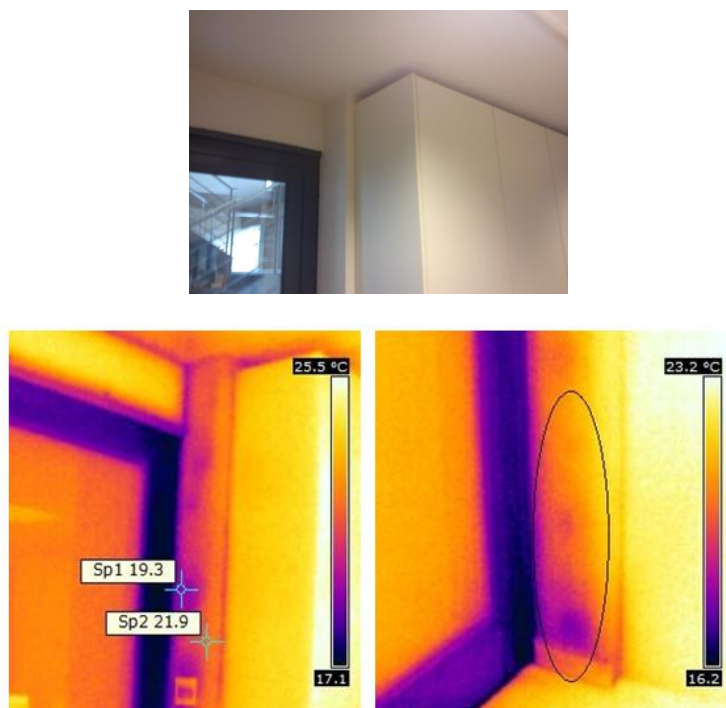
Η Εικόνα 4.17 προέρχεται από τον χώρο γραφείων στον 2^ο όροφο. Είναι εμφανής η θερμογέφυρα που δημιουργείται στο σημείο ένωσης της εσωτερικής κολώνας με το κούφωμα της πόρτας. Η θερμοκρασία στο σημείο της ένωσης είναι 19,8 °C ενώ η παρακείμενη τοιχοποιία βρίσκεται σε θερμοκρασία περίπου 24 °C. Επισημαίνεται, επιπλέον, ότι το θερμογράφημα «μαρτυρά» ένα ψυχρότερο σημείο στην επιφάνεια της κολώνας (μωβ σκουρότερη κηλίδα), το οποίο μπορεί να οφείλεται σε ατέλεια κατά την εφαρμογή της μόνωσης ή πιθανόν σε διαφορετικό δομικό υλικό που χρησιμοποιήθηκε κατά την κατασκευή της κολώνας. Η είσοδος ψυχρού αέρα στην πάνω πλευρά της θύρας παρουσιάζεται στην εσωτερική πλευρά του κελύφους στα θερμογραφήματα σε διάταξη γραμμών.



Εικόνα 4.17: Εξωτερική θύρα στον 2^ο όροφο

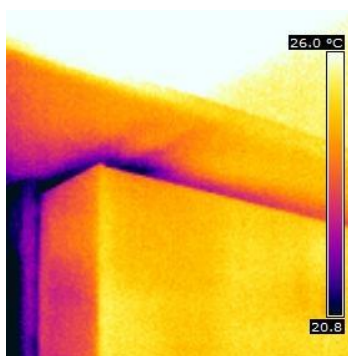
Στην ίδια πόρτα του 2^{ου} ορόφου καταγράφηκε η θερμοκρασία στα υλικά του τοίχου κοντά στο κούφωμα. Η ανομοιομορφία στη θερμοκρασία των επιφανειών που

επισημαίνεται στην ακόλουθη εικόνα υποδεικνύει διείσδυση αέρα και ενδεχόμενη κατασκευαστική ατέλεια κατά τη μόνωση του τοίχου. Ο έλεγχος είναι πλέον ευκρινής όταν το επίχρισμα έχει μικρό πάχος έτσι ώστε να μην εξισορροπούνται οι θερμοκρασίες. Στο θερμογράφημα του τοίχου της Εικόνας 4.18 διαπιστώνεται, λοιπόν, μία εικόνα της ποιότητας της κατασκευής.



Εικόνα 4.18: Εξωτερική θύρα στον 2^ο όροφο

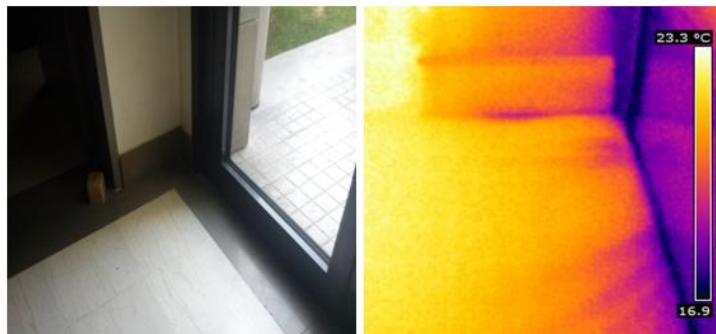
Η διείσδυση αέρα πάνω από την επιφάνεια των εντοιχισμένων ντουλαπιών είναι ορατή και στο επόμενο θερμογράφημα της Εικόνας 4.19.



Εικόνα 4.19: Εντοιχισμένα ντουλάπια πλησίον της εξωτερικής θύρας σε γραφείο του 2^{ου} ορόφου

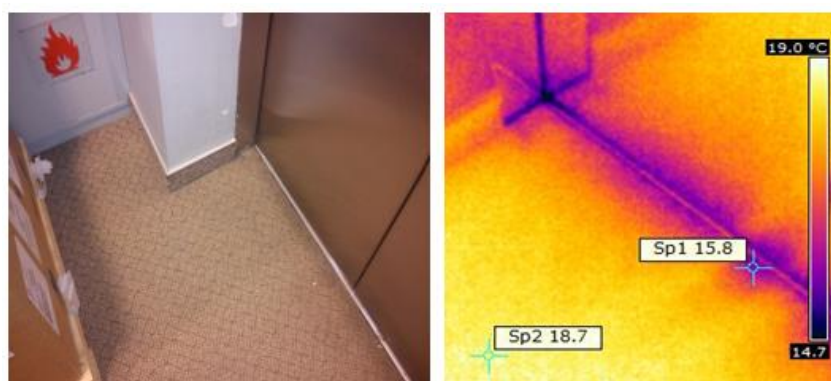
Στην Εικόνα 4.20 γίνεται εμφανής η διείσδυση αέρα από το κάτω μέρος μίας εξωτερικής πόρτας στο ισόγειο του κτιρίου. Είναι φανερό και διά γυμνού οφθαλμού πως η πόρτα κατά το κλείσιμό της δεν κάνει καλή εφαρμογή με το δάπεδο, αφήνοντας κενό χώρο περίπου 2 mm. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την εισροή αέρα από τον

εξωτερικό περιβάλλοντα χώρο προς το εσωτερικό του γραφείου, με συνέπεια τη δαπάνη επιπλέον ενέργειας για τη θέρμανση του χώρου στην επιθυμητή θερμοκρασία. Αξίζει να παρατηρηθούν οι ακτινωτές ροές αέρα (μωβ ακτίνες στο δάπεδο).



Εικόνα 4.20: Εξωτερική θύρα στο ισόγειο

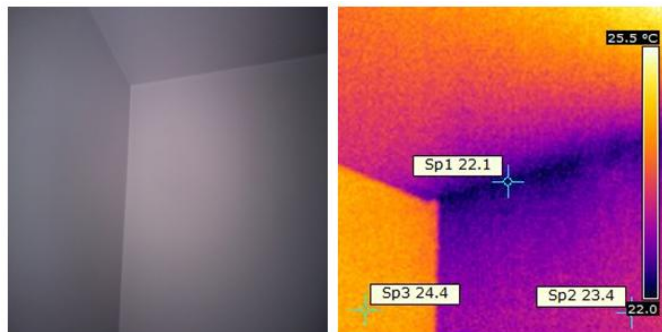
Το υπό μελέτη κτίριο διαθέτει εξωτερικό ανελκυστήρα, προς εξυπηρέτηση όλων των ορόφων του κτιρίου. Δεδομένου όμως ότι ο ανελκυστήρας αυτός έχει υποστεί βλάβη, έχει αφαιρεθεί ο εσωτερικός του θάλαμος και είναι, προφανώς, εκτός λειτουργίας. Από τις χαραμάδες, όμως, της εσωτερικής του πόρτας εισέρχεται ψυχρός αέρας, μειώνοντας έτσι τη θερμοκρασία του εσωτερικού χώρου και κατ' επέκταση, επιβαρύνει ενεργειακά τη λειτουργία του κτιρίου (Εικόνα 4.21). Η διαφορά δε στη θερμοκρασία του δαπέδου κοντά στην πόρτα είναι σχεδόν 3 βαθμοί Κελσίου από την περιοχή του δαπέδου μόλις 15 εκατοστά προς το εσωτερικό του. Διαπιστώνεται ότι στο εσωτερικό του κτιρίου, στη θέση του αρμού του κουφώματος αναπτύσσονται αρκετά χαμηλές θερμοκρασίες ώστε ορισμένα σημεία να έχουν σχεδόν τη θερμοκρασία περιβάλλοντος την ημέρα των μετρήσεων (15 °C). Γίνεται, λοιπόν, εμφανές το μέγεθος των θερμικών απωλειών που υφίστανται. Σημειωτέον, επίσης, πως για τη μείωση αυτών των απωλειών, έχει τοποθετηθεί ένα χαλάκι για να κλείσει κατά το δυνατόν τα ανεπιθύμητα κενά.



Εικόνα 4.21: Θύρα του εξωτερικού ανελκυστήρα που βρίσκεται εκτός λειτουργίας

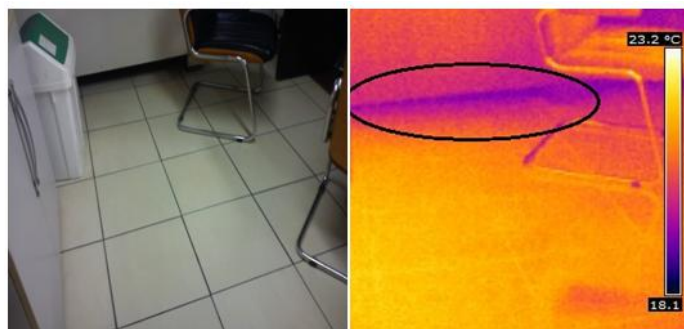
Στην Εικόνα 4.22 φαίνεται μία γωνία από το εσωτερικό των γραφείων του 3^{ου} ορόφου. Είναι εμφανές ότι λόγω ασυνέχειας της θερμομόνωσης σχηματίζεται θερμογέφυρα με τυπικό ακτινωτό μοτίβο στο σημείο της ένωσης των διαφορετικών

υλικών. Αξίζει να σημειωθεί ότι ο τοίχος με τη χαμηλότερη θερμοκρασία (23,4 °C) είναι εξωτερικός (με προσανατολισμό προς Βορρά), ενώ ο (αριστερός) τοίχος με θερμοκρασία 24,4 °C είναι εσωτερικός και συνορεύει με διπλανό χώρο γραφείου.



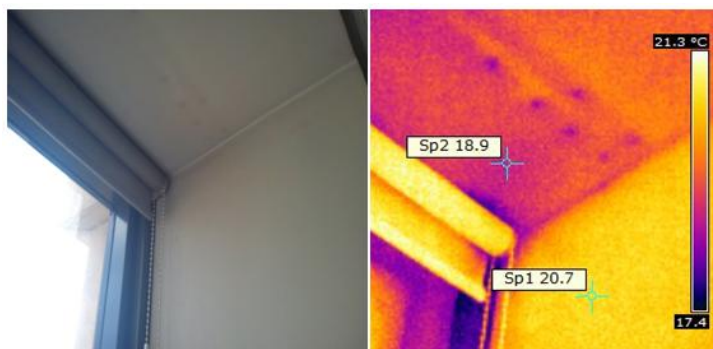
Εικόνα 4.22: Όψη της γωνιάς που δημιουργείται στην ένωση των τοίχων με το ταβάνι

Η Εικόνα 4.23 καταγράφηκε από το εσωτερικό των χώρων γραφείου στον ημιόροφο του κτιρίου. Είναι εμφανής η διείσδυση αέρα πίσω από σοβατεπί σε δάπεδο με πλακάκια, λόγω ατελειών στη μόνωση.



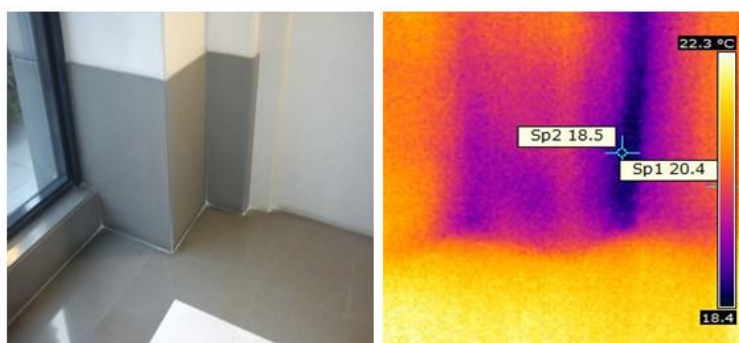
Εικόνα 4.23: Όψη του δαπέδου σε γραφείο του ημιορόφου

Η Εικόνα 4.24 προέρχεται από χώρο γραφείου του 5^{ου} ορόφου. Όπως φαίνεται και από τα σημειωμένα σταυρονήματα επάνω στο θερμογράφημα, η θερμοκρασία του τοίχου είναι 20,7 °C, ενώ η οροφή βρίσκεται σε θερμοκρασία περίπου κατά ένα βαθμό χαμηλότερη. Αξίζει να σημειωθεί πως με την βοήθεια της θερμοκάμερας γίνονται ορατά και τα σημεία στα οποία εικάζεται πως έχουν περαστεί οι σιδερόβεργες κατά την κατασκευή του κτιρίου (μωβ κηλίδες στην οροφή).



Εικόνα 4.24: Όψη της γωνιάς όπου συνδέονται το υαλοστάσιο με τον τοίχο και το ταβάνι

Στην Εικόνα 4.25 διαφαίνεται πρόβλημα στην ένωση της εξωτερικής κολώνας με την παρακείμενη τοιχοποιία. Είναι εμφανής η θερμογέφυρα που δημιουργείται στο σημείο της ένωσης, με θερμοκρασία 18,5 °C, και ως αιτία πιθανολογείται η διακοπή της συνέχειας της θερμομονωτικής στρώσης (ντάου, αγγλ. *dow*) στο σημείο της εγκάρσιας σύνδεσης του εξωτερικού κελύφους με τον εσωτερικό τοίχο. Η θερμοκρασία των παρακείμενων τοίχων είναι σχεδόν 2 βαθμοί Κελσίου υψηλότερη.



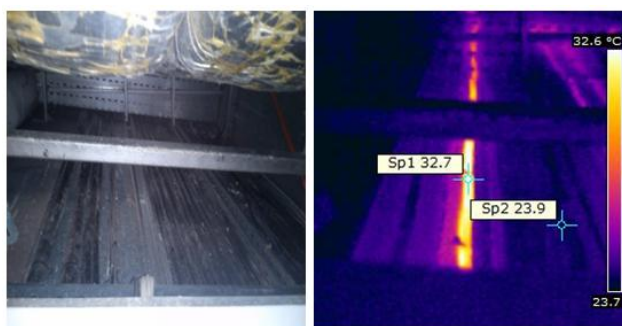
Εικόνα 4.25: Όψη του κάτω μέρους της κολώνας όπως φαίνεται από το εσωτερικό του κτιρίου

Ένα σπασμένο τζάμι σε ένα από τα παράθυρα του 3^{ου} ορόφου δίνει την «ευκαιρία» να διαπιστωθεί η βελτίωση της θερμομόνωσης που προσφέρουν οι διπλοί υαλοπίνακες έναντι των μονών. Συγκεκριμένα, στο θερμογράφημα της Εικόνας 4.26 καταδεικνύεται πως η θερμοκρασιακή διαφορά των δύο τζαμιών ξεπερνάει τους 3 βαθμούς Κελσίου, δεδομένης μάλιστα και της σπασμένης επιφάνειας, η οποία οπωσδήποτε μειώνει την αποτελεσματικότητα της μόνωσης που προσφέρουν οι υπόλοιποι «υγιείς» διπλοί υαλοπίνακες στον χώρο. Σημειώνεται δε ότι η θερμοκρασία του εξωτερικού τζαμιού είναι υψηλότερη από εκείνη του εσωτερικού διότι δέχεται άμεση ηλιακή ακτινοβολία λόγω του προσανατολισμού αυτής της όψεως του κτιρίου.



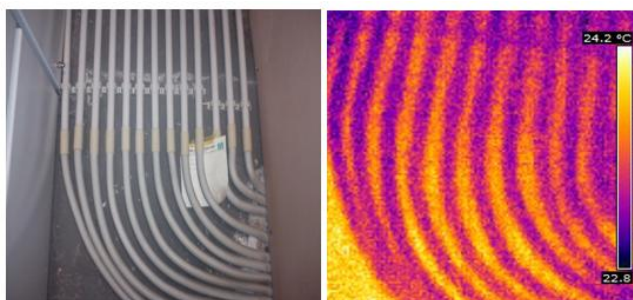
Εικόνα 4.26: Λεπτομέρεια σπασμένου υαλοπίνακα όπως φαίνεται από το εσωτερικό του κτιρίου

Το κτίριο διαθέτει αγωγό για την κάθετη όδευση (shaft) των ηλεκτρικών καλωδίων, από όπου περνάνε τα ηλεκτρικά καλώδια από τον έναν όροφο στον άλλον. Στο επόμενο θερμογράφημα (Εικόνα 4.27) φαίνεται πως ένα από αυτά τα καλώδια έχει ιδιαίτερα αυξημένη θερμοκρασία σε σχέση με τα υπόλοιπα. Αυτό μπορεί να οφείλεται σε υπερφόρτισή του, η οποία προκαλεί υπερθέρμανση, ή υποδηλώνει ελλιπή μόνωση. Πιο συγκεκριμένα, η θερμοκρασία του είναι στους 32,7 °C, ενώ τα υπόλοιπα καλώδια έχουν θερμοκρασία περίπου 23,9 °C. Πρόκειται, δηλαδή, για μία θερμοκρασιακή διαφορά της τάξεως των 12,8 βαθμών Κελσίου. Συνιστάται, επομένως, ο έλεγχος του συγκεκριμένου καλωδίου από αρμόδιο ηλεκτρολόγο.



Εικόνα 4.27: Όψη του shaft ηλεκτρικών καλωδίων

Αντίθετα, στην Εικόνα 4.28 φαίνεται ότι τα συγκεκριμένα καλώδια είναι φορτισμένα ομοιόμορφα και έχουν όλα παρόμοια θερμοκρασία:



Εικόνα 4.28: Όψη του shaft ηλεκτρικών καλωδίων

4.1.4 Συμπεράσματα

Από τα αποτελέσματα της θερμογράφησης της προηγούμενης παραγράφου, προκύπτει ότι η θερμογραφία είναι ένα πολύτιμο εργαλείο για τη μελέτη της θερμικής θωράκισης των κτιρίων, στα οποία η χρήση δομικών υλικών, λόγω της ηλικίας και της ιδιομορφίας των κτιρίων, δεν επιτρέπει μία ασφαλή θεωρητική προσέγγιση της ποιότητας της θερμομόνωσής τους.

Στο υπό μελέτη κτίριο διαπιστώνεται ότι η θερμογραφία έχει άριστες εφαρμογές τόσο στην εξέταση της θερμικής θωράκισης του κτιρίου όσο και στην ανίχνευση σημείων μεγάλων απωλειών θερμότητας, την αναγνώριση διαφόρων τύπων υλικών, την ανίχνευση νερού μέσα στα υλικά αλλά και την ανίχνευση ανωμαλιών κάτω από την επιφάνειά τους. Χρησιμοποιήθηκε, επίσης, για τον έλεγχο των ηλεκτρικών εγκαταστάσεων.

Εν συνόλω, η θερμομόνωση του κτιρίου κρίνεται επαρκής, με κάποια όμως εντοπισμένα προβλήματα. Ακολούθως, παρατίθενται τα πορίσματα που προέκυψαν από τη χρήση της θερμοκάμερας κατά τη διενέργεια της ενεργειακής επιθεώρησης στο εν λόγω κτίριο:

- **Σύνδεση διαφορετικών υλικών:** Στο κέλυφος του κτιρίου, η χρήση της θερμοκάμερας «αποκάλυψε» τη χρήση διαφορετικών υλικών κατά την κατασκευή του κτιρίου. Τα διάφορα δομικά υλικά έχουν διαφορετικές τιμές θερμικής αντίστασης, με αποτέλεσμα να παρουσιάζουν διαφορές στην ποσότητα θερμότητας που επιτρέπουν να διαφεύγει μέσω αυτών. Επιπλέον, οι απώλειες θερμότητας είναι αναμενόμενες να συμβαίνουν στις συνδέσεις και τους αρμούς των διαφορετικών μεταξύ τους υλικών.
- **Εντοπισμός υγρασίας:** Διαπιστώθηκαν αρκετά προβλήματα υγρασίας στο εξωτερικό κέλυφος του κτιρίου. Η κύρια αιτία εικάζεται πως είναι η ανεπαρκής διαστασιολόγηση της ποδιάς απορροής στην οροφή και στα περβάζια των παραθύρων. Συνιστάται, επιπλέον, ο έλεγχος της μόνωσης του δαπέδου της οροφής.
- **Διείσδυση αέρα:** Σε όλα τα κουφώματα που εξετάστηκαν, διαπιστώθηκε η - αναπόφευκτη- διείσδυση αέρα προς το εσωτερικό του κτιρίου. Ιδιαίτερη προσοχή

συνιστάται να δοθεί στον ανεγκυστήρα που βρίσκεται εκτός λειτουργίας, όπου οι απώλειες θερμότητας που κατεγράφησαν ήταν ιδιαίτερα σημαντικές.

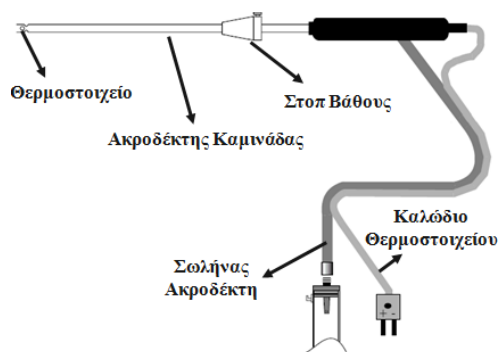
- **Ατέλειες στη μόνωση:** Η ανομοιομορφία της θερμοκρασίας στους τοίχους «προδίδει» εσφαλμένα τοποθετημένες επενδύσεις μόνωσης, όπως διαπιστώθηκε στον τοίχο των γραφείων του 3^{ου} ορόφου.
- **Ηλεκτρολογικός εξοπλισμός:** Η πλειοψηφία των ηλεκτρικών καλωδίων που εξετάστηκε είχε ομοιόμορφη κατανομή θερμοκρασίας, γεγονός που υποδηλώνει ισοκατανομή του φορτίου τους. Η μοναδική περίπτωση όπου εντοπίστηκε σημαντική θερμοκρασιακή αύξηση εικάζεται πως οφείλεται σε κακή διαστασιολόγηση του συγκεκριμένου καλωδίου, με συνεπακόλουθη την υπερφόρτισή του.

Επειδή η διεξαγωγή των μετρήσεων για τις ανάγκες της παρούσας διπλωματικής εργασίας έγινε τον μήνα Απρίλιο, οπότε οι καιρικές συνθήκες που επικρατούσαν δεν ήταν ιδανικές για τη διεξαγωγή θερμογράφησης, συνιστάται επανάληψη της διαδικασίας κατά τους χειμερινούς μήνες, προκειμένου να εξαχθούν περισσότερα και ασφαλέστερα συμπεράσματα για τη θερμομόνωση του κτιρίου.

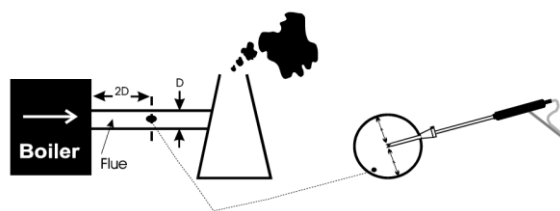
4.2 Αναλυτής καυσαερίων

4.2.1 Διαδικασία μέτρησης

Όλες οι μετρήσεις που γίνονται για τη σωστή ρύθμιση του καυστήρα γίνονται στα προϊόντα καύσης, δηλαδή στα καυσαέρια. Για τον σκοπό αυτό, ανοίγεται μια οπή στον καπναγωγό σε απόσταση από την έξοδο του λέβητα διπλάσια της διαμέτρου του καπναγωγού, σύμφωνα με το πρότυπο 896 του ΕΛ.Ο.Τ. «Μέθοδοι δειγματοληψίας καυσαερίων». Η οπή αυτή πρέπει να είναι διαμέτρου περίπου 8 mm για να χωρούν οι λήψεις των οργάνων. Σύμφωνα με το προαναφερθέν πρότυπο, το τμήμα αυτό του καπναγωγού πρέπει να είναι -ει δυνατόν- μονωμένο και ευθύ, ούτως ώστε να βρίσκεται στο σημείο με την καλύτερη ανάμειξη των καυσαερίων. Σημειώνεται πως στους λέβητες του κτιρίου που μελετάται στην παρούσα διπλωματική εργασία, από προηγούμενες διαδικασίες συντήρησης που είχαν γίνει στο παρελθόν, υπήρχε ήδη η οπή στο σωστό σημείο της καμινάδας για την εισαγωγή του ακροφυσίου δειγματοληψίας του αναλυτή καυσαερίων. Το ακροφύσιο δειγματοληψίας ενδείκνυται να τοποθετείται με μια ελαφριά κλίση προς τη ροή των καυσαερίων (δηλαδή προς την έξοδο της καπνοδόχου) και όχι εντελώς κάθετα στην ροή τους. Το ακροφύσιο δειγματοληψίας και η συνδεσμολογία κατά τη διενέργεια των μετρήσεων παρουσιάζονται στις Εικόνες 4.29 και 4.30, αντίστοιχα.



Εικόνα 4.29: Συνδεσμολογία ακροδεκτών του αναλυτή καυσαερίων



Εικόνα 4.30: Ιδανική τοποθέτηση του ακροφυσίου δειγματοληψίας

Πριν από τη λήψη των μετρήσεων, θα πρέπει ο λέβητας να λειτουργήσει για κάποιο χρόνο, ώστε να φτάσει στην κανονική θερμοκρασία λειτουργίας του. Επίσης, είναι απαραίτητο να «αυτορυθμιστούν» (καλιμπράρισμα) τα αισθητήρια σε συνθήκες περιβάλλοντος για ένα μικρό χρονικό διάστημα (ο χρόνος «αυτορύθμισης» του οργάνου που χρησιμοποιήθηκε είναι 3 λεπτά).

Ο αναλυτής καυσαερίων έχει τη δυνατότητα να δίνει στιγμιαίες μετρήσεις για την απόδοση του λέβητα, τη θερμοκρασία των καυσαερίων, καθώς και την περιεκτικότητά τους σε CO, CO₂, O₂, NO και NO_x.

4.2.2 Όργανο μέτρησης

Για την ανάλυση της ενεργειακής απόδοσης της καύσης στους λέβητες του κτιρίου καθώς και για την ανάλυση των καυσαερίων χρησιμοποιήθηκε ο ηλεκτρονικός αναλυτής καυσαερίων KANE 900 PLUS (Εικόνα 4.31). Το συγκεκριμένο όργανο είναι κατάλληλο για μετρήσεις σε λέβητες κατοικιών και βιομηχανικών κτιρίων. Στην οθόνη του μπορούν να εμφανίζονται ταυτόχρονα 8 παράμετροι, που σχετίζονται με την απόδοση του καυστήρα και την ανάλυση των καυσαερίων.



Εικόνα 4.31: Αναλυτής καυσαερίων KANE 900 PLUS

Η διαδικασία ελέγχου των καυσαερίων συνιστάται να ξεκινά με τη μέτρηση της αιθάλης. Η μέτρηση του δείκτη αιθάλης στα καυσαέρια γίνεται με την αντλία αναρρόφησης καυσαερίων. Σε μια εγκοπή που υπάρχει στην άκρη της αντλίας, τοποθετείται ειδικό χαρτί φιλτραρίσματος, μέσα από το οποίο εξαναγκάζονται να περάσουν τα καυσαέρια, αφήνοντας μία κηλίδα η οποία αξιολογείται οπτικά. Η απόχρωση της κηλίδας αυτής συγκρίνεται με άλλες πρότυπες κηλίδες που υπάρχουν σε έναν κανόνα δειγμάτων που συνοδεύουν τη συσκευή μέτρησης, και έτσι καθορίζεται ο δείκτης αιθάλης.



Εικόνα 4.32: Αντλία αναρρόφησης και το πρότυπο έντυπο της κλίμακας Brigon smoke

4.2.2.1 Τεχνικά στοιχεία

Το λεβητοστάσιο του κτιρίου βρίσκεται στο 2^ο υπόγειο. Εκεί βρίσκονται εγκατεστημένοι 4 υπερπιεστικοί χαλύβδινοι λέβητες πετρελαίου, μάρκας “FYROGENIS”. Οι λέβητες χρησιμοποιούνται τόσο για το κεντρικό σύστημα θέρμανσης όσο και για το Ζεστό Νερό Χρήσης. Οι δύο εκ των τεσσάρων λεβήτων χρησιμοποιούνται για τη θέρμανση της πτέρυγας Α (λέβητες Α1 και Α2) και οι άλλοι δύο για την πτέρυγα Β (λέβητες Β1 και Β2).

Οι λέβητες Α1 και Α2 είναι όμοιοι μεταξύ τους και έχουν τα εξής χαρακτηριστικά:

- Τύπος λέβητα: **FG 151**
- Έτος κατασκευής: **1998**
- Ονομαστική θερμική ισχύς: **130.000 kcal/h**

- Παροχή καυσίμου: **13,8 kg/h**
- Μέγιστη πίεση λειτουργίας: **4 bar**
- Μέγιστη θερμοκρασία νερού: **90 °C**

Αντίστοιχα, οι λέβητες B1 και B2 είναι όμοιοι μεταξύ τους και έχουν τα εξής χαρακτηριστικά:

- Τύπος λέβητα: **FG 105**
- Έτος κατασκευής: **1998**
- Ονομαστική θερμική ισχύς: **90.000 kcal/h**
- Παροχή καυσίμου: **9,6 kg/h**
- Μέγιστη πίεση λειτουργίας: **4 bar**
- Μέγιστη θερμοκρασία νερού: **90 °C**

Οι τέσσερις καυστήρες είναι ίδιοι και για τους τέσσερις λέβητες, μάρκας “InterFygo B30 (L)” της εταιρείας “Bentone”. Η παροχή καυσίμου είναι 6,0 – 17,3 kcal/h.

4.2.3 Ανάλυση των παραμέτρων

4.2.3.1 Απόδοση καύσης (βαθμός απόδοσης)

Η απόδοση καύσης εκφράζει το ποσοστό της ενέργειας του καυσίμου που αποδίδεται ως χρήσιμη θερμική ενέργεια. Ο βαθμός απόδοσης εκφράζει το ποσοστό από το καύσιμο που καταναλώνεται στον λέβητα, το οποίο αξιοποιείται πράγματι για την παραγωγή ατμού ή τη θέρμανση νερού. Ένα μέρος της ενέργειας του καυσίμου μένει ανεκμετάλλευτο

- λόγω απαγωγής των θερμών καυσαερίων στο περιβάλλον,
- λόγω ατελούς καύσης
- λόγω θέρμανσης κάποιας ποσότητας αέρα, και
- 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.

4.2.3.2 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.

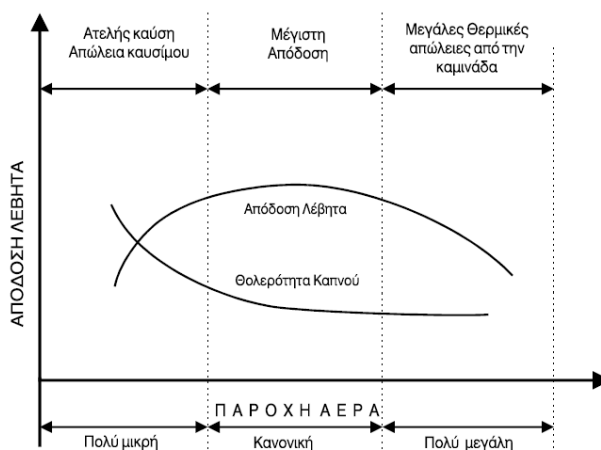
Η θερμοκρασία απαγωγής των καυσαερίων πρέπει να είναι πάνω από μία τέτοια θερμοκρασία έτσι ώστε να αποφεύγονται μεν οι συμπυκνώσεις των καυσαερίων που οδηγούν σε διαβρώσεις, ταυτόχρονα όμως η θερμοκρασία αυτή να μην είναι πολύ υψηλή για να μην αυξάνονται οι θερμικές απώλειες εκ των καυσαερίων.

Η υπερβολικά υψηλή θερμοκρασία καυσαερίων οφείλεται κυρίως σε κακές συνθήκες λειτουργίας του λέβητα οι οποίες οφείλονται κυρίως:

- στην πολύ μικρή ή μεγάλη περίσσεια αέρα καύσης,
- στις αποθέσεις πάνω στους αλούς είτε από την πλευρά του νερού είτε από την πλευρά της καύσης,
- στη λειτουργία του λέβητα σε μεγαλύτερο από το κανονικό φορτίο,
- στην κακή ρύθμιση του καυστήρα ή χρησιμοποίηση ακατάλληλου καυστήρα για τον υπάρχοντα τύπο λέβητα και καυσίμου.

4.2.3.3 Περίσσεια αέρα

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 τον 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 απαγωγή άκαυστου καυσίμου υπό μορφή αιθάλης.



Σχήμα 4.1: Διάγραμμα σχέσης παροχής αέρα προς την απόδοση του λέβητα και τη θολερότητα των καυσαερίων

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 (όπου κανονική εννοείται η ποσότητα του αέρα που απαιτείται για στοιχειομετρική καύση αυξημένη κατά το ποσό του αέρα που απαιτείται για πλήρη καύση) 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, υπάρχουν αυξημένες απώλειες και, επομένως, μικρότερος βαθμός απόδοσης του λέβητα.

4.2.3.4 *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, P.P.M.), 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:
 - Κανονική παροχή αέρα στον θάλαμο καύσης αλλά κακή ανάμιξη αέρα-καυσίμου.
 - Μικρή παροχή αέρα στον θάλαμο καύσης, ενώ, συγχρόνως, εισροή δευτερογενούς αέρα από διαρροές λόγω της υποπίεσης στον θάλαμο καύσης.

4.2.3.5 *Αιθάλη (Καπνός)*

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

4.2.3.6 *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 τη θερμοκρασία καυσαερίων. Πρέπει να είναι όσο το δυνατόν χαμηλότερη.

4.2.3.7 *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.

4.2.3.8 Θερμικές απώλειες καύσης

Είναι το ποσοστό της θερμικής ενέργειας του καυσίμου που δεν αξιοποιείται. Η τιμή του προκύπτει από την αφαίρεση της Θερμικής Απόδοσης Καύσης από το 100 και θα πρέπει να πλησιάζει το μηδέν.

4.2.3.9 Επιτρεπόμενα όρια

Τα όρια καλής λειτουργίας της κεντρικής θέρμανσης σύμφωνα με την Κοινή Υπουργική Απόφαση (Κ.Υ.Α.) 189533/2011 «Ρύθμιση θεμάτων σχετικών με τη λειτουργία των σταθερών εστιών καύσης για τη θέρμανση κτιρίων και νερού» (ΦΕΚ 2654/9.11.2011) παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.3.

Πίνακας 4.3: Επιτρεπόμενα όρια εγκαταστάσεων θέρμανσης

Παράμετρος	Οριακή τιμή για λέβητες πετρελαίου
Μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή απωλειών θερμότητας λόγω θερμών καυσαερίων, σε %	15
Μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή της περιεκτικότητας κατ' όγκο των καυσαερίων σε μονοξείδιο του άνθρακα (CO) ανηγμένη σε οξυγόνο αναφοράς 3%, σε ppm	90
Μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή της περιεκτικότητας κατ' όγκο των καυσαερίων σε οξείδια του αζώτου (NO _x) ανηγμένη σε οξυγόνο αναφοράς 3%, σε ppm.	150
Μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή του δείκτη αιθάλης, κατά Bacharach.	1
Μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή της περιεκτικότητας των καυσαερίων σε οξυγόνο (O ₂), σε % κ.ο. (Ισχύει μόνο για πιεστικούς καυστήρες).	7

4.2.4 Αποτελέσματα μετρήσεων

Για τον έλεγχο της απόδοσης των καυστήρων και την ανάλυση των καυσαερίων, πραγματοποιήθηκαν 2 δειγματοληψίες σε κάθε λέβητα, προκειμένου να διασφαλιστεί ότι οι τιμές που αναγράφονται στον αναλυτή καυσαερίων έχουν προσεγγίσει ικανοποιητικά κάποιες σταθερές τιμές, ώστε να εξαχθούν ορθά συμπεράσματα για την απόδοσή τους. Στον Πίνακα 4.4 εμφανίζονται τα αποτελέσματα της δεύτερης μέτρησης.

Πίνακας 4.4: Αποτελέσματα μετρήσεων με τον αναλυτή καυσαερίων

	Λέβητας A1 130.000 kcal/h	Λέβητας A2 130.000 kcal/h	Λέβητας B1 90.000 kcal/h	Λέβητας B2 90.000 kcal/h
FUEL	LIGHT OIL	LIGHT OIL	LIGHT OIL	LIGHT OIL
NET	205 °C	204 °C	164 °C	190 °C
FLUE	237 °C	235 °C	195 °C	221 °C
AMBIENT	31,6 °C	31,3 °C	30,7 °C	30,6 °C
O ₂	7,2 %	6,6 %	4,9 %	5,4 %
CO ₂	10,2 %	10,6 %	11,9 %	11,5 %
SMOKE (Brigon smoke scale 0-9)	0	0	1	1
CO	11 ppm	11 ppm	4 ppm	5 ppm
NO	56 ppm	63 ppm	69 ppm	75 ppm
NO _x	58 ppm	66 ppm	72 ppm	78 ppm
λ	52,5 %	46,1 %	30,6 %	34,8 %
CO/CO ₂ INDEX (Pindex)	0,01 %	0,01 %	0,00 %	0,00 %
LOSSES	10,2 %	9,8 %	7,0 %	8,4 %
EFF (N)	89,8 %	90,2 %	93,0 %	91,6 %

Από τον Πίνακα 4.4, όπου παρατίθενται τα αποτελέσματα των μετρήσεων που ελήφθησαν με τον αναλυτή καυσαερίων, φαίνεται ότι και οι τέσσερις λέβητες έχουν **βαθμό απόδοσης** εντός των επιτρεπόμενων ορίων (>85%), χαρακτηρίζοντας έτσι τη λειτουργία της εγκατάστασης καλή έως πολύ καλή. Αυτό αποδίδεται στο γεγονός ότι εφαρμόζεται τακτική συντήρηση και τηρείται πλήρες αρχείο με φύλλα ελέγχου και ανάλυσης καυσαερίων. Ο λέβητας B1 έχει την υψηλότερη απόδοση εκ των τεσσάρων (93%) και ο λέβητας A1 έχει τη μικρότερη (89,9%). Η απόκλιση αυτή φαίνεται να συνδέεται και με τις τιμές των υπόλοιπων παραμέτρων.

Σύμφωνα με το ΦΕΚ 369/Β/24.5.93 (Υπ. Απόφ. Αρ. Οικ. 10315/93), η ελάχιστη επιτρεπόμενη **θερμοκρασία καυσαερίων** είναι 180 °C, όριο το οποίο τηρείται και από τους τέσσερις λέβητες του υπό μελέτη κτιρίου. Τη χαμηλότερη θερμοκρασία – πάντοτε εντός των προβλεπόμενων ορίων βάσει κανονισμού- έχει ο λέβητας B1, με θερμοκρασία καυσαερίων 195 °C. Επισημαίνεται δε ότι ο νεότερος κανονισμός (Κ.Υ.Α. 189533/2011) δεν αναφέρει όρια καλής λειτουργίας σχετικά με τη θερμοκρασία των καυσαερίων.

Βάσει της ανωτέρω Κ.Υ.Α. 10315/93 (ΦΕΚ 369/Β/24.5.93) προβλέπεται ελάχιστη περιεκτικότητα των καυσαερίων σε **διοξείδιο του άνθρακα** ίση με 10%. Από τις τιμές που ελήφθησαν και παρατίθενται στον Πίνακα 4.4, διαπιστώνεται η τήρηση της συγκεκριμένης προδιαγραφής κατά τη λειτουργία και των τεσσάρων λεβήτων.

Σημειώνεται δε ότι μεγάλη ποσότητα CO₂ συνεπάγεται οικονομική λειτουργία του καυστήρα. Επισημαίνεται, όπως και προηγουμένως, ότι ο νεότερος κανονισμός (Κ.Υ.Α. 189533/2011) δεν αναφέρει όρια καλής λειτουργίας σχετικά με την περιεκτικότητα των καυσαερίων σε CO₂.

Η περιεκτικότητα των καυσαερίων σε μονοξειδίο του άνθρακα και για τους τέσσερις λέβητες είναι μικρότερη ή ίση από 11 ppm, ενώ το ανώτατο επιτρεπόμενο όριο είναι τα 90 ppm. Είναι, λοιπόν, εμφανές ότι τα καυσαέρια που εκλύονται και από τους τέσσερις λέβητες περιέχουν ποσότητα μονοξειδίου του άνθρακα πολύ λιγότερη από το ανώτατο όριο, γεγονός που καταδεικνύει πως η ανάμιξη του καυσίμου με τον αέρα είναι εξαιρετικά καλή.

Η ποσότητα των οξειδίων του αζώτου που περιέχεται στα καυσαέρια πρέπει να είναι κατά το δυνατόν μικρότερη, με ανώτατο όριο τα 150 ppm. Από τον Πίνακα 4.4 των αποτελεσμάτων φαίνεται ότι στα καυσαέρια και των τεσσάρων λεβήτων περιέχονται 56 – 78 ppm οξειδίων του αζώτου, συνεπώς είναι εντός των επιτρεπόμενων ορίων, και μάλιστα σε αρκετά χαμηλότερο επίπεδο από τα μέγιστα επιτρεπόμενα όρια.

Ο δείκτης αιθάλης είναι ο καλύτερος δυνατός για τους λέβητες A1 και A2 (0 Bacharach) και έχει την τιμή 1 για τους λέβητες B1 και B2. Λίγη αιθάλη σημαίνει καλή καύση και συνεπώς λίγη ρύπανση. Οι ενδείξεις της αιθάλης είναι, πάντως, εντός των επιτρεπόμενων ορίων και για τους τέσσερις λέβητες (<1).

Ο λέβητας A1 λειτουργεί με μεγάλη περίσσεια αέρα, γεγονός που εξηγεί τον ιδανικό δείκτη αιθάλης (0 Bacharach), διότι η περίσσεια αέρα οδηγεί σε διαυγή καυσαέρια και σταθερότερη λειτουργία. Παράλληλα, όμως, 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. Κατά συνέπεια, η λειτουργία της εγκατάστασης έχει αυξημένες απώλειες και επομένως μικρότερο βαθμό απόδοσης. Η περιεκτικότητα σε οξυγόνο για τον λέβητα A1 είναι ελάχιστα πάνω από το επιτρεπόμενο όριο λειτουργίας, ενώ για τους υπόλοιπους τρεις λέβητες η αντίστοιχη ένδειξη είναι εντός των επιτρεπόμενων τιμών. Συνιστάται, λοιπόν, η μείωση της περισσειας αέρα στον λέβητα A1, και λιγότερο στον λέβητα A2, με σκοπό την αύξηση των βαθμών απόδοσης των συγκεκριμένων λεβήτων.

Εν γένει, παρατηρείται ότι οι μετρήσεις που ελήφθησαν από τον ηλεκτρονικό αναλυτή καυσαερίων για τους λέβητες του υπό μελέτη κτιρίου είναι στο σύνολό τους αρκετά καλές, και εξάγεται με ασφάλεια συμπέρασμα για την αποδοτική λειτουργία τους. Πιο συγκεκριμένα, και οι τέσσερις λέβητες λειτουργούν εντός των προδιαγραφών που ορίζονται από την πιο πρόσφατη Κ.Υ.Α. 189533/2011 σχετικά με τη λειτουργία των σταθερών εστιών καύσης, με άριστη απόδοση (>90%), με εξαίρεση τον λέβητα A1 που έχει απόδοση 89,8 %. Συνιστάται η ρύθμιση της περισσειας αέρα σε ελαφρώς μικρότερη τιμή, μέσω της μεγιστοποίησης της περιεκτικότητας των καυσαερίων σε διοξείδιο του άνθρακα, έτσι ώστε να επιτυγχάνεται οριακά βελτίωση

του βαθμού απόδοσης του λέβητα A1, και προτείνεται το ίδιο –αλλά σε μικρότερο βαθμό– για τον λέβητα A2. Για τους υπόλοιπους δύο λέβητες, όπου ο λόγος CO/CO₂ είναι μηδενικός, και σε διαφορετική περίπτωση θα αποτελούσε ένδειξη για ανάγκη συντήρησης, δεν κρίνεται αναγκαία καμία επέμβαση.

4.3 Αναλυτής ηλεκτρικής ενέργειας

4.3.1 Γενικά

Ο αναλυτής ηλεκτρικής ενέργειας χρησιμοποιείται για τη στιγμιαία μέτρηση ή/και καταγραφή διαφόρων παραμέτρων που σχετίζονται με την κατανάλωση μίας παροχής ηλεκτρικής ενέργειας, προκειμένου να μελετηθεί η ποιότητα ισχύος της εγκατάστασης. Συγκεκριμένα, υπάρχει η δυνατότητα να ληφθούν μετρήσεις για την τάση, το ρεύμα, τις αρμονικές τάσης και ρεύματος, τη συχνότητα του δικτύου, την ενεργό και άεργο ισχύ, τον συντελεστή ισχύος καθώς και την καταγραφή της κατανάλωσης που λαμβάνει χώρα σε προκαθορισμένο χρονικό διάστημα.

Οι ενδείξεις που καταγράφονται από τον αναλυτή ηλεκτρικής ενέργειας μπορούν στη συνέχεια να μεταφερθούν σε ηλεκτρονικό υπολογιστή όπου έχει εγκατασταθεί κατάλληλο λογισμικό για την επεξεργασία τους. Τα αποτελέσματα της καταγραφής μπορούν να ληφθούν μετά το πέρας της μέτρησης είτε σε μορφή γραφικών παραστάσεων είτε σε πίνακες δεδομένων με τις καταγραφείσες τιμές. Από τη μελέτη των αποτελεσμάτων μπορούν να εξαχθούν συμπεράσματα τόσο για τις ανά φάση τιμές των παραμέτρων όσο και στο σύνολο των τριών φάσεων (όταν φυσικά πρόκειται για τριφασική εγκατάσταση) και του ουδετέρου.

Η σύνδεση του αναλυτή ηλεκτρικής ενέργειας μπορεί να γίνει είτε στον γενικό πίνακα ηλεκτρικής ενέργειας ενός κτιρίου είτε σε οποιοδήποτε σημείο χρειάζεται να ελεγχθεί η ποιότητα της παρεχόμενης ισχύος, ανά χρήση (π.χ. φωτισμός, θέρμανση κ.ά), ή σε άλλες εφαρμογές. Ιδιαίτερη προσοχή χρήζει η σωστή τοποθέτηση των ακροδεκτών που μετρούν τάσεις και ρεύματα, ούτως ώστε να διαφυλαχθεί η ασφάλεια της ανθρώπινης ζωής αλλά και η εξαγωγή ορθών συμπερασμάτων για την ποιότητα της εγκατάστασης.

Η χρήση αναλυτή ηλεκτρικής ενέργειας κατά τη διενέργεια μιας ενεργειακής επιθεώρησης συμβάλλει εξαιρετικά στη σωστή αξιολόγηση μιας εγκατάστασης, ώστε είναι δυνατόν να επιτευχθεί σημαντική μείωση της αέργου ισχύος, εξάλειψη των αρμονικών που προέρχονται από ηλεκτρονικές συσκευές, καταγραφή σημαντικών συμβάντων βύθισης ή ανύψωσης τάσης και κατ' επέκταση, βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου.

4.3.2 Όργανο μέτρησης

Για τις ανάγκες της παρούσας εργασίας, χρησιμοποιήθηκε το μοντέλο αναλυτή ηλεκτρικής ενέργειας Fluke 1735 (Εικόνα 4.33). Το συγκεκριμένο μοντέλο διαθέτει εσωτερική μνήμη 4 MB, όπου μπορούν να αποθηκευθούν οι τιμές των μετρούμενων παραμέτρων για μέγιστο διάστημα έως και 45 ημέρες, ανάλογα με τη συχνότητα των μετρήσεων. Η επεξεργασία των μετρήσεων είναι δυνατή μέσω του λογισμικού “Power Log” που συνοδεύει το συγκεκριμένο όργανο μέτρησης. Οι καταγραφείσες τιμές μπορούν να αναπαρασταθούν σε γραφήματα, με ταυτόχρονη δυνατότητα εμφάνισης των μέγιστων, ελάχιστων και μέσων τιμών που κατεγράφησαν σε κάθε χρονικό διάστημα.

Για τους σκοπούς της ενεργειακής επιθεώρησης στο υπό μελέτη κτίριο, ο αναλυτής ηλεκτρικής ενέργειας συνδέθηκε στον πίνακα Χαμηλής Τάσης (Χ.Τ.) του κτιρίου (Εικόνα 4.33) για χρονικό διάστημα 14 ημερών, από την Κυριακή 30/9 στις 10:00 έως το Σάββατο 13/10 στις 10:00. Το χρονικό διάστημα που μεσολαβούσε ανάμεσα σε δύο καταγραφές στη μνήμη του οργάνου μέτρησης ρυθμίστηκε στα 5 min. Υπενθυμίζεται ότι το συγκεκριμένο κτίριο είναι πελάτης μέσης τάσης της Δ.Ε.Η., κατά συνέπεια διαθέτει στο μηχανοστάσιο 2 όμοιους μετασχηματιστές παράλληλα συνδεδεμένους προς υποβιβασμό της τάσης στα 400 V. Το σημείο όπου συνδέθηκε ο αναλυτής ηλεκτρικής ενέργειας είναι η κεντρική παροχή χαμηλής τάσης του κτιρίου, με αποτέλεσμα να μην είναι δυνατή η μελέτη της ποιότητας ισχύος πριν τους μετασχηματιστές.



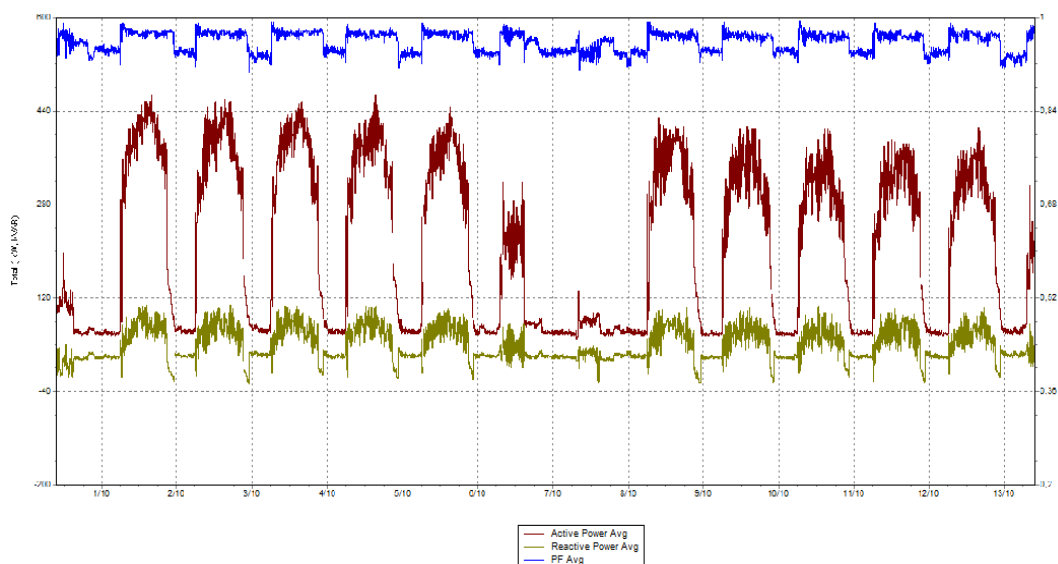
Εικόνα 4.33: Σύνδεση του αναλυτή ηλεκτρικής ενέργειας Fluke 1735 στον πίνακα χαμηλής τάσης

4.3.3 Αποτελέσματα των μετρήσεων

4.3.3.1 Ενεργός, άεργος ισχύς και συντελεστής ισχύος

Όπως είναι γνωστό, η ισχύς που καταναλώνεται στα ωμικά στοιχεία ενός φορτίου καλείται ενεργός ή πραγματική ισχύς, ενώ η ισχύς που απορροφάται από το φορτίο εξαιτίας του επαγωγικού του χαρακτήρα καλείται άεργος ισχύς. Σημαντική παράμετρος είναι ο συντελεστής ισχύος, ο οποίος ορίζεται ως το συνημίτονο της γωνίας ανάμεσα στα διανύσματα της τάσης και του ρεύματος.

Στο Διάγραμμα 4.1 φαίνονται οι καταμετρηθείσες τιμές της ενεργού και αέργου ισχύος, καθώς και του συντελεστή ισχύος στο σύνολο των τριών φάσεων για το διάστημα των 14 ημερών που ήταν συνδεδεμένος ο αναλυτής ηλεκτρικής ενέργειας. Οι τιμές καταγράφονταν ανά πεντάλεπτο και εδώ παρουσιάζονται οι μέσες τιμές κάθε χρονικού διαστήματος.



Διάγραμμα 4.1: Μέση ενεργός, άεργος ισχύς και διακύμανση $\cos\phi$ κατά το χρονικό διάστημα από 30/9 έως 13/10

Όπως φαίνεται και στο παραπάνω διάγραμμα, οι διακυμάνσεις της ενεργού και αέργου ισχύος, καθώς και του συντελεστή ισχύος είναι ομοιόμορφες για το χρονικό διάστημα των 14 ημερών που ήταν συνδεδεμένος ο αναλυτής ηλεκτρικής ενέργειας. Πράγματι, στο διάστημα των δύο εβδομάδων, υπήρξαν συνολικά 10 εργάσιμες ημέρες, κατά τις οποίες η ζήτηση της ισχύος εμφανίζει απότομη αύξηση στις 6:00 το πρωί, όπου το B.E.M.S. έχει ρυθμιστεί να θέτει σε λειτουργία το σύστημα θέρμανσης/ψύξης. Κατόπιν, η ενεργός ισχύς κυμαίνεται κατά μέσο όρο από 280 kW έως 440 kW, και οι εναλλαγές αυτές σχετίζονται κυρίως με την ενεργοποίηση και απενεργοποίηση των ψυκτών. Μεγάλη διαφοροποίηση παρατηρείται στην κατανάλωση ενεργού ισχύος το Σαββατοκύριακο. Το Σάββατο, η κατά μέσο όρο ενεργός ισχύς ανέρχεται στα 220 kW, τιμή πολύ χαμηλότερη από τις εργάσιμες ημέρες, λόγω του ότι το κτίριο υπολειτουργεί. Την Κυριακή, που το κτίριο παραμένει εντελώς κλειστό, η κατανάλωση που καταγράφεται και στο ανωτέρω διάγραμμα προέρχεται από το φορτίο βάσης του κτιρίου και είναι ίσο με 60 kW. Όπως έχει προαναφερθεί στο Κεφάλαιο 3 σχετικά με την ανάλυση των ενεργειακών καταναλώσεων, τις ώρες που το κτίριο είναι κλειστό παραμένουν σε λειτουργία τα φορτία που σχετίζονται με:

- τη φωταγωγή ορισμένων χώρων (Control rooms και εξωτερικοί χώροι, σύνολο 10 kW),

- τη λειτουργία των συστημάτων ασφαλείας (κάμερες, monitor, καταγραφικά, Η/Υ, προβολείς, σύνολο 5 kW),
- τους δικτυακούς κόμβους (σύνολο 10 kW),
- τη λειτουργία του προκλιματισμού για την ανανέωση των χώρων που χρησιμοποιούνται από τους υπεύθυνους ασφαλείας (κλιματιστικές μονάδες, Fan-Coil Units και αντλίες προκλιματισμού στους αντίστοιχους χώρους, καθώς και το air-condition στο φυλάκιο του χώρου στάθμευσης: σύνολο 15 kW),
- τον δροσισμό των χώρων όπου φυλάσσονται ευαίσθητες ηλεκτρονικές συσκευές (air-condition και ιονιστές στους δικτυακούς κόμβους: σύνολο 12 kW),
- τα ψυγεία και τους καταψύκτες (σύνολο 5 kW)

Συμπεριλαμβάνοντας στα ανωτέρω και την κατανάλωση που προκαλείται από τους υπεύθυνους φύλαξης του κτιρίου καθώς και από τα φορτία που η κατανάλωσή τους δεν ελήφθη υπόψιν γιατί είναι αμελητέα (αισθητήρες για κίνηση, πυρανίχνευση, συνεγερμοί κ.ά.), η κατανάλωση της ηλεκτρικής ισχύος τις ώρες που το κτίριο είναι κλειστό ανέρχεται περίπου στα 60 kW, ίση δηλαδή με το φορτίο βάσης.

Υπενθυμίζεται ότι στο κτίριο κανονικά λειτουργούν καθημερινώς τα γραφεία από τις 7:00 το πρωί έως τις 17:00, και οι εργασίες καθαρισμού και συντήρησης γίνονται από τις 17:00 έως τις 21:00 το βράδυ. Το Σάββατο λειτουργούν ορισμένα μόνο τμήματα της Εταιρείας (Control, Emergency και Συντήρησης) και την Κυριακή το κτίριο παραμένει κλειστό. Θα πρέπει βέβαια να σημειωθεί ότι αυτή είναι μία γενική κατάσταση όσον αφορά τη λειτουργία του κτιρίου κατά τη διάρκεια ενός έτους. Ωστόσο, δεν είναι σπάνιες οι φορές που λόγω έκτακτων καταστάσεων ή εξαιρετικών συνθηκών, προσέρχονται στο κτίριο Διευθυντές και υπάλληλοι ανεξάρτητα από το προαναφερθέν πρόγραμμα λειτουργίας.

Όπως προαναφέρθηκε, η ζήτηση φορτίου τις ώρες που το κτίριο παραμένει κλειστό είναι περίπου 60 kW. Στην περίπτωση εργάσιμης ημέρας, η ζήτηση αυτή των 60 kW διαρκεί για 9 ώρες, το Σάββατο για 15 ώρες και την Κυριακή για 19 ώρες. Η μέση ζητούμενη ενεργός ισχύς για τις καθημερινές προκύπτει από το Διάγραμμα 4.1 ίση με 350 kW περίπου, για το Σάββατο ζητούνται 220 kW (τις ώρες που το κτίριο λειτουργεί) και την Κυριακή παρατηρείται μία μέση ζήτηση 80 kW. Με βάση τα παραπάνω, η εβδομαδιαία κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας υπολογίζεται:

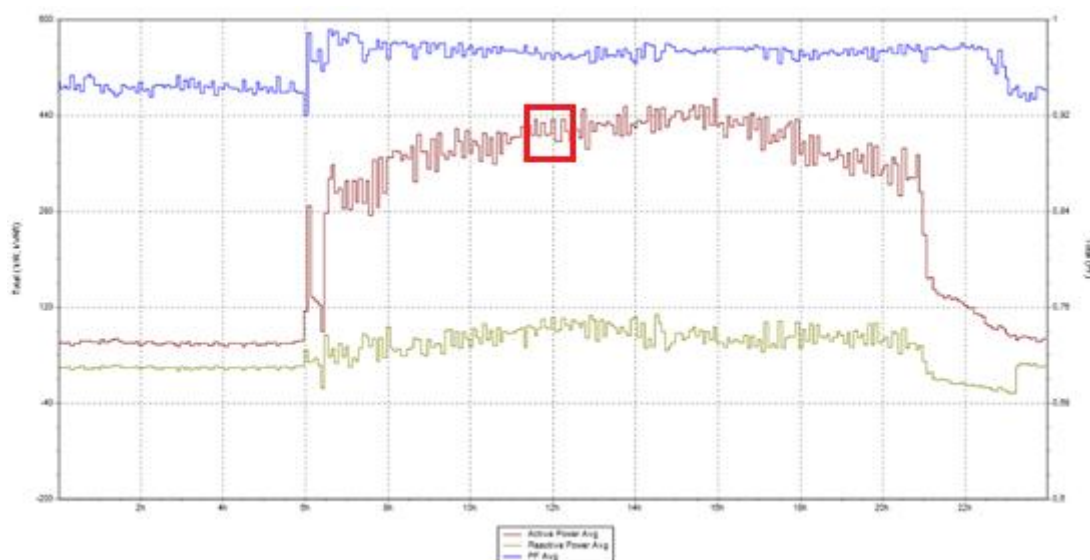
$$\underbrace{5 \times (60\text{kW} * 9\text{h} + 350\text{kW} * 15\text{h})}_{\text{καθημερινή ές}} + \underbrace{(220\text{kW} * 9 + 60\text{kW} * 15\text{h})}_{\text{Σάββατο}} + \underbrace{(80\text{kW} * 5 + 60\text{kW} * 19\text{h})}_{\text{Κυριακή ή}} \text{ δηλαδή συνολικά στη διάρκεια μίας εβδομάδας}$$

καταναλώνονται $E_{\text{εβδομ.}} = 33.370 \text{ kWh}$. Εάν υποτεθεί ότι οι δύο εβδομάδες που απεικονίζονται στο Διάγραμμα 4.1 είναι αντιπροσωπευτικές ως προς την ηλεκτρική κατανάλωση του κτιρίου όλο το έτος και λαμβάνοντας υπόψιν ότι υπάρχουν 14 ημέρες συνολικά μέσα στο έτος (δηλαδή δύο εβδομάδες) που το κτίριο παραμένει κλειστό λόγω των επίσημων αργιών (άρα στη διάρκεια αυτή ζητείται το φορτίο βάσης), η ετήσια ηλεκτρική κατανάλωση είναι:

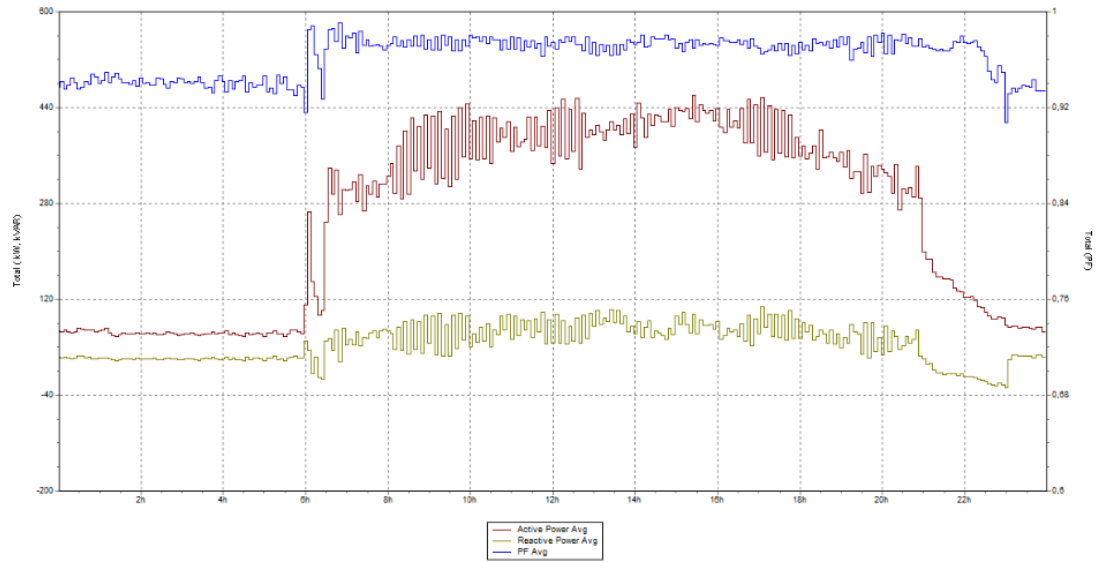
$$E_{\text{ετήσ.}} = 50 \times \underbrace{33.370 \text{ kWh}}_{\text{τυπική εβδομάδα}} + \underbrace{60 \text{ kW} * 14 \text{ ημέρες} * 24 \text{ h}}_{\text{επίσημες αργίες}} = 1.688.660 \text{ kWh, δηλαδή}$$

καταναλώνονται περίπου 1.689 MWh σε ένα έτος. Η τιμή αυτή είναι ελαφρώς μεγαλύτερη από την αντίστοιχη που υπολογίσθηκε στο Κεφάλαιο 3. Πιο συγκεκριμένα, στην παράγραφο 3.4.4, εκτιμήθηκε πως στο κτίριο καταναλώνονται ετησίως 1.605.368 kWh ηλεκτρικής ενέργειας, τιμή που προέκυψε από την καταγραφή των φορτίων που είναι εγκατεστημένα στο κτίριο, καθώς και από τις πληροφορίες που δόθηκαν από τους υπεύθυνους συντήρησης σχετικά με τους χρόνους χρήσης των διάφορων γραφείων. Παρατηρείται, λοιπόν, ότι υπάρχει μια απόκλιση περίπου 83 MWh ανάμεσα στις δύο τιμές, και τούτο δικαιολογείται κυρίως από το γεγονός ότι ο αναλυτής ηλεκτρικής ενέργειας τοποθετήθηκε στο κτίριο τις πρώτες ημέρες του Οκτωβρίου, οπότε ο καιρός ήταν ακόμα ζεστός και, κατά συνέπεια, οι ψύκτες λειτουργούσαν για μεγάλο διάστημα της ημέρας (ιδιαίτερα κατά τις μεσημβρινές ώρες). Αυτό είχε ως αποτέλεσμα, κατά την αναγωγή της ηλεκτρικής κατανάλωσης σε ετήσια βάση, να υποτεθεί ότι η αυξημένη κατανάλωση της θερινής περιόδου εκτείνεται σε όλο το έτος, κάτι όμως που δεν ανταποκρίνεται στην πραγματικότητα. Ωστόσο, η απόκλιση είναι αρκετά μικρή, συνεπώς, δεν χρήζει περαιτέρω διερεύνησης.

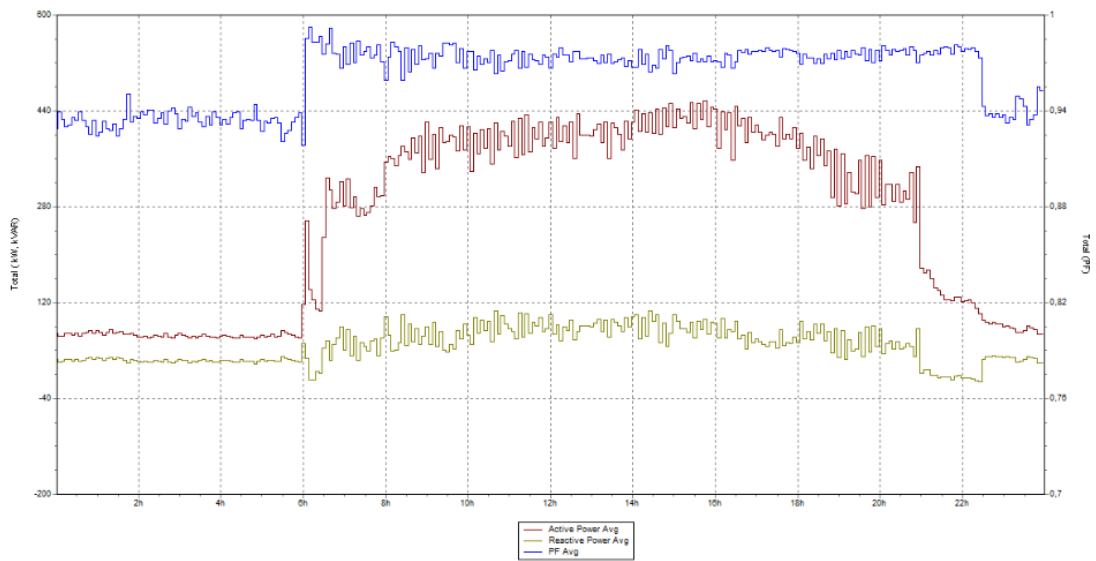
Ενδιαφέροντα συμπεράσματα μπορούν να προκύψουν από τις ημερήσιες καμπύλες φορτίου, για όσο διάστημα ήταν συνδεδεμένος ο αναλυτής ηλεκτρικής ενέργειας στον πίνακα χαμηλής τάσης του κτιρίου. Στα επόμενα διαγράμματα φαίνεται η ενεργός και άεργος ισχύς, καθώς και οι διακυμάνσεις του συντελεστή ισχύος για κάθε ημέρα ξεχωριστά.



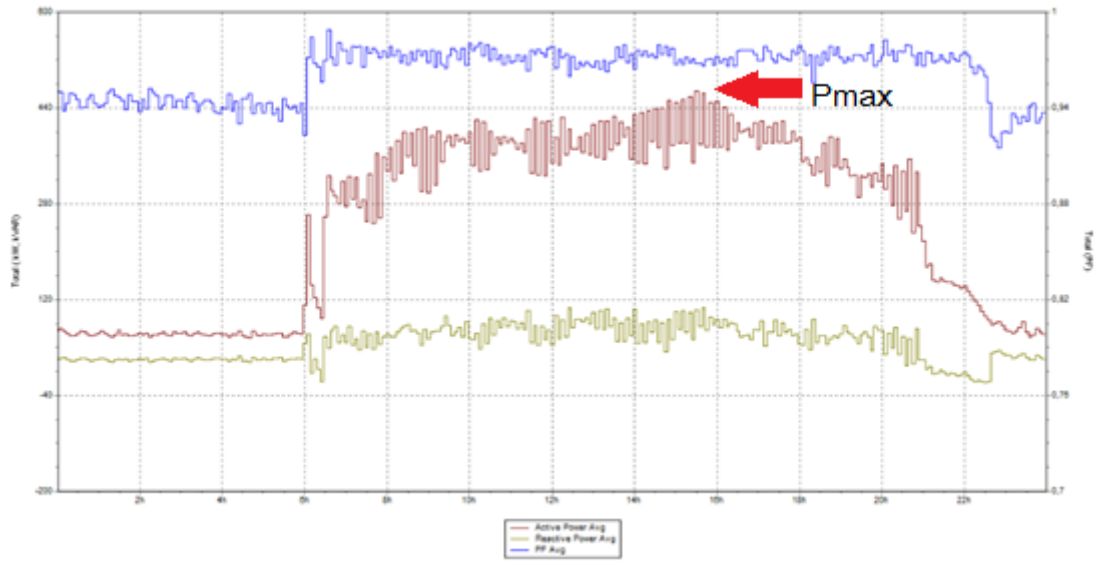
Διάγραμμα 4.2: Μέση ενεργός, άεργος ισχύς και διακύμανση συντελεστή ισχύος τη Δευτέρα 1/10



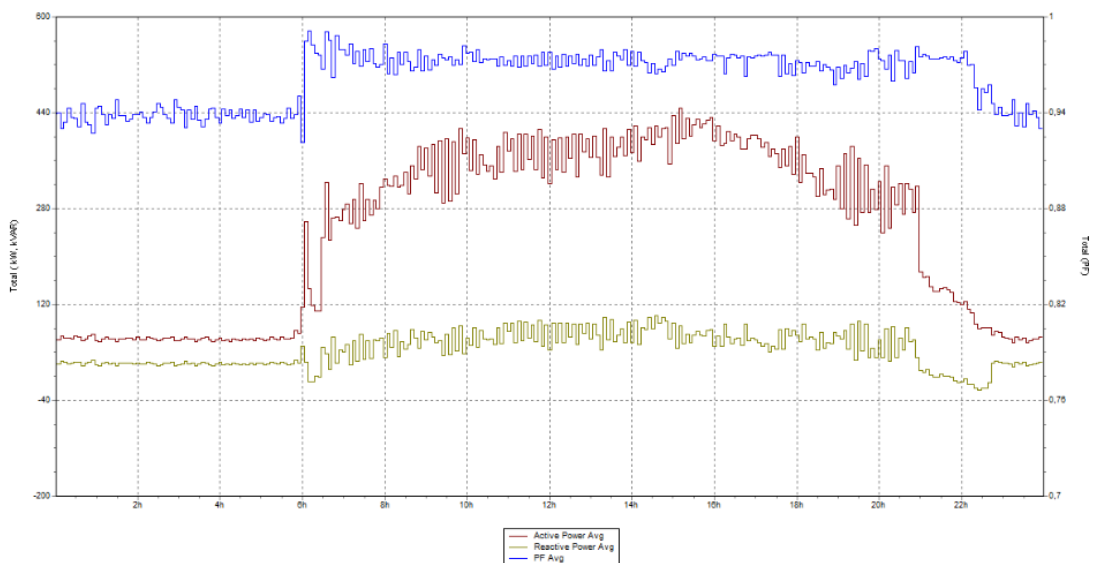
Διάγραμμα 4.3: Μέση ενεργός, άεργος ισχύς και διακύμανση συντελεστή ισχύος την Τρίτη 2/10



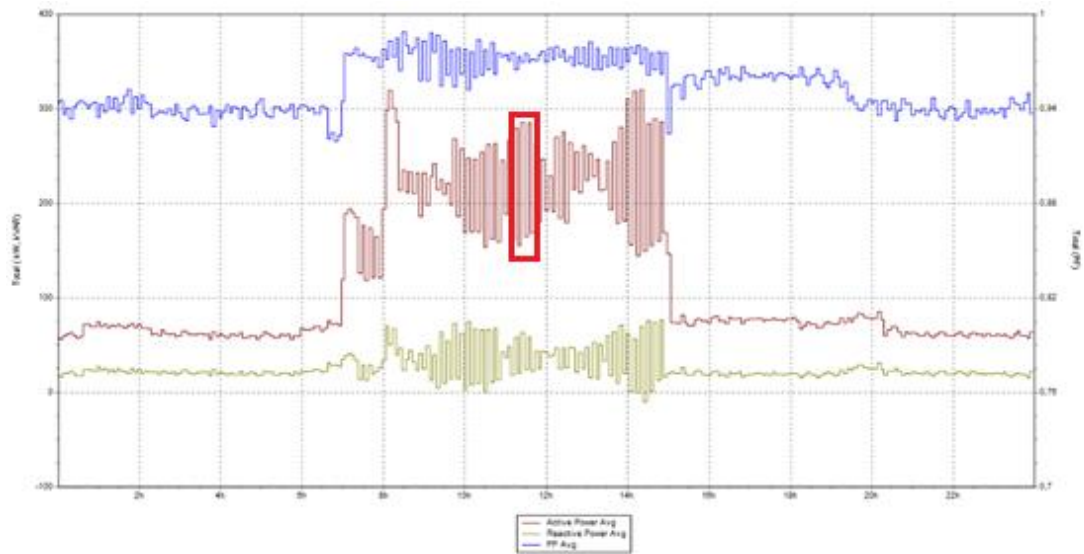
Διάγραμμα 4.4: Μέση ενεργός, άεργος ισχύς και διακύμανση συντελεστή ισχύος την Τετάρτη 3/10



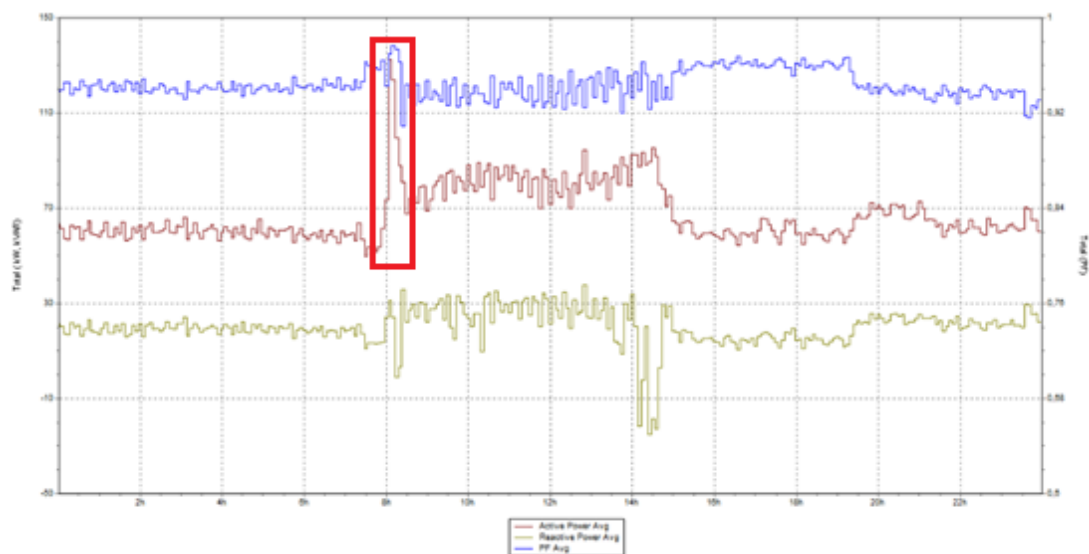
Διάγραμμα 4.5: Μέση ενεργός, άεργος ισχύς και διακύμανση συντελεστή ισχύος την Πέμπτη 4/10



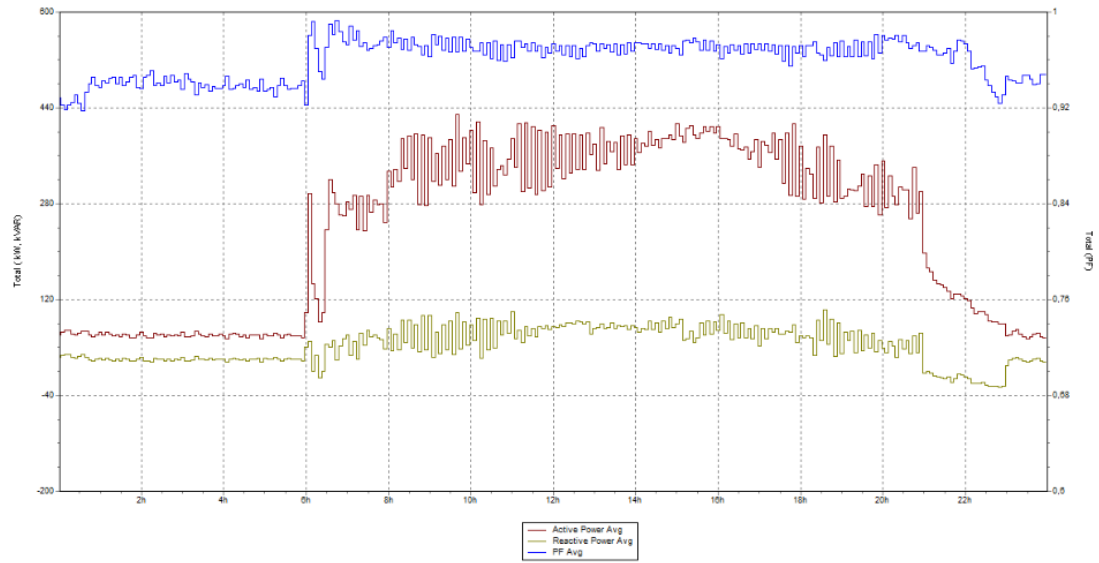
Διάγραμμα 4.6: Μέση ενεργός, άεργος ισχύς και διακύμανση συντελεστή ισχύος την Παρασκευή 5/10



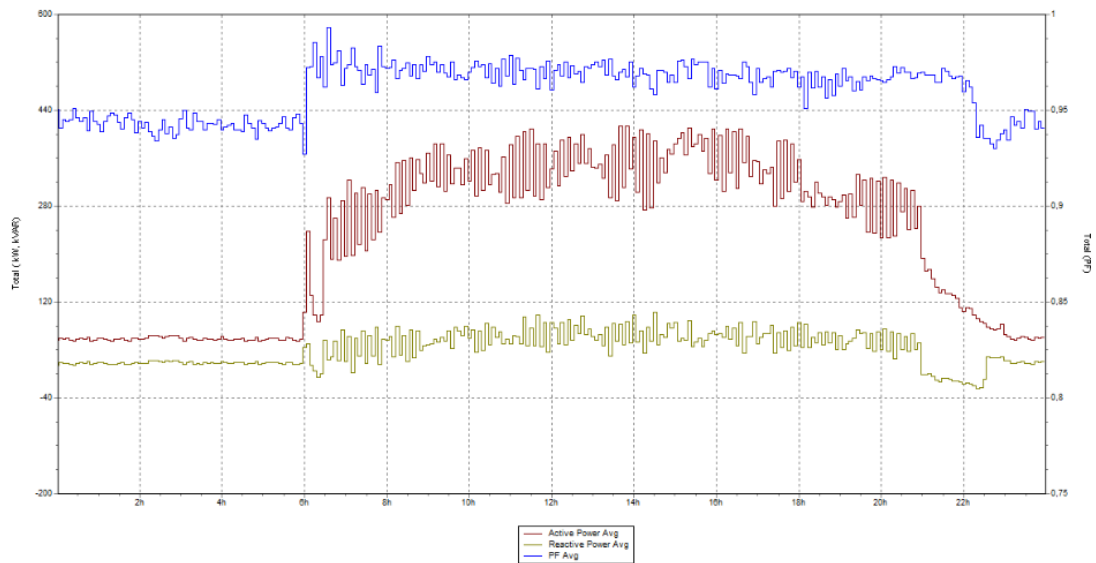
Διάγραμμα 4.7: Μέση ενεργός, άεργος ισχύς και διακύμανση συντελεστή ισχύος το Σάββατο 6/10



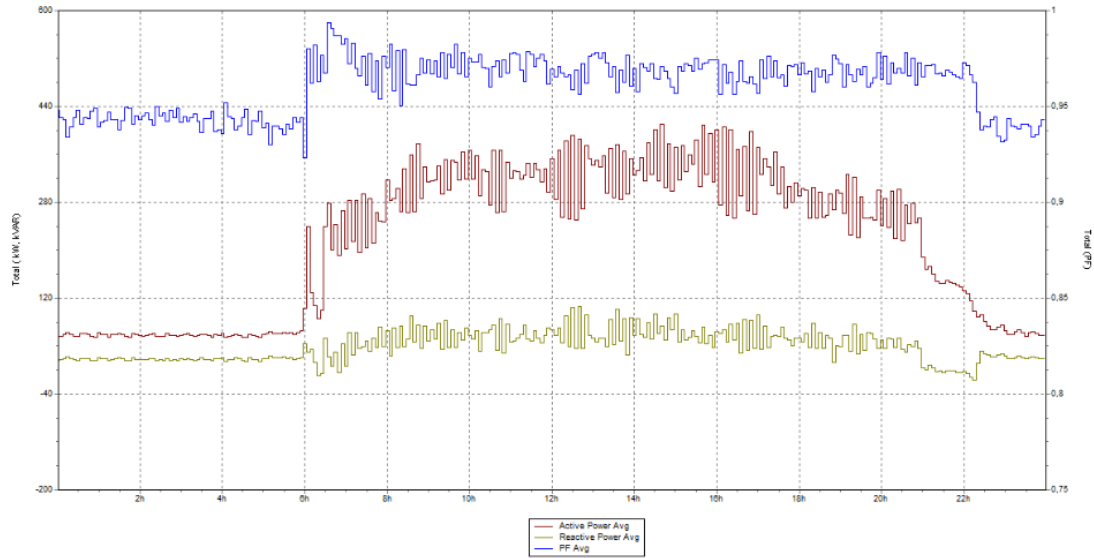
Διάγραμμα 4.8: Μέση ενεργός, άεργος ισχύς και διακύμανση συντελεστή ισχύος την Κυριακή 7/10



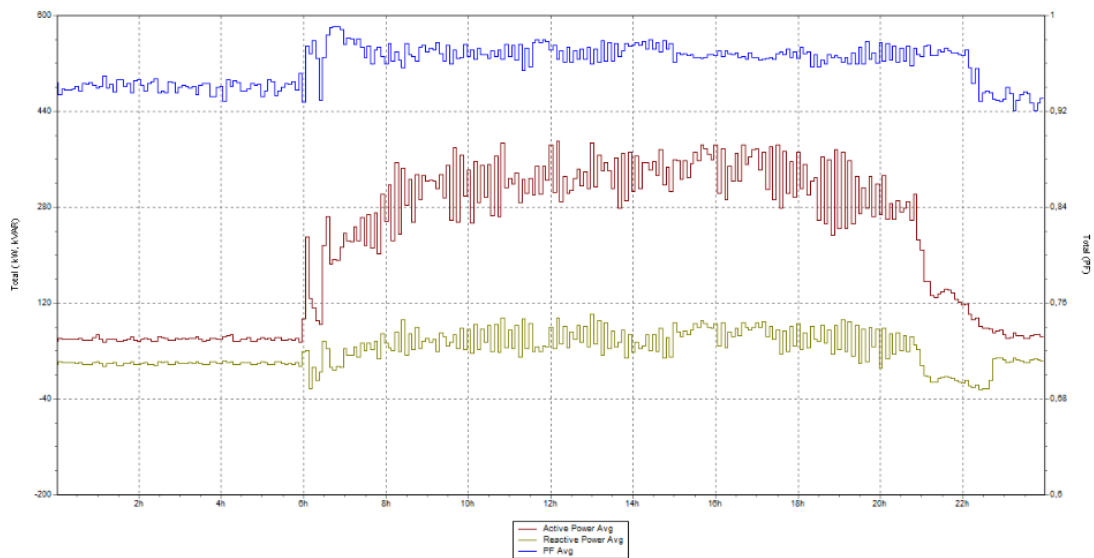
Διάγραμμα 4.9: Μέση ενεργός, άεργος ισχύς και διακύμανση συντελεστή ισχύος τη Δευτέρα 8/10



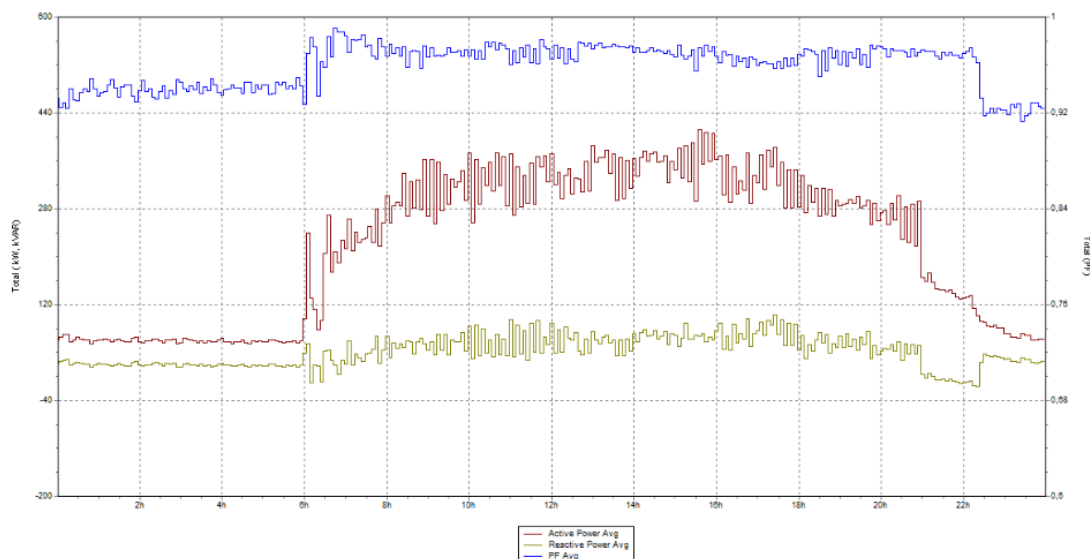
Διάγραμμα 4.10: Μέση ενεργός, άεργος ισχύς και διακύμανση συντελεστή ισχύος την Τρίτη 9/10



Διάγραμμα 4.11: Μέση ενεργός, άεργος ισχύς και διακύμανση συντελεστή ισχύος την Τετάρτη 10/10



Διάγραμμα 4.12: Μέση ενεργός, άεργος ισχύς και διακύμανση συντελεστή ισχύος την Πέμπτη 11/10



Διάγραμμα 4.13: Μέση ενεργός, άεργος ισχύς και διακύμανση συντελεστή ισχύος την Παρασκευή 12/10

Συγκρίνοντας μεταξύ τους τα διαγράμματα από τις 10 εργάσιμες ημέρες που καταγράφηκε η ενεργός και άεργος ισχύς, παρατηρείται ότι υπάρχει μεγάλη ομοιομορφία ως προς τα διαστήματα που αυξάνεται η ενεργός ισχύς και τα διαστήματα που στο κτίριο ζητείται το φορτίο βάσης. Αυτή η ομοιομορφία οφείλεται κυρίως στη διασύνδεση του συστήματος θέρμανσης/ψύξης στο κεντρικό σύστημα διαχείρισης ενέργειας του κτιρίου, μέσω του οποίου τίθενται εντός και εκτός λειτουργίας οι ψύκτες, οι συμπιεστές, οι αντλίες, οι λέβητες και όλα τα υποσυστήματα που σχετίζονται με το σύστημα θέρμανσης/ψύξης, το οποίο υπολογίστηκε στο Κεφάλαιο 3 ως το πιο ενεργοβόρο σε σχέση με τις υπόλοιπες καταναλώσεις.

Από τα ημερήσια διαγράμματα της ενεργού ισχύος, παρατηρείται ότι κατά τις εργάσιμες ημέρες (Δευτέρα έως Παρασκευή) το κτίριο παρουσιάζει μεγάλη αύξηση στα επίπεδα της ηλεκτρικής κατανάλωσης από τις 6:00 το πρωί έως τις 21:00 το βράδυ. Η αιχμή της ενεργού ισχύος είναι στα 468 kW και σημειώθηκε στις 15:30 το μεσημέρι της Πέμπτης 4/10 (Διάγραμμα 4.5). Αντίθετα, το φορτίο βάσης είναι 60 kW, και αντιστοιχεί στο 13% της μέγιστης ενεργού ισχύος. Το φορτίο βάσης ζητείται κατά τις ώρες που το κτίριο είναι κλειστό (νυχτερινές ώρες, καθημερινές μετά τις 21:00, Σάββατο και Κυριακή μετά τις 16:00).

Αξίζει να επισημανθεί ότι παρ' όλο που η καμπύλη ισχύος ακολουθεί συνολικά μία αναμενόμενη κατανομή, οι στιγμιαίες μεταβολές σε διαδοχικές μετρήσεις του αναλυτή ηλεκτρικής ενέργειας είναι αρκετά μεγάλες. Για παράδειγμα, στο διάγραμμα καμπύλης ενεργού ισχύος του Σαββάτου 6/10 παρατηρούνται συνεχείς εναλλαγές της ζήτησης από τα 160 στα 280 kW ανά 5 λεπτά. Προκειμένου να διαπιστωθεί η αιτία που προκαλεί αυτήν την αυξομείωση της ζητούμενης ισχύος κατά $280 - 160 = 120$ kW, αξίζει να παρατηρηθούν τα εξής: η μεγάλη αυξομείωση της ζήτησης του φορτίου

διαρκεί σχεδόν από τις 10:00 έως τις 15:00, πιθανότατα λοιπόν να σχετίζεται με την αύξηση της θερμοκρασίας κατά τις μεσημεριανές ώρες. Η συσχέτιση με την προσέλευση χρηστών στο κτίριο θα πρέπει να αποκλειστεί, διότι το ωράριο απασχόλησης των εργαζομένων είναι καθορισμένο -στη συντριπτική τους πλειοψηφία- από τις 8:00 έως τις 17:00. Όπως έχει προαναφερθεί, το μεγαλύτερο εγκατεστημένο φορτίο στο κτίριο είναι το σύστημα θέρμανσης/ψύξης που αποτελείται βασικά από τους οχτώ ψύκτες, τους συμπιεστές (τέσσερις ανά ψύκτη) και τις κεντρικές κλιματιστικές μονάδες. Οι συμπιεστές τίθενται σε λειτουργία διαδοχικά, ένας-ένας κάθε φορά. Παρατηρείται, λοιπόν, ότι σε διάστημα 5 λεπτών τίθενται εντός λειτουργίας δύο συμπιεστές ανά ψύκτη ($2 \times 7,5 \text{ kW}$), ισχύς η οποία πολλαπλασιαζόμενη με τον αριθμό των ψυκτών ισούται με τα 120 kW που αποτελούν την αυξομείωση της ζητούμενης ενεργού ισχύος στο προαναφερθέν διάγραμμα.

Μία σχετικά ομαλή ημέρα από άποψη ζήτησης φορτίου ήταν η Δευτέρα 1/10. Οι στιγμιαίες εναλλαγές στη ζήτηση ενεργού ισχύος κυμαίνονταν περίπου στα 50 kW, τιμή κατά πολύ μικρότερη από τις διακυμάνσεις που παρατηρούνται στις υπόλοιπες καμπύλες φορτίου. Παρατηρείται ότι εκείνη την ημέρα η κλιματιστική μονάδα κρατούσε σε λειτουργία τους συμπιεστές για περισσότερη ώρα σε σχέση με προηγούμενως. Λαμβάνοντας υπόψιν ότι η θερμοκρασία εκείνη την ημέρα ήταν ιδιαίτερα υψηλή (έως 31 °C) χωρίς σημαντικές μεταβολές, τεκμαίρεται πως το σύστημα θέρμανσης/ψύξης λειτουργούσε συνεχώς και για μεγάλο διάστημα, μέχρι να φτάσει στην επιθυμητή θερμοκρασία.

Αντίθετα, ένα συμβάν απότομης αύξησης της ζητούμενης ενεργού ισχύος σημειώθηκε την Κυριακή 7/10 στις 8:00 το πρωί. Σύμφωνα με τις πληροφορίες που αντλήθηκαν από τους υπεύθυνους του Τμήματος Συντήρησης του κτιρίου, το B.E.M.S. έχει ρυθμιστεί έτσι ώστε την Κυριακή να μην λειτουργεί το σύστημα θέρμανσης/ψύξης, διότι το κτίριο παραμένει κλειστό τις περισσότερες Κυριακές του έτους. Ωστόσο, περίπου στις 8:00 το πρωί της συγκεκριμένης ημέρας προσήλθαν υπάλληλοι για εργασίες συντήρησης, με αποτέλεσμα να τεθούν οι κλιματιστικές μονάδες σε λειτουργία ώστε να εφαρμοστεί ένα είδος προκλιματισμού (ανανέωση αέρα στους εσωτερικούς χώρους), κατόπιν όμως τέθηκαν εκτός όλα τα υποσυστήματα που σχετίζονται με τη θέρμανση/ψύξη του κτιρίου (ψύκτες, συμπιεστές, λέβητες κ.λπ.) και διατηρήθηκαν σε λειτουργία μόνο τα συστήματα που αφορούσαν τους χώρους που θα χρησιμοποιούσαν οι συγκεκριμένοι υπάλληλοι. Έτσι δικαιολογείται η απότομη αύξηση από τα 60 στα 130 kW, που είναι σημειωμένη σε ορθογώνιο πλαίσιο στο Διάγραμμα 4.8. Οι υπόλοιπες καταναλώσεις που καταγράφηκαν μέσα στη μέρα (από τις 8:00 έως τις 14:30 περίπου) σχετίζονται -εκτός των ανωτέρω- και με τα μηχανήματα που τέθηκαν σε λειτουργία για τις εργασίες συντήρησης (παρατηρούνται στιγμιαίες διακυμάνσεις των 10 kW περίπου).

Όσον αφορά τον συντελεστή ισχύος, η τιμή του είναι κοντά στο 0,95 στην πλειοψηφία των καταγραφεισών τιμών, ενώ ποτέ δεν μειώνεται κάτω από την τιμή

0,90. Αυτό καταδεικνύει πως η συστοιχία των πυκνωτών που είναι συνδεδεμένοι στο δίκτυο της εγκατάστασης επιτυγχάνει εξαιρετική αντιστάθμιση της αέργου ισχύος.

Τα πλεονεκτήματα που επιτυγχάνονται από την αντιστάθμιση άεργου ισχύος είναι τα εξής:

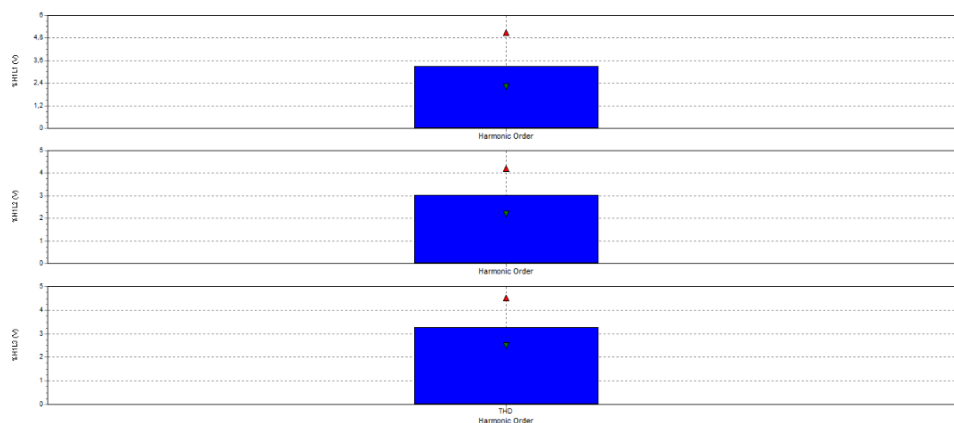
- Μείωση του κόστους παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας
- Αύξηση της παραγωγικότητας των σταθμών παραγωγής
- Σημαντική αποφυγή των επιβαρύνσεων στο λογαριασμό της Δ.Ε.Η.
- Απαλλαγή των στοιχείων του δικτύου (καλωδίων, μετασχηματιστών, διακοπών) από την άεργο συνιστώσα του ρεύματος και αποφυγή πολυέξοδων επεκτάσεων
- Υψηλότερος συντελεστής ισχύος, βελτιωμένη σταθερότητα τάσης και λιγότερες απώλειες δικτύου
- Αποφυγή προβλημάτων συντονισμού και άμβλυνση των ηλεκτρικών διαταραχών
- Λιγότερη φθορά του εξοπλισμού και αύξηση της διάρκειας ζωής του
- Χαμηλότερο κόστος συντήρησης και χαμηλότερο κόστος αντικατάστασης του υπάρχοντος εξοπλισμού

4.3.3.2 Αρμονικές τάσης και ρεύματος

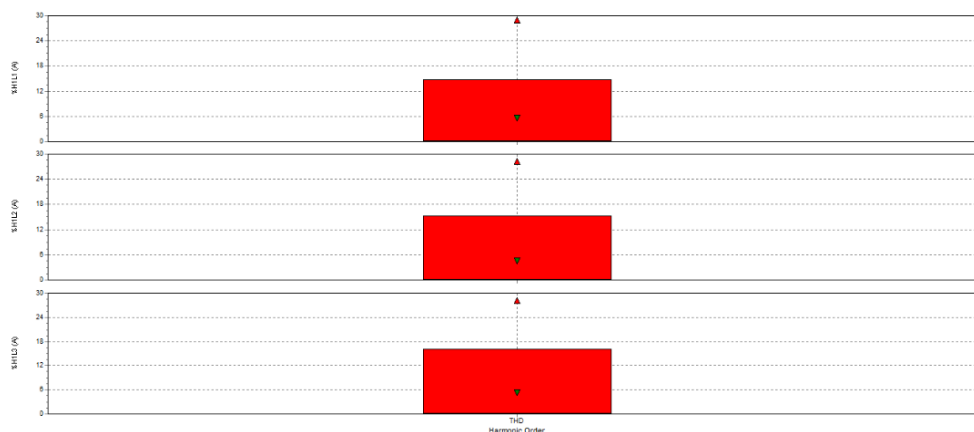
Η ύπαρξη αρμονικών στη τάση και την ένταση (υπέρθεση συχνοτήτων πολλαπλάσιων της θεμελιώδους - 50 Hz) οφείλεται κυρίως στην ύπαρξη μη γραμμικών φορτίων, φορτίων δηλαδή που παίρνουν ρεύμα διαφορετικής κυματομορφής από την τάση, άγουν με άλλα λόγια ρεύμα μόνο σε ορισμένες περιοχές της τάσης. Φορτία που σχετίζονται με την εμφάνιση αρμονικών είναι κυρίως αυτά που περιέχουν ηλεκτρονικά ισχύος (ανορθωτές, PLC κ.λπ.), οι λαμπτήρες φθορισμού, τα air-condition κ.ά.

Το φάσμα των αρμονικών (δηλαδή ο μετασχηματισμός Fourier της κυματομορφής ώστε να υπολογισθούν οι συχνότητες τις οποίες περιέχει) εξαρτάται από τη 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.

Παρακάτω, παρατίθενται τα διαγράμματα στα οποία φαίνεται η τάξη των αρμονικών τάσης και ρεύματος στις τρεις φάσεις του δικτύου.



Διάγραμμα 4.14: Ιστόγραμμα αρμονικών τάσης κάθε φάσης στο διάστημα από 30/9 έως 13/10



Διάγραμμα 4.15: Ιστόγραμμα αρμονικών ρεύματος κάθε φάσης στο διάστημα από 30/9 έως 13/10

Για την αξιολόγηση μίας ηλεκτρικής εγκατάστασης ως προς την ποιότητα ισχύος που παρέχει, χρησιμοποιείται ο συντελεστής ολικής αρμονικής παραμόρφωσης (Total Harmonic Distortion, THD). Σύμφωνα με το Πρότυπο της IEEE 519, τα επιτρεπτά όρια των αρμονικών για την τάση και το ρεύμα είναι, αντίστοιχα: $THD_V < 5\%$ και $THD_I < 3\%$.

Από τα ανωτέρω διαγράμματα, παρατηρείται ότι η τιμή του συντελεστή ολικής παραμόρφωσης για την τάση είναι κάτω από το επιτρεπόμενο όριο και για τις τρεις φάσεις. Αντίθετα, η τιμή του συντελεστή ολικής παραμόρφωσης για την ένταση είναι πάνω από το μέγιστο επιτρεπόμενο όριο και για τις τρεις φάσεις.

Οι αρμονικές συνδέονται άμεσα με τον συντελεστή ισχύος. Η ύπαρξη αρμονικών οδηγεί σε μείωση του πραγματικού συντελεστή ισχύος, καθώς αυξάνεται η ενεργός τάση και, κυρίως, η ενεργός ένταση. Αυτό μπορεί να θεωρηθεί ως ένδειξη της αύξησης των απωλειών στο δίκτυο.

Για τη μείωση των αρμονικών μπορούν να χρησιμοποιηθούν φίλτρα (συνδυασμός πυκνωτών και πηνίων), τα οποία παγιδεύουν τις αρμονικές και δεν τους επιτρέπουν να διεισδύσουν στο δίκτυο.

5. Μελέτη επεμβάσεων εξοικονόμησης ενέργειας

5.1 Γενικά

Όπως ήδη αναφέρθηκε στο Κεφάλαιο 1, σκοπός της ενεργειακής επιθεώρησης είναι η κατάστρωση μίας σειράς επεμβάσεων στο κέλυφος και τις ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις του κτιρίου, η εφαρμογή των οποίων θα συντελέσει στην εξοικονόμηση της καταναλισκόμενης ενέργειας. Οι επεμβάσεις αυτές κατατάσσονται σε τρεις κατηγορίες:

- **Επεμβάσεις νοικοκυρέματος:** Είναι μέτρα χωρίς ειδική χρηματοδότηση, που εφαρμόζονται σε τακτική βάση και εντάσσονται στη συνήθη λειτουργία και συντήρηση του κτιρίου. Τα μέτρα αυτά συνδέονται άμεσα με την αλλαγή συμπεριφοράς των χρηστών του κτιρίου. Κατά συνέπεια, η επιτυχία των επεμβάσεων νοικοκυρέματος προϋποθέτει τη συνεχή ενημέρωση των χρηστών σε ενεργειακά ζητήματα.
- **Επεμβάσεις χαμηλού κόστους:** Είναι μέτρα που λαμβάνονται εφ' άπαξ, χρηματοδοτούνται από τον υπάρχοντα ετήσιο προϋπολογισμό της διαχείρισης του κτιρίου και έχουν χρόνο απόσβεσης έως 24 μήνες.
- **Επεμβάσεις ανακατασκευής:** Είναι μέτρα σημαντικού αρχικού κόστους, που λαμβάνονται εφ' άπαξ και έχουν συνήθως μεγάλο χρόνο απόσβεσης.

Στις επόμενες παραγράφους μελετώνται ποικίλες προτάσεις δράσεων για καθεμιά από τις ανωτέρω κατηγορίες, ανάλογα με το κόστος και τον χρόνο απόσβεσης καθεμιάς. Η κατάστρωση των δράσεων αυτών επιλέχθηκε βάσει του ενεργειακού ελέγχου του κτιρίου που αναλύθηκε στο 3^ο και 4^ο Κεφάλαιο και η αξιολόγησή τους γίνεται με τη χρήση τριών τεχνο-οικονομικών κριτηρίων: της Καθαρής Παρούσας Αξίας, του Εσωτερικού Βαθμού Απόδοσης και της Έντοκης Περιόδου Αποπληρωμής.

5.2 Προτάσεις δράσεων ενεργειακής βελτιστοποίησης

5.2.1 Γενικές επεμβάσεις νοικοκυρέματος

Στο υπό μελέτη κτίριο εργάζονται καθημερινά περίπου 314 άτομα. Είναι, λοιπόν, προφανές ότι η ενημέρωση των χρηστών περί της ενεργειακής διαχείρισης θα μπορούσε να αποδώσει σημαντικά οφέλη. Τούτο μπορεί να επιτευχθεί μέσω συστάσεων που θα αναρτηθούν σε εμφανή σημεία του κτιρίου και θα προτρέπουν τους χρήστες για τα κατωτέρω:

- Επαναφορά θυρών και παραθύρων μεταξύ χώρων που βρίσκονται σε διαφορετικές θερμοκρασίες.
- Σβήσιμο λαμπτήρων σε χώρους που δεν χρησιμοποιούνται.
- Απενεργοποίηση συσκευών όταν αυτές δεν πρόκειται να χρησιμοποιηθούν για διάστημα μεγαλύτερο από 10 min. Υπενθυμίζεται ότι η εκτίμηση της

κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας για ηλεκτρικές συσκευές στο 3^ο Κεφάλαιο κατέδειξε πως «σπαταλώνται» 256 kWh ετησίως, λόγω του ότι κάποιες συσκευές μένουν σε κατάσταση αναμονής αντί να απενεργοποιούνται.

- Ορθολογική λειτουργία υφιστάμενων διατάξεων σκίασης παραθύρων. Όπως έχει προαναφερθεί στο 3^ο Κεφάλαιο, το κτίριο διαθέτει υαλοπίνακες χαμηλής εκπομπής (low-e), γεγονός που αποτρέπει αισθητά την είσοδο του ηλιακού φωτός στους εσωτερικούς χώρους. Ωστόσο, συστήνεται στους χρήστες να μετακινούν τις διατάξεις σκiasμού (κουρτίνες), ειδικά στους χώρους με ΒΑ και ΒΔ προσανατολισμό, για να εκμεταλλευτούν -κατά το δυνατόν- τον φυσικό φωτισμό.

Άλλες επεμβάσεις νοικοκυρέματος που μπορούν να πραγματοποιηθούν στα διάφορα ενεργειακά συστήματα του εξεταζόμενου κτιρίου είναι οι εξής:

- Συστηματική χρήση θυρών και παραθύρων το καλοκαίρι, και ειδικότερα τις βραδινές ώρες, για εκμετάλλευση του φυσικού αερισμού-δροσισμού του κτιρίου. Από την ανάλυση των ενεργειακών καταναλώσεων που παρατίθεται στο Κεφάλαιο 3, προέκυψε ότι οι αντλίες για τον προκλιματισμό καταναλώνουν ετησίως περίπου 4.704 kWh, αποτέλεσμα αναμενόμενο αφού βρίσκονται εν λειτουργία για πολύ μεγάλο αριθμό ωρών κατ' έτος. Προτείνεται, λοιπόν, τις ώρες που οι καιρικές συνθήκες το επιτρέπουν, ο αερισμός των χώρων να γίνεται με φυσικό τρόπο και να διακόπτεται η λειτουργία των αντλιών προκλιματισμού.
- Περιοδική συντήρηση καυστήρα για τη ρύθμιση της περίσσειας αέρα. Από τον έλεγχο στο συγκρότημα καυστήρα-λέβητα, συστήνεται να ρυθμίζεται τακτικότερα ο λόγος αέρα/καυσίμου, ώστε να αυξηθεί ο βαθμός απόδοσης του συστήματος.
- Καθαρισμός, έλεγχος και συντήρηση λαμπτήρων και φωτιστικών σωμάτων, ώστε να βελτιστοποιηθεί η απόδοσή τους. Είναι γνωστό πως η απόδοση της εγκατάστασης μειώνεται κατά 40% με πλημμελή συντήρηση, ενώ η μείωση είναι 25% με τακτική συντήρηση.
- Αντικατάσταση ραγισμένων/σπασμένων υαλοπινάκων.

5.2.2 Δράσεις για τον φωτισμό

Στα περισσότερα κτίρια γραφείων, ο φωτισμός αντιστοιχεί στο 25-35% της συνολικής ενέργειας που καταναλώνεται σε αυτά. Ακόμη, η ανάλυση της καταναλισκόμενης ενέργειας στο υπό μελέτη κτίριο κατέδειξε ότι ο φωτισμός αντιστοιχεί στο 27% περίπου της συνολικής ενέργειας που καταναλώνεται (Διάγραμμα 3.20). Είναι, λοιπόν, εμφανής η ανάγκη εύρεσης δράσεων για την εξοικονόμηση ενέργειας στον φωτισμό. Ακολούθως, παρατίθενται οι προτεινόμενες δράσεις που αφορούν στον φωτισμό του υπό μελέτη κτιρίου.

5.2.2.1 Αντικατάσταση λαμπτήρων πυρακτώσεως με λαμπτήρες φθορισμού

Στο κτίριο που μελετάται, οι λαμπτήρες πυρακτώσεως χρησιμοποιούνται για τη φωταγώγηση των χώρων υποδοχής και των διαδρόμων. Κατά την ενεργειακή επιθεώρηση που διενεργήθηκε στα πλαίσια της παρούσας εργασίας, καταμετρήθηκαν συνολικά 160 λαμπτήρες πυρακτώσεως των 60 W και 49 λαμπτήρες των 50 W. Η εκτιμώμενη ετήσια κατανάλωσή τους, όπως υπολογίστηκε στο Κεφάλαιο 3, ανέρχεται στις 11.652 kWh. Στην παρούσα παράγραφο, προτείνεται η αντικατάσταση των λαμπτήρων πυρακτώσεως με λαμπτήρες οικονομίας. Κατόπιν έρευνας στο διαδίκτυο, επιλέγεται να τοποθετηθούν συμπαγείς λαμπτήρες φθορισμού σε όλες τις απλίκες των χώρων υποδοχής και των διαδρόμων που τώρα λειτουργούν με λαμπτήρες πυρακτώσεως.

Κατά την επιλογή του τύπου των νέων λαμπτήρων, θα πρέπει να δοθεί προσοχή ώστε ο νέος λαμπτήρας να παρέχει την ίδια φωτεινότητα (lumen) με τον προηγούμενο λαμπτήρα πυρακτώσεως. Εκτιμάται ότι ένας λαμπτήρας πυρακτώσεως των 50 W εκπέμπει περίπου 750 lm και ένας λαμπτήρας πυρακτώσεως των 60 W περίπου 900 lm. Συνεπώς, καταστρώνεται η επόμενη πρόταση εξοικονόμησης ενέργειας με αντικατάσταση των λαμπτήρων πυρακτώσεως με συμπαγείς λαμπτήρες φθορισμού ως ακολούθως (στις τιμές συμπεριλαμβάνεται Φ.Π.Α. 23%):

Πίνακας 5.1: Κόστος αγοράς νέων λαμπτήρων οικονομίας

Πλήθος λαμπτήρων	Ισχύς ενός λαμπτήρα πυρακτώσεως (W)	Ισχύς νέου λαμπτήρα οικονομίας (W)	Κόστος αγοράς νέου λαμπτήρα (€)	Συνολικό κόστος (€)
49	50	15	3,10	151,90
160	60	18	3,40	544,00
Συνολικό κόστος αγοράς: 695,90 €				

Στο ανωτέρω κόστος αγοράς θα προστεθούν τα εργατικά έξοδα που θα ζητηθούν για την αντικατάσταση των λαμπτήρων. Εάν υποθεθεί ότι το κόστος των εργασιών αντιστοιχεί σε 1 € για κάθε λαμπτήρα, το συνολικό αρχικό κόστος της επένδυσης (K_0) ανέρχεται στα $695,90 + 209 \cdot 1 = 904,90$ €. Βάσει των ωρών που χρησιμοποιούνται τα φωτιστικά στους χώρους υποδοχής και τους διαδρόμους, υπολογίζεται πως η νέα ετήσια κατανάλωση θα είναι 3.495,6 kWh. Αυτό σημαίνει ότι θα εξοικονομούνται ετησίως $11.652 - 3.495,6 = 8.156,4$ kWh. Το οικονομικό όφελος από αυτήν την εξοικονόμηση αποτιμάται στα $8.156,4 \text{ kWh} \cdot 0,06388 \frac{\text{€}}{\text{kWh}} = 521,03$ €, βάσει του τιμολογίου B1 της Δ.Ε.Η. για το 2012. Στον Πίνακα 5.2 αναγράφονται τα αποτελέσματα της αξιολόγησης αυτής της επένδυσης, βάσει των κριτηρίων της Κ.Π.Α., του Ε.Β.Α. και της Ε.Π.Α.

Πίνακας 5.2: Αξιολόγηση επένδυσης για αντικατάσταση λαμπτήρων πυρακτώσεως με λαμπτήρες οικονομίας

Αρχικό κόστος επένδυσης (K_0)	904,90 €
Επιτόκιο αναγωγής (d)	5%
Διάρκεια ζωής της επένδυσης (N)	10 έτη
Ετήσια εξοικονόμηση (F_i)	521,03 €
Κ.Π.Α.	3.118,36 €
Ε.Β.Α.	57%
Ε.Π.Α.	1,86 έτη

Η Κ.Π.Α. προκύπτει θετική, συνεπώς η επένδυση κρίνεται συμφέρουσα. Αξίζει να σημειωθεί ότι η μέση διάρκεια ζωής των νέων λαμπτήρων που επιλέχθηκαν είναι 10.000 ώρες, οι συγκεκριμένοι λαμπτήρες θα χρησιμοποιούνται στο κτίριο κατά μέσο όρο για 996 ώρες σε ένα έτος (άρα η διάρκεια ζωής της επένδυσης ανέρχεται στα 10 χρόνια) ενώ ο χρόνος απόσβεσης είναι λιγότερος από 2 έτη. Συνεπώς, βάσει και των τριών οικονομικών δεικτών που υπολογίστηκαν, η επένδυση αυτή προκρίνεται.

5.2.2.2 Έλεγχος φωτισμού με αισθητήρες παρουσίας

Οι αισθητήρες παρουσίας ανήκουν στην κατηγορία του αυτόματου ελέγχου που αντικαθιστά ή συμπληρώνει τον χειροκίνητο έλεγχο στα κτίρια. Η βιωσιμότητα της επένδυσης σε αισθητήρες παρουσίας βρίσκεται σε άμεση συνάρτηση με τη χρήση των χώρων στους οποίους θα τοποθετηθούν. Συγκεκριμένα, ο ρόλος τους μπορεί να είναι καθοριστικός εάν τοποθετηθούν σε χώρους όπου η χρήση τους είναι διακοπτόμενη, όχι τόσο συχνή και απρόβλεπτη. Γι' αυτόν τον λόγο, επιλέγεται να τοποθετηθούν στους ηλεκτρομηχανολογικούς χώρους, τις αποθήκες, τις κουζίνες, τους βοηθητικούς χώρους και στα WC. Υπολογίζεται ότι η χρήση αισθητήρων παρουσίας μπορεί να εξοικονομήσει το 45-80% της ενέργειας που δαπανάται σε αποθηκευτικούς χώρους και έως 60% στα WC.

- Στους ηλεκτρομηχανολογικούς χώρους υπάρχουν συνολικά: 36 φωτιστικά οροφής PL ισχύος 36W το καθένα και 30 φωτιστικά με λαμπτήρες φθορισμού T8, ισχύος 72W έκαστο. Σύμφωνα με την ανάλυση των ενεργειακών καταναλώσεων του Κεφαλαίου 3, η εκτιμώμενη κατανάλωση των παραπάνω φωτιστικών ανέρχεται στις **3.456 kWh** ετησίως.
- Στις αποθήκες υπάρχουν συνολικά: 53 φωτιστικά των 72W και 2 φωτιστικά των 116 W με λαμπτήρες φθορισμού, καθώς και 4 φωτιστικά των 52W τύπου PL. Η εκτιμώμενη ετήσια κατανάλωσή τους υπολογίστηκε στις **7.656 kWh**.
- Στις κουζίνες καταμετρήθηκαν συνολικά: 11 φωτιστικά των 26W και 32 φωτιστικά των 36W, των οποίων η κατανάλωση υπολογίζεται στις **2.905 kWh** κάθε έτος.

- Στους βοηθητικούς χώρους (όπου φυλάσσονται κατά περίπτωση, φωτοτυπικά μηχανήματα, αρχεία εγγράφων, είδη καθαρισμού κ.λπ.) είναι εγκατεστημένα: 35 φωτιστικά τύπου PL ισχύος 52W το καθένα, καθώς και 70 φωτιστικά των 72W έκαστο. Η ετήσια καταναλισκόμενη ισχύς τους εκτιμήθηκε στις **6.932 kWh**.
- Στα WC είναι εγκατεστημένα συνολικά 153 φωτιστικά PL των 26W και η χρήση τους συνεπάγεται ετήσια κατανάλωση **4.212 kWh**.

Στο αρχικό κόστος της επένδυσης περιλαμβάνονται η αγορά των αισθητήρων και το κόστος της εγκατάστασης. Επιλέγεται να τοποθετηθούν αυτόνομοι αισθητήρες παρουσίας on/off σταθερής χρονοκαθυστερήσης. Ο φωτοηλεκτρικός αισθητήρας που επιλέγεται στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εργασίας στοιχίζει 70 ευρώ, συμπεριλαμβανομένου του κόστους εγκατάστασης. Θα τοποθετηθούν 4 αισθητήρες στους ηλεκτρομηχανολογικούς χώρους, 1 αισθητήρας σε κάθε αποθήκη (σύνολο 3 αποθήκες), 1 σε κάθε κουζίνα (σύνολο 12 κουζίνες), 1 αισθητήρας σε κάθε βοηθητικό χώρο (σύνολο 8 βοηθητικοί χώροι) και 3 σε κάθε χώρο WC (σύνολο 13 WC). Διευκρινίζεται ότι στα βοηθητικά WC της πτέρυγας Α (που προορίζονται για χρήση από Α.Μ.Ε.Α.) δεν επιλέγεται να τοποθετηθούν αισθητήρες παρουσίας, διότι η χρήση αυτών των χώρων είναι αρκετά σπάνια. Συνολικά δηλαδή, χρειάζονται 66 αισθητήρες. Κατά συνέπεια, το αρχικό κόστος της επένδυσης ανέρχεται στα $K_0 = 66 \text{τεμ.} * 70 \frac{\text{€}}{\text{τεμ.}} \Rightarrow K_0 = 4.620 \text{ €}$.

Εκτιμάται ότι η χρήση των αισθητήρων θα επιφέρει κατά μέσο όρο 45% εξοικονόμηση ενέργειας σε όλους τους χώρους που θα τοποθετηθούν. Η κατανάλωση ενέργειας πριν την εγκατάσταση των αισθητήρων είναι ετησίως: $E = 3.456 + 7.656 + 2.905 + 6.932 + 4.212 = 25.161 \text{ kWh}$. Συνεπώς, αναμένεται να εξοικονομηθούν ετησίως $25.161 * 0,45 = 11.322 \text{ kWh}$.

Επειδή οι χώροι στους οποίους θα τοποθετηθούν οι αισθητήρες λειτουργούν από τις 7:00 έως τις 17:00, η χρέωση της ενέργειας ανά κιλοβατώρα σε αυτήν την περίπτωση είναι 0,06388 €, βάσει του τιμολογίου Β1 της Δ.Ε.Η. για το 2012. Συνεπώς, η ετήσια εξοικονόμηση από την εγκατάσταση των φωτοηλεκτρικών αισθητήρων θα είναι $11.322 \text{ kWh} * 0,06388 \frac{\text{€}}{\text{kWh}} = 723,25 \text{ €}$.

Πίνακας 5.3: Αξιολόγηση επένδυσης για εγκατάσταση αισθητήρων παρουσίας

Αρχικό κόστος επένδυσης (K_0)	4.620 €
Επιτόκιο αναγωγής (d)	5%
Διάρκεια ζωής της επένδυσης (N)	10 έτη
Ετήσια εξοικονόμηση (F_i)	723,25 €
Κ.Π.Α.	964,74 €
Ε.Β.Α.	9%
Ε.Π.Α.	7,89 έτη

Η Κ.Π.Α. προκύπτει ίση με 964,74 €. Εφόσον, λοιπόν, $K.P.A. > 0$, η επένδυση κρίνεται συμφέρουσα.

5.2.2.3 Αντικατάσταση ηλεκτρομαγνητικών ballast με ηλεκτρονικά και έλεγχος με BMS

Στην παρούσα παράγραφο εξετάζεται η αντικατάσταση των συμβατικών στραγγαλιστικών διατάξεων (ballast) με ηλεκτρονικά, σε όλα τα φωτιστικά που λειτουργούν με λαμπτήρες φθορισμού στο κτίριο και η ένταξη της εγκατάστασης φωτισμού σε σύστημα κεντρικής διαχείρισης. Η δυνατότητα αυτή θα ήταν αδύνατη με συμβατικά ballast διότι αυτά, πρακτικά, δεν συνεργάζονται με συστήματα BMS. Σύμφωνα με τα στοιχεία που συλλέχθηκαν κατά την ενεργειακή επιθεώρηση που διεξήχθη στο κτίριο, συνολικά καταμετρήθηκαν 393 φωτιστικά $2 \times 58W$, 242 φωτιστικά $2 \times 36W$ και 976 φωτιστικά $4 \times 18W$ με λαμπτήρες φθορισμού. Διακρίνονται, δηλαδή, τρεις κατηγορίες ηλεκτρονικών ballast που μπορούν να χρησιμοποιηθούν, ανάλογα με τον τύπο των φωτιστικών. Ενδεικτικές τιμές για το κόστος της επένδυσης βρέθηκαν μετά από αναζήτηση στο διαδίκτυο και φαίνονται στον Πίνακα 5.4. Θα θεωρηθεί ότι το κόστος εργασίας αντικατάστασης των στραγγαλιστικών διατάξεων ανέρχεται στο ποσό των 5 €/φωτιστικό. Έτσι, το αρχικό κόστος της επένδυσης ανέρχεται στα 27.535 € (είναι: $K_{o, ballast} = 19.480 + 1.611 \cdot 5 = 27.535$ €).

Πίνακας 5.4: Κόστος αγοράς ηλεκτρονικών ballast

Τύπος φωτιστικού	Πλήθος	Κόστος/τεμ. (€)	Συνολικό κόστος (€)
$2 \times 58W$	393	12,50	4.912,50
$2 \times 36W$	242	11,80	2.855,60
$4 \times 18W$	976	12,00	11.712,00
ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΑΓΟΡΑΣ: 19.480,10 €			

Η εκτιμώμενη ετήσια κατανάλωση που προέρχεται από τη λειτουργία των ανωτέρω φωτιστικών ανέρχεται στις 352.664 kWh. Μετά την αντικατάσταση των συμβατικών ηλεκτρομαγνητικών ballast με ηλεκτρονικά, αναμένεται να επιτευχθεί εξοικονόμηση της τάξεως του 25%, ήτοι $352.664 \cdot 0,25 = 88.166$ kWh. Βάσει του τιμολογίου B1 της Δ.Ε.Η., αυτή η εξοικονόμηση της ενέργειας θα αποφέρει στον λογαριασμό κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας μείωση των δαπανών κατά $88.166 \text{ kWh} \cdot 0,06388 \frac{\text{€}}{\text{kWh}} = 5.632,04$ €. Όπως έχει ήδη αναφερθεί, το κτίριο διαθέτει ήδη σύστημα κεντρικής διαχείρισης ενέργειας, μέσω του οποίου ελέγχεται η λειτουργία του συστήματος θέρμανσης/ψύξης. Εάν υλοποιηθεί η δράση της αντικατάστασης των ballast με ηλεκτρονικά, η ένταξη του φωτισμού στο σύστημα κεντρικής διαχείρισης ενέργειας του κτιρίου μπορεί να εφαρμοσθεί χωρίς επιπλέον κόστος, διότι οι λειτουργίες ελέγχου φωτισμού εκτελούνται από ένα στοιχειωδώς απλό BMS. Έχει διαπιστωθεί, από μετρήσεις εξειδικευμένων φορέων, ότι η εγκατάσταση συστήματος

κεντρικής διαχείρισης επιτυγχάνει εξοικονόμηση ενέργειας στον φωτισμό από 10% έως 35%, ανάλογα με το είδος της χρήσης του κτιρίου. Για καταστήματα και κτίρια γραφείων η εξοικονόμηση στον φωτισμό κυμαίνεται μεταξύ 10-20%, και το ποσοστό εξοικονόμησης βρίσκεται σε άμεση συνάρτηση με την επάρκεια φυσικού φωτισμού στον υπό μελέτη χώρο. Λόγω των υαλοπινάκων με επίστρωση χαμηλής εκπεμπιμότητας low-e που διαθέτει το κτίριο, η διείσδυση της φωτεινής ακτινοβολίας στο εσωτερικό των χώρων είναι αρκετά χαμηλή. Επομένως, εκτιμάται ότι η εξοικονόμηση ενέργειας που θα επιτευχθεί από την ένταξη του συστήματος φωτισμού στο BMS θα είναι περίπου 10%. Το κόστος αγοράς και τοποθέτησης τοπικών αυτοματισμών για τις ανάγκες του συγκεκριμένου κτιρίου ανέρχεται σε $K_{0, \text{BMS}} = 5.000 \text{ €}$. Επομένως, το συνολικό αρχικό κόστος της επένδυσης θα είναι $K_0 = 27.535 + 5.000 = 32.535 \text{ €}$. Από την ένταξη του συστήματος φωτισμού στο σύστημα κεντρικής διαχείρισης θα εξοικονομείται επιπλέον το 10% της καταναλισκόμενης ενέργειας, δηλαδή θα επιτυγχάνεται εξοικονόμηση ίση με $352.664 \cdot 0,1 = 35.266 \text{ kWh}$. Έτσι, η συνολική εξοικονόμηση από την επένδυση θα είναι τελικά 7.884,83 € ετησίως.

Πίνακας 5.5: Αξιολόγηση επένδυσης για αντικατάσταση συμβατικών ballast και ένταξη στο BMS

Αρχικό κόστος επένδυσης (K_0)	32.535 €
Επιτόκιο αναγωγής (d)	5%
Διάρκεια ζωής της επένδυσης (N)	10 έτη
Ετήσια εξοικονόμηση (F_i)	7.884,83 €
Κ.Π.Α.	28.349,57 €
Ε.Β.Α.	20%
Ε.Π.Α.	5,74 έτη

Η Κ.Π.Α. για $N = 10$ έτη προκύπτει $28.349,57 \text{ €} > 0$. Κατά συνέπεια, η επένδυση είναι βιώσιμη και συμφέρουσα. Ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης είναι 20% ($> d$) και η έντοκη περίοδος αποπληρωμής είναι λίγο συντομότερη από 6 έτη.

5.2.3 Δράσεις για το κτιριακό κέλυφος

5.2.3.1 Τεχνολογία «ψυχρής στέγης» (“cool roof”) στην οροφή της πτέρυγας Α

Στην παρούσα παράγραφο μελετάται η βελτίωση της θερμικής θωράκισης του κτιριακού κελύφους, μέσω της εφαρμογής θερμομονωτικού υλικού τύπου “cool roof” στην οροφή της πτέρυγας Α. Η τεχνολογία “cool roof” είναι μία μέθοδος θερμομόνωσης, μέσω της οποίας μειώνεται η ενέργεια που απαιτείται για την ψύξη του κτιρίου. Παράλληλα, συμβάλλει στον περιορισμό του φαινομένου της «αστικής νησίδας», δηλαδή της αύξησης της θερμοκρασίας σε πυκνοκατοικημένες αστικές περιοχές έναντι των αγροτικών. Τα υλικά που χρησιμοποιούνται κατά την εφαρμογή αυτής της μεθόδου χαρακτηρίζονται από υψηλή ανακλαστικότητα στην ηλιακή

ακτινοβολία, εμποδίζοντας έτσι τη μεταφορά θερμότητας μέσα στο κτίριο., καθώς και από υψηλό συντελεστή εκπομπής υπέρυθρης ακτινοβολίας (π.χ. γρήγορη αποβολή της απορροφημένης θερμότητας με τη μορφή υπέρυθρης ακτινοβολίας). Αυτές οι δύο ιδιότητες των υλικών τύπου “cool roof” συμβάλλουν στην καλύτερη θερμική θωράκιση του κτιρίου τους καλοκαιρινούς μήνες.

Τα πλεονεκτήματα της μεθόδου “cool roof” συνοψίζονται ακολούθως:

- Μείωση του θερμικού κέρδους του κτιρίου: η θερμοκρασία της οροφής αυξάνει μόνο λίγους βαθμούς Κελσίου στη διάρκεια της θερινής περιόδου.
- Μείωση 10-40% της ενεργειακής κατανάλωσης για ψύξη σε κλιματιζόμενα κτίρια, ανάλογα με τα χαρακτηριστικά της κτιριακής εγκατάστασης και τις κλιματολογικές συνθήκες της περιοχής.
- Βελτίωση της θερμικής άνεσης σε μη κλιματιζόμενα κτίρια.
- Μείωση του μεγίστου της ηλεκτρικής ζήτησης και, κατ’ επέκταση, του εξοπλισμού, των πιθανών βλαβών τις ζεστές ημέρες του έτους και της κλίμακας ισχύος στον λογαριασμό ηλεκτρικής ενέργειας.
- Μείωση των δαπανών για συντήρηση της οροφής, εξαιτίας της λιγότερης θερμικής καταπόνησης των υλικών.
- Μείωση κατά 1-2 °C της θερμοκρασίας στον περιβάλλοντα χώρο.
- Μείωση της ρύπανσης του αέρα και των εκπομπών CO₂.

Για να είναι δυνατή η αριθμητική ανάλυση για την αξιολόγηση της επένδυσης, τα υπό εξέταση κτίρια μπορούν να μοντελοποιηθούν με κατάλληλο λογισμικό για δυναμικές προσομοιώσεις κτιρίων (π.χ. το πρόγραμμα TRNSYS), ώστε να επεκταθεί η συμπεριφορά των κτιρίων σε όλες τις παραμέτρους [10]-[12]. Για τις ανάγκες της παρούσας εργασίας επιλέγεται να τοποθετηθεί στην οροφή της πτέρυγας Α μια λευκή ελαστομερική αδιάβροχη επικάλυψη τύπου “Cool Barrier” με συντελεστή ανακλαστικότητας 0,89 και συντελεστή εκπομπής υπέρυθρης ακτινοβολίας ίσο με 0,88, λευκού χρώματος. Το εμβαδόν της επιφάνειάς της είναι 539 m² και, όπως υπολογίστηκε στο Κεφάλαιο 3, ο συντελεστής θερμοπερατότητάς της, πριν την εφαρμογή της επιπλέον μόνωσης, είναι $U_{V,D} = 0,5655 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$.



Εικόνα 5.1: Εφαρμογή του ψυχρού υλικού σε στέγη κτιρίου

Εκτιμάται ότι η εφαρμογή της μεθόδου «ψυχρή στέγη» θα επιφέρει μείωση του φορτίου ψύξης κατά 20% και αύξηση του φορτίου θέρμανσης κατά 4%, λόγω της

εφαρμογής του ψυχρού υλικού. Σημειώνεται ότι σε αμόνωτο κτίριο, οι αντίστοιχες εκτιμώμενες επιδράσεις στα φορτία θέρμανσης και ψύξης αναμένεται να είναι ακόμα πιο σημαντικές.

Πίνακας 5.6: Ετήσια ενεργειακή κατανάλωση για θέρμανση/ψύξη πριν την εφαρμογή της επένδυσης

Φορτίο θέρμανσης (kWh)	Φορτίο ψύξης (kWh)
387.704	547.720

Κατά συνέπεια, σε ένα έτος θα εξοικονομούνται $547.720 \cdot 0,2 = 109.544$ kWh τους μήνες Απρίλιο-Οκτώβριο και θα δαπανώνται επιπλέον $387.704 \cdot 0,04 = 15.508$ kWh κατά τη χειμερινή περίοδο.

Τους θερινούς μήνες, η εξοικονόμηση σε ηλεκτρική ενέργεια υπολογίζεται ίση με 6.997,67 € (με βάση την τιμή πώλησης της kWh από την Δ.Ε.Η. στο τιμολόγιο B1 του 2012 ίση με 0,06388 €/kWh). Η ενέργεια που θα απαιτηθεί επιπλέον για τους χειμερινούς μήνες αντιστοιχεί πρακτικά σε αύξηση της ενέργειας που καταναλώνεται για θέρμανση (πετρέλαιο θέρμανσης για τον λέβητα και ηλεκτρική ενέργεια για τα air-condition, τις αντλίες, τις κλιματιστικές μονάδες και τα Fan-Coil Units) τους μήνες Οκτώβριο έως Απρίλιο. Στην παράγραφο 3.4.2 υπολογίστηκε ότι η θέρμανση του κτιρίου συντελείται κατά 55% από πετρέλαιο (δηλαδή απαιτούνται επιπλέον $15.508 \cdot 0,55 = 8.529$ kWh θερμικής ενέργειας από πετρέλαιο) και κατά 45% από ηλεκτρική ενέργεια (που ισοδυναμεί με 'επιβάρυνση' $15.508 \cdot 0,45 = 6.979$ kWh ηλεκτρικής ενέργειας). Η μέση απόδοση των λεβήτων μετρήθηκε με τον αναλυτή καυσασερίων ίση με 90%. Με βάση αυτήν την τιμή, υπολογίζεται αύξηση στη χρήση του πετρελαίου ίση με $\frac{8.529}{0,90} = 9.477$ kWh, δηλαδή 796 lt πετρελαίου. Με κόστος αγοράς πετρελαίου θέρμανσης 1,40 €/lt η οικονομική επιβάρυνση που προκύπτει κατά τις περιόδους θέρμανσης ανέρχεται στα 1.114,40 €. Το κόστος της ηλεκτρικής ενέργειας αυξάνει κατά 445,82 € (με βάση την τιμή πώλησης της kWh από την Δ.Ε.Η. στο τιμολόγιο B1 του 2012, ίση με 0,06388 €/kWh). Συνολικά, για ανάγκες θέρμανσης, δαπανώνται επιπλέον $1.114,40 + 445,82 = 1.560,22$ €. Συνυπολογίζοντας την επίδραση που θα έχει η εφαρμογή της «ψυχρής στέγης» στο κόστος θέρμανσης και ψύξης του κτιρίου, προκύπτει ετήσια εξοικονόμηση ίση με $6.997,67 - 1.560,22 = 5.437,45$ €.

Το κόστος της επικάλυψης με το λευκό ελαστομερές είναι περίπου 25 €/m². Άρα, για επιφάνεια 539 m², το κόστος της επέμβασης ανέρχεται στα 13.475 €. Με τα ανωτέρω δεδομένα, αξιολογείται η συγκεκριμένη δράση θεωρώντας επιτόκιο αναγωγής 5% και διάρκεια ζωής της επένδυσης ίση με 15 έτη. Τα αποτελέσματα της συγκεκριμένης επένδυσης συνοψίζονται στον Πίνακα 5.7.

Πίνακας 5.7: Αξιολόγηση επένδυσης για τοποθέτηση «ψυχρής στέγης» στην πτέρυγα Α

Αρχικό κόστος επένδυσης (K₀)	13.475 €
Επιτόκιο αναγωγής (d)	5%
Διάρκεια ζωής της επένδυσης (N)	15 έτη
Ετήσια εξοικονόμηση (F_i)	5.437,45 €
Κ.Π.Α.	42.963,87 €
Ε.Β.Α.	40%
Ε.Π.Α.	2,72 έτη

Η Καθαρή Παρούσα Αξία προκύπτει αρκετά υψηλή, κατά συνέπεια η επένδυση κρίνεται ιδιαίτερος συμφέρουσα. Ωστόσο, θα πρέπει να επισημανθεί ότι η οικονομική αξιολόγηση της παραπάνω επένδυσης έγινε με αρκετές παραδοχές ως προς την εξοικονόμηση ενέργειας που αναμένεται να επιφέρει. Όπως προαναφέρθηκε, υπάρχει κατάλληλο λογισμικό προσομοίωσης κτιρίων σε δυναμικό περιβάλλον, μέσω του οποίου μπορεί να γίνει αρκετά ακριβής μοντελοποίηση της συγκεκριμένης δράσης για όλη τη διάρκεια του έτους, λαμβάνοντας υπόψιν διάφορες μεταβλητές, όπως οι κλιματικές συνθήκες, τα στοιχεία της κατασκευής, η χρήση του κτιρίου κ.ά. Συμπερασματικά, η συγκεκριμένη επένδυση κρίνεται αποδεκτή και οικονομικά βιώσιμη μιας και πρόκειται για επένδυση χαμηλού κόστους με αξιόλογο κέρδος, το οικονομικό όφελος όμως ίσως να έχει υπερεκτιμηθεί λόγω αναπόφευκτων παραδοχών που έγιναν κατά τη συγκεκριμένη μελέτη.

5.2.3.2 Αντικατάσταση παλαιών κουφωμάτων με θερμοδιακοπόμενα

Στα συμβατικά κουφώματα, το αλουμίνιο -ως μέταλλο- είναι υλικό αγωγίμο, άρα υπάρχει μεταφορά θερμότητας από την μια επιφάνεια του υαλοστασίου στην άλλη, κάτι που συνεπάγεται απώλεια ενέργειας. Αντίθετα, τα θερμομονωτικά προφίλ αλουμινίου δεν επιτρέπουν την μεταφορά και απώλεια θερμότητας.

Στα συστήματα αλουμινίου με θερμοδιακοπή, παρεμβάλλεται μεταξύ του εσωτερικού και του εξωτερικού προφίλ αλουμινίου ένα υλικό το οποίο είναι κακός αγωγός της θερμότητας, το πολυαμίδιο. Πρόκειται για ένα πολύ ανθεκτικό υλικό, το οποίο, εκτός από την πολύ μικρή αγωγιμότητα, διαθέτει και υψηλή σκληρότητα, γεγονός που συμβάλλει στη στιβαρότητα και ανθεκτικότητα των κουφωμάτων. Το πολυαμίδιο είναι το μονωτικό υλικό που τοποθετείται σαν μπαρέτα στη διατομή του προφίλ και αποτελεί ουσιαστικά μια θερμοπλαστική ρητίνη. Η συμβολή του στη θωράκιση του κουφώματος έγκειται στο να διακόπτει τη μετάδοση της εξωτερικής θερμοκρασίας στο εσωτερικό των κουφωμάτων, λόγω του ότι αποτελεί κακό αγωγό θερμότητας. Το τελικό αποτέλεσμα είναι να βοηθάει στην τελειοποίηση και την αρτιότητα μιας στιβαρής τελικής κατασκευής.

Τα θερμοδιακοπόμενα κουφώματα αλουμινίου, μειώνουν την απώλεια θερμότητας σε πολύ μεγαλύτερο ποσοστό απ' ό τι τα απλά κουφώματα αλουμινίου. Έτσι, τα

συστήματα με θερμοδιακοπή έχουν οφέλη όχι μόνο από οικονομική, αλλά και από περιβαλλοντολογική σκοπιά. Τα σημαντικότερα εξ αυτών είναι:

- Εξοικονόμηση ενέργειας
- Μείωση δαπανών για θέρμανση/ψύξη
- Μείωση θερμικής απώλειας το χειμώνα
- Ελαχιστοποίηση κατανάλωσης ενέργειας για κλιματισμό το καλοκαίρι
- Ανθεκτικότητα σε ακραίες καιρικές συνθήκες
- Μείωση συμπύκνωσης υδρατμών στην εσωτερική επιφάνεια των προφίλ
- Χαμηλή διαπερατότητα αέρα
- Ηχομόνωση

Σε αυτήν την παράγραφο, εξετάζεται η περίπτωση αλλαγής των παλαιών συμβατικών κουφωμάτων με θερμοδιακοπτόμενα και μελετάται η απόδοση της επένδυσης αυτής. Επιλέγεται, λοιπόν, να τοποθετηθούν κουφώματα με ανισόπαχα πολυαμίδια (24 mm - 30 mm), με διπλούς υαλοπίνακες χαμηλού συντελεστή εκπομπής (low-e) με διάκενο αέρα 12 mm, και συντελεστή θερμοπερατότητας -βάσει του πιστοποιητικού που τα συνοδεύει- $U_{V-F} = 3$.

Για τον υπολογισμό της εξοικονομούμενης ενέργειας από την αντικατάσταση των κουφωμάτων, υπολογίζονται οι θερμικές απώλειες μέσω των κουφωμάτων για τις περιόδους θέρμανσης και ψύξης, πριν και μετά την υλοποίηση της επένδυσης. Αναλυτικά οι υπολογισμοί παρατίθενται στο Παράρτημα Β.

- Εξοικονόμηση θέρμανσης: 47.258 kWh
- Εξοικονόμηση ψύξης: 11.902 kWh

Για τους χειμερινούς μήνες (Οκτώβριος-Απρίλιος), το κτίριο θερμαίνεται κατά 55% μέσω της κατανάλωσης πετρελαίου και, σε ποσοστό 45% μέσω της ηλεκτρικής ενέργειας. Αντίστοιχα, η εξοικονόμηση ενέργειας, μετά την εφαρμογή της επένδυσης, που θα προέρχεται από το πετρέλαιο θα είναι ίση με $47.258 \cdot 0,55 = 25.992$ kWh, και η εξοικονόμηση ενέργειας από ηλεκτρισμό θα είναι $47.258 \cdot 0,45 = 21.266$ kWh. Για τον υπολογισμό των συνολικών απωλειών θέρμανσης που προέρχονται από την καύση πετρελαίου στους λέβητες, οι απώλειες θερμότητας διαιρούνται με 0,90, που είναι ο μέσος συντελεστής απόδοσης του συστήματος θέρμανσης με λέβητες πετρελαίου. Δηλαδή, η εξοικονόμηση μέσω πετρελαίου θα είναι ίση με $\frac{25.992}{0,90} = 28.880$ kWh. Ακολούθως, υπολογίζονται οι συνολικές απώλειες θέρμανσης του κτιρίου: οι μεν απώλειες που προέρχονται από το πετρέλαιο πολλαπλασιάζονται με την αντίστοιχη τιμή αγοράς πετρελαίου, οι δε απώλειες θερμότητας που παρήχθησαν μέσω ηλεκτρικής ενέργειας πολλαπλασιάζονται με την τιμή αγοράς της kWh από τη Δ.Ε.Η. Από το πετρέλαιο εξοικονομούνται $(28.880/11,9) \cdot 1,4 = 3.397,65$ €, όπου ελήφθη υπόψιν η θερμογόνος δύναμη του πετρελαίου 11,9 kWh/lit και το κόστος αγοράς πετρελαίου θεωρήθηκε 1,4 €/lit. Αντίστοιχα, η εξοικονόμηση από τη μείωση κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας ανέρχεται στα $21.266 \cdot 0,06388 = 1.358,47$ €. Το

συνολικό ετήσιο όφελος της επένδυσης υπολογίζεται στα $3.397,65 + 1.358,47 = 4.756,12$ €.

Για τους θερινούς μήνες, η εξοικονομούμενη ενέργεια πολλαπλασιάζεται με την τιμή αγοράς του ηλεκτρικού ρεύματος βάσει του τιμολογίου B1 της Δ.Ε.Η., αφού το κτίριο καλύπτει τις ανάγκες για ψύξη μέσω των ψυκτών και των air-condition (τα οποία προφανώς λειτουργούν με ηλεκτρική ενέργεια). Η εξοικονόμηση στη δαπάνη για ψύξη ανέρχεται στα $11.902 \cdot 0,06388 = 760,30$ € ετησίως.

Τελικώς, το ετήσιο όφελος της επένδυσης μέσω της μείωσης απωλειών κατά τις περιόδους θέρμανσης και ψύξης του κτιρίου, υπολογίζεται στα $4.756,12 + 760,30 = 5.516,42$ €.

Το κόστος αγοράς και εγκατάστασης των νέων κουφωμάτων, συμπεριλαμβανομένου του κόστους για την απομάκρυνση των παλαιών κουφωμάτων, εκτιμάται στα 150 €/m², σύμφωνα με πραγματική προσφορά που αναζητήθηκε για τις ανάγκες της παρούσας εργασίας. Επομένως, το συνολικό κόστος της επένδυσης ανέρχεται στα $150 \cdot 1.522 = 228.300$ €.

Για διάρκεια ζωής της επένδυσης ίση με 15 χρόνια και επιτόκιο αναγωγής 5%, υπολογίζονται οι ακόλουθοι οικονομικοί δείκτες αξιολόγησης της επένδυσης και τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον Πίνακα 5.8.

Πίνακας 5.8: Αξιολόγηση επένδυσης για αντικατάσταση παλαιών κουφωμάτων με θερμοδιακοπτόμενα

Αρχικό κόστος επένδυσης (K₀)	228.300 €
Επιτόκιο αναγωγής (d)	5%
Διάρκεια ζωής της επένδυσης (N)	15 έτη
Ετήσια εξοικονόμηση (F_i)	5.516,42 €
Κ.Π.Α.	-171.041 €
Ε.Β.Α.	< 0
Ε.Π.Α.	> 50 έτη

Παρατηρείται ότι η Κ.Π.Α. και ο Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης παίρνουν αρνητικές τιμές, γεγονός που υποδεικνύει πως η επένδυση δεν πρέπει να γίνει αποδεκτή. Το γεγονός αυτό οφείλεται στο ότι η συγκεκριμένη τεχνολογία κουφωμάτων με θερμοδιακοπή στοιχίζει ιδιαίτερα ακριβά. Ωστόσο, παρότι η αντικατάσταση των κουφωμάτων δεν συμφέρει από οικονομικής άποψης, η εφαρμογή κάποιας δράσης για την καλύτερη θωράκιση του κελύφους μέσω των κουφωμάτων είναι επιβεβλημένη, διότι τα υπάρχοντα κουφώματα είναι εκτός των ελαχίστων ορίων που θέτει ο Κ.Εν.Α.Κ. Θα μπορούσε, εναλλακτικά, να διενεργηθεί εκτενέστερη έρευνα αγοράς προς αναζήτηση χαμηλότερου κόστους για τη συγκεκριμένη επένδυση ή να εφαρμοσθούν θερμομονωτικές ταινίες στα ήδη υπάρχοντα κουφώματα, λύση κατά πολύ οικονομικότερη, όχι όμως τόσο αποτελεσματική.

5.2.4 Δράσεις για το σύστημα θέρμανσης/ψύξης

5.2.4.1 Αντικατάσταση πετρελαίου από φυσικό αέριο

Στην παρούσα παράγραφο εξετάζεται η αντικατάσταση του πετρελαίου με φυσικό αέριο για την κάλυψη των αναγκών του κτιρίου σε θέρμανση και Ζ.Ν.Χ. Το υπό μελέτη κτίριο διαθέτει 4 λέβητες, συνολικής θερμιδικής ισχύος 440.000 kcal/h και 4 καυστήρες πετρελαίου. Δεδομένου του τύπου και της παλαιότητας, δεν κρίνεται απαραίτητη η αντικατάσταση των λεβήτων. Εξετάζεται, λοιπόν, η εγκατάσταση νέων καυστήρων φυσικού αερίου στους ήδη υπάρχοντες λέβητες. Για τον υπολογισμό του συνολικού κόστους αντικατάστασης, λαμβάνονται υπόψιν -μεταξύ άλλων- τα μέτρα του σωλήνα φυσικού αερίου που θα χρειαστούν από τον μετρητή μέχρι τον καυστήρα, ο αριθμός των γωνιών λόγω αλλαγής διεύθυνσης του σωλήνα, οι θερμίδες του λέβητα και το κόστος εγκατάστασης. Σύμφωνα με την προσφορά που προέκυψε από τεχνική εταιρεία που δραστηριοποιείται στον χώρο ηλεκτρομηχανολογικών έργων, το συνολικό κόστος της επένδυσης εκτιμάται στα 10.523 €.

Βάσει των τιμολογίων αγοράς πετρελαίου του προηγούμενου έτους (2011), καταναλώθηκαν περίπου 20.000 lt πετρελαίου, τα οποία ισοδυναμούν με 21.636 m³ φυσικού αερίου, για την παραγωγή της ίδιας ποσότητας ενέργειας (θερμότητα).

Σύμφωνα με την εταιρεία παροχής φυσικού αερίου, η τιμή του φυσικού αερίου υπολογίζεται σε μηνιαία βάση και προκύπτει από την τελική μέση τιμή του πετρελαίου θέρμανσης του προηγούμενου μήνα και με συντελεστή έκπτωσης κατά μέσο όρο ίσο με 20%, ώστε η τελική τιμή χρέωσης του φυσικού αερίου να είναι για όλους του μήνες του έτους κατά 20% οικονομικότερη από την τελική τιμή του πετρελαίου θέρμανσης. Η τιμολογιακή πολιτική της εταιρείας, όμως, διαμορφώνεται και αλλάζει σύμφωνα με τις εκάστοτε συνθήκες. Για τις ανάγκες της παρούσας εργασίας, θεωρείται ότι η τιμή του πετρελαίου θέρμανσης είναι 1,40 €/lt. Κατά συνέπεια, η ετήσια εξοικονόμηση θα είναι: $(20.000 - 21.636 \cdot 0,82) \cdot 1,40 = 3.767,68 \text{ €}$.

Πίνακας 5.9: Αξιολόγηση επένδυσης για αντικατάσταση πετρελαίου με φυσικό αέριο

Αρχικό κόστος επένδυσης (K₀)	10.523 €
Επιτόκιο αναγωγής (d)	5%
Διάρκεια ζωής της επένδυσης (N)	10 έτη
Ετήσια εξοικονόμηση (F_i)	3.767,68 €
Κ.Π.Α.	18.570,03 €
Ε.Β.Α.	33%
Ε.Π.Α.	3,08 έτη

Προκύπτει Κ.Π.Α. = 18.570,03 € > 0, συνεπώς η επένδυση κρίνεται συμφέρουσα και εκτιμάται ότι ο χρόνος αποπληρωμής του αρχικού κεφαλαίου θα είναι λίγο μεγαλύτερος από 3 έτη.

5.2.5 Εγκατάσταση φωτοβολταϊκού συστήματος στην οροφή

Στην παρούσα παράγραφο εξετάζεται η εγκατάσταση φωτοβολταϊκών στοιχείων στο κτίριο. Επειδή στην οροφή του είναι τοποθετημένοι οι ψύκτες, καθώς και ειδικά μηχανήματα για τον καθαρισμό των υαλοπινάκων εξωτερικά, τα οποία καταλαμβάνουν μεγάλο χώρο, ο τελικός διαθέσιμος χώρος που απομένει είναι 80 m^2 .

Η επιλογή της τοποθέτησης των φωτοβολταϊκών πάνελ στην οροφή είναι ευνοϊκή για δύο λόγους: πρώτον, λόγω του ύψους της οροφής, δεν προκαλείται σκίαση από κανένα γειτονικό κτίριο στο σημείο αυτό, και δεύτερον, το ποσοστό ηλιοφάνειας είναι το μέγιστο δυνατό από οποιαδήποτε άλλη θέση στο κτίριο.

Προκειμένου να μεγιστοποιηθούν οι ενεργειακές απολαβές από την εγκατάσταση των φωτοβολταϊκών πλαισίων, επιλέγεται αυτά να τοποθετηθούν με πλήρως νότιο προσανατολισμό. Χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό προσομοίωσης PVSYST [16] για την αναπαράσταση του συστήματος κατά τον βέλτιστο τρόπο. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα που εξήχθησαν από τη μελέτη αυτή, θα τοποθετηθούν 40 φωτοβολταϊκά πλαίσια μονοκρυσταλλικού πυριτίου των 230 W_p έκαστο. Στην εγκατάσταση περιλαμβάνεται ένας μετατροπέας ισχύος (inverter) $9,5 \text{ kW}$, καθώς και τα μεταλλικά στηρίγματα των πλαισίων. Οι βάσεις στήριξης θα έχουν σταθερή κλίση 30° , ώστε να μεγιστοποιείται η ενεργειακή απόδοση.

Παρατηρείται ότι η συνολική ισχύς του φωτοβολταϊκού συστήματος είναι σχετικά μικρή ($<10 \text{ kW}$), αλλά το υπό μελέτη κτίριο δεν μπορεί να ενταχθεί στο «Ειδικό Πρόγραμμα για Οικιακές Στέγες», λόγω του ότι αυτό αφορά σε κτίρια που χρησιμοποιούνται ως οικίες ή όπου στεγάζονται πολύ μικρές επιχειρήσεις (ως τέτοιες νοούνται εκείνες στις οποίες απασχολούνται λιγότεροι από 10 εργαζόμενοι και ο ετήσιος τζίρος τους είναι μικρότερος από 2.000.000 €). Επομένως, εξετάζεται η περίπτωση της «βιομηχανικής στέγης».

Σύμφωνα με το λογισμικό προσομοίωσης PVSYST, το σύστημα των φωτοβολταϊκών που περιγράφηκε παραπάνω θα παράγει ετησίως περίπου 13.508 kWh . Το συνολικό κόστος της επένδυσης υπολογίζεται στα 33.000 € , συνεπώς $K_o = 33.000 \text{ €}$.

Αγνοώντας την τρέχουσα θεσμική αστάθεια, σχετικά με την αναστολή έκδοσης αδειών για εγκατάσταση φωτοβολταϊκού συστήματος σε «βιομηχανική στέγη», και σύμφωνα με το ΦΕΚ υπ' αριθμ. 2317-10/8/2012, η τιμή της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας από το φωτοβολταϊκό σύστημα, που εγγέεται στο δίκτυο εξαρτάται από την ημερομηνία υπογραφής της σύμβασης και ορίζεται σύμφωνα με τον ακόλουθο πίνακα:

Πίνακας 5.10: Τιμές πώλησης kWh από παραγωγή Φ/Β εγκατάστασης προς τη Δ.Ε.Η.

	Διασυνδεδεμένο		Μη Διασυν- δεδεμένο
	A	B	Γ (ανε- ξαρτήτως ισχύος)
	>100kW	≤100kW	
2012 Αύγου- στος	180,00	225,00	225,00
2013 Φεβρουά- ριος	171,90	214,88	214,88
2013 Αύγου- στος	164,16	205,21	205,21
2014 Φεβρου- άριος	156,78	195,97	195,97
2014 Αύγου- στος	149,72	187,15	187,15
Για κάθε έτος ν από το 2015 και μετά	1,3xμΟΤΣ _{ν-1}	1,4xμΟ- ΤΣ _{ν-1}	1,4xμΟΤΣ _{ν-1}

όπου μΟΤΣ_{ν-1}: Μέση Οριακή Τιμή Συστήματος κατά το προηγούμενο έτος ν-1. Η τιμή πώλησης μίας kWh στη Δ.Ε.Η. αναπροσαρμόζεται κάθε έτος, κατά ποσοστό 25% του δείκτη τιμών καταναλωτή του προηγούμενου έτους, όπως αυτός καθορίζεται από την Εθνική Στατιστική Υπηρεσία της Ελλάδος ή τον εκάστοτε αρμόδιο φορέα. Για τις ανάγκες της παρούσας εργασίας, η τιμή του πληθωρισμού θα θεωρηθεί σταθερή και ίση με 5%, άρα ο ετήσιος συντελεστής αναπροσαρμογής θα είναι 1,0125. Εάν η σύμβαση υπογραφεί μεταξύ 1ης Φεβρουαρίου 2013 και 1ης Αυγούστου 2013, η τιμή πώλησης ανά MWh θα είναι 214,88 €. Με βάση τα ανωτέρω στοιχεία, αξιολογείται η επένδυση στον Πίνακα 5.11.

Πίνακας 5.11: Αξιολόγηση επένδυσης για εγκατάσταση Φ/Β συστήματος

Έτος	Μέση ετήσια παραγωγή (MWh)	Τιμή πώλησης/ MWh (€)	Ετήσια έσοδα (€)	Ετήσια έξοδα (€)	Κ.Τ.Ρ. (€)	Ανηγμ. Κ.Τ.Ρ. (€)
0	0	-	0,00	33.000,00	-33.000,00	-33.000,00
1	13,508	214,88	2.902,60	200,00	2.702,60	2.573,90
2	13,508	217,566	2.938,88	200,00	2.738,88	2.484,24
3	13,508	220,2856	2.975,62	200,00	2.775,62	2.397,68
4	13,508	223,0391	3.012,81	200,00	2.812,81	2.314,11
5	13,508	225,8271	3.050,47	200,00	2.850,47	2.233,42
6	13,508	228,65	3.088,60	200,00	2.888,60	2.155,52
7	13,508	231,5081	3.127,21	200,00	2.927,21	2.080,31
8	13,508	234,4019	3.166,30	200,00	2.966,30	2.007,71
9	13,508	237,332	3.205,88	200,00	3.005,88	1.937,62
10	13,508	240,2986	3.245,95	200,00	3.045,95	1.869,95
11	13,508	243,3024	3.286,53	200,00	3.086,53	1.804,63
12	13,508	246,3436	3.327,61	200,00	3.127,61	1.741,57

13	13,508	249,4229	3.369,20	200,00	3.169,20	1.680,69
14	13,508	252,5407	3.411,32	200,00	3.211,32	1.621,93
15	13,508	255,6975	3.453,96	200,00	3.253,96	1.565,21
16	13,508	258,8937	3.497,14	200,00	3.297,14	1.510,46
17	13,508	262,1299	3.540,85	200,00	3.340,85	1.457,60
18	13,508	265,4065	3.585,11	200,00	3.385,11	1.406,58
19	13,508	268,7241	3.629,93	200,00	3.429,93	1.357,34
20	13,508	272,0831	3.675,30	200,00	3.475,30	1.309,80
21	13,508	275,4842	3.721,24	200,00	3.521,24	1.263,92
22	13,508	278,9277	3.767,76	200,00	3.567,76	1.219,64
23	13,508	282,4143	3.814,85	200,00	3.614,85	1.176,89
24	13,508	285,9445	3.862,54	200,00	3.662,54	1.135,64
25	13,508	289,5188	3.910,82	200,00	3.710,82	1.095,82
					Κ.Π.Α.:	10.402,20

Η Καθαρή Παρούσα Αξία της παραπάνω επένδυσης προκύπτει ίση με Κ.Π.Α. = 10.402,20 €, ο Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης ίσος με IRR = 8% και η Έντοκη Περίοδος Αποπληρωμής ισούται με 20,7 έτη. Η επένδυση κρίνεται, λοιπόν, συμφέρουσα.

5.3 Σύνοψη προτάσεων

Στην αρχή του παρόντος κεφαλαίου παρατέθηκαν προτεινόμενες επεμβάσεις νοικοκυρέματος, οι οποίες εκτός από μηδενικό κόστος είναι, ταυτοχρόνως, πολύ απλές στην εφαρμογή τους. Οι προτάσεις αυτές αφορούν τόσο στην ευαισθητοποίηση των χρηστών του κτιρίου ως προς τη διαχείριση της ενέργειας όσο και στη σύσταση δράσεων συντήρησης του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού στο κτίριο. Στο κεφάλαιο αυτό, επίσης, προτάθηκαν και αξιολογήθηκαν με οικονομικά κριτήρια, συνολικά 7 δράσεις για εξοικονόμηση ενέργειας στον φωτισμό, το κτιριακό κέλυφος, το σύστημα θέρμανσης/ψύξης, καθώς και εγκατάσταση φωτοβολταϊκών πλαισίων στο υπό μελέτη κτίριο. Οι επιμέρους επεμβάσεις έχουν κατηγοριοποιηθεί ανά τομέα εφαρμογής. Υπενθυμίζεται ότι σε όλες τις επενδύσεις θεωρήθηκε διάρκεια ζωής N=10 έτη (εκτός από τις επεμβάσεις στο κτιριακό κέλυφος, όπου θεωρήθηκε N=15 έτη και την εγκατάσταση των φωτοβολταϊκών στοιχείων, όπου θεωρήθηκε N=25 έτη) και σε όλες τις επενδύσεις χρησιμοποιήθηκε επιτόκιο αναγωγής 5% (Πίνακας 5.12).

Πίνακας 5.12: Σύνοψη και αξιολόγηση προτάσεων

Προτεινόμενη δράση	Αρχικό κόστος (€)	Ετήσιο όφελος (€)	Κ.Π.Α. (€)	Ε.Β.Α. (%)	Ε.Π.Α. (έτη)
Φωτισμός (N=10 έτη)					
Αντικατάσταση λαμπτήρων πυρακτώσεως με λαμπτήρες φθορισμού	904,90	521,03	3.118,36	57	1,86
Έλεγχος φωτισμού με αισθητήρες παρουσίας	4.620,00	723,25	964,74	9	7,89
Αντικατάσταση ηλεκτρομαγνητικών ballast με ηλεκτρονικά και έλεγχος από BMS	32.535,00	7.884,83	28.349,57	20	5,74
Κτιριακό κέλυφος (N=15 έτη)					
«Ψυχρή στέγη» στην πτέρυγα Α	13.475,00	5.437,45	42.963,87	40	2,72
Αντικατάσταση παλαιών κουφωμάτων με θερμοδιακοπτόμενα	228.300	5.516,42	-171.041,00	< 0	> 50
Θέρμανση/ψύξη (N=10 έτη)					
Αντικατάσταση πετρελαίου με φυσικό αέριο	10.523,00	3.767,68	18.570,03	33	3,08
Λοιπές δράσεις (N=25 έτη)					
Εγκατάσταση Φ/Β στην οροφή	33.000,00	Τον 1ο χρόνο: 2.902,60 (μεταβλητό)	10.402,20	8	20,7

Από τον παραπάνω πίνακα προκύπτει ότι οι πιο συμφέρουσες επενδύσεις (δηλαδή αυτές με τη μεγαλύτερη Κ.Π.Α.) είναι η επικάλυψη της οροφής της πτέρυγας Α με ψυχρό υλικό (Κ.Π.Α. = 42.964 €) και η εγκατάσταση ηλεκτρονικών ballast αντί των συμβατικών σε συνδυασμό με τον έλεγχο φωτισμού από BMS (Κ.Π.Α. = 28.349 €). Συμφέρουσες είναι επίσης και οι επενδύσεις που αφορούν την αντικατάσταση πετρελαίου από φυσικό αέριο (Κ.Π.Α. = 18.570 €). και η εγκατάσταση Φ/Β γεννητριών στην οροφή του κτιρίου (Κ.Π.Α. = 10.402 €). Οι υπόλοιπες δράσεις έχουν επενδυτικό ενδιαφέρον και κρίνονται συμφέρουσες, αλλά το όφελος από αυτές θα είναι μικρότερο σε σχέση με τις προηγούμενες. Εξαίρεση αποτελεί η ακριβότερη επένδυση που αφορά το κτιριακό κέλυφος, δηλαδή η αντικατάσταση των παλαιών κουφωμάτων με θερμοδιακοπτόμενα, η οποία κρίνεται οικονομικά ασύμφορη (Κ.Π.Α.<0). Εκτενέστερη ανάλυση και η εξαγωγή των συνολικών συμπερασμάτων ακολουθεί στο 6^ο -και τελευταίο- κεφάλαιο της παρούσας εργασίας.

6. Συμπεράσματα και προοπτικές

6.1 Συμπεράσματα

Η ενεργειακή επιθεώρηση που διεξήχθη στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εργασίας είχε ως αποτέλεσμα την αποτύπωση του ενεργειακού προφίλ του υπό μελέτη κτιρίου. Συνετέλεσε στο να καταδειχθούν με σαφήνεια οι ελλείψεις στην ενεργειακή του συμπεριφορά αλλά έδωσε και τη δυνατότητα να αναδειχθούν οι δυνατότητες βελτίωσης της αποδοτικότητάς του. Ακολούθως παρουσιάζονται και αναλύονται τα βασικά συμπεράσματα που προέκυψαν από την ενεργειακή επιθεώρηση του κτιρίου.

Το κτίριο που εξετάστηκε είναι σχετικά καινούριας κατασκευής και διαθέτει σύγχρονο εξοπλισμό ενεργειακών συστημάτων. Παράλληλα, γίνεται τακτικός έλεγχος και συντήρηση των επιμέρους συστημάτων του, καθιστώντας το ένα ενεργειακό αποδοτικό κτίριο.

Στα πλαίσια της παρούσας εργασίας, προέκυψαν τα ακόλουθα συμπεράσματα:

- Η τοποθεσία του είναι σε μια περιοχή όπου ευνοείται αρκετά ο φυσικός φωτισμός και αερισμός. Επίσης, η αρχιτεκτονική του δομή επιτρέπει την έκθεση του μεγαλύτερου μέρους της επιφάνειας του κτιρίου στο ηλιακό φως, ενώ -λόγω του ύψους του- δεν υφίσταται σκίαση από τα γειτονικά κτίρια. Ωστόσο, οι υπάρχοντες υαλοπίνακες δεν επιτρέπουν τη διείσδυση της φωτεινής ακτινοβολίας στο εσωτερικό του κτιρίου, με αποτέλεσμα να είναι αναπόφευκτη η χρήση ηλεκτρικής ενέργειας για τον φωτισμό των χώρων καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας. Ειδικότερα, για τη φωταγώγηση των υπόγειων χώρων του καταναλώνεται το 42% της ενέργειας που αφορά τον φωτισμό του κτιρίου.
- Βάσει των τιμολογίων ηλεκτρικής ενέργειας και πετρελαίου της τελευταίας τριετίας, στο κτίριο καταναλώνονται ετησίως περίπου 1.605 MWh ηλεκτρισμού και 214 MWh πετρελαίου. Από τα αποτελέσματα της καταγραφής των φορτίων που είναι εγκατεστημένα στο κτίριο, εκτιμάται πως το 52% της συνολικής ενεργειακής του κατανάλωσης αφορά στη θέρμανση, ψύξη και αερισμό των χώρων του. Το υπόλοιπο 48% καταναλώνεται για την κάλυψη των αναγκών σε φωτισμό (27%) και για τη λειτουργία των ηλεκτρικών συσκευών (21%).
- Το κτιριακό κέλυφος διαθέτει μονωτική επένδυση στη μεγαλύτερη επιφάνειά του. Με τη χρήση της θερμοκάμερας, ατέλειες βρέθηκαν στις συνδέσεις των κουφωμάτων με την τοιχοποιία και σε αρμούς, ενώ εντοπίστηκαν ορισμένα σημεία ελλιπούς μόνωσης. Πιο συγκεκριμένα, τα γραφεία του ημιορόφου εμφανίζουν τα μεγαλύτερα προβλήματα διείσδυσης αέρα, ενώ η εξωτερική όψη του κτιρίου εμφανίζει προβλήματα υγρασίας λόγω της κακής διαστασιολόγησης της ποδιάς απορροής στην οροφή του κτιρίου. Συνολικά, όμως, το κτίριο δεν παρουσιάζει προβλήματα διαφυγής θερμότητας, μιας και η πλήρης θωράκιση του κελύφους είναι πρακτικά αδύνατη.

- Το κτίριο είναι σύμφωνο με τα όρια που έθετε ο Κ.Θ.Κ., ο οποίος ίσχυε κατά την περίοδο της κατασκευής του. Η τωρινή απόκλιση του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας του κτιρίου από τα όρια του Κ.Εν.Α.Κ. είναι ελάχιστη, και οφείλεται κυρίως στον συνυπολογισμό των θερμογεφυρών, παράμετρος που αυξάνει κατά $0,1 \text{ W/(m.K)}$ τον συντελεστή θερμοπερατότητας κάθε δομικού στοιχείου. Τα ανωτέρω καταδεικνύουν την εξαιρετική του θερμική συμπεριφορά, γεγονός που καθιστά την οποιαδήποτε επέμβαση ανακατασκευής μη συμφέρουσα οικονομικά.
- Η συμπεριφορά των τεσσάρων λεβήτων αξιολογήθηκε με τη βοήθεια αναλυτή καυσαερίων και διαπιστώθηκε πως είναι εξαιρετικά καλή, με μέση απόδοση περίπου 90%. Η μόνη σύσταση που έγινε αφορούσε τον λέβητα Α1, ο οποίος βρέθηκε με τιμή περίσσειας αέρα ελάχιστα υψηλότερη από την επιθυμητή. Για αυτόν τον λόγο, συστάθηκε η επαναρρύθμιση του λόγου αέρα/καυσίμου, ώστε να επιτευχθεί η μέγιστη απόδοσή του.

Η ενεργειακή επιθεώρηση που διεξήχθη για τις ανάγκες της παρούσας εργασίας είχε ως τελικό σκοπό την εξεύρεση λύσεων για την εξοικονόμηση ενέργειας στα συστήματα του κτιρίου, και οδήγησε στην κατάστρωση σχεδίου δράσεων που αναλύονται ακολούθως. Δόθηκε ιδιαίτερη προσπάθεια ώστε οι επεμβάσεις που προτείνονται να αφορούν στα μέρη όπου βρέθηκαν ως περισσότερο ενεργοβόρα. Η οικονομική αξιολόγηση των σεναρίων που εξετάστηκαν έγινε με τη βοήθεια τριών κριτηρίων, και συγκεκριμένα χρησιμοποιήθηκαν τα κριτήρια της Καθαρής Παρούσας Αξίας, ο Βαθμός Απόδοσης και η Έντοκη Περίοδος Αποπληρωμής.

Όσον αφορά τις προτεινόμενες δράσεις μηδενικού κόστους, προέκυψαν τα εξής συμπεράσματα: Λόγω του μεγάλου αριθμού χρηστών στο κτίριο, καθοριστικής σημασίας στη μείωση των καταναλώσεων είναι η ορθολογική χρήση των ηλεκτρικών συσκευών και των συστημάτων θέρμανσης/ψύξης από όλους τους χρήστες του. Είναι επιβεβλημένη, λοιπόν, η ευαισθητοποίησή τους σε ζητήματα ενεργειακής διαχείρισης μέσω κατάλληλων μέτρων ενημέρωσης. Διευκρινίζεται, βέβαια, ότι σκοπός μίας ενεργειακής επιθεώρησης είναι η επίτευξη ενός λειτουργικά άνετου κτιρίου, μειώνοντας μόνο την ενεργειακή του κατανάλωση και όχι την ποιότητα ζωής των χρηστών.

Από τα σενάρια χαμηλού κόστους και ανακατασκευής που εξετάστηκαν στην παρούσα εργασία, προκρίνονται με ιεραρχική κατάταξη τα εξής:

- Τοποθέτηση «ψυχρής στέγης» στην πτέρυγα Α
- Αντικατάσταση ηλεκτρομαγνητικών ballast με ηλεκτρονικά και ένταξη φωτισμού στο BMS
- Αντικατάσταση πετρελαίου με φυσικό αέριο
- Εγκατάσταση Φ/Β στην οροφή
- Αντικατάσταση λαμπτήρων πυρακτώσεως με λαμπτήρες φθορισμού

- Έλεγχος φωτισμού με αισθητήρες παρουσίας

Αντίθετα, δεν κρίνεται συμφέρουσα η αντικατάσταση παλαιών κουφωμάτων με θερμοδιακοπτόμενα. Πιο αναλυτικά:

- **Η οροφή της πτέρυγας Α δεν είναι επαρκώς μονωμένη: Βιώσιμη η τοποθέτηση «ψυχρής στέγης».**

Η επικάλυψη της οροφής της πτέρυγας Α με ψυχρό υλικό αποτελεί την πιο συμφέρουσα επένδυση ανάμεσα σε όσες εξετάστηκαν, και τούτο δικαιολογείται από το γεγονός ότι το αρχικό της κόστος είναι αρκετά χαμηλό ενώ, ταυτόχρονα, οι ετήσιες απολαβές είναι σημαντικές. Όπως υπολογίστηκε στο 3ο Κεφάλαιο, ο συντελεστής θερμοπερατότητας της πτέρυγας Α είναι εκτός των επιτρεπόμενων ορίων που ορίζονται από τον Κ.Εν.Α.Κ. Για τον λόγο αυτό, η εφαρμογή της εξωτερικής τοποθέτησης του ψυχρού υλικού αποτελεί βιώσιμη επένδυση και συστήνεται ανεπιφύλακτα.

- **Βελτιωτικές δράσεις στον φωτισμό κρίνονται απαραίτητες.**

Όπως αναφέρθηκε και στο Κεφάλαιο 3 σχετικά με την περιγραφή του υπό μελέτη κτιρίου, οι εξωτερικές του όψεις καλύπτονται κατά 52% από υαλοπίνακες χαμηλού συντελεστή εκπομπής, οι οποίοι δεν επιτρέπουν σε μεγάλο βαθμό τη διείσδυση της φωτεινής ακτινοβολίας στο εσωτερικό του κτιρίου (το υπόλοιπο 48% αποτελείται από τις δοκούς, τα υποστυλώματα και την εξωτερική τοιχοποιία). Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την εκτεταμένη χρήση τεχνητού φωτισμού. Είναι λοιπόν σαφές ότι η εξεύρεση λύσεων για την αύξηση της ενεργειακής αποδοτικότητας του κτιρίου όσον αφορά τον φωτισμό είναι πολύ σημαντική. Δεν αποτελεί, λοιπόν, έκπληξη το γεγονός ότι προκρίνονται όλες οι δράσεις που εξετάστηκαν και αφορούν τον φωτισμό. Αξίζει να σημειωθεί δε, ότι το μεγαλύτερο αναμενόμενο όφελος θα προκύψει από την αντικατάσταση των ηλεκτρομαγνητικών ballast με ηλεκτρονικά και η ένταξη του συστήματος φωτισμού στο υπάρχον BMS, κάτι το οποίο δεν θα μπορούσε να συμβεί με τα ηλεκτρομαγνητικά ballast. Η συγκεκριμένη δράση απαιτεί το μεγαλύτερο αρχικό κεφάλαιο μεταξύ των δράσεων για φωτισμό, η αξιοποίηση όμως του ήδη υπάρχοντος BMS για την εξυπηρέτηση των φορτίων του φωτισμού θα αποφέρει ετήσια εξοικονόμηση περίπου 8.000 € από τον λογαριασμό του ηλεκτρικού ρεύματος.

- **Η αντικατάσταση του πετρελαίου με φυσικό αέριο θα προσφέρει σημαντικότερη εξοικονόμηση ενέργειας και οικονομικό κέρδος.**

Οι συνεχόμενες αυξήσεις στην τιμή του πετρελαίου θέρμανσης, καθώς και η πρόσφατη εξίσωσή της με αυτήν του πετρελαίου κίνησης, καθιστούν επιτακτική την αναζήτηση εναλλακτικών λύσεων για την κάλυψη των αναγκών θέρμανσης. Η επένδυση που εξετάστηκε είναι η εγκατάσταση φυσικού αερίου προς αντικατάσταση του πετρελαίου. Η συγκεκριμένη επένδυση έχει πολύ μικρό

αρχικό κόστος, καθώς αξιοποιεί την ήδη υπάρχουσα σύγχρονη εγκατάσταση των λεβήτων και απαιτεί μόνο την αγορά νέων καυστήρων και τη διασύνδεση με το σύστημα διανομής φυσικού αερίου. Το μεγάλο ετήσιο όφελος και η σύντομη περίοδος αποπληρωμής του αρχικού κεφαλαίου καθιστούν τη συγκεκριμένη επένδυση άκρως συμφέρουσα.

- **Δράσεις χαμηλού κόστους στον φωτισμό αποτελούν συμφέρουσα επένδυση.**
Από την εγκατάσταση αισθητήρων παρουσίας αναμένεται να επιτευχθεί εξοικονόμηση ώστε να αποσβεσθεί το αρχικό κεφάλαιο (~5000 €) σε περίπου 8 χρόνια. Αντίθετα, η αντικατάσταση των λαμπτήρων πυρακτώσεως με λαμπτήρες οικονομίας έχει αρχικό κόστος μικρότερο των 1.000 € και περίοδο απόσβεσης μικρότερη από 2 έτη, και το οικονομικό όφελος που αναμένεται να αποφέρει είναι κατά πολύ μεγαλύτερο από τη δράση που σχετίζεται με τον έλεγχο του φωτισμού μέσω αισθητήρων παρουσίας (!!!). Είναι, λοιπόν, αξιοσημείωτη η αναμενόμενη επιτυχία μιας επένδυσης χαμηλού κόστους, σε σύγκριση με άλλες που απαιτούν μεγαλύτερα κεφάλαια, χωρίς να είναι όμως τόσο συμφέρουσες. Μάλιστα, ενδέχεται το αρχικό κόστος της επένδυσης να είναι ακόμα μικρότερο εάν η αγορά συνοδευτεί από κάποια έκπτωση, όπως συνηθίζεται σε παρόμοιες περιπτώσεις.
- **Η εγκατάσταση φωτοβολταϊκών πάνελ στην οροφή του κτιρίου είναι οριακά συμφέρουσα.**
Η εγκατάσταση φωτοβολταϊκού συστήματος έχει και αυτή αξιόλογο οικονομικό ενδιαφέρον, πλην όμως, η περίοδος αποπληρωμής του αρχικού κεφαλαίου ξεπερνά τα 20 έτη. Αυτό οφείλεται αφενός στο μεγάλο αρχικό κεφάλαιο (πρόκειται για τη δεύτερη ακριβότερη επένδυση που εξετάστηκε, μετά την αντικατάσταση των κουφωμάτων) και αφετέρου στη μικρή επιφάνεια που διατίθεται ελεύθερη για την εγκατάσταση των φωτοβολταϊκών πάνελ στην οροφή του κτιρίου. Επιπλέον, έγινε η υπόθεση πως η χρηματοδότηση της επένδυσης θα γίνει με ίδια κεφάλαια, γεγονός το οποίο θα πρέπει να επιβεβαιωθεί από τους αρμόδιους σε περίπτωση που υλοποιηθεί το συγκεκριμένο έργο. Εκτός των ανωτέρω, όμως, η εφαρμογή της δεν είναι δυνατή την παρούσα περίοδο, λόγω του ισχύοντος θεσμικού πλαισίου. Για να αξιολογηθεί μία επέμβαση, θα πρέπει εκτός από τον υπολογισμό των οικονομικών δεικτών, να εξετασθεί και η δυνατότητα υλοποίησής της. Προτείνεται, λοιπόν, η επανεξέταση του ζητήματος αυτού όταν θα έχει θεσπιστεί το νομικό υπόβαθρο που θα επιτρέψει την εγκατάσταση της Φ/Β διάταξης στο κτίριο, και θα απαιτηθεί φυσικά να επανεξεταστεί η επιλογή του ή όχι, σύμφωνα με τη νέα τιμολόγηση που θα έχει προκύψει.
- **Μεγάλα ποσά θερμότητας διαφεύγουν μέσω των κουφωμάτων. Ωστόσο, η αντικατάστασή τους με θερμοδιακοπτόμενα δεν θα έχει οικονομικό όφελος.**
Πρόκειται για την ακριβότερη επένδυση που εξετάστηκε και αφορά στο κτιριακό κέλυφος, η οποία προέκυψε ασύμφορη οικονομικά. Αυτό οφείλεται σε δύο λόγους: Πρώτον, η συγκεκριμένη δράση έχει μεγάλο αρχικό κόστος, και

συγκεκριμένα, το κόστος αντικατάστασης των κουφωμάτων είναι μεγαλύτερο από το άθροισμα όλων των υπολοίπων δράσεων. Δεύτερον, η εξοικονόμηση που προσφέρει δεν είναι τόσο σημαντική, διότι το κτίριο είναι θερμικά θωρακισμένο σχετικά καλά, συνεπώς, οποιαδήποτε επέμβαση, δεν μπορεί να επιφέρει σπουδαίες αλλαγές στην ενεργειακή εξοικονόμηση μέσω του κτιριακού κελύφους. Πράγματι, σύμφωνα με τη θεωρητική μελέτη θερμομόνωσης που παρατέθηκε στην παράγραφο 3.5, το κτίριο βρίσκεται μεν εκτός των επιτρεπόμενων ορίων που ορίζονται από τον Κ.Εν.Α.Κ., αλλά με ελάχιστη απόκλιση. Επιπρόσθετα, η διενέργεια μετρήσεων με τη θερμοκάμερα κατέδειξε περιορισμένα προβλήματα θερμικών απωλειών, τα οποία κρίνονται ως αναμενόμενα στην πλειοψηφία τους. Ωστόσο, προτείνεται να εξετασθούν περαιτέρω δράσεις που σχετίζονται με το κτιριακό κέλυφος, καθώς και να διενεργηθεί νέα θερμογράφιση κατά τη χειμερινή περίοδο, προκειμένου να εντοπιστούν ακριβέστερα στοιχεία σχετικά με τις απώλειες θερμότητας από τα κουφώματα και το κτίριο να συμμορφωθεί με το ισχύον θεσμικό πλαίσιο ως προς τη θερμομόνωση.

6.2 Προοπτικές

Η σπουδαιότερη επέκταση της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι ο προσδιορισμός των περιβαλλοντικών επιπτώσεων που θα έχουν οι προτεινόμενες δράσεις. Όπως αναφέρθηκε άλλωστε στην αρχή του πρώτου κεφαλαίου, ο σκοπός μιας ενεργειακής επιθεώρησης είναι διττός: αφενός η μείωση των ενεργειακών καταναλώσεων, και κατά συνέπεια του λειτουργικού κόστους της επιχείρησης που διαχειρίζεται το κτίριο, αφετέρου δε, η προστασία του περιβάλλοντος, μέσω της μείωσης των ρυπογόνων εκπομπών. Η διάσταση του περιβαλλοντικού οφέλους εκτείνεται σε παγκόσμιο επίπεδο, μιας και το φαινόμενο του θερμοκηπίου, η επάρκεια των συμβατικών πόρων και η κλιματική αλλαγή είναι ζητήματα που αφορούν ολόκληρο τον πλανήτη.

Μια ακόμη προοπτική που διαφαίνεται από την παρούσα εργασία είναι η μελέτη περισσότερων δράσεων για τη βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας του κτιρίου, όπως η εγκατάσταση φωτοσωλήνων (light tubes) για την αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού και η αξιοποίηση της γεωθερμίας για την παραγωγή ενέργειας.

Εν κατακλείδι, τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την παρούσα εργασία καταδεικνύουν τη σπουδαιότητα των ενεργειακών επιθεωρήσεων στα κτίρια. Ιδιαίτερα στον ελλαδικό χώρο, όπου η πλειοψηφία των κτιρίων δεν διαθέτουν σύγχρονα ενεργειακά συστήματα με αποτέλεσμα να είναι από τα πλέον ενεργοβόρα σε ευρωπαϊκό επίπεδο, η διενέργεια ενεργειακών επιθεωρήσεων θα προσφέρει σημαντικότερη εξοικονόμηση τόσο στους ενεργειακούς πόρους όσο και στις οικονομικές δαπάνες της χώρας.

Βιβλιογραφία

- [1] Eurostat - European Commission, 2010c, “EU Energy in Figures 2010 - Greenhouse Gas Emissions by Sector”, Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg
- [2] Ι. Ψαρράς, Κ. Πατλιτζιάνας, «Διαχείριση ενέργειας και περιβαλλοντική πολιτική», Εκδόσεις Ε.Μ.Π., Αθήνα, 2004
- [3] Κανονιστικές διατάξεις για εφαρμογή του Ν. 3661/08, «Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτιριακού τομέα (Κ.Εν.Α.Κ.)», Συνοπτική παρουσίαση, <http://www.opengov.gr/minenv/wp-content/uploads/downloads/2010/05/a-kenak.pdf>
- [4] Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, «Οδηγός ενεργειακής επιθεώρησης, Μέρος Γ: Περιπτώσεις εφαρμογής», http://www.cres.gr/kape/education/guide_c_gr.pdf
- [5] Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, «Οδηγός εξοικονόμησης ενέργειας μέσω θερμομόνωσης», http://www.cres.gr/kape/education/OGHGOS_THERMOMONOSIS.pdf
- [6] Τεχνική Οδηγία Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας υπ’ αριθμ. 20701-1/2010, «Αναλυτικές εθνικές προδιαγραφές παραμέτρων για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης κτιρίων και την έκδοση του Πιστοποιητικού Ενεργειακής Απόδοσης», Β’ έκδοση, Απρίλιος 2012
- [7] Φ.Ε.Κ. Αρ. Φύλλου 2317, 10-08-2012, Τεύχος Β’
- [8] Τεχνική Οδηγία Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας υπ’ αριθμ. 20701-2/2010, «Θερμοφυσικές ιδιότητες δομικών υλικών και έλεγχος της θερμομονωτικής επάρκειας των κτιρίων», Α’ έκδοση, Ιούνιος 2010
- [9] Σ.Δ. Πέρδιος, «Ενεργειακή επιθεώρηση κτιρίων και βιομηχανιών», ΤεΚΔΟΤΙΚΗ, Αθήνα, 2006
- [10] Tengfang Xu, Jayant Sathaye, Hashem Akbari, Vishal Garg, Surekha Tetali, “Quantifying the direct benefits of cool roofs in an urban setting: Reduced cooling energy use and lowered greenhouse gas emissions”, Building and Environment, Elsevier, 2011

- [11] D. Kolokotsa, C. Diakaki, S. Papantoniou, A. Vlissidis, “Numerical and experimental analysis of cool roofs application on a laboratory building in Iraklion, Crete, Greece”, Energy and Buildings, Elsevier, 2011
- [12] Cool Roof, http://en.wikipedia.org/wiki/Cool_roof
- [13] Επίσημη ιστοσελίδα «Φυσικό αέριο Αττικής», Εταιρεία Παροχής Αερίου Αττικής Α.Ε., <http://www.aerioattikis.gr/>
- [14] Σ.Δ. Πέρδιος, «Οικονομική αξιολόγηση επεμβάσεων για εξοικονόμηση ενέργειας», TeKΔΟΤΙΚΗ, Αθήνα, 2005
- [15] Επίσημη ιστοσελίδα «Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας», www.rae.gr
- [16] Επίσημη ιστοσελίδα “PVSYST Photovoltaic Software”, <http://www.pvsyst.com/en/>

Παράρτημα Α

Καταγραφή ενεργειακών υποδομών και εκτίμηση της κατανάλωσής τους

I. Φωτισμός

Πίνακας Α.1: Τύποι φωτιστικών του κτιρίου

Κωδικός	Περιγραφή φωτιστικού	Τύπος λαμπτήρων	Αριθμός λαμπτήρων	Ισχύς λαμπτήρα (W)	Συνολική ισχύς φωτιστικού (W)
A	προβολέας	μεταλλικών ατμών αλογονιδίων HQI	1	250	250
B	κήπου χωνευτό	spot	1	50	50
C	μάντρα κήπου	pl	1	18	18
D	οροφής (υπόγεια+H/M)	φθορισμού (T8)	2	58	116
E	οροφής (υπόγεια+H/M)	φθορισμού (T8)	2	36	72
F	οροφής (εσωτερικού)	pl	2	13	26
G	οροφής (εσωτερικού)	pl	2	18	36
H	οροφής (+μαρκίζας)	pl	2	26	52
I	φωτιστικό δαπέδου	R111 αλογόνου	1	50	50
J	οροφής (γραφεία)	φθορισμού (T8)	4	18	72
K	απλικά (διάδρομος)	πυρακτώσεως	1	60	60
L	απλικά (reception)	πυρακτώσεως	1	50	50

Πίνακας Α.2: Καταγραφή φωτιστικών και εκτιμώμενη κατανάλωση ενέργειας για φωτισμό στους υπόγειους χώρους

ΥΠΟΓΕΙΟΙ ΧΩΡΟΙ									
Χώρος	Τύπος και πλήθος φωτιστικών που χρησιμοποιούνται					Διάρκεια φορτίου			Ενέργεια/έτος (kWh)
	1 ^{ος} τύπος	2 ^{ος} τύπος	3 ^{ος} τύπος	4 ^{ος} τύπος	% λειτουργίας	ώρες/ημέρα	ημέρες/εβδομάδα	εβδομάδες/έτος	
1 ^ο Υπόγειο									
Διάδρομος	8 τύπου E	28 τύπου H			50%	18	7	52	13.314
Αποθήκη	2 τύπου D	44 τύπου E			50%	8	5	50	6.800
Σύνολο: 10.057 kWh									
Προσαύξηση +25% λόγω μαγνητικών ballast: 12.571 kWh									
2 ^ο Υπόγειο									

ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗ ΚΤΙΡΙΟΥ ΓΡΑΦΕΙΩΝ

Διάδρομος	2 τύπου F	4 τύπου H			50%	18	7	52	1.704
Φυλάκιο	4 τύπου G				50%	24	7	52	1.258
Η/Μ χώροι	36 τύπου G				50%	4	5	50	1.296
Γκαράζ	106 τύπου D				50%	18	7	52	80.563
Σύνολο: 42.410 kWh									
Προσαύξηση +25% λόγω μαγνητικών ballast: 53.013 kWh									
3 ^ο Υπόγειο									
Διάδρομος	18 τύπου H				50%	18	7	52	6.133
Γκαράζ	124 τύπου D	12 τύπου E			50%	18	7	52	99.905
Σύνολο: 53.019 kWh									
Προσαύξηση +25% λόγω μαγνητικών ballast: 66.273 kWh									
4 ^ο Υπόγειο									
Διάδρομος	18 τύπου H				50%	18	7	52	6.133
Γκαράζ	124 τύπου D	12 τύπου E			50%	18	7	52	99.905
Σύνολο: 53.019 kWh									
Προσαύξηση +25% λόγω μαγνητικών ballast: 66.273 kWh									
ΣΥΝΟΛΟ Εκτιμώμενης ενέργειας για φωτισμό στους Υπόγειους χώρους: 198.131 kWh									

Πίνακας Α.3: Καταγραφή φωτιστικών και εκτιμώμενη κατανάλωση ενέργειας για φωτισμό στην πτέρυγα Α

ΠΤΕΡΥΓΑ Α								
Χώρος	Τύπος και πλήθος φωτιστικών				Διάρκεια φορτίου			Ενέργεια/έτος (kWh)
	1 ^{ος} τύπος	2 ^{ος} τύπος	3 ^{ος} τύπος	4 ^{ος} τύπος	ώρες/ημέρα	ημέρες/εβδομάδα	εβδομάδες/ έτος	
Ισόγειο								
Reception	48 τύπου H	10 τύπου L			8	5	50	5.992
Control room	7 τύπου J				24	7	52	4.403
Ναυτολογία	49 τύπου J				8	5	50	7.056
Ταχυδρομείο	8 τύπου J				8	5	50	1.152
Εξωτ. εργασίες	16 τύπου				8	5	50	2.304

ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗ ΚΤΙΡΙΟΥ ΓΡΑΦΕΙΩΝ

	J							
Αποθήκη	9 τύπου J				4	5	50	648
WC	26 τύπου F				4	5	50	676
Σύνολο: 22.231 kWh								
Προσαύξηση +25% λόγω μαγνητικών ballast: 27.789 kWh								
Ημιόροφος								
H/M χώρος	30 τύπου E				4	5	50	2.160
Κενός	64 τύπου E				0	0	0	0
Σύνολο: 2.160 kWh								
Προσαύξηση +25% λόγω μαγνητικών ballast: 2.700 kWh								
1 ^{ος} Όροφος								
Αίθουσα σεμιναρίων	10 τύπου F	127 τύπου H	28 τύπου K		6	3	50	7.690
Εστιατόριο	68 τύπου H	18 τύπου L			8	5	50	8.872
Κουζίνα εστιατορίου	2 τύπου F	8 τύπου H			10	5	50	1.170
Αποθήκη εστιατορίου	4 τύπου H				4	5	50	208
Βοηθ. χώρος 1	4 τύπου H				2	5	50	104
Βοηθ. χώρος 2	4 τύπου H				2	5	50	104
WC	10 τύπου F				4	5	50	260
Σύνολο: 18.408 kWh								
Προσαύξηση +25% λόγω μαγνητικών ballast: 23.010 kWh								
2 ^{ος} Όροφος								
Γραμματεία	6 τύπου J				8	5	50	864
Invoice Control	6 τύπου J				8	5	50	864
Supply Department	24 τύπου J				8	5	50	3.456
Spare Department	21 τύπου J				8	5	50	3.024
ISM	12 τύπου J				8	5	50	1.728
Radio Department	9 τύπου				8	5	50	1.296

ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗ ΚΤΙΡΙΟΥ ΓΡΑΦΕΙΩΝ

	J							
Emergency Department	12 τύπου J				8	5	50	1.728
Training	20 τύπου J				8	5	50	2.880
Βοηθ. χώρος	3 τύπου H				4	5	50	156
Κουζίνα	2 τύπου F	4 τύπου G			8	5	50	392
WC 1	9 τύπου F				4	5	50	234
WC 2	3 τύπου F				4	5	50	78
Σύνολο: 16.700 kWh								
Προσαύξηση +25% λόγω μαγνητικών ballast: 20.875 kWh								
3 ^{ος} Όροφος								
Λογιστήριο	110 τύπου J				8	5	50	15.840
Κουζίνα	2 τύπου F	4 τύπου G			8	5	50	392
WC 1	9 τύπου F				4	5	50	234
WC 2	3 τύπου F				4	5	50	78
Σύνολο: 16.544 kWh								
Προσαύξηση +25% λόγω μαγνητικών ballast: 20.680 kWh								
4 ^{ος} Όροφος								
Technical Department	72 τύπου J				8	5	50	10.368
Operation	36 τύπου J				8	5	50	5.184
Βοηθ. χώρος	2 τύπου J				4	5	50	144
Κουζίνα	2 τύπου F	4 τύπου G			8	5	50	392
WC 1	9 τύπου F				4	5	50	234
WC 2	3 τύπου F				4	5	50	78
Σύνολο: 16.400 kWh								
Προσαύξηση +25% λόγω μαγνητικών ballast: 20.500 kWh								
5 ^{ος} Όροφος								
Διάδρομος	12 τύπου	5 τύπου			8	5	50	1.748

ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗ ΚΤΙΡΙΟΥ ΓΡΑΦΕΙΩΝ

	H	L						
Computer room	15 τύπου J				4	5	50	1.080
Γραφ. Διοίκησης	26 τύπου J				6	7	52	4.088
Νομικό Τμήμα	22 τύπου J				8	5	50	3.168
Meeting room	6 τύπου J				4	5	50	432
Chartering	18 τύπου J				8	5	50	2.592
Βοηθ. χώρος	2 τύπου H				4	5	50	104
Κουζίνα	2 τύπου F	4 τύπου G			8	5	50	392
WC 1	9 τύπου F				4	5	50	234
WC 2	3 τύπου F				4	5	50	78
Σύνολο: 13.916 kWh								
Προσαύξηση +25% λόγω μαγνητικών ballast: 17.396 kWh								
6 ^{ος} Όροφος								
Υποδοχή	8 τύπου F	18 τύπου H	10 τύπου K		8	5	50	3.488
Αίθουσα συμβουλίου	29 τύπου D	8 τύπου F	25 τύπου H	10 τύπου L	4	5	50	5.372
Γραφείο 6.1	12 τύπου J				8	5	50	1.728
Γραφείο 6.2	26 τύπου J				8	5	50	2.704
Γραφείο 6.3	26 τύπου J				8	5	50	2.704
Γραφείο 6.4	12 τύπου J				8	5	50	1.728
Γραφείο 6.5	12 τύπου J				8	5	50	1.728
Κουζίνα	2 τύπου F	4 τύπου G			8	5	50	392
WC 1	9 τύπου F				4	5	50	234
WC 2	3 τύπου F				4	5	50	78
Σύνολο: 20.156 kWh								

Προσαύξηση +25% λόγω μαγνητικών ballast: 25.195 kWh
ΣΥΝΟΛΟ Εκτιμώμενης ενέργειας για φωτισμό στην Πτέρυγα Α: 158.144 kWh

Πίνακας Α.4: Καταγραφή φωτιστικών και εκτιμώμενη κατανάλωση ενέργειας για φωτισμό στην πτέρυγα Β

ΠΤΕΡΥΓΑ Β								
Χώρος	Τύπος και πλήθος φωτιστικών				Διάρκεια φορτίου			Ενέργεια/έτος (kWh)
	1 ^{ος} τύπος	2 ^{ος} τύπος	3 ^{ος} τύπος	4 ^{ος} τύπος	ώρες/ημέρα	ημέρες/εβδομάδα	εβδομάδες/έτος	
Ισόγειο								
Reception	40 τύπου H	10 τύπου K			8	5	50	5.360
Ναυτολογία	9 τύπου H	18 τύπου J			8	5	50	3.528
Βοηθ. χώρος	8 τύπου H				4	5	50	416
Κουζινάκι	2 τύπου G				8	5	50	144
WC	9 τύπου F				8	5	50	468
Σύνολο: 9.916 kWh								
Προσαύξηση +25% λόγω μαγνητικών ballast: 12.395 kWh								
Ημιόροφος								
Τμήμα Συντήρησης	4 τύπου D	16 τύπου E			10	6	52	5.042
Κουζινάκι	1 τύπου F				10	6	52	81
Κενός	4 τύπου D	40 τύπου E			0	0	0	0
Σύνολο: 5.123 kWh								
Προσαύξηση +25% λόγω μαγνητικών ballast: 6.404 kWh								
1 ^{ος} Όροφος								
Κενός	64 τύπου J				0	0	0	0
Σύνολο: 0 kWh								
Προσαύξηση +25% λόγω μαγνητικών ballast: 0 kWh								
2 ^{ος} Όροφος								
Διάδρομος	5 τύπου J				8	5	50	720
Insurance	12 τύπου J				8	5	50	1.728
IT	9 τύπου				8	5	50	1.296

ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗ ΚΤΙΡΙΟΥ ΓΡΑΦΕΙΩΝ

	J							
Invoice control	12 τύπου J				8	5	50	1.728
Supply	12 τύπου J				8	5	50	1.728
Βοηθ. χώρος	14 τύπου H				4	5	50	1.008
Κουζινάκι	2 τύπου G				8	5	50	144
WC	9 τύπου F				4	5	50	234
Σύνολο: 8.586 kWh								
Προσαύξηση +25% λόγω μαγνητικών ballast: 10.733 kWh								
3 ^{ος} Όροφος								
Λογιστήριο	64 τύπου J				8	5	50	9.216
Κουζινάκι	2 τύπου G				8	5	50	144
WC	9 τύπου F				4	5	50	234
Σύνολο: 9.594 kWh								
Προσαύξηση +25% λόγω μαγνητικών ballast: 11.993 kWh								
4 ^{ος} Όροφος								
Technical Department	58 τύπου J				8	5	50	8.352
Βοηθ. χώρος	6 τύπου J				4	5	50	432
Κουζινάκι	2 τύπου G				8	5	50	144
WC	9 τύπου F				4	5	50	234
Σύνολο: 9.162 kWh								
Προσαύξηση +25% λόγω μαγνητικών ballast: 11.453 kWh								
5 ^{ος} Όροφος								
Operation	34 τύπου J				8	5	50	4.896
Βοηθ. χώρος	30 τύπου J				4	5	50	2.160
Κουζινάκι	2 τύπου G				8	5	50	144
WC	9 τύπου F				4	5	50	234
Σύνολο: 7.434 kWh								
Προσαύξηση +25% λόγω μαγνητικών ballast: 9.293 kWh								

ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗ ΚΤΙΡΙΟΥ ΓΡΑΦΕΙΩΝ

6 ^{ος} Όροφος								
Υποδοχή	19 τύπου J	2 τύπου L			8	5	50	2.976
Αίθουσα συμβουλίου	16 τύπου E	24 τύπου H	4 τύπου L		4	5	50	2.600
Γραφείο 6.1	16 τύπου J				8	5	50	2.304
Γραφείο 6.2	8 τύπου J				8	5	50	1.152
Γραφείο 6.3	13 τύπου J	2 τύπου K			8	5	50	2.112
Γραφείο 6.4	8 τύπου J				8	5	50	1.152
Βοηθ. χώρος	32 τύπου J				4	5	50	2.304
Κουζινάκι	2 τύπου G				8	5	50	144
WC	12 τύπου F				4	5	50	312
Σύνολο: 15.056 kWh								
Προσαύξηση +25% λόγω μαγνητικών ballast: 18.820 kWh								
ΣΥΝΟΛΟ Εκτιμώμενης ενέργειας για φωτισμό στην Πτέρυγα Β: 81.089 kWh								

Πίνακας Α.5: Καταγραφή φωτιστικών και εκτιμώμενη κατανάλωση ενέργειας για φωτισμό στους εξωτερικούς χώρους

ΕΞΩΤΕΡΙΚΟΙ ΧΩΡΟΙ								
Χώρος	Τύπος και πλήθος φωτιστικών				Διάρκεια φορτίου			Ενέργεια/έτος (kWh)
	1 ^{ος} τύπος	2 ^{ος} τύπος	3 ^{ος} τύπος	4 ^{ος} τύπος	ώρες/ημέρα	ημέρες/εβδομάδα	εβδομάδες/έτος	
Εξωτερικοί χώροι								
Κήπος	62 τύπου B	31 τύπου C			10	7	52	13.315
Προσόψεις	2 τύπου A	25 τύπου C	26 τύπου H	29 τύπου I	10	7	52	13.657
Μαρκίζα	32 τύπου H				10	7	52	6.057
Σύνολο: 33.029 kWh								
Προσαύξηση +25% λόγω μαγνητικών ballast: 41.287 kWh								
ΣΥΝΟΛΟ Εκτιμώμενης ενέργειας για φωτισμό στους Εξωτερικούς χώρους: 41.287 kWh								

Πίνακας Α.6: Καταγραφή φωτιστικών και εκτιμώμενη κατανάλωση ενέργειας για φωτισμό στους λοιπούς χώρους

ΛΟΙΠΟΙ ΧΩΡΟΙ								
Χώρος	Τύπος και πλήθος φωτιστικών				Διάρκεια φορτίου			Ενέργεια/έτος (kWh)
	1 ^{ος} τύπος	2 ^{ος} τύπος	3 ^{ος} τύπος	4 ^{ος} τύπος	ώρες/ημέρα	ημέρες/εβδομάδα	εβδομάδες/έτος	
Κλιμακοστάσια								
Πτέρυγας Α	55 τύπου Κ				2	5	50	1.650
Πτέρυγας Β	55 τύπου Κ				2	5	50	1.650
Δώμα								
Πτέρυγας Α	3 τύπου G				1	5	50	27
Πτέρυγας Β	3 τύπου G				1	5	50	27
ΣΥΝΟΛΟ: 3.354 kWh								
Προσαύξηση +25% λόγω μαγνητικών ballast: 4.193 kWh								
ΣΥΝΟΛΟ Εκτιμώμενης ενέργειας για φωτισμό στους Λοιπούς χώρους: 4.193 kWh								

Πίνακας Α.7: Συγκεντρωτική εγκατεστημένη ισχύς για φωτισμό ανά χώρο στο κτίριο

A/A	Χώρος	Εγκατεστημένη ισχύς / χώρο (kW)
1.	Υπόγειοι χώροι	51,796
2.	Πτέρυγα Α	77,290
3.	Πτέρυγα Β	44,552
4.	Εξωτερικοί χώροι	9,074
5.	Λοιποί χώροι	6,816
		Συνολική εγκατεστημένη ισχύς για φωτισμό στο κτίριο: 189,528 kW

II. Θέρμανση – Ψύξη**Πίνακας Α.8: Καταγραφή και εκτιμώμενη κατανάλωση ενέργειας ψυκτών**

Πλήθος	Ισχύς μονάδος (kW)	Διάρκεια φορτίου			Ενέργεια (kWh)
		ώρες/ημέρα	ημέρες/εβδομάδα	εβδομάδες/έτος	
4	230	4	5	12	220.800
4	180	4	5	12	172.800
Συνολική εγκατεστημένη ισχύς ψυκτών: 1640 kW		Συνολική εκτιμώμενη κατανάλωση ηλεκτρ. ενέργειας ψυκτών: 393.600 kWh			

Πίνακας Α.9: Καταγραφή και εκτιμώμενη κατανάλωση ενέργειας συμπιεστών

Πλήθος	Ισχύς μονάδος (kW)	Διάρκεια φορτίου			Ενέργεια (kWh)
		ώρες/ημέρα	ημέρες/εβδομάδα	εβδομάδες/έτος	

ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗ ΚΤΙΡΙΟΥ ΓΡΑΦΕΙΩΝ

16	10	4	5	12	38.400
16	7,5	4	5	12	28.800
Συνολική εγκατεστημένη ισχύς συμπίεστών: 280 kW		Συνολική εκτιμώμενη κατανάλωση ηλεκτρ. ενέργειας συμπίεστών: 67.200 kWh			

Πίνακας Α.10: Καταγραφή και εκτιμώμενη κατανάλωση ενέργειας αντλιών, ανά χρήση

Είδος χρήσης	Πλήθος	Ισχύς (W)	Διάρκεια φορτίου			Ενέργεια (kWh)
			ώρες/ημέρα	ημέρες/εβδομάδα	εβδομάδες/έτος	
Ζεστό Νερό Χρήσης	1	70	4	5	12	17
Προκλιματισμός	2	280	24	7	50	4.704
Θέρμανση (FCU)	6	550	4	5	12	792
Θέρμανση (FCU)	4	585	4	5	12	562
Ψύξη (FCU)	2	320	4	5	12	154
Ψύξη (FCU)	2	450	4	5	12	216
Συνολική εγκατεστημένη ισχύς αντλιών: 7,81 kW		Συνολική εκτιμώμενη κατανάλωση ηλεκτρ. ενέργειας αντλιών: 6.445 kWh				

Πίνακας Α.11: Καταγραφή και εκτιμώμενη κατανάλωση ενέργειας κλιματιστικών μονάδων, ανά χώρο

Χώρος που είναι τοποθετημένη	Χώρος που εξυπηρετεί			Πλήθος	Ισχύς (kW)/ είδος	Διάρκεια φορτίου			Ενέργεια (kWh)
	Πτέρ.	Όροφ.	Γραφείο			ώρες/ ημέρα	ημέρες/ εβδομ.	εβδομ./ έτος	
Ημιόροφος, πτέρυγα Α: Ηλεκτρομηχανολογικός χώρος	A	Ισόγειο		1	3	4	5	24	1.440
	A	1 ^{ος}	Αίθουσα σεμιναρίων	1	1,5	4	5	24	720
	A	1 ^{ος}	Εστιατόριο	1	0,75	4	5	24	360
	A	3 ^{ος}	Λογιστήριο	1	4	4	5	24	1.920
Οροφή, πτέρυγα Α	A	5 ^{ος}	Computer Room	1	1	4	5	24	480
	A	6 ^{ος}	Αίθουσα συμβουλίου	1	3	4	5	24	1.440
Υπόγειο -2, Ηλεκτρομηχανολογικός χώρος	A	υπόλοιπο πτέρυγας Α		6	10	4	5	24	28.800
Ημιόροφος, πτέρυγα Β	B	Ισόγειο		2	1,5	4	5	24	1.440
1 ^{ος} όροφος, πτέρυγα Β	B	1 ^{ος}	σύνολο ορόφου	1	5,5	4	5	24	2.660
2 ^{ος} όροφος, πτέρυγα Β	B	2 ^{ος}	σύνολο ορόφου	1	5,5	4	5	24	2.660
3 ^{ος} όροφος, πτέρυγα Β	B	3 ^{ος}	σύνολο ορόφου	1	5,5	4	5	24	2.660
4 ^{ος} όροφος, πτέρυγα Β	B	4 ^{ος}	σύνολο ορόφου	1	5,5	4	5	24	2.660
5 ^{ος} όροφος, πτέρυγα Β	B	5 ^{ος}	σύνολο ορόφου	1	5,5	4	5	24	2.660
6 ^{ος} όροφος, πτέρυγα Β	B	6 ^{ος}	σύνολο ορόφου	1	5,5	4	5	24	2.660

ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗ ΚΤΙΡΙΟΥ ΓΡΑΦΕΙΩΝ

Οροφή, πτέρυγα Β	Β	4 ^{ος}	Technical Department	1	0,75	4	5	24	360
	Β	5 ^{ος}	Operation	1	1,5	4	5	24	720
	Β	6 ^{ος}	Αίθουσα συμβουλίου	1	3	4	5	24	1.440
Συνολική εγκατεστημένη ισχύς ΚΚΜ: 124,5 kW				Συνολική εκτιμώμενη κατανάλωση ηλεκτρ. ενέργειας κλιματιστικών μονάδων: 55.080 kWh					

Πίνακας Α.12: Καταγραφή μονάδων ανεμιστήρα-στοιχείου (Fan-Coil Units – FCU) και εκτιμώμενη κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση/ψύξη, πτέρυγα Α

ΠΤΕΡΥΓΑ Α						
Χώρος	Περιγραφή ηλεκτρ. συσκευής		Διάρκεια φορτίου			Ενέργεια/έτος (kWh)
	# fan-coil	Ισχύς μονάδος (W)	ώρες/ημέρα	ημέρες/εβδομάδα	εβδομάδες/έτος	
Ισόγειο						
Reception	9 fan-coil	125	8	5	32	9.450
Control room	2 fan-coil	125	8	5	32	2.100
Ναυτολογία	2 fan-coil	125	8	5	32	2.100
Ταχυδρομείο	2 fan-coil	125	8	5	32	2.100
Εξωτ. εργασίες	2 fan-coil	125	8	5	32	2.100
Αποθήκη	2 fan-coil	125	8	5	32	2.100
WC	1 fan-coil	125	8	5	32	1.050
Σύνολο: 21.000 kWh						
Ημιόροφος						
H/M χώρος	6 fan-coil	125	8	5	32	6.300
Κενός	14 fan-coil	125	8	5	32	14.700
Σύνολο: 21.000 kWh						
1 ^{ος} Όροφος						
Αίθουσα σεμιναρίων	8 fan-coil	125	8	5	32	8.400
Εστιατόριο	2 fan-coil	125	8	5	32	2.100
Κουζίνα εστιατορίου	2 fan-coil	125	8	5	32	2.100
Αποθήκη εστιατορίου	2 fan-coil	125	8	5	32	2.100
Βοηθ. χώρος 1	2 fan-coil	125	8	5	32	2.100
Βοηθ. χώρος 2	1 fan-coil	125	8	5	32	1.050
WC	3 fan-coil	125	8	5	32	3.150
Σύνολο: 21.000 kWh						

ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗ ΚΤΙΡΙΟΥ ΓΡΑΦΕΙΩΝ

2 ^{ος} Όροφος						
Γραμματεία	1 fan-coil	125	8	5	32	1.050
Invoice Control	2 fan-coil	125	8	5	32	2.100
Supply Department	2 fan-coil	125	8	5	32	2.100
Spare Department	2 fan-coil	125	8	5	32	2.100
ISM	2 fan-coil	125	8	5	32	2.100
Radio Department	2 fan-coil	125	8	5	32	2.100
Emergency Department	2 fan-coil	125	8	5	32	2.100
Training	1 fan-coil	125	8	5	32	1.050
Βοηθ. χώρος	1 fan-coil	125	8	5	32	1.050
Κουζίνα	1 fan-coil	125	8	5	32	1.050
WC 1	3 fan-coil	125	8	5	32	3.150
WC 2	1 fan-coil	125	8	5	32	1.050
Σύνολο: 21.000 kWh						
3 ^{ος} Όροφος						
Λογιστήριο	13 fan-coil	125	8	5	32	13.650
Κουζίνα	1 fan-coil	125	8	5	32	1.050
WC 1	3 fan-coil	125	8	5	32	3.150
WC 2	1 fan-coil	125	8	5	32	1.050
Σύνολο: 18.900 kWh						
4 ^{ος} Όροφος						
Technical Department	6 fan-coil	125	8	5	32	6.300
Operation	6 fan-coil	125	8	5	32	6.300
Βοηθ. χώρος	3 fan-coil	125	8	5	32	3.150
Κουζίνα	1 fan-coil	125	8	5	32	1.050
WC 1	3 fan-coil	125	8	5	32	3.150
WC 2	1 fan-coil	125	8	5	32	1.050
Σύνολο: 21.000 kWh						
5 ^{ος} Όροφος						
Διάδρομος	4 fan-coil	125	8	5	32	4.200
Computer room	2 fan-coil	125	8	5	32	2.100
Γραφ. Διοίκησης	2 fan-coil	125	8	5	32	2.100
Νομικό Τμήμα	2 fan-coil	125	8	5	32	2.100

ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗ ΚΤΙΡΙΟΥ ΓΡΑΦΕΙΩΝ

Meeting room	2 fan-coil	125	8	5	32	2.100
Chartering	2 fan-coil	125	8	5	32	2.100
Βοηθ. χώρος	2 fan-coil	125	8	5	32	2.100
WC 1	3 fan-coil	125	8	5	32	3.150
WC 2	1 fan-coil	125	8	5	32	1.050
Σύνολο: 21.000 kWh						
6 ^{ος} Όροφος						
Υποδοχή	3 fan-coil	125	8	5	32	3.150
Αίθουσα συμβουλίου	2 fan-coil	125	8	5	32	2.100
Γραφείο 6.1	2 fan-coil	125	8	5	32	2.100
Γραφείο 6.2	2 fan-coil	125	8	5	32	2.100
Γραφείο 6.3	2 fan-coil	125	8	5	32	2.100
Γραφείο 6.4	2 fan-coil	125	8	5	32	2.100
Γραφείο 6.5	2 fan-coil	125	8	5	32	2.100
Κουζίνα	1 fan-coil	125	8	5	32	1.050
WC 1	3 fan-coil	125	8	5	32	3.150
WC 2	1 fan-coil	125	8	5	32	1.050
Σύνολο: 21.000 kWh						
ΣΥΝΟΛΟ εκτιμώμενης ενέργειας για fan-coil στην Πτέρυγα Α: 165.900 kWh						

Πίνακας Α.13: Καταγραφή μονάδων ανεμιστήρα-στοιχείου (Fan-Coil Units – FCU) και εκτιμώμενη κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση/ψύξη, πτέρυγα Β

ΠΤΕΡΥΓΑ Β						
Χώρος	Περιγραφή ηλεκτρ. συσκευής		Διάρκεια φορτίου			Ενέργεια/έτος (kWh)
	# fan-coil	Ισχύς μονάδος (W)	ώρες/ημέρα	ημέρες/εβδομάδα	εβδομάδες/έτος	
Ισόγειο						
Reception	4 fan-coil	125	8	5	32	4.200
Ναυτολογία	2 fan-coil	125	8	5	32	2.100
Βοηθ. χώρος	2 fan-coil	125	8	5	32	2.100
Κουζινάκι	1 fan-coil	125	8	5	32	1.050
WC	3 fan-coil	125	8	5	32	3.150
Σύνολο: 12.600 kWh						
Ημιόροφος						

ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗ ΚΤΙΡΙΟΥ ΓΡΑΦΕΙΩΝ

Τμήμα συντήρησης	6 fan-coil	125	8	5	32	6.300
Κουζινάκι	1 fan-coil	125	8	5	32	1.050
Κενός	5 fan-coil	125	8	5	32	5.250
Σύνολο: 12.600 kWh						
1 ^{ος} Όροφος						
Κενός	12 fan-coil	125	8	5	32	12.600
Σύνολο: 12.600 kWh						
2 ^{ος} Όροφος						
Διάδρομος	2 fan-coil	125	8	5	32	2.100
Insurance	2 fan-coil	125	8	5	32	2.100
IT	1 fan-coil	125	8	5	32	1.050
Invoice control	1 fan-coil	125	8	5	32	1.050
Supply	1 fan-coil	125	8	5	32	1.050
Βοηθ. χώρος	1 fan-coil	125	8	5	32	1.050
Κουζινάκι	1 fan-coil	125	8	5	32	1.050
WC	3 fan-coil	125	8	5	32	3.150
Σύνολο: 12.600 kWh						
3 ^{ος} Όροφος						
Λογιστήριο	8 fan-coil	125	8	5	32	8.400
Κουζινάκι	1 fan-coil	125	8	5	32	1.050
WC	3 fan-coil	125	8	5	32	3.150
Σύνολο: 12.600 kWh						
4 ^{ος} Όροφος						
Technical Department	8 fan-coil	125	8	5	32	8.400
Κουζινάκι	1 fan-coil	125	8	5	32	1.050
WC	3 fan-coil	125	8	5	32	3.150
Σύνολο: 12.600 kWh						
5 ^{ος} Όροφος						
Operation	6 fan-coil	125	8	5	32	6.300
Βοηθ. χώρος	2 fan-coil	125	8	5	32	2.100
Κουζινάκι	1 fan-coil	125	8	5	32	1.050
WC	3 fan-coil	125	8	5	32	3.150
Σύνολο: 12.600 kWh						
6 ^{ος} Όροφος						

ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗ ΚΤΙΡΙΟΥ ΓΡΑΦΕΙΩΝ

Υποδοχή	1 fan-coil	125	8	5	32	1.050
Αίθουσα συμβουλίου	2 fan-coil	125	8	5	32	2.100
Γραφείο 6.1	1 fan-coil	125	8	5	32	1.050
Γραφείο 6.2	1 fan-coil	125	8	5	32	1.050
Γραφείο 6.3	1 fan-coil	125	8	5	32	1.050
Γραφείο 6.4	1 fan-coil	125	8	5	32	1.050
Βοηθ. χώρος	1 fan-coil	125	8	5	32	1.050
Κουζίνακι	1 fan-coil	125	8	5	32	1.050
WC	3 fan-coil	125	8	5	32	3.150
Σύνολο: 12.600 kWh						
ΣΥΝΟΛΟ εκτιμώμενης ενέργειας για fan-coil στην Πτέρυγα Β: 100.800 kWh.						

Πίνακας Α.14: Καταγραφή αυτόνομων κλιματιστικών μονάδων και εκτιμώμενη κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση, ανά χώρο

Χώρος	Περιγραφή ηλεκτρ. συσκευής			P _{el} = P _{th} /COP	Διάρκεια φορτίου			Ενέργεια/ έτος (kWh)
	# A/C	Ισχύς μονάδος – (BTU)	Ισχύς μονάδος – (W)		ώρες/ημ.	ημέρες/εβδομ.	εβδομ./έτος	
2 ^ο Υπόγειο								
Φυλάκιο	1 A/C	9.000	2.638	731	10	7	16	818
Σύνολο Υπογείων χώρων: 818 kWh								
Ισόγειο – Πτέρυγα Α								
Control room	1 A/C	13.000	3.810	1.055	5	7	4	148
Σύνολο Ισογείου – Πτέρυγα Α: 148 kWh								
1 ^{ος} Όροφος – Πτέρυγα Α								
Αίθουσα σεμιναρίων	1 A/C	18.000	5.275	1.461	6	3	16	421
Σύνολο 1 ^{ου} Ορόφου – Πτέρυγα Α: 421 kWh								
2 ^{ος} Όροφος – Πτέρυγα Α								
Γραμματεία	1 A/C	13.000	3.810	1.055	4	5	8	169
Emergency Department	1 A/C	13.000	3.810	1.055	4	5	8	169
Κουζίνα	1 A/C	9.000	2.638	731	3	5	4	44
Σύνολο 2 ^{ου} Ορόφου – Πτέρυγα Α: 382 kWh								
3 ^{ος} Όροφος – Πτέρυγα Α								
Λογιστήριο	2 A/C	16.000	4.689	1.299	4	5	16	831
Σύνολο 3 ^{ου} Ορόφου – Πτέρυγα Α: 831 kWh								
4 ^{ος} Όροφος – Πτέρυγα Α								
Technical Department	1 A/C	16.000	4.689	1.299	4	5	16	416
	1 A/C	13.000	3.810	1.055	4	5	16	338
Operation	1 A/C	16.000	4.689	1.299	4	5	16	416
	1 A/C	13.000	3.810	1.055	4	5	16	338

ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗ ΚΤΙΡΙΟΥ ΓΡΑΦΕΙΩΝ

Σύνολο 4 ^{ου} Ορόφου – Πτέρυγα Α: 1.507 kWh								
5 ^{ος} Όροφος – Πτέρυγα Α								
Computer room	1 A/C	24.000	7.034	1.948	5	7	4	273
Γραφ. Διοίκησης	1 A/C	13.000	3.810	1.055	4	5	16	338
	1 A/C	9.000	2.638	731	4	5	16	234
Meeting room	1 A/C	18.000	5.275	1.461	4	5	16	468
Βοηθ. χώρος	1 A/C	9.000	2.638	731	2	5	4	29
Σύνολο 5 ^{ου} Ορόφου – Πτέρυγα Α: 1.341 kWh								
6 ^{ος} Όροφος – Πτέρυγα Α								
Υποδοχή	1 A/C	16.000	4.689	1.299	4	5	16	416
Αίθουσα συμβουλίου	1 A/C	13.000	3.810	1.055	4	5	16	338
	1 A/C	9.000	2.638	731	4	5	16	234
Κουζίνα	1 A/C	9.000	2.638	731	3	5	4	44
Σύνολο 6 ^{ου} Ορόφου – Πτέρυγα Α: 1.031 kWh								
Ισόγειο – Πτέρυγα Β								
Ναυτολογία	1 A/C	13.000	3.810	1.055	4	5	16	338
Σύνολο Ισογείου – Πτέρυγα Β: 338 kWh								
Ημιόροφος – Πτέρυγα Β								
Τμήμα συντήρησης	1 A/C	9.000	2.638	731	4	5	16	234
	1 A/C	13.000	3.810	1.055	4	5	16	338
Σύνολο Ημιορόφου – Πτέρυγα Β: 572 kWh								
2 ^{ος} Όροφος – Πτέρυγα Β								
IT	1 A/C	26.000	7.620	2.111	5	7	4	296
Invoice control	1 A/C	13.000	3.810	1.055	4	5	16	338
Σύνολο 2 ^{ου} Ορόφου – Πτέρυγα Β: 633 kWh								
3 ^{ος} Όροφος – Πτέρυγα Β								
Λογιστήριο	4 A/C	12.000	3.517	974	4	5	16	1.247
Σύνολο 3 ^{ου} Ορόφου – Πτέρυγα Β: 1.247 kWh								
4 ^{ος} Όροφος – Πτέρυγα Β								
Technical Department	1 A/C	9.000	2.638	731	4	5	16	234
	1 A/C	13.000	3.810	1.055	4	5	16	338
Σύνολο 4 ^{ου} Ορόφου – Πτέρυγα Β: 572 kWh								
5 ^{ος} Όροφος – Πτέρυγα Β								
Operation	1 A/C	9.000	2.638	731	4	5	16	234
	1 A/C	13.000	3.810	1.055	4	5	16	338
Σύνολο 5 ^{ου} Ορόφου – Πτέρυγα Β: 572 kWh								
6 ^{ος} Όροφος – Πτέρυγα Β								
Υποδοχή	1 A/C	9.000	2.638	731	4	5	16	234
Αίθουσα συμβουλίου	1 A/C	13.000	3.810	1.055	4	5	16	338
	1 A/C	9.000	2.638	731	4	5	16	234
	1 ιονιστής		180	180	4	5	16	58
Γραφείο 6.2	1 A/C	12.000	3.517	974	4	5	16	312
Γραφείο 6.4	1 A/C	9.000	2.638	731	4	5	16	234
Σύνολο 6 ^{ου} Ορόφου – Πτέρυγα Β: 1.409 kWh								
ΣΥΝΟΛΟ εκτιμώμενης ετήσιας ενέργειας για θέρμανση από A/C στο κτίριο: 11.820 kWh								

Πίνακας Α.15: Καταγραφή αυτόνομων κλιματιστικών μονάδων και εκτιμώμενη κατανάλωση ενέργειας για ψύξη, ανά χώρο

Χώρος	Περιγραφή ηλεκτρ. συσκευής			P _{el} = P _{th} /EER	Διάρκεια φορτίου			Ενέργεια/έτος (kWh)
	# A/C	Ισχύς μονάδος – (BTU)	Ισχύς μονάδος – (W)		ώρες/ημ.	ημέρες/εβδομ.	εβδομ./έτος	
2 ^ο Υπόγειο								
Φυλάκιο	1 A/C	9.000	2.638	817	10	7	16	915
Σύνολο Υπογείων χώρων: 915 kWh								
Ισόγειο – Πτέρυγα Α								
Control room	1 A/C	13.000	3.810	1.180	10	7	16	1.321
Σύνολο Ισογείου – Πτέρυγα Α: 1.321 kWh								
1 ^{ος} Όροφος – Πτέρυγα Α								
Αίθουσα σεμιναρίων	1 A/C	18.000	5.275	1.633	6	3	16	470
Σύνολο 1 ^{ου} Ορόφου – Πτέρυγα Α: 470 kWh								
2 ^{ος} Όροφος – Πτέρυγα Α								
Γραμματεία	1 A/C	13.000	3.810	1.180	4	5	8	189
Emergency Department	1 A/C	13.000	3.810	1.180	4	5	8	189
Κουζίνα	1 A/C	9.000	2.638	817	3	5	4	49
Σύνολο 2 ^{ου} Ορόφου – Πτέρυγα Α: 426 kWh								
3 ^{ος} Όροφος – Πτέρυγα Α								
Λογιστήριο	2 A/C	16.000	4.689	1.452	4	5	16	929
Σύνολο 3 ^{ου} Ορόφου – Πτέρυγα Α: 929 kWh								
4 ^{ος} Όροφος – Πτέρυγα Α								
Technical Department	1 A/C	16.000	4.689	1.452	4	5	16	465
	1 A/C	13.000	3.810	1.180	4	5	16	377
Operation	1 A/C	16.000	4.689	1.452	4	5	16	465
	1 A/C	13.000	3.810	1.180	4	5	16	377
Σύνολο 4 ^{ου} Ορόφου – Πτέρυγα Α: 1.684 kWh								
5 ^{ος} Όροφος – Πτέρυγα Α								
Computer room	1 A/C	24.000	7.034	2.178	10	7	16	2.439
Γραφ. Διοίκησης	1 A/C	13.000	3.810	1.180	4	5	16	377
	1 A/C	9.000	2.638	817	4	5	16	261
Meeting room	1 A/C	18.000	5.275	1.633	4	5	16	523
Βοηθ. χώρος	1 A/C	9.000	2.638	817	2	5	4	33
Σύνολο 5 ^{ου} Ορόφου – Πτέρυγα Α: 3.633 kWh								
6 ^{ος} Όροφος – Πτέρυγα Α								
Υποδοχή	1 A/C	16.000	4.689	1.452	4	5	16	465
Αίθουσα συμβουλίου	1 A/C	13.000	3.810	1.180	4	5	16	377
	1 A/C	9.000	2.638	817	4	5	16	261
Κουζίνα	1 A/C	9.000	2.638	817	3	5	4	49
Σύνολο 6 ^{ου} Ορόφου – Πτέρυγα Α: 1.152 kWh								
Ισόγειο – Πτέρυγα Β								
Ναυτολογία	1 A/C	13.000	3.810	1.180	4	5	16	377
Σύνολο Ισογείου – Πτέρυγα Β: 377 kWh								
Ημιόροφος – Πτέρυγα Β								

ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗ ΚΤΙΡΙΟΥ ΓΡΑΦΕΙΩΝ

Τμήμα συντήρησης	1 A/C	9.000	2.638	817	4	5	16	261
	1 A/C	13.000	3.810	1.180	4	5	16	377
Σύνολο Ημιορόφου – Πτέρυγα Β: 639 kWh								
2 ^{ος} Όροφος – Πτέρυγα Β								
IT	1 A/C	26.000	7.620	2.359	10	7	16	2.642
Invoice control	1 A/C	13.000	3.810	1.180	4	5	16	377
Σύνολο 2 ^{ου} Ορόφου – Πτέρυγα Β: 3.020 kWh								
3 ^{ος} Όροφος – Πτέρυγα Β								
Λογιστήριο	4 A/C	12.000	3.517	1.089	4	5	16	1.394
Σύνολο 3 ^{ου} Ορόφου – Πτέρυγα Β: 1.394 kWh								
4 ^{ος} Όροφος – Πτέρυγα Β								
Technical Department	1 A/C	9.000	2.638	817	4	5	16	261
	1 A/C	13.000	3.810	1.180	4	5	16	377
Σύνολο 4 ^{ου} Ορόφου – Πτέρυγα Β: 639 kWh								
5 ^{ος} Όροφος – Πτέρυγα Β								
Operation	1 A/C	9.000	2.638	817	4	5	16	261
	1 A/C	13.000	3.810	1.180	4	5	16	377
Σύνολο 5 ^{ου} Ορόφου – Πτέρυγα Β: 639 kWh								
6 ^{ος} Όροφος – Πτέρυγα Β								
Υποδοχή	1 A/C	9.000	2.638	817	4	5	16	261
Αίθουσα συμβουλίου	1 A/C	13.000	3.810	1.180	4	5	16	377
	1 A/C	9.000	2.638	817	4	5	16	261
	1 ιονιστής		180	180	4	5	16	58
Γραφείο 6.2	1 A/C	12.000	3.517	1.089	4	5	16	348
Γραφείο 6.4	1 A/C	9.000	2.638	817	4	5	16	261
Σύνολο 6 ^{ου} Ορόφου – Πτέρυγα Β: 1.568 kWh								
ΣΥΝΟΛΟ εκτιμώμενης ετήσιας κατανάλωσης ενέργειας για ψύξη από A/C στο κτίριο: 18.806 kWh								

III. Ηλεκτρικές συσκευές

Πίνακας Α.16: Καταγραφή ηλεκτρικών συσκευών και εκτιμώμενη κατανάλωση ενέργειας, υπόγειοι χώροι

ΥΠΟΓΕΙΟΙ ΧΩΡΟΙ							
Χώρος	Περιγραφή ηλεκτρ. συσκευής			Διάρκεια φορτίου			Ενέργεια/ έτος (kWh)
	Πλήθος και είδος ηλεκτρ. συσκευών	Ισχύς μονάδος – πλήρης λειτουργία (W)	Ισχύς μονάδος – standby (W)	ώρες/ ημέρα	ημέρες/ εβδομάδα	εβδομάδες/ έτος	
1 ^ο Υπόγειο							
Διάδρομος	-	-	-	-	-	-	0
Αποθήκη	2 ηλεκτροκινητήρες πυρόσβεσης	22.000	-	0	0	0	0
	2 ηλεκτροκινητήρες πυρόσβεσης	30.000	-	0	0	0	0
Σύνολο: 0 kWh							
2 ^ο Υπόγειο							
Διάδρομος	2 κάμερες	5	-	24	7	52	87
Φυλάκιο	2 κάμερες	5	-	24	7	52	87

ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗ ΚΤΙΡΙΟΥ ΓΡΑΦΕΙΩΝ

Η/Μ χώροι	-	-	-	-	-	-	0
Γκαράζ	16 κάμερες	5	-	24	7	52	699
Σύνολο: 874 kWh							
3 ^ο Υπόγειο							
Διάδρομος	-	-	-	-	-	-	0
Γκαράζ	-	-	-	-	-	-	0
Σύνολο: 0 kWh							
4 ^ο Υπόγειο							
Διάδρομος	-	-	-	-	-	-	0
Γκαράζ	-	-	-	-	-	-	0
Σύνολο: 0 kWh							
ΣΥΝΟΛΟ εκτιμώμενης ετήσιας κατανάλωσης ηλεκτρ. συσκευών στους Υπόγειους χώρους: 873,6 kWh							

Πίνακας Α.17: Καταγραφή ηλεκτρικών συσκευών και εκτιμώμενη κατανάλωση ενέργειας, πτέρυγα Α

ΠΤΕΡΥΓΑ Α							
Χώρος	Περιγραφή ηλεκτρ. συσκευής			Διάρκεια φορτίου			Ενέργεια/έτος (kWh)
	Πλήθος και είδος ηλεκτρ. συσκευών	Ισχύς μονάδος – πλήρης λειτουργία (W)	Ισχύς μονάδος – standby (W)	ώρες/ημέρα	ημέρες/εβδομάδα	εβδομάδες/έτος	
Ισόγειο							
Reception	2 H/Y	200	10	8	5	50	801
	1 monitor	75	5	24	7	52	655
	6 κάμερες	5	-	24	7	52	262
Control room	5 H/Y	200	10	24	7	52	8.736
	8 monitor	75	5	24	7	52	5.242
	13 καταγραφικά	40	-	24	7	52	4.543
Ναυτολογία	15 H/Y	200	10	8	5	50	6.010
	1 φωτοτυπικό	1500	3	1	5	50	375
	3 εκτυπωτές	350	3	1	5	50	263
	1 TV	200	3	1	5	50	50
Ταχυδρομείο	1 H/Y	200	10	8	5	50	401
	1 εκτυπωτής	350	3	1	5	50	88
Εξωτ. εργασίες	1 H/Y	200	10	8	5	50	401
Αποθήκη	-	-	-	-	-	-	0
WC	-	-	-	-	-	-	0
Σύνολο: 27.826 kWh							
Ημιόροφος							
H/M χώρος	1 server	3.000	-	24	7	52	26.208
Κενός	-	-	-	-	-	-	0
Σύνολο: 26. 208 kWh							
1 ^{ος} Όροφος							
Αίθουσα σεμιναρίων	1 προτζέκτορας	300	-	6	3	50	270
	1 H/Y	200	10	6	3	50	181
	1 dvd	50	-	1	3	50	8
	1 video	50	-	1	3	50	8
	1 μικροφωνική εγκ/ση	600	-	6	3	50	540

ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗ ΚΤΙΡΙΟΥ ΓΡΑΦΕΙΩΝ

	1 στερεοφωνική εγκα/ση	900	-	6	3	50	810
Εστιατόριο	1 αυτόματος πωλητής	1800	10	1	5	50	451
Κουζίνα εστιατορίου	2 ηλεκτρικές κουζίνες	3000	-	3	5	50	4.500
	2 ψυγεία	240	-	24	7	52	4.193
	1 καφετιέρα μικρή	1000	-	1	5	50	250
	1 καφετιέρα μεγάλη	2500	-	1	5	50	625
	1 θερμαντήρας	1500	-	4	5	50	1.500
Αποθήκη εστιατορίου	-	-	-	-	-	-	0
Βοηθ. χώρος 1	1 παγομηχανή			24	7	52	17.472
Βοηθ. χώρος 2	-	-	-	-	-	-	0
WC	-	-	-	-	-	-	0
Σύνολο: 30.808 kWh							
2 ^{ος} Όροφος							
Γραμματεία	1 Η/Υ	200	10	8	5	50	401
	1 εκτυπωτής	350	3	1	5	50	88
	1 fax	200	5	1	5	50	50
Invoice Control	2 Η/Υ	200	10	8	5	50	801
	4 εκτυπωτές	350	3	1	5	50	351
Supply Department	8 Η/Υ	200	10	8	5	50	3.205
	4 εκτυπωτές	350	3	1	5	50	351
Spare Department	10 Η/Υ	200	10	8	5	50	4.006
	2 φωτοτυπικά	1500	3	1	5	50	751
	5 πολυμηχανήματα	350	15	1	5	50	444
ISM	4 Η/Υ	200	10	8	5	50	1.603
	1 φωτοτυπικό	1500	3	1	5	50	375
Radio Department	3 Η/Υ	200	10	8	5	50	1.202
	1 φωτοτυπικό	1500	3	1	5	50	375
Emergency Department	5 Η/Υ	200	10	8	5	50	2.003
	1 φωτοτυπικό	1500	3	1	5	50	375
Training	4 Η/Υ	200	10	8	5	50	1.603
Βοηθ. χώρος	-	-	-	-	-	-	0
Κουζίνα	1 ψυγείο	160	-	24	7	52	1.398
	1 κουζίνακι	1000	-	1	5	50	250
	1 καφετιέρα	1000	-	1	5	50	250
	1 ψύκτης	600	-	24	7	52	5.242
WC 1	-	-	-	-	-	-	0
WC 2	-	-	-	-	-	-	0
Σύνολο: 25.124 kWh							
3 ^{ος} Όροφος							
Λογιστήριο	35 Η/Υ	200	10	8	5	50	14.022
	6 φωτοτυπικά	1500	3	1	5	50	2.252
	14 πολυμηχανήματα	350	15	1	5	50	1.244
Κουζίνα	1 ψυγείο	160	-	24	7	52	1.398
	1 κουζίνακι	1000	-	1	5	50	250
	1 καφετιέρα	1000	-	1	5	50	250
	1 ψύκτης	600	-	24	7	52	5.242
WC 1	-	-	-	-	-	-	0

ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗ ΚΤΙΡΙΟΥ ΓΡΑΦΕΙΩΝ

WC 2	-	-	-	-	-	-	0
Σύνολο: 24.658 kWh							
4^{ος} Όροφος							
Technical Department	3 H/Y	200	10	8	5	50	1.202
	5 monitor	75	5	24	7	52	3.276
	2 TV	200	3	1	5	50	101
	1 εκτυπωτής	350	3	1	5	50	88
Operation	19 H/Y	200	10	8	5	50	7.612
	4 φωτοτυπικά	1500	3	1	5	50	1.501
	7 πολυμηχανήματα	350	15	1	5	50	622
	1 TV	200	3	1	5	50	50
Βοηθ. χώρος	-	-	-	-	-	-	0
Κουζίνα	1 ψυγείο	160	-	24	7	52	1.398
	1 κουζίνακι	1000	-	1	5	50	250
	1 καφετιέρα	1000	-	1	5	50	250
	1 ψύκτης	600	-	24	7	52	5.242
WC 1	-	-	-	-	-	-	0
WC 2	-	-	-	-	-	-	0
Σύνολο: 21.591 kWh							
5^{ος} Όροφος							
Διάδρομος	-	-	-	-	-	-	0
Computer room	25 H/Y	200	10	8	5	50	10.016
	1 server	3000	-	24	7	52	26.208
	7 monitor	75	5	24	7	52	4.586
Γραφ. Διοίκησης	8 H/Y	200	10	8	5	50	3.205
	5 monitor	75	5	24	7	52	3.276
	2 φωτοτυπικά	1500	3	1	5	50	751
	7 πολυμηχανήματα	350	15	1	5	50	622
Νομικό Τμήμα	4 H/Y	200	10	8	5	50	1.603
	1 φωτοτυπικό	1500	3	1	5	50	375
Meeting room	1 H/Y	200	10	8	5	50	401
	1 TV	200	3	1	5	50	50
Chartering	6 H/Y	200	10	8	5	50	2.404
	6 monitor	75	5	24	7	52	3.931
	1 φωτοτυπικό	1500	3	1	5	50	375
Βοηθ. χώρος	-	-	-	-	-	-	0
Κουζίνα	1 ψυγείο	160	-	24	7	52	1.398
	1 κουζίνακι	1000	-	1	5	50	250
	1 καφετιέρα	1000	-	1	5	50	250
	1 ψύκτης	600	-	24	7	52	5.242
WC 1	-	-	-	-	-	-	0
WC 2	-	-	-	-	-	-	0
Σύνολο: 64.943 kWh							
6^{ος} Όροφος							
Υποδοχή	1 H/Y	200	10	8	5	50	401
	1 fax	200	5	1	5	50	50
	4 κάμερες	5	-	24	7	52	175
Αίθουσα συμβουλίου	1 προτζέκτορας	300	-	6	3	50	270
	1 H/Y	200	10	6	3	50	181
	1 dvd	50	-	1	3	50	8
	1 video	50	-	1	3	50	8
	1 μικροφωνική εγκαθ/ση	600	-	6	3	50	540

ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗ ΚΤΙΡΙΟΥ ΓΡΑΦΕΙΩΝ

	1 στερεοφωνική εγκ/ση	900	-	6	3	50	810
Γραφείο 6.1	1 Η/Υ	200	10	8	5	50	401
	1 πολυμηχάνημα	350	15	1	5	50	89
Γραφείο 6.2	1 Η/Υ	200	10	8	5	50	401
	1 πολυμηχάνημα	350	15	1	5	50	89
Γραφείο 6.3	1 Η/Υ	200	10	8	5	50	401
	1 πολυμηχάνημα	350	15	1	5	50	89
Γραφείο 6.4	1 Η/Υ	200	10	8	5	50	401
	1 πολυμηχάνημα	350	15	1	5	50	89
Γραφείο 6.5	1 Η/Υ	200	10	8	5	50	401
	1 πολυμηχάνημα	350	15	1	5	50	89
Κουζίνα	1 ψυγείο	160	-	24	7	52	1.398
	1 κουζίνακι	1000	-	1	5	50	250
	1 καφετιέρα	1000	-	1	5	50	250
	1 ψύκτης	600	-	24	7	52	5.242
WC 1	-	-	-	-	-	-	0
WC 2	-	-	-	-	-	-	0
Σύνολο: 12.029 kWh							
ΣΥΝΟΛΟ εκτιμώμενης ενέργειας για ηλεκτρ. συσκευές στην Πτέρυγα Α: 233.187 kWh							

Πίνακας Α.18: Καταγραφή ηλεκτρικών συσκευών και εκτιμώμενη κατανάλωση ενέργειας, πτέρυγα Β

ΠΤΕΡΥΓΑ Β							
Χώρος	Περιγραφή ηλεκτρ. συσκευής			Διάρκεια φορτίου			Ενέργεια/έτος (kWh)
	Πλήθος και είδος ηλεκτρ. συσκευών	Ισχύς μονάδος – πλήρης λειτουργία (W)	Ισχύς μονάδος – standby (W)	ώρες/ημέρα	ημέρες/εβδομάδα	εβδομάδες/έτος	
Ισόγειο							
Reception	1 Η/Υ	200	10	8	5	50	401
	1 monitor	75	5	24	7	52	655
	6 κάμερες	5	-	24	7	52	262
Ναυτολογία	5 Η/Υ	200	10	8	5	50	2.003
	3 φωτοτυπικά	1500	3	1	5	50	1.126
	2 εκτυπωτές	350	3	1	5	50	176
Βοηθ. χώρος	1 Η/Υ	200	10	8	5	50	401
	1 εκτυπωτής	350	3	1	5	50	88
Κουζινάκι	1 ψυγείο	160	-	24	7	52	1.398
	1 καφετιέρα	1000	-	1	5	50	250
	1 τοστιέρα	800	-	1	5	50	200
	1 ψύκτης	600	-	24	7	52	5.242
WC	-	-	-	-	-	-	0
Σύνολο: 12.200 kWh							
Ημιόροφος							
Τμήμα συντήρησης	4 Η/Υ	200	10	8	6	52	1.997
	6 monitor	75	5	24	7	52	3.931
	3 φωτοτυπικά	1500	3	1	5	50	1.126
Κουζινάκι	1 ψυγείο	160	-	24	7	52	1.398

ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗ ΚΤΙΡΙΟΥ ΓΡΑΦΕΙΩΝ

	1 καφετιέρα	1000	-	1	5	50	250
	1 τoστιέρα	800	-	1	5	50	200
	1 ψύκτης	600	-	24	7	52	5.242
Κενός	-	-	-	-	-	-	0
Σύνολο: 14.143 kWh							
1 ^{ος} Όροφος							
Κενός	-	-	-	-	-	-	0
Σύνολο: 0 kWh							
2 ^{ος} Όροφος							
Διάδρομος	-	-	-	-	-	-	0
Insurance	5 H/Y	200	10	8	5	50	2.003
	1 πολυμηχάνημα	350	15	1	5	50	0
	1 φωτοτυπικό	1500	3	1	5	50	375
IT	1 H/Y	200	10	8	5	50	401
	1 εκτυπωτής	350	3	1	5	50	88
Invoice control	2 H/Y	200	10	8	5	50	801
	1 εκτυπωτής	350	3	1	5	50	88
Supply	3 H/Y	200	10	8	5	50	1.202
	1 φωτοτυπικό	1500	3	1	5	50	375
	2 ολυμηχανήματα	350	15	1	5	50	178
Βοηθ. χώρος	1 φωτοτυπικό	1500	3	1	5	50	375
Κουζίνα	1 ψυγείο	160	-	24	7	52	1.398
	1 καφετιέρα	1000	-	1	5	50	250
	1 τoστιέρα	800	-	1	5	50	200
	1 ψύκτης	600	-	24	7	52	5.242
WC	-	-	-	-	-	-	0
Σύνολο: 12.976 kWh							
3 ^{ος} Όροφος							
Λογιστήριο	13 H/Y	200	10	8	5	50	5.208
	3 φωτοτυπικά	1500	3	1	5	50	1.126
	9 πολυμηχάνημα	350	15	1	5	50	800
	1 server	3000	-	24	7	52	26.208
Κουζίνα	1 ψυγείο	160	-	24	7	52	1.398
	1 καφετιέρα	1000	-	1	5	50	250
	1 τoστιέρα	800	-	1	5	50	200
	1 ψύκτης	600	-	24	7	52	5.242
WC	-	-	-	-	-	-	0
Σύνολο: 40.431 kWh							
4 ^{ος} Όροφος							
Technical Department	16 H/Y	200	10	8	5	50	6.410
	5 monitor	75	5	24	7	52	3.276
	1 TV	200	3	1	5	50	50
	3 εκτυπωτές	350	3	1	5	50	263
	1 fax	200	5	1	5	50	50
Κουζίνα	1 ψυγείο	160	-	24	7	52	1.398
	1 καφετιέρα	1000	-	1	5	50	250
	1 τoστιέρα	800	-	1	5	50	200
	1 ψύκτης	600	-	24	7	52	5.242
WC	-	-	-	-	-	-	0
Σύνολο: 17.140 kWh							
5 ^{ος} Όροφος							
Operation	15 H/Y	200	10	8	5	50	6.010
	2 ανεμιστήρες	50	-	8	5	50	200
	2 φωτοτυπικά	1500	3	1	5	50	751

ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗ ΚΤΙΡΙΟΥ ΓΡΑΦΕΙΩΝ

	8 πολυμηχανήματα	350	15	1	5	50	711
Βοηθ. χώρος	-	-	-	-	-	-	0
Κουζίνα	1 ψυγείο	160	-	24	7	52	1.398
	1 καφετιέρα	1000	-	1	5	50	250
	1 τoστιέρα	800	-	1	5	50	200
	1 ψύκτης	600	-	24	7	52	5.242
WC	-	-	-	-	-	-	0
Σύνολο: 14.761 kWh							
6 ^{ος} Όροφος							
Υποδοχή	1 Η/Υ	200	10	8	5	50	401
	1 fax	200	5	1	5	50	50
	4 κάμερες	5	-	24	7	52	175
Αίθουσα συμβουλίου	1 προτζέκτορας	300	-	4	5	50	300
	1 Η/Υ	200	10	4	5	50	201
	1 dvd	50	-	1	5	50	13
	1 video	50	-	1	5	50	13
	1 μικροφωνική εγκ/ση	600	-	4	5	50	600
	1 στερεοφωνική εγκ/ση	900	-	4	5	50	900
	2 Η/Υ	200	10	8	5	50	801
Γραφείο 6.1	1 πολυμηχάνημα	350	15	1	5	50	89
	1 Η/Υ	200	10	8	5	50	401
Γραφείο 6.2	1 πολυμηχάνημα	350	15	1	5	50	89
	1 Η/Υ	200	10	8	5	50	401
Γραφείο 6.3	1 πολυμηχάνημα	350	15	1	5	50	89
	2 Η/Υ	200	10	8	5	50	801
Γραφείο 6.4	1 πολυμηχάνημα	350	15	1	5	50	89
Βοηθ. χώρος	-	-	-	-	-	-	0
Κουζίνα	1 ψυγείο	160	-	24	7	52	1.398
	1 κουζίνα	1000	-	1	5	50	250
	1 καφετιέρα	800	-	1	5	50	200
	1 ψύκτης	600	-	24	7	52	5.242
WC	-	-	-	-	-	-	0
Σύνολο: 12.500 kWh							
ΣΥΝΟΛΟ εκτιμώμενης ενέργειας για ηλεκτρ. συσκευές στην Πτέρυγα Β: 124.151 kWh							

Πίνακας Α.19: Καταγραφή ηλεκτρικών συσκευών και εκτιμώμενη κατανάλωση ενέργειας, εξωτερικοί χώροι

ΕΞΩΤΕΡΙΚΟΙ ΧΩΡΟΙ							
Χώρος	Περιγραφή ηλεκτρ. συσκευής			Διάρκεια φορτίου			Ενέργεια/ έτος (kWh)
	Πλήθος και είδος ηλεκτρ. συσκευών	Ισχύς μονάδος – πλήρης λειτουργία (W)	Ισχύς μονάδος – standby (W)	ώρες/ ημέρα	ημέρες/ εβδομάδα	εβδομάδες/ έτος	
Εξωτερικοί χώροι							
Κήπος	-	-	-	-	-	-	0
Προσόψεις	22 κάμερες	5	-	24	7	52	961
Μαρκίζα	-	-	-	-	-	-	0
Σύνολο: 961 kWh							

ΣΥΝΟΛΟ εκτιμώμενης ενέργειας για ηλεκτρ. συσκευές στους Εξωτ. χώρους: 961 kWh

Πίνακας Α.20: Καταγραφή ηλεκτρικών συσκευών και εκτιμώμενη κατανάλωση ενέργειας, λοιποί χώροι

ΛΟΙΠΟΙ ΧΩΡΟΙ							
Χώρος	Περιγραφή ηλεκτρ. συσκευής			Διάρκεια φορτίου			Ενέργεια/ έτος (kWh)
	Πλήθος και είδος ηλεκτρ. συσκευών	Ισχύς μονάδος – πλήρης λειτουργία (W)	Ισχύς μονάδος – standby (W)	ώρες/ ημέρα	ημέρες/ εβδομάδα	εβδομάδες/ έτος	
Κλιμακοστάσια							
Πτέρυγας Α	-	-	-	-	-	-	0
Πτέρυγας Β	-	-	-	-	-	-	0
Σύνολο: 0 kWh							
Δώμα							
Πτέρυγας Α	2 ανελκυστήρες	12.000	-	4	5	50	24.000
Πτέρυγας Β	2 ανελκυστήρες	9.500	-	4	5	50	19.000
Σύνολο: 43.000 kWh							

Παράρτημα Β

Αξιολόγηση παρεμβάσεων

Πίνακας Β.1: Απώλειες μέσω των παλαιών κουφωμάτων

Μήνας	T _{in} [°C]	T _{out} [°C]	U [W/m ² .K]	A [m ²]	Q [W]	Ωρες (h)	Απώλειες ανά μήνα (kWh)
Ιανουάριος	24	10,5	3,6	1.343	65.270	775	50.584
Φεβρουάριος	24	10,9	3,6	1.343	63.336	700	44.335
Μάρτιος	24	11,8	3,6	1.343	58.985	775	45.713
Απρίλιος	24	15,5	3,6	1.343	41.096	750	30.822
Μάιος	24	20,2	3,6	1.343	18.372	775	14.238
Ιούνιος	24	25,4	3,6	1.343	6.769	750	5.077
Ιούλιος	24	29,6	3,6	1.343	27.075	775	20.983
Αύγουστος	24	29,4	3,6	1.343	26.108	775	20.234
Σεπτέμβριος	24	27,0	3,6	1.343	14.504	750	10.878
Οκτώβριος	24	17,8	3,6	1.343	29.976	775	23.231
Νοέμβριος	24	12,1	3,6	1.343	57.534	750	43.151
Δεκέμβριος	24	11,8	3,6	1.343	58.985	775	45.713
ΣΥΝΟΛΟ: 354.959 kWh							

Πίνακας Β.2: Απώλειες κουφωμάτων μετά την αντικατάστασή τους

Μήνας	T _{in} [°C]	T _{out} [°C]	U [W/m ² .K]	A [m ²]	Q [W]	Ωρες (h)	Απώλειες ανά μήνα (kWh)
Ιανουάριος	24	10,5	3	1.343	54.392	775	42.153
Φεβρουάριος	24	10,9	3	1.343	52.780	700	36.946
Μάρτιος	24	11,8	3	1.343	49.154	775	38.094
Απρίλιος	24	15,5	3	1.343	34.247	750	25.685
Μάιος	24	20,2	3	1.343	15.310	775	11.865
Ιούνιος	24	25,4	3	1.343	5.641	750	4.230
Ιούλιος	24	29,6	3	1.343	22.562	775	17.486
Αύγουστος	24	29,4	3	1.343	21.757	775	16.861
Σεπτέμβριος	24	27,0	3	1.343	12.087	750	9.065
Οκτώβριος	24	17,8	3	1.343	24.980	775	19.359
Νοέμβριος	24	12,1	3	1.343	47.945	750	35.959
Δεκέμβριος	24	11,8	3	1.343	49.154	775	38.094
ΣΥΝΟΛΟ: 295.799 kWh							